

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NÍVEL DOUTORADO**

JOSIANE RESCHKE PIRES

**ESTIMATIVA DA CONDENSAÇÃO EM EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES EM
TERRITÓRIO BRASILEIRO:
Simulação Higrotérmica Computacional**

**São Leopoldo
2020**

JOSIANE RESCHKE PIRES

**ESTIMATIVA DA CONDENSAÇÃO EM EDIFICAÇÕES EM TERRITÓRIO
BRASILEIRO:
Simulação Higrotérmica Computacional**

Tese apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Doutor em
Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -
UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf González

São Leopoldo

2020

P667e Pires, Josiane Reschke.
Estimativa da condensação em edificações em território brasileiro : simulação higrotérmica computacional / por Josiane Reschke Pires. – 2020.
200 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2020.
“Orientador: Dr. Marco Aurélio Stumpf González”.

1. Simulação higrotérmica. 2. Análise higrotérmica. 3. Condensação superficial. 4. Umidade. 5. Desempenho higrotérmico. I. Título.

CDU: 699.86

JOSIANE RESCHKE PIRES

ESTIMATIVA DA CONDENSAÇÃO EM EDIFICAÇÕES EM TERRITÓRIO

BRASILEIRO:

Simulação Higrotérmica Computacional

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em 18 de setembro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Manuela Guedes de Almeida – Universidade do Minho

Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Profa. Dra. Maria Fernanda Oliveira – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf González – Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Orientador

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem a participação e colaboração das seguintes pessoas e entidades:

Aos meus pais, minha irmã e meu sobrinho, pelo apoio, carinho e confiança em minha capacidade, sem a força de vocês eu não teria segurança de ir tão longe;

Ao Prof. Marco Aurélio, por todos os anos de orientação, disponibilidade e incentivo, desde o início da minha jornada na iniciação científica;

Aos membros da banca, por aceitarem avaliar o trabalho e pelas valiosas sugestões;

Ao itt Performance pela permissão de utilização de seus recursos e financeiros, laboratórios e dependências, e principalmente pela concessão da bolsa de estudos;

A toda equipe instituto pelos ensinamentos e conhecimentos que hoje tenho, em especial aos prof. Bernardo, prof. Roberto e prof. Maria Fernanda, durante todos os anos que ali trabalhei e nos anos seguintes;

Aos amigos Débora, Fernanda, Gabriela, Camila, Maira e Gisele, pelos almoços, cafés, encontros, paciência, e discussões de trabalho, e todos os outros que passaram pela minha vida durante o desenvolvimento da tese;

Aos meus gatos, pela companhia e ronrons durante todas as horas da redação deste trabalho, principalmente durante a quarentena.

RESUMO

A condensação superficial é um parâmetro fundamental na análise de desempenho das edificações e tem influência nos quesitos de habitabilidade e durabilidade. Este estudo avalia a umidade, a condensação superficial e o desempenho higrotérmico para as condições climáticas brasileiras, em edificações habitacionais unifamiliares. A proposta foi baseada nas normas EN ISO 13788:2012, EN 15026:2007 e ASHRAE 160:2009, utilizando simulação dos parâmetros hidrotérmicos e verificando os resultados tendo em vista características construtivas típicas. Através de simulação com o software WUFI® Plus, foram analisados quatro sistemas construtivos de paredes e quatro sistemas construtivos de forro, para as oito zonas bioclimáticas brasileiras, através de cidades representativas, sendo estas: Curitiba/PR (ZB1), São Lourenço/MG (ZB2), São Paulo/SP (ZB3), Brasília/DF (ZB4), Vitória da Conquista/BA (ZB5), Campo Grande/MS (ZB6), Cuiabá/MT (ZB7) e Manaus/AM (ZB8). Os resultados indicam que a ventilação natural e as condições do clima externo ampliam a umidade interna, em todas as zonas bioclimáticas, exceto na ZB8. A respeito dos tipos de unidades habitacionais analisadas, as que possuem menor volume foram as que apresentaram maior condensação superficial e umidade interna. Além de resistência térmica ou inércia térmica, as propriedades físico-químicas dos sistemas construtivos tiveram influência na condensação superficial. O impacto da umidade e da condensação superficial no desempenho higrotérmico foi menor que a influência das propriedades térmicas e dos climas que as edificações se localizavam. Este estudo contribui para a discussão a respeito da condensação superficial e do impacto da umidade em edificações, com diferentes volumes, sistemas construtivos e climas brasileiros.

Palavras-chave: Simulação higrotérmica. Análise higrotérmica. Condensação superficial. Umidade. Desempenho higrotérmico.

ABSTRACT

Superficial condensation is a fundamental parameter for building performance analysis and influences the habitability and durability requirements for buildings. This study evaluates the surface condensation, absorption, and hygrothermal performance for Brazilian climatic conditions, in residential buildings. A proposal was adopted in the standards EN ISO 13788:2012, EN 15026:2007 and ASHRAE 160:2009, proposing an adaptation for the Brazilian characteristics, using hygrothermal simulation and verifying the results of some typical construction characteristics. Through simulation with the WUFI® Plus software, four walls systems and four ceiling systems were analyzed, for eight Brazilian bioclimatic zones, using representative cities: Curitiba/PR (ZB1), São Lourenço/MG (ZB2), São Paulo/SP (ZB3), Brasília/DF (ZB4), Vitória da Conquista/BA (ZB5), Campo Grande/MS (ZB6), Cuiabá/MT (ZB7) e Manaus/AM (ZB8). The results indicate that natural ventilation and external climate increases internal moisture in all bioclimatic zones, except for ZB8. Regarding the types of housing units analyzed, those with the lowest volume were those with the highest surface condensation and internal moisture. The physical-chemical properties of the construction systems had a great influence on surface condensation and not only the thermal resistance, with a small impact on the user's thermal comfort. The impact on hygrometer performance had a great influence of the thermal properties and climates and a minor influence of the moisture. This study contributes to the discussion about surface condensation and the impact of moisture on buildings, with different volumes, construction systems and Brazilian climates.

Keywords: Hygrothermal simulation. Hygrothermal analysis. Superficial condensation. Moisture. Hygrothermal performance.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Esquema das cargas higrotérmicas que agem na parede externa e suas alterações direcionais..... | 31 |
| Figura 2 – Diagrama psicrométrico | 33 |
| Figura 3 – Princípio de projeto da envoltória frente às condensações internas e superficiais | 40 |
| Figura 4 - Composição do padrão de simulação higrotérmica | 47 |
| Figura 5 - Determinação da temperatura interna conforme temperatura média mensal externa | 62 |
| Figura 6 - Determinação da umidade relativa interna conforme temperatura média mensal externa | 62 |
| Figura 7 – Delineamento do método..... | 67 |
| A unidade habitacional tipo 1 (UH1), possui área interna de 35,55m ² e área construída de 41,00m ² , com dois dormitórios, sala e cozinha conjugada e banheiro. O pé direito é de 2,60m. As áreas e dimensões são apresentadas na Figura 8. | |
| Figura 8 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH1 | 68 |
| Figura 9 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH2 | 70 |
| Figura 10 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH3..... | 71 |
| Figura 11 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH4..... | 72 |
| Figura 12 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH5..... | 73 |
| Figura 13 – Zoneamento bioclimático brasileiro | 76 |
| Figura 14 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB1..... | 84 |
| Figura 15 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 85 |
| Figura 16 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1 | 86 |
| Figura 17 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB2..... | 88 |
| Figura 18 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 89 |
| Figura 19 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1 | 89 |

| | |
|---|-----|
| Figura 20 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB3..... | 92 |
| Figura 21 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 93 |
| Figura 22 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 93 |
| Figura 23 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB4..... | 96 |
| Figura 24 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 97 |
| Figura 25 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 98 |
| Figura 26 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB5..... | 100 |
| Figura 27 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 101 |
| Figura 28 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 102 |
| Figura 29 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB6..... | 104 |
| Figura 30 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 105 |
| Figura 31 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 106 |
| Figura 32 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB7..... | 109 |
| Figura 33 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 110 |
| Figura 34 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 111 |
| Figura 35 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB8..... | 113 |
| Figura 36 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1..... | 114 |

| | |
|---|-----|
| Figura 37 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1 | 115 |
| Figura 38 – Síntese da quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada da UH1 – ZB1 a ZB8..... | 118 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Eventos presentes nas equações de transferência de calor e umidade. | 38 |
| Quadro 2 – Produção de vapor de água conforme atividade..... | 41 |
| Quadro 3 – Síntese dos estudos de caso..... | 68 |
| Quadro 4 – Categorias de desempenho higrotérmico - síntese das equações para a temperatura adaptativa e descrição da aplicabilidade das categorias adotadas | 80 |
| Quadro 5 – Elementos e critérios sugeridos para desenvolver a norma higrotérmica brasileira..... | 124 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 – Propriedade dos vidros | 74 |
| Tabela 2 – Propriedades térmicas dos materiais utilizados..... | 74 |
| Tabela 3 – Propriedades térmicas dos sistemas construtivos de paredes e coberturas | 75 |
| Tabela 4 – Variáveis empregadas no estudo..... | 78 |
| Tabela 5 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB1 | 82 |
| Tabela 6 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB2..... | 87 |
| Tabela 7 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes – dias típicos conforme ABNT NBR 15575:2013 – ZB3 | 91 |
| Tabela 8 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB4 | 95 |
| Tabela 9 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB5..... | 99 |
| Tabela 10 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB6 | 103 |
| Tabela 11 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB7 | 108 |
| Tabela 12 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB8 | 112 |
| Tabela 13 – Síntese da resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes – dias típicos de verão e inverno..... | 116 |

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

| | |
|----------------|--|
| α | Absortância solar |
| ρ | Massa específica (kg/m ³) |
| δ | Permeabilidade ao Vapor de Água (g/(m.h.mmHg).10 ⁻⁵) |
| ε | Emissividade solar |
| θ | Temperatura do ar (°C) |
| θ_{sup} | Temperatura Superficial (°C) |
| θ_{dm} | Temperatura Média Diária (°C) |
| θ_{mm} | Temperatura Média Mensal (°C) |
| θ_n | Temperatura Horária (°C) |
| θ_{sd} | Desvio Padrão de Temperatura |
| λ | Condutibilidade Térmica (W/(m.°C)) |
| μ | Fator de Resistência à Difusão |
| φ | Umidade relativa (%) |
| c | Calor Específico (kJ/(kg.K)) |
| h_d | Número de Horas de um Dia (24h) |
| h_m | Número de Horas de um Mês |
| p | Porosidade (m ³ /m ³) |
| P | Pressão Parcial de Vapor de Água (Pa) |
| R | Resistência Térmica Superficial (m ² .K/W) |
| R_D | Resistência à Difusão (m ² .s.Pa/kg) |
| R_{se} | Resistência térmica superficial externa (m ² .K/W) |
| R_{si} | Resistência térmica superficial interna (m ² .K/W) |
| S_D | Espessura de Camada de Ar de Difusão Equivalente (m) |
| U | Transmitância térmica (W/m ² K) |
| W | Umidade absoluta (g/m ³) |
| W_{sat} | Limite de Saturação (g/m ³) |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineering |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| BIM | Building Information Modeling |
| CAD | Computer Aided-Design |

| | |
|---------|---|
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| EN | European Standard |
| ENCE | Etiqueta Nacional de Conservação de Energia |
| HAM | Heat, air and moisture |
| HIS | Habitação de Interesse Social |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial |
| IBGE | Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IPT | Instituto de Pesquisas Tecnológicas |
| ISO | International Organization for Standardization |
| LABEEE | Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC |
| MCMV | Minha Casa Minha Vida |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| NBR | Normas Brasileiras de Regulação |
| PMV | Voto médio predito |
| PPD | Porcentagem de pessoas insatisfeitas |
| PROCEL | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica |
| PROCEL | Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificação |
| EDIFICA | |
| RTQ-C | Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos |
| RTQ-R | Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais |
| TMY | Typical Meteorological Year |
| TRY | Test Reference Year |
| UH | Unidade habitacional |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 23 |
| 1.1 TEMA..... | 24 |
| 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA | 25 |
| 1.3 PROBLEMA | 25 |
| 1.4 OBJETIVOS | 26 |
| 1.4.1 Objetivo Geral | 26 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 26 |
| 1.5 JUSTIFICATIVA..... | 26 |
| 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO | 29 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 30 |
| 2.1 CONDENSAÇÃO | 30 |
| 2.1.1 Conceito de condensação | 32 |
| 2.1.1.1 Condensações superficiais..... | 34 |
| 2.1.3.2 Condensações intersticiais | 35 |
| 2.1.2 Mecanismos de transferência de umidade | 35 |
| 2.1.3 Parâmetros de influência na umidade | 38 |
| 2.1.3.1 Parâmetros externos..... | 38 |
| 2.1.3.2 Parâmetros de uso | 40 |
| 2.1.4 Saúde dos usuários em ambientes úmidos | 42 |
| 2.1.5 Manifestações patológicas associadas à umidade | 43 |
| 2.1.6 Programas de simulação | 44 |
| 2.1.6.1 Software WUFI® Plus..... | 45 |
| 2.1.6.2 Estudos utilizando WUFI® Plus | 49 |
| 2.2 NORMALIZAÇÃO NO DOMÍNIO HIGROTÉRMICO | 56 |
| 2.2.1 Normas e regulamentos nacionais | 56 |
| 2.2.1.1 ABNT NBR 15220:2005 – Desempenho térmico de edificações | 56 |
| 2.2.1.2 ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais - Desempenho..... | 57 |
| 2.2.1.3 RTQ-R – Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios residenciais unifamiliares e multifamiliares | 57 |
| 2.2.2 Normas e regulamentos internacionais..... | 58 |
| 2.2.2.1 EN ISO 13788 - <i>Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods</i> | 58 |

| | |
|--|-----|
| 2.2.2.2 EN 15026 - <i>Hygrothermal performance of building components and building elements. Assessment of moisture transfer by numerical simulation</i> | 60 |
| 2.2.2.3 BS 5250:2016 - <i>Code of practice for control of condensation in buildings</i> | 63 |
| 2.2.2.4 ASHRAE Standard 160-2009 - <i>Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings</i> | 63 |
| 3 MÉTODO..... | 67 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO..... | 68 |
| 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS | 74 |
| 3.3 MODELO DE SIMULAÇÃO | 76 |
| 3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 77 |
| 4 APRESENTAÇÃO - DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 81 |
| 4.1 ZONA BIOCLIMÁTICA 1 | 81 |
| 4.2 ZONA BIOCLIMÁTICA 2 | 86 |
| 4.3 ZONA BIOCLIMÁTICA 3 | 90 |
| 4.4 ZONA BIOCLIMÁTICA 4 | 94 |
| 4.5 ZONA BIOCLIMÁTICA 5 | 98 |
| 4.6 ZONA BIOCLIMÁTICA 6 | 102 |
| 4.7 ZONA BIOCLIMÁTICA 7 | 106 |
| 4.8 ZONA BIOCLIMÁTICA 8 | 111 |
| 4.9 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS | 115 |
| 4.10 PROPOSIÇÃO DE ROTEIRO AVALIATIVO | 122 |
| 5 CONCLUSÃO | 125 |
| 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 126 |
| REFERÊNCIAS..... | 129 |
| APÊNDICE A - UMIDADE | 145 |
| APÊNDICE B – CONDENSAÇÃO SUPERFICIAL | 171 |
| ANEXO A – DADOS CLIMÁTICOS | 191 |

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, desde 1988 têm sido desenvolvidas pesquisas visando ampliar e avaliar o desempenho térmico das edificações em todo o território brasileiro. (ALUCCI, 1988; TURIK, 1988). A preocupação com o desempenho térmico tornou-se ainda mais importante após a homologação da ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho. (ABNT, 2013).

Em relação à eficiência energética, diversos estudos deram início a uma certificação nacional de eficiência energética em edificações. Estabelecida em novembro de 2014, a Etiqueta PBE Edifica tem o objetivo de impulsionar o mercado consumidor a adquirir edificações mais eficientes energeticamente, através da classificação de eficiência energética das edificações. (PROCEL INFO, 2020).

Selos de construção sustentável, como GBC Brasil Casa & Condomínio, do Green Building Council, utilizam os métodos de análise de eficiência energética do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA para suas análises de eficiência energética. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Outros selos nacionais ou estrangeiros, como o Selo Casa Azul, LEED, BREEAM e CASBEE também se utilizam de análises de eficiência energética para algumas das avaliações da edificação. (ROCHIKASHVILI; BONGAERTS, 2016).

Contudo, as análises térmicas e energéticas de edificações recorrentes no Brasil consideram a edificação isolada, com sistemas construtivos sem pontes térmicas e desconsidera a troca de calor sensível. Ou seja, não são analisados o armazenamento e difusão de umidade no interior ou na superfície de sistemas construtivos. (FREITAS *et al.*, 2016).

Pouco estudada no Brasil, a condensação superficial é um parâmetro fundamental de análise de desempenho das edificações, e que influencia os quesitos de habitabilidade e durabilidade destas. (FEDORIK; HAAPALA, 2017; MEISSNER; STÖCKER; VOGELANG, 2017; SAITO, 2017; SILVEIRA; PINTO; WESTPHAL, 2019; STARAKIEWICZ *et al.*, 2020; ZHAO; MEISSENER, 2017). A avaliação da umidade relativa interna possibilita verificar os requisitos de salubridade, qualidade do ar e durabilidade, já que a umidade afeta os sistemas construtivos e seus componentes. (BRODERICK *et al.*, 2017; GIANANGELI; DI GIUSEPPE; D’ORAZIO, 2017; GINJA *et al.*, 2012; VAN SCHIJNDEL, 2017; VASILE *et al.*, 2016).

A condensação é um fenômeno comum dentro das edificações, e está associada à umidade. Ocorre tanto pela geração excessiva de vapor de água, pelos usuários, quanto pelo clima. A condensação pode acontecer na superfície do material construtivo (condensações superficiais) ou no interior deste (condensações intersticiais).

Apesar do impacto da condensação ser menos expressivo do que outros agentes de manifestações patológicas, como as infiltrações, a umidade da condensação, a longo prazo, torna-se um problema considerável, provocando a degradação dos materiais e do desempenho térmico dos edifícios. (CAMPBELL *et al.*, 2017; NUNO *et al.*, 2018; PIHELO; KIKKAS; KALAMEES, 2016). A umidade presente dentro dos materiais aumenta a condutividade térmica destes e reduz a sua resistência térmica. Dessa forma, há uma redução do desempenho térmico dos sistemas construtivos e, em consequência, da eficiência energética da edificação. (GOMES *et al.*, 2017; SLETNES; JELLE; RISHOLT, 2017).

A condensação é consequência das escolhas de soluções construtivas inadequadas (pontes térmicas, edifícios com alta resistência térmica e altamente estanques ao ar, ou baixo isolamento térmico) e taxa de ventilação natural cada vez menor (uso do condicionamento mecânico das habitações), devendo ser analisada na fase de projeto e de construção e ao longo da vida útil da edificação.

Os estudos estrangeiros e nacionais que abordam a transferência de umidade e condensações tratam majoritariamente da análise de propriedades higrotérmicas de materiais e sistemas construtivos, do comportamento higrotérmico e de eficiência energética de edificações. Entretanto, este tema ainda é pouco estudado no Brasil.

Como a umidade proveniente do material e do meio modificam seu comportamento higrotérmico, há importância no desenvolvimento de trabalhos que possibilitem compreender o fenômeno, definir diretrizes para a elaboração e construção dos materiais e sistemas construtivos e de edificações, em vista desse agente de manifestação patológica.

1.1 TEMA

Este estudo aborda a avaliação da umidade, da condensação superficial e do desempenho higrotérmico em edificações sujeitas às condições climáticas brasileiras.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Em vista da complexidade de relações do homem com o ambiente construído e da relação do desempenho ambiental com as edificações, este trabalho delimita-se ao estudo do desempenho higrotérmico na edificação. Desta forma, não são analisadas as estratégias projetuais ou de uso e operação da edificação referentes ao conforto e desempenho higrotérmico das edificações, tanto nas escalas arquitetônicas quanto urbanísticas. Também não foram analisados os efeitos das diferentes formas de uso da edificação sobre o desempenho higrotérmico desta. Por fim, também não se verificou a condensação intersticial nos sistemas construtivos.

Não foram realizadas calibrações dos modelos simulados com protótipos ou modelos reais, devido à falta de recursos físicos e financeiros do estudo.

A quantidade de sistemas construtivos analisados teve que ser pequena devido ao longo tempo de simulação para cada modelo (de quatro a 12 horas de simulação cada).

Devido à grande variação climática no território brasileiro, foram selecionadas cidades representativas das oito zonas bioclimáticas brasileiras (ZB), conforme Brasil (2016), sendo estas:

- ZB1: Curitiba/PR;
- ZB2: São Lourenço/MG;
- ZB3: São Paulo/SP;
- ZB4: Brasília/DF;
- ZB5: Vitória da Conquista/BA;
- ZB6: Campo Grande/MS;
- ZB7: Cuiabá/MT
- ZB8: Manaus/AM.

1.3 PROBLEMA

Qual é o comportamento da umidade, da condensação superficial e o desempenho higrotérmico das edificações habitacionais unifamiliares localizadas em clima brasileiro?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é avaliar a umidade, a condensação superficial e o desempenho higrotérmico para as condições climáticas brasileiras, em edificações habitacionais unifamiliares.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste estudo são:

- a) Verificar a influência do clima externo, do volume do ambiente e dos sistemas construtivos sobre a umidade relativa do ar interno;
- b) Verificar o impacto do volume do ambiente e dos sistemas construtivos na condensação superficial;
- c) Avaliar o desempenho higrotérmico das edificações analisadas nas oito zonas bioclimáticas brasileiras;
- d) Propor requisitos e critérios de desempenho higrotérmico para edificações habitacionais de acordo com as zonas bioclimáticas brasileiras.

1.5 JUSTIFICATIVA

A qualidade do ar interno é um fator determinante para a saúde, visto que, na maior parte do tempo, a população está em ambientes internos. Todos os grupos populacionais, especialmente os mais vulneráveis devido à idade ou ao estado de saúde, são expostos aos elementos presentes no ar interno. Um dos fatores a serem considerados é a umidade. A umidade no ambiente interno tem uma influência importante na saúde e bem-estar dos ocupantes. O nível de umidade influencia o conforto térmico e a percepção da qualidade do ar interno, e aumenta o risco de exposição a bactérias, vírus e esporos de mofo. (EMERY *et al.*, 2019; INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2004; WHO, 2009).

O controle de umidade e a análise de risco e quantidade de condensação permite diminuir o surgimento de manifestações patológicas na envoltória e, portanto, reduzir a necessidade de reabilitação nos edifícios já construídos. (BRÁS *et al.*, 2017; JORNE, 2010; KHARSEH *et al.*, 2017; KOČÍ *et al.*, 2017).

A condensação é dependente de múltiplos fatores diretos e indiretos que a influenciam e que podem induzir ou reduzir o fenômeno, tais como a ventilação, produção de vapor de água e sistemas construtivos com resistência térmica alta ou resistência térmica baixa e a presença ou não de barreiras de vapor de água (ASPHAUG *et al.*, 2020; BADEMLİOĞLU; KAYNAKLI; YAMANKARADENİZ, 2018; DUARTE, 2010; SALES, 2016), além do projeto e sistemas construtivos que possuem pontes térmicas e alta estanqueidade ao ar. Assim sendo, o controle deste fenômeno apresenta dificuldades, por ser resultado de uma má escolha de sistema construtivo ou mau uso da edificação. (BARREIRA *et al.*, 2013; EMERY *et al.*, 2019; SALES, 2016). Contudo, em muitos casos, não são empregados critérios objetivos ou dados quantitativos de projeto que controlem esses fatores, sendo observado que muitos dos regulamentos internacionais são qualitativos em relação a condensação. (ASPHAUG *et al.*, 2020).

O aumento da umidade presente no material (condensação intersticial) faz com que haja um aumento da condutividade térmica, de forma que o controle da umidade é um pré-requisito para a eficiência energética. (BERARDI; NALDI, 2017). Byrne *et al.* (2016) demonstram em seu estudo que a umidade nos materiais da envolvente externa causa um maior dispêndio de energia elétrica. Portanto, é importante para o estudo da eficiência energética da edificação a análise da condensação.

Alguns trabalhos estudaram a influência da condensação nas edificações e sistemas construtivos, nos aspectos de durabilidade e habitabilidade. (FRASCA; CORNARO; SIANI, 2018; KÜNZEL, 1994; PAULA, 2017; SANTOS, 2017). Conforme estes autores, os sistemas construtivos e seus componentes são afetados pela umidade podem apresentar diversas ocorrências, como, por exemplo, a redução do isolamento térmico e o aumento da contaminação por poeira, crescimento de algas ou bolor.

O controle da umidade superficial ou intersticial de sistema construtivo é, como dito anteriormente, dependente de muitos parâmetros, principalmente do clima, projeto e composição do sistema construtivo, que variam de região para região. Por este motivo há a necessidade de desenvolver modelos higrotérmicos para a análise das variações de temperatura e umidade na envoltória das edificações. (KÜNZEL; HOLM, 2009).

Apesar dos regulamentos como ABNT NBR 15575:2013 e Selo Procel Edificações objetivarem a melhora do desempenho térmico de edificações em fase

projetual, não há uma análise dos parâmetros que afetam a condensação nas edificações brasileiras. (ORTOLAN *et al.*, 2015; ZANONI *et al.*, 2020). Ou seja, não há regras a serem observadas no projeto que visem o desempenho higrotérmico do mesmo. Zanoni *et al.* (2020) complementam que o desempenho higrotérmico não deve reduzir o conforto e o condicionamento passivo dos ambientes. Desta forma, a resposta da superfície não deve exceder os limites esperados para o ambiente interno.

Os estudos realizados no Brasil que abordam o desempenho higrotérmico, publicados a partir de 2016, tratam de caracterização do desempenho higrotérmico de edificações residenciais, comerciais ou de serviços (PAULA, 2017; ZANONI *et al.*, 2020), do comportamento higrotérmico de materiais e sistemas construtivos (EYE *et al.*, 2017; SANTOS, 2017). Atualmente, não dois os trabalhos na base de dados que tratam de desenvolvimento de métodos de desempenho térmico (SILVA, 2016) e de desempenho higrotérmico, sendo que este foca em habitações de interesse social no Rio Grande do Sul e objetiva apresentar dados prescritivos para projetos. (GRIGOLETTI E SATTLER, 2010).

Já os trabalhos internacionais publicados a partir de 2016, entre outros, abordam desempenho higrotérmico de materiais e sistemas construtivos (ASPHAUG *et al.*, 2020; BAGARIĆ; BANJAD PEČUR; MILOVANOVIĆ, 2020; LEE *et al.*, 2020; MOREIRA, 2020; NGUYEN *et al.*, 2019), impacto no comportamento higrotérmico da edificação no uso de vegetação para ampliação do desempenho térmico (ANTONYOVÁ; ANTONY; KORJENIC, 2017; GHOLAMI *et al.*, 2020; ZIRKELBACH *et al.*, 2017), análise da eficiência energética através de modelos de simulação higrotérmica (LI *et al.*, 2016), retrofit de edificações históricas e desempenho higrotérmico de edificações históricas (BISENIECE *et al.*, 2017; BRÁS *et al.*, 2017; CAMPBELL *et al.*, 2017; HANSEN *et al.*, 2017; HAO *et al.*, 2020; ZHAO; MEISSENER, 2017), desempenho higrotérmico de edificações vernaculares (DJEDJIG; BELARBI; BOZONNET, 2017; HOLZHUETER; ITONAGA, 2017; IOMMI, 2018), impacto do ocupante no desempenho higrotérmico (MØLLER; DE PLACE HANSEN, 2017), e modelos climáticos para a simulação, tanto na criação dos modelos quanto na utilização de modelos de clima extremos (BARREIRA *et al.*, 2017; FANG; CHEN; WU, 2020; KOČÍ; ČERNÝ, 2017; NIK, 2017; RAAMETS *et al.*, 2017).

Por fim, já existem algumas normas que tratam de desempenho higrotérmico, tanto prescritivas quanto de avaliação quantitativa por meio de cálculo e simulação,

sendo estas a BS 5250:2016 (BS, 2016), EN ISO 13788:2012 (ISO, 2012), EN 15026:2007 (EN, 2007b), ASHRAE 160:2009 (ANTON, 2008) e DIN 4108:2013 (DIN, 2013).

Desta forma, os países do continente europeu em geral, a Alemanha, o Reino Unido e os Estados Unidos possuem normas que abordam o método de ensaio e de valores máximos e/ou mínimos do comportamento higrotérmico das edificações. A norma EN 15026:2007 (EN, 2007b) indica que cada país do continente europeu deve possuir normativas específicas que classifiquem o comportamento higrotérmico das edificações e ampliem as diretrizes desta norma para cada contexto.

No entanto, o Brasil não possui uma norma que defina um método de análise higrotérmico e os métodos internacionais utilizados para a análise devem ser analisados para o clima brasileiro. Assim, há necessidade de definir diretrizes qualitativas e quantitativas e de estudos de análise do comportamento higrotérmico das edificações para compor todos os tipos de condições climáticas no Brasil. Portanto, é importante estudar os métodos de simulação higrotérmica e de quantificação que possam auxiliar a mensurar a condensação na edificação durante a fase de projeto.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo desenvolve-se em cinco capítulos. Este capítulo descreve a introdução e a justificativa, os objetivos gerais e específicos e a delimitação do tema, além da apresentação da organização geral do texto. O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica e discussão dos assuntos pertinentes à proposta de pesquisa. O método é exposto no terceiro capítulo, no qual são descritas as etapas através das quais o trabalho será realizado. No quarto capítulo, são expostos, analisados e discutidos os resultados obtidos e a conclusão deste estudo é apresentada no quinto capítulo. Por fim, as referências bibliográficas, os apêndices e os anexos são apresentados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma síntese do conhecimento sobre a condensação e sobre a normalização sobre o tema. Procurou-se, assim, determinar as relações dos parâmetros que foram analisados na pesquisa.

O capítulo faz referência ao conceito e mecanismos de transmissão das condensações intersticiais e superficiais e os parâmetros arquitetônicos ou comportamentais que o influenciam. Também se apresenta as normas técnicas nacionais e internacionais sobre o comportamento térmico e higrotérmico das edificações, focado na análise de condensação, e programas computacionais que podem ser utilizados para esta análise.

2.1 CONDENSAÇÃO

A envoltória de uma edificação possui a função de abrigo às intempéries climáticas do ambiente exterior, que produzem cargas térmica e hídricas na envoltória, conforme a Figura 1: radiação solar, chuva incidente, umidade ascensional do solo, e trocas de calor e de vapor de água entre a superfície da envoltória e o ambiente. Ou seja, temperatura, teor de água e pressão parcial de vapor de água influenciam ambas as faces da envoltória. Estas cargas higrotérmicas possuem ao longo do dia variações consideráveis, e apenas uma parte delas é transmitida para a face interna da envoltória. (ANSI/ASHRAE, 2009).

Em geral, as cargas higrotérmicas completam ciclos sobrepostos, de estações, horárias (dia/noite) e climáticas (sol/chuva). Portanto, uma avaliação exata sobre a incidência e implicações destas deve ser feita antes da construção da edificação. (KÜNZEL; HOLM, 2009). Quanto as condições climáticas externas, estas possuem padrões, em geral, repetitivos, e seus impactos na edificação podem ser avaliados através de dados climáticos representativos do sítio da edificação.

O risco de condensação superficial e intersticial e do crescimento de mofo é definido tanto pelo transporte de umidade quanto pela propriedade de capacidade absorção de umidade dos diferentes materiais construtivos que compõem a edificação. (HANSEN *et al.*, 2017; MOREIRA, 2020; VANPACHTENBEKE *et al.*, 2017).

Figura 1 - Esquema das cargas higrotérmicas que agem na parede externa e suas alterações direcionais



Fonte: Adaptada de ANSI/ASHRAE(2009)

Quanto às condições internas da edificação, estas dependem do tipo de ocupação e da forma de utilização que os usuários promovem, de forma a manter o ambiente confortável e com condições de salubridade. (KÜNZEL; HOLM, 2009; PINTO; VIEGAS; FREITAS, 2017; VALDERRAMA-ULLOA *et al.*, 2020; YOUSEFI; GHOLIPOUR; YAN, 2017). As condições internas da edificação representam uma carga higrotérmica importante para a envoltória, principalmente pela produção de umidade no interior das edificações serem altas. As condições internas das edificações sofrem influência do comportamento dos habitantes, sendo que comumente, uma família de quatro pessoas produz em torno de dez litros de água por dia. (ANTRETTTER *et al.*, 2017; JORNE, 2010; POZAS; GONZÁLEZ, 2016).

Portanto, a própria utilização das edificações e a presença de pessoas nesta resulta na produção de vapor de água. Quando a quantidade de vapor de água extrapola o valor correspondente ao ponto de saturação, irá ocorrer a condensação das quantidades em excesso, na superfície dos sistemas construtivos ou internamente aos materiais que o compõem. (BARREIRA *et al.*, 2013; ALMEIDA E FREITAS, 2016; PINHEIRO, 2013; VASILE *et al.*, 2016).

Na fase de projeto, no Brasil, os principais critérios analisados são o desempenho da edificação e a segurança e saúde dos habitantes, conforme os requisitos da norma de desempenho – ABNT NBR 15575:2013. Contudo, apesar de não analisada, a transferência de umidade através dos materiais construtivos que

compõem a edificação influencia a durabilidade dos sistemas construtivos, a qualidade do ar interno, a segurança e a saúde dos habitantes, além da eficiência energética da edificação. (KARAGIOZIS; SALONVAARA, 2001; VALDERRAMA-ULLOA *et al.*, 2020).

A presença de umidade nas edificações possui origem em vários fenômenos e pode ter mais de uma causa. Estas manifestações quando não programadas influenciam na durabilidade da edificação, pela degradação de materiais e estruturas, e contribuem na redução da resistência térmica e aumento da condutibilidade térmica dos sistemas construtivos, além do aparecimento de mofo e bolores. (FEDORIK; HAAPALA, 2017; GOMES *et al.*, 2017; MEISSNER; STÖCKER; VOGELSANG, 2017; ZHANG; YANG; GAO, 2017).

2.1.1 Conceito de condensação

Verificam-se condensações superficiais quando o ar entra em contato com superfícies mais frias e a umidade absoluta do ar atinge o limite de saturação para a temperatura da superfície. Portanto, depende da constituição dos elementos construtivos, do clima e da forma de comportamento do ar úmido. (KÜNZEL; HOLM, 2009)

Conforme Freitas e Pinto (1998) e Pinheiro (2013), o comportamento do ar úmido é relacionado com:

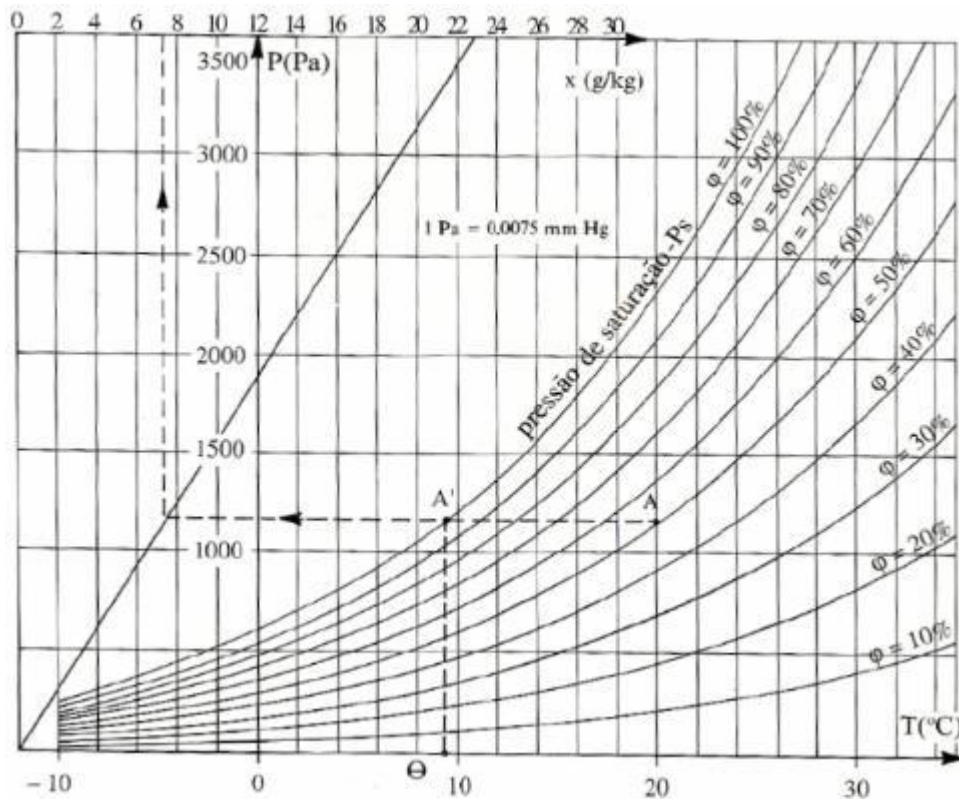
- Umidade absoluta: temperatura e quantidade de vapor de água que o ar consegue conter;
- Limite de saturação: quantidade de vapor de água que uma unidade de ar pode conter; acima desse valor, o ar não possui capacidade para absorvê-lo, condensando as quantidades em excesso;
- Pressão parcial: vapor de água existente por volume ou massa de ar;
- Pressão de saturação: pressão limite da saturação;
- Temperatura de orvalho: temperatura limite para um volume de ar com uma quantidade de umidade absoluta para a qual o ar se encontra saturado.

Assim, o conceito de umidade relativa exprime a relação entre a quantidade de vapor de água por unidade de ar e o limite de saturação. Ou seja, a relação de equivalência entre a pressão parcial e a pressão de saturação. (KÜNZEL *et al.*, 2005).

O limite de saturação não é constante, variando conforme a temperatura. Quando fria, aumenta a umidade relativa e quando quente, há uma redução da umidade relativa. Contudo, em ambos os casos a umidade absoluta se mantém constante. (CUNHA, 2009; DUARTE, 2010).

Pode-se demonstrar as relações entre a umidade absoluta, a umidade relativa e a temperatura do ar pelo diagrama psicrométrico apresentado na Figura 2. O diagrama apresenta a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) nas abcissas, a umidade absoluta (g/cm^3) e da pressão de saturação (Pa) nas ordenadas e a umidade relativa (%) nas curvas. (FREITAS; PINTO, 1998).

Figura 2 – Diagrama psicrométrico



Fonte: Freitas e Pinto (1998)

A envolvente e os sistemas internos da edificação dividem espaços com propriedades distintas e a pressão parcial de vapor de água ao longo da espessura do elemento é variável. Caso esta pressão parcial de vapor de água se iguale a pressão de saturação daquela temperatura, ocorre a condensação superficial, quando na superfície do sistema, ou condensação intersticial, se ocorre dentro do sistema construtivo. (HENRIQUES, 1994).

O ar em contato com superfícies mais frias pode produzir condensação superficial, pois o valor da umidade absoluta pode exceder o limite de saturação. Sistemas construtivos com maior isolamento possuem uma baixa diferença de temperatura entre a superfície e o meio, desta forma, menor risco de condensação superficial. (BARREIRA *et al.*, 2013; ALMEIDA E FREITAS, 2016; PINHEIRO, 2013). Materiais com baixa resistência térmica tendem a apresentar maiores possibilidades de condensações superficiais, já que possuem ampla divergência entre a temperatura da superfície e o meio.

O volume da edificação também influencia no comportamento da condensação, já que, apesar da umidade externa ser a maior interferência da quantidade de umidade do ar interno, um maior volume dos ambientes dispersa melhor a umidade gerada pelo uso e usuários da edificação. (ABCB, 2014; MARTÍNEZ; SARMIENTO; URQUIETA, 2005).

2.1.1.1 Condensações superficiais

Os fatores que condicionam a umidade relativa e a difusão de vapor relacionam-se às diferentes condições climáticas no interior das edificações e, desta forma, à condensação superficial, são, segundo Pinheiro (2013), divididas em:

- Produção de vapor;
- Umidade relativa interior;
- Ventilação;
- Condições climáticas exteriores;
- Temperatura interior: aquecimento e orientação solar;
- Sistema construtivo: isolamento térmico e pontes térmicas.

A superfície interna da envolvente normalmente está a uma temperatura mais baixa que a temperatura do ambiente interno. Esta diferença de temperatura, somada a alta produção de vapor de água no interior das edificações, causa condensação superficial. O contato do ar com uma superfície mais fria aumenta a umidade relativa e ocasiona a condensação, ao atingir o limite de saturação. Sua presença será maior nos ambientes com menor isolamento térmico, como pontes térmicas, vidros e sistemas construtivos com baixa resistência térmica. (HOLM; KÜNZEL; SEDLBAUER, 2003)

Em fachadas, o fenômeno depende de três fatores: (a) constituição do sistema construtivo; (b) clima local; e, (c) comportamento da umidade. Igualmente

aos ambientes internos, a condensação superficial nas fachadas irá ocorrer quando o ar entra em contato com superfícies mais frias, e a umidade absoluta do ar atinge o limite de saturação. (PINHEIRO, 2013; YOU *et al.*, 2017).

2.1.3.2 Condensações intersticiais

A fachada das edificações constitui uma proteção contra às intempéries e uma barreira ao transporte de calor e à passagem de ar e vapor de água. A condensação intersticial em sistemas construtivos ocorre sempre que a pressão parcial do vapor de água que se transfere na parede se iguala a pressão de saturação equivale a temperatura deste ponto. Conforme as propriedades de permeabilidade ao vapor dos elementos construtivos que o vapor atravessa, a difusão acontece com maior ou menor resistência. (BARREIRA *et al.*, 2013; PINHEIRO, 2013).

Mantendo-se constantes as condições climáticas externas e internas, os fatores que atuam na condensação intersticial são as características de isolamento térmico, permeabilidade ao vapor de água dos elementos que compõem o sistema construtivo, diferença de pressão atmosférica e fase de construção da edificação. Contudo, uma vez que os sistemas construtivos dividem ambientes com climas distintos, a difusão de vapor de água gera uma diferença de pressão parcial de vapor ao longo da espessura do material, e caso em algum dos pontos do sistema construtivo a pressão parcial de vapor igualar a pressão de saturação, acontece a condensação intersticial. (FREITAS; PINTO, 1998; KURKINEN, 2017; MØLLER *et al.*, 2017; SOUDANI *et al.*, 2016).

Normalmente, as condensações internas aos sistemas construtivos não se manifestam de forma visível, mas degradam os materiais construtivos e reduzem o desempenho térmico e eficiência energética da edificação. Como a condensação intersticial faz com que a resistência térmica dos sistemas construtivos seja reduzida e sua condutividade térmica aumentada, pode gerar ou aumentar o aparecimento de condensações superficiais. (KÜNZEL; HOLM, 2009)

2.1.2 Mecanismos de transferência de umidade

O transporte de vapor de água na fase líquida é realizado pela capilaridade, gravidade e efeito dos gradientes de pressão externos, enquanto na fase gasosa é

condicionado pela difusão e convecção. Desta forma, a transferência de umidade pode ocorrer de três maneiras: (a) difusão de vapor através de uma camada de ar imóvel; (b) difusão de vapor através de materiais porosos: igual ao processo anterior, sendo que a resistência a transferência é dependente da estrutura do material; e, (c) convecção: pela pressão e temperatura o transporte de vapor de água ocorre junto ao ar. (FREITAS; PINTO, 1998).

Desta forma, o transporte ocorre pela diferença de pressão, devido à diferença de concentração de vapor de água, permeabilidade ao vapor de água e as espessuras dos materiais. (HENRIQUES, 1994).

Define-se permeabilidade ao vapor de água como a quantidade de vapor de água que passa por unidade de tempo pela unidade de superfície do material. Já a permeância é a razão entre a permeabilidade ao vapor de água e a espessura de um material, enquanto a resistência à difusão é o inverso da permeância. (HENRIQUES, 1994).

A transferência de vapor de água pela envoltória pode ocorrer de três distintas formas: (a) transporte de vapor entre a face interna do sistema construtivo e o meio interno; (b) transporte de vapor através dos sistemas construtivos, proveniente da diferença de pressão parcial de vapor de água entre ambiente externo e o interno; (c) transporte de vapor entre a face externa do sistema construtivo e o meio externo. (FREITAS; PINTO, 1998).

A higrometria corresponde ao excesso de umidade no ambiente interno e é definida pela produção de vapor (ω), as renovações de ar horárias (n) e o volume do ambiente (V), conforme apresentado na Equação (1). Pode-se interpretar, portanto, o acréscimo da pressão do vapor de água no ambiente interno em comparação ao do ambiente externo e, portanto, o gradiente de pressão submetido à envolvente. (ISO, 2012). Logo, a diferença de vapor de água entre ambientes resulta na transferência de umidade entre o sistema construtivo.

$$\frac{\omega}{n \times V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

Vários modelos para avaliação teórica do transporte de umidade e temperatura em meios porosos não saturados têm sido analisados, empregando as leis de difusão de massa, com a fase líquida analisada pela lei de Darcy, a fase vapor pela lei de Fick, e de difusão de calor, através da lei de Fourier. Um dos métodos mais utilizados para análise teórica do risco de ocorrência de condensação

intersticial no sistema construtivo e no estabelecimento de padrões de qualidade para os materiais construtivos é o método de Glaser, ainda que tenha seus limites e análise por regime permanente/estacionário. (FREITAS; TORRES; GUIMARÃES, 2008).

A aplicação do método requer que a umidade se desloque somente por transferência de vapor de água pela difusão, a difusão de vapor de água deve obedecer à lei de Fick e a transferência de calor deve ocorrer exclusivamente por condução. Além disso, os materiais de construção devem ser estanques ao ar, não higroscópicos e devem ter faces planas e paralelas. Ainda, os coeficientes de permeabilidade ao vapor de água e de condutibilidade térmica não devem variar e não deve ocorrer a redistribuição do vapor de água condensado. (CUNHA, 2009; PINHEIRO, 2013).

O método de Glaser tem como regra que a pressão de saturação não é constante ao longo do material ou do sistema construtivo enquanto este estiver submetido a um gradiente de pressão e temperatura. Determinando-se a pressão de saturação ao longo das camadas, tem-se as curvas de pressão de saturação. São necessários para aplicar o método o conhecimento da temperatura e umidade interna e externa, as características e espessuras das camadas que compõem o sistema construtivo e a resistências térmicas superficiais. A vantagem deste método é que este possibilita um resultado gráfico simplificado. (CUNHA, 2009; PINHEIRO, 2013).

Já a norma EN ISO 13788:2012 (ISO, 2012) oferece métodos de cálculo para análise de risco de condensação superficial e de condensação intersticial dos sistemas construtivos devido à difusão de vapor de água. Contudo, não leva em consideração a umidade proveniente do solo, precipitação, umidade da construção do sistema e umidade por convecção.

Além disso, o método da EN ISO 13788:2012 também não considera os seguintes dados, que podem apresentar diferença de resultados: a correlação da condutibilidade térmica ao teor de umidade; a emissão e absorção do calor latente; a alteração das características dos materiais com o teor de umidade; a sucção capilar e a transferência de umidade interna aos materiais; a passagem do ar através de frestas ou espaços; a higroscopicidade dos materiais. (CUNHA, 2009; JORNE, 2010; PINHEIRO, 2013).

Contudo, estes métodos (Lei de Glaser e EN ISO 13788:2012) não são considerados adequados para análises higrótérmicas de edificações, visto que

ambos tratam de análises em regime estacionário. Desta forma, foi criada a EN 15026:2007, que tem como objetivo a análise dos resultados derivados de simulações higrotérmicas. Conforme Jorne (2010), as ferramentas de simulação que seguem tal normativa devem analisar o sistema construtivo em regime não estacionário (variável), incluindo os fenômenos de transporte e armazenamento de calor e umidade (Quadro 1).

Quadro 1 - Eventos presentes nas equações de transferência de calor e umidade

| | |
|----------------------------|--|
| Relacionados com o calor | Armazenamento de calor em materiais secos ou úmidos |
| | Transporte de calor com condutibilidade térmica dependente do teor de água presente nos materiais |
| | Transporte de calor latente por difusão de vapor de água com alteração de fase (evaporação de vapor/condensação) |
| Relacionados com a umidade | Armazenamento de umidade por adsorção e desadsorção de vapor de água e forças capilares |
| | Transferência de umidade por difusão de vapor de água |
| | Transferência de água líquida por difusão de superfície e condução capilar |

Fonte: adaptado de EN15026:2007

2.1.3 Parâmetros de influência na umidade

A temperatura, umidade absoluta e a pressão parcial de vapor de água são os principais parâmetros que influenciam a envoltória da edificação. A edificação pode ser avaliada através da representação dos dados climáticos da localização da edificação. Já as condições climáticas internas dependem de vários fatores, como o tipo de ocupação do edifício, o comportamento dos usuários, as propriedades térmicas da envoltória, entre outros. (MOREIRA, 2020; PAULA, 2017; VALDERRAMA-ULLOA *et al.*, 2020).

2.1.3.1 Parâmetros externos

A variação da umidade relativa no interior da edificação depende da umidade absoluta e da temperatura interna. A umidade absoluta depende de umidade absoluta externa, troca de vapor com elementos internos, ventilação e produção de vapor de água devido ao uso da edificação. (DUARTE, 2010; SALES, 2016).

O controle da umidade absoluta permite a prevenção de problemas relativos ao conforto térmico, a qualidade do ar, saúde dos habitantes e degradação de materiais e sistemas construtivos.

Os fatores que controlam a temperatura interna da edificação são: produção de calor pelos habitantes e atividades; produção de calor ou frio pelos aparelhos de condicionamento de ar; ventilação; nível de desempenho térmico da envoltória; temperatura externa; e, ganhos solares. (DE PLACE HANSEN; MØLLER, 2017; FROTA; SCHIFFER, 2001; MØLLER; DE PLACE HANSEN, 2017; VALDERRAMA-ULLOA *et al.*, 2020). Desta forma, as edificações que não estão condicionadas mecanicamente têm sua temperatura variável, acompanhando a temperatura externa.

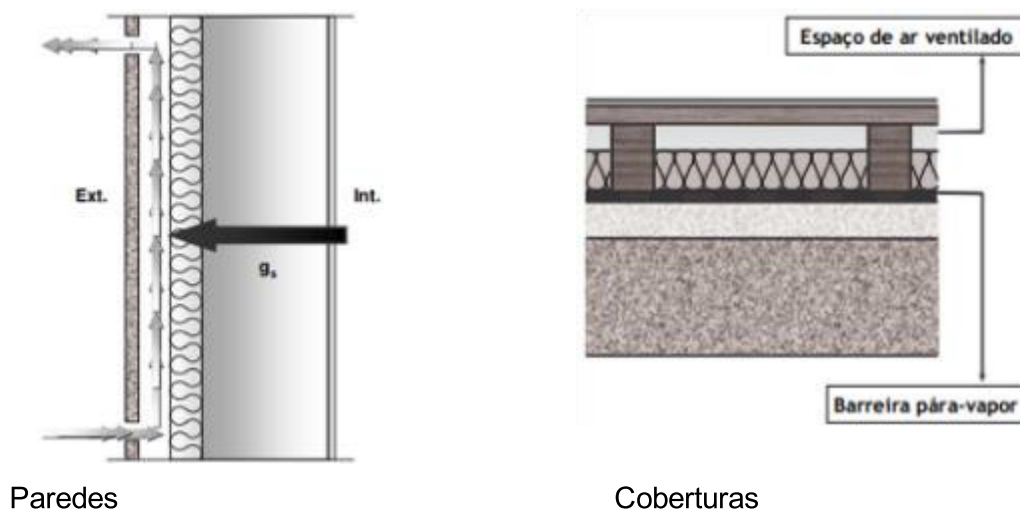
Nas edificações que possuem condicionamento ativo de ar, para gerar ambientes mais confortáveis termicamente, a edificação deve ter envoltória com alta resistência térmica e alta estanqueidade, para menor gasto de energia. Contudo, a ventilação reduzida e a umidade relativa interna levam a um maior risco de condensações superficiais. (DUARTE, 2010).

Assim, conforme Freitas e Pinto (1998) para a redução da condensação deve haver: (a) um adequado controle do clima interno dos edifícios, em relação ao aquecimento, resfriamento e ventilação dos ambientes; (b) quando o fluxo de vapor ocorre do ambiente interno para o meio externo da edificação, a resistência à difusão de vapor de água deve diminuir progressivamente, ou seja, barreiras ao vapor de água devem ser aplicadas internamente ao material de isolamento térmico (Figura 3); (c) Os espaços de ar no interior dos elementos construtivos onde pode ocorrer a acumulação de umidade devem ser ventilados pelo lado externo das camadas de isolamento térmico e de eventuais barreiras de vapor de água (Figura 3); (d) deve-se evitar a aplicação de componentes pouco permeáveis em planos distintos do sistema construtivo, já que a secagem da umidade no meio do sistema é complicada. Conforme Li *et al.* (2016), Marincioni e Altamirano-Medina (2017), Pihelo, Kikkas e Kalamees (2016), Zhou, Derome e Carmeliet (2017) complementam que a utilização de isolantes térmicos voltados à face interna da envoltória aumenta a probabilidade de crescimento de mofo.

As condicionantes externas que se relacionam a condensação são várias e dependentes umas das outras. A influência será ampliada quanto maior for a entrada de ar externo na edificação. Segundo Marincioni e Altamirano-Medina (2017), o valor da umidade relativa interna irá baixar caso a umidade absoluta do ar

externo seja menor e quando a temperatura do ar exterior seja maior que a do ar interno. Outra forma de reduzir o valor da umidade relativa do ar é usar os vãos envidraçados para aquecer o ar interno.

Figura 3 – Princípio de projeto da envoltória frente às condensações internas e superficiais



Fonte: Adaptado de Freitas e Pinto (1998)

Os fatores que afetam o nível de condensação em paredes de edificações condicionadas mecanicamente, conforme Kaczmarek e Weso (2017), em um estudo realizado em clima polonês através de simulação computacional utilizando o software WUFI® Plus com um estudo de caso em dois tipos de paredes leves, são: o tipo de material de isolamento térmico aplicado e a orientação solar e de chuva dirigida das paredes.

2.1.3.2 Parâmetros de uso

A produção de vapor de água interno das edificações deriva de múltiplos fatores, sendo que os relativos aos usuários são os mais importantes. Como o comportamento humano tende a ser imprevisível, há uma dificuldade na quantificação da umidade dentro de um edifício ao longo do dia. (MØLLER; DE PLACE HANSEN, 2017).

Conforme Duarte (2010), Pereira (2018), Yousefi, Gholipour e Yan (2017), a presença de pessoas, animais e plantas resulta em uma quantidade de vapor de água produzido, em relação ao número de pessoas, do tempo de permanência no

ambiente e das suas atividades, como, por exemplo, o preparo de refeições, lavagem e secagem de roupa. A produção de vapor de água por atividade é apresentada no Quadro 2 e pode sofrer influência da temperatura do ambiente.

Quadro 2 – Produção de vapor de água conforme atividade

| Atividade | Vapor de água (g/dia) |
|--------------------------|-----------------------|
| Pessoa | 4000,00 |
| Cozinhar (eletricidade) | 2000,00 |
| Cozinhar (gás) | 3000,00 |
| Lavar louça | 400,00 |
| Banho (por pessoa) | 200,00 |
| Lavar roupa | 500,00 |
| Secar roupa (por pessoa) | 1500,00 |

Fonte: Duarte (2010)

A ventilação adequada do ambiente é, portanto, necessária para reduzir a quantidade de umidade absoluta e ampliar a qualidade do ar, promovendo uma umidade relativa uniforme, pois a renovação e circulação do ar realiza uma mistura de massas de ar. Os parâmetros que influenciam este processo são a umidade relativa do ar e a velocidade de circulação do ar, ambos para promover o conforto do usuário. Os ambientes e a orientação das aberturas devem ser coordenados com a direção de vento predominante. (MØLLER; DE PLACE HANSEN, 2017; MØLLER; MORELLI; HANSEN, 2019; PÉREZ, 2016; PINTO; VIEGAS; FREITAS, 2017; VASILE *et al.*, 2016).

Porém, esta estratégia não se aplica de forma igual a todas as edificações e climas, já que alguns casos, a ventilação pode acarretar um aumento do desconforto, com o aumento da umidade absoluta interna ou aquecimento da edificação. (HAGENTOFT; KALAGASIDIS, 2016; SANCHO SALAS, 2017; YOU *et al.*, 2017). Ainda, mesmo com a ventilação natural sendo realizada pelo usuário conforme requerido por regulamentos técnicos, medições indicam que ela se modifica constantemente em uma mesma edificação e em comparação com outras edificações. (MØLLER; MORELLI; HANSEN, 2019).

Conforme Duarte (2010), a ventilação deve ser permanente e ocorrer dos ambientes de permanência prolongada para os ambientes úmidos, como banheiros, cozinhas e lavanderias. No inverno, os ambientes de permanência prolongada devem ter uma renovação de ar por hora (ren/h), enquanto que os demais devem ter no mínimo 4 ren/, e quando estes ambientes não estão sendo utilizados, pode ser no mínimo 2 ren/h. No verão, não há requisitos mínimos de ventilação.

A avaliação em estudo de caso em campo realizada por Pereira (2018) analisou o comportamento dos ocupantes no desempenho higrotérmico de edifícios residenciais. Os ocupantes interferem na temperatura, nível de umidade, concentração de CO₂, renovações de ar e no consumo de energia, em graus diferentes a depender da estação do ano, e que o impacto destas ações pode ficar localizadas em apenas uma região de um ambiente ou no ambiente.

2.1.4 Saúde dos usuários em ambientes úmidos

Conforme Emery *et al.* (2019), Institute of Medicine of the National Academies (2004) e WHO (2009), há evidências epidemiológicas suficientes para comprovar que usuários de edificações públicas e residenciais úmidas ou mofadas estão em maior risco de sintomas respiratórios, infecções respiratórias e aumento de crises asmáticas. Algumas das evidências epidemiológicas ainda sugerem ampliação do risco de rinite alérgica ou asma alérgica. Estas condições também são ampliadas com a maior quantidade de agentes microbiais em um ambiente úmido, já que estes se propagam sempre que houver água disponível.

Apesar de poucos estudos clínicos, há indícios de que a intervenção nestes ambientes para reduzir a umidade podem abrandar as reações adversas na saúde dos usuários. (EMERY *et al.*, 2019; WHO, 2009). Portanto, a seleção de uma faixa de umidade relativa do ar deve minimizar os efeitos degradantes na saúde e no conforto dos usuários enquanto reduz, tanto quanto possível, a velocidade de reações químicas e o crescimento de contaminantes biológicos (que irão impactar na qualidade da saúde e conforto dos habitantes). (ARUNDEL *et al.*, 1986; INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2004; STERLING; ARUNDEL; STERLING, 1985).

Outras evidências também sugerem que a melhor condição para a qualidade da saúde humana, para a menor quantidade de crescimento de microrganismos e a velocidade de interações químicas, ocorrem na faixa de umidade relativa abaixo 60%, em temperatura ambiente normal. A umidade abaixo de 60% deve reduzir a maior parte de concentração de microrganismos e das concentrações no ar de formaldeído, ácido sulfúrico e dióxido de nitrogênio do ar, além de reduzir os problemas de saúde citados anteriormente. (ARUNDEL *et al.*, 1986; INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2004; STERLING; ARUNDEL; STERLING, 1985; WHO, 2009).

Deve-se considerar, entretanto, que há necessidade de que ocorra condensação superficial nas superfícies dos sistemas construtivos e móveis para estes microrganismos propagar, já que estes não se desenvolvem no ar. Portanto, para o controle do crescimento destes microrganismos as superfícies devem permanecer secas. A única exceção é a contaminação por ácaros, onde seu crescimento está diretamente relacionado a umidade relativa do ar acima de 70% dentro do seu habitat – milímetros acima de superfícies horizontais. (BAUGHMAN; ARENS, 1996).

2.1.5 Manifestações patológicas associadas à umidade

Geralmente, parte das manifestações patológicas das edificações podem ser relacionadas a umidade, por condensações superficiais e intersticiais, higroscopicidade, umidade de construção, ascensional, canalizações e provenientes da água da chuva. Apesar do impacto da condensação ser menos expressivo, como das infiltrações, a umidade da condensação, a longo prazo, torna-se um problema considerável, provocando a degradação dos materiais. (CAMPBELL *et al.*, 2017; NUNO *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2016; ORTOLAN *et al.*, 2015; PIHELO; KIKKAS; KALAMEES, 2016; STARAKIEWICZ *et al.*, 2020).

Conforme Henriques (1994), a umidade pode dissolver sais que eventualmente existem nas envoltórias, de fechamento dos poros dos materiais construtivos, reduzindo a permeabilidade ao vapor de água e causando o efeito de higroscopicidade. Também pode dar origem a formação de eflorescências e ou de criptoflorescências, fissuras e erosões nos revestimentos. Os sais que dão origem às eflorescências podem dar origem a fenômenos de degradação, resultantes dos aumentos de volume que acompanham sua cristalização. (FEDORIK; HAAPALA, 2017; MEISSNER; STÖCKER; VOGELSANG, 2017; SAITO, 2017; ZHAO; MEISSENER, 2017).

A condensação intersticial pode provocar o apodrecimento de materiais orgânicos, corrosão dos metais, destaque de materiais, crescimento de fungos e mofos. Portanto, o controle de umidade e análise do risco e quantidade de condensação permite impedir o surgimento de manifestações patológicas nas envoltórias e, assim, evitar posterior necessidade de reabilitação nos edifícios já construídos. (BRÁS *et al.*, 2017; KOČÍ; ČERNÝ, 2017; SILVEIRA; PINTO; WESTPHAL, 2019).

Há alguns trabalhos que estudaram a influência da condensação nas edificações e sistemas construtivos nos aspectos de durabilidade e habitabilidade. (FANG; CHEN; WU, 2020; KÜNZEL, 1994; PAULA, 2017; SANTOS, 2017; SILVEIRA; PINTO; WESTPHAL, 2019). Conforme estes autores, os sistemas construtivos e seus componentes são afetados pela umidade podem, ainda, apresentar as ocorrências de redução do isolamento térmico, que influencia no desempenho térmico e eficiência energética da edificação, além da condensação superficial, o que irá ampliar a possibilidade de e contaminação por poeira, crescimento de algas, fungos e mofos, impactando na qualidade do ar e saúde dos habitantes. Acarretam também a hidratação incompleta por secagem muito rápida e a cura retardada da cobertura de pavimentação por causa da secagem.

2.1.6 Programas de simulação

A análise das transferências de calor, umidade e vapor de água através de métodos de regime não estacionário é um processo complexo e dispendioso e a melhor alternativa é o uso de programas computacionais de simulação numérica. Estes softwares têm como objetivo analisar a ocorrência de condensações superficiais e intersticiais, permitindo uma análise e otimização do desempenho higrotérmico dos edifícios. Ainda, a análise do desempenho higrotérmico pode ser fundamentada em energia, umidade e calor. (FREUDENBERG; RUISINGER; STÖCKER, 2017; KARAGIOZIS; SALONVAARA, 2001; VEREECKEN; ROELS; JANSSEN, 2017).

Sendo a natureza do cálculo complexa, geralmente são empregados softwares de simulação numérica para analisar calor e umidade, conhecidos como HAM (*Heat, air and moisture*), os quais reúnem as equações de fluxo de calor com o balanço de massa e energia. Para o projeto de um software, deve-se considerar o escopo do estudo e os parâmetros necessários para a simulação. (PINHEIRO, 2013; VEREECKEN; ROELS; JANSSEN, 2017). Dentre os existentes, poucos são disponibilizados para o público. (COSTA, 2019; PALLIN *et al.*, 2017).

Ainda de acordo com Costa (2019), Pinheiro, (2013) e Zirkelbach *et al.*, (2017), os softwares variam conforme a complexidade dos modelos matemáticos, tipo de fluxo, regimes (estacionário, quase-estacionário e dinâmico), importância atribuída ao transporte de umidade, base de dados dos materiais construtivos e condições de contorno.

2.1.6.1 Software WUFI® Plus

O estudo utilizou o software de simulação WUFI® Plus (*Wärme und Feuchte instationär - Transient Heat and Moisture*). O WUFI® Plus é um software que analisa os parâmetros relevantes ao cálculo, e foi desenvolvido pelo Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP). (ANTRETTTER et al., 2017).

O software WUFI® Plus adota como parâmetros de cálculo os pressupostos e simplificações constantes na EN 15026:2007 (EN, 2007b), sendo estes (ANTRETTTER et al., 2017):

- Geometria constante, ou seja, a edificação não sofre dilatações e retrações ao longo do período de cálculo devido aos teores de água e as variações de temperatura;
- Não há variação das propriedades de materiais devidas a reações químicas, danos ou envelhecimento;
- Não é considerada a dependência da temperatura pela curva de armazenamento de temperatura (inércia térmica);
- Não é considerada a formação de gelo.

Estes pressupostos e simplificações nem sempre acontecem na prática, como, por exemplo, a variabilidade dimensional que o bloco cerâmico sofre quando está sujeito a elevadas temperaturas ou teores de água. (JORNE, 2010; MOREIRA, 2020; WINKLER; ANTRETTTER; RADON, 2017).

Há alguns casos em que o WUFI® Plus não é indicado, já que apresenta algumas limitações pelo modelo higrotérmico utilizado pelo programa, tais como (ANTRETTTER et al., 2017; WINKLER; ANTRETTTER; RADON, 2017):

- Existência de convecção através de frestas e fissuras nos materiais construtivos;
- Efeitos bidimensionais relevantes;
- Análises de forças hidráulicas e osmóticas;
- Análises com temperatura média diária maior que 50°C;
- Não se considera o fenômeno de convecção e radiação na transferência de calor das caixas de ar.

O software WUFI® Plus também não realiza a análise da inércia térmica, que pode ser calculada em outros programas de simulação, tal como o EnergyPlus. O método de cálculo da temperatura do ambiente impossibilita a avaliação da inércia

térmica da envolvente, já que o valor de temperatura interna adotado independe da qualidade térmica da envoltória. Essa diferença ocorre porque o WUFI® Plus tem como objetivo o cálculo da carga higrotérmica, enquanto o EnergyPlus tem como objetivo o cálculo das cargas de aquecimento e ventilação. (ANTRETTTER *et al.*, 2017). Desta forma, os resultados em obtidos não são comparáveis.

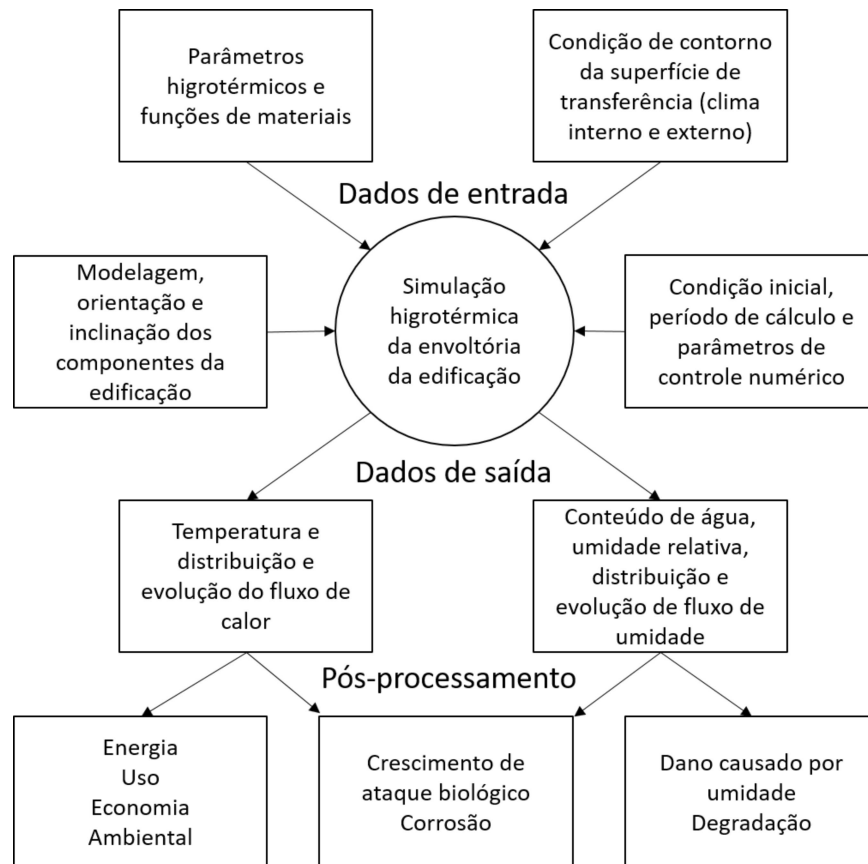
Conforme Colinart *et al.* (2017), o tipo de simulação realizado por softwares como o WUFI® Plus pode apresentar limitações em registrar a umidade relativa medida em locais onde a temperatura apresenta grandes variações (normalmente, próximas a superfícies externas). Contudo, estes programas preveem de forma significativamente precisa o balanço de calor e de umidade das paredes higroscópicas, desde que as diferenças observadas sejam realmente causadas pela temperatura.

Coelho, Entradas Silva e Henriques (2019) em análise comparativa entre WUFI® Plus, EnergyPlus e medições em campo, concluíram que o modelo de cálculo do WUFI® Plus apresentou melhor resposta e altos valores de precisão quando comparados com as medições em campo. Já nos estudos de Kordziel (2018) e Zanoni *et al.* (2020) compararam dados medidos em medições em campo e o modelo do WUFI® Plus, observando que a simulação apresentou valores precisos em relação ao medido após a realização de calibração entre os modelos.

O WUFI® Plus utiliza três formas de cálculo para a determinação da temperatura interna, sendo por funções sinusoidais, conforme ISO 13788:2012 (ISO, 2012), EN 15026:2007 (EN, 2007b) e ASHRAE SPE 160:2008 (ANTON, 2008), possibilitando, ainda, ao usuário definir a temperatura do ambiente interno para todo o período da simulação, possibilitando, desta forma, apenas o cálculo do fluxo de energia que atravessa o sistema construtivo. (ANTRETTTER *et al.*, 2017; JORNE, 2010; MOREIRA, 2020).

O processamento e organização do modelo de simulação do WUFI® Plus segue os parâmetros prescritos pela EN 15026:2007 (EN, 2007b) (Figura 4), e utiliza duas equações: uma para o transporte de calor e outra para o transporte de massas. Estes dois cálculos são resolvidos simultaneamente e numericamente utilizando o método de volume finito implícito de discretização. (CHANG *et al.*, 2017)

Figura 4 - Composição do padrão de simulação higrótérmica



Fonte: Adaptada de Chang *et al.* (2017)

Outro elemento que pode ser citado é que não há a possibilidade de inserir o sombreamento no cálculo do programa. Conforme Jorne (2010), Moreira (2020), Winkler, Antretter e Radon (2017), esta informação seria importante, já que afeta a ocorrência de chuva e de radiação direta na superfície da parede.

Como dados de entrada no programa, além dos sistemas construtivos da envolvente e projeto de arquitetura da edificação a ser analisada, são necessárias as propriedades dos materiais construtivos, podendo ser utilizada a base de dados do software ou serem indicados pelo usuário. (ANTRETTTER *et al.*, 2017). São eles:

- Massa volumétrica (ρ), indicado em kg/m^3 ;
- Calor específico (c), em $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$;
- Condutibilidade térmica (λ), em $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ do material construtivo seco e úmido;
- Porosidade (p), em m^3/m^3 ;
- Curva de armazenamento de umidade;
- Permeabilidade ao vapor, em $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{sPa})$;

- Coeficiente de transporte de água líquida (D_w), em m^2/s , para a fase de absorção de água (fase de umedecimento) e redistribuição (fase de secagem).

Já os dados climáticos horários a serem fornecidos são (ANTRETTTER *et al.*, 2017):

- Temperatura do ar externa, em $^{\circ}C$;
- Umidade relativa externa, em %;
- Radiação de onda curta (global e radiação solar difusa), em $kWh/m^2 a$;
- Radiação de onda longa (radiação térmica do céu e radiação terrestre), em $kWh/m^2 a$;
- Precipitação (quantidade da chuva), em mm/a ;
- Velocidade e direção do vento, em m/s ;
- Temperatura do ar interna, em $^{\circ}C$;
- Temperatura do ponto de orvalho, em $^{\circ}C$;
- Umidade relativa interna, em %;
- Entre outros.

Os coeficientes de transferência de superfície (coeficientes de transferência) sofrem o impacto do clima e das condições higrotérmicas internas, considerando-se também a existência de uma camada de ar parado na superfície, atuando como uma resistência ao calor. Os outros parâmetros que podem ser adicionados são: coeficiente de absorção de radiação solar de onda curta (α_s); emissividade (ϵ); e, espessura da camada de ar de difusão equivalente (S_d).

Por fim, as especificações de cálculo e as condições iniciais (temperatura e umidade relativa em cada material) são também consideradas.

Os resultados da simulação higrotérmica apresentados pelo software consistem em fluxos de calor, umidade e distribuições de temperatura, umidade relativa e teor de água na secção transversal do sistema construtivo. Sendo a simulação em regime dinâmico, os valores são variáveis e não-lineares. (JORNE, 2010; MOREIRA, 2020). Os transportes transitórios de calor e umidade são calculados de forma conectada. Isso acontece em intervalo de tempo arbitrárias dentro de um período de simulação arbitrário. O cálculo é feito com o método dos volumes finitos.

Quanto ao crescimento de mofo, este software utiliza três parâmetros: temperatura, umidade relativa e substrato (propriedades e probabilidade de

contaminação). O substrato é dividido em quatro categorias: meio de cultura ideal, materiais construtivos biodegradáveis, materiais construtivos porosos e materiais não-degradáveis ou que não contenham nutrientes. O software também classifica o crescimento de mofo em três categorias: luz verde (crescimento menor que 50mm/ano, o que é normalmente aceitável), luz amarela (crescimento entre 50 e 200mm/ano, o que apresenta necessidade de maiores estudos para verificar a aceitabilidade) e luz vermelha (crescimento acima de 200 mm/ano, o que usualmente não é aceitável). (HOLZHUETER; ITONAGA, 2017).

2.1.6.2 Estudos utilizando WUFI® Plus

Estudos com o software para análise de desempenho higrotérmico em edificações foram realizados em diversos climas, tanto para regiões úmidas e frias, úmidas e quentes quanto para frias e secas, quentes e secas como pode ser visto as sínteses apresentadas neste item.

Alguns estudos recentes aplicam WUFI® Plus para análises de desempenho higrotérmico de edificações ou sistemas construtivos, como Costa (2019), Kang, Chang e Kim (2018) Lee *et al.* (2020), Moreira (2020), Nik (2017) e Radon *et al.* (2018).

Duarte (2010) concluiu que em relação ao parâmetro de ventilação, este é essencial para reduzir o risco de condensações. O parâmetro de transmitância térmica deve ser bem estudado, para analisar o risco de condensação na edificação. Relativo ao parâmetro de produção de vapor de água, caso o valor não for superior a 600 g/h o risco é baixo, caso tenha ventilação, acima deste valor, pode potencializar o fenômeno. Quanto ao parâmetro de temperatura interna, caso ela seja no mínimo 6°C mais alta que a externa, há um baixo risco de condensação. Por fim, quanto ao parâmetro das condições climáticas externas, estas modificam o comportamento da edificação.

Arregi e Little (2016) em seu estudo exploratório sobre avaliação de risco de condensação em paredes cerâmicas convencionais. Os autores analisaram quatro cenários: condição original, de 1905 (tijolos maciços aparentes com junta argamassa de cal, revestimento interno de gesso, sem membranas a prova de umidade e piso ventilado de madeira); condição original (tijolos maciços aparentes com junta argamassa sobre a argamassa de cal, revestimento interno cimentício com aditivo impermeabilizante com acabamento em gesso e piso de concreto sobre membrana

a prova de água e isolamento de poliestireno expandido), retrofit convencional (tijolos maciços aparentes com junta argamassa sobre a argamassa de cal, revestimento interno de placas compostas por poliisocianurato (PIR) com membrana a prova de vapor de água e acabamento de gesso acartonado e piso de concreto sobre membrana a prova de água e isolamento de poliestireno expandido), e retrofit proposto ((tijolos maciços aparentes com junta argamassa de cal, revestimento interno de gesso com silicato de cálcio colado à parede com adesivo à base de cal e acabamento de gesso à base de cal, piso de cal sobre camada isolante de lã de vidro reciclado). A análise higrotérmica foi realizada utilizando o software WUFI® Plus, com dados climáticos do aeroporto de Dublin, conforme os procedimentos da EN ISO 15026:2007 e EN ISO 13788 (2012). Os resultados encontrados pelos autores que a utilização de membranas a prova de água ou a prova de vapor de água apresentam maior teor de umidade interna aos sistemas construtivos. Isto contradiz os regulamentos e documentos orientativos, já que estes são baseados em métodos simplificados que não são adequados para edificações tradicionais. (ARREGI; LITTLE, 2016).

Finken, Bjarløv e Peuhkuri (2016) ensaiaram através do software WUFI® Plus, o retrofit de fachadas de um dormitório histórico. Na fachada, de tijolo maciço sem revestimento, foi adicionado isolamento térmico interno. A edificação localiza-se na Dinamarca e os dados climáticos internos foram calculados utilizado na EN 15026. O estudo demonstrou que para aumentar o desempenho higrotérmico da parede, foi necessário utilizar uma proteção contra chuva na fachada, visto ser uma região de grandes precipitações.

A análise do comportamento higrotérmico de materiais construtivos desenvolvidos a partir de fibras naturais foi analisado através do WUFI® Plus, em clima suíço. O estudo concluiu que, como é comumente sabido que as propriedades higrotérmicas de fibras naturais são sensíveis a temperatura e umidade, o aumento destes faz com que ocorra uma degradação das suas propriedades higrotérmicas. (KORJENIC; ZACH; HROUDOVÁ, 2016).

Päätaalo (2016) realizou um estudo em edificações de madeira em climas nórdicos, com o software WUFI® Plus. O autor afirma em seu estudo em residências de madeira que há uma tendência de secagem da edificação ao longo do tempo, entretanto, o risco de mofo não pode ser descartado. O uso de uma membrana de retardo de vapor e estanqueidade é recomendado em qualquer caso para melhorar a função da parede.

O impacto dos climas futuros na durabilidade de conjuntos de paredes residenciais revitalizados ao Passive Haus para o Canadá, foi analisado por Sehzadeh e Ge (2016). O desempenho da durabilidade foi avaliado em termos de risco de danos causados por congelamento dos tijolos e do risco de biodegradação dos revestimentos de madeira compensada, através de simulações usando WUFI® Plus. O clima interno foi baseado. O estudo conclui que a adaptação das paredes cerâmicas que o Passive Haus recomenda amplia o risco de danos causados por congelamento dos tijolos. Já as paredes de madeira teriam o risco de crescimento de mofo ampliado pelo aumento da umidade relativa.

A análise higrotérmica realizada por Cascione *et al.* (2017) teve como objetivo comparar o método Glaser e o método dinâmico, através de software, para realçar as vantagens e desvantagens. Utilizou-se o software Pan 7.0 para o método Glaser e o WUFI® Plus para o método dinâmico. Foram analisados no método Glaser o risco de condensação e o risco de crescimento de fungos. Na avaliação do método dinâmico, além dos já citados foram analisados o risco de gelo e degelo, redução do potencial de secagem e decaimento do desempenho energético. Os autores analisaram três estudos de caso de edificações residenciais localizadas no Japão, devido à sua predominância e grande necessidade de manutenção. Os autores verificaram que quando a camada de isolante se encontra na face externa da edificação, ambos métodos apresentam resultados semelhantes, contudo, quando a camada isolante se encontra na face interna da edificação, o método Glaser apresenta resultados muito mais conservadores que o método dinâmico. Os autores também afirmam que simulações higrotérmicas necessitam de muitos mais dados e dados mais confiáveis, tendo o responsável pela simulação maior responsabilidade, mas esse método permite uma análise mais completa e específica da edificação.

Já o estudo higrotérmico realizado por Chang *et al.* (2017) tinha como objetivo a avaliação na melhora do desempenho de paredes de placas de gesso acartonado através da utilização de materiais porosos para reduzir a condutividade térmica e melhorar o desempenho das propriedades de umidade das placas de gesso acartonado. Foram produzidas placas de gesso acartonado com cinco diferentes tipos de agregados: vermiculita expandida, perlita expandida, nano-carbono (xGnP) com área de C-300, xGnP com área de C-500 e xGnP com área de C-750. Foram ensaiados em laboratório a condutividade térmica, densidade, fator de resistência ao vapor de água e teor de água por umidade relativa. A análise de desempenho higrotérmico foi realizada com o software WUFI® Plus em clima japonês, e a

composição da parede analisada foi composta de, do externo para o interno, gesso mineral (19mm), concreto (200 mm), EPS (200 mm) e as placas de gesso acartonado (19 mm). Os resultados se mostraram satisfatórios, com a redução da condutividade térmica e, portanto, do risco do crescimento de fungos.

A análise realizada por Flynn *et al.* (2017) da performance higrotérmica de um isolante térmico a base de lã mineral, fixado na face externa da envoltória de edificações, foi realizada com medições em campo, para calibração da simulação, e a simulação higrotérmica foi feita através do software WUFI® Plus. O clima externo foi de cinco regiões do Canadá, tanto para regiões úmidas e frias, úmidas e quentes quanto para frias e secas, quentes e secas. Para a determinação do clima interno, utilizou-se a ASHRAE 160:2009. O material mostrou-se adequado para todos os climas, exceto climas extremamente frios, onde, conforme os autores, a análise para utilização deve ser realizada caso a caso.

Holzhueter e Itonaga (2017) investigaram o risco de crescimento de mofo e condensação intersticial e superficial de seis tipologias de paredes de fibras de palha através do software WUFI® Plus, em climas temperado úmido, e avaliar o modelo orientativo de Holzhueter e de Itonaga. Os resultados indicaram que o potencial de crescimento de mofo varia a cada tipo de estrutura, e edificações que utilizam membranas a prova de vapor de água possuem menos probabilidade de risco de crescimento de mofo. Quanto a comparação com os modelos orientativos, estes indicam um potencial muito maior de crescimento de mofo que o encontrado na simulação.

Chang *et al.* (2017) examinaram o aumento do desempenho higrotérmico de paredes de madeira que utilizam “*macro-packed phase change materials*” (MPPCM) em climas quente e úmido, através de simulação higrotérmica com o software WUFI® Plus. O clima interno da edificação foi baseado na EN 13788. Foram avaliadas quatro paredes com clima japonês, sendo uma de referência, uma com membrana impermeável ao valor de água e nas demais, duas quantidades diferentes de MPPCM. Os autores demonstraram ser possível reduzir o risco de crescimento de mofo nas paredes de madeira com a utilização do MPPCM ao invés do uso de membranas impermeáveis.

Knarud e Geving (2017) realizaram um estudo comparativo de simulações higrotérmica de paredes de alvenaria cerâmica com isolamento térmico externo, visto que o potencial de secagem desta é reduzido, aumentando, conseqüentemente, o risco de condensação. O estudo foi realizado através de

métodos numéricos 2D, com os softwares COMSOL Multiphysics e WUFI® Plus, em uma parede de cerâmica com isolamento térmico e com barreira de vapor inteligente, comparando-se os resultados dos softwares. O clima utilizado foi norueguês. O foco do trabalho foi comparar ambos softwares e discutir as opções disponíveis e os desafios enfrentados. Os autores concluíram que as diferenças encontradas nos resultados de umidade relativa apresentados pelos softwares são relativas ao cálculo da umidade proveniente de chuva dirigida e aos modelos de radiação, principalmente em relação a radiação de ondas curtas. A conclusão é que o software COMSOL Multiphysics possui potencial para ferramenta de simulação higrotérmica, contudo deve passar por mais validações.

A pesquisa realizada por Fedorik e Haapala (2017) tratou-se da análise de crescimento de mofo e desempenho higrotérmico em três tipos de sistemas construtivos de madeira, normalmente utilizados na Finlândia. A avaliação foi realizada com o software WUFI® Plus e os dados climáticos internos com os parâmetros da ISO 13788:2012. Os autores observaram que a aplicação de material estrutural, com baixa permeabilidade a umidade e mais resistente a esta, no topo da envoltória de um edifício é benéfico para proteger a estrutura de madeira de condições externas. Ainda, os problemas que a umidade acarreta à madeira depende das condições térmicas e do tempo de exposição.

Zirkelbach *et al.* (2017) utilizou o software WUFI® Plus para analisar o desempenho higrotérmico e a eficiência energética de telhados verdes. Para a simulação foi medido dados em campo, para calibração, e utilizado os dados climáticos da Alemanha. Os autores concluíram que a simulação apresentou dados semelhantes a calibração, podendo, portanto, a simulação de telhados verdes ser realizada pelo software supracitado, em diferentes condições climáticas.

A aplicação dos dados climáticos sintetizados, para representar o clima futuro e ser aplicável em simulações higrotérmicas, foi investigada por Nik (2017), verificando as distribuições e variações de vários parâmetros climáticos e indicadores de desempenho. O autor utilizou os dados climáticos da Suécia e o software WUFI® Plus para verificar a possibilidade de uso dos dados climáticos sintetizados. O estudo confirmou a possibilidade destes dados climáticos em simulações higrotérmicas.

O efeito da modelagem dinâmica de sete pontes térmicas no desempenho energético de edifícios residenciais foi estudado por Ge e Baba (2017) em quatro climas do Canadá, em dois tipos de sistemas construtivos. A simulação através do

WUFI® Plus comparou os resultados utilizando o método de transmitância térmica equivalente e o método de parede equivalente com os obtidos no método de modelagem dinâmica em 3D.

Hamid e Wallentén (2017b) analisaram isolantes térmicos dispostos internamente a fachada de blocos cerâmicos, com o software WUFI® Plus. Os ensaios foram realizados com dados climáticos da Suécia, e os dados climáticos internos foram baseados na EN 13788. Os autores concluem que o risco de crescimento é maior quando o clima da região é úmido. Além disso, que os programas de simulação em geral geram resultados piores que os resultados em campo, forçando, desta forma, decisões que beneficiam os usuários.

A influência das chuvas no desempenho térmico e energético de um edifício baixo nos climas de Camarões, Austrália, Quênia e Sudão foi analisado por Diaz e Osmond (2017). O estudo foi realizado com o WUFI® Plus e conclui que a chuva tem uma grande influência no resfriamento das faces externas das paredes, principalmente. Foi encontrado uma redução de temperatura nas faces externas de 7,4°C, 1°C para as faces internas, 0,4°C na temperatura média do ar interno e de 0,5°C na temperatura operativa do ar interno.

Paolini *et al.* (2017) identificaram em seu estudo de desempenho higrotérmico de edificações residenciais em região urbana e rural da Itália, que há uma diferença significativa de desempenho, mesmo utilizando o mesmo projeto. O estudo foi realizado com o WUFI® Plus e o clima interno foi realizado por meio da ISO 13788:2012. O impacto das ilhas de calor do meio urbano é de 12% a 16% em relação ao gasto energético para aquecimento e de 41% a 39% para o resfriamento. Em zona urbana a desumidificação é de 74% a 78% menor que no ambiente urbano. Já as edificações não condicionadas, a temperatura interna é 1,4°C maior na zona urbana que na zona rural. Segundo os autores, a possibilidade de crescimento de mofo é maior na zona rural que na zona urbana, contudo, a qualidade do ar é maior na zona rural.

O experimento realizado por Radon e Was (2018) foi de desempenho higrotérmico de longo prazo de conjuntos de envelopes em uma casa passiva, feitas de material painéis leves pré-fabricados. Foram ensaiados em campo oito tipos de paredes e dois tipos de telhados, durante cinco anos, sob condições reais de clima e uso na Coreia do Sul. Análises teóricas foram realizadas utilizando o programa computacional WUFI® Plus. Os resultados da simulação higrotérmica apresentou resultados de acordo com os encontrados nas medições em campo, algumas

discrepâncias encontradas são devidas às simplificações de modelagem de transferência de calor e umidade nas áreas das bordas.

Lee *et al.* (2020) realizaram a análise higrotérmica de estruturas leves de madeira em 20 regiões da Coreia do Sul, utilizando o software WUFI® Plus. A análise levou em consideração a localização das barreiras de vapor de água. Os autores concluíram que o clima e as propriedades dos materiais, juntamente com sua locação, devem ser considerados para prevenir a ocorrência de condensação, e o fator de maior impacto foi a chuva dirigida.

O trabalho realizado por Moreira (2020) analisou a umidade em diferentes tipos de coberturas. O autor concluiu que coberturas planas e a cobertura inclinada composta por telha de fibrocimento e laje de concreto armado com lã mineral e revestimento de gesso acartonado, apresentaram resultados satisfatórios nas simulações. Contudo, o autor ressalta que as coberturas planas são mais complicadas de executar em obra, e deve-se exigir um maior rigor durante a fase de projeto e execução destas para evitar anomalias e outras manifestações patológicas no edifício.

O estudo realizado por Gholami *et al.* (2020) verificou a redução do gasto energético para resfriamento de uma edificação através do uso de telhado verde. Os autores observaram uma redução do gasto energético para resfriamento de 50% no verão, contudo houve um alto impacto no desempenho térmico e energético causado pela umidade deste tipo de telhado.

Legros *et al.* (2020) investigaram se a umidade armazenada em sistemas de revestimento impacta o conforto térmico dos usuários de edificações. Os autores avaliaram que apesar de não poderem afirmar se o impacto pode ser percebido pelos usuários, as faces internas das paredes apresentaram temperaturas mais baixas que o ambiente e uma maior quantidade de horas em desconforto térmico foi percebida.

Pode-se concluir pela bibliografia consultada e apresentada neste capítulo que o software WUFI® Plus é utilizado em diversos tipos de climas, de extremamente frios e úmidos e extremamente quente e úmidos até nos extremamente frios e secos e extremamente quente e secos. Quanto ao método de determinação do clima interno da edificação, a norma mais utilizada é a ISO 13788:2012.

Além disso, Hamid e Wallentén (2017b) concluíram que os programas de simulação em geral geram resultados de condensação e umidade mais críticos que

os resultados em campo. Enquanto, conforme citado anteriormente, os estudos realizados por Radon e Was (2018), Hamid e Wallentén (2017b), Zirkelbach *et al.* (2017) e Holzhueter e Itonaga (2017) comprovaram que os resultados do modelo higrotérmico são compatíveis com os encontrados em modelos reais.

2.2 NORMALIZAÇÃO NO DOMÍNIO HIGROTÉRMICO

2.2.1 Normas e regulamentos nacionais

As normas no Brasil que tratam da questão de desempenho térmico são a ABNT NBR 15220:2005, que trata do zoneamento bioclimático do país e traz os critérios mínimos de desempenho, e a ABNT NBR 15575:2010, que faz referência ao desempenho térmico de edifícios residenciais unifamiliares e multifamiliares. Também é apresentado o regulamento RTQ-R, que complementa as duas normas no que se refere a questão da eficiência energética em edificações habitacionais.

2.2.1.1 ABNT NBR 15220:2005 – Desempenho térmico de edificações

A ABNT NBR 15220:2005, possui 5 partes e trata, entre outros, sobre o desempenho térmico de habitações quanto à: definições e simbologia (parte 1); método de cálculos de elementos e componentes de edificações (parte 2); zoneamento bioclimático brasileiro, diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico (parte 3); e, métodos de medição da resistência térmica e condutividade térmica por placa quente protegida e fluxímetro (partes 4 e 5). (ABNT, 2005a).

A parte 3 da ABNT NBR 15220:2005, apresenta o território brasileiro dividido em oito Zonas Bioclimáticas, além de indicar estratégias projetuais para estas. O propósito desta norma é ser um recurso que facilita ao projetista utilizar-se das estratégias de projeto para atender às necessidades de conforto dos usuários, já que apresenta indicações técnico-construtivas, com propriedades dos materiais e sistemas construtivos necessários à melhora do desempenho térmico das edificações, por meio de adequação climática. Estas diretrizes tratam do tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas (envoltória da edificação) e estratégias de conforto térmico passivo. (PIRES, 2013).

Sua avaliação é prescritiva apresenta um método simplificado, atingida com base na avaliação do atendimento de cada um dos parâmetros informado pela norma, sendo: estratégias de condicionamento térmico passivo, tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas, parede externa e cobertura. (PAULA, 2017; PIRES, 2013).

Contudo, a norma não apresenta requerimentos ou critérios quanto à umidade interna da edificação.

2.2.1.2 ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais - Desempenho

A ABNT NBR 15575:2013 fixa parâmetros para avaliar o comportamento da edificação, analisando o desempenho de um sistema construtivo, apresentando os critérios de avaliação de desempenho térmico para as condições de conforto no verão e inverno. Desta forma, esta norma considera a adequação ao uso de um sistema ou processo construtivo, independentemente da solução técnica adotada, e a classifica qualitativamente. A norma apresenta dois procedimentos para a avaliação da adequação das edificações: simplificado e simulação; e estabelece ainda três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S), sendo o nível mínimo obrigatório. (ABNT, 2013; PAULA, 2017; PIRES, 2013).

Em relação a paredes e coberturas, estas são avaliadas através da transmitância térmica e capacidade térmica. Para atender o nível mínimo de desempenho térmico, as propriedades dos sistemas construtivos da envoltória devem ser analisadas perante a exigência mínima de cada zona bioclimática. Para classificação da edificação acima do nível mínimo, há a necessidade de realizar a avaliação por meio de simulação computacional. (PAULA, 2017; PIRES, 2013). A norma não apresenta requerimentos ou critérios quanto a umidade interna da edificação e seu método não compreende esta análise em conjunto com a simulação térmica, devendo ser efetuado coma exclusão deste condicionante.

2.2.1.3 RTQ-R – Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios residenciais unifamiliares e multifamiliares

De forma a ampliar a eficiência energética das edificações, o regulamento RTQ-R avalia as edificações a partir dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e envoltória arquitetônica. Esta regulamentação prescreve que as edificações

devam atender às normas e legislações vigentes e indicação medidas de melhora dos sistemas construtivos considerados pelo selo, de forma a aumentar os níveis de eficiência energética. A edificação é avaliada em projeto e após o “Habite-se”, quando edificações novas. A avaliação ocorre após reformas, quando as edificações já estão construídas. (PAULA, 2017; PIRES, 2013).

Conforme o RTQ-R (INMETRO, 2012), há duas formas de avaliação:

- No método prescritivo, o desempenho de cada sistema avaliado possui um peso.
- O método de simulação, que permite avaliar a incorporação de inovações tecnológicas e o uso de estratégias passivas de condicionamento. Deve ser realizado utilizando software validado conforme a ASHRAE Standard 140.

O método de simulação proposto pelo Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) consiste em analisar a edificação na condição de naturalmente ventilada e condicionada artificialmente, quando este é utilizado, sendo de caráter informativo. Para tanto, devem ser atendidos os pré-requisitos de ventilação e iluminação natural e para a avaliação dos indicadores de graus-hora de resfriamento (GHR), dos ambientes de permanência prolongada. (INMETRO, 2012).

Assim como as normas nacionais, este regulamento não apresenta critérios em relação à umidade interna da edificação e seu método não compreende esta análise em conjunto com a simulação térmica.

2.2.2 Normas e regulamentos internacionais

2.2.2.1 EN ISO 13788 - *Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods*

A EN ISO 13788:2012 (ISO, 2012) tem como objetivo apresentar métodos simplificados de cálculo para:

- temperatura da superfície interna de um elemento ou sistema construtivo para avaliar o risco de condensação superficial, devido à temperatura interna e à umidade relativa;

- avaliação do risco de condensação intersticial devido à difusão do vapor de água, não considerando uma série de fenômenos físicos importantes, como a transformação das propriedades do material com o teor de umidade; sucção capilar e transferência de umidade líquida dentro dos materiais; movimento de ar de dentro do edifício para o componente através de lacunas ou dentro de espaços aéreos; a capacidade de umidade higroscópica dos materiais, etc.;
- tempo necessário para a água, a partir de qualquer fonte, secar e o risco de condensação intersticial em outras partes do componente durante o processo de secagem, quando utilizando-se camadas de alta resistência ao vapor de água.

Segundo Cunha (2009), este método assume que a umidade da construção da edificação já secou e não considera os seguintes fenômenos físicos:

- A dependência da condutibilidade térmica no teor de umidade;
- A libertação e absorção do calor latente;
- A alteração das características dos materiais com o teor de umidade;
- A sucção capilar e o transporte de umidade no interior dos materiais;
- A movimentação do ar através de fendas ou de espaços de ar;
- A higroscopicidade dos materiais.

Desta forma, limitações e erros deste método advém na não consideração dos aspectos e fenômenos físicos supracitados.

Conforme Pinheiro (2013) esta norma sugere 5 classes de umidade conforme o tipo de uso da edificação e temperatura média mensal externa, sendo estas: 1 – armazéns, 2 – escritórios e lojas; 3 – habitações com baixa ocupação; 4 – habitações com elevada taxa de ocupação, pavilhões desportivos, cozinhas, cantinas, edifícios com aquecimento a gás; 5 – edifícios especiais: lavanderias, piscinas. Quanto a temperatura interna, a norma sugere que seja levado em consideração o tipo de utilização da edificação e que cada país defina por norma este valor. (ISO, 2012).

Ainda, a EN 13788:2012 determina que a temperatura dos ambientes internos se conserve constante durante todo o ano e a umidade relativa interna tem um valor variável, já que esta depende da temperatura e da umidade absoluta do ar interno, que não é constante. (JORNE, 2010).

2.2.2.2 EN 15026 - *Hygrothermal performance of building components and building elements. Assessment of moisture transfer by numerical simulation*

A norma EN 15026:2007, é utilizada na equação da transferência de calor e transferência de umidade ao longo dos materiais construtivos da solução construtiva adotada para a envoltória da edificação pelo método dinâmico. Quanto as condições de ambiente interno de edificações aquecidas, realiza uma abordagem simplificada da determinação de temperatura e umidade, através da temperatura exterior, quando na ausência de valores medidos ou simulados. (JORNE, 2010).

A EN 15026:2007 cobre modelos transientes que consideram o armazenamento de calor e umidade, os efeitos do calor latente e a transferência de água como líquido ou por convecção, usando condições iniciais e de limite realistas. (EN, 2007b). Exemplos de fenômenos que os modelos podem simular incluem:

- Secagem da umidade da construção;
- Acumulação da condensação intersticial devido à difusão;
- Penetração da umidade causada pela chuva dirigida;
- Migração da condensação da face interna para a externa no verão;
- Condensação em superfícies externas devido ao resfriamento por radiação de ondas longas; e
- Perdas de calor devido à transmissão e evaporação da água.

A norma informa que as equações higrótérmicas não devem ser usadas onde “a convecção ocorre através de buracos e rachaduras”, já que há uma norma britânica que estabelece um limite superior de vazamento de ar através de furos e rachaduras a taxas que limitariam a aplicação desta norma. (EN, 2007b)

Além disso, conforme EN 15026:2007 (EN, 2007b) as equações baseiam-se em algumas suposições simplificadoras, incluindo:

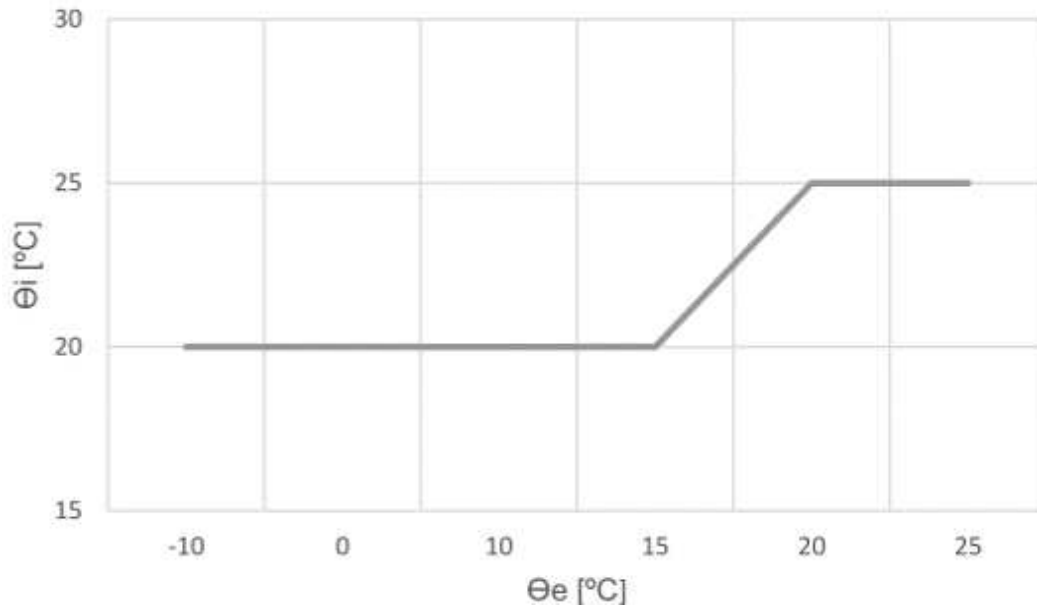
- Geometria constante, ou seja, sem sofrer dilatações e retrações durante o período de cálculo devido à teores de água e temperaturas;
- Nenhuma variação das propriedades de materiais devido às reações químicas, danos ou envelhecimento;
- Não se considera a dependência da temperatura pela curva de armazenamento;
- O calor latente de sorção corresponde ao calor latente de condensação ou evaporação;

- Há equilíbrio local entre as fases líquida e vapor sem histerese;
- O armazenamento de umidade não depende da temperatura; e
- A difusão de vapor não é afetada por gradientes de temperatura ou pressão barométrica.

Esta norma propõe um método para determinar a temperatura e umidade interna, validas para habitações e escritórios. A temperatura interna é resultante do valor da média diária da temperatura exterior e a umidade definida a partir do tipo de ocupação do edifício, conforme Figura 5, para a temperatura interna, e Figura 6, para umidade relativa interna (A: taxa de ocupação normal; B: taxa de ocupação elevada). (JORNE, 2010; PINHEIRO, 2013).

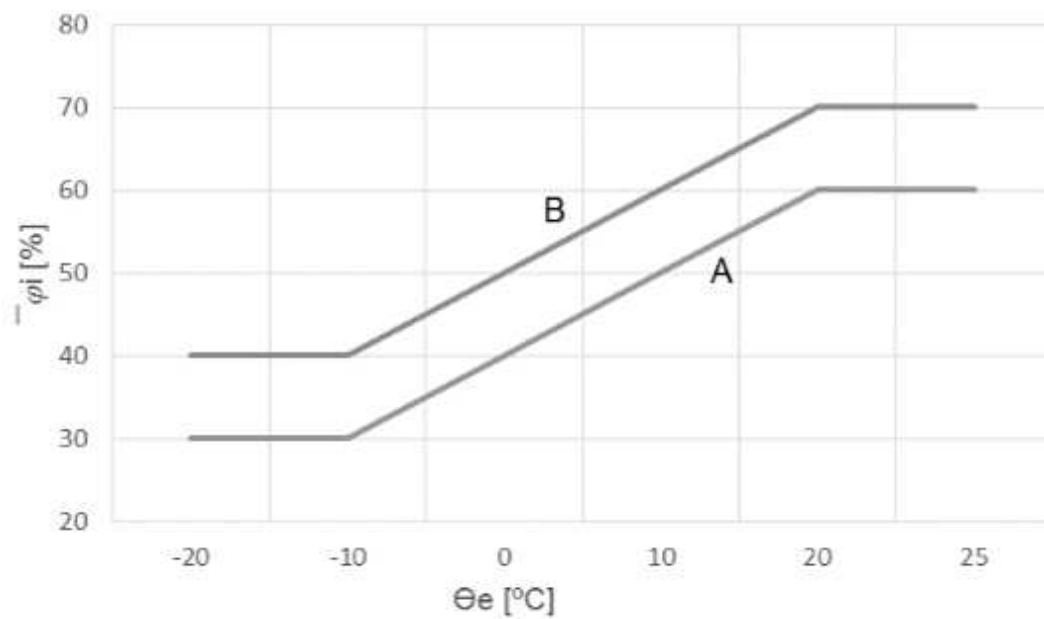
Conforme Pinheiro (2013), a EN 15026:2007 possui uma abordagem mais adequada em relação a determinação da temperatura interior, visto esta propor uma transição de temperatura. Contudo, a umidade relativa interna é limitada a um valor máximo e pode ocasionar dados errôneos, visto que 60% de umidade relativa interna é muito baixo para alguns locais.

Figura 5 - Determinação da temperatura interna conforme temperatura média mensal externa



Fonte: EN 15026:2007 (EN, 2007b)

Figura 6 - Determinação da umidade relativa interna conforme temperatura média mensal externa



Fonte: EN 15026:2007 (EN, 2007b)

2.2.2.3 BS 5250:2016 - *Code of practice for control of condensation in buildings*

A norma BS 5250:2016 (BS, 2016) é um documento que fornece orientação e recomendações sobre os riscos associados à umidade excessiva nos edifícios, especialmente o crescimento e a condensação de fungos. A norma descreve as causas e os efeitos da condensação de superfície e intersticial em edifícios e dá recomendações para seu controle, no contexto das condições climáticas e práticas de construção britânicas. As recomendações que abrangem aquecimento, ventilação e construção, e métodos para avaliar a provável ocorrência e efeitos da condensação da superfície, crescimento de fungos e condensação intersticial.

A norma possui três seções principais e treze anexos e exemplos de projeto para evitar problemas relacionados à umidade, orientação para construtores, proprietários e aconselhamento sobre obras corretivas. (BS, 2016)

A orientação fornecida na avaliação da probabilidade de condensação sugere que os projetistas façam avaliações usando os métodos descritos na ISO 13788, observando suas limitações. Destaca, ainda, a preferência de usar dados climáticos de longo prazo para análise de risco de condensação, já que um ano médio de dados climáticos externos não representa as piores condições e pode resultar em condensação prejudicial. (BS, 2016).

Dos 13 anexos, contidos no documento; cinco são normativos e lidam com a aplicação de princípios de projeto de clima frio em pisos, paredes, telhados, ventilação e aquecimento. (BS, 2016).

Por fim, o Anexo informativo N oferece orientação não técnica para usuários e proprietários de edifícios sobre a aplicação dos princípios discutidos na norma para minimizar o risco de condensação prejudicial. Abrange as noções básicas sobre como evitar a condensação causada pelo uso doméstico e atividades; desumidificação de um edifício após a construção ou inundação por água e conselhos sobre alterações e extensões para edifícios existentes. (BS, 2016).

2.2.2.4 ASHRAE Standard 160-2009 - *Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings*

A ASHRAE Standard 160 (ANTON, 2008) procura fornecer uma estrutura consistente para premissas de projeto ou presumidas “cargas” ao usar softwares de simulação computacional para prever condições térmicas e de umidade em edifícios

e na envolvente do edifício. Esta norma é voluntária e seu conteúdo abrange os critérios mínimos aceitáveis para a seleção de procedimentos analíticos, entradas para esses procedimentos (parâmetros de projeto), avaliação e uso dos resultados e requisitos abrangentes de relatórios, sendo estes: Critérios para seleção de procedimentos analíticos, os critérios para projeto e os critérios de avaliação de desempenho de umidade.

Relativo aos critérios para seleção de procedimentos analíticos, a norma requer o uso de um procedimento analítico transitório com um tempo máximo de uma hora. (ANTON, 2008). Assim, a simulação deve ser capaz de calcular:

- A transferência de energia térmica através da envoltória do edifício, incluindo os efeitos da temperatura causados pela mudança de água entre os seus estados sólido, líquido e gasoso (ou fases);
- Propriedades do material devem ser afetadas pelo teor de umidade;
- O transporte de água deve ocorrer por sucção capilar, deposição em superfícies, armazenamento em materiais, difusão de vapor e vazamento de água líquida; e
- Os efeitos de qualquer cavidade ventilada devem ser incluídos no projeto.

Ainda, também se informa a temperatura e a umidade relativa de cada superfície e a interface entre os materiais em camadas; a temperatura média de cada camada de material; e o teor médio de umidade de cada camada de material. (ANTON, 2008).

Deve-se levar em consideração que as atuais ferramentas de simulação, incluindo o WUFI® Plus, não consideram os efeitos de calor e umidade causados pela convecção do ar através e dentro dos componentes do edifício, o que limita a aplicação desta norma. (ANTON, 2008).

Os critérios para projeto são abrangentes e devem ser usados como entradas de cálculo para avaliar o controle de umidade em um edifício, incluindo:

- Teor de umidade inicial dos materiais de construção;
- Taxas internas de temperatura, umidade e ventilação;
- Taxas de geração de umidade residenciais;
- Diferenciais de pressão de ar;
- Requisitos de dados climáticos; e
- Carga de chuva nas paredes.

Já os critérios de avaliação de desempenho quantificados fornecidos na norma incluem medidas para evitar o crescimento de fungos e a corrosão dos vários materiais e superfícies dentro da edificação ou envoltória do edifício, excluindo a superfície externa deste. (ANTON, 2008; ZANONI *et al.*, 2020). Desta forma, as seguintes condições devem ser evitadas, em superfícies com temperatura da superfície interior entre 5°C e 40°C:

- 80% de UR_{Si} por 30 dias seguidos;
- 98% de UR_{Si} por 07 dias seguidos; ou
- 100% de UR_{Si} por 24h

3 MÉTODO

Para alcançar o objetivo proposto este estudo fundamenta-se no método científico de simulação computacional. De acordo com Banks et al. (2005) a simulação computacional é o processo de criação e experimentação de um sistema físico, possibilitando visualizar o comportamento, identificar problemas e melhorar o desempenho de um sistema. Ou seja, permite compreender o funcionamento de um sistema, o desenvolvimento de recursos e testar novos conceitos e/ou sistemas antes da implementação.

Desta forma, este método consiste no processo de experimentação, através de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real (ou hipotético) e a condução de experimentos com a finalidade de determinar como ele responderá a mudança em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno, testando diferentes alternativas e propondo melhores decisões.

Para alcançar o objetivo proposto, este estudo fundamenta-se no método de simulação computacional, assim como realizado por Barbosa e Lamberts (2002), Barreira *et al.* (2013), Holzhueter e Itonaga (2017), Grigoletti e Linck (2015), Paula (2017), Santos (2017), Sattler, Grigoletti e Sattler (2010) e Silva (2016). A simulação foi realizada com a utilização do software WUFI® Plus, versão 3.2.0.1. (ANTRETTTER *et al.*, 2017).

Na Figura 7 apresenta-se o delineamento do método.

Figura 7 – Delineamento do método



Fonte: Elaborada pela autora.

Este trabalho foi realizado com a simulação através do software WUFI® Plus, com as edificações apresentadas no item 3.1, analisando quatro sistemas

construtivos de paredes e de quatro sistemas construtivos de forro (item 3.2), considerando o contexto climático para oito cidades brasileiras, representantes das zonas bioclimáticas brasileiras (item 3.3).

A escolha de cinco tipos de edificações levou em consideração os diferentes volumes de ar e de ventilação, que estas estão sujeitas, fazendo com que a umidade interna produzida pela utilização das edificações seja dispersada diferentemente. Os diferentes tipos de sistemas construtivos foram considerados de forma a analisar os resultados de diferentes características higrotérmicas de envoltória, com diferente capacidade de absorção e transporte de umidade entre meios distintos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Para possibilitar uma análise mais completa em relação a condensação superficial e interna em edificações, tanto na envoltória quanto da edificação, as edificações a serem analisadas consistem em casas unifamiliares. Os projetos foram desenvolvidos pela autora, conforme o padrão de edificações comercializadas no Brasil. Foram escolhidas 5 tipologias de habitações, com volume consideravelmente diferente, além do tamanho e quantidades de esquadrias. A escolha por unidades unifamiliares levou em consideração que há maior transmissão de umidade próximo ao solo, portanto foram utilizadas áreas maiores no térreo que no segundo pavimento. No Quadro 3 é apresentada uma síntese dos dados das edificações estudadas.

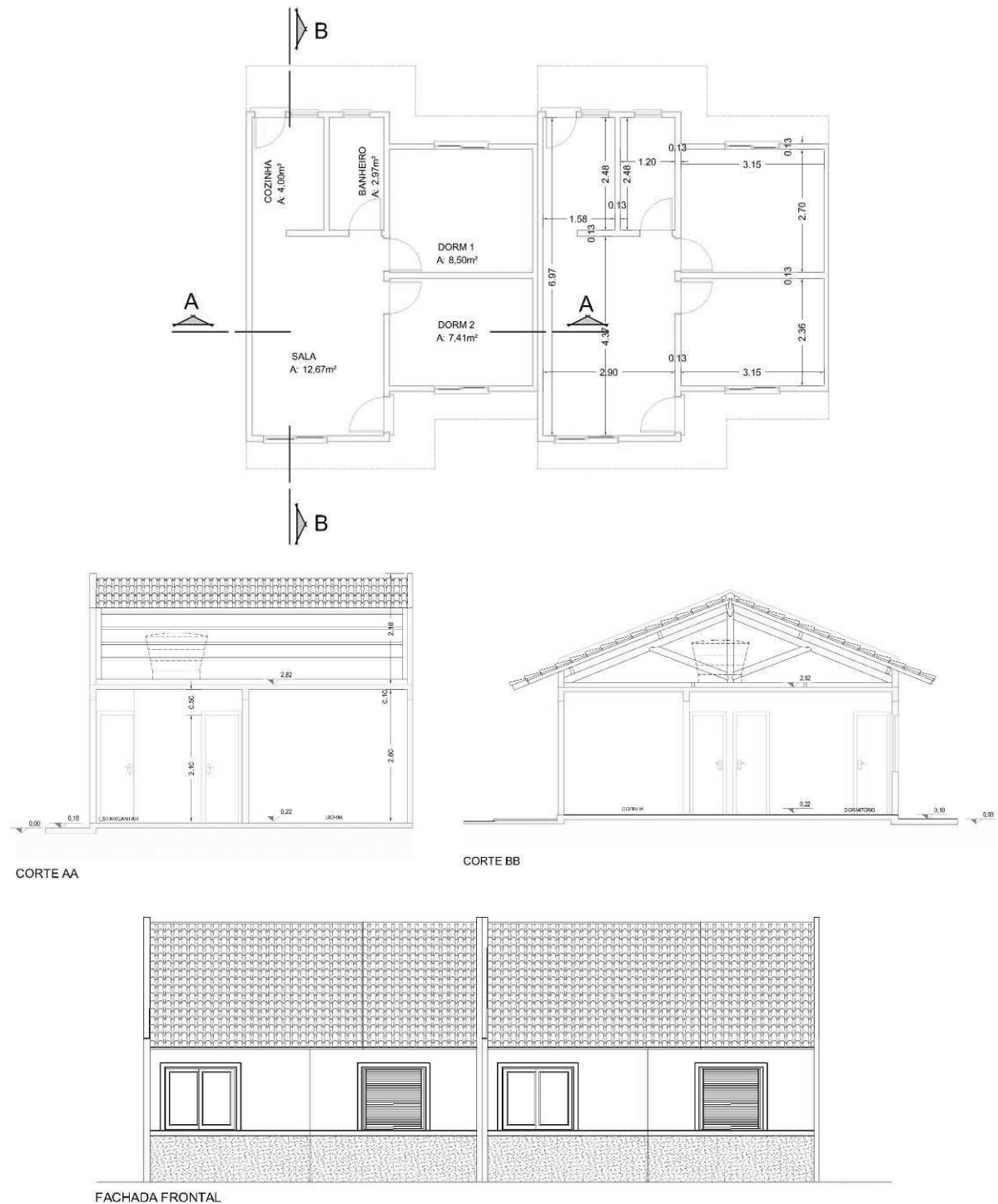
Quadro 3 – Síntese dos estudos de caso

| Tipo | UH1 | UH2 | UH3 | UH4 | UH5 |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Área total | 41,00 | 78,88 | 112,11 | 145,87 | 251,18 |
| Pé-direito (m) | 2,60 | 2,70 | 2,85 | 3,00 | 3,20 |
| Volume útil total (m ³) | 92,43 | 212,98 | 319,51 | 437,61 | 803,78 |

Fonte: Elaborado pela autora

A unidade habitacional tipo 1 (UH1), possui área interna de 35,55m² e área construída de 41,00m², com dois dormitórios, sala e cozinha conjugada e banheiro. O pé direito é de 2,60m. As áreas e dimensões são apresentadas na Figura 8.

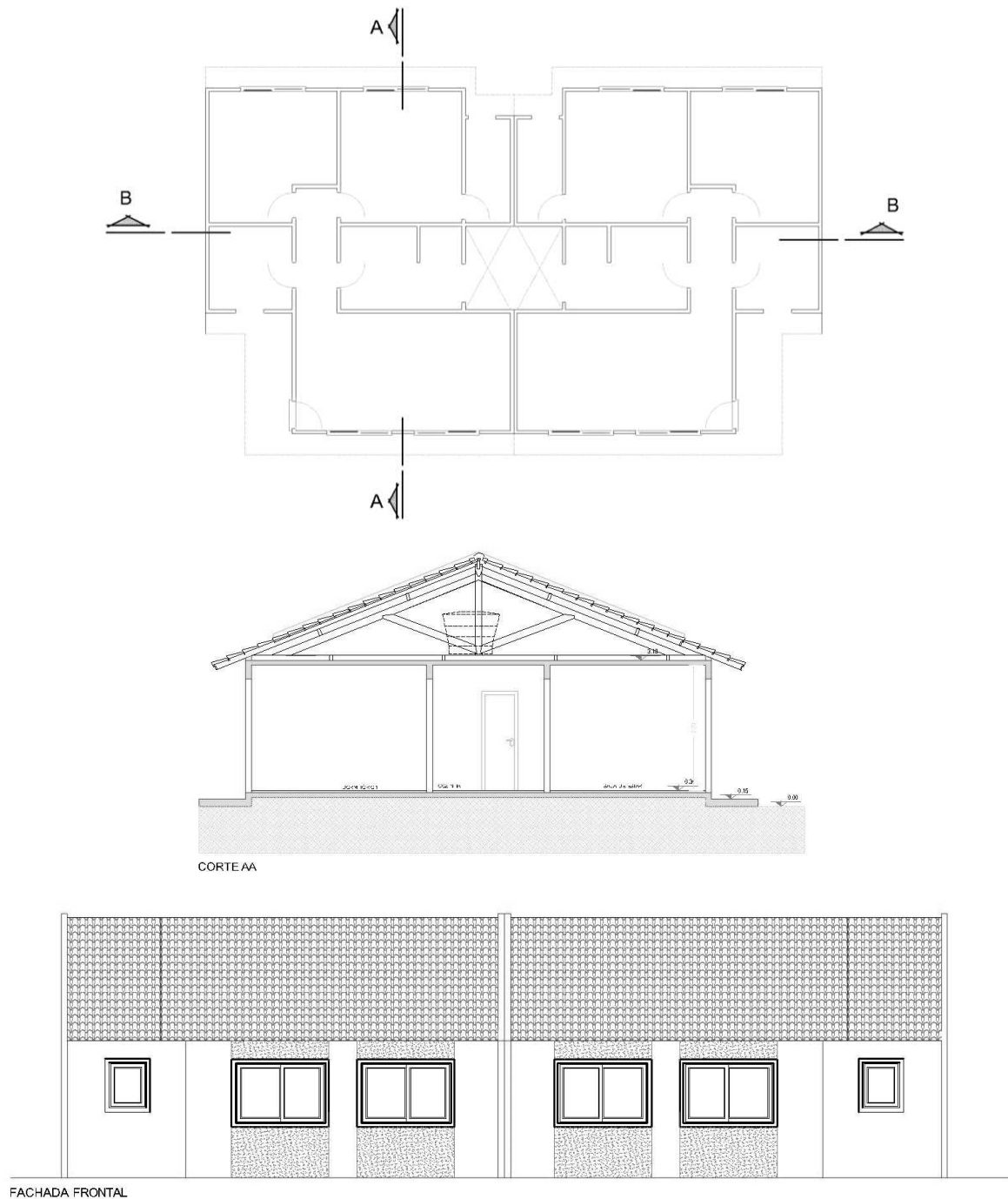
Figura 8 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH1



Fonte: Elaborada pela autora

A unidade habitacional tipo 2 (UH2), possui área interna de 73,37m² e área construída de 78,88m², com três dormitórios, sala e cozinha conjugada e banheiros. O pé direito é de 2,70m. As áreas e dimensões são apresentadas na Figura 9.

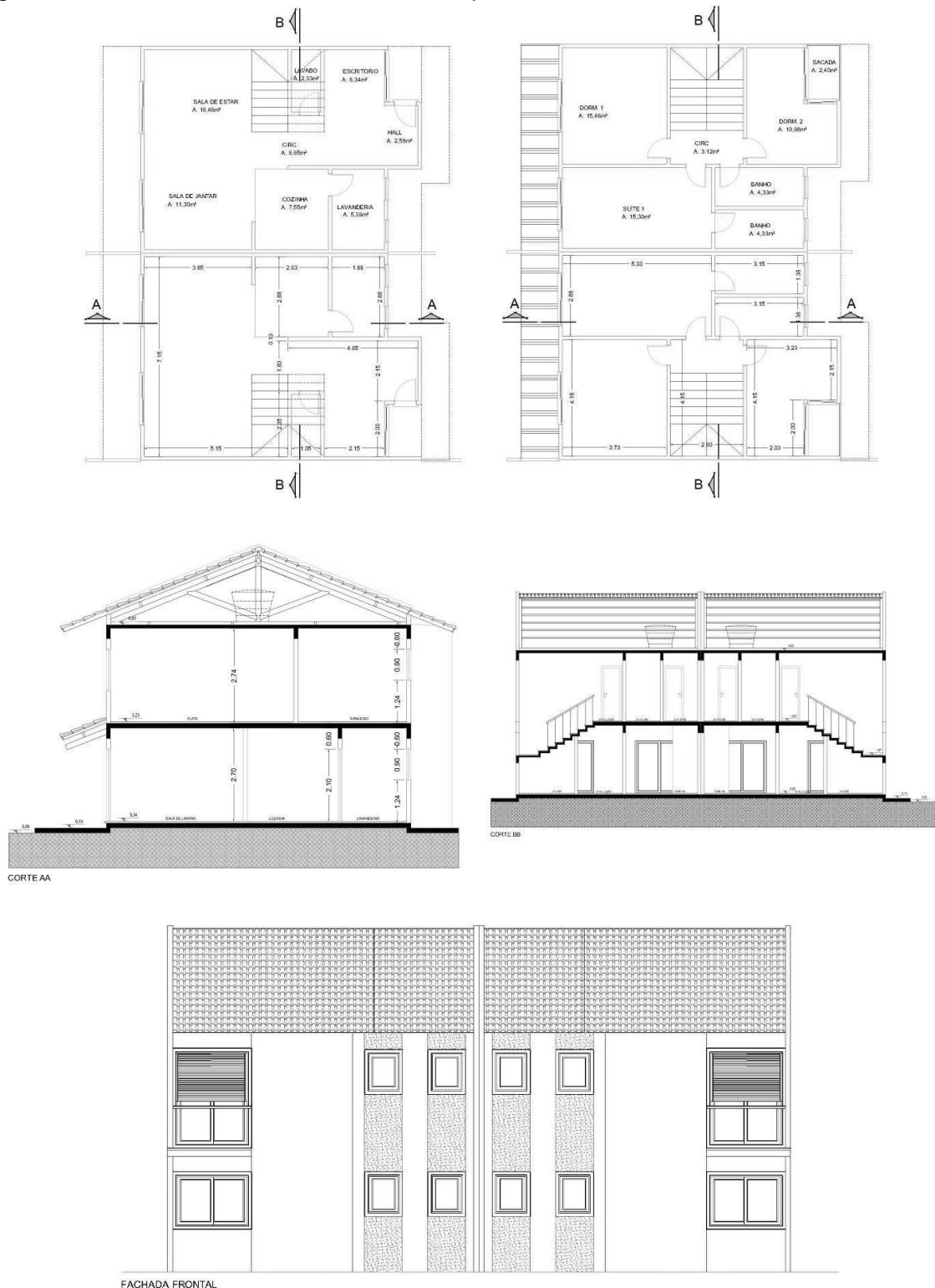
Figura 9 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH2



Fonte: Elaborada pela autora

A unidade habitacional tipo 3 (UH3), possui área interna de 112,11m² e área construída de 136,74m², com três dormitórios, sala e cozinha conjugada e banheiros. O pé direito é de 2,85 e demais dados são apresentados na Figura 10.

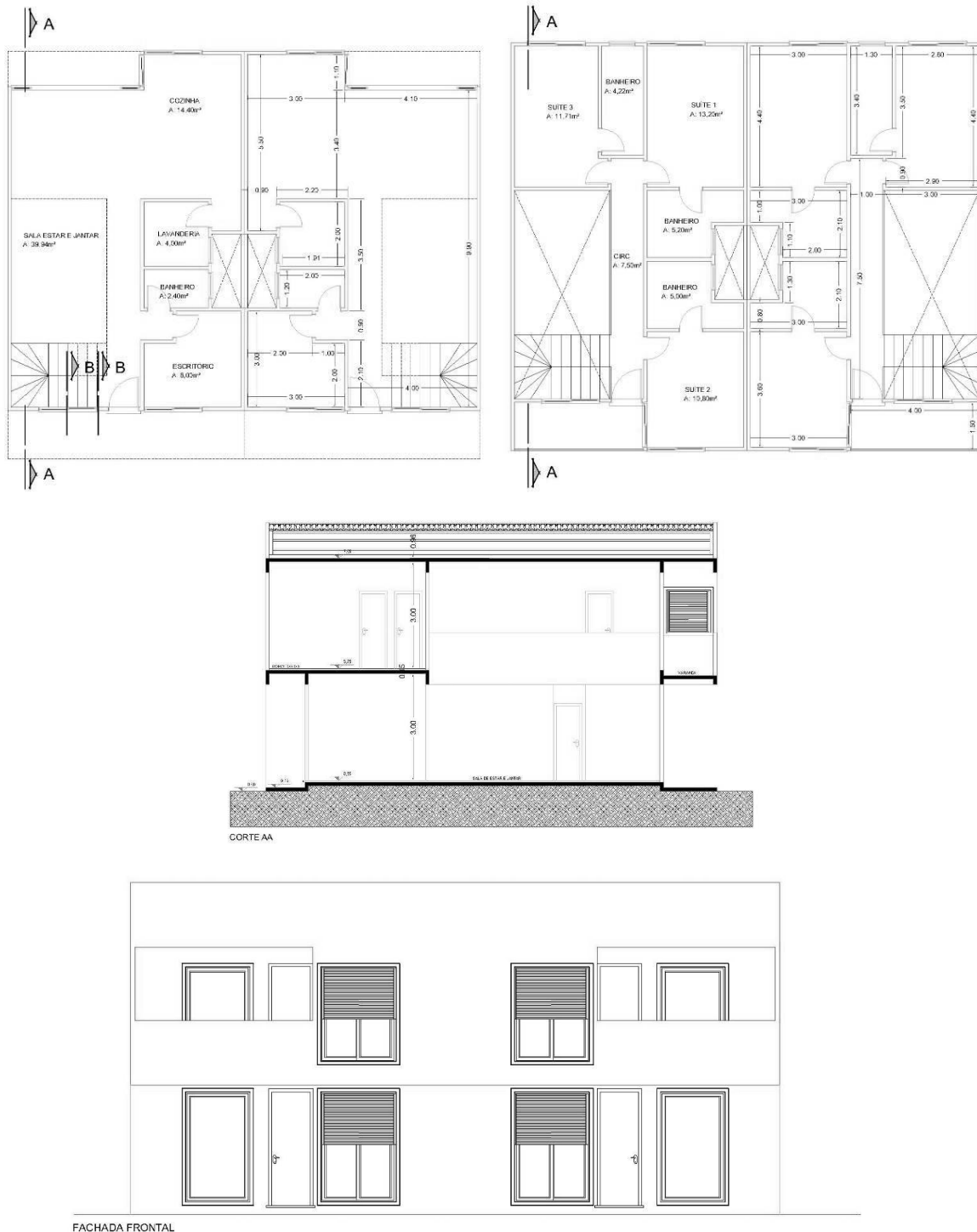
Figura 10 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH3



Fonte: Elaborada pela autora

Já unidade habitacional tipo 4 (UH4) possui área interna de 145,87m² e área construída de 163,81m², com três suítes, sala e cozinha conjugada e banheiros. O pé direito é de 3,00m. As fachada e cortes são apresentados na Figura 11.

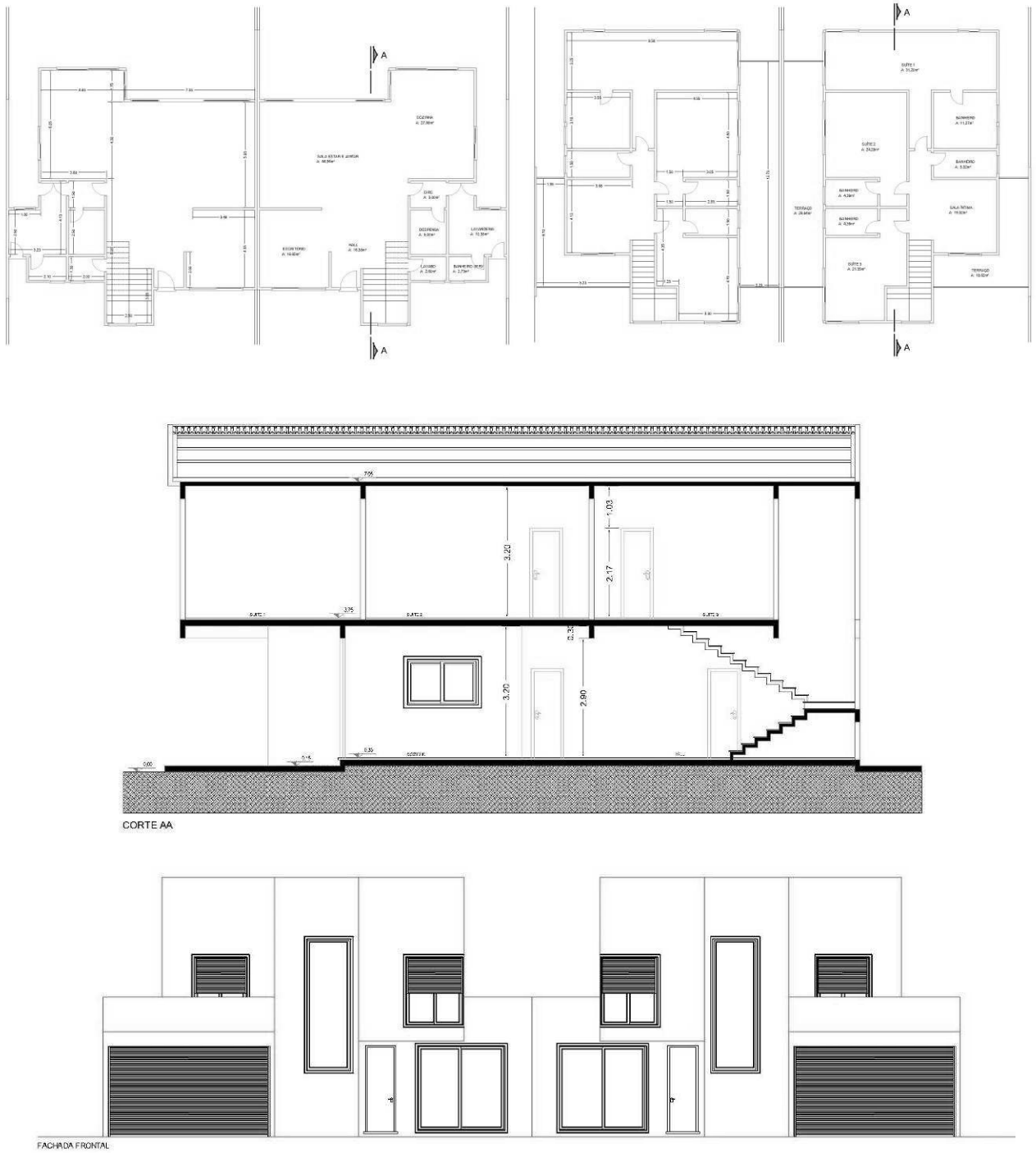
Figura 11 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH4



Fonte: Elaborada pela autora

Já unidade habitacional tipo 5 (UH5) possui área interna de 251,18m² e área construída de 296,57m², com três suítes, sala e cozinha conjugada e banheiros. O pé direito é de 3,20m. As áreas e dimensões são apresentadas na Figura 12.

Figura 12 – Planta baixa, corte e fachada principal da edificação tipo UH5



Fonte: Elaborada pela autora

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

As edificações foram analisadas com a utilização de quatro sistemas construtivos de paredes e de quatro sistemas construtivos de forro. Estes foram escolhidos por serem utilizados no Brasil e/ou por terem propriedades higrotérmicas adversas. A quantidade de sistemas construtivos analisados teve que ser pequena devido ao longo tempo de simulação para cada modelo.

O sistema de piso é composto por fundação tipo radier em concreto, com 10 cm de espessura, sobre camada de brita de 5 cm de espessura, com revestimento de piso cerâmico. As portas são de madeira e as janelas de correr com vidro (Tabela 1). As propriedades termofísicas dos materiais utilizados são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1 – Propriedade dos vidros

| Descrição | U [W/m ² K] | Fator caixilho | Transmitância energia solar | Emissividade de ondas longas |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Caixilho de PVC com vidro simples | 5,05 | 0,7 | 0,64 | 0,8 |

Fonte: WUFI® Plus (ANTRETTTER et al., 2017).

Tabela 2 – Propriedades térmicas dos materiais utilizados

| Materiais | e [m] | λ [W/m.K] | ρ [Kg/m ³] ¹ | c [J/kg.K] |
|------------------|-------|-------------------|--|------------|
| Piso cerâmico | 0,01 | 0,90 | 1600 | 920 |
| Porta de madeira | 0,03 | 0,15 | 614 | 2300 |
| Concreto | 0,10 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Brita | 0,05 | 0,70 | 1000 | 800 |

Fonte: Adaptado de NBR 15220-2 (ABNT, 2005b)

Para paredes e coberturas foram utilizados os sistemas construtivos apresentados na Tabela 3.

¹ Espessura (e), condutividade térmica (λ), densidade de massa aparente (ρ) e calor específico (c).

Tabela 3 – Propriedades térmicas dos sistemas construtivos de paredes e coberturas

| Legenda | Descritivo | e [m] | λ [W/m.K] | ρ ² [Kg/m ³] | c [J/kg.K] | R* [m ² K/W] | U [W/m ² K] |
|-------------------------------|---------------------------|---------|----------------------|---|---------------|----------------------------|---------------------------|
| Sistema de paredes | | | | | | | |
| T1 | Argamassa | 0,025 | 1,15 | 1000 | 2000 | 0,225 | 2,063 |
| | Cerâmica | vários | 1,0 | 1800 | 920 | | |
| | Ar | vários | -- | -- | -- | | |
| | Cerâmica | vários | 1,0 | 1800 | 920 | | |
| | Argamassa | 0,015 | 1,15 | 1000 | 2000 | | |
| T1 | Concreto | 0,1 | 1,75 | 2400 | 1000 | 0,057 | 3,153 |
| T2 | PVC | 0,00152 | 0,2 | 1500 | 1500 | 0,059 | 3,133 |
| | Concreto | 0,077 | 1,15 | 1000 | 2000 | | |
| | PVC | 0,00152 | 0,2 | 1500 | 1500 | | |
| T3 | Placa cimentícia | 0,013 | 0,255 | 1130 | 840 | 1,826 | 0,479 |
| | OSB | 0,013 | 0,092 | 650 | 1880 | | |
| | Lã de vidro | 0,05 | 0,035 | 30 | 840 | | |
| | OSB | 0,013 | 0,092 | 650 | 1880 | | |
| | Placa de gesso acartonado | 0,013 | 0,163 | 850 | 870 | | |
| Sistemas de cobertura e forro | | | | | | | |
| A | Telhas cerâmicas | 0,01 | 1,0 | 1800 | 920 | 0,01 | 3,704 |
| -A | Forro de gesso acartonado | 0,013 | 0,163 | 850 | 870 | 0,077 | 2,97 |
| -B | Forro de PVC | 0,008 | 0,2 | 1500 | 1500 | 0,04 | 3,33 |
| -C | Argamassa | 0,03 | 1,15 | 2000 | 1000 | 1,625 | 0,531 |
| | OSB | 0,013 | 0,092 | 650 | 1880 | | |
| | Ar | 0,03 | -- | -- | -- | | |
| | Lã de vidro | 0,04 | 0,035 | 30 | 840 | | |
| | Gesso acartonado | 0,013 | 0,163 | 850 | 870 | | |
| | Gesso acartonado | 0,013 | 0,163 | 850 | 870 | | |
| -D | Forro de laje de concreto | 0,1 | 1,75 | 2400 | 1000 | 0,057 | 3,153 |

Fonte: Adaptado de NBR 15220-2 (ABNT, 2005b), e WUFI® Plus (ANTRETTETTER *et al.*, 2017).

² Espessura (e), condutividade térmica (λ), densidade de massa aparente (ρ), calor específico (c), resistência térmica (R) e transmitância térmica (U).

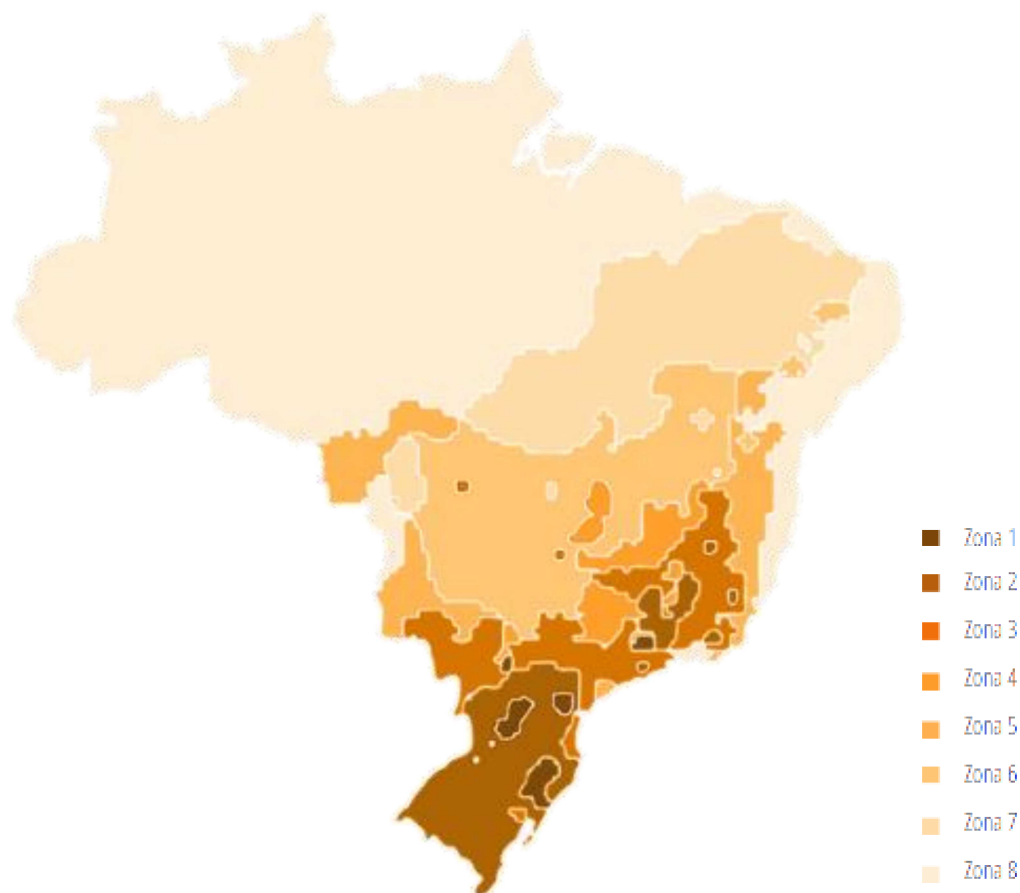
Obs.: * sem Rsi (resistência superficial interna) e Rse (resistência superficial externa)

3.3 MODELO DE SIMULAÇÃO

A análise foi desenvolvida para as oito zonas bioclimáticas (ZB) brasileiras, ZB1 a ZB8, conforme Figura 13, devido à grande variação climática que o território brasileiro apresenta. Para tanto, as simulações térmicas foram realizadas para as cidades representativas das zonas bioclimáticas: Curitiba (ZB1), São Lourenço (ZB2), São Paulo (ZB3), Brasília (ZB4), Vitória da Conquista (ZB5), Campo Grande (ZB6), Cuiabá (ZB7) e Manaus (ZB8), conforme Brasil (2016). Os dados de dias típicos de verão e o padrão climático das cidades são apresentados no Anexo A. (BRASIL, 2016).

Os dados de dias típicos de verão e inverno das cidades analisadas foram conforme ABNT NBR 15575:2013, exceto para as cidades de São Lourenço e Vitória da Conquista, gerados com base em dados climáticos do INMET e dados de radiação solar global do CEPEL, e divulgados pelo Ministério das Cidades. (BRASIL, 2016).

Figura 13 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005c)

Para este estudo foi utilizado o software WUFI® Plus, versão 3.2.0.1, modelo de simulação climática por ambientes, que conecta a simulação térmica e energética com o cálculo do componente higrotérmico. (ANTRETTTER *et al.*, 2017). As simulações foram feitas para o período de um ano, com intervalo de tempo de uma hora.

O programa possui um banco de dados que foram utilizados e, também, adicionados materiais nacionais, ambos apresentados no item 3.2. São adicionadas influências externas (condições climáticas) e as influências internas, sendo cargas dependendo do tipo de uso, equipamentos, plantas, taxa de usuário e o comportamento do usuário, conforme as seguintes normas e bibliografias: DIN 1946-2 (DIN, 2016), DIN V 4108-6 (DIN, 2013), Freymuth *et al.* (2002). Em relação a taxa de ventilação, foi utilizada ventilação natural com 1 renovação por hora, com taxa de 1,43 l/s/m². Quanto a infiltração de ar foi de 1/h.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise da umidade relativa para verificar a influência do clima externo, do volume do ambiente e dos sistemas construtivos utilizados foi realizada através de métodos de análise estatísticos. Por ser um trabalho exploratório, foi utilizada análise estatística multivariada, empregando a técnica de análise de regressão múltipla. Para os parâmetros analisados (variáveis explicativas) adotou-se o limite de confiança de 90% ($\alpha=0,10$), no teste de significância pela estatística t, valor típico para estudos de modelagem em estudos exploratórios. (MONTGOMERY, 2001). Esta análise levou em consideração a influência na umidade relativa do ar interna (%), da temperatura externa (°C), umidade relativa externa (%), radiação solar (kW) e ventilação natural (m³/h).

Para a análise estatística relativa à umidade interna, comparou-se os resultados de umidade interna (kg/h) e umidade relativa do ar (%) dos sistemas construtivos verificados e dos diferentes volumes de edificações. Por fim, para esta etapa, levou-se em consideração os dias típicos de inverno e verão informados na ABNT NBR 15575:2013, apresentados no Anexo A, somados aos dias imediatamente anterior e posterior a estes. Portanto, cada análise foi realizada considerando 6 dias, com o cálculo de dados horários.

Tabela 4 – Variáveis empregadas no estudo

| Elemento | Nome adotado | Tipo de variável | Mínimo | Máximo |
|--------------------------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|
| Data e hora da simulação | data e hora | caracteres | 26/10/2019:22 | 26/10/2019:23 |
| Umidade | Umidade | contínua | 0 | 100 |
| Temperatura externa | Temperatura externa | contínua | | |
| Umidade relativa do ar externo | UR externa | contínua | 0 | 100 |
| Radiação solar | Radiação solar | contínua | | |
| Taxa de ventilação | Ventilação | contínua | | |
| Parede tipo T1 | T1 | binária | 0 | 1 |
| | T2 | binária | 0 | 1 |
| | T3 | binária | 0 | 1 |
| | T4 | binária | 0 | 1 |
| Unidade Habitacional tipo 1 | UH1 | binária | 0 | 1 |
| | UH2 | binária | 0 | 1 |
| | UH3 | binária | 0 | 1 |
| | UH4 | binária | 0 | 1 |
| | UH5 | binária | 0 | 1 |
| Cobertura tipo 1 | AA | binária | 0 | 1 |
| | AB | binária | 0 | 1 |
| | AC | binária | 0 | 1 |
| | AD | binária | 0 | 1 |
| | Inverno | binária | 0 (verão) | 1 (inverno) |

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 4, Umidade é a variável a ser explicada (variável dependente ou variável de resposta), enquanto as demais variáveis representam as potenciais explicações (variáveis independentes ou explicativas). As variáveis indicadas como contínuas são números reais, com variação no intervalo indicado. As variáveis binárias indicam a presença (1) ou ausência (0) da característica. Por exemplo, T1=1 indica que a simulação foi realizada para a situação de blocos cerâmicos revestidos com argamassa; Inverno=1 indica que a data da simulação é uma das datas típicas de inverno, conforme Tabela A.2 e A.3 (Anexo A), enquanto Inverno=0 representa uma data de verão. Cada uma das variáveis foi testada em todos os modelos, mantendo-se as que atingiram o limite de confiança adotado em cada caso. O modelo genérico a ser estimado tem a forma da Equação 2:

$$\text{Umidade} = a_0 + a_1 \cdot \text{Temperatura externa} + a_2 \cdot \text{UR externa} + a_3 \cdot \text{Radiação solar} + a_4 \cdot \text{Ventilação} + a_5 \cdot \text{T1} + a_6 \cdot \text{T2} + a_7 \cdot \text{T3} + a_8 \cdot \text{T4} + a_9 \cdot \text{UH1} + a_{10} \cdot \text{UH2} + \quad (2)$$

$$a_{11} * UH3 + a_{12} * UH4 + a_{13} * UH5 + a_{14} * AA + a_{15} * AB + a_{16} * AC + a_{17} * AD + a_{18} * Inverno$$

Onde:

a_0 é a constante da equação (intercepto ou interseção);

a_i são os coeficientes calculados pela análise de regressão, que representam os pesos de cada uma das variáveis explicativas sobre a variável independente (Tabela 4).

A condensação superficial nas faces dos ambientes analisados foi verificada através da comparação entre a temperatura da face de paredes, pisos e forros (°C) e a temperatura de ponto de orvalho (°C) do ambiente em questão para os ambientes de permanência prolongada. Para tanto, verificou-se a quantidade de horas máximas que uma unidade habitacional (UH) apresentou condensação nas faces das superfícies que a compõem. A análise apresentada no Capítulo 4 diz respeito apenas aos ambientes de permanência prolongada (salas, dormitórios e escritórios), por serem os utilizados nas análises de outras normas e regulamentos brasileiros, como, por exemplo, a ABNT NBR 15575:2013 e o RTQ-R. Os ambientes de cozinhas, lavanderias e banheiros possuem cargas de umidade específicas, devidas à utilização destes ambientes (item 3.3), este impacto é verificado pela transferência da umidade destes espaços para os de permanência prolongada, através de materiais e ventilação. Contudo, como uma contribuição para pesquisas futuras, foram realizados os cálculos para os ambientes de cozinhas, lavanderias e banheiros. Os resultados de todos os ambientes são apresentados no Apêndice B.

Para a análise de desempenho higrotérmico das edificações, foram utilizados os métodos descritos na norma EN 15251:2007, que é baseada na ASHRAE 55 e na ISO 7730 (ISO 2005). O método utilizado foi o “Método B”, do anexo A da referida norma. Este método é utilizado para ambientes de permanência prolongada, e descreve o tempo durante o qual a temperatura operacional destes ambientes excede a faixa especificada durante as horas ocupadas. Este método deve ser utilizado por ambientes ventilados naturalmente, como os propostos neste trabalho, e, utiliza faixas de temperatura adaptativa para a classificação, conforme apresentado no Quadro 4.

No Quadro 4 apresenta-se também a equação da temperatura adaptativa para a faixa limite superior e inferior de cada categoria. Os resultados são apresentados em porcentagem de tempo em que a edificação se encontra em cada uma das categorias, seguindo padrão similar ao da EN 15251:2007. (EN, 2007a).

Quadro 4 – Categorias de desempenho higrotérmico - síntese das equações para a temperatura adaptativa e descrição da aplicabilidade das categorias adotadas

| Categoria | Equação de temperatura adaptativa | | Descrição |
|------------------|--|--|---|
| I | Superior | $(0,33 \cdot \text{temp. externa}) + 18,8 + 2$ | Alto nível de expectativa; recomendado para locais ocupados por pessoas muito sensíveis e/ou frágeis, com necessidades especiais, como doentes, crianças muito pequenas e idosos. |
| | Inferior | $(0,33 \cdot \text{temp. externa}) + 18,8 - 2$ | |
| II | Superior | $(0,33 \cdot \text{temp. externa}) + 18,8 + 3$ | Nível normal de expectativa; deve ser utilizado para novas edificações e reformas |
| | Inferior | $(0,33 \cdot \text{temp. externa}) + 18,8 - 3$ | |
| III | Superior | $(0,33 \cdot \text{temp. externa}) + 18,8 + 4$ | Nível de expectativa aceitável; moderada, deve ser utilizada para edificações existentes |
| | Inferior | $(0,33 \cdot \text{temp. externa}) + 18,8 - 4$ | |
| IV | -- | -- | Valores fora das demais categorias. Deve ser aceita apenas por períodos limitados do ano. |
| Obs. | Dependendo da norma, as categorias são nomeadas diferentemente | | |

Fonte: Adaptado de EN 15251:2007 (EN, 2007a)

De forma complementar à análise do desempenho higrotérmico, apresentam-se os dados de PMV e PDD calculados conforme ISO 7730 (ISO, 2005) para os ambientes de permanência prolongada.

4 APRESENTAÇÃO - DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos para as edificações estudadas. Devido à extensa quantidade de dados calculados, foi realizada a apresentação das análises de forma resumida no corpo de texto, e os resultados completos estão expostos nos Apêndices A à C.

Para cada Zona Bioclimática, primeiramente analisou-se a relação entre a condensação interna e o clima externo (temperatura, umidade relativa, radiação solar), o volume dos ambientes analisados e os sistemas construtivos.

Em seguida apresenta-se os dados obtidos dos dados anuais de quantidade de horas em condensação em cada ambiente. Esta análise buscou verificar a influência do volume da edificação e do sistema construtivo na condensação superficial em cada zona bioclimática estudada.

Por fim, são apresentados os dados de desempenho higrotérmico das edificações UH1 e UH5, que apresentaram as maiores diferenças de resultados, em dois tipos de sistemas construtivos diferentes, com a maior e menor resistência térmica analisadas.

Em sequência, apresenta-se elementos para critérios e requisitos para a proposição de uma normativa brasileira sobre

4.1 ZONA BIOCLIMÁTICA 1

As cidades localizadas na ZB1 apresentam predomínio de clima frio, amplitude diária de temperatura em torno de 11°C, precipitações ao longo de todo o ano e umidade relativa do ar média de 80%.

Conforme a Tabela 5, a análise do impacto dos sistemas construtivos e dos tipos de edificações apontam a variação em relação ao caso que não aparece na tabela, sendo estes o sistema construtivo de paredes T4, o sistema construtivo de forros AD e a edificação UH5, respectivamente.

A influência do volume dos ambientes das unidades habitacionais (UH) e dos sistemas construtivos analisados neste estudo é apresentada na Tabela 5. Pode-se observar que tanto a temperatura externa quanto a umidade relativa do ar externa possuem uma influência de aumento na umidade relativa interna. Em contrapartida a radiação solar e ventilação apresentam comportamento variável, conforme os dias típicos de inverno e verão demonstram.

A ventilação no dia típico de verão reduz a umidade relativa interna, enquanto nos dias típicos de inverno, ela amplia, conforme esperado devido ao tipo de clima da região, já que a ventilação acaba por levar a umidade externa para dentro do ambiente. Pode-se observar que no dia típico de inverno há menos umidade que durante o dia típico de verão (Tabela 5).

Ainda conforme Tabela 5, observa-se que relativo aos sistemas construtivos de paredes quando comparados ao T4 (paredes de drywall), o sistema T1 (paredes de blocos cerâmicos) apresentam maior quantidade de umidade, seguido pelo sistema T3 (paredes de concreto) e pelo T2 (paredes de concreto com revestimento em PVC).

Tabela 5 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB1

| | Dias típicos – verão | Dias típicos – inverno | Dias típicos - ambos |
|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Interseção | -2,484220 | -62,87370 | -21,51490 |
| Temperatura externa | 1,182887 | 1,023350 | 1,078107 |
| UR externa | 0,572407 | 0,276440 | 0,385572 |
| Radiação solar | 0,007769 | -0,006060 | -- |
| Ventilação | -2,484220 | 0,664071 | 0,298348 |
| T1 | -- | 7,043774 | 3,793078 |
| T2 | -1,764525 | 1,945139 | 0,720072 |
| T3 | -- | 0,526424 | 1,003416 |
| UH1 | 6,325522 | 71,393970 | 35,552540 |
| UH2 | 8,216458 | 39,722410 | 21,818350 |
| UH3 | 5,720686 | -25,479200 | -8,894310 |
| UH4 | 4,921516 | -34,740900 | -13,44380 |
| AA | 0,287683 | 4,034697 | 2,450670 |
| AB | 1,242376 | -2,781600 | -0,721320 |
| AC | -2,790290 | 3,387976 | 0,332166 |
| Inverno | - | - | -5,166590 |
| R ² | 0,742 | 0,730 | 0,823 |

Fonte: Elaborada pela autora.

--: variável não incluída por não atingir o limite de significância definido.

Em relação aos sistemas de forro avaliados (Tabela 5), com o forro AD (laje de concreto), o sistema AA (forro de gesso acartonado) apresentou maior probabilidade de umidade, seguido pelo AC (forro em *steel-deck*). Já o sistema AB apresenta maior probabilidade de redução da umidade interna à edificação.

Contudo, percebe-se que dependendo do dia típico (verão ou inverno) houve mudanças em relação ao resultado encontrado em dois dos sistemas avaliados,

conforme apresentado na Tabela 5. O sistema de paredes T2 e o sistema de forro AC apresentam redução da umidade em relação ao T4 nos dados de dia típico de verão, enquanto no inverno, há um aumento deste fator. Já o forro AB apresenta maior umidade no ambiente no verão do que no inverno.

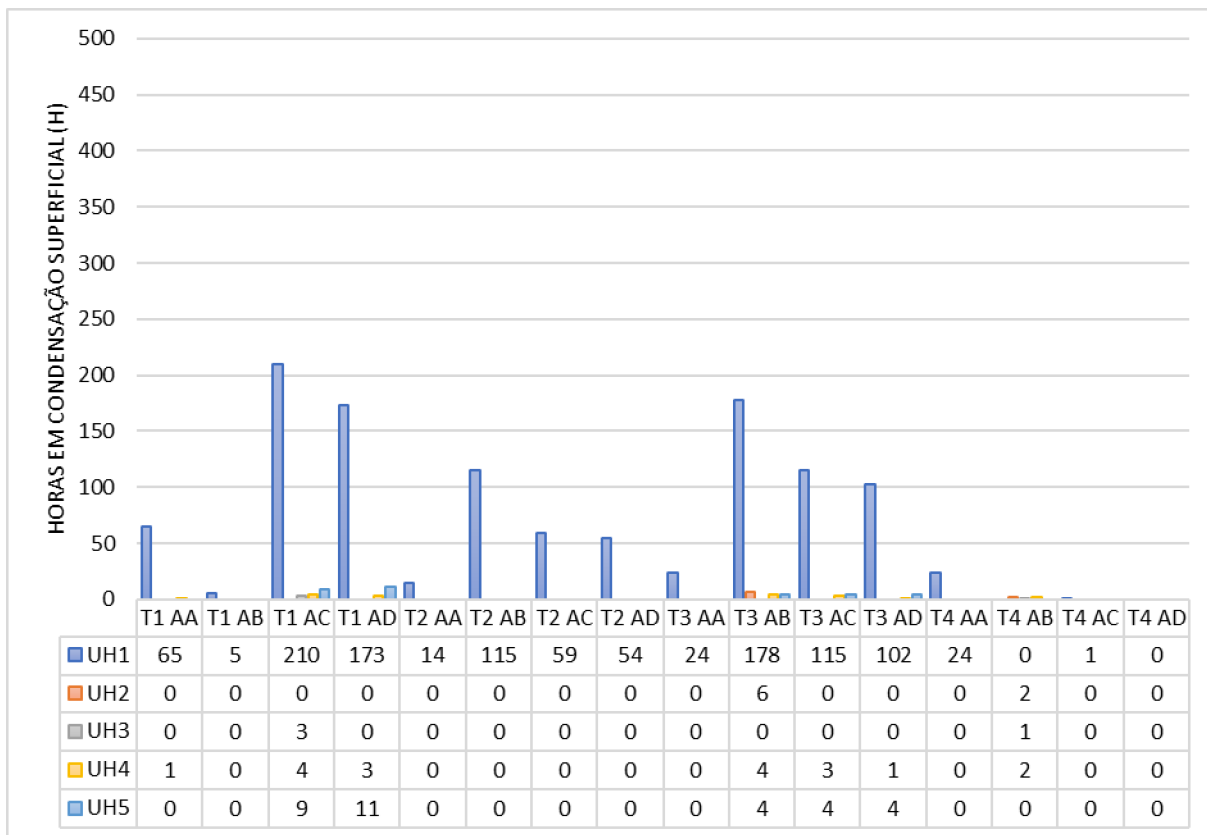
Em relação aos tipos de unidades habitacionais avaliadas, segundo Tabela 5, conforme esperado, o aumento do volume da edificação reduz a umidade do ambiente, devido à maior quantidade de ar disponível no ambiente. Isto pode ser facilmente verificado no dia típico de verão. No dia típico de inverno, com maior umidade proveniente do ar externo, este fator tem sua possibilidade reduzida, entretanto, ainda sim verifica-se que volumes de ar menores que 31m³ possuem maiores chances de apresentar maior umidade no ar em forma de condensação.

Os resultados observados na Tabela 5, confirmam a Figura 14, que apresenta a quantidade de horas que as faces de superfícies de paredes, pisos e forros apresentaram condensação superficial nos ambientes de permanência prolongada das unidades habitacionais analisadas.

O sistema construtivo que apresentou maior condensação superficial (Figura 14), foi o sistema composto por paredes de blocos cerâmicos (T1) e forro em *steel-deck* (AC), seguido pelo sistema de paredes revestidas por PVC (T3) e com forro de PVC (AB). Contudo, estes resultados representam menos de 3,0% das horas do ano em condensação superficial.

Conforme pode-se observar na Figura 14, das UHs analisadas, apenas a UH1 apresentou condensação superficial nos ambientes acima de 1% das horas simuladas. Isto ocorre devido ao seu volume ser menor em relação as demais unidades habitacionais avaliadas neste estudo, confirmando os dados encontrados na Tabela 5. As demais UHs apresentaram no máximo 11 horas em que as superfícies ficaram condensadas, ou seja, menos de 0,1% das horas.

Figura 14 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB1

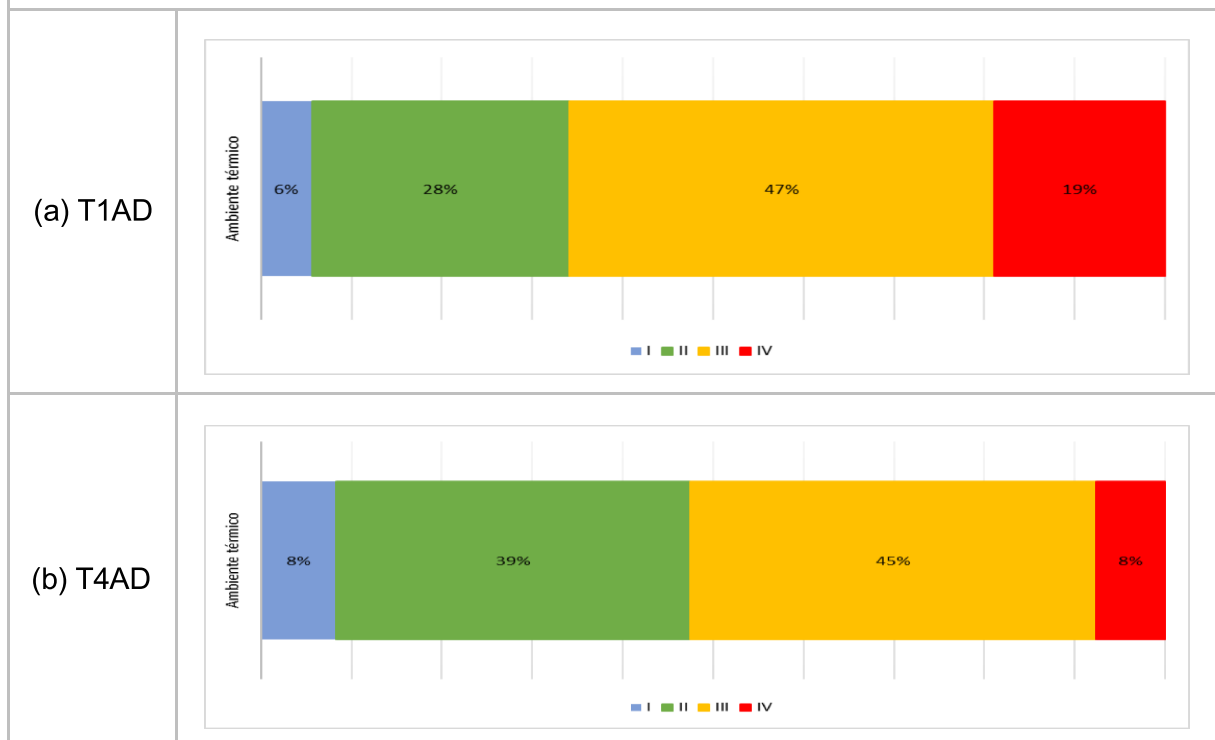


Fonte: Elaborada pela autora

Por fim, analisou-se o desempenho higrotérmico da unidade habitacional que apresentou a maior possibilidade de condensação, UH1, em dois sistemas construtivos diferentes, visto que os demais apresentam resultados muito próximos. Conforme Figura 15, os ambientes de permanência prolongada possuem 34% do tempo em alto nível e nível normal de expectativa. Quando utilizando sistemas com maior resistência térmica, esta porcentagem sobe para 47%. O nível aceitável de conforto é similar nas duas situações, 47 e 45%, respectivamente, para T1AD e T4AD. Com o uso de paredes com maior resistência térmica, há a redução da categoria IV, contudo, ambos sistemas apresentam valores aceitáveis de horas fora do limite exigido por esta norma.

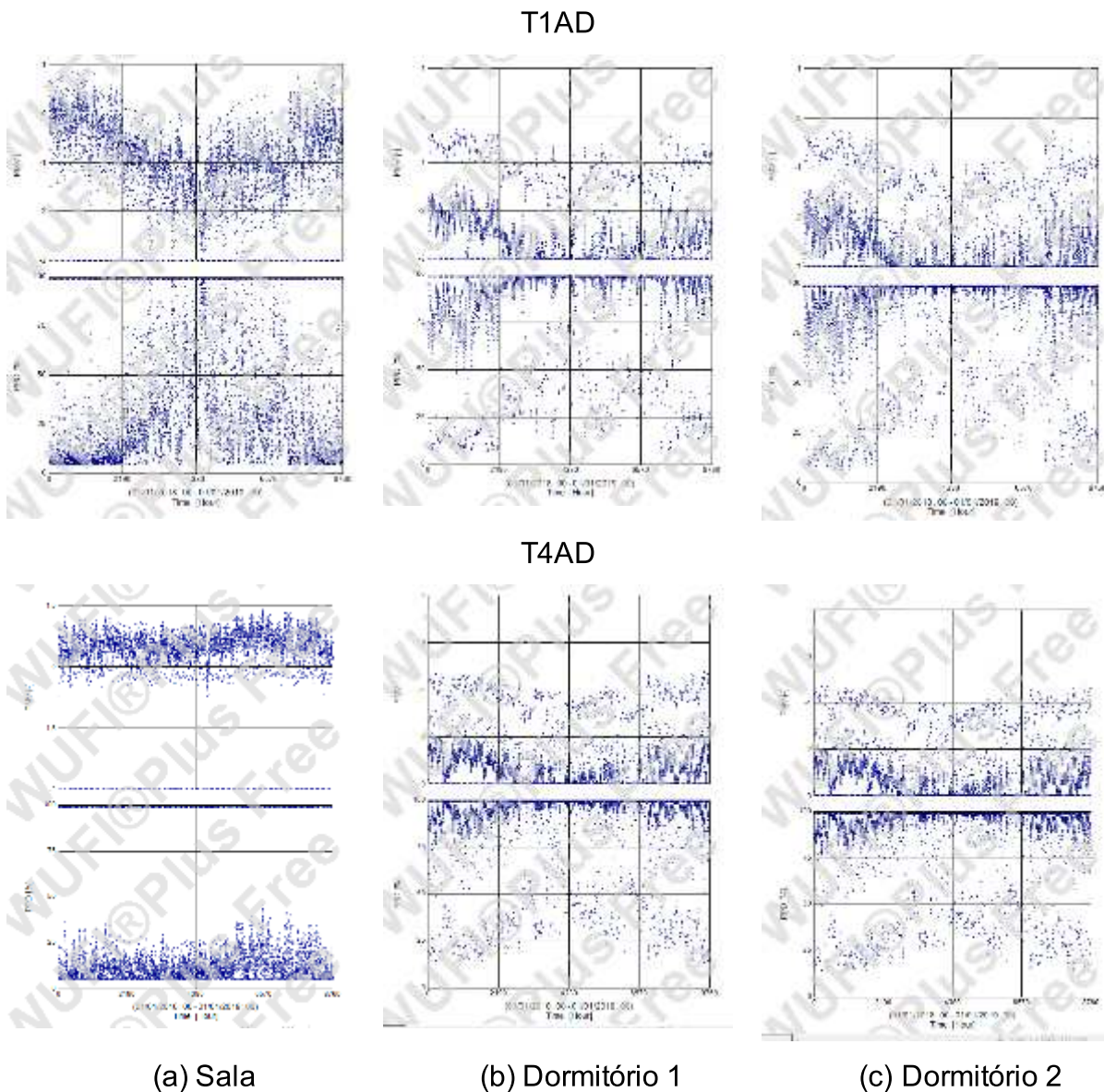
Na Figura 16, apresenta-se os resultados de desempenho higrotérmico conforme a ISO 7730, nos quais observa-se que os resultados comprovam os apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 16 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela Autora

4.2 ZONA BIOCLIMÁTICA 2

A ZB2 caracteriza-se por ser uma zona bioclimática de clima ameno a frio, com amplitude térmica diária em torno de 14°C, precipitações ao longo de todo o ano e umidade relativa do ar média de 80%.

Na Tabela 6 apresenta-se a influência na umidade dos ambientes dos tipos de UH e sistemas construtivos. Conforme resultados obtidos, a temperatura externa, UR externa, radiação solar e ventilação ampliam a umidade interna da edificação, tanto no dia típico de verão como no dia típico de inverno.

Em relação aos sistemas de paredes para o dia típico de verão, comparados ao sistema T4, há um aumento da umidade interna apenas no sistema T1. Os demais sistemas de paredes apresentam uma redução da umidade interna. Em comparação ao forro AD, o sistema AA tende a apresentar um aumento da umidade, enquanto os sistemas AB e AC apresentam uma tendência de redução da umidade.

Já para o dia típico de inverno, quando comparados ao sistema T4, há um aumento da umidade interna, sendo que o sistema T1 apresenta a maior possibilidade de umidade interna. Já os forros apenas o sistema AB apresenta uma redução da umidade, enquanto os sistemas AA e AB apresentam um aumento da umidade.

Tabela 6 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB2

| | Dias típicos – verão | Dias típicos – inverno | Dias típicos – ambos |
|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Interseção | -62,025200 | -26,327000 | -32,383500 |
| Temperatura externa | 0,664758 | 0,031970 | 0,169941 |
| UR externa | 0,409269 | 0,074543 | 0,202665 |
| Radiação solar | 0,009111 | 0,003549 | 0,006964 |
| Ventilação | 0,581790 | 0,492262 | 0,547858 |
| T1 | 3,501063 | 6,462293 | 5,083864 |
| T2 | -1,383770 | 4,113943 | 1,364906 |
| T3 | -1,908270 | 3,351596 | 0,706303 |
| UH1 | 64,359920 | 55,231160 | 60,846850 |
| UH2 | 41,875890 | 28,892490 | 36,104010 |
| UH3 | -14,886900 | -18,100900 | -16,839000 |
| UH4 | -22,707200 | -24,853300 | -24,252900 |
| AA | 1,015713 | 3,230914 | 2,151678 |
| AB | -0,259570 | -0,937170 | -0,607540 |
| AC | -1,084350 | 2,320661 | 0,629502 |
| Inverno | - | - | -12,76190 |
| R ² | 0,718 | 0,666 | 0,786 |

Fonte: Elaborada pela autora

Quanto ao tipo de unidade habitacional, as que possuem menor volume (UH1 e UH2) apresentam maior probabilidade de umidade do que as que apresentam volume de ar acima de 31m², no mínimo. Acima deste volume, houve uma redução da umidade da UH4 quando comparada a UH5.

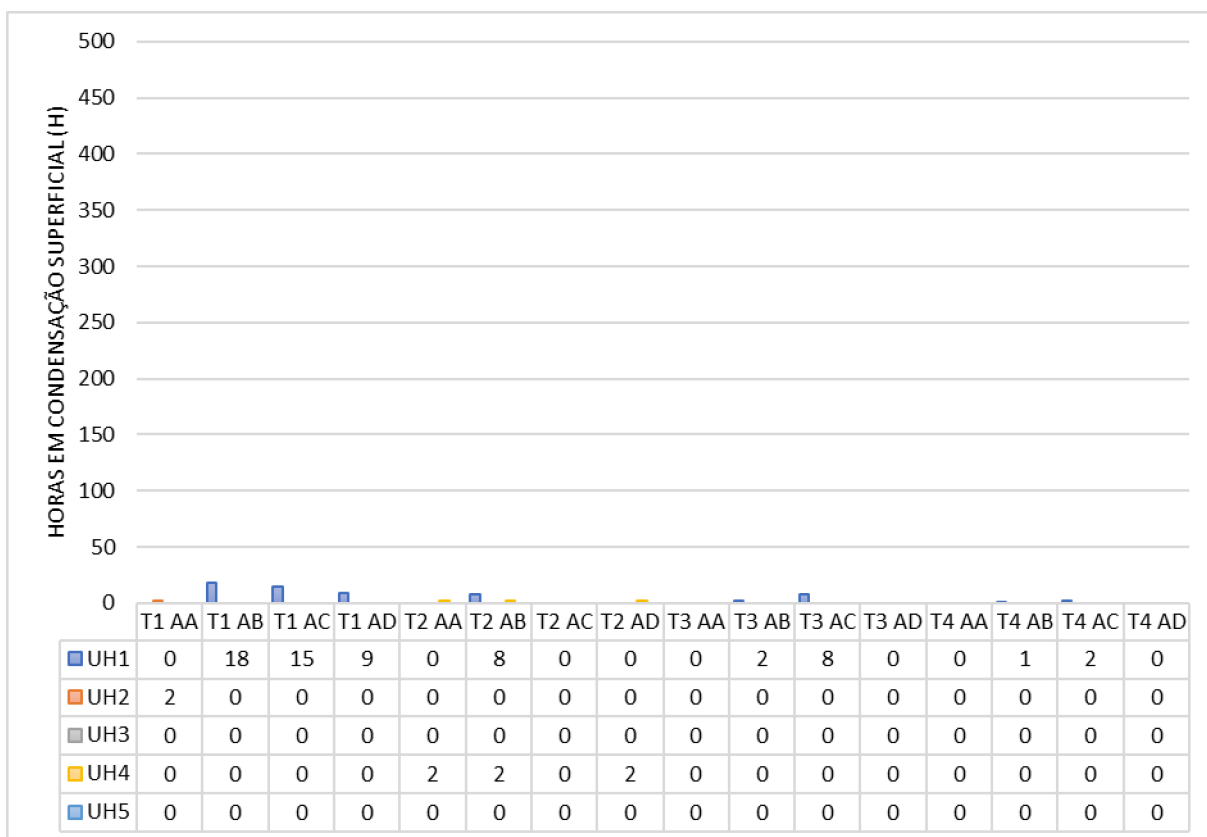
Por fim, a Figura 17, que apresenta as horas em que houve condensação superficial, corroboram com Tabela 6, no que tange ao tipo de UH que apresentou

maior condensação (UH1) e ao sistema construtivo de parede que possui mais risco de condensação (T1).

A análise de condensação superficial da ZB2 é apresentada na Figura 17, observa-se que neste clima quase não houve risco de condensação superficial nos ambientes de permanência prolongada.

Assim como observado na ZB1 (item 4.1), o tipo de UH que apresentou maior quantidade de umidade condensada nas superfícies dos ambientes foi o UH1, os demais volumes analisados apresentaram no máximo 2 horas em condensação (Figura 17). Devido ao menor volume de ar e de renovação de ar dos ambientes, esta unidade habitacional apresentou as maiores horas em condensação.

Figura 17 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB2



Fonte: Elaborada pela autora

Ainda segundo Figura 17, o conjunto de sistemas que apresentou maior condensação superficial foi o T1AB (paredes de blocos cerâmicos com forro em PVC), este sistema de paredes também apresentou maior risco de condensação que os demais sistemas analisados.

Em relação aos forros, o AB apresentou maiores horas condensando quando combinado com qualquer tipo de parede (Figura 17). Tendo em consideração o tipo de paredes, o segundo sistema a apresentar maiores horas em condensação superficial foi o T3 (paredes de concreto revestidas com PVC), principalmente quando combinada com o forro AC (forro de *steel-deck*).

Na Figura 18 apresenta-se o desempenho higrotérmico da unidade habitacional UH1. Observa-se que os ambientes de permanência prolongada possuem 39% do tempo em alto nível e nível normal de expectativa, para o conjunto de sistemas T1AD e 15% das horas na categoria IV.

Quando se utiliza o sistema T4AD (Figura 18), que possui maior resistência térmica, esta porcentagem sobe para 53% de horas em alto nível e nível normal de expectativa enquanto o nível de desconforto é reduzido pela metade, em comparação ao sistema T1AD, 4%. O nível aceitável de conforto é similar nas duas situações, 46 e 50%, respectivamente, T1AD e T4AD. Estes dados (Figura 18) corroboram com os encontrados no cálculo de conforto térmico da ISO 7730 e apresentados na Figura 19.

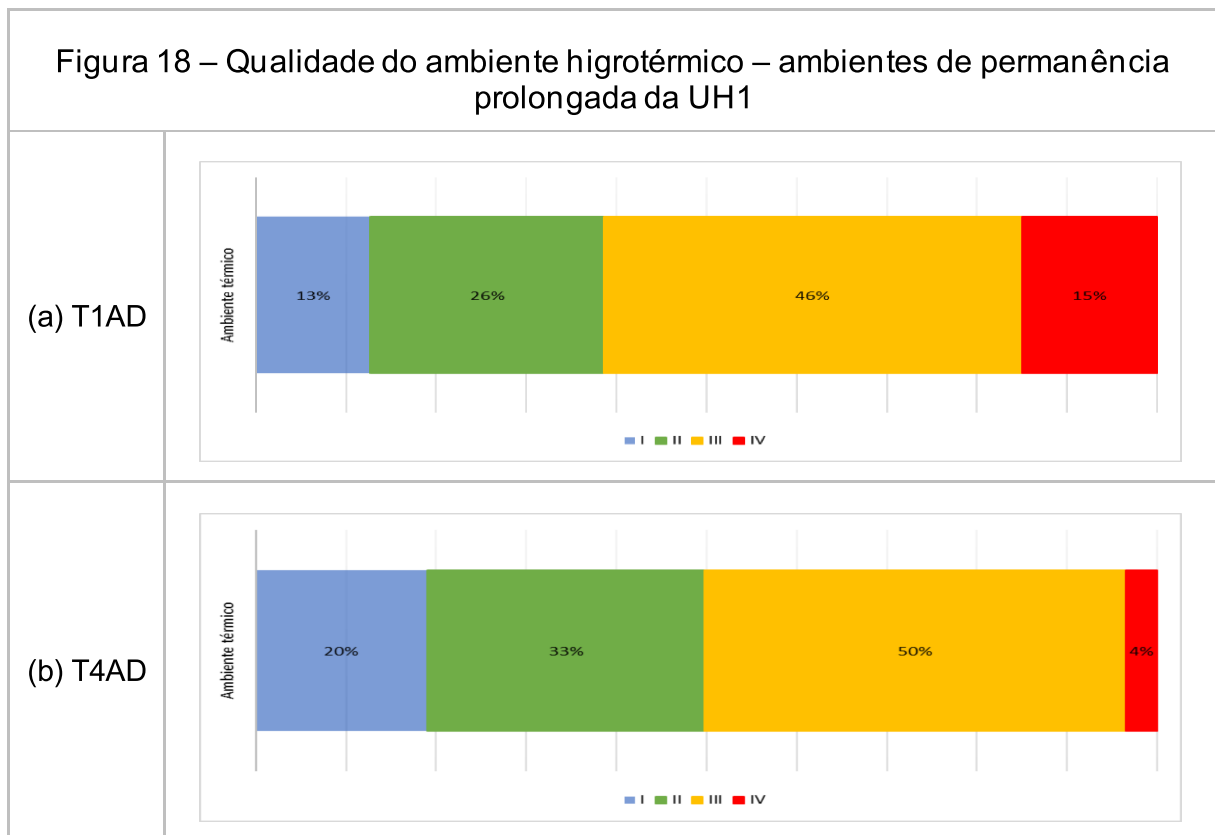
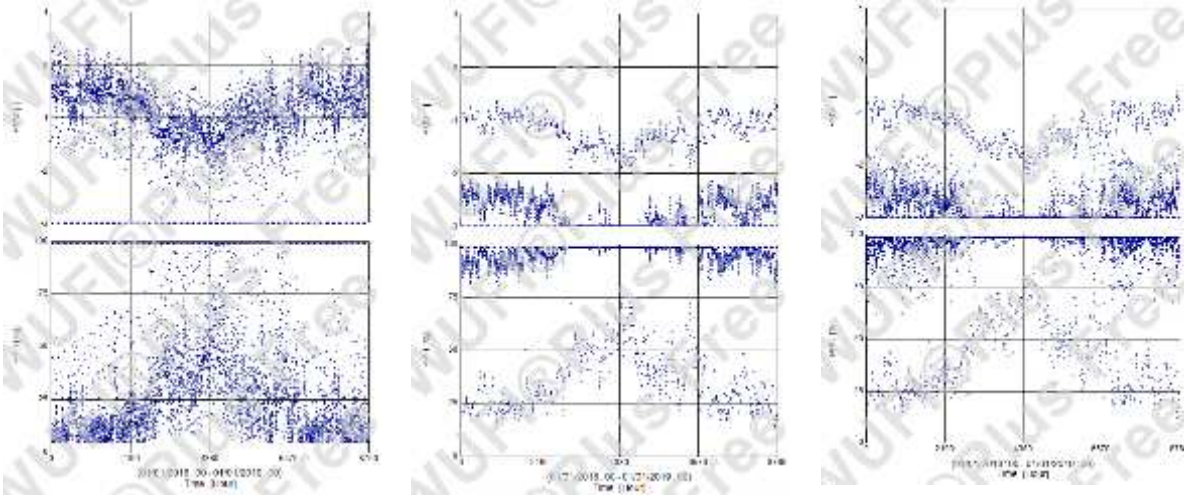
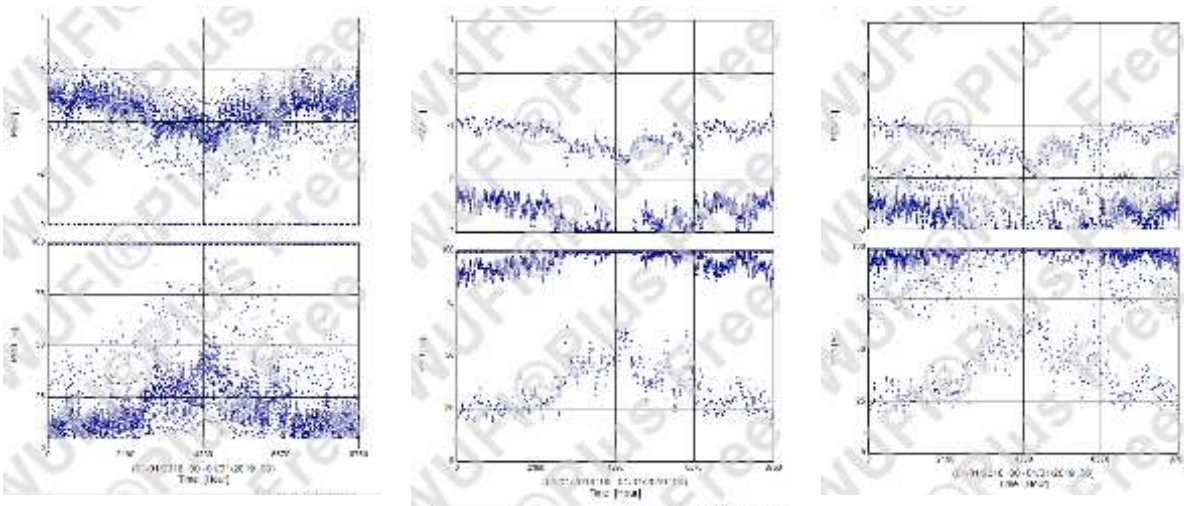


Figura 19 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1

T1AD



T4AD



(a) Sala

(b) Dormitório 1

(c) Dormitório 2

Fonte: Elaborada pela Autora

4.3 ZONA BIOCLIMÁTICA 3

A ZB3 caracteriza-se por ser uma região com clima mais ameno, com amplitude diária de temperatura em torno de 9,5°C, precipitações ao longo de todo o ano e umidade relativa do ar média de 70%.

Os resultados obtidos para as análises de relação entre materiais construtivos, volume dos ambientes analisados, clima externo (temperatura, umidade relativa, radiação solar) e ventilação do ambiente com a umidade interna para os dias típicos de inverno e verão para a ZB3 de acordo com a ABNT NBR 15575:2013 são apresentados na Tabela 7.

Conforme Tabela 7, percebe-se que os fatores analisados têm probabilidade de influência no desempenho higrotérmico das edificações. A variação da umidade sofre impacto da temperatura e umidade externa. Já a ventilação e a radiação solar apresentam uma tendência de aumento da umidade interna, devido à grande umidade externa da cidade que acaba entrando dentro do ambiente, principalmente durante o verão, conforme pode ser verificado pelo coeficiente negativo no inverno (Tabela 7).

Tabela 7 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes – dias típicos conforme ABNT NBR 15575:2013 – ZB3

| | Dias típicos – verão | Dias típicos – inverno | Dias típicos - ambos |
|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Interseção | -22,643200 | -36,809834 | -52,887100 |
| Temperatura externa | -0,520870 | 0,868608 | 0,697102 |
| UR externa | 0,303737 | 0,339322 | 0,451034 |
| Radiação solar | 0,014119 | 0,002893 | 0,008507 |
| Ventilação | 0,569767 | 0,411145 | 0,513437 |
| T1 | 1,760318 | 4,622556 | 3,352094 |
| T2 | -3,637400 | 1,955005 | -0,834590 |
| T3 | -4,672830 | 1,447292 | -1,622040 |
| UH1 | 65,479920 | 48,285127 | 59,113350 |
| UH2 | 44,886590 | 26,000806 | 36,881530 |
| UH3 | -11,804300 | -14,877893 | -14,062200 |
| UH4 | -20,228400 | -20,548924 | -21,377200 |
| AA | -0,308860 | 2,770174 | 1,260713 |
| AB | -- | -0,812657 | -0,439790 |
| AC | -2,099177 | 1,794756 | -- |
| Inverno | - | - | -4,102443 |
| R ² | 0,742 | 0,833 | 0,754 |

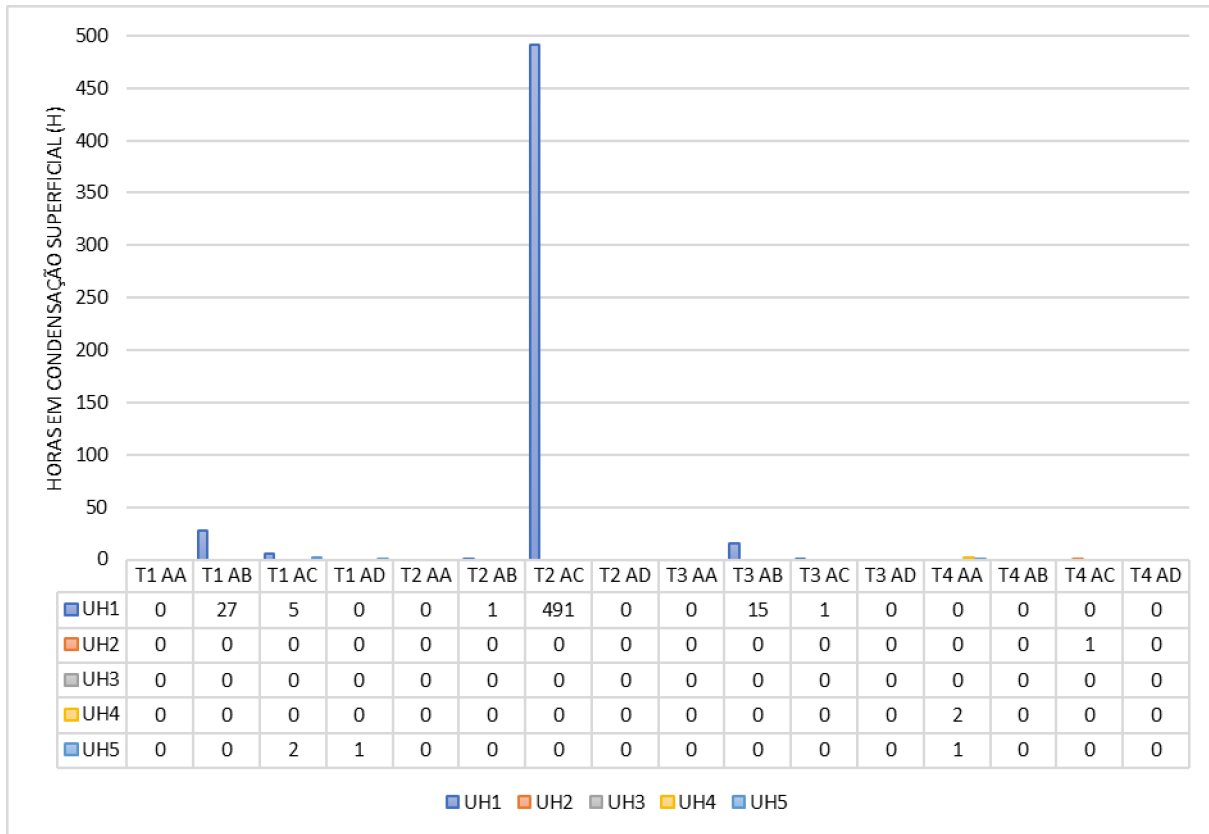
Fonte: Elaborada pela autora
 --: variável não incluída por não atingir o limite de significância.

De acordo com o esperado, quanto maior o volume do ambiente, menor é a probabilidade de ele apresentar condensação, desta forma, a UH1 e UH2 apresentam um aumento na quantidade de umidade interna nos ambientes. As UH3 e UH4 apresentaram uma redução na umidade relativa interna se comparados com o UH5, assim como já verificado nas ZB1 e ZB2 (Tabela 7).

Conforme Figura 20, a UH que apresentou maior quantidade de horas em condensação foi o UH1, assim como nas zonas bioclimáticas 1 e 2. Igualmente a estas demais zonas bioclimáticas, o volume da edificação foi o que mais influenciou este resultado, assim como a menor área transparente e opaca para ganho de calor

solar. Os demais tipos de UH analisados apresentaram no máximo 2 horas em condensação superficial.

Figura 20 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB3



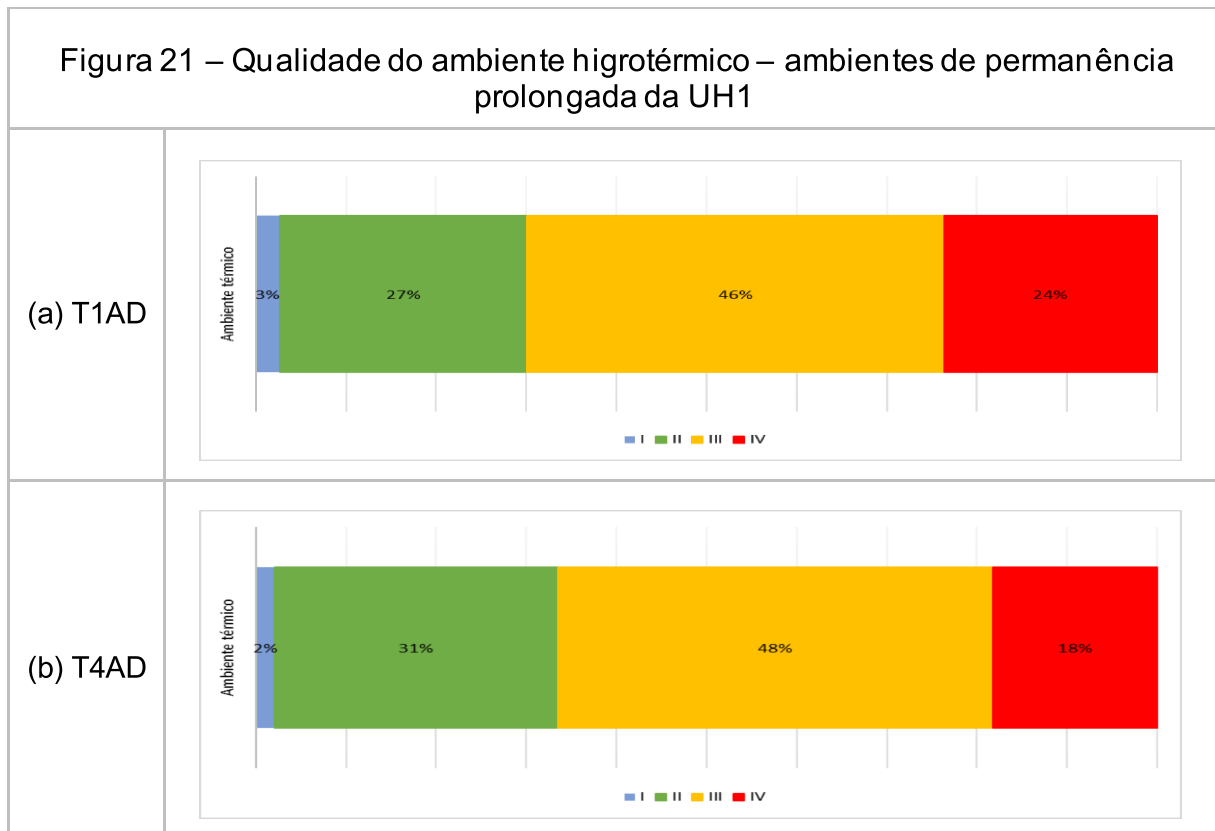
Fonte: Elaborada pela autora

Já o impacto do sistema construtivo segundo Tabela 7, quando comparado com o sistema construtivo de drywall (T4), há um aumento na umidade com sistema de blocos cerâmicos. Já os sistemas de paredes de concreto (T2) e de paredes de PVC preenchidas com concreto (T3), há uma pequena redução na umidade do ambiente. Contudo, no inverno, conforme verificado no dia típico de inverno, a umidade do ambiente com o uso dos sistemas T2 e T3 é maior que no uso do sistema T4, devido a menor resistência térmica desses sistemas e, portanto, uma menor temperatura da superfície destes.

Em relação aos forros analisados (Tabela 7), estes apresentam comportamento distinto no dia típico de verão e no dia típico de inverno. Quando analisados no verão, há uma redução da umidade comparado ao AD. Já no inverno, apenas o sistema AB apresenta uma redução da umidade, enquanto os demais possuem um aumento da umidade dos ambientes.

Por fim, a Figura 20, os resultados corroboram com a Tabela 7 no que tange ao volume dos ambientes. Apenas o tipo UH1 apresentou mais de 5 horas de condensação. Entretanto, apenas um sistema apresentou condensação superficial acima de 5% das horas de um ano (T2AC), este sistema é composto por paredes de concreto maciço com 10cm de espessura e que apresenta baixa resistência térmica.

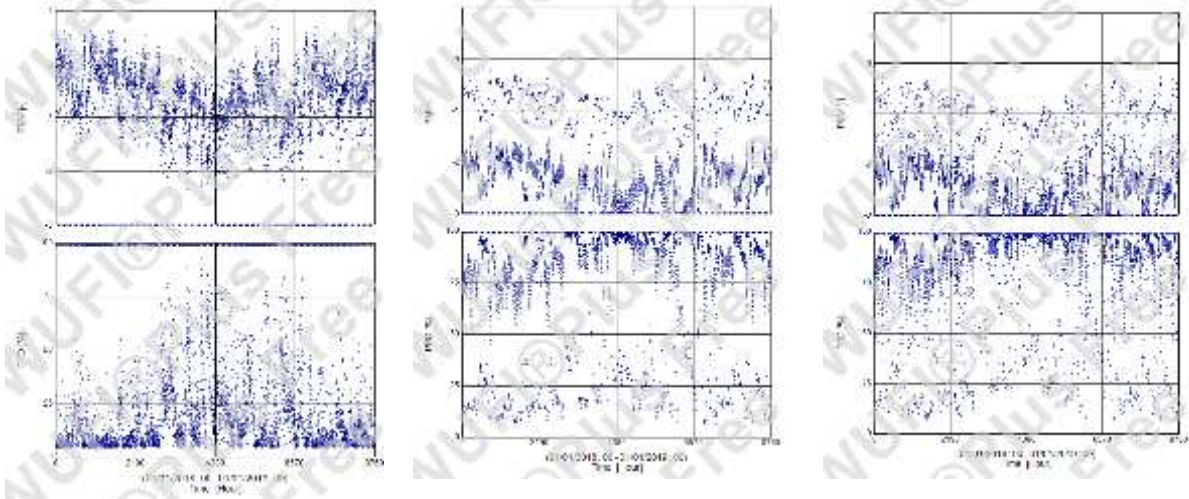
Na Figura 21 mostra-se a qualidade do ambiente higrotérmico dos ambientes de permanência prolongada da UH1. Assim como nas demais ZBs analisadas, há uma pequena melhora do desempenho higrotérmico quando utilizado sistemas de paredes com alta resistência térmica, com redução das horas de desconforto. Além disso, a ZB3 apresentou mais de 20% das horas em desconforto térmico, quando utilizado sistemas convencionais de blocos cerâmicos, mais do que nos demais climas já analisados. Estes dados (Figura 21) corroboram com os encontrados em PPD e PMV (ISO 7730), apresentados na Figura 22.



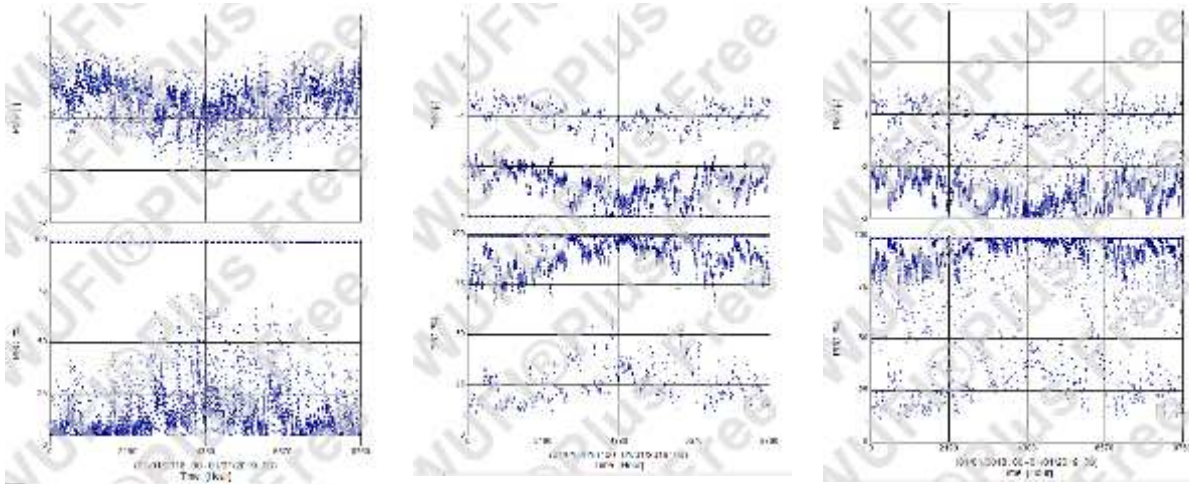
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 22 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1

T1AD



T4AD



(a) Sala

(b) Dormitório 1

(c) Dormitório 2

Fonte: Elaborada pela Autora

4.4 ZONA BIOCLIMÁTICA 4

A ZB4 caracteriza-se por ser uma região com clima mais árido, onde a amplitude térmica varia mais durante o dia do que durante o ano, em torno de 12°C , e umidade relativa do ar média de 65%. Por apresentar a mais baixa média de UR de todos os climas analisados, a ZB4 apresentou comportamento de condensação superficial menor que os climas do Brasil.

O clima externo da edificação influencia no aumento da umidade interna da edificação, tanto no dia típico de verão quanto no de inverno (Tabela 8). Além do clima externo, a ventilação também causa o aumento da umidade interna, assim como os demais casos apresentados.

Tabela 8 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB4

| | Dias típicos – verão | Dias típicos – inverno | Dias típicos -ambos |
|---------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
| Interseção | -75,043900 | -76,406500 | -62,472500 |
| Temperatura externa | 0,175465 | 1,237939 | 0,225637 |
| UR externa | 0,418232 | 0,513249 | 0,334455 |
| Radiação solar | 0,007563 | 0,005592 | 0,006613 |
| Ventilação | 0,682347 | 0,533442 | 0,600811 |
| T1 | 3,390027 | 2,796247 | 3,076054 |
| T2 | -2,884370 | -0,327480 | -1,579260 |
| T3 | -4,308230 | -- | -2,092370 |
| UH1 | 78,286120 | 60,275800 | 68,595930 |
| UH2 | 49,718070 | 38,110660 | 43,476770 |
| UH3 | -18,203600 | -13,704900 | -15,726200 |
| UH4 | -27,993700 | -21,328400 | -24,350800 |
| AA | 1,339216 | -- | 0,681417 |
| AB | -0,882130 | -0,306260 | -0,585160 |
| AC | -1,214560 | -0,758970 | -0,990950 |
| Inverno | - | - | 7,570685 |
| R ² | 0,849 | 0,742 | 0,902 |

Fonte: Elaborada pela autora

--: variável não incluída por não atingir o limite de significância.

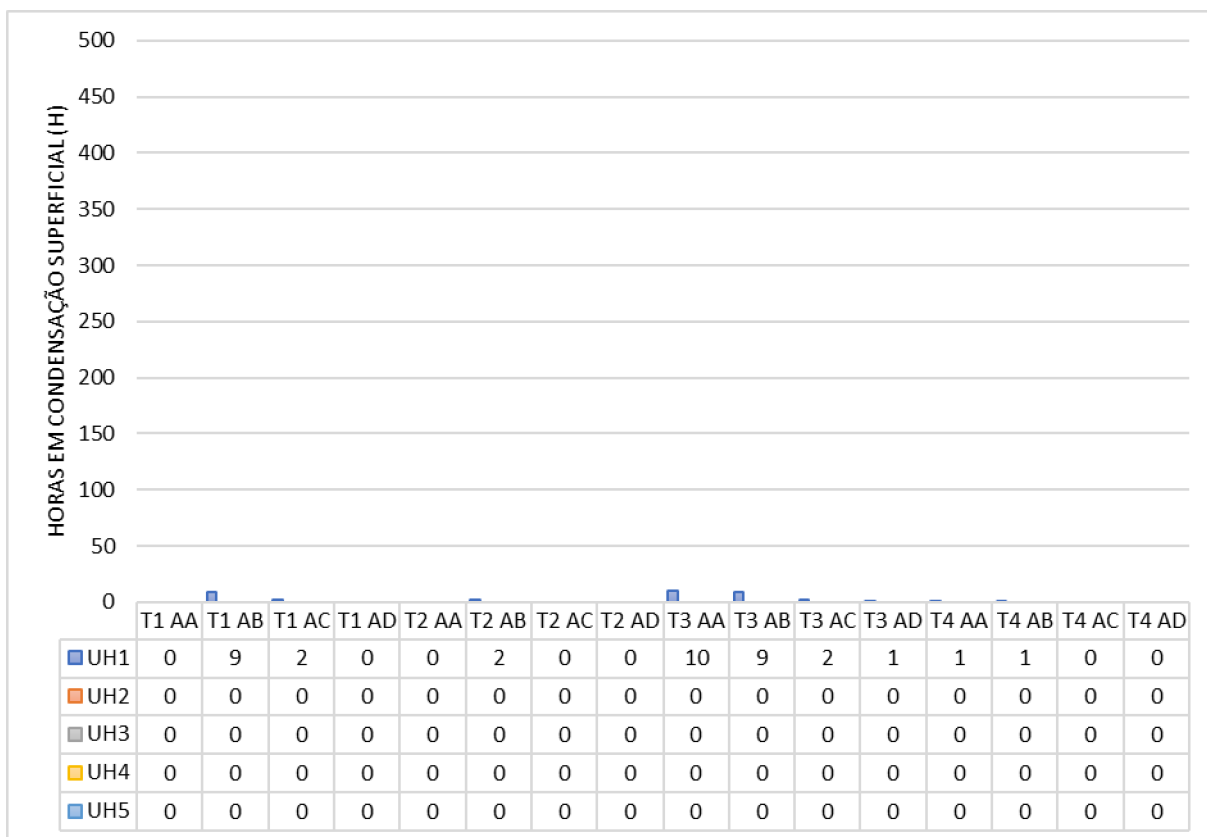
Ainda segundo Tabela 8, as UHs que apresentaram aumento de umidade quando comparadas com a UH5 foram a UH1 e UH2. Conforme supracitado, acima de 31m³ de volume de ar, há uma redução da umidade quando comparado com a UH5. Tais dados corroboram com o encontrado na Figura 23, onde observa-se que a condensação superficial ocorre apenas na UH1 e não passa das 10h nos ambientes de permanência prolongada. Estes resultados confirmam que edificações com volume reduzido possuem maior probabilidade em apresentar tal comportamento

O comportamento dos sistemas construtivos de parede se manteve similares. O sistema T1 apresentou maior umidade quando comparado ao sistema T4, enquanto os demais apresentaram redução da umidade, tanto no inverno quanto no verão (Tabela 8). Já o comportamento de condensação superficial, apresentado na Figura 23, teve maior horas no sistema T3 (paredes de PVC preenchidas com concreto), seguido pelo sistema T1 (blocos cerâmicos).

Já o comportamento dos forros no dia típico de inverno e de verão, conforme Tabela 8, o tipo AA apresentou aumento da umidade enquanto os sistemas AB e AC apresentaram redução da umidade, ambos quando comparados com o sistema AD.

Quando analisado a quantidade de horas que as faces dos ambientes apresentaram condensação superficial (Figura 23), o forro AB apresentou maior quantidade de horas, já o forro AA apresentou menor condensação superficial.

Figura 23 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB4

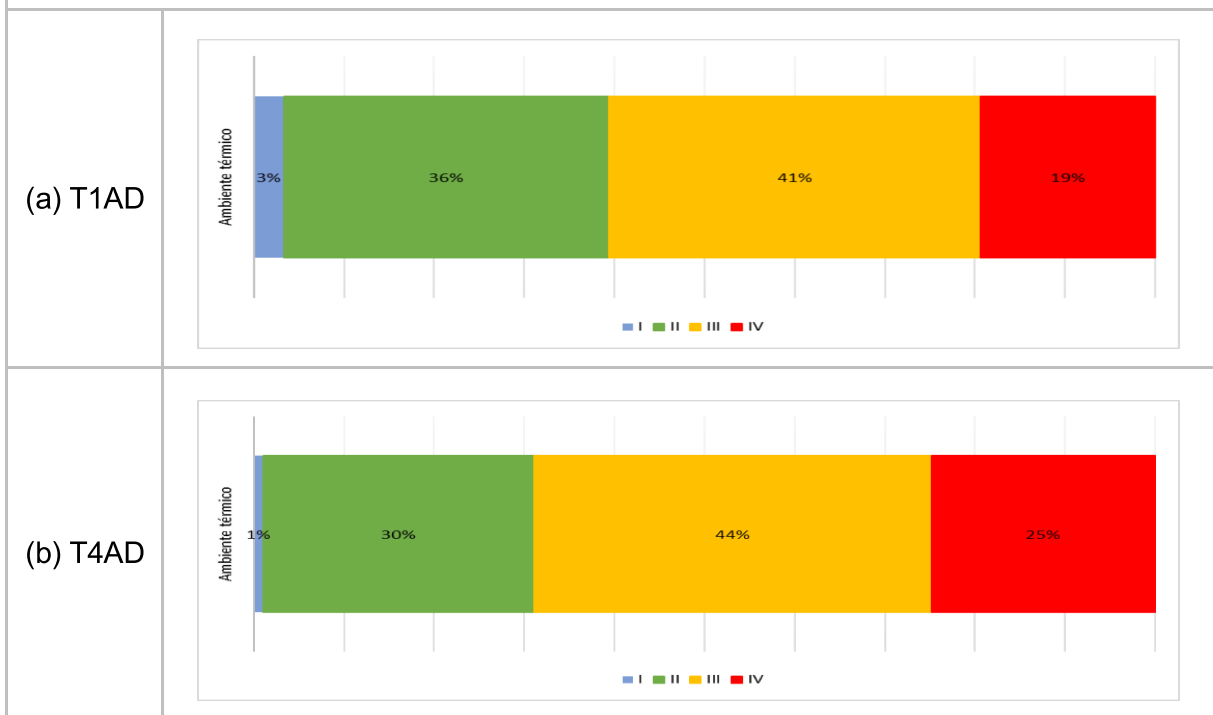


Fonte: Elaborada pela autora

Por fim, a qualidade do ambiente térmico pode ser analisada na Figura 24. Os sistemas com menor resistência térmica na parede apresentaram maior horas em conforto que sistemas mais pesados. Este comportamento já era esperado, pois a parede T1 apresenta $2,063 \text{ W/m}^2\text{K}$, conforme é requerido para esta zona bioclimática, quando analisada a sua carta bioclimática.

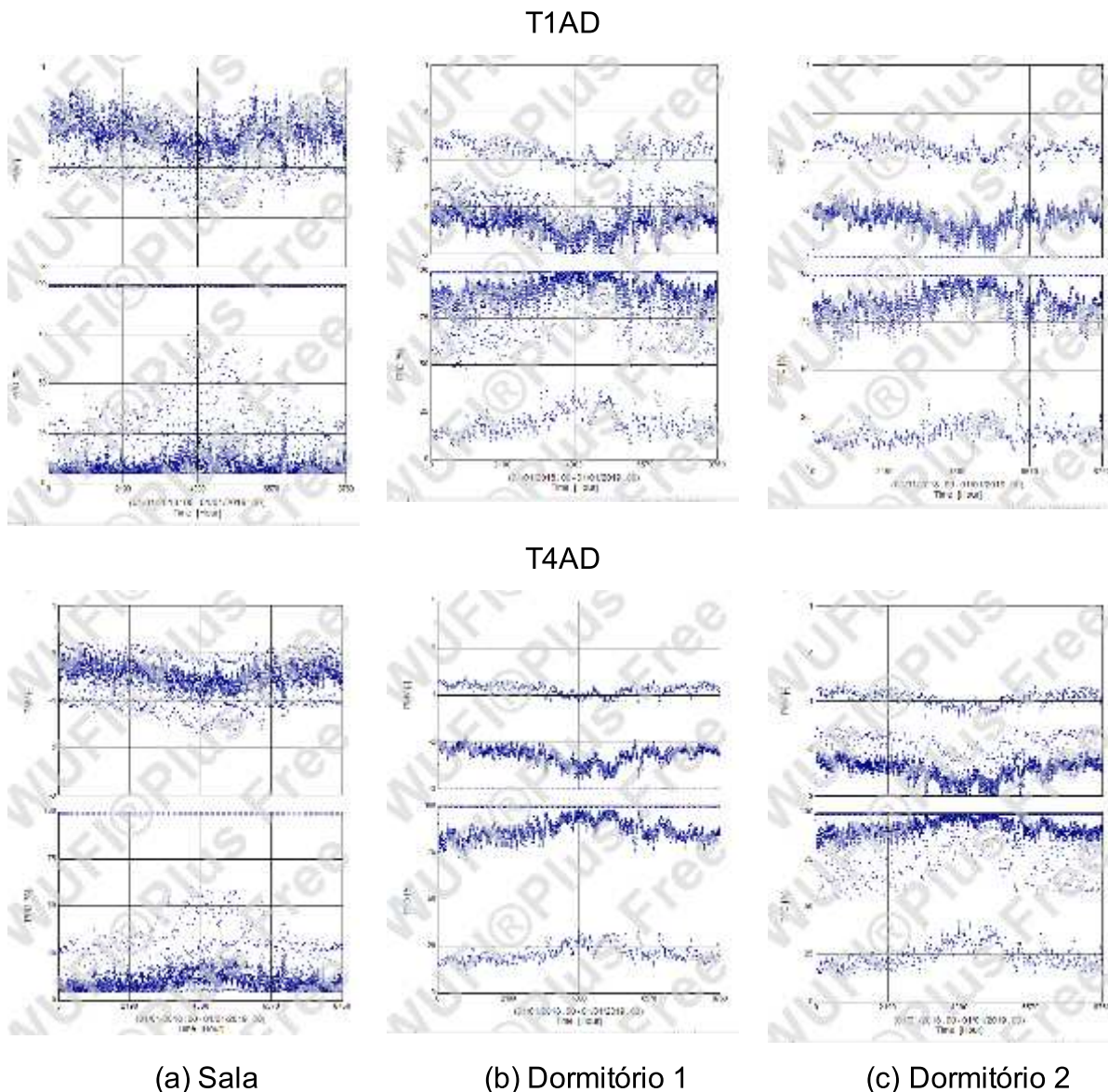
Contudo, observa-se que paredes com inércia térmica muito alta podem causar uma redução do desempenho higrotérmico da edificação (Figura 24), com aumento das categorias III (nível de expectativa aceitável) e IV (nível de expectativa acima dos limites recomendados). Estes dados confirmam os encontrados no cálculo de conforto térmico da ISO 7730 e apresentados na Figura 25.

Figura 24 – Qualidade do ambiente higratérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 25 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela Autora

4.5 ZONA BIOCLIMÁTICA 5

A ZB5 caracteriza-se por ser uma região de clima ameno, com verão e inverno bem marcados, tendo amplitude térmica em torno de 10°C, e umidade relativa do ar média de 80%. Todavia, percebe-se que o comportamento de condensação superficial aumentou na ZB5 (Tabela 9 e Figura 26), em comparação com os climas mais frios (ZB1, ZB2 e ZB3).

Apresenta-se na Tabela 9 a influência dos tipos de UH e sistemas construtivos na umidade dos ambientes. Conforme resultados obtidos, a UR externa,

radiação solar e ventilação ampliam a umidade interna da edificação, tanto no dia típico de verão como no dia típico de inverno. A temperatura externa possui comportamento divergente quando no dia típico de verão ou de inverno, já que no primeiro ele apresenta um comportamento de redução da umidade, enquanto no inverno observa-se um aumento da umidade quando há um aumento da temperatura.

Tabela 9 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB5

| | Dias típicos – verão | Dias típicos – inverno | Dias típicos – ambos |
|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Interseção | -59,755200 | -71,840500 | -70,809400 |
| Temperatura externa | -0,115010 | 0,588184 | 0,312980 |
| UR externa | 0,340970 | 0,400371 | 0,388667 |
| Radiação solar | 0,008647 | 0,007071 | 0,007620 |
| Ventilação | 0,719870 | 0,695680 | 0,707661 |
| T1 | 2,700391 | 4,698860 | 3,698914 |
| T2 | -4,230230 | -0,984330 | -2,607530 |
| T3 | -5,877520 | -1,854970 | -3,865860 |
| UH1 | 81,292860 | 77,008170 | 79,139460 |
| UH2 | 54,885220 | 50,377500 | 52,624310 |
| UH3 | -17,055500 | -17,875400 | -17,462100 |
| UH4 | -28,009600 | -28,697000 | -28,348200 |
| AA | 0,586251 | 0,757665 | 0,671540 |
| AB | -0,830950 | -0,718160 | -0,774710 |
| AC | -1,793920 | -0,561130 | -1,177880 |
| Inverno | - | - | 3,625182 |
| R ² | 0,754 | 0,703 | 0,775 |

Fonte: Elaborada pela autora

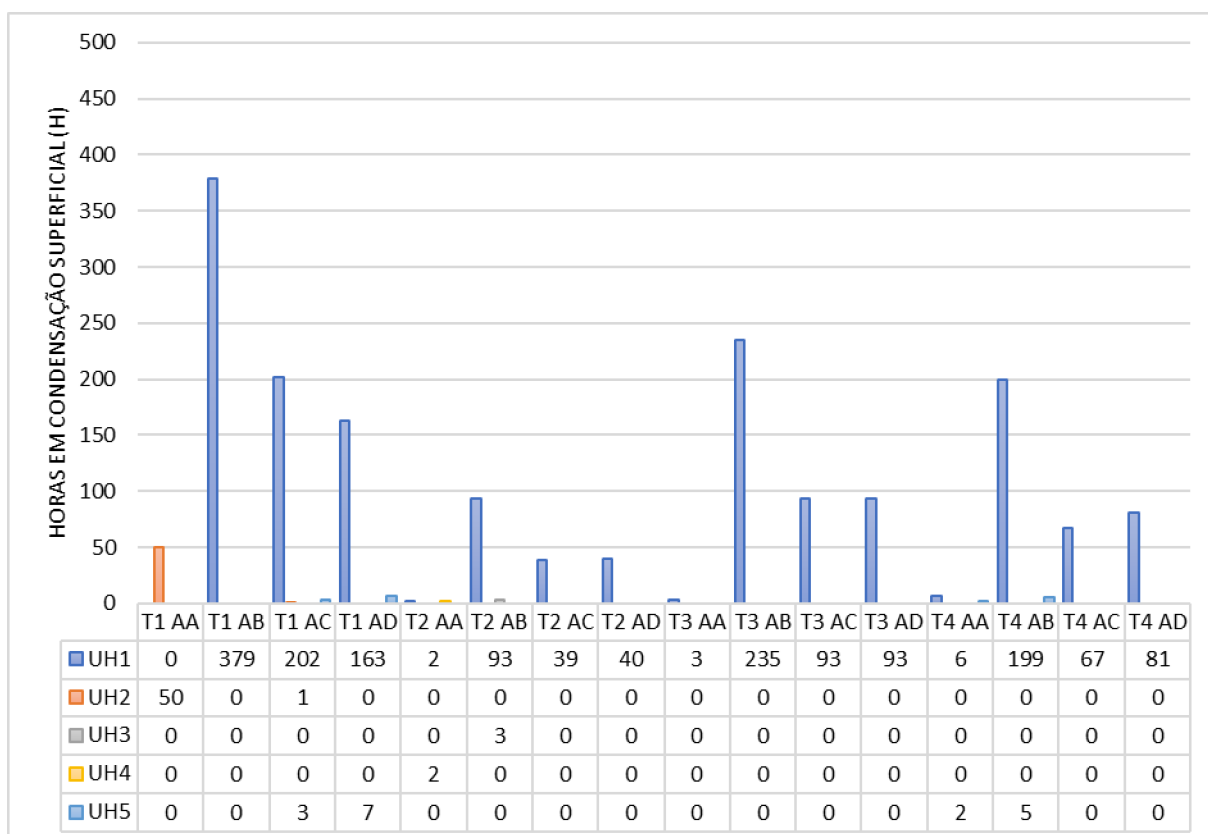
Em relação ao tipo de unidade habitacional analisada, as que possuem menor volume (UH1 e UH2) apresentam maior probabilidade de umidade do que as que apresentam volume de ar acima de 31m². Observa-se que o mesmo resultado foi encontrado na Figura 26, onde além da UH1, que já apresentava condensação nos demais climas, a UH2 também apresentou, em um conjunto de sistema (T1AA), probabilidade de condensação acima de 50 horas do ano. Ou seja, há impacto do tipo de arquitetura no desempenho higrotérmico de uma edificação.

Observou-se que o sistema T1 (paredes de cerâmica com revestimento interno em gesso) apresentou comportamento de maior quantidade de umidade e de horas em condensação, ao apresentar valores acima de 50 horas na UH1 e UH2

(Tabela 9 e Figura 26). Já os demais sistemas construtivos de paredes, segundo Tabela 9, apresentaram redução da umidade em ambos os dias típicos, em comparação com o sistema T4. Todavia, o sistema T2, Figura 26, apresentou a menor quantidade de condensação superficial quando comparado com os demais sistemas.

Já em relação aos forros, o sistema que apresentou maior quantidade de horas em condensação foi o AB, de baixa resistência térmica e característica impermeável (PVC) e o sistema que apresentou menores horas com condensação superficial foi o AA (gesso acartonado). Estes resultados são divergentes aos apresentados na Tabela 9, onde o sistema AA apresentou maior umidade no ambiente que o sistema AD, em contrapartida, os sistemas AB e AC apresentaram redução da umidade.

Figura 26 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB5

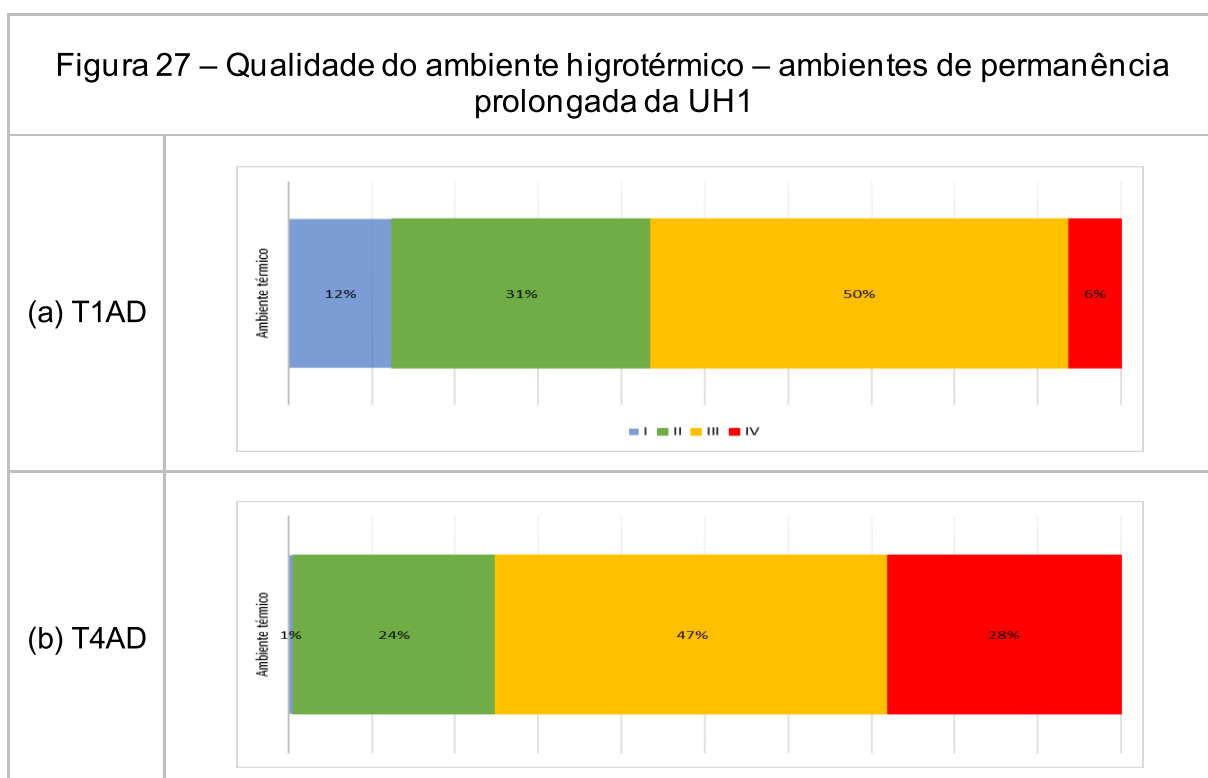


Fonte: Elaborada pela autora

A qualidade do ambiente higrotérmico dos ambientes de permanência prolongada da UH1 são apresentados na Figura 27. Observa-se que os ambientes

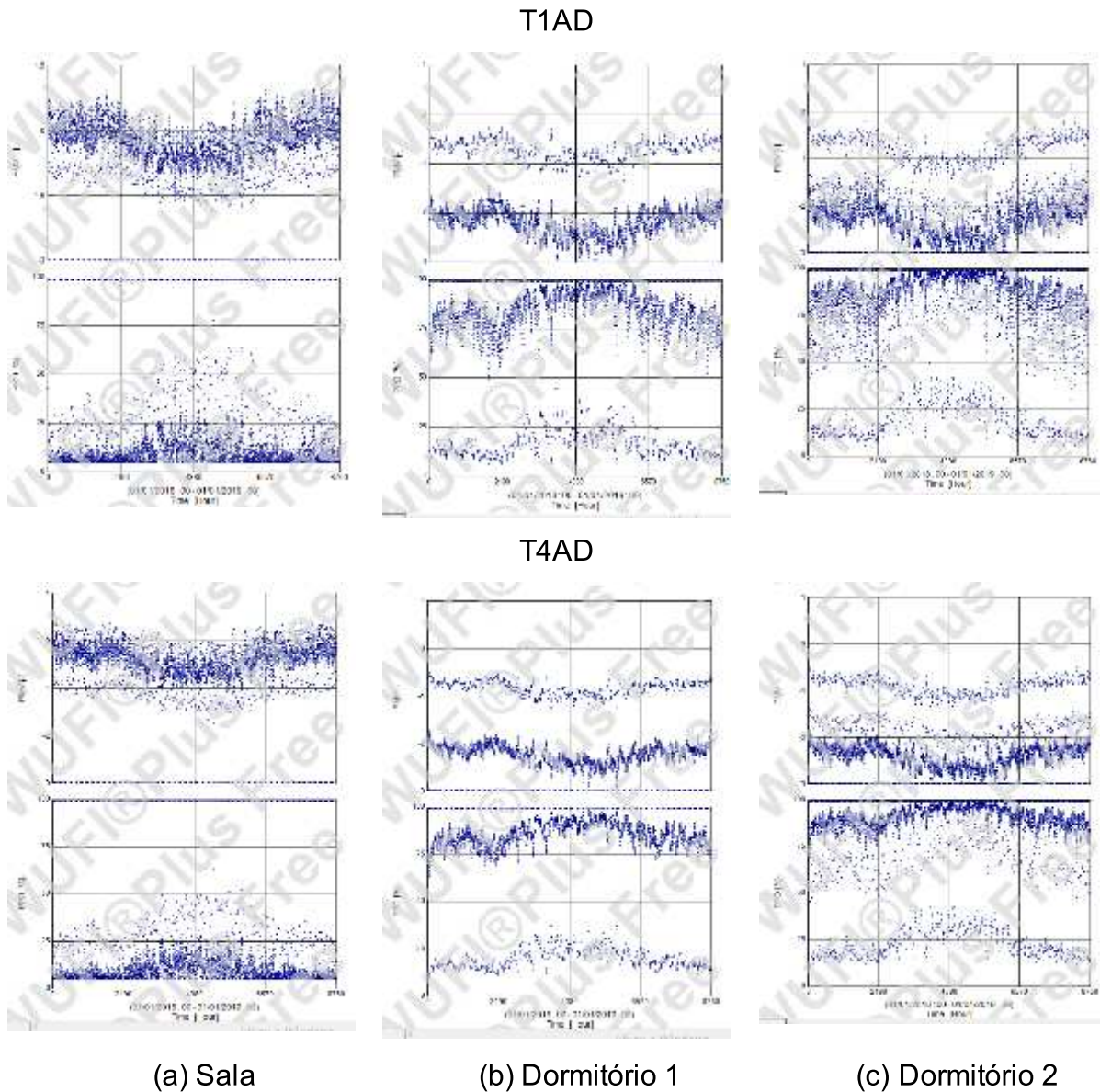
de permanência prolongada possuem 43% do tempo em alto nível e nível normal de expectativa, para o conjunto de sistemas T1AD e 6% das horas na categoria IV.

Quando se utiliza o sistema T4AD (Figura 27), que possui maior resistência térmica, esta porcentagem reduz para 25% de horas em alto nível e nível normal de expectativa ao passo que o nível de desconforto é ampliado em 4 vezes, em comparação ao sistema T1AD, 24%. O nível aceitável de conforto é similar nas duas situações, 50 e 47%, respectivamente, T1AD e T4AD. Estes dados corroboram com os encontrados no cálculo de conforto térmico da ISO 7730 e apresentados na Figura 28.



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 28 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela Autora

4.6 ZONA BIOCLIMÁTICA 6

A ZB6 caracteriza-se por ser uma região de clima quente, com baixas amplitudes anuais, tendo amplitude térmica em torno de 10°C, e umidade relativa do ar média de 65%.

Conforme Tabela 10, que apresenta a síntese da análise estatística dos dias típicos de inverno e verão para ZB6 de acordo com a ABNT NBR 15575:2013, percebe-se que os fatores analisados têm probabilidade de influência no desempenho higrotérmico das edificações. A variação da umidade sofre impacto da

temperatura e umidade externa. Já a ventilação e a radiação solar ocasionam um pequeno aumento da umidade interna, devido à umidade externa que acaba entrando dentro do ambiente, principalmente durante o inverno, verificado pelo coeficiente de inverno (Tabela 10).

Tabela 10 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB6

| | Dias típicos – verão ** | Dias típicos – inverno ** | Dias típicos – ambos ** |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Interseção | -54,74510 | -19,68220 | -41,65868 |
| Temperatura externa | 0,35091 | 0,65963 | 0,38884 |
| UR externa | 0,00751 | 0,50668 | 0,44500 |
| Radiação solar | 0,71516 | 0,00780 | 0,00691 |
| Ventilação | -- | 0,28562 | 0,49983 |
| T1 | 1,05541 | 2,88151 | 1,86052 |
| T2 | -6,75545 | -- | -3,48441 |
| T3 | -7,89710 | 0,20752 | -4,05003 |
| UH1 | 81,12762 | 34,21461 | 57,61754 |
| UH2 | 57,65414 | 19,64908 | 38,61698 |
| UH3 | -15,03380 | -10,24790 | -12,62288 |
| UH4 | -25,43460 | -14,35770 | -19,87104 |
| AA | -0,61443 | 2,40962 | 0,89769 |
| AB | -0,43448 | -1,26071 | -0,84715 |
| AC | -3,54918 | 1,52784 | -1,01096 |
| Inverno | - | - | 2,44926 |
| R ² | 0,849 | 0,643 | 0,691 |

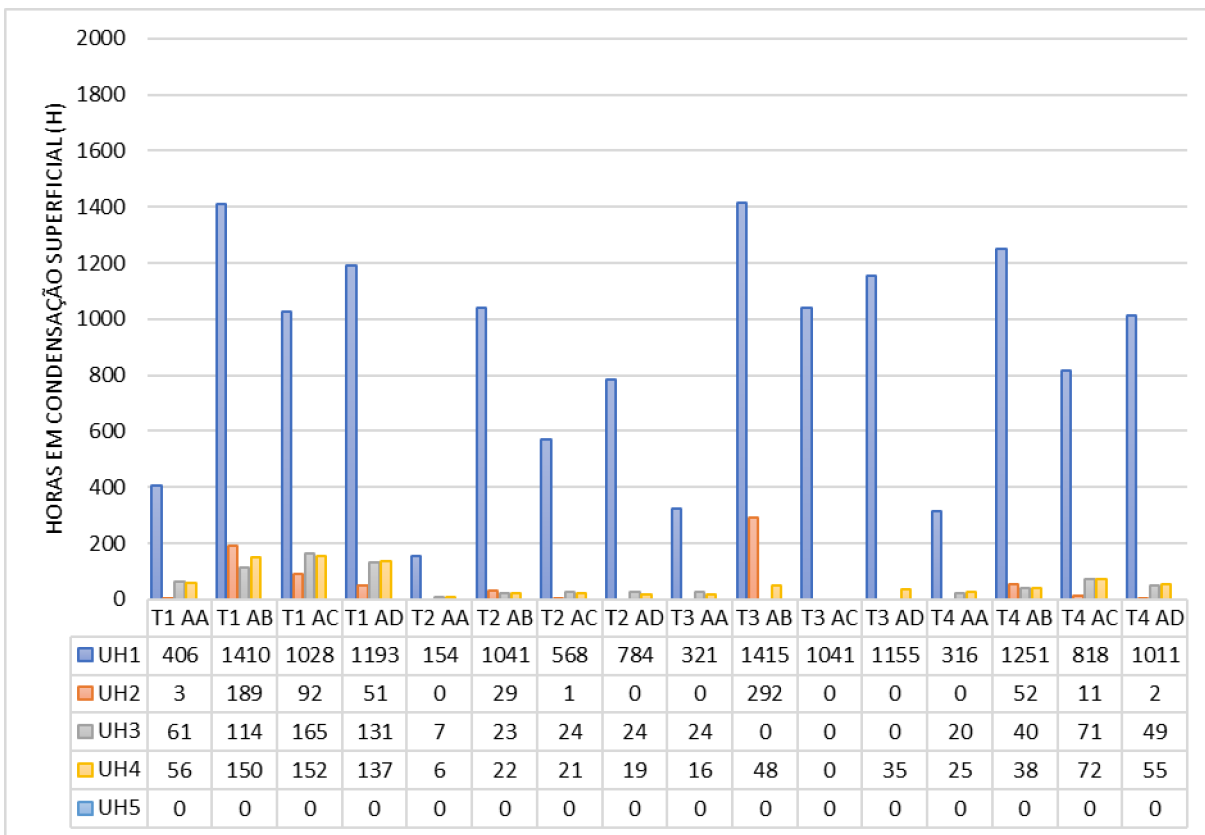
Fonte: elaborado pela autora

--: variável não incluída por não atingir o limite de significância.

De acordo com o esperado, quanto maior o volume do ambiente, menor vai ser a probabilidade de ele apresentar condensação, desta forma, a UH1 e UH2 apresentam um aumento na quantidade de umidade interna nos ambientes. As UH3 e UH4 apresentaram uma redução na umidade relativa interna se comparados com o UH5, assim como já verificado nas demais zonas bioclimáticas analisadas (Tabela 10).

Entretanto, conforme Figura 29, observa-se que apenas a UH5 não apresentou condensação superficial. As demais unidades habitacionais apresentaram horas em condensação que variam de acordo com o sistema construtivo. Todavia, quanto menor o volume do ambiente, maior a probabilidade deste apresentar mais condensação superficial. Estes valores corroboram com os dados das demais zonas bioclimáticas analisadas (itens 4.1 a 4.5).

Figura 29 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB6



Fonte: Elaborada pela autora

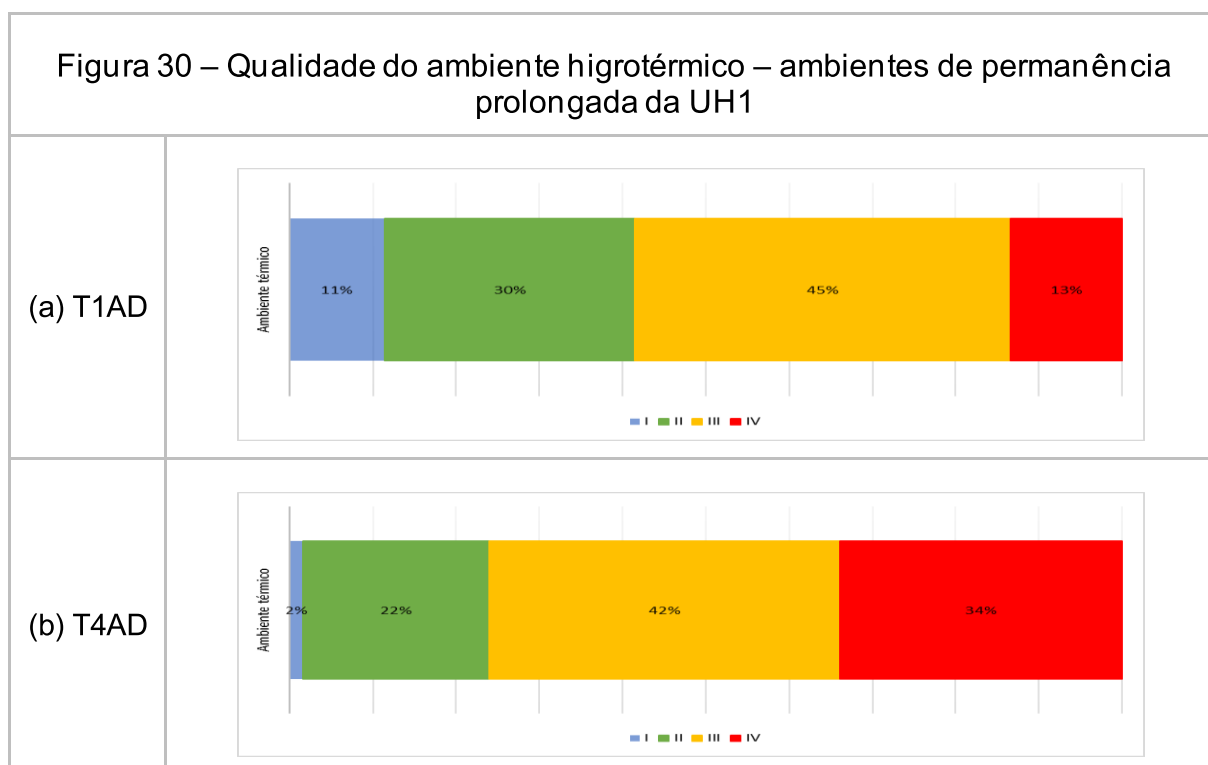
Relativo aos sistemas construtivos analisados, conforme Tabela 10, quando comparado com o sistema construtivo de drywall, há um aumento na umidade com sistema de blocos cerâmicos. Já os sistemas de paredes de concreto (T2) e de paredes de PVC preenchidas com concreto (T3), há uma pequena redução na umidade do ambiente.

Este resultado corrobora com a Figura 29, onde percebe-se que o sistema de paredes que apresentou alta condensação superficial foi o sistema T1, de blocos cerâmicos com revestimento interno em gesso. Enquanto o sistema de paredes de concreto (T2), o que apresentou menor quantidade de horas em condensação. Entretanto, neste clima, todos os sistemas construtivos analisados demonstraram maior quantidade de horas em condensação que as zonas bioclimáticas 1 a 5.

Em relação aos forros analisados, estes apresentam comportamento distinto no dia típico de verão e no dia típico de inverno. Quando analisados no verão, há uma redução da umidade comparado ao AD. Já no inverno, apenas o sistema AB apresenta uma redução da umidade, enquanto os demais possuem um aumento da

umidade dos ambientes. Contudo, no que tange a condensação superficial, o forro AB apresentou as maiores taxas de condensação, enquanto os tipos AA e AC apresentaram as menores taxas.

Na Figura 30 apresenta-se o desempenho higrotérmico da unidade habitacional UH1 nos ambientes de permanência prolongada.

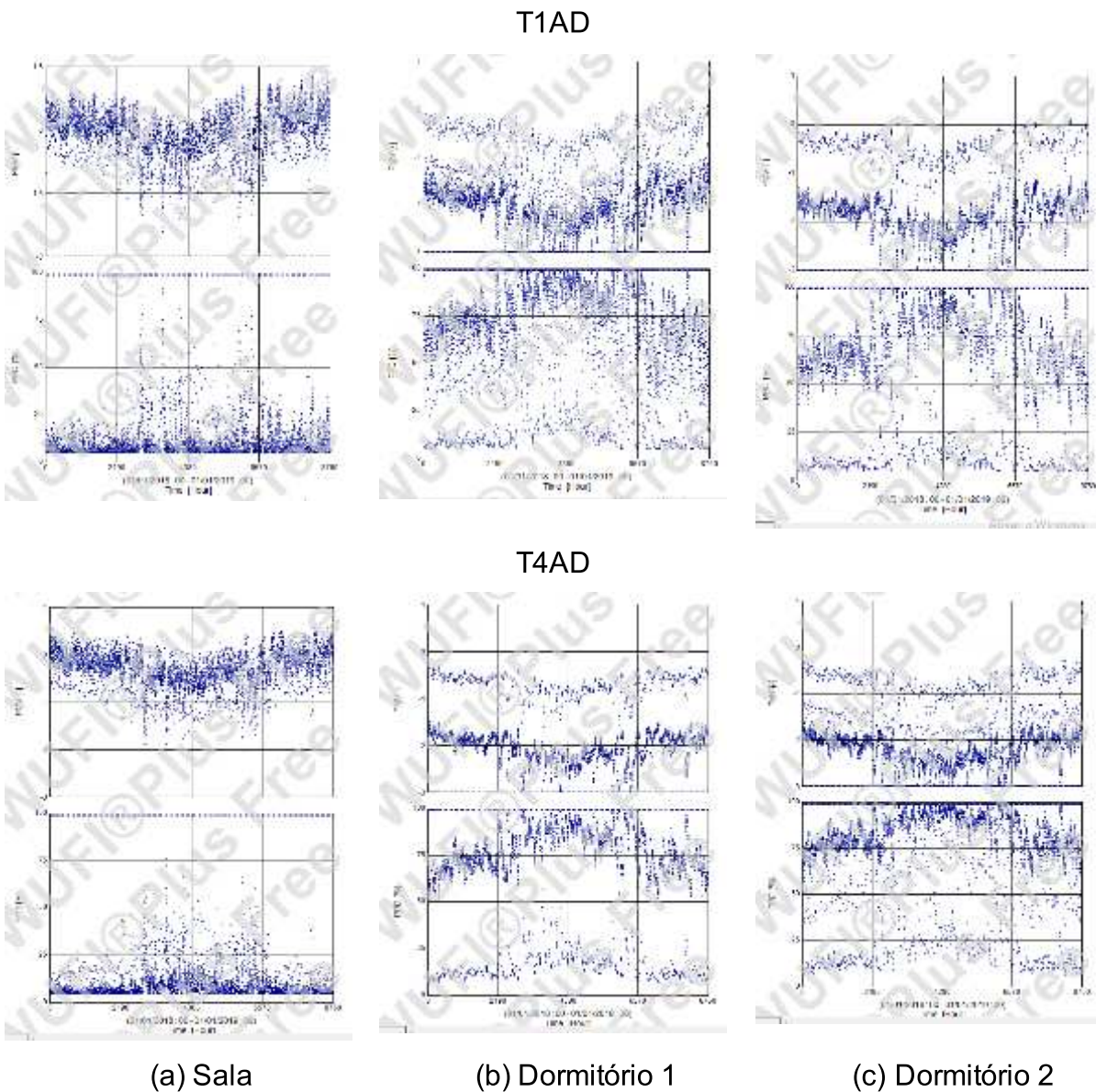


Fonte: Elaborada pela autora

Observa-se na Figura 30, que os ambientes de permanência prolongada possuem 41% do tempo em alto nível e nível normal de expectativa, para o conjunto de sistemas T1AD e 13% das horas fora do limite aceitável (categoria IV). Quando se utiliza o sistema T4AD, que possui maior resistência térmica, esta porcentagem decai para 24% de horas em alto nível e nível normal de expectativa enquanto o nível de desconforto é ampliado, em comparação ao sistema T1AD, 34%. O nível aceitável de conforto é similar nas duas situações, 45 e 42%, respectivamente, T1AD e T4AD.

O comportamento encontrado já era esperado, pois a parede T1 apresenta $2,063 \text{ W/m}^2\text{K}$, conforme é requerido para esta zona bioclimática, quando analisada a sua carta bioclimática, contudo nota-se que um sistema construtivo com uma inércia térmica mais alta apresenta uma redução do desempenho higrotérmico. Estes dados corroboram com os encontrados no cálculo de conforto térmico da ISO 7730 e apresentados na Figura 31.

Figura 31 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela Autora

4.7 ZONA BIOCLIMÁTICA 7

A ZB7 caracteriza-se por ser uma região de clima quente, com pouca variação ao longo do ano, onde as estações são definidas como de seca e de chuva, possui amplitude térmica em torno de 13°C, e umidade relativa do ar média de 70%. Observou-se que esta ZB apresentou maiores taxas de condensação do que as zonas bioclimáticas 1 a 6.

A influência do volume dos ambientes das unidades habitacionais (UH) e dos sistemas construtivos analisados neste estudo são apresentados na Tabela 11. Pode-se observar que tanto a temperatura externa quanto a umidade relativa do ar externa possuem uma influência de aumento na umidade relativa interna. Assim como foi encontrado para a radiação solar e ventilação.

Em relação aos tipos de unidades habitacionais avaliadas, segundo Tabela 11, conforme esperado, o aumento do volume da edificação reduz a umidade do ambiente. Os resultados observados, corroboram com a Figura 32, que apresenta a quantidade de horas que as faces de superfícies de paredes, pisos e forros apresentaram condensação superficial nos ambientes de permanência prolongada das unidades habitacionais analisadas. Das UHs analisadas, a UH1 apresentou maior taxa de condensação superficial nos ambientes e a UH5 a menor taxa.

Tabela 11 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB7

| | Dias típicos – verão ** | Dias típicos – inverno ** | Dias típicos – ambos ** |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Interseção | -37,392877 | -20,990914 | -48,077687 |
| Temperatura externa | -0,270289 | 0,813343 | 0,873706 |
| UR externa | 0,343091 | 0,333401 | 0,411553 |
| Radiação solar | 0,013876 | 0,003217 | 0,001897 |
| Ventilação | 0,653353 | 0,336796 | 0,456624 |
| T1 | -- | 3,299418 | 1,365484 |
| T2 | -8,301104 | -3,237063 | -5,789610 |
| T3 | -9,265319 | -4,257064 | -6,737762 |
| UH1 | 77,962000 | 41,508706 | 56,017418 |
| UH2 | 56,422672 | 28,799620 | 40,240604 |
| UH3 | -11,364785 | -8,484883 | -8,682848 |
| UH4 | -22,009062 | -14,836832 | -16,735151 |
| AA | -2,021727 | 1,682748 | -- |
| AB | -0,831565 | -2,056909 | -1,339023 |
| AC | -5,113310 | -0,668284 | -2,853760 |
| Inverno | - | - | 4,921605 |
| R ² | 0,825 | 0,762 | 0,680 |

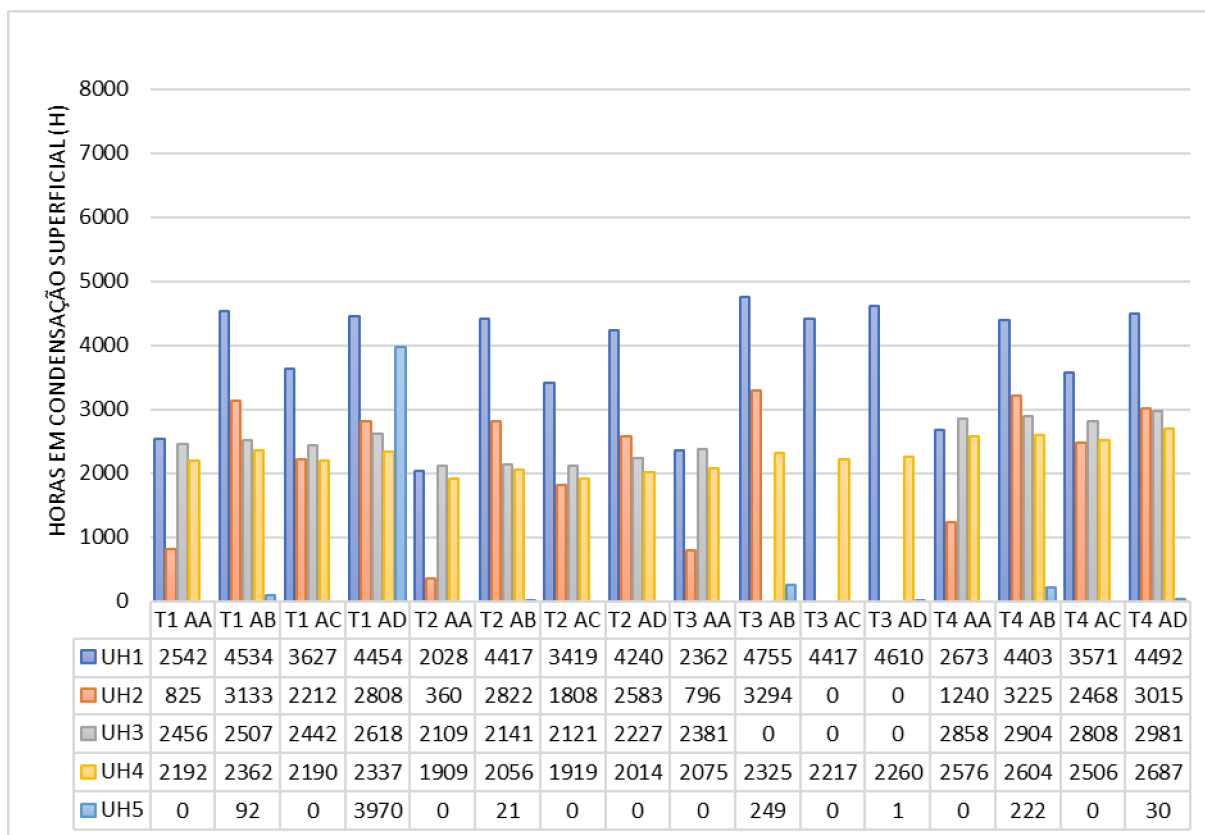
Fonte: Elaborada pela autora

--: variável não incluída por não atingir o limite de significância.

Ainda conforme Tabela 11, observa-se que relativo aos sistemas construtivos de paredes quando comparados ao T4 (paredes de drywall), o sistema T1 (paredes de blocos cerâmicos) apresentam maior quantidade de umidade, ao passo que os demais apresentam uma redução da umidade. Ao observar-se a Figura 32, percebe-se que os sistemas de paredes apresentaram horas de condensação superficial similares, sendo provável que a principal fonte de condensação superficial foi apresentada pelos sistemas de forros.

O comportamento dos sistemas de forro quando comparados ao sistema AD apresentaram redução da umidade, sendo que apenas o sistema AA apresentou aumento desta umidade no dia típico de inverno (Tabela 11). Conforme Figura 32, relativo ao comportamento do forro, os forros AB e AD apresentaram comportamento semelhante, com as mais altas taxas de condensação superficial neste clima, enquanto que o sistema AA apresentou as menores. Isto reforça a informação que a principal fonte de condensação superficial foi apresentada pelos sistemas de forro.

Figura 32 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB7



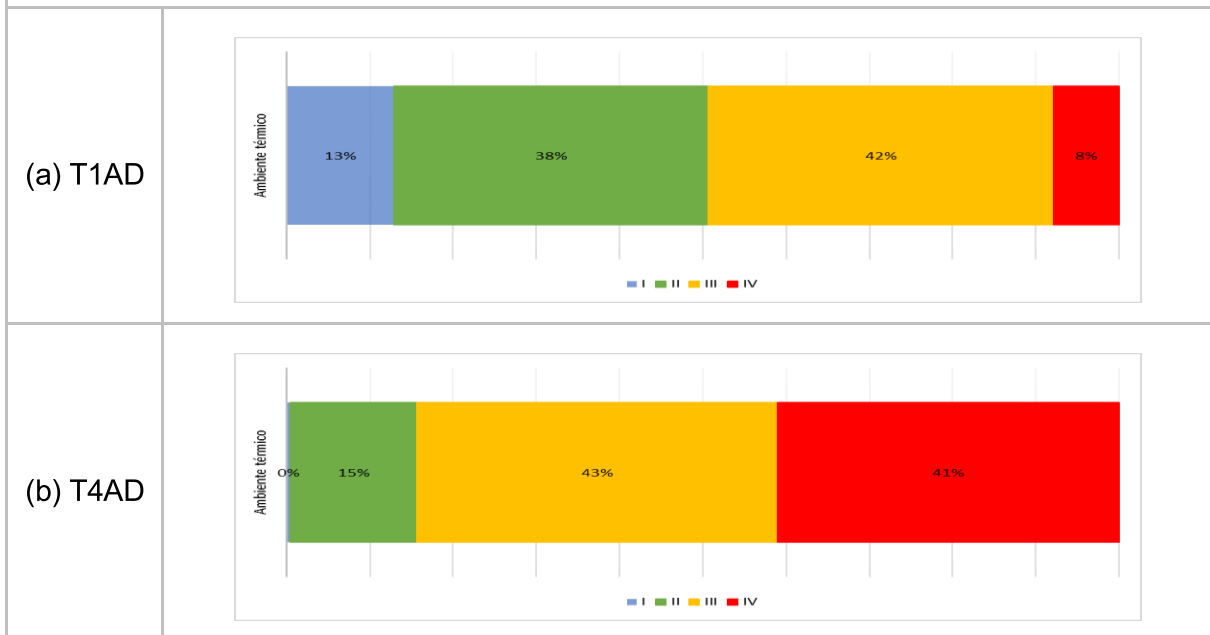
Fonte: Elaborada pela autora

Por fim, analisou-se o desempenho higrotérmico da unidade habitacional que apresentou a maior possibilidade de condensação, UH1, em dois sistemas construtivos diferentes, visto que os demais apresentam resultados muito próximos.

Conforme Figura 33, os ambientes de permanência prolongada possuem 51% do tempo em alto nível e nível normal de expectativa. Quando utilizando sistemas com maior resistência térmica, esta porcentagem reduz para 15%. O nível aceitável de desempenho é similar nas duas situações, 42 e 43%, respectivamente, T1AD e T4AD.

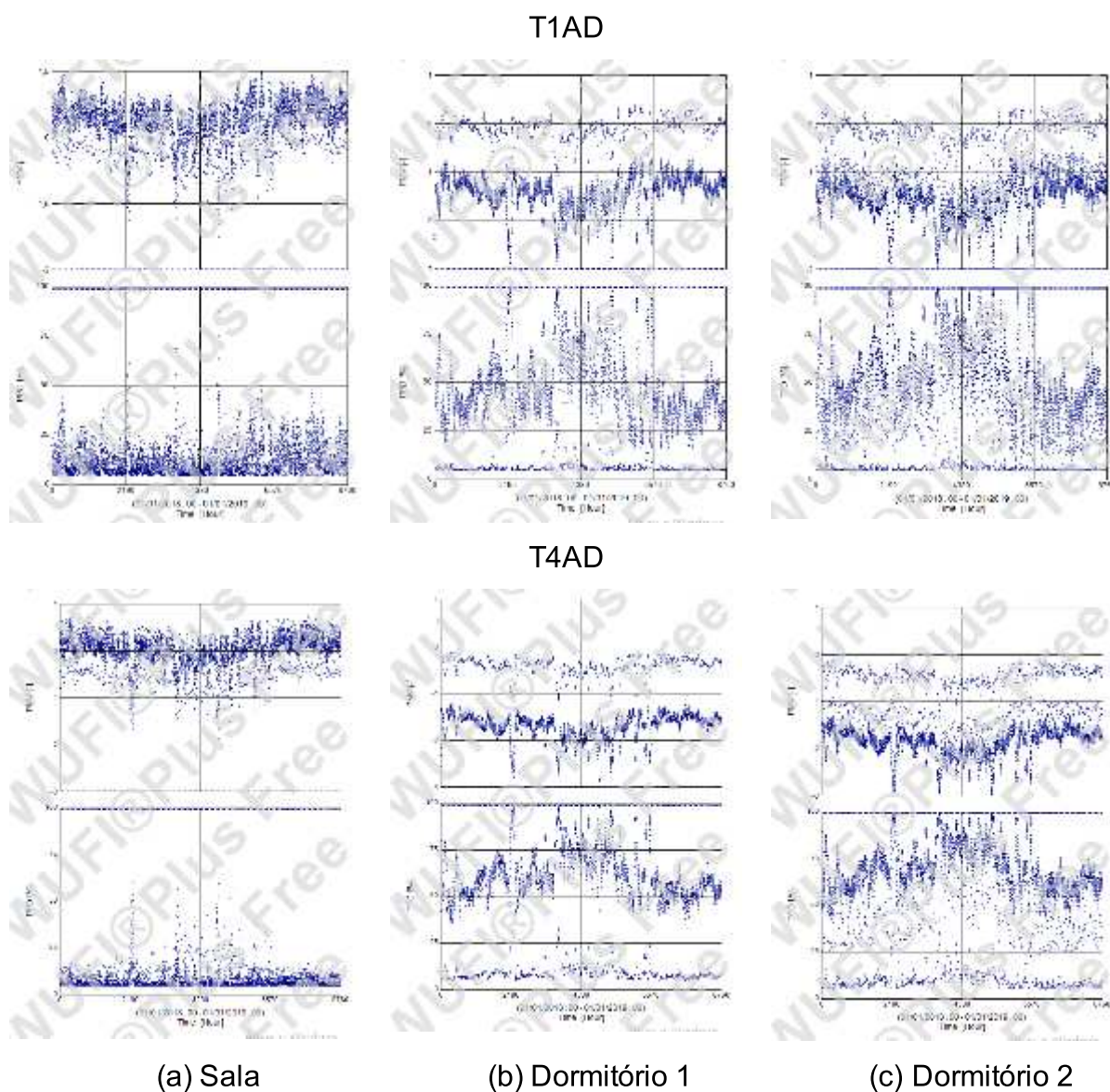
Com o uso de paredes com maior resistência térmica, há a uma ampliação da categoria IV, apresentando valores inaceitáveis de horas na categoria IV (41%). Na Figura 34 apresenta-se os resultados de desempenho higrotérmico conforme a ISO 7730, onde observa-se que os resultados comprovam os aqui apresentados.

Figura 33 – Qualidade do ambiente higrotérmico – ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 34 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela Autora

4.8 ZONA BIOCLIMÁTICA 8

A ZB7 caracteriza-se por ser uma região de clima quente úmido, com pouca variação ao longo do ano, possui amplitude térmica em torno de 8°C, e umidade relativa do ar média de 80%.

Na Tabela 12 apresenta-se a influência dos tipos de UH e sistemas construtivos na umidade dos ambientes. Conforme resultados obtidos, a UR externa, radiação solar e ventilação ampliam a umidade interna da edificação, tanto no dia típico de verão como no dia típico de inverno. Já a temperatura externa tem

comportamento díspar, no dia típico de verão quanto maior a temperatura, menor a umidade interna, já no inverno, esta apresenta um pequeno aumento quanto maior for a temperatura externa.

Quanto ao tipo de unidade habitacional, as que possuem menor volume (UH1 e UH2) apresentam maior probabilidade de umidade do que as que apresentam volume de ar acima de 31m² (Tabela 12). Acima deste volume, houve uma redução da umidade da UH4 quando comparada a UH5. Observa-se na Figura 35, todos os tipos de unidades habitacionais analisadas apresentam condensação superficial, e esta teve uma média de 75% das horas do ano, contudo, foi maior quanto menor é o volume da edificação.

Tabela 12 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes - ZB8

| | Dias típicos – verão ** | Dias típicos – inverno ** | Dias típicos – ambos ** |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Interseção | -11,964700 | -35,141500 | -26,722100 |
| Temperatura externa | -0,857820 | 0,087624 | -0,243210 |
| UR externa | 0,199385 | 0,304398 | 0,295569 |
| Radiação solar | 0,008415 | 0,005050 | 0,007199 |
| Ventilação | 0,730715 | 0,690204 | 0,660997 |
| T1 | -0,912350 | -- | -0,752620 |
| T2 | -7,761740 | -4,387110 | -6,091010 |
| T3 | -8,474300 | -4,140540 | -6,266490 |
| UH1 | 80,474910 | 72,677060 | 71,738320 |
| UH2 | 61,205910 | 52,882880 | 53,936670 |
| UH3 | -12,959200 | -15,398700 | -12,632900 |
| UH4 | -23,669500 | -24,234700 | -21,842500 |
| AA | -2,293210 | -1,362000 | -1,788950 |
| AB | -- | 0,657639 | 0,421077 |
| AC | -4,701287 | -2,594590 | -3,690190 |
| Inverno | - | - | 3,748073 |
| R ² | 0,859 | 0,735 | 0,846 |

Fonte: Elaborada pela autora

--: variável não incluída por não atingir o limite de significância.

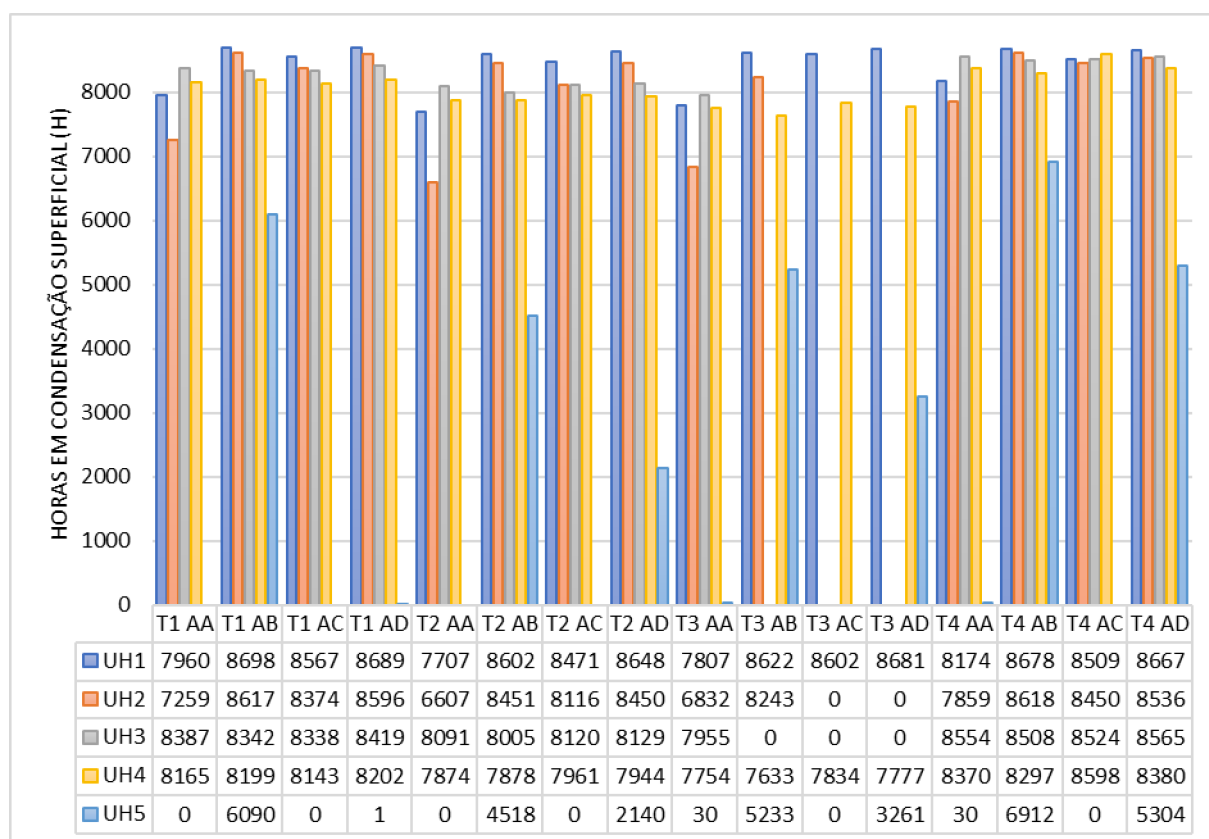
Conforme observa-se na Figura 35, cinco sistemas apresentaram falha ao computar a condensação superficial, sendo que estes ocorreram na UH2 (T3AC e T3AD) e na UH3 (T3AB, T3AC e T3AD).

A Tabela 12 também apresenta o comportamento dos sistemas construtivos de parede em comparação com o sistema T4. Verifica-se que todos apresentam redução da umidade quando comparado a este sistema. Segundo Figura 35, os

sistemas de paredes se comportaram de forma similar, quando excluindo os valores que apresentaram erro. Contudo, há um aumento das horas de condensação com a utilização de sistemas com maior resistência térmica, mas a diferença apresentada entre sistemas foi baixa, de no máximo 3%.

Assim como ocorre nos sistemas de parede, os sistemas de forro também apresentam comportamento semelhante, com redução da umidade quando comparados ao sistema AD, com exceção do sistema AB, que apresenta um aumento da umidade (Tabela 12). O sistema que apresentou maior horas em condensação superficial, igualmente as paredes, foi o sistema de drywall, com maior resistência térmica entre os analisados (Figura 35).

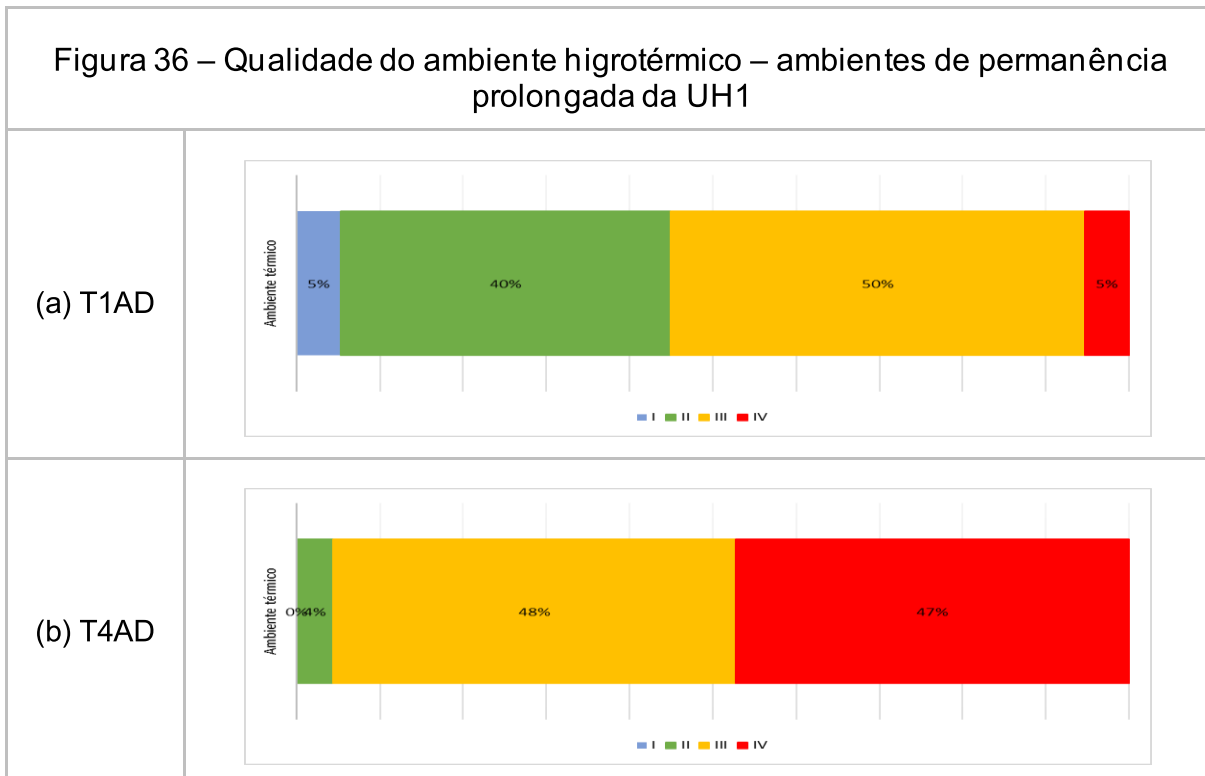
Figura 35 – Quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada – ZB8



Fonte: Elaborada pela autora

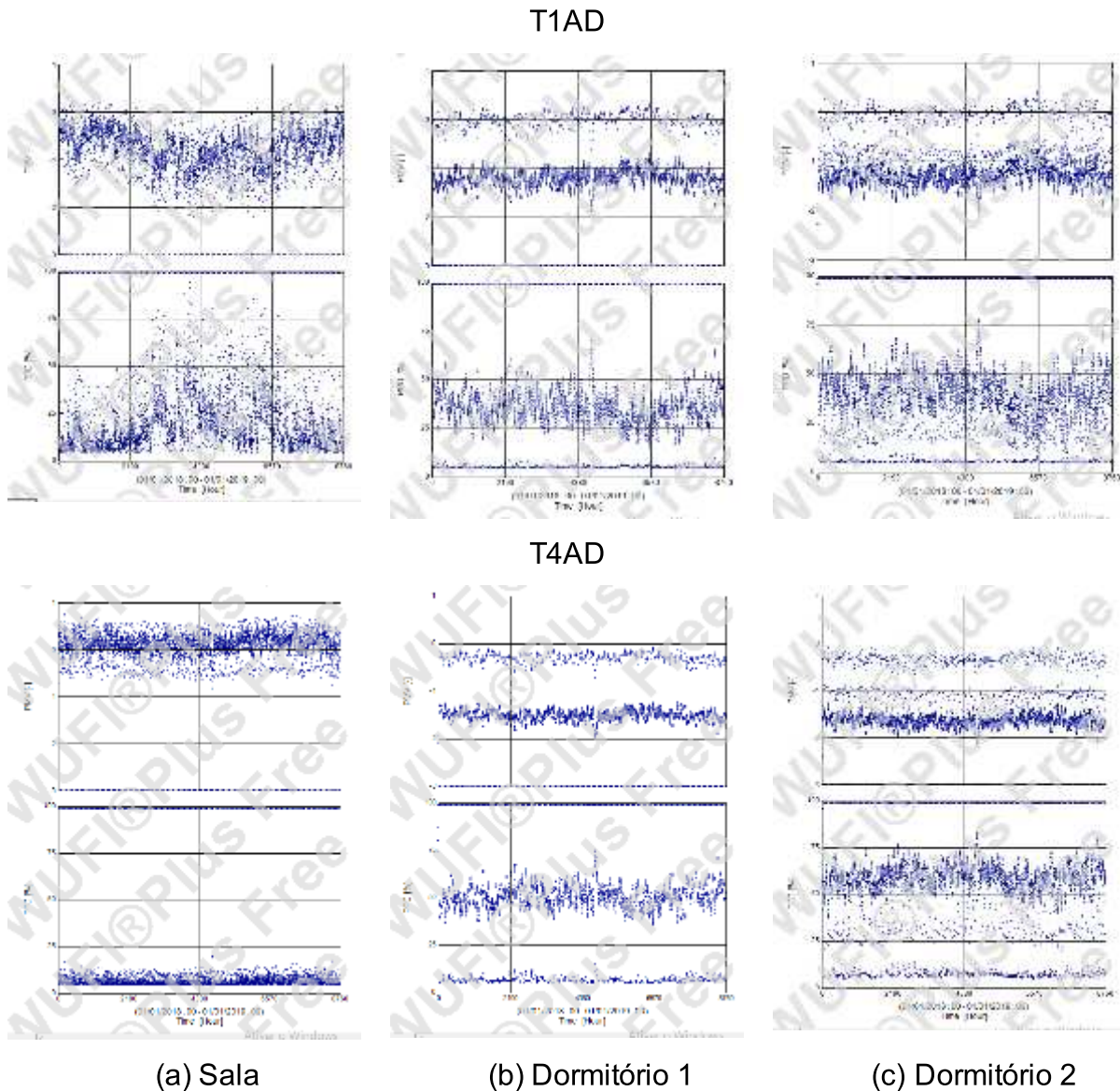
A qualidade do ambiente higrotérmico dos ambientes de permanência prolongada da UH1 são apresentados na Figura 36. Observa-se que os ambientes de permanência prolongada possuem 45% do tempo em alto nível e nível normal de expectativa, para o conjunto de sistemas T1AD e 5% das horas fora do limite aceitável para esta norma.

Quando se utiliza o sistema T4AD (Figura 36), que possui maior resistência térmica, esta porcentagem reduz para 14% de horas em alto nível e nível normal de expectativa ao passo que o nível de desconforto é ampliado, em comparação ao sistema T1AD, para 47%. O nível aceitável de conforto é similar nas duas situações, 50 e 48%, respectivamente, T1AD e T4AD. Estes dados corroboram com os encontrados no cálculo de conforto térmico da ISO 7730 e apresentados na Figura 37.



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 37 – PMV (gráfico superior) e PPD (gráfico inferior, em %) dos ambientes de permanência prolongada da UH1



Fonte: Elaborada pela Autora

4.9 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Neste item expõem-se a análise dos dados obtidos nas simulações de forma a realizar o fechamento do capítulo. Ainda, compara-se os dados encontrados relativos ao comportamento dos sistemas construtivos nas zonas bioclimáticas diferentes. Desta forma, apresenta-se na Tabela 13 a síntese das respostas encontradas para as cidades representantes das zonas bioclimáticas analisadas.

Conforme Tabela 13, o aumento da temperatura externa provoca um aumento da umidade interna em todas as zonas bioclimáticas exceto na ZB8, em que o

aumento da temperatura ocasiona uma redução da umidade. Da mesma forma, o aumento da umidade externa, a radiação solar e a ventilação destes ambientes também causam o aumento da umidade interna das edificações. Em relação a umidade do ar durante o inverno, ela é menor que no verão em apenas três cidades analisadas, representativas das ZB1, ZB2 e ZB3 (Tabela 13).

Este mesmo comportamento já foi verificado em outros climas, onde a temperatura e ventilação ocasionou na ampliação do desconforto, com o aumento da umidade absoluta interna. (HAGENTOFT; KALAGASIDIS, 2016; SANCHO SALAS, 2017; YOU *et al.*, 2017; MØLLER; MORELLI; HANSEN, 2019).

Tabela 13 – Síntese da resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes – dias típicos de verão e inverno

| | ZB1 | ZB2 | ZB3 | ZB4 | ZB5 | ZB6 | ZB7 | ZB8 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Interseção | -21,515 | -32,383 | -52,887 | -62,472 | -70,809 | -41,659 | -48,078 | -26,722 |
| Temp. externa | 1,078 | 0,170 | 0,697 | 0,226 | 0,313 | 0,389 | 0,874 | -0,243 |
| UR externa | 0,386 | 0,203 | 0,451 | 0,334 | 0,389 | 0,445 | 0,411 | 0,296 |
| Rad. solar | -- | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,002 | 0,007 |
| Ventilação | 0,298 | 0,548 | 0,513 | 0,601 | 0,708 | 0,500 | 0,457 | 0,661 |
| T1 | 3,793 | 5,084 | 3,352 | 3,076 | 3,699 | 1,860 | 1,365 | -0,753 |
| T2 | 0,720 | 1,365 | -0,835 | -1,579 | -2,607 | -3,484 | -5,790 | -6,091 |
| T3 | 1,003 | 0,706 | -1,622 | -2,092 | -3,866 | -4,050 | -6,738 | -6,266 |
| UH1 | 35,552 | 60,847 | 59,113 | 68,596 | 79,139 | 57,617 | 56,017 | 71,738 |
| UH2 | 21,818 | 36,104 | 36,881 | 43,477 | 52,624 | 38,617 | 40,241 | 53,937 |
| UH3 | -8,894 | -16,839 | -14,062 | -15,726 | -17,462 | -12,623 | -8,683 | -12,633 |
| UH4 | -13,440 | -24,253 | -21,377 | -24,351 | -28,348 | -19,871 | -16,735 | -21,842 |
| AA | 2,451 | 2,152 | 1,261 | 0,681 | 0,671 | 0,898 | -- | -1,790 |
| AB | -0,721 | -0,608 | -0,440 | -0,585 | -0,775 | -0,847 | -1,339 | 0,421 |
| AC | 0,332 | 0,629 | -- | -0,991 | -1,178 | -1,011 | -2,854 | -3,690 |
| Inverno | -5,167 | -12,762 | -4,102 | 7,571 | 3,625 | 2,449 | 4,922 | 3,748 |
| R ² | 0,823 | 0,786 | 0,754 | 0,902 | 0,775 | 0,691 | 0,680 | 0,846 |

Fonte: Elaborada pela autora

--: variável não incluída por não atingir o limite de significância definido.

Duarte (2010), Møller e De Place Hansen (2017) Pérez (2016), Pinto, Viegas e Freitas (2017) e Vasile *et al.* (2016) concluíram que, em relação ao parâmetro de ventilação, este é essencial para reduzir o risco de condensações, quando a umidade absoluta no ambiente for abaixo de 600 g/h, já que acima deste valor a ventilação pode potencializar o fenômeno. Conforme Lamberts, Dutra e Pereira (2014) a ventilação natural é recomendada para temperaturas entre 20°C a 32°C, e que quando a umidade relativa do ar estiver com valores acima de 75%, esta deve ser evitada a partir dos 27°C.

Os coeficientes de regressão (R^2) calculados estão no intervalo 0,680 a 0,902 (Tabela 13). Esse coeficiente indica o grau de explicação da variável dependente (Umidade) proporcionado pelo conjunto de variáveis explicativas, incluídas em cada um dos modelos. No caso, os resultados indicam que os modelos explicam entre 68% a 90% das variações de umidade calculados para as situações analisadas, o que pode ser considerado um bom resultado, tendo em vista que se trata de estudo exploratório.

Neste estudo, a simulação ocorreu com ventilação natural com taxa de uma renovação de ar por hora, com 1,40 l/s/m², permitindo que a ventilação ocorresse mesmo quando fora da faixa recomendada. As fontes de umidade nas edificações eram os banheiros e cozinha, em mesma quantidade todos os tipos de unidade habitacional. Outra fonte de umidade são os usuários, que ampliam conforme a quantidade de quartos disponíveis na edificação (um a mais a cada dormitório extra).

O clima da cidade de Manaus, representativa da ZB8, é quente e úmido, e para promover o conforto térmico neste clima é necessário fazer o sombreamento das janelas e ventilação diurna e noturna. Como as modelagens foram idênticas em todas as zonas bioclimáticas analisadas, possivelmente esta quantidade de condensação apresentada nesta zona bioclimática, é decorrente da baixa ventilação ou da falta de sombreamento das superfícies transparentes ou da ventilação em faixas de temperatura acima da recomendada pela Carta Bioclimática, conforme pontuam Lamberts, Dutra e Pereira (2014). Entretanto, optou-se por seguir desta maneira devido a ABNT NBR 15575:2013 que também requer ventilação padrão e não sombreamento das janelas, quando o projeto arquitetônico permite.

Ainda segundo Tabela 13, as edificações que possuem os menores volumes de ambientes (UH1 e UH2) foram as únicas a apresentarem um aumento da umidade interna em relação a UH5, que possui o maior volume de ambientes analisado. Este dado confirma os resultados encontrados para a condensação superficial.

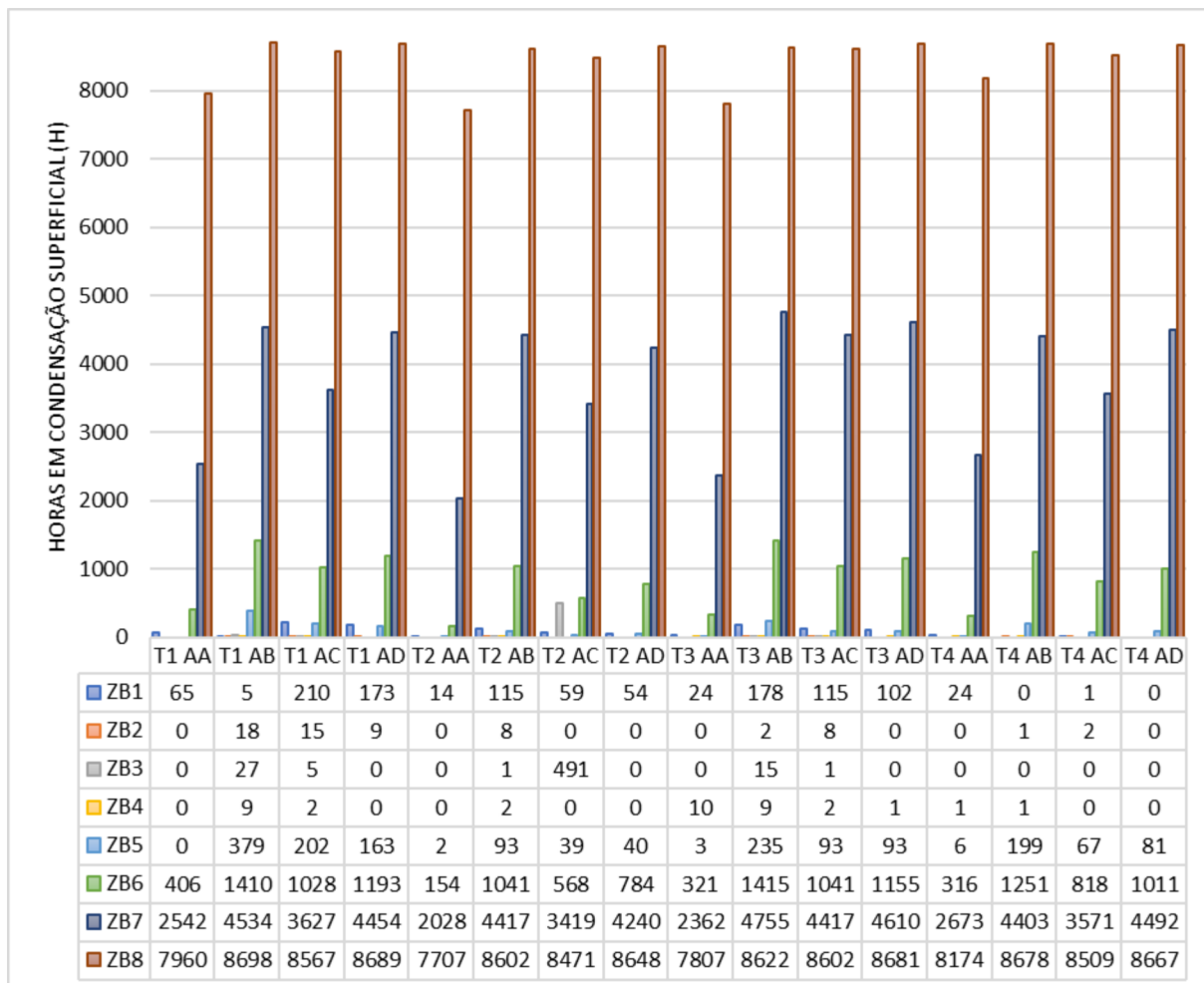
A Figura 38 apresenta a síntese da condensação superficial para a UH1, em todas as cidades representantes das ZBs estudadas. Observa-se que os climas que apresentam maior taxa de condensação foram os que possuem clima quente úmido com pouca variação durante o ano (ZB6, ZB7 e ZB8).

Enquanto as ZB1 a ZB5 apresentaram no máximo 5,60% das horas do ano em condensação superficial, enquanto a ZB6 apresentou 16,15%, a ZB7 54,28% e a ZB8 99,30% das horas do ano em condensação superficial. Desta forma, as zonas

bioclimáticas ZB1 e ZB2 tiveram comportamento (em tempo médio de condensação superficial) parecidos, assim como as zonas ZB3 e ZB4, ZB 5 e ZB6, e ZB7 e ZB8.

O impacto deste tipo de clima, quente úmido, na condensação superficial também foi verificado por Fang, Chen e Wu (2020) Schnieders, Feist e Rongen (2015) e You *et al.* (2017). Segundo Duarte (2010), caso a temperatura interna seja no mínimo 6°C mais alta que a externa, há um baixo risco de condensação, o que de fato não ocorre nestes climas.

Figura 38 – Síntese da quantidade máxima de horas com condensação superficial nas faces dos sistemas construtivos dos ambientes de permanência prolongada da UH1 – ZB1 a ZB8



Fonte: Elaborada pela autora

A edificação com menor volume de ar apresentou as maiores quantidades de horas em condensação, em todos os tipos de sistemas construtivos analisados e em todos os climas estudados. Contudo, as ZB7 e ZB8 apresentaram aumento da condensação externa em todos os tipos de edificações estudados. Este

comportamento já era evidenciado em ABCB (2014) e Martínez, Sarmiento e Urquieta (2005).

Uma possibilidade é a baixa quantidade de ventilação utilizada, conforme anteriormente citado. Complementarmente, nestes climas o sistema que apresentou maior condensação superficial, foi o de pisos, idênticos em todos as análises. Portanto, maiores estudos em ambos climas são necessários para que se possa averiguar tal ocorrência, além das formas de solucioná-las.

A escolha por unidades unifamiliares levou em consideração que há maior transmissão de umidade próximo ao solo, o que ocorreu principalmente nos climas quentes e úmidos, onde a influência da umidade do piso é maior que das paredes e forro.

Já o comportamento dos sistemas construtivos analisados foi variável, conforme observa-se na Tabela 13. Em relação as paredes, o sistema construtivo de blocos cerâmicos (T1) apresentou maior umidade que o sistema T4, em 7 das oito zonas bioclimáticas analisadas. Apenas na ZB8 que este sistema apresentou redução da umidade quando comparado ao T4. Já os sistemas T2 (paredes de concreto) e T3 (paredes de PVC preenchidos com concreto) apresentaram comportamento semelhante no que tange a umidade, em comparação com o sistema T4. Ambos sistemas apresentaram um aumento da umidade na ZB1 e ZB2, enquanto nos demais climas estes sistemas apresentaram uma redução da umidade.

Já o comportamento das paredes, segundo a Figura 38, percebe-se que apesar da diferença de resistências térmicas, o comportamento dos tipos T1 ($0,225 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) e T3 ($0,059 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) foram muito similares, apresentando as maiores quantidades de horas em condensação em todas as ZBs simuladas, exceto na ZB8, em que o sistema T4 apresentou maior condensação superficial. O comportamento apresentado pelos sistemas T1 e T4 confirmam ao encontrado na Tabela 13, contudo, o sistema T3 apresentou um comportamento mais similar ao T1 que ao T2, como se supunha com o estudo apresentado na tabela.

Relativo ao comportamento do sistema T1 (blocos cerâmicos), que apresentou as maiores quantidades de umidade e de condensação superficial, conforme Freitas e Pinto (1998) os espaços de ar no interior dos elementos construtivos pode ocasionar na acumulação de umidade, ampliando a condensação intersticial e, por consequência, na condensação superficial.

Neste trabalho observou-se que apesar da condensação intersticial (calculada pelo software utilizado) e da condensação superficial reduzirem a resistência térmica dos sistemas construtivos de paredes, esta redução não impactou o desempenho higrotérmico calculado, a ponto deste sofrer reduções significativas. Ainda, observou-se que a resistência térmica teve impacto na taxa de condensação superficial, mas o comportamento de transmissão e absorção de umidade dos sistemas construtivos foi maior. Desta forma, materiais como gesso acartonado e argamassa apresentaram um comportamento de umidade similar aos materiais com baixa resistência térmica. Este fato só não ocorreu quando com uso de alta inércia térmica, representada pelo sistema T4, exceto na ZB8, em que este sistema apresentou maior quantidade de horas em condensação.

A Tabela 13 apresenta também o comportamento dos forros, onde verifica-se que os forros AA (forro de gesso) e AC (forro de *steel-deck*) apresentaram comportamento inverso ao forro AB (forro de PVC). Os primeiros apresentam uma ampliação da umidade interna quando comparados ao sistema AD (laje de concreto), exceto na ZB8, onde apresentam uma redução. Já no sistema AB observa-se uma redução da umidade exceto no clima da ZB8, quando comparado ao sistema AD. Segundo Figura 38, o comportamento dos forros variou conforme as condições climáticas, assim, a ZB1 a ZB4 o sistema AC apresentou a maior quantidade de condensação superficial, enquanto nos demais (ZB5 a ZB8) o sistema AB apresentou esta característica.

Apesar de ser impermeável e com baixa resistência térmica, os sistemas com uso de PVC não apresentaram maiores horas em condensação que os demais sistemas construtivos. Provavelmente, a absorção e transmissão de umidade intersticial, que propagou a umidade externa, de banheiros e cozinha nos demais ambientes fez com que outros sistemas com maior resistência térmica, mas maior absorção e transmissão de umidade apresentassem comportamento similar ao PVC.

Conforme as propriedades de permeabilidade ao vapor dos elementos construtivos que o vapor atravessa, a difusão acontece com maior ou menor resistência. (BARREIRA *et al.*, 2013; PINHEIRO, 2013). Como a condensação intersticial faz com que a resistência térmica dos sistemas construtivos seja reduzida e sua condutividade térmica aumentada, pode gerar ou aumentar o aparecimento de condensações superficiais. (KÜNZEL; HOLM, 2009).

O comportamento encontrado da ZB4 a ZB8 pode-se considerar como esperado, pois, a parede T1 apresenta 2,063 W/m²K, conforme é requerido para

esta zona bioclimática, quando analisada a sua carta bioclimática, contudo nota-se que um sistema construtivo com uma inércia térmica mais alta apresenta uma redução do desempenho higrotérmico.

Ainda, por apresentar poucas horas em condensação superficial, as ZB1 a ZB5 (Figura 38) demonstram que não há acumulação de umidade intersticial nos sistemas construtivos analisados, pois todo o material condensado na superfície evapora. Nas ZB7 e ZB8, principalmente nesta última, é provável que a condensação superficial não chega de fato a evaporar, portanto, estes climas apresentaram excessivas horas em condensação superficial.

Por fim, em relação ao desempenho higrotérmico, apesar do comportamento de condensação superficial e maior quantidade de umidade presente nos ambientes das ZBs que apresentam clima quente e úmido, houve um aumento do conforto nestes climas, comparando-os com os demais climas analisados. Ainda, a ampliação da condensação superficial só mostrou impacto no desempenho higrotérmico quando nas ZB1, ZB2 e ZB3, mas é mais provável que tal fato tenha ocorrido pela resistência térmica do conjunto do que pela redução da condensação superficial e umidade relativa interna.

Legros *et al.* (2020) também percebeu uma redução da temperatura da face das paredes e forros no verão, o que leva a uma maior condensação superficial nos ambientes neste clima. Já que o clima quente e úmido limita o potencial de evaporação. (ABCB, 2014).

Não é possível fazer comparações de resultados entre os resultados do software utilizado (WUFI® Plus) e outros softwares frequentemente utilizados para a verificação de desempenhos térmicos, como o EnergyPlus, por exemplo. Já que o primeiro não realiza a análise de inércia térmica e o segundo não avalia a transmissão de umidade externa, interna e intersticial.

Deve-se levar em consideração que as atuais ferramentas de simulação, incluindo o WUFI® Plus, não consideram os efeitos de calor e umidade causados pela convecção do ar através e dentro dos componentes do edifício. (ANTON, 2008)

Ressalta-se que a modelagem das unidades habitacionais utilizadas foi a mesma, com operador único, apenas modificando o tipo de sistema construtivo e o tipo de clima. Desta forma, imprecisões acidentais são repetidas em todas as simulações e a comparação entre eles não se comporta de forma aleatória.

A condensação é dependente de múltiplos fatores diretos e indiretos que a influenciam e que podem induzir ou reduzir o fenômeno, tais como a ventilação,

produção de vapor de água e sistemas construtivos com resistência térmica alta ou resistência térmica baixa (DUARTE, 2010), além do projeto e sistemas construtivos que possuem pontes térmicas e alta estanqueidade ao ar. Assim sendo, o controle deste fenômeno apresenta dificuldades, por ser resultado de uma má escolha de sistema construtivo ou mau uso da edificação, como a falta de ventilação. (CUNHA, 2009).

4.10 PROPOSIÇÃO DE ROTEIRO AVALIATIVO

Conforme verificado na bibliografia, apesar de alguns autores considerarem que a umidade relativa do ar deveria ficar abaixo de 60%, a umidade relativa do ar interna da edificação possui pouco impacto na proliferação de microrganismos. No entanto, pode reduzir a qualidade do ar dos ambientes, já que pode ampliar as concentrações de formaldeído, ácido sulfúrico e dióxido de nitrogênio do ar. (EMERY *et al.*, 2019; INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2004; WHO, 2009).

Todos os ambientes analisados, em todas as zonas bioclimáticas estudadas apresentaram mais de 90% do tempo com umidade relativa do ar acima de 60%. A exceção é Brasília, que não apresenta quantidade excessiva de tempo com esta umidade relativa do ar por conta do clima quente e seco. Desta forma, considera-se que uma UR abaixo de 60% no Brasil não é possível sem a utilização de desumidificadores mecânicos, por conta do clima externo. Comprovou-se também neste estudo que fator não é determinante na condensação superficial, já que os climas que apresentaram muitas horas com esta condensação foram apenas os das cidades representativas das ZB6, ZB7 e ZB8.

Assim, uma normativa nacional sobre o tema deveria propor limites de condensação superficial máxima, que possibilite o baixo crescimento de microrganismos, ampliando a saúde dos usuários, e que aumente a vida útil da edificação, reduzindo as manifestações patológicas que advém de uma alta taxa de condensação superficial.

Em vista do contexto exposto neste trabalho e baseado em normas nacionais e internacionais, propõem-se os elementos necessários para uma normativa nacional sobre desempenho higrotérmico de edificações residenciais (Quadro 5). Não são sugeridos limites quantitativos neste estudo, devido à pequena quantidade de dados nacionais sobre o assunto.

Toda análise de projeto envolve uma determinação de probabilidade, e os dados inseridos no programa devem ser os mais adequados possível e próximos da realidade para que os resultados sejam válidos. Contudo, na prática há poucos dados disponíveis, tanto relativos aos sistemas construtivos, quanto aos dados de entrada, como, por exemplo, geração de umidade por pessoas. Desta forma, parte dos dados utilizados para esta análise e informadas no Quadro 5 são de normas internacionais, enquanto não houver dados nacionais para uso. Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de um modelo de referência para comparação de resultados, como ocorre no Regulamento do Selo Procel Edifica.

Quadro 5 – Elementos e critérios sugeridos para desenvolver a norma higrotérmica brasileira

| Elemento | Critérios |
|---|---|
| Tipo de análise | Desempenho higrotérmico da envoltória |
| Características de programas de simulação computacional | Softwares que permitam simulação numérica para análise de calor, umidade e vapor de água (HAM) através de métodos de regime não estacionário e validado |
| Cargas externas | Considerar o arquivo climático mais recente, em TRY ou TMY, com valores horários representativos do total de horas do ano |
| Modelagem | O modelo deve possuir as características de composições de sistemas construtivos e geométricas da edificação a ser analisada, sendo modelada como um todo, com cada ambiente de permanência prolongada como uma zona térmica. Os ambientes de permanência transitória podem ser calculados como zonas anexadas (apenas influenciam a umidade e temperatura das zonas térmicas analisadas) |
| Temperatura interna de projeto | Variável, com temperatura inicial de 20°C |
| Umidade interna de projeto | Variável, com umidade relativa do ar inicial de 50% |
| Ventilação | Natural, com taxa de 1 renovação por hora e rugosidade do entorno para cidade (0,4) |
| Infiltração de ar | Taxa de 1 por hora |
| Cargas internas | 2 pessoas por dormitório, ou 4 pessoas por UH; 15 plantas Quantidade de banheiros e chuveiros de acordo com o projeto 4 lavagens de roupas a cada 4 dias 1 máquina de lavar louça |
| | Para UHs com um (1) ou menos dormitórios, considerar: 2 pessoas por UH 10 plantas Quantidade de banheiros e chuveiros de acordo com o projeto 2 lavagens de roupas a cada 4 dias 1 máquina de lavar louça |
| | Enquanto não houver normas nacionais, considerar: Calor: - Pessoas: Regulamento Selo Procel Edifica - Demais: DIN V 4108-6 Umidade - Helmut Künzle, Freymuth, Jenisch, Klopfer, Petzold, Richter, & Stohrer, 2002 |
| Dados de saída | Valores horários representativos do total de horas de um (1) ano |
| Critérios de análise | Temperatura operativa e hora/taxa de condensação superficial em paredes, forros e pisos Ou comparativos de eficiência energética, junto ao Selo Procel Edifica, na análise de umidificação ou desumidificação do espaço |
| Modelo de validação | Possuir um modelo de validação (com resultados para comparação), de forma que seja feita uma calibração do operador da simulação antes da realização do ensaio. |

Fonte: Elaborado pela autora

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo a avaliação da umidade, da condensação superficial e do desempenho higrotérmico para as condições climáticas brasileiras, em edificações habitacionais unifamiliares. Para tanto, foram simulados cinco tipos de unidades habitacionais, com quatro tipos de sistemas construtivos para piso e forro.

Ainda há poucos estudos de condensação superficial em território brasileiro, mas este é um parâmetro fundamental de análise de desempenho das edificações, influenciando a habitabilidade e durabilidade destas.

A condensação superficial é dependente de múltiplos fatores diretos e indiretos que a influenciam e que podem induzir ou reduzir o fenômeno, tais como a ventilação natural, produção de vapor de água, sistemas construtivos e projeto arquitetônico.

A avaliação de métodos para estimação da condensação de normas internacionais, foi baseada na bibliografia, considerando-se as normas EN ISO 13788:2012 (item 2.2.2.1), EN 15026:2007 (item 2.2.2.2) e ASHRAE 160:2009 (item 2.2.2.3), já utilizadas em diversos países.

Os resultados obtidos nas simulações, em síntese, indicam que a ventilação natural, assim como o clima externo, em quase todas as zonas bioclimáticas possui efeito negativo na redução da condensação superficial, ampliando, portanto, a umidade interna. Observou-se que o comportamento dos sistemas construtivos, como sua permeabilidade, teve grande influência na condensação superficial e não apenas sua resistência térmica ou inércia térmica.

Quanto ao volume do ambiente, as edificações analisadas que apresentavam a menor área construída e menores alturas de pé-direito, portanto menor volume, foram as que mais apresentaram condensação superficial e umidade interna, principalmente nos climas quentes e úmidos. As ZB1 a ZB5 apresentaram menos de 6% das horas do ano em condensação superficial, enquanto as demais apresentaram mais de 16% das horas em condensação superficial, chegando até 99% das horas (ZB8).

Ao analisar o desempenho higrotérmico das edificações analisadas nas oito zonas bioclimáticas brasileiras, verificou-se que o impacto no desempenho higrotérmico foi menor que a influência das propriedades térmicas e dos climas que estas se localizavam. Contudo, a alta umidade do ar e de taxas de condensação

superficial é um fator importante, já que há a proliferação de ácaros e crescimento de fungos sobre as superfícies. Contudo, verificou-se que em muitos climas, independente do sistema construtivo, haveria necessidade do uso de desumidificadores para manter a umidade relativa do ar menor que 60%, devido à umidade relativa do ar externo ser mais elevada.

Por fim, o território brasileiro carece de mais estudos a respeito da influência do seu clima, das suas construções e sistemas construtivos e de seus usuários no desempenho higrotérmico e na condensação das edificações para que se possa propor uma normatização quantitativa e qualitativa da umidade. Esta análise, de forma quantitativa, poderia ser realizada através de comparativos de eficiência energética, junto ao Selo Procel Edifica, tanto na análise de umidificação ou desumidificação do espaço ou ainda no impacto ocasionado no consumo de energia elétrica para aquecimento ou resfriamento da edificação. Pode-se ainda, analisar sua influência no desempenho térmico, junto a norma de desempenho.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir deste estudo são sugeridos os seguintes trabalhos futuros:

- Simular as edificações em outras localidades das zonas bioclimáticas, simulando alternativas de técnicas construtivas diversos aos utilizados;
- Investigar as demais influências da umidade e seu impacto econômico e ambiental na edificação, através da eficiência energética, verificando gastos energéticos com o aquecimento e resfriamento mecânico, além da umidificação e desumidificação mecânica;
- Ampliar o estudo mensurando outros impactos ambientais das edificações como a geração de CO² e de geração de resíduos;
- Ampliar as análises de condensação superficial, principalmente nas zonas bioclimáticas 7 e 8;
- Realizar estudos em protótipos reais e compará-los com os simulados;
- Ampliar os estudos referentes a influência da ventilação e do sombreamento, com a utilização de fechamento em certas horas ou temperaturas;
- Ampliar a quantidade de estudos nas diversas cidades e zonas bioclimáticas brasileiras de forma a propor valores de referência e

níveis quantitativos para os requisitos e critérios de desempenho higrotérmico para edificações habitacionais.

REFERÊNCIAS

AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD (ABCB). **Condensation in buildings Handbook**. Canberra: ABCB, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a.

_____. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.

_____. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c.

_____. **NBR 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ALMEIDA, R. M. S. F.; DE FREITAS, V. P. An insulation thickness optimization methodology for school buildings rehabilitation combining artificial neural networks and life cycle cost. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 22, n. 7, p. 915-923, 12 Jul. 2016.

ALUCCI, M. P. Critérios relativos ao atendimento das exigências de ventilação na habitação. *In*: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1988, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Pini, 1988.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Handbook of Fundamentals**. Atlanta: ANSI/ASHRAE, 2009.

ANTON, T. ASHRAE Standard 160P - Criteria for Moisture Control Design Analysis in Buildings. **ASHRAE Transaction**, v. 114, n. 1, p. 167–169, 2008.

ANTONYOVÁ, A.; ANTONY, P.; KORJENIC, A. Evaluation the hygrothermal effects of integration the vegetation into the building envelope. **Energy & Buildings**, v. 136, p. 121–138, 2017.

ANTRETTTER, F. *et al.* **WUFI ® Plus 3.1 Manual**. Holzkirchen: Fraunhofer Institut für Bauphysik, 2017.

ARREGI, B.; LITTLE, J. Hygrothermal Risk Evaluation for the Retrofit of a Typical Solid-walled Dwelling. **Journal of Sustainable Design & Applied Research**,

v. 4, n. 1, p. 16–26, 2016.

ARUNDEL, A. V. *et al.* Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. **Environmental Health Perspectives**, v. VOL. 65, n. 3, p. 351–361, 1986.

ASPHAUG, S. K. *et al.* Moisture control strategies of habitable basements in cold climates. **Building and Environment**, v. 169, n. June 2019, 2020.

BADEMLİOĞLU, A. H.; KAYNAKLI, Ö.; YAMANKARADENİZ, N. The effect of water vapor diffusion resistance factor of insulation materials for outer walls on condensation. **Isi Bilimi Ve Teknigi Dergisi/ Journal of Thermal Science and Technology**, v. 38, n. 2, p. 15–23, 2018.

BAGARIĆ, M.; BANJAD PEČUR, I.; MILOVANOVIĆ, B. Hygrothermal performance of ventilated prefabricated sandwich wall panel from recycled construction and demolition waste – A case study. **Energy and Buildings**, 109573, v. 206, 2020.

BANKS, J. *et al.* **Discrete-event System Simulation**. 4 ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2005.

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R. Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada a Londrina-PR. **Ambiente Construído**, v. 2, n. 1, p. 15–28, 2002.

BARREIRA, E.J.M.P.Q. *et al.* Exterior condensations on façades: numerical simulation of the undercooling phenomenon. **Journal of Building Performance Simulation**, v.6, n. 5, p. 337-345, 2013.

BARREIRA, E. *et al.* Procedures in the construction of a test reference year for Porto-Portugal and implications for hygrothermal simulation. **Sustainable Cities and Society**, v. 32, n. March, p. 397–410, 2017.

BAUGHMAN, A. V.; ARENS, E. A. Indoor humidity and human health - Part I: Literature review of health effects of humidity-influenced indoor pollutants. **ASHRAE Transactions**, v. 102, n. 1, p. 193–211, 1996.

BERARDI, U.; NALDI, M. The impact of the temperature dependent thermal conductivity of insulating materials on the effective building envelope performance.

Energy & Buildings, v. 144, p. 262–275, 2017.

BISENIECE, E. E. *et al.* Thermal performance of internally insulated historic brick building in cold climate: A long term case study. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 577–586, 2017.

BRÁS, A. *et al.* Performance-based methods for masonry building rehabilitation using innovative leaching and hygrothermal risk analyses. **Sustainable Cities and Society**, v. 28, p. 321–331, 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos No. 002 - Rev.2**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016.

BRODERICK, Á. *et al.* A pre and post evaluation of indoor air quality, ventilation, and thermal comfort in retrofitted co-operative social housing. **Building and Environment**, v. 122, p. 126–133, 2017.

BRITISH STANDARD (BS). **BS 5250 - Code of practice for control of condensation in buildings**. Londres: BSI, 2016

BYRNE, A. *et al.* Case studies of cavity and external wall insulation retrofitted under the Irish Home Energy Saving Scheme: Technical analysis and occupant perspectives. **Energy & Buildings**, v. 130, p. 420–433, 2016.

CAMPBELL, N. *et al.* Monitoring the hygrothermal and ventilation performance of retrofitted clay brick solid wall houses with internal insulation: Two UK case studies. **Case Studies in Construction Materials**, v. 7, n. nov. 2016, p. 163–179, 2017.

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno**. São Paulo: EPUSP, 1999

CASANOVA, L. M. *et al.* Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 9, p. 2712–2717, 2010.

CASCIONE, V. *et al.* Hygrothermal analysis of technical solutions for insulating the opaque building envelope. **Energy Procedia**, v. 126, p. 203–210, 2017.

CHANG, S. J. *et al.* Hygrothermal performance improvement of the Korean wood frame walls using macro-packed phase change materials (MPPCM). **Applied Thermal Engineering**, v. 114, p. 457–465, 2017.

CHIU, V.; GE, H.; STATHOPOULOS, T. Overhang effect on reducing wind-driven rain for a mid-rise building. **Energy Procedia**, v. 78, p. 2506–2511, 2015.

COELHO, G. B. A.; ENTRADAS SILVA, H.; HENRIQUES, F. M. A.

Development of a three-dimensional hygrothermal model of a historic building in WUFI® Plus vs EnergyPlus. *In: MATEC WEB OF CONFERENCES*, 2019, Prague. **Anais [...]**. Prague: CESBP 2019.

COLINART, T. *et al.* Temperature dependence of sorption isotherm of hygroscopic building materials . Part 2 : Influence on hygrothermal behavior of hemp concrete. **Energy & Buildings**, v. 152, p. 42–51, 2017.

COSTA, B. R. M. da S. **Análise Comparativa de Programas de Simulação Numérica de transferência de calor e humidade – WUFI e Delphin**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2019.

CUNHA, A. L. A. da. **Simulação Numérica do Comportamento Higrotérmico de Edifícios: Aplicação à Avaliação de Risco de Condesações Internas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009.

DALES, R. *et al.* Quality of indoor residential air and health. **Canadian Medical Association. Journal**, v. 179, n. 2, p. 147–152, 2008.

DE PLACE HANSEN, E. J.; MØLLER, E. B. Moisture supply in Danish single-family houses – the influence of building style. **Energy Procedia**, v. 132, p. 147–152, 2017.

DIAZ, C. A.; OSMOND, P. Influence of rainfall on the thermal and energy performance of a low rise building in diverse locations of the hot humid tropics. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 393–402, 2017.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN). **DIN 4108 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Ge-bäuden**. Berlin: DIN, 2013.

_____. **DIN 1946-4 – Raumluftechnik – Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens**. Berlin: DIN, 2016.

DJEDJIG, R.; BELARBI, R.; BOZONNET, E. Experimental study of green walls impacts on buildings in summer and winter under an oceanic climate. **Energy & Buildings**, v. 150, p. 403–411, 2017.

DUARTE, J. P. S. R. F. **Condesações superficiais interiores: Avaliação do Risco**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

EMERY, T. *et al.* **Toitū te kāinga toitū te ora toitū te tangata - Healthy homes, healthy people**. 1. ed. Rotorua: Toi Ohomai Institute of Technology, 2019. *E-book*.

EUROPEAN STANDARD (EN). **EN 15251 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.** Brussels: EN, 2007a.

_____. **EN 15026 - Hygrothermal performance of building components and building elements. Assessment of moisture transfer by numerical simulation.** Pilsen: EN, 2007b.

EYE, F. Von *et al.* Quantificação da ação do clima na degradação de fachadas em argamassa empregando a simulação higrotérmica. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, XII, 2017, São Paulo. Anais [...].* São Paulo: SBTA, 2017

FANG, A.; CHEN, Y.; WU, L. Transient simulation of coupled heat and moisture transfer through multi-layer walls exposed to future climate in the hot and humid southern China area. **Sustainable Cities and Society**, v. 52, n. February 2019, p. 101812, 2020.

FEDORIK, F.; HAAPALA, A. Impact of Air-gap Design to Hygro-thermal Properties and Mould Growth Risk between Concrete Foundation and CLT Frame. **Energy Procedia**, v. 132, p. 117–122, 2017.

FINKEN, G. R.; BJARLØV, S. P.; PEUHKURI, R. H. Effect of façade impregnation on feasibility of capillary active thermal internal insulation for a historic dormitory - A hygrothermal simulation study. **Construction and Building Materials**, v. 113, p. 202–214, 2016.

FLYNN, M. A. *et al.* An Investigation into the Hygrothermal Performance of a Mineral Wool Based Externally Insulated Enclosure in a Cold Climate. **Energy Procedia**, v. 132, p. 345–350, 2017.

FRASCA, F.; CORNARO, C.; SIANI, A. M. Performance assessment of a heat and moisture dynamic simulation model in IDA ICE by the comparison with WUFI Plus. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 364, n. 012024, 2018.

FREITAS, V. P. de; PINTO, P. da S. **Permeabilidade ao vapor de materiais de construção - condensações internas.** 2. ed. LFC: FCT, 1998.

FREITAS, V. P. de; TORRES, M. I.; GUIMARÃES, A. S. **Humidade Ascensional.** Lisboa: FEUP, 2008.

FREITAS, J. M. R. *et al.* Análise da influência das pontes térmicas na simulação de eficiência energética nas paredes de edificações residenciais. **Revista**

de Arquitetura IMED, v. 5, n. 2, p. 24–41, 2016.

FREUDENBERG, P.; RUISINGER, U.; STÖCKER, E. Calibration of Hygrothermal Simulations by the Help of a Generic Optimization Tool. **Energy Procedia**, v. 132, p. 405–410, 2017.

Frey-muth, H.; Jenisch, R.; Klopfer, H.; Petzold, K.; Richter, E.; Stohrer, M. **Lehrbuch der Bauphysik: Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima**. 2. ed. Berlin: Teubner B.G. GmbH, 2002

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

GE, H.; BABA, F. Effect of dynamic modeling of thermal bridges on the energy performance of residential buildings with high thermal mass for cold climates. **Sustainable Cities and Society**, v. 34, p. 250–263, 2017.

GHOLAMI, M. *et al.* A comparison of energy and thermal performance of rooftop greenhouses and green roofs in Mediterranean climate: A hygrothermal assessment in WuFi. **Energies**, v. 13, n. 8, p. 15, 2020.

GIANANGELI, A.; DI GIUSEPPE, E.; D’ORAZIO, M. Design and performance assessment of building counter-walls integrating Moisture Buffering “active” devices. **Energy Procedia**, v. 132, p. 105–110, 2017.

GINJA, J. *et al.* Qualidade do ar interior nas habitações Portuguesas. *In*: CONGRESS OF INNOVATION ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 12, 2012, Aveiro. **Anais** [...]. Aveiro: CINCOS’ 12, 2012.

GOMES, M. G. *et al.* The influence of moisture content on the thermal conductivity of external thermal mortars. **Construction and Building Materials**, v. 135, p. 279–286, 2017.

GOULART, S. V. G. LAMBERTS, R. ; FIRMINO, S. **Dados Climáticos Para Projeto e Avaliação Energética de Edificações Para 14 Cidades Brasileiras**. Florianópolis: NPC/UFSC, v. 1. 345p., 1997.

GRIGOLETTI, G. C.; LINCK, G. I. Thermal performance of low-cost single-family one-floor housing typologies in the South of Brazil. *In*: PLEA 2013. Munich: Sustainable Architecture for a Renewable Future. **Anais...** 2013. Munich: PLEA, 2013

In: 2019, Prague. MATEC Web of Conferences. Prague: CESBP 2019, 2019. p. 6. MATEC Web of Conferences. **Anais...** . v. 282, p.6, 2019. Prague: CESBP, 2019.

GRIGOLETTI, G. de C.; SATTler, M. A. Método de avaliação global de

desempenho higrotérmico de habitações de interesse social para Porto Alegre - RS. **Ambiente Construído** (Online), v. 10, p. 101/8460-114, 2010.

HAGENTOFT, C.; KALAGASIDIS, A. S. Drying potential of cold attic using natural and controlled ventilation in different Swedish climates. **Procedia Engineering**, v. 146, p. 2–7, 2016.

HAMID, A. A.; WALLENTÉN, P. Hygrothermal assessment of internally added thermal insulation on external brick walls in Swedish multifamily buildings. **Building and Environment**, v. 123, p. 351–362, 2017.

HANSEN, T. *et al.* Material characterization models and test methods for historic building materials. **Energy Procedia**, v. 132, p. 315–320, 2017.

HAO, L. *et al.* Assessing the impact of climate change on energy retrofit of alpine historic buildings: Consequences for the hygrothermal performance. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 410, n. 1, 2020.

HE, Y. *et al.* Thermal and energy performance assessment of extensive green roof in summer: A case study of a lightweight building in Shanghai. **Energy & Buildings**, v. 127, p. 762–773, 2016.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em Paredes**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1994.

HOLM, A.; KÜNZEL, H. M.; SEDLBAUER, K. the Hygrothermal Behaviour of Rooms: Combining Thermal Building Simulation and Hygrothermal Envelope Calculation. *In*: (E. I. I. Conference, Org.) 2003, Eindhoven. **Building Simulation**. Eindhoven: Eighth International IBPSA Conference, 2003. p. 499–506.

HOLZHUETER, K.; ITONAGA, K. An Evaluation of WUFI-Bio to Predict Mold Growth in Straw Bale Walls in Japan. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 362, p. 357–362, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES. **Damp indoor spaces and health**. 1. ed. Washington: IMNA, 2004. .

IOMMI, M. The mediterranean smart adaptive wall. An experimental design of a smart and adaptive facade module for the mediterranean climate. **Energy & Buildings**, v. 158, p. 1450–1460, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 13788:2012 - Hygrothermal performance of building components and building**

elements -- Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation -- Calculation methods. Geneva: ISO, 2012.

_____. **Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.** Geneva: ISO, 2005.

JEONG, S. *et al.* Development and performance evaluation of heat storage paint with MPCM for applying roof materials as basic research. **Energy & Buildings**, v. 112, p. 62–68, 2016.

JORNE, F. J. F. **Análise Do Comportamento Higrotérmico De Soluções Construtivas De Paredes Em Regime Variável.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

KACZMAREK, A.; WESO, M. Factors affecting humidity conditions of a face wall layer of a heated building. **Procedia Engineering**, v. 193, p. 205–210, 2017.

KANG, Y.; CHANG, S. J.; KIM, S. Hygrothermal behavior evaluation of walls improving heat and moisture performance on gypsum boards by adding porous materials. **Energy and Buildings**, v. 165, n. 15, p. 431–439, 2018.

KARAGIOZIS, A.; SALONVAARA, M. Hygrothermal system-performance of a whole building. **Building and Environment**, v. 36, n. 6, p. 779–787, 2001.

KHARSEH, M. *et al.* Humid Wall: Review on Causes and Solutions. *In*: WORLD SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT CONFERENCE, 17, 2017, Hong Kong. **Anais** [...]. Hong Kong: Conference Proceedings of World Sustainable Built Environment Conference, 2017. p. 675–681.

KNARUD, J. I.; GEVING, S. Comparative study of hygrothermal simulations of a masonry wall. **Energy Procedia**, v. 132, p. 771–776, 2017.

KOČÍ, J. *et al.* Damage functions for the cold regions and their applications in hygrothermal simulations of different types of building structures. **Cold Regions Science and Technology**, v. 135, p. 1–7, 2017.

KOČÍ, J.; ČERNÝ, R. Effect of Weather Data Selection on Simulated Moisture and Temperature Fields in Building Envelopes in Central Europe. **Energy Procedia**, v. 132, p. 514–519, 2017.

KORDZIEL, S. **Study of Moisture Conditions in a Multi- Story Mass Timber Building Through the Use of Sensors and Wufi Hygrothermal Modeling.** 2018. Thesis (Master of Science of Civil and Environmental Engineering) - Faculty of Civil and Environmental Engineering, Colorado School of Mines, Golden, 2018.

KORJENIC, A.; ZACH, J.; HROUDOVÁ, J. The use of insulating materials based on natural fibers in combination with plant facades in building constructions. **Energy & Buildings**, v. 116, p. 45–58, 2016.

KÜNZEL, H. M. **Verfahren zur ein-und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme-und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten**. 1994. These (Doktor-Ingenieurs) – Fakultät Bauingenieur, Universität Stuttgart, Stuttgart, 1994.

KÜNZEL, H. M. *et al.* Simulation of indoor temperature and humidity conditions including hygrothermal interactions with the building envelope. **Solar Energy**, v. 78, n. 4, p. 554–561, 2005.

KÜNZEL, H. M.; HOLM, A. H. Moisture Control and problem analysis of heritage constructions. *In: Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*, 3, 2009, Porto. **Anais [...]**. Porto: PATORREB2009, 2009. p. 85–102.

KURKINEN, K. Case Study of a Cold Attic in a Pitched Roof with Minimal Ventilation. **Energy Procedia**, v. 132, p. 466–471, 2017.

LAMBERTS, R. *et al.* Uma Proposta de Norma Técnica Brasileira sobre Desempenho Térmico de Habitações Populares. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1, p. 1–7, 1994.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3° ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2014.

LEE, J. *et al.* Prediction evaluating of moisture problems in light-weight wood structure: Perspectives on regional climates and building materials. **Building and Environment**, v. 168, p. 106521, 2020.

LEGROS, C. *et al.* Effect of moisture buffering on surface temperature variation: study of different indoor cladding materials. *In: E3S WEB OF CONFERENCES*, 2020, Paris. **Anais [...]**. Paris: NSB 2020, 2020.

LI, Y. *et al.* Towards energy-Efficient homes: Evaluating the hygrothermal performance of different wall assemblies through long-term field monitoring. **Energy & Buildings**, v. 121, p. 43–56, 2016.

MARINCIONI, V.; ALTAMIRANO-MEDINA, H. Analysis of the suitability of mould growth models for the risk assessment of woodfibre internal wall insulation. **Energy Procedia**, v. 132, p. 183–188, 2017.

MARTÍNEZ, P.; SARMIENTO, P.; URQUIETA, W. Evaluación de la humedad por condensación al interior de viviendas sociales. **Revista INVI**, v. 20, n. 55, p. 154–165, 2005.

MATHEUS, C. *et al.* Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 71–81, 2016.

MEISSNER, F.; STÖCKER, E.; VOGELSANG, S. Approaches for the boundary envelope design of an enhanced façade test facility. **Energy Procedia**, v. 132, p. 369–374, 2017.

MENDES, N. *et al.* Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 4, p. 47–68, 2005.

MØLLER, E. B. *et al.* Conditions for mould growth on typical interior surfaces. **Energy Procedia**, v. 132, p. 171–176, 2017.

MØLLER, E. B.; DE PLACE HANSEN, E. J. Moisture supply in Danish single-family houses - The influence of occupant behavior and type of room. **Energy Procedia**, v. 132, p. 141–146, 2017.

MØLLER, E. B.; MORELLI, M.; HANSEN, T. Air change rate in ventilated attics – reality and input for simulations. *In*: MATEC 2019, Prague. MATEC Web of Conferences. Prague: CESBP 2019, 2019. p. 6. **Anais...** . Prague: CESBP, 2019.

MOREIRA, L. D. N. **Avaliação de soluções cobertura: comportamento à humidade e ACV**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2020.

NASCIMENTO, M. L. M. *et al.* Wind-driven rain incidence parameters obtained by hygrothermal simulation. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 1, p. 5, 2016.

NGUYEN, C.-K. *et al.* A full-scale experimental study concerning the moisture condensation on building glazing surface. **Building and Environment**, v. 156, p. 215–224, 2019.

NIK, V. M. Application of typical and extreme weather data sets in the hygrothermal simulation of building components for future climate – A case study for a wooden frame wall. **Energy & Buildings**, v. 154, p. 30–45, 2017.

NUNO, M.M.R. *et al.* Indoor hygrothermal conditions and quality of life in social housing: A comparison between two neighbourhoods. **Sustainable Cities and Society**, v. 38, p. 80-90, 2018.

ORTOLAN, V. K. *et al.* Análise da possibilidade de condensação em paredes de concreto revestidas ou não com perfis de PVC - Estudo de caso. *In*: CONPAT 2015. Lisboa: CONPAT, 2015. p. 1–8. **Anais...** Lisboa: CONPAT, 2015.

PÄÄTALO, J. Log house – a blueprint for future energy efficient buildings ?

Energy Procedia, v. 96, n. out., p. 345–350, 2016.

PALLIN, S. *et al.* **State-of-the-Art for Hygrothermal Simulation Tools**. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory, 2017.

PAOLINI, R. *et al.* The hygrothermal performance of residential buildings at urban and rural sites: Sensible and latent energy loads and indoor environmental conditions. **Energy & Buildings**, v. 152, p. 792–803, 2017.

PARK, S. *et al.* Condensation resistance evaluation of a double-sliding window system for apartment buildings. **Procedia Engineering**, v. 146, p. 60–68, 2016.

PAULA, P. R. F. de. **Avaliação Do Desempenho Higrotérmico De Casas De Gesso No Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.

PEREIRA, F. P. F. **Avaliação do comportamento dos ocupantes no desempenho higrotérmico em edifícios residenciais**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2018.

PÉREZ, C. A. F. Calificación ambiental de la vivienda . Estrategias de adaptabilidad higrotérmica. **Revista Electrónica Nova Scientia**, v. 8, n. 16, p. 278–312, 2016.

PIHELO, P.; KIKKAS, H.; KALAMEES, T. Hygrothermal Performance of Highly Insulated Timber-frame External Wall. **Energy Procedia**, v. 96, n. out., p. 685–695, 2016.

PIHELO, P.; LELUMEEES, M.; KALAMEES, T. Influence of Moisture Dry-out on Hygrothermal Performance of Prefabricated Modular Renovation Elements. **Energy Procedia**, [S. l.], v. 96, n. out., p. 745–755, 2016.

PINHEIRO, J. A. **Importância Do Clima Exterior E Interior Na Quantificação Do Desempenho Higrotérmico Dos Edifícios**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.

PINTO, M.; VIEGAS, J.; FREITAS, V. Performance sensitivity study of mixed ventilation systems in multifamily residential buildings in Portugal. **Energy & Buildings**, v. 152, p. 534–546, 2017.

PIRES, J. R. **Investigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais através da aplicação de soluções de conforto ambiental passivo**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

POZAS, B. M.; GONZÁLEZ, F. J. N. Hygrothermal behaviour and thermal comfort of the vernacular housings in the Jerte Valley (Central System , Spain). **Energy & Buildings**, v. 130, p. 219–227, 2016.

PROCEL INFO. **Selo Procel Edificações**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C%7D>. Acesso em: julho de 2020.

RAAMETS, J. *et al.* Determination of hygrothermal performance of clay-sand plaster: Influence of covering on sorption and water vapour permeability. **Energy Procedia**, v. 132, p. 267–272, 2017.

RADON, J. *et al.* Experimental and theoretical study on hygrothermal long-term performance of outer assemblies in lightweight passive house. **Building Physics**, v. 41, n. 4, p. 299–320, 2018.

RAHIM, M. *et al.* Experimental investigation of hygrothermal behavior of two bio-based building envelopes. **Energy & Buildings**, v. 139, p. 608–615, 2017.

ROCHIKASHVILI, M.; BONGAERTS, J. C. Multi-criteria decision-making for sustainable wall paints and coatings using Analytic Hierarchy Process. **Energy Procedia**, v. 96, n. October, p. 923–933, 2016.

SAITO, H. Application of the Wood Degradation Model to an Actual Roof Assembly subjected to Rain Penetration. **Energy Procedia**, v. 132, p. 399–404, 2017.

SALES, P. N. D. S. **Avaliação do Risco de Desenvolvimento de Bolores Simulação Numérica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2016.

SANCHO SALAS, A. La simulación digital como herramienta para el reacondicionamiento bioclimático de edificios. **Anales de Edificación**, v. 3, n. 1, p. 32–43, 2017.

SANTOS, A. do N. dos. **Comportamento Higrotérmico De Paredes Em Gesso – Avaliação Da Adequabilidade a Zonas Climáticas Do Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.

SATTLER, M. A.; GRIGOLETTI, G. D. C.; SATTLER, M. A. Método de avaliação global de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social para Porto Alegre – RS – Brasil. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 101–114, 2010.

SCHNIEDERS, J.; FEIST, W.; RONGEN, L. Passive Houses for different climate zones. **Energy & Buildings**, v. 105, p. 71–87, 2015.

SEHIZADEH, A.; GE, H. Impact of future climates on the durability of typical residential wall assemblies retro fitted to the PassiveHaus for the Eastern Canada region. **Building and Environment**, v. 97, p. 111–125, 2016.

SILVA, A. S. **Desenvolvimento de um método para avaliação do desempenho térmico e energético de edificações aplicando análise de incertezas e sensibilidade**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 213–230, 2014.

SILVEIRA, F. M.; LABAKI, L. C. Análise do desempenho térmico para edificações. . *In*: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XIV, 2012, Juiz de Fora. **Anais** [...]. Juiz de Fora: ENTAC, 2012.

SILVEIRA, V. D. C.; PINTO, M. M.; WESTPHAL, F. S. Influence of environmental factors favorable to the development and proliferation of mold in residential buildings in tropical climates. **Building and Environment**, v. 166, p. 106421, 2019.

SLETNES, M.; JELLE, B. P.; RISHOLT, B. Feasibility study of novel integrated aerogel solutions. **Energy Procedia**, v. 132, p. 327–332, 2017.

SORGATO, M. J. *et al.* Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 83–101, 2014.

SORGATO, M. J. **A influência do comportamento do usuário no desempenho térmico e energético de edificações residenciais**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SOUDANI, L. *et al.* Assessment of the validity of some common assumptions in hygrothermal modeling of earth based materials. **Energy & Buildings**, [S. l.], v. 116, p. 498–511, 2016.

STARAKIEWICZ, A. *et al.* Methods for determining mold development and condensation on the surface of building barriers. **Buildings**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2020.

STERLING, E. M.; ARUNDEL, A.; STERLING, T. D. Criteria for Human Exposure To Humidity in Occupied Buildings. **ASHRAE Transactions**, v. 91, p. 611–622, 1985.

TANAKA, E.; ZIRKELBACH, D. Local Climate Models for Hygrothermal Building Component Simulations. *In: CENTRAL EUROPEAN SYMPOSIUM ON BUILDING PHYSICS AND BAUSIM*, 2016, Praga. **Anais [...]**. Praga: CESBP & BAUSIM, 2016. p. 149-155

TURIK, N. **Estabelecimento de Exigências de Desempenho Higrotérmico da Envolvente de Habitações Populares Térreas: estudo aplicado à casa COHAB Tipo RS 16_I.3-42**. Porto Alegre: CIENTEC, 1988. v. 400. 267p.

VALDERRAMA-ULLOA, C. *et al.* Indoor environmental quality in latin american buildings: A systematic literature review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n.2, p. 1–19, 2020.

VAN SCHIJNDEL, A. W. M. Combining three main modeling methodologies for heat, air, moisture and pollution modeling. **Energy Procedia**, v. 132, p. 195–200, 2017.

VANPACHTENBEKE, M. *et al.* Hygrothermal behaviour of timber frame walls finished with a brick veneer cladding. **Energy Procedia**, v. 132, p. 363–368, 2017.

VASILE, V. *et al.* Indoor air quality – a key element of the energy performance of the buildings. **Energy Procedia**, v. 96, p. 277–284, 2016.

VERECKEN, E.; ROELS, S.; JANSSEN, H. Hygric property determination based on dynamic measurement techniques and metaheuristic strategies. **Energy Procedia**, v. 132, p. 279–284, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO guidelines for IAQ - Dampness and Mold**. Germany: Druckpartner Moser, 2009.

WINKLER, M.; ANTRETTTER, F.; RADON, J. Critical discussion of a shading calculation method for low energy building and passive house design. **Energy Procedia**, v. 132, p. 33–38, 2017.

YOU, S. *et al.* Study on moisture condensation on the interior surface of buildings in high humidity climate. **Building and Environment**, v. 125, p. 39–48, 2017.

YOUSEFI, F.; GHOLIPOUR, Y.; YAN, W. A study of the impact of occupant behaviors on energy performance of building envelopes using occupants ' data. **Energy & Buildings**, v. 148, p. 182–198, 2017.

ZANONI, V. A. G. *et al.* Estudo higrotérmico na autoconstrução: simulação computacional e medições em campo. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 109–120, 2020.

ZHANG, Q.; YANG, Z.; GAO, Y. The multi-goal optimal analysis of stand-

alone gas engine heat pump system with energy storage (ESGEHP) system. **Energy & Buildings**, v. 139, p. 525–534, 2017.

ZHAO, J.; MEISSENER, F. Experimental investigation of moisture properties of historic building material with hydrophobization treatment. **Energy Procedia**, v. 132, p. 261–266, 2017.

ZHOU, X.; DEROME, D.; CARMELIET, J. Robust moisture reference year methodology for hygrothermal simulations. **Building and Environment**, v. 110, p. 23–35, 2016.

ZHOU, X.; DEROME, D.; CARMELIET, J. Hygrothermal modeling and evaluation of freeze-thaw damage risk of masonry walls retrofitted with internal insulation. **Building and Environment**, v. 125, p. 285–298, 2017.

ZIRKELBACH, D. *et al.* A hygrothermal green roof model to simulate moisture and energy performance of building components. **Energy & Buildings**, v. 145, p. 79–91, 2017.

APÊNDICE A - UMIDADE

APÊNDICE A1 - ZB1 – Curitiba/PR

Quadro A.1 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,86159 |
| R ² | 0,74234 |
| R ² ajustado | 0,74184 |
| Erro padrão | 3,25896 |
| Observações | 5712 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 11 | 174415,74 | 15855,98 | 1492,92 | 0 |
| Resíduo | 5700 | 60538,59 | 10,62 | | |
| Total | 5711 | 234954,33 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -2,48422 | 0,83584 | -2,97213 | 0,00297 | -4,12278 | -0,84566 | -4,12278 | -0,84566 |
| temp externa | 1,18289 | 0,02046 | 57,81095 | 0,00000 | 1,14278 | 1,22300 | 1,14278 | 1,22300 |
| UR externo | 0,57241 | 0,00566 | 101,20962 | 0,00000 | 0,56132 | 0,58349 | 0,56132 | 0,58349 |
| Radiação solar | 0,00777 | 0,00023 | 34,07802 | 0,00000 | 0,00732 | 0,00822 | 0,00732 | 0,00822 |
| T2 | -1,76453 | 0,10270 | -17,18053 | 0,00000 | -1,96587 | -1,56318 | -1,96587 | -1,56318 |
| UH1 | 6,32552 | 0,13810 | 45,80366 | 0,00000 | 6,05479 | 6,59625 | 6,05479 | 6,59625 |
| UH2 | 8,21646 | 0,13594 | 60,44103 | 0,00000 | 7,94996 | 8,48296 | 7,94996 | 8,48296 |
| UH3 | 5,72069 | 0,13428 | 42,60317 | 0,00000 | 5,45745 | 5,98392 | 5,45745 | 5,98392 |
| UH4 | 4,92152 | 0,13814 | 35,62594 | 0,00000 | 4,65070 | 5,19233 | 4,65070 | 5,19233 |
| AA | 0,28768 | 0,12414 | 2,31738 | 0,02052 | 0,04432 | 0,53105 | 0,04432 | 0,53105 |
| AB | 1,24238 | 0,12165 | 10,21302 | 0,00000 | 1,00390 | 1,48085 | 1,00390 | 1,48085 |
| AC | -2,79029 | 0,12255 | -22,76899 | 0,00000 | -3,03053 | -2,55005 | -3,03053 | -2,55005 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.2 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,85455 |
| R ² | 0,73025 |
| R ² ajustado | 0,72959 |
| Erro padrão | 4,08359 |
| Observações | 5759 |

ANOVA

| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| Regressão | 14 | 259305,64 | 18521,83 | 1110,71 | 0 |
| Resíduo | 5744 | 95785,33 | 16,68 | | |
| Total | 5758 | 355090,96 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -62,87366 | 4,88701 | -12,86548 | 0,00000 | -72,45404 | -53,29329 | -72,45404 | -53,29329 |
| temp externa | 1,02335 | 0,01500 | 68,24474 | 0,00000 | 0,99395 | 1,05275 | 0,99395 | 1,05275 |
| UR externo | 0,27644 | 0,00648 | 42,68840 | 0,00000 | 0,26374 | 0,28913 | 0,26374 | 0,28913 |
| Radiação solar | -0,00606 | 0,00026 | -22,89970 | 0,00000 | -0,00658 | -0,00554 | -0,00658 | -0,00554 |
| ventilação | 0,66407 | 0,03707 | 17,91266 | 0,00000 | 0,59139 | 0,73675 | 0,59139 | 0,73675 |
| T1 | 7,04377 | 0,25390 | 27,74282 | 0,00000 | 6,54604 | 7,54150 | 6,54604 | 7,54150 |
| T2 | 1,94514 | 0,16762 | 11,60465 | 0,00000 | 1,61655 | 2,27373 | 1,61655 | 2,27373 |
| T3 | 0,52642 | 0,17600 | 2,99104 | 0,00279 | 0,18140 | 0,87145 | 0,18140 | 0,87145 |
| UH1 | 71,39397 | 3,59636 | 19,85171 | 0,00000 | 64,34374 | 78,44419 | 64,34374 | 78,44419 |
| UH2 | 39,72241 | 2,30078 | 17,26475 | 0,00000 | 35,21201 | 44,23281 | 35,21201 | 44,23281 |
| UH3 | -25,47922 | 1,21979 | -20,88821 | 0,00000 | -27,87047 | -23,08797 | -27,87047 | -23,08797 |
| UH4 | -34,74086 | 1,63625 | -21,23198 | 0,00000 | -37,94853 | -31,53319 | -37,94853 | -31,53319 |
| AA | 4,03470 | 0,15807 | 25,52492 | 0,00000 | 3,72482 | 4,34457 | 3,72482 | 4,34457 |
| AB | -2,78160 | 0,16039 | -17,34306 | 0,00000 | -3,09602 | -2,46718 | -3,09602 | -2,46718 |
| AC | 3,38798 | 0,15682 | 21,60473 | 0,00000 | 3,08056 | 3,69540 | 3,08056 | 3,69540 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.3 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,90716 |
| R ² | 0,82295 |
| R ² ajustado | 0,82273 |
| Erro padrão | 5,05579 |
| Observações | 11471 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|------------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 1361050,93 | 97217,92 | 3803,373 | 0 |
| Resíduo | 11456 | 292826,50 | 25,56 | | |
| Total | 11470 | 1653877,42 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|--------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -21,51495 | 4,29168 | -5,01318 | 0,00000 | -29,92737 | -13,10253 | -29,92737 | -13,10253 |
| temp externa | 1,07811 | 0,01358 | 79,41305 | 0,00000 | 1,05150 | 1,10472 | 1,05150 | 1,10472 |
| UR externo | 0,38557 | 0,00466 | 82,68018 | 0,00000 | 0,37643 | 0,39471 | 0,37643 | 0,39471 |
| ventilação | 0,29835 | 0,03210 | 9,29526 | 0,00000 | 0,23543 | 0,36126 | 0,23543 | 0,36126 |
| T1 | 3,79308 | 0,22198 | 17,08786 | 0,00000 | 3,35797 | 4,22819 | 3,35797 | 4,22819 |
| T2 | 0,72007 | 0,13406 | 5,37116 | 0,00000 | 0,45729 | 0,98286 | 0,45729 | 0,98286 |
| T3 | 1,00342 | 0,14016 | 7,15882 | 0,00000 | 0,72867 | 1,27816 | 0,72867 | 1,27816 |
| UH1 | 35,55254 | 3,11151 | 11,42612 | 0,00000 | 29,45344 | 41,65164 | 29,45344 | 41,65164 |
| UH2 | 21,81835 | 1,99109 | 10,95798 | 0,00000 | 17,91547 | 25,72123 | 17,91547 | 25,72123 |
| UH3 | -8,89431 | 1,05791 | -8,40741 | 0,00000 | -10,96800 | -6,82062 | -10,96800 | -6,82062 |
| UH4 | -13,44375 | 1,41696 | -9,48774 | 0,00000 | -16,22124 | -10,66627 | -16,22124 | -10,66627 |
| AA | 2,45067 | 0,13503 | 18,14847 | 0,00000 | 2,18598 | 2,71536 | 2,18598 | 2,71536 |
| AB | -0,72132 | 0,14024 | -5,14348 | 0,00000 | -0,99621 | -0,44642 | -0,99621 | -0,44642 |
| AC | 0,33217 | 0,13771 | 2,41203 | 0,01588 | 0,06223 | 0,60211 | 0,06223 | 0,60211 |
| Inverno | -5,16659 | 0,20220 | -25,55220 | 0,00000 | -5,56293 | -4,77024 | -5,56293 | -4,77024 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE A2 - ZB2 – São Lourenço/MG

Quadro A.4 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|----------|
| R múltiplo | 0,847849 |
| R ² | 0,718849 |
| R ² ajustado | 0,718163 |
| Erro padrão | 3,318991 |
| Observações | 5760 |

ANOVA

| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| Regressão | 14 | 161807,75 | 11557,70 | 1049,20 | 0 |
| Resíduo | 5745 | 63285,19 | 11,02 | | |
| Total | 5759 | 225092,94 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -62,02523 | 5,49670 | -11,28408 | 0,00000 | -72,80084 | -51,24962 | -72,80084 | -51,24962 |
| temp externa | 0,66476 | 0,03323 | 20,00197 | 0,00000 | 0,59961 | 0,72991 | 0,59961 | 0,72991 |
| UR externo | 0,40927 | 0,00710 | 57,67989 | 0,00000 | 0,39536 | 0,42318 | 0,39536 | 0,42318 |
| Radiação solar | 0,00911 | 0,00021 | 43,63761 | 0,00000 | 0,00870 | 0,00952 | 0,00870 | 0,00952 |
| ventilação | 0,58179 | 0,04049 | 14,36927 | 0,00000 | 0,50242 | 0,66116 | 0,50242 | 0,66116 |
| T1 | 3,50106 | 0,27596 | 12,68706 | 0,00000 | 2,96009 | 4,04204 | 2,96009 | 4,04204 |
| T2 | -1,38377 | 0,12369 | -11,18707 | 0,00000 | -1,62625 | -1,14128 | -1,62625 | -1,14128 |
| T3 | -1,90827 | 0,13272 | -14,37866 | 0,00000 | -2,16844 | -1,64810 | -2,16844 | -1,64810 |
| UH1 | 64,35992 | 3,92307 | 16,40550 | 0,00000 | 56,66922 | 72,05062 | 56,66922 | 72,05062 |
| UH2 | 41,87589 | 2,50835 | 16,69456 | 0,00000 | 36,95857 | 46,79321 | 36,95857 | 46,79321 |
| UH3 | -14,88695 | 1,30751 | -11,38575 | 0,00000 | -17,45015 | -12,32374 | -17,45015 | -12,32374 |
| UH4 | -22,70719 | 1,77559 | -12,78854 | 0,00000 | -26,18802 | -19,22637 | -26,18802 | -19,22637 |
| AA | 1,01571 | 0,12639 | 8,03654 | 0,00000 | 0,76795 | 1,26348 | 0,76795 | 1,26348 |
| AB | -0,25957 | 0,12767 | -2,03312 | 0,04209 | -0,50985 | -0,00929 | -0,50985 | -0,00929 |
| AC | -1,08435 | 0,13040 | -8,31535 | 0,00000 | -1,33999 | -0,82871 | -1,33999 | -0,82871 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.5 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estadística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,81659 |
| R ² | 0,66681 |
| R ² ajustado | 0,66599 |
| Erro padrão | 3,32434 |
| Observações | 5684 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 125382,62 | 8955,90 | 810,40 | 0 |
| Resíduo | 5669 | 62649,59 | 11,05 | | |
| Total | 5683 | 188032,21 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -26,32700 | 5,48068 | -4,80360 | 0,00000 | -37,07123 | -15,58278 | -37,07123 | -15,58278 |
| temp externa | 0,03197 | 0,01889 | 1,69268 | 0,09057 | -0,00506 | 0,06900 | -0,00506 | 0,06900 |
| UR externo | 0,07454 | 0,00422 | 17,65095 | 0,00000 | 0,06626 | 0,08282 | 0,06626 | 0,08282 |
| Radiação solar | 0,00355 | 0,00038 | 9,39394 | 0,00000 | 0,00281 | 0,00429 | 0,00281 | 0,00429 |
| ventilação | 0,49226 | 0,04112 | 11,97175 | 0,00000 | 0,41165 | 0,57287 | 0,41165 | 0,57287 |
| T1 | 6,46229 | 0,28340 | 22,80283 | 0,00000 | 5,90672 | 7,01786 | 5,90672 | 7,01786 |
| T2 | 4,11394 | 0,12389 | 33,20564 | 0,00000 | 3,87107 | 4,35682 | 3,87107 | 4,35682 |
| T3 | 3,35160 | 0,13323 | 25,15707 | 0,00000 | 3,09042 | 3,61277 | 3,09042 | 3,61277 |
| UH1 | 55,23116 | 3,98396 | 13,86338 | 0,00000 | 47,42107 | 63,04125 | 47,42107 | 63,04125 |
| UH2 | 28,89249 | 2,55167 | 11,32297 | 0,00000 | 23,89024 | 33,89474 | 23,89024 | 33,89474 |
| UH3 | -18,10090 | 1,32776 | -13,63263 | 0,00000 | -20,70383 | -15,49798 | -20,70383 | -15,49798 |
| UH4 | -24,85327 | 1,80318 | -13,78302 | 0,00000 | -28,38819 | -21,31835 | -28,38819 | -21,31835 |
| AA | 3,23091 | 0,12776 | 25,28880 | 0,00000 | 2,98045 | 3,48137 | 2,98045 | 3,48137 |
| AB | -0,93717 | 0,12803 | -7,31987 | 0,00000 | -1,18816 | -0,68618 | -1,18816 | -0,68618 |
| AC | 2,32066 | 0,13080 | 17,74237 | 0,00000 | 2,06425 | 2,57707 | 2,06425 | 2,57707 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.6 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,88692 |
| R ² | 0,78663 |
| R ² ajustado | 0,78635 |
| Erro padrão | 4,31237 |
| Observações | 11443 |

ANOVA

| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| Regressão | 15 | 783439,85 | 52229,32 | 2808,551 | 0 |
| Resíduo | 11427 | 212502,60 | 18,60 | | |
| Total | 11442 | 995942,45 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -32,38352 | 5,01755 | -6,45405 | 0,00000 | -42,21879 | -22,54826 | -42,21879 | -22,54826 |
| temp externa | 0,16994 | 0,01931 | 8,80267 | 0,00000 | 0,13210 | 0,20778 | 0,13210 | 0,20778 |
| UR externo | 0,20267 | 0,00449 | 45,16987 | 0,00000 | 0,19387 | 0,21146 | 0,19387 | 0,21146 |
| Radiação solar | 0,00696 | 0,00023 | 30,31006 | 0,00000 | 0,00651 | 0,00741 | 0,00651 | 0,00741 |
| ventilação | 0,54786 | 0,03744 | 14,63272 | 0,00000 | 0,47447 | 0,62125 | 0,47447 | 0,62125 |
| T1 | 5,08386 | 0,25651 | 19,81950 | 0,00000 | 4,58106 | 5,58666 | 4,58106 | 5,58666 |
| T2 | 1,36491 | 0,11364 | 12,01051 | 0,00000 | 1,14215 | 1,58767 | 1,14215 | 1,58767 |
| T3 | 0,70630 | 0,12206 | 5,78651 | 0,00000 | 0,46704 | 0,94556 | 0,46704 | 0,94556 |
| UH1 | 60,84685 | 3,62770 | 16,77286 | 0,00000 | 53,73594 | 67,95776 | 53,73594 | 67,95776 |
| UH2 | 36,10401 | 2,32136 | 15,55292 | 0,00000 | 31,55373 | 40,65428 | 31,55373 | 40,65428 |
| UH3 | -16,83902 | 1,20902 | -13,92778 | 0,00000 | -19,20892 | -14,46913 | -19,20892 | -14,46913 |
| UH4 | -24,25293 | 1,64189 | -14,77133 | 0,00000 | -27,47132 | -21,03454 | -27,47132 | -21,03454 |
| AA | 2,15168 | 0,11662 | 18,45052 | 0,00000 | 1,92309 | 2,38027 | 1,92309 | 2,38027 |
| AB | -0,60754 | 0,11737 | -5,17633 | 0,00000 | -0,83761 | -0,37748 | -0,83761 | -0,37748 |
| AC | 0,62950 | 0,11990 | 5,25018 | 0,00000 | 0,39448 | 0,86453 | 0,39448 | 0,86453 |
| inverno | -12,76193 | 0,19868 | -64,23420 | 0,00000 | -13,15138 | -12,37249 | -13,15138 | -12,37249 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE A3 - ZB3 – São Paulo/SP

Quadro A.7 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,91285 |
| R ² | 0,83329 |
| R ² ajustado | 0,83291 |
| Erro padrão | 3,52684 |
| Observações | 5687 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 13 | 352708,04 | 27131,39 | 2181,22 | 0 |
| Resíduo | 5673 | 70564,28 | 12,44 | | |
| Total | 5686 | 423272,32 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -22,64319 | 6,23513 | -3,63155 | 0,00028 | -34,86642 | -10,41995 | -34,86642 | -10,41995 |
| temp externa | -0,52087 | 0,07448 | -6,99359 | 0,00000 | -0,66687 | -0,37486 | -0,66687 | -0,37486 |
| UR externo | 0,30374 | 0,01405 | 21,61382 | 0,00000 | 0,27619 | 0,33129 | 0,27619 | 0,33129 |
| Radiação solar | 0,01412 | 0,00024 | 57,79673 | 0,00000 | 0,01364 | 0,01460 | 0,01364 | 0,01460 |
| ventilação | 0,56977 | 0,04237 | 13,44734 | 0,00000 | 0,48670 | 0,65283 | 0,48670 | 0,65283 |
| T1 | 1,76032 | 0,28716 | 6,13015 | 0,00000 | 1,19738 | 2,32326 | 1,19738 | 2,32326 |
| T2 | -3,63740 | 0,13339 | -27,26953 | 0,00000 | -3,89889 | -3,37591 | -3,89889 | -3,37591 |
| T3 | -4,67283 | 0,14386 | -32,48239 | 0,00000 | -4,95484 | -4,39081 | -4,95484 | -4,39081 |
| UH1 | 65,47992 | 4,10079 | 15,96764 | 0,00000 | 57,44080 | 73,51903 | 57,44080 | 73,51903 |
| UH2 | 44,88659 | 2,62043 | 17,12949 | 0,00000 | 39,74955 | 50,02364 | 39,74955 | 50,02364 |
| UH3 | -11,80433 | 1,37238 | -8,60136 | 0,00000 | -14,49472 | -9,11394 | -14,49472 | -9,11394 |
| UH4 | -20,22842 | 1,86326 | -10,85645 | 0,00000 | -23,88113 | -16,57571 | -23,88113 | -16,57571 |
| AA | -0,30886 | 0,11505 | -2,68450 | 0,00728 | -0,53441 | -0,08331 | -0,53441 | -0,08331 |
| AC | -2,09918 | 0,12863 | -16,31964 | 0,00000 | -2,35134 | -1,84702 | -2,35134 | -1,84702 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.8 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,86168 |
| R ² | 0,74250 |
| R ² ajustado | 0,74187 |
| Erro padrão | 3,43098 |
| Observações | 5761 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 195036,37 | 13931,17 | 1183,45 | 0 |
| Resíduo | 5746 | 67639,78 | 11,77 | | |
| Total | 5760 | 262676,15 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -36,80983 | 5,58699 | -6,58850 | 0,00000 | -47,76243 | -25,85724 | -47,76243 | -25,85724 |
| temp externa | 0,86861 | 0,01697 | 51,17719 | 0,00000 | 0,83534 | 0,90188 | 0,83534 | 0,90188 |
| UR externo | 0,33932 | 0,00427 | 79,49200 | 0,00000 | 0,33095 | 0,34769 | 0,33095 | 0,34769 |
| Radiação solar | 0,00289 | 0,00027 | 10,61131 | 0,00000 | 0,00236 | 0,00343 | 0,00236 | 0,00343 |
| ventilação | 0,41115 | 0,04193 | 9,80628 | 0,00000 | 0,32895 | 0,49334 | 0,32895 | 0,49334 |
| T1 | 4,62256 | 0,28565 | 16,18250 | 0,00000 | 4,06257 | 5,18254 | 4,06257 | 5,18254 |
| T2 | 1,95501 | 0,12809 | 15,26268 | 0,00000 | 1,70390 | 2,20611 | 1,70390 | 2,20611 |
| T3 | 1,44729 | 0,13722 | 10,54689 | 0,00000 | 1,17828 | 1,71630 | 1,17828 | 1,71630 |
| UH1 | 48,28513 | 4,06243 | 11,88578 | 0,00000 | 40,32124 | 56,24902 | 40,32124 | 56,24902 |
| UH2 | 26,00081 | 2,59744 | 10,01016 | 0,00000 | 20,90884 | 31,09277 | 20,90884 | 31,09277 |
| UH3 | -14,87789 | 1,35277 | -10,99810 | 0,00000 | -17,52983 | -12,22596 | -17,52983 | -12,22596 |
| UH4 | -20,54892 | 1,83864 | -11,17612 | 0,00000 | -24,15336 | -16,94449 | -24,15336 | -16,94449 |
| AA | 2,77017 | 0,13066 | 21,20123 | 0,00000 | 2,51403 | 3,02632 | 2,51403 | 3,02632 |
| AB | -0,81266 | 0,13197 | -6,15786 | 0,00000 | -1,07137 | -0,55394 | -1,07137 | -0,55394 |
| AC | 1,79476 | 0,13534 | 13,26143 | 0,00000 | 1,52944 | 2,06007 | 1,52944 | 2,06007 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.9 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,86847 |
| R ² | 0,75424 |
| R ² ajustado | 0,75394 |
| Erro padrão | 4,52062 |
| Observações | 11448 |

ANOVA

| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| Regressão | 14 | 717062,68 | 51218,76 | 2506,30 | 0 |
| Resíduo | 11433 | 233644,92 | 20,44 | | |
| Total | 11447 | 950707,61 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -52,88709 | 4,97496 | -10,63065 | 0,00000 | -62,63887 | -43,13531 | -62,63887 | -43,13531 |
| temp externa | 0,69710 | 0,02120 | 32,87923 | 0,00000 | 0,65554 | 0,73866 | 0,65554 | 0,73866 |
| UR externo | 0,45103 | 0,00454 | 99,25481 | 0,00000 | 0,44213 | 0,45994 | 0,44213 | 0,45994 |
| Radiação solar | 0,00851 | 0,00021 | 41,10219 | 0,00000 | 0,00810 | 0,00891 | 0,00810 | 0,00891 |
| ventilação | 0,51344 | 0,03711 | 13,83613 | 0,00000 | 0,44070 | 0,58618 | 0,44070 | 0,58618 |
| T1 | 3,35209 | 0,25486 | 13,15273 | 0,00000 | 2,85253 | 3,85166 | 2,85253 | 3,85166 |
| T2 | -0,83459 | 0,12007 | -6,95112 | 0,00000 | -1,06994 | -0,59924 | -1,06994 | -0,59924 |
| T3 | -1,62204 | 0,12820 | -12,65234 | 0,00000 | -1,87333 | -1,37074 | -1,87333 | -1,37074 |
| UH1 | 59,11335 | 3,59424 | 16,44671 | 0,00000 | 52,06803 | 66,15867 | 52,06803 | 66,15867 |
| UH2 | 36,88153 | 2,29787 | 16,05031 | 0,00000 | 32,37731 | 41,38575 | 32,37731 | 41,38575 |
| UH3 | -14,06218 | 1,19966 | -11,72180 | 0,00000 | -16,41372 | -11,71064 | -16,41372 | -11,71064 |
| UH4 | -21,37717 | 1,62948 | -13,11903 | 0,00000 | -24,57122 | -18,18311 | -24,57122 | -18,18311 |
| AA | 1,26071 | 0,11184 | 11,27274 | 0,00000 | 1,04149 | 1,47993 | 1,04149 | 1,47993 |
| AB | -0,43979 | 0,11427 | -3,84850 | 0,00012 | -0,66378 | -0,21579 | -0,66378 | -0,21579 |
| inverno | -4,10244 | 0,21703 | -18,90240 | 0,00000 | -4,52786 | -3,67702 | -4,52786 | -3,67702 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE A4 - ZB4 – Brasília/DF

Quadro A.10 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,92163 |
| R ² | 0,84941 |
| R ² ajustado | 0,84904 |
| Erro padrão | 2,51967 |
| Observações | 5760 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 205724,71 | 14694,62 | 2314,58 | 0 |
| Resíduo | 5745 | 36473,36 | 6,35 | | |
| Total | 5759 | 242198,07 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -75,04394 | 4,26120 | -17,61098 | 0,00000 | -83,39750 | -66,69038 | -83,39750 | -66,69038 |
| temp externa | 0,17547 | 0,03472 | 5,05343 | 0,00000 | 0,10740 | 0,24353 | 0,10740 | 0,24353 |
| UR externo | 0,41823 | 0,01147 | 36,44737 | 0,00000 | 0,39574 | 0,44073 | 0,39574 | 0,44073 |
| Radiação solar | 0,00756 | 0,00014 | 52,98466 | 0,00000 | 0,00728 | 0,00784 | 0,00728 | 0,00784 |
| ventilação | 0,68235 | 0,03074 | 22,19920 | 0,00000 | 0,62209 | 0,74260 | 0,62209 | 0,74260 |
| T1 | 3,39003 | 0,20950 | 16,18182 | 0,00000 | 2,97934 | 3,80072 | 2,97934 | 3,80072 |
| T2 | -2,88437 | 0,09390 | -30,71627 | 0,00000 | -3,06846 | -2,70029 | -3,06846 | -2,70029 |
| T3 | -4,30823 | 0,10075 | -42,76033 | 0,00000 | -4,50575 | -4,11072 | -4,50575 | -4,11072 |
| UH1 | 78,28612 | 2,97826 | 26,28583 | 0,00000 | 72,44760 | 84,12464 | 72,44760 | 84,12464 |
| UH2 | 49,71807 | 1,90426 | 26,10889 | 0,00000 | 45,98500 | 53,45113 | 45,98500 | 53,45113 |
| UH3 | -18,20362 | 0,99261 | -18,33905 | 0,00000 | -20,14951 | -16,25772 | -20,14951 | -16,25772 |
| UH4 | -27,99373 | 1,34797 | -20,76736 | 0,00000 | -30,63625 | -25,35120 | -30,63625 | -25,35120 |
| AA | 1,33922 | 0,09595 | 13,95763 | 0,00000 | 1,15112 | 1,52731 | 1,15112 | 1,52731 |
| AB | -0,88213 | 0,09692 | -9,10128 | 0,00000 | -1,07213 | -0,69212 | -1,07213 | -0,69212 |
| AC | -1,21456 | 0,09900 | -12,26856 | 0,00000 | -1,40864 | -1,02049 | -1,40864 | -1,02049 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.11 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estadística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,86188 |
| R ² | 0,74284 |
| R ² ajustado | 0,74230 |
| Erro padrão | 2,97491 |
| Observações | 5759 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 12 | 146894,88 | 12241,24 | 1383,17 | 0 |
| Resíduo | 5746 | 50852,72 | 8,85 | | |
| Total | 5758 | 197747,60 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -76,40651 | 4,56285 | -16,74534 | 0,00000 | -85,35141 | -67,46160 | -85,35141 | -67,46160 |
| temp externa | 1,23794 | 0,03265 | 37,92007 | 0,00000 | 1,17394 | 1,30194 | 1,17394 | 1,30194 |
| UR externo | 0,51325 | 0,00733 | 69,97649 | 0,00000 | 0,49887 | 0,52763 | 0,49887 | 0,52763 |
| Radiação solar | 0,00559 | 0,00019 | 29,83132 | 0,00000 | 0,00522 | 0,00596 | 0,00522 | 0,00596 |
| ventilação | 0,53344 | 0,03319 | 16,07029 | 0,00000 | 0,46837 | 0,59852 | 0,46837 | 0,59852 |
| T1 | 2,79625 | 0,24184 | 11,56255 | 0,00000 | 2,32216 | 3,27034 | 2,32216 | 3,27034 |
| T2 | -0,32748 | 0,09791 | -3,34459 | 0,00083 | -0,51942 | -0,13553 | -0,51942 | -0,13553 |
| UH1 | 60,27580 | 3,21671 | 18,73836 | 0,00000 | 53,96984 | 66,58175 | 53,96984 | 66,58175 |
| UH2 | 38,11066 | 2,05708 | 18,52656 | 0,00000 | 34,07800 | 42,14332 | 34,07800 | 42,14332 |
| UH3 | -13,70488 | 1,07312 | -12,77100 | 0,00000 | -15,80860 | -11,60115 | -15,80860 | -11,60115 |
| UH4 | -21,32845 | 1,45657 | -14,64290 | 0,00000 | -24,18388 | -18,47302 | -24,18388 | -18,47302 |
| AB | -0,30626 | 0,09725 | -3,14938 | 0,00164 | -0,49690 | -0,11562 | -0,49690 | -0,11562 |
| AC | -0,75897 | 0,10583 | -7,17184 | 0,00000 | -0,96643 | -0,55151 | -0,96643 | -0,55151 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.12 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,94960 |
| R ² | 0,90173 |
| R ² ajustado | 0,90160 |
| Erro padrão | 3,25945 |
| Observações | 11519 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|------------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 15 | 1121410,87 | 74760,72 | 7036,96 | 0 |
| Resíduo | 11503 | 122208,00 | 10,62 | | |
| Total | 11518 | 1243618,87 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -62,47253 | 3,80435 | -16,42135 | 0,00000 | -69,92970 | -55,01536 | -69,92970 | -55,01536 |
| temp externa | 0,22564 | 0,02265 | 9,96041 | 0,00000 | 0,18123 | 0,27004 | 0,18123 | 0,27004 |
| UR externo | 0,33445 | 0,00580 | 57,62502 | 0,00000 | 0,32308 | 0,34583 | 0,32308 | 0,34583 |
| Radiação solar | 0,00661 | 0,00013 | 49,25870 | 0,00000 | 0,00635 | 0,00688 | 0,00635 | 0,00688 |
| ventilação | 0,60081 | 0,02812 | 21,36882 | 0,00000 | 0,54570 | 0,65592 | 0,54570 | 0,65592 |
| T1 | 3,07605 | 0,19163 | 16,05200 | 0,00000 | 2,70043 | 3,45168 | 2,70043 | 3,45168 |
| T2 | -1,57926 | 0,08590 | -18,38591 | 0,00000 | -1,74763 | -1,41089 | -1,74763 | -1,41089 |
| T3 | -2,09237 | 0,09217 | -22,70144 | 0,00000 | -2,27304 | -1,91170 | -2,27304 | -1,91170 |
| UH1 | 68,59593 | 2,72428 | 25,17944 | 0,00000 | 63,25587 | 73,93599 | 63,25587 | 73,93599 |
| UH2 | 43,47677 | 1,74186 | 24,95992 | 0,00000 | 40,06242 | 46,89112 | 40,06242 | 46,89112 |
| UH3 | -15,72619 | 0,90797 | -17,32022 | 0,00000 | -17,50596 | -13,94642 | -17,50596 | -13,94642 |
| UH4 | -24,35080 | 1,23302 | -19,74897 | 0,00000 | -26,76772 | -21,93388 | -26,76772 | -21,93388 |
| AA | 0,68142 | 0,08777 | 7,76404 | 0,00000 | 0,50938 | 0,85345 | 0,50938 | 0,85345 |
| AB | -0,58516 | 0,08867 | -6,59958 | 0,00000 | -0,75895 | -0,41136 | -0,75895 | -0,41136 |
| AC | -0,99095 | 0,09056 | -10,94307 | 0,00000 | -1,16846 | -0,81345 | -1,16846 | -0,81345 |
| Inverno | 7,57069 | 0,10245 | 73,89757 | 0,00000 | 7,36987 | 7,77150 | 7,36987 | 7,77150 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE A5 - ZB5 – Vitória da Conquista/BA

Quadro A.13 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,86857 |
| R ² | 0,75442 |
| R ² ajustado | 0,75382 |
| Erro padrão | 4,20700 |
| Observações | 5760 |

ANOVA

| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| Regressão | 14 | 312361,69 | 22311,55 | 1260,62 | 0 |
| Resíduo | 5745 | 101680,02 | 17,70 | | |
| Total | 5759 | 414041,71 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -59,75519 | 6,90809 | -8,65003 | 0,00000 | -73,29766 | -46,21273 | -73,29766 | -46,21273 |
| temp externa | -0,11501 | 0,03414 | -3,36886 | 0,00076 | -0,18194 | -0,04808 | -0,18194 | -0,04808 |
| UR externo | 0,34097 | 0,00700 | 48,72774 | 0,00000 | 0,32725 | 0,35469 | 0,32725 | 0,35469 |
| Radiação solar | 0,00865 | 0,00019 | 46,29616 | 0,00000 | 0,00828 | 0,00901 | 0,00828 | 0,00901 |
| ventilação | 0,71987 | 0,05132 | 14,02671 | 0,00000 | 0,61926 | 0,82048 | 0,61926 | 0,82048 |
| T1 | 2,70039 | 0,34979 | 7,72006 | 0,00000 | 2,01467 | 3,38611 | 2,01467 | 3,38611 |
| T2 | -4,23023 | 0,15679 | -26,98055 | 0,00000 | -4,53759 | -3,92287 | -4,53759 | -3,92287 |
| T3 | -5,87752 | 0,16822 | -34,93866 | 0,00000 | -6,20731 | -5,54774 | -6,20731 | -5,54774 |
| UH1 | 81,29286 | 4,97271 | 16,34780 | 0,00000 | 71,54448 | 91,04125 | 71,54448 | 91,04125 |
| UH2 | 54,88522 | 3,17948 | 17,26234 | 0,00000 | 48,65225 | 61,11820 | 48,65225 | 61,11820 |
| UH3 | -17,05547 | 1,65734 | -10,29089 | 0,00000 | -20,30448 | -13,80647 | -20,30448 | -13,80647 |
| UH4 | -28,00955 | 2,25066 | -12,44505 | 0,00000 | -32,42169 | -23,59741 | -32,42169 | -23,59741 |
| AA | 0,58625 | 0,16020 | 3,65944 | 0,00026 | 0,27219 | 0,90031 | 0,27219 | 0,90031 |
| AB | -0,83095 | 0,16183 | -5,13473 | 0,00000 | -1,14820 | -0,51370 | -1,14820 | -0,51370 |
| AC | -1,79392 | 0,16529 | -10,85292 | 0,00000 | -2,11796 | -1,46988 | -2,11796 | -1,46988 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.14 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,83880 |
| R ² | 0,70359 |
| R ² ajustado | 0,70287 |
| Erro padrão | 3,06031 |
| Observações | 5760 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 127716,98 | 9122,64 | 974,07 | 0 |
| Resíduo | 5745 | 53804,77 | 9,37 | | |
| Total | 5759 | 181521,75 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -71,84054 | 5,03507 | -14,26803 | 0,00000 | -81,71117 | -61,96990 | -81,71117 | -61,96990 |
| temp externa | 0,58818 | 0,02250 | 26,14052 | 0,00000 | 0,54407 | 0,63229 | 0,54407 | 0,63229 |
| UR externo | 0,40037 | 0,00662 | 60,45891 | 0,00000 | 0,38739 | 0,41335 | 0,38739 | 0,41335 |
| Radiação solar | 0,00707 | 0,00022 | 32,73139 | 0,00000 | 0,00665 | 0,00749 | 0,00665 | 0,00749 |
| ventilação | 0,69568 | 0,03733 | 18,63456 | 0,00000 | 0,62249 | 0,76887 | 0,62249 | 0,76887 |
| T1 | 4,69886 | 0,25445 | 18,46690 | 0,00000 | 4,20005 | 5,19767 | 4,20005 | 5,19767 |
| T2 | -0,98433 | 0,11405 | -8,63048 | 0,00000 | -1,20792 | -0,76074 | -1,20792 | -0,76074 |
| T3 | -1,85497 | 0,12237 | -15,15848 | 0,00000 | -2,09486 | -1,61507 | -2,09486 | -1,61507 |
| UH1 | 77,00817 | 3,61731 | 21,28881 | 0,00000 | 69,91688 | 84,09945 | 69,91688 | 84,09945 |
| UH2 | 50,37750 | 2,31285 | 21,78153 | 0,00000 | 45,84344 | 54,91157 | 45,84344 | 54,91157 |
| UH3 | -17,87543 | 1,20560 | -14,82700 | 0,00000 | -20,23886 | -15,51199 | -20,23886 | -15,51199 |
| UH4 | -28,69697 | 1,63720 | -17,52807 | 0,00000 | -31,90650 | -25,48744 | -31,90650 | -25,48744 |
| AA | 0,75767 | 0,11654 | 6,50154 | 0,00000 | 0,52921 | 0,98612 | 0,52921 | 0,98612 |
| AB | -0,71816 | 0,11772 | -6,10058 | 0,00000 | -0,94894 | -0,48739 | -0,94894 | -0,48739 |
| AC | -0,56113 | 0,12024 | -4,66672 | 0,00000 | -0,79684 | -0,32541 | -0,79684 | -0,32541 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.15 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,88027 |
| R ² | 0,77488 |
| R ² ajustado | 0,77458 |
| Erro padrão | 3,89704 |
| Observações | 11520 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 15 | 601359,91 | 40090,66 | 2639,81 | 0 |
| Resíduo | 11504 | 174710,36 | 15,19 | | |
| Total | 11519 | 776070,27 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -70,80944 | 4,52310 | -15,65505 | 0,00000 | -79,67549 | -61,94338 | -79,67549 | -61,94338 |
| temp externa | 0,31298 | 0,02105 | 14,87121 | 0,00000 | 0,27173 | 0,35423 | 0,27173 | 0,35423 |
| UR externo | 0,38867 | 0,00488 | 79,66410 | 0,00000 | 0,37910 | 0,39823 | 0,37910 | 0,39823 |
| Radiação solar | 0,00762 | 0,00014 | 53,98649 | 0,00000 | 0,00734 | 0,00790 | 0,00734 | 0,00790 |
| ventilação | 0,70766 | 0,03362 | 21,05135 | 0,00000 | 0,64177 | 0,77355 | 0,64177 | 0,77355 |
| T1 | 3,69891 | 0,22911 | 16,14438 | 0,00000 | 3,24981 | 4,14802 | 3,24981 | 4,14802 |
| T2 | -2,60753 | 0,10270 | -25,39038 | 0,00000 | -2,80884 | -2,40623 | -2,80884 | -2,40623 |
| T3 | -3,86586 | 0,11019 | -35,08412 | 0,00000 | -4,08184 | -3,64987 | -4,08184 | -3,64987 |
| UH1 | 79,13946 | 3,25717 | 24,29702 | 0,00000 | 72,75486 | 85,52406 | 72,75486 | 85,52406 |
| UH2 | 52,62431 | 2,08259 | 25,26874 | 0,00000 | 48,54208 | 56,70653 | 48,54208 | 56,70653 |
| UH3 | -17,46207 | 1,08557 | -16,08563 | 0,00000 | -19,58998 | -15,33417 | -19,58998 | -15,33417 |
| UH4 | -28,34824 | 1,47420 | -19,22957 | 0,00000 | -31,23793 | -25,45856 | -31,23793 | -25,45856 |
| AA | 0,67154 | 0,10493 | 6,39964 | 0,00000 | 0,46585 | 0,87723 | 0,46585 | 0,87723 |
| AB | -0,77471 | 0,10600 | -7,30855 | 0,00000 | -0,98248 | -0,56693 | -0,98248 | -0,56693 |
| AC | -1,17788 | 0,10827 | -10,87920 | 0,00000 | -1,39011 | -0,96565 | -1,39011 | -0,96565 |
| inverno | 3,62518 | 0,08503 | 42,63414 | 0,00000 | 3,45851 | 3,79185 | 3,45851 | 3,79185 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE A6 - ZB6 – Campo Grande/MS

Quadro A.16 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,92151 |
| R ² | 0,84918 |
| R ² ajustado | 0,84881 |
| Erro padrão | 2,77320 |
| Observações | 5760 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 248770,55 | 17769,32 | 2310,51 | 0 |
| Resíduo | 5745 | 44182,77 | 7,69 | | |
| Total | 5759 | 292953,32 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -55,07554 | 4,76338 | -11,56229 | 0,00000 | -64,41356 | -45,73752 | -64,41356 | -45,73752 |
| temp externa | 0,00866 | 0,03703 | 0,23400 | 0,81500 | -0,06393 | 0,08126 | -0,06393 | 0,08126 |
| UR externo | 0,35272 | 0,00899 | 39,24719 | 0,00000 | 0,33511 | 0,37034 | 0,33511 | 0,37034 |
| Radiação solar | 0,00748 | 0,00020 | 38,24695 | 0,00000 | 0,00710 | 0,00786 | 0,00710 | 0,00786 |
| ventilação | 0,71516 | 0,03419 | 20,91756 | 0,00000 | 0,64813 | 0,78218 | 0,64813 | 0,78218 |
| T1 | 1,05537 | 0,23149 | 4,55896 | 0,00001 | 0,60156 | 1,50918 | 0,60156 | 1,50918 |
| T2 | -6,75547 | 0,10335 | -65,36333 | 0,00000 | -6,95808 | -6,55286 | -6,95808 | -6,55286 |
| T3 | -7,89711 | 0,11091 | -71,20578 | 0,00000 | -8,11452 | -7,67969 | -8,11452 | -7,67969 |
| UH1 | 81,12737 | 3,31269 | 24,48990 | 0,00000 | 74,63326 | 87,62149 | 74,63326 | 87,62149 |
| UH2 | 57,65397 | 2,11804 | 27,22037 | 0,00000 | 53,50180 | 61,80613 | 53,50180 | 61,80613 |
| UH3 | -15,03372 | 1,10489 | -13,60655 | 0,00000 | -17,19972 | -12,86772 | -17,19972 | -12,86772 |
| UH4 | -25,43449 | 1,49925 | -16,96477 | 0,00000 | -28,37359 | -22,49539 | -28,37359 | -22,49539 |
| AA | -0,61444 | 0,10565 | -5,81579 | 0,00000 | -0,82156 | -0,40733 | -0,82156 | -0,40733 |
| AB | -0,43448 | 0,10694 | -4,06300 | 0,00005 | -0,64411 | -0,22484 | -0,64411 | -0,22484 |
| AC | -3,54918 | 0,10908 | -32,53855 | 0,00000 | -3,76301 | -3,33535 | -3,76301 | -3,33535 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.17 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,80159 |
| R ² | 0,64255 |
| R ² ajustado | 0,64174 |
| Erro padrão | 3,59880 |
| Observações | 5760 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 13 | 133774,25 | 10290,33 | 794,54 | 0 |
| Resíduo | 5746 | 74418,35 | 12,95 | | |
| Total | 5759 | 208192,60 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -19,68218 | 5,64991 | -3,48363 | 0,00050 | -30,75813 | -8,60623 | -30,75813 | -8,60623 |
| temp externa | 0,65963 | 0,04358 | 15,13732 | 0,00000 | 0,57420 | 0,74505 | 0,57420 | 0,74505 |
| UR externo | 0,50668 | 0,00892 | 56,82242 | 0,00000 | 0,48920 | 0,52416 | 0,48920 | 0,52416 |
| Radiação solar | 0,00780 | 0,00046 | 16,81335 | 0,00000 | 0,00689 | 0,00871 | 0,00689 | 0,00871 |
| ventilação | 0,28562 | 0,04142 | 6,89582 | 0,00000 | 0,20442 | 0,36682 | 0,20442 | 0,36682 |
| T1 | 2,88151 | 0,29912 | 9,63327 | 0,00000 | 2,29512 | 3,46789 | 2,29512 | 3,46789 |
| T3 | 0,20752 | 0,11875 | 1,74752 | 0,08060 | -0,02528 | 0,44031 | -0,02528 | 0,44031 |
| UH1 | 34,21461 | 4,01359 | 8,52470 | 0,00000 | 26,34647 | 42,08276 | 26,34647 | 42,08276 |
| UH2 | 19,64908 | 2,56651 | 7,65594 | 0,00000 | 14,61775 | 24,68041 | 14,61775 | 24,68041 |
| UH3 | -10,24794 | 1,33962 | -7,64989 | 0,00000 | -12,87410 | -7,62178 | -12,87410 | -7,62178 |
| UH4 | -14,35774 | 1,81710 | -7,90147 | 0,00000 | -17,91994 | -10,79554 | -17,91994 | -10,79554 |
| AA | 2,40962 | 0,13672 | 17,62402 | 0,00000 | 2,14159 | 2,67765 | 2,14159 | 2,67765 |
| AB | -1,26071 | 0,13818 | -9,12357 | 0,00000 | -1,53160 | -0,98982 | -1,53160 | -0,98982 |
| AC | 1,52784 | 0,14062 | 10,86532 | 0,00000 | 1,25218 | 1,80350 | 1,25218 | 1,80350 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.18 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,83121 |
| R ² | 0,69091 |
| R ² ajustado | 0,69051 |
| Erro padrão | 4,23715 |
| Observações | 11520 |

ANOVA

| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| Regressão | 15 | 461669,80 | 30777,99 | 1714,32 | 0 |
| Resíduo | 11504 | 206536,22 | 17,95 | | |
| Total | 11519 | 668206,02 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -41,65869 | 5,06826 | -8,21953 | 0,00000 | -51,59333 | -31,72404 | -51,59333 | -31,72404 |
| temp externa | 0,38884 | 0,03505 | 11,09476 | 0,00000 | 0,32014 | 0,45754 | 0,32014 | 0,45754 |
| UR externo | 0,44500 | 0,00760 | 58,55535 | 0,00000 | 0,43011 | 0,45990 | 0,43011 | 0,45990 |
| Radiação solar | 0,00691 | 0,00025 | 27,26084 | 0,00000 | 0,00642 | 0,00741 | 0,00642 | 0,00741 |
| ventilação | 0,49983 | 0,03694 | 13,53178 | 0,00000 | 0,42743 | 0,57224 | 0,42743 | 0,57224 |
| T1 | 1,86052 | 0,25010 | 7,43906 | 0,00000 | 1,37028 | 2,35076 | 1,37028 | 2,35076 |
| T2 | -3,48441 | 0,11166 | -31,20551 | 0,00000 | -3,70329 | -3,26554 | -3,70329 | -3,26554 |
| T3 | -4,05003 | 0,11982 | -33,80091 | 0,00000 | -4,28490 | -3,81516 | -4,28490 | -3,81516 |
| UH1 | 57,61754 | 3,57897 | 16,09893 | 0,00000 | 50,60216 | 64,63293 | 50,60216 | 64,63293 |
| UH2 | 38,61698 | 2,28830 | 16,87586 | 0,00000 | 34,13153 | 43,10243 | 34,13153 | 43,10243 |
| UH3 | -12,62288 | 1,19370 | -10,57457 | 0,00000 | -14,96274 | -10,28302 | -14,96274 | -10,28302 |
| UH4 | -19,87104 | 1,61977 | -12,26785 | 0,00000 | -23,04606 | -16,69602 | -23,04606 | -16,69602 |
| AA | 0,89770 | 0,11414 | 7,86464 | 0,00000 | 0,67396 | 1,12144 | 0,67396 | 1,12144 |
| AB | -0,84714 | 0,11553 | -7,33262 | 0,00000 | -1,07361 | -0,62068 | -1,07361 | -0,62068 |
| AC | -1,01096 | 0,11784 | -8,57884 | 0,00000 | -1,24196 | -0,77997 | -1,24196 | -0,77997 |
| inverno | 2,44926 | 0,33072 | 7,40576 | 0,00000 | 1,80098 | 3,09753 | 1,80098 | 3,09753 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE A7 - ZB7 – Cuiabá/MT

Quadro A.19 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,90854 |
| R ² | 0,82545 |
| R ² ajustado | 0,82505 |
| Erro padrão | 4,18099 |
| Observações | 5760 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>le significação</i> |
| Regressão | 13 | 474985,59 | 36537,35 | 2090,16 | 0 |
| Resíduo | 5746 | 100443,81 | 17,48 | | |
| Total | 5759 | 575429,40 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>5% inferior</i> | <i>5% superior</i> | <i>inferior 95,0%</i> | <i>superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -37,39288 | 4,63518 | -8,06718 | 0,00000 | -46,47958 | -28,30617 | -46,47958 | -28,30617 |
| temp externa | -0,27029 | 0,07713 | -3,50412 | 0,00046 | -0,42150 | -0,11908 | -0,42150 | -0,11908 |
| UR externo | 0,34309 | 0,01827 | 18,77717 | 0,00000 | 0,30727 | 0,37891 | 0,30727 | 0,37891 |
| Radiação solar | 0,01388 | 0,00033 | 41,67783 | 0,00000 | 0,01322 | 0,01453 | 0,01322 | 0,01453 |
| ventilação | 0,65335 | 0,02296 | 28,45277 | 0,00000 | 0,60834 | 0,69837 | 0,60834 | 0,69837 |
| T2 | -8,30110 | 0,15206 | -54,59135 | 0,00000 | -8,59920 | -8,00301 | -8,59920 | -8,00301 |
| T3 | -9,26532 | 0,16611 | -55,77861 | 0,00000 | -9,59096 | -8,93968 | -9,59096 | -8,93968 |
| UH1 | 77,96120 | 2,23186 | 34,93100 | 0,00000 | 73,58591 | 82,33649 | 73,58591 | 82,33649 |
| UH2 | 56,42267 | 1,43249 | 39,38774 | 0,00000 | 53,61445 | 59,23090 | 53,61445 | 59,23090 |
| UH3 | -11,36479 | 0,75650 | -15,02284 | 0,00000 | -12,84781 | -9,88176 | -12,84781 | -9,88176 |
| UH4 | -22,00906 | 1,01772 | -21,62585 | 0,00000 | -24,00418 | -20,01395 | -24,00418 | -20,01395 |
| AA | -2,02173 | 0,15685 | -12,88953 | 0,00000 | -2,32921 | -1,71424 | -2,32921 | -1,71424 |
| AB | -0,83157 | 0,15715 | -5,29168 | 0,00000 | -1,13963 | -0,52350 | -1,13963 | -0,52350 |
| AC | -5,11331 | 0,15818 | -32,32625 | 0,00000 | -5,42340 | -4,80322 | -5,42340 | -4,80322 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.20 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,87307 |
| R ² | 0,76224 |
| R ² ajustado | 0,76166 |
| Erro padrão | 3,66962 |
| Observações | 5760 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 248024,31 | 17716,02 | 1315,60 | 0 |
| Resíduo | 5745 | 77362,90 | 13,47 | | |
| Total | 5759 | 325387,21 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -20,99091 | 6,00389 | -3,49622 | 0,00048 | -32,76081 | -9,22102 | -32,76081 | -9,22102 |
| temp externa | 0,81334 | 0,01354 | 60,08064 | 0,00000 | 0,78680 | 0,83988 | 0,78680 | 0,83988 |
| UR externo | 0,33340 | 0,00406 | 82,04267 | 0,00000 | 0,32543 | 0,34137 | 0,32543 | 0,34137 |
| Radiação solar | 0,00322 | 0,00017 | 18,68443 | 0,00000 | 0,00288 | 0,00355 | 0,00288 | 0,00355 |
| ventilação | 0,33680 | 0,04483 | 7,51314 | 0,00000 | 0,24892 | 0,42468 | 0,24892 | 0,42468 |
| T1 | 3,29942 | 0,30518 | 10,81141 | 0,00000 | 2,70115 | 3,89768 | 2,70115 | 3,89768 |
| T2 | -3,23706 | 0,13676 | -23,66951 | 0,00000 | -3,50517 | -2,96896 | -3,50517 | -2,96896 |
| T3 | -4,25706 | 0,14678 | -29,00205 | 0,00000 | -4,54482 | -3,96931 | -4,54482 | -3,96931 |
| UH1 | 41,50871 | 4,34407 | 9,55527 | 0,00000 | 32,99270 | 50,02471 | 32,99270 | 50,02471 |
| UH2 | 28,79962 | 2,77775 | 10,36797 | 0,00000 | 23,35418 | 34,24506 | 23,35418 | 34,24506 |
| UH3 | -8,48488 | 1,44710 | -5,86338 | 0,00000 | -11,32174 | -5,64803 | -11,32174 | -5,64803 |
| UH4 | -14,83683 | 1,96534 | -7,54923 | 0,00000 | -18,68965 | -10,98402 | -18,68965 | -10,98402 |
| AA | 1,68275 | 0,13992 | 12,02618 | 0,00000 | 1,40844 | 1,95705 | 1,40844 | 1,95705 |
| AB | -2,05691 | 0,14133 | -14,55437 | 0,00000 | -2,33396 | -1,77986 | -2,33396 | -1,77986 |
| AC | -0,66828 | 0,14458 | -4,62224 | 0,00000 | -0,95171 | -0,38485 | -0,95171 | -0,38485 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.21 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,82487 |
| R ² | 0,68041 |
| R ² ajustado | 0,68002 |
| Erro padrão | 5,02881 |
| Observações | 11520 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 14 | 619425,06 | 44244,65 | 1749,56 | 0 |
| Resíduo | 11505 | 290949,41 | 25,29 | | |
| Total | 11519 | 910374,47 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -48,07769 | 5,76232 | -8,34346 | 0,00000 | -59,37282 | -36,78256 | -59,37282 | -36,78256 |
| temp externa | 0,87371 | 0,01800 | 48,53087 | 0,00000 | 0,83842 | 0,90899 | 0,83842 | 0,90899 |
| UR externo | 0,41155 | 0,00510 | 80,74977 | 0,00000 | 0,40156 | 0,42154 | 0,40156 | 0,42154 |
| Radiação solar | 0,00190 | 0,00016 | 11,77676 | 0,00000 | 0,00158 | 0,00221 | 0,00158 | 0,00221 |
| ventilação | 0,45662 | 0,04252 | 10,73817 | 0,00000 | 0,37327 | 0,53998 | 0,37327 | 0,53998 |
| T1 | 1,36548 | 0,29073 | 4,69680 | 0,00000 | 0,79561 | 1,93536 | 0,79561 | 1,93536 |
| T2 | -5,78961 | 0,13252 | -43,68766 | 0,00000 | -6,04938 | -5,52984 | -6,04938 | -5,52984 |
| T3 | -6,73776 | 0,14182 | -47,50802 | 0,00000 | -7,01576 | -6,45976 | -7,01576 | -6,45976 |
| UH1 | 56,01742 | 4,12087 | 13,59358 | 0,00000 | 47,93981 | 64,09503 | 47,93981 | 64,09503 |
| UH2 | 40,24060 | 2,63512 | 15,27087 | 0,00000 | 35,07532 | 45,40589 | 35,07532 | 45,40589 |
| UH3 | -8,68285 | 1,37304 | -6,32381 | 0,00000 | -11,37424 | -5,99146 | -11,37424 | -5,99146 |
| UH4 | -16,73515 | 1,86456 | -8,97539 | 0,00000 | -20,39001 | -13,08029 | -20,39001 | -13,08029 |
| AB | -1,33902 | 0,11645 | -11,49910 | 0,00000 | -1,56728 | -1,11077 | -1,56728 | -1,11077 |
| AC | -2,85376 | 0,12829 | -22,24463 | 0,00000 | -3,10523 | -2,60229 | -3,10523 | -2,60229 |
| inverno | 4,92161 | 0,16357 | 30,08811 | 0,00000 | 4,60097 | 5,24224 | 4,60097 | 5,24224 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE A8 - ZB8 – Manaus/AM

Quadro A.22 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|--|--|--|--|--|--|--|
| R múltiplo | 0,92718 | | | | | | | |
| R ² | 0,85966 | | | | | | | |
| R ² ajustado | 0,85934 | | | | | | | |
| Erro padrão | 3,18709 | | | | | | | |
| Observações | 5688 | | | | | | | |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 13 | 353049,03 | 27157,62 | 2673,65 | 0 |
| Resíduo | 5674 | 57633,75 | 10,16 | | |
| Total | 5687 | 410682,78 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -11,96468 | 5,40595 | -2,21324 | 0,02692 | -22,56242 | -1,36695 | -22,56242 | -1,36695 |
| temp externa | -0,85782 | 0,05363 | -15,99584 | 0,00000 | -0,96295 | -0,75269 | -0,96295 | -0,75269 |
| UR externo | 0,19938 | 0,00968 | 20,59184 | 0,00000 | 0,18040 | 0,21837 | 0,18040 | 0,21837 |
| Radiação solar | 0,00842 | 0,00018 | 46,09836 | 0,00000 | 0,00806 | 0,00877 | 0,00806 | 0,00877 |
| ventilação | 0,73071 | 0,03790 | 19,28065 | 0,00000 | 0,65642 | 0,80501 | 0,65642 | 0,80501 |
| T1 | -0,91235 | 0,25848 | -3,52971 | 0,00042 | -1,41907 | -0,40564 | -1,41907 | -0,40564 |
| T2 | -7,76174 | 0,12052 | -64,40423 | 0,00000 | -7,99800 | -7,52548 | -7,99800 | -7,52548 |
| T3 | -8,47430 | 0,12937 | -65,50592 | 0,00000 | -8,72790 | -8,22069 | -8,72790 | -8,22069 |
| UH1 | 80,47491 | 3,67251 | 21,91279 | 0,00000 | 73,27539 | 87,67443 | 73,27539 | 87,67443 |
| UH2 | 61,20591 | 2,34835 | 26,06342 | 0,00000 | 56,60226 | 65,80957 | 56,60226 | 65,80957 |
| UH3 | -12,95921 | 1,22401 | -10,58749 | 0,00000 | -15,35874 | -10,55968 | -15,35874 | -10,55968 |
| UH4 | -23,66952 | 1,65967 | -14,26160 | 0,00000 | -26,92311 | -20,41594 | -26,92311 | -20,41594 |
| AA | -2,29321 | 0,10332 | -22,19549 | 0,00000 | -2,49576 | -2,09067 | -2,49576 | -2,09067 |
| AC | -4,70129 | 0,11872 | -39,60121 | 0,00000 | -4,93402 | -4,46856 | -4,93402 | -4,46856 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.23 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,85757 |
| R ² | 0,73542 |
| R ² ajustado | 0,73482 |
| Erro padrão | 2,80764 |
| Observações | 5760 |

ANOVA

| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| Regressão | 13 | 125899,78 | 9684,60 | 1228,57 | 0 |
| Resíduo | 5746 | 45294,81 | 7,88 | | |
| Total | 5759 | 171194,59 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -35,14148 | 2,34467 | -14,98780 | 0,00000 | -39,73792 | -30,54503 | -39,73792 | -30,54503 |
| temp externa | 0,08762 | 0,03353 | 2,61330 | 0,00899 | 0,02189 | 0,15336 | 0,02189 | 0,15336 |
| UR externo | 0,30440 | 0,00754 | 40,39216 | 0,00000 | 0,28962 | 0,31917 | 0,28962 | 0,31917 |
| Radiação solar | 0,00505 | 0,00039 | 12,80489 | 0,00000 | 0,00428 | 0,00582 | 0,00428 | 0,00582 |
| ventilação | 0,69020 | 0,01554 | 44,42151 | 0,00000 | 0,65974 | 0,72066 | 0,65974 | 0,72066 |
| T2 | -4,38711 | 0,10092 | -43,46925 | 0,00000 | -4,58496 | -4,18926 | -4,58496 | -4,18926 |
| T3 | -4,14054 | 0,11014 | -37,59430 | 0,00000 | -4,35646 | -3,92463 | -4,35646 | -3,92463 |
| UH1 | 72,67706 | 1,50971 | 48,13982 | 0,00000 | 69,71746 | 75,63666 | 69,71746 | 75,63666 |
| UH2 | 52,88288 | 0,96884 | 54,58383 | 0,00000 | 50,98359 | 54,78216 | 50,98359 | 54,78216 |
| UH3 | -15,39869 | 0,51934 | -29,65038 | 0,00000 | -16,41680 | -14,38058 | -16,41680 | -14,38058 |
| UH4 | -24,23473 | 0,68878 | -35,18502 | 0,00000 | -25,58499 | -22,88446 | -25,58499 | -22,88446 |
| AA | -1,36200 | 0,10524 | -12,94162 | 0,00000 | -1,56831 | -1,15569 | -1,56831 | -1,15569 |
| AB | 0,65764 | 0,10546 | 6,23590 | 0,00000 | 0,45090 | 0,86438 | 0,45090 | 0,86438 |
| AC | -2,59459 | 0,10531 | -24,63708 | 0,00000 | -2,80104 | -2,38814 | -2,80104 | -2,38814 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro A.24 – Resposta a influência do volume e sistemas construtivos na umidade dos ambientes para dia típico de inverno e verão conforme ABNT NBR 15575:2013

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo | 0,91974 |
| R ² | 0,84592 |
| R ² ajustado | 0,84572 |
| Erro padrão | 3,31890 |
| Observações | 11448 |

| ANOVA | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|
| | <i>gl</i> | <i>SQ</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significação</i> |
| Regressão | 15 | 691342,13 | 46089,48 | 4184,20 | 0 |
| Resíduo | 11432 | 125924,74 | 11,02 | | |
| Total | 11447 | 817266,87 | | | |

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|----------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção | -26,72206 | 3,63833 | -7,34459 | 0,00000 | -33,85381 | -19,59031 | -33,85381 | -19,59031 |
| temp externa | -0,24321 | 0,03114 | -7,81085 | 0,00000 | -0,30425 | -0,18218 | -0,30425 | -0,18218 |
| UR externo | 0,29557 | 0,00589 | 50,21744 | 0,00000 | 0,28403 | 0,30711 | 0,28403 | 0,30711 |
| Radiação solar | 0,00720 | 0,00017 | 43,19740 | 0,00000 | 0,00687 | 0,00753 | 0,00687 | 0,00753 |
| ventilação | 0,66100 | 0,02596 | 25,46587 | 0,00000 | 0,61012 | 0,71188 | 0,61012 | 0,71188 |
| T1 | -0,75262 | 0,17601 | -4,27601 | 0,00002 | -1,09763 | -0,40761 | -1,09763 | -0,40761 |
| T2 | -6,09101 | 0,08806 | -69,17183 | 0,00000 | -6,26362 | -5,91841 | -6,26362 | -5,91841 |
| T3 | -6,26649 | 0,09350 | -67,01873 | 0,00000 | -6,44978 | -6,08321 | -6,44978 | -6,08321 |
| UH1 | 71,73832 | 2,51541 | 28,51949 | 0,00000 | 66,80768 | 76,66897 | 66,80768 | 76,66897 |
| UH2 | 53,93667 | 1,60866 | 33,52884 | 0,00000 | 50,78341 | 57,08993 | 50,78341 | 57,08993 |
| UH3 | -12,63291 | 0,84543 | -14,94255 | 0,00000 | -14,29011 | -10,97572 | -14,29011 | -10,97572 |
| UH4 | -21,84248 | 1,13824 | -19,18965 | 0,00000 | -24,07363 | -19,61133 | -24,07363 | -19,61133 |
| AA | -1,78895 | 0,08906 | -20,08692 | 0,00000 | -1,96352 | -1,61437 | -1,96352 | -1,61437 |
| AB | 0,42108 | 0,08981 | 4,68870 | 0,00000 | 0,24504 | 0,59711 | 0,24504 | 0,59711 |
| AC | -3,69019 | 0,09083 | -40,62756 | 0,00000 | -3,86823 | -3,51215 | -3,86823 | -3,51215 |
| inverno | 3,74807 | 0,11572 | 32,39049 | 0,00000 | 3,52125 | 3,97489 | 3,52125 | 3,97489 |

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE B – CONDENSAÇÃO SUPERFICIAL

ZB1 – Curitiba/PR

Tabela B.1 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHEIRO | DORM. 1 | DORM. 2 |
|-------|------|---------|----------|---------|---------|
| T1 AA | 65 | 999 | 2170 | 0 | 1 |
| T1 AB | 5 | 1557 | 2856 | 0 | 0 |
| T1 AC | 210 | 1864 | 3547 | 10 | 14 |
| T1 AD | 173 | 1887 | 3051 | 4 | 7 |
| T2 AA | 14 | 679 | 1217 | 0 | 0 |
| T2 AB | 115 | 1265 | 1588 | 3 | 6 |
| T2 AC | 59 | 1178 | 1905 | 0 | 0 |
| T2 AD | 54 | 1246 | 1710 | 0 | 0 |
| T3 AA | 24 | 785 | 988 | 0 | 0 |
| T3 AB | 178 | 944 | 1018 | 52 | 63 |
| T3 AC | 115 | 1265 | 1588 | 3 | 6 |
| T3 AD | 102 | 1002 | 968 | 14 | 27 |
| T4 AA | 24 | 754 | 1449 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 939 | 1444 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 848 | 8760 | 1 | 1 |
| T4 AD | 0 | 916 | 1550 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.2 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| | SALA | BANHEIRO | COZINHA | BANHEIRO | SUÍTE | DORM. |
|-------|------|----------|---------|----------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 6 | 3 | 6 | 4 | 6 | 4 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.3 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAVANDERIA | LAVABO | DORM. 1 | DORM. 2 | BANHO | BANHO | CIRC. | SUÍTE |
|-------|------|------------|--------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.4 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH4

| | SALA | ESCRIT. | LAVABO | LAV. | SUÍTE1 | SUITE2 | SUITE3 | BANHO | BANHO | BANHO | CIRC. |
|-------|------|---------|--------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 2 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.5 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SALA | LAVABO | LAV. | DESP. | CIRC. | BANHO | SUITE1 | SUITE2 | SUITE3 | BAN. | BAN. | BAN. | BAN. | CIRC. |
|-------|------|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------|------|------|------|-------|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 3 | 3 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 3 | 3 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

ZB2 – São Lourenço/MG

Tabela B.6 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHEIRO | DORM.1 | DORM.2 | |
|-------|------|---------|----------|--------|--------|---|
| T1 AA | | 0 | 725 | 1581 | 0 | 0 |
| T1 AB | | 18 | 1501 | 2518 | 0 | 0 |
| T1 AC | | 15 | 1456 | 3313 | 0 | 0 |
| T1 AD | | 9 | 1460 | 2610 | 0 | 0 |
| T2 AA | | 0 | 549 | 914 | 0 | 0 |
| T2 AB | | 8 | 980 | 1156 | 0 | 0 |
| T2 AC | | 0 | 924 | 1447 | 0 | 0 |
| T2 AD | | 0 | 923 | 1227 | 0 | 0 |
| T3 AA | | 0 | 749 | 996 | 0 | 0 |
| T3 AB | | 2 | 874 | 1040 | 0 | 0 |
| T3 AC | | 8 | 980 | 1156 | 0 | 0 |
| T3 AD | | 0 | 855 | 968 | 0 | 0 |
| T4 AA | | 0 | 650 | 1097 | 0 | 0 |
| T4 AB | | 1 | 962 | 1349 | 0 | 0 |
| T4 AC | | 2 | 887 | 2010 | 1 | 1 |
| T4 AD | | 0 | 931 | 1403 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.7 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| | SALA | BANHEIRO | COZINHA | BANHEIRO | SUÍTE | DORM. |
|-------|------|----------|---------|----------|-------|-------|
| T1 AA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.8 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAVAND. | LAVABO | DORM.1 | DORM.2 | BANHO | BANHO | CIRC | SUÍTE |
|-------|------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.9 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH7

| | SALA | ESCR. | LAVABO | LAV. | SUÍTE 1 | SUITE 2 | SUITE 3 | BANHO | BANHO | BANHO | CIRC. |
|-------|------|-------|--------|------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.10 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SALA | LAVABO | LAV. | DESP. | CIRC. | BAN. | SUITE 1 | SUITE 2 | SUITE 3 | BAN | BAN | BAN | BAN | CIRC. |
|-------|------|--------|------|-------|-------|------|---------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

ZB3 – São Paulo/SP

Tabela B.11 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHO | DORM1 | DORM2 |
|-------|------|---------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 788 | 2438 | 0 | 0 |
| T1 AB | 27 | 1620 | 3648 | 0 | 0 |
| T1 AC | 5 | 1495 | 4566 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 1680 | 3861 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 605 | 1393 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 1063 | 1859 | 1 | 1 |
| T2 AC | 491 | 2044 | 4317 | 124 | 102 |
| T2 AD | 0 | 1066 | 2168 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 836 | 979 | 0 | 0 |
| T3 AB | 15 | 1012 | 1045 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 1063 | 1859 | 1 | 1 |
| T3 AD | 0 | 1058 | 1079 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 697 | 1406 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 1045 | 1767 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 959 | 2867 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 1039 | 1982 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.12 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| | SALA | BANHO | COZINHA | BANHO | SUITE | DORM |
|-------|------|-------|---------|-------|-------|------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.13 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAV | LAVABO | DORM2 | BANHO | BANHO | CIRC | DORM1 | SUITE |
|-------|------|-----|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.14 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH4

| | SALA | ESCR | LAVABO | LAV | SUITE | BANHO | SUITE | CIRC | BANHO | BANHO | SUITE |
|-------|------|------|--------|-----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.15 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SUITE | BAN. | BAN. | CIRC | SUITE | BAN. | BAN. | SUITE | SALA | CIRC. | DESP. | LAV | LAVABO | BAN. |
|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-----|--------|------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

ZB4 – Brasília/DF

Tabela B.16 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHEIRO | DORM. 1 | DORM. 2 | |
|-------|------|---------|----------|---------|---------|---|
| T1 AA | | 0 | 793 | 2478 | 0 | 0 |
| T1 AB | | 9 | 1618 | 4187 | 0 | 0 |
| T1 AC | | 2 | 1452 | 5338 | 0 | 0 |
| T1 AD | | 0 | 1658 | 4530 | 0 | 0 |
| T2 AA | | 0 | 652 | 1598 | 0 | 0 |
| T2 AB | | 2 | 1117 | 2229 | 0 | 0 |
| T2 AC | | 0 | 995 | 2915 | 0 | 0 |
| T2 AD | | 0 | 1117 | 2620 | 0 | 0 |
| T3 AA | | 10 | 875 | 1044 | 1 | 1 |
| T3 AB | | 9 | 8760 | 1083 | 1 | 1 |
| T3 AC | | 2 | 1117 | 2229 | 0 | 0 |
| T3 AD | | 1 | 1152 | 1178 | 0 | 0 |
| T4 AA | | 1 | 8760 | 1449 | 1 | 1 |
| T4 AB | | 1 | 1068 | 1835 | 0 | 0 |
| T4 AC | | 0 | 981 | 3195 | 0 | 0 |
| T4 AD | | 0 | 1085 | 2100 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.17 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| | SALA | BANHEIRO | COZINHA | BANHEIRO | SUÍTE | DORM. | |
|-------|------|----------|---------|----------|-------|-------|---|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.18 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAVAND. | LAVABO | DORM. 1 | DORM. 2 | BANHO | BANHO | CIRC | SUÍTE |
|-------|------|---------|--------|---------|---------|-------|-------|------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.19 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH4

| | SALA | ESCR. | LAVABO | LAVAND. | SUÍTE1 | SUITE2 | SUITE3 | BANHO | BANHO | BANHO | CIRC. |
|-------|------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.20 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SALA | LAVABO | LAV. | DESP. | CIRC. | BAN | SUITE1 | SUITE2 | SUITE3 | BAN | BAN | BAN | BAN | CIRC. |
|-------|------|--------|------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

ZB5 – Vitória da Conquista/BA

Tabela B.21 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHEIRO | DORM. 1 | DORM. 2 |
|-------|------|---------|----------|---------|---------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 379 | 2759 | 5906 | 0 | 2 |
| T1 AC | 202 | 2504 | 6703 | 0 | 0 |
| T1 AD | 163 | 2931 | 6256 | 0 | 0 |
| T2 AA | 2 | 1068 | 2383 | 0 | 0 |
| T2 AB | 93 | 1916 | 3505 | 0 | 0 |
| T2 AC | 39 | 1712 | 8760 | 1 | 1 |
| T2 AD | 40 | 2071 | 4094 | 0 | 0 |
| T3 AA | 3 | 1115 | 1157 | 0 | 0 |
| T3 AB | 235 | 1311 | 1144 | 0 | 23 |
| T3 AC | 93 | 1916 | 3505 | 0 | 0 |
| T3 AD | 93 | 1916 | 3505 | 0 | 0 |
| T4 AA | 6 | 1127 | 2392 | 0 | 0 |
| T4 AB | 199 | 1734 | 3288 | 0 | 0 |
| T4 AC | 67 | 1579 | 4947 | 0 | 0 |
| T4 AD | 81 | 1949 | 3731 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.22 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| | SALA | BANHEIRO | COZINHA | BANHEIRO | SUÍTE | DORM. |
|-------|------|----------|---------|----------|-------|-------|
| T1 AA | 1250 | 4599 | 4711 | 0 | 0 | 5 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 1460 | 1 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.23 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAV. | LAVABO | DORM. 1 | DORM. 2 | BANHO | BANHO | CIRC | SUÍTE | |
|-------|------|------|--------|---------|---------|-------|-------|------|-------|---|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.24 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH4

| | SALA | ESCR. | LAVABO | LAV. | SUÍTE1 | SUITE2 | SUITE3 | BANHO | BANHO | BANHO | CIRC. |
|-------|------|-------|--------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.25 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SALA | LAVABO | LAV. | DESP. | CIRC. | BAN | SUITE1 | SUITE2 | SUITE3 | BAN | BAN | BAN | BAN | CIRC. |
|-------|------|--------|------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|-------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| T4 AB | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

ZB6 – Campo Grande/MS

Tabela B.26 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHO | DORM 1 | DORM2 |
|-------|------|---------|-------|--------|-------|
| T1 AA | 4755 | 347 | 4714 | 0 | 4755 |
| T1 AB | 5800 | 1410 | 5762 | 0 | 5800 |
| T1 AC | 6401 | 957 | 6385 | 0 | 6401 |
| T1 AD | 6165 | 1190 | 6126 | 0 | 6165 |
| T2 AA | 3161 | 154 | 3153 | 0 | 3161 |
| T2 AB | 4148 | 1041 | 4152 | 0 | 4152 |
| T2 AC | 4717 | 568 | 4721 | 0 | 4721 |
| T2 AD | 4656 | 784 | 4632 | 0 | 4656 |
| T3 AA | 1431 | 321 | 1426 | 0 | 1431 |
| T3 AB | 1681 | 1415 | 1671 | 0 | 1681 |
| T3 AC | 4148 | 1041 | 4152 | 0 | 4152 |
| T3 AD | 2366 | 1155 | 2358 | 0 | 2366 |
| T4 AA | 3362 | 294 | 3320 | 0 | 3362 |
| T4 AB | 4168 | 1217 | 4132 | 0 | 4168 |
| T4 AC | 8760 | 794 | 5140 | 0 | 8760 |
| T4 AD | 4548 | 976 | 4514 | 0 | 4548 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.27 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| SALA | BANHO | COZINHA | BANHO | SUITE | DORM |
|------|-------|---------|-------|-------|------|
| 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 161 | 178 | 71 | 34 | 120 | 189 |
| 61 | 101 | 28 | 16 | 44 | 92 |
| 29 | 50 | 4 | 0 | 15 | 51 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 1 | 3 | 0 | 22 | 13 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 259 | 56 | 325 | 118 | 292 | 138 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 10 | 9 | 0 | 35 | 47 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.28 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAVABO | LAVANDERIA | CIRC. | SUITE | DORM1 | DORM2 | BANHO | BANHO |
|-------|------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 61 | 18 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 114 | 19 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 165 | 78 | 126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 131 | 45 | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 24 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 24 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 24 | 5 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 40 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 71 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 49 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.29 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH4

| | SALA | ESCRITÓRIO | SUITE | SUITE | SUITE | LAVABO | LAV | BANHO | BANHO | BANHO | CIRC |
|-------|------|------------|-------|-------|-------|--------|-----|-------|-------|-------|------|
| T1 AA | 56 | 38 | 0 | 0 | 0 | 11 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 150 | 96 | 0 | 0 | 0 | 40 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AC | 152 | 126 | 0 | 0 | 0 | 73 | 114 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 137 | 81 | 0 | 0 | 0 | 37 | 71 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 22 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 21 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 16 | 13 | 0 | 0 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 48 | 37 | 0 | 0 | 0 | 38 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 35 | 32 | 0 | 0 | 0 | 25 | 74 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 25 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 38 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 72 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 55 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.30 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SALA | SUITE | SUITE | SUITE | CIRC. | CIRC. | LAVABO | LAV. | DESP. | BAN | BAN | BAN | BAN | BAN |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 71 |
| T1 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 68 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 84 | 178 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 215 |
| T1 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 91 | 129 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 193 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 9 | 10 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 11 | 16 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 | 69 | 84 | 128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 37 | 34 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| T4 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pela Autora

ZB7 – Cuiabá/MT

Tabela B.31 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHO | DORM 1 | DORM2 |
|-------|------|---------|-------|--------|-------|
| T1 AA | 2542 | 3647 | 7548 | 1804 | 1553 |
| T1 AB | 4534 | 5645 | 7910 | 4396 | 4259 |
| T1 AC | 3627 | 8760 | 8049 | 3594 | 3469 |
| T1 AD | 4454 | 5920 | 8046 | 4225 | 4051 |
| T2 AA | 2028 | 2824 | 6051 | 875 | 695 |
| T2 AB | 4417 | 8760 | 6832 | 3604 | 3604 |
| T2 AC | 3419 | 4232 | 7109 | 2479 | 2505 |
| T2 AD | 4240 | 5419 | 7260 | 3427 | 3382 |
| T3 AA | 2362 | 2131 | 3232 | 1447 | 1387 |
| T3 AB | 4755 | 4116 | 4191 | 3829 | 4003 |
| T3 AC | 4417 | 8760 | 6832 | 3604 | 3604 |
| T3 AD | 4610 | 4943 | 5197 | 3749 | 3888 |
| T4 AA | 2673 | 2778 | 6703 | 2153 | 2046 |
| T4 AB | 8760 | 4822 | 7165 | 4275 | 4226 |
| T4 AC | 8760 | 3912 | 7519 | 3462 | 3506 |
| T4 AD | 4492 | 5275 | 7431 | 4097 | 4082 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.32 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| | SALA | BANHO | COZINHA | BANHO | SUITE | DORM |
|-------|------|-------|---------|-------|-------|------|
| T1 AA | 819 | 571 | 775 | 341 | 825 | 685 |
| T1 AB | 3022 | 2150 | 3079 | 2353 | 3133 | 2499 |
| T1 AC | 2040 | 1544 | 2195 | 1677 | 2212 | 1697 |
| T1 AD | 2719 | 1885 | 2721 | 1998 | 2808 | 2207 |
| T2 AA | 347 | 68 | 286 | 35 | 360 | 172 |
| T2 AB | 2759 | 1771 | 2741 | 1871 | 2822 | 2284 |
| T2 AC | 1709 | 792 | 1735 | 803 | 1808 | 1187 |
| T2 AD | 2526 | 1444 | 2425 | 1486 | 2583 | 1988 |
| T3 AA | 649 | 200 | 872 | 314 | 796 | 358 |
| T3 AB | 3231 | 2630 | 3385 | 2891 | 3294 | 2877 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 1198 | 934 | 1106 | 705 | 1240 | 1089 |
| T4 AB | 3208 | 2704 | 3104 | 2571 | 3225 | 2983 |
| T4 AC | 2386 | 2011 | 2419 | 1933 | 2468 | 2182 |
| T4 AD | 2981 | 2488 | 2812 | 2274 | 3015 | 2753 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.33 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAVABO | LAVANDERIA | CIRC. | SUITE | DORM1 | DORM2 | BANHO | BANHO |
|-------|------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 2456 | 1741 | 1907 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 2507 | 1790 | 1954 | 227 | 381 | 162 | 6 | 54 | 54 |
| T1 AC | 2442 | 1909 | 1955 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 2618 | 1982 | 2071 | 10 | 23 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AA | 2109 | 773 | 1626 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 2141 | 830 | 1689 | 13 | 168 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AC | 2121 | 812 | 1586 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 2227 | 859 | 1767 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 2381 | 1964 | 2085 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 2858 | 1985 | 2263 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 2904 | 2080 | 2307 | 1267 | 1053 | 816 | 115 | 273 | 273 |
| T4 AC | 2808 | 2019 | 2153 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 2981 | 2158 | 2415 | 370 | 295 | 243 | 5 | 16 | 16 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.34 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH4

| | SALA | ESCRITÓRIO | SUITE | SUITE | SUITE | LAVABO | LAV | BANHO | BANHO | BANHO | CIRC |
|-------|------|------------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|------|
| T1 AA | 2192 | 1868 | 0 | 0 | 0 | 1815 | 2149 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 2362 | 2077 | 0 | 180 | 0 | 2033 | 2387 | 30 | 45 | 28 | 159 |
| T1 AC | 2190 | 1928 | 0 | 0 | 0 | 1976 | 2224 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 2337 | 2029 | 0 | 0 | 0 | 2010 | 2346 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| T2 AA | 1909 | 1584 | 0 | 0 | 0 | 848 | 1891 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 2056 | 1756 | 0 | 49 | 0 | 1007 | 2051 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| T2 AC | 1919 | 1649 | 0 | 0 | 0 | 898 | 1878 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 2014 | 1714 | 0 | 0 | 0 | 946 | 2021 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AA | 2075 | 2002 | 0 | 0 | 0 | 2030 | 2241 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 2299 | 2325 | 0 | 335 | 0 | 2499 | 2674 | 255 | 319 | 247 | 359 |
| T3 AC | 2217 | 2157 | 0 | 0 | 0 | 2148 | 2395 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 2260 | 2182 | 0 | 0 | 0 | 2197 | 2414 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| T4 AA | 2576 | 2125 | 0 | 0 | 0 | 1848 | 2305 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AB | 2604 | 2183 | 0 | 568 | 0 | 1918 | 2335 | 182 | 272 | 174 | 741 |
| T4 AC | 2506 | 2042 | 0 | 0 | 0 | 1861 | 2200 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 2687 | 2262 | 0 | 115 | 0 | 1992 | 2465 | 6 | 18 | 5 | 180 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.35 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SALA | SUITE | SUITE | SUITE | CIRC. | CIRC. | LAVABO | LAV. | DESP. | BAN | BAN | BAN | BAN | BAN |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|------|------|------|------|------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1954 | 1240 | 1423 | 2177 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1193 |
| T1 AB | 0 | 1 | 92 | 1 | 6 | 2307 | 1419 | 1605 | 2505 | 59 | 13 | 84 | 10 | 1289 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2656 | 1843 | 1879 | 2889 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1610 |
| T1 AD | 0 | 1515 | 3970 | 1779 | 1852 | 8509 | 7214 | 7625 | 8518 | 2822 | 2409 | 4050 | 3115 | 6003 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1442 | 600 | 995 | 1549 | 0 | 0 | 0 | 0 | 469 |
| T2 AB | 0 | 6 | 21 | 0 | 0 | 1657 | 624 | 1173 | 1768 | 0 | 0 | 10 | 0 | 398 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1969 | 954 | 1400 | 2118 | 0 | 0 | 0 | 0 | 698 |
| T2 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1700 | 683 | 1200 | 1797 | 0 | 0 | 0 | 0 | 510 |
| T3 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2417 | 1429 | 1555 | 2384 | 0 | 0 | 0 | 0 | 951 |
| T3 AB | 0 | 143 | 249 | 86 | 127 | 2630 | 1690 | 1774 | 2597 | 175 | 124 | 228 | 97 | 1154 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3013 | 2062 | 2064 | 2982 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1470 |
| T3 AD | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2722 | 1743 | 1829 | 2657 | 0 | 0 | 7 | 0 | 1201 |
| T4 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1961 | 1190 | 1695 | 2191 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1110 |
| T4 AB | 0 | 59 | 222 | 13 | 123 | 2187 | 1280 | 1903 | 2439 | 304 | 124 | 405 | 94 | 1125 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2280 | 1478 | 1761 | 2604 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1365 |
| T4 AD | 0 | 3 | 30 | 0 | 19 | 2309 | 1352 | 1872 | 2546 | 57 | 7 | 116 | 0 | 1207 |

Fonte: Elaborada pela Autora

ZB8 – Manaus/AM

Tabela B.36 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH1

| | SALA | COZINHA | BANHO | DORM 1 | DORM2 |
|-------|------|---------|-------|--------|-------|
| T1 AA | 7693 | 7423 | 8729 | 7903 | 7960 |
| T1 AB | 8674 | 8640 | 8749 | 8698 | 8687 |
| T1 AC | 8438 | 8295 | 8749 | 8549 | 8567 |
| T1 AD | 8689 | 8696 | 8739 | 8676 | 8668 |
| T2 AA | 7707 | 7360 | 8626 | 6880 | 7007 |
| T2 AB | 8760 | 8632 | 8703 | 8455 | 8499 |
| T2 AC | 8471 | 8352 | 8698 | 8083 | 8199 |
| T2 AD | 8648 | 8644 | 8696 | 8468 | 8490 |
| T3 AA | 7807 | 8760 | 7383 | 6718 | 7005 |
| T3 AB | 8622 | 8287 | 8143 | 8103 | 8175 |
| T3 AC | 8760 | 8632 | 8703 | 8455 | 8499 |
| T3 AD | 8681 | 8592 | 8521 | 8352 | 8391 |
| T4 AA | 7927 | 7111 | 8662 | 8065 | 8174 |
| T4 AB | 8678 | 8541 | 8689 | 8637 | 8634 |
| T4 AC | 8477 | 8760 | 8695 | 8463 | 8509 |
| T4 AD | 8667 | 8597 | 8682 | 8594 | 8594 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.37 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH2

| | SALA | BANHO | COZINHA | BANHO | SUITE | DORM |
|-------|------|-------|---------|-------|-------|------|
| T1 AA | 7007 | 4774 | 7355 | 5622 | 7259 | 5741 |
| T1 AB | 8579 | 8760 | 8628 | 8345 | 8617 | 8361 |
| T1 AC | 8273 | 7056 | 8421 | 7753 | 8374 | 7695 |
| T1 AD | 8569 | 7907 | 8582 | 8235 | 8596 | 8353 |
| T2 AA | 6423 | 4096 | 6630 | 4637 | 6607 | 5302 |
| T2 AB | 8436 | 8000 | 8458 | 8178 | 8451 | 8259 |
| T2 AC | 8068 | 7187 | 8098 | 7494 | 8116 | 7641 |
| T2 AD | 8439 | 7940 | 8420 | 8058 | 8450 | 8214 |
| T3 AA | 6723 | 5503 | 6962 | 6093 | 6832 | 6010 |
| T3 AB | 8229 | 7910 | 8268 | 8149 | 8243 | 7957 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 7798 | 7270 | 7849 | 7270 | 7859 | 7467 |
| T4 AB | 8618 | 8461 | 8528 | 8349 | 8614 | 8582 |
| T4 AC | 8450 | 8207 | 8418 | 8164 | 8449 | 8290 |
| T4 AD | 8536 | 8365 | 8481 | 8250 | 8522 | 8496 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.38 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH3

| | SALA | LAVABO | LAVANDERIA | CIRC. | SUITE | DORM1 | DORM2 | BANHO | BANHO |
|-------|------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1 AA | 8387 | 7854 | 8121 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 8342 | 7918 | 8161 | 7330 | 7725 | 6514 | 4598 | 7378 | 7378 |
| T1 AC | 8338 | 7879 | 7982 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 8419 | 7997 | 8198 | 4942 | 6121 | 3924 | 2014 | 4847 | 4847 |
| T2 AA | 8091 | 7452 | 8005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 8005 | 7455 | 8006 | 4929 | 6111 | 4408 | 2761 | 4391 | 4391 |
| T2 AC | 8120 | 7424 | 7941 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 8129 | 7561 | 8109 | 2239 | 3959 | 1760 | 653 | 1775 | 1775 |
| T3 AA | 7955 | 7933 | 8148 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AA | 8554 | 8121 | 8370 | 403 | 351 | 217 | 0 | 47 | 47 |
| T4 AB | 8508 | 8143 | 8362 | 8235 | 8055 | 7914 | 6441 | 7645 | 7645 |
| T4 AC | 8524 | 8143 | 8314 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 AD | 8565 | 8200 | 8453 | 7355 | 7158 | 6821 | 4376 | 6426 | 6426 |

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela B.39 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH4

| | SALA | ESCRITÓRIO | SUITE | SUITE | SUITE | LAVABO | LAV | BANHO | BANHO | BANHO | CIRC |
|-------|------|------------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|------|
| T1 AA | 8165 | 8137 | 0 | 0 | 0 | 7908 | 8322 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AB | 8184 | 8199 | 0 | 6306 | 0 | 8022 | 8376 | 5897 | 6542 | 5858 | 6107 |
| T1 AC | 8143 | 8026 | 0 | 252 | 0 | 7785 | 8163 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1 AD | 8202 | 8190 | 1 | 4037 | 1 | 8015 | 8388 | 3169 | 3760 | 3182 | 3517 |
| T2 AA | 7838 | 7874 | 0 | 0 | 0 | 7549 | 8200 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AB | 7805 | 7878 | 0 | 4817 | 0 | 7626 | 8258 | 2779 | 3246 | 2693 | 4291 |
| T2 AC | 7857 | 7961 | 0 | 0 | 0 | 7576 | 8168 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 AD | 7890 | 7944 | 0 | 2300 | 0 | 7627 | 8280 | 733 | 1009 | 680 | 1628 |
| T3 AA | 7714 | 7754 | 0 | 0 | 0 | 7893 | 8279 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AB | 7633 | 7627 | 0 | 5351 | 0 | 7824 | 8257 | 4996 | 5323 | 4921 | 5038 |
| T3 AC | 7749 | 7834 | 0 | 119 | 0 | 7977 | 8200 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 AD | 7758 | 7777 | 0 | 3202 | 0 | 7928 | 8305 | 2499 | 3004 | 2432 | 2694 |
| T4 AA | 8370 | 8255 | 0 | 92 | 0 | 8058 | 8387 | 34 | 77 | 37 | 140 |
| T4 AB | 8297 | 8218 | 1 | 7301 | 1 | 8076 | 8387 | 7346 | 7577 | 7335 | 7584 |
| T4 AC | 8598 | 8519 | 3318 | 5858 | 3318 | 8179 | 8523 | 3318 | 3318 | 3318 | 3318 |
| T4 AD | 8380 | 8343 | 0 | 5913 | 0 | 8147 | 8475 | 5683 | 6264 | 5716 | 6075 |

Fonte: Elaborada pela Autora

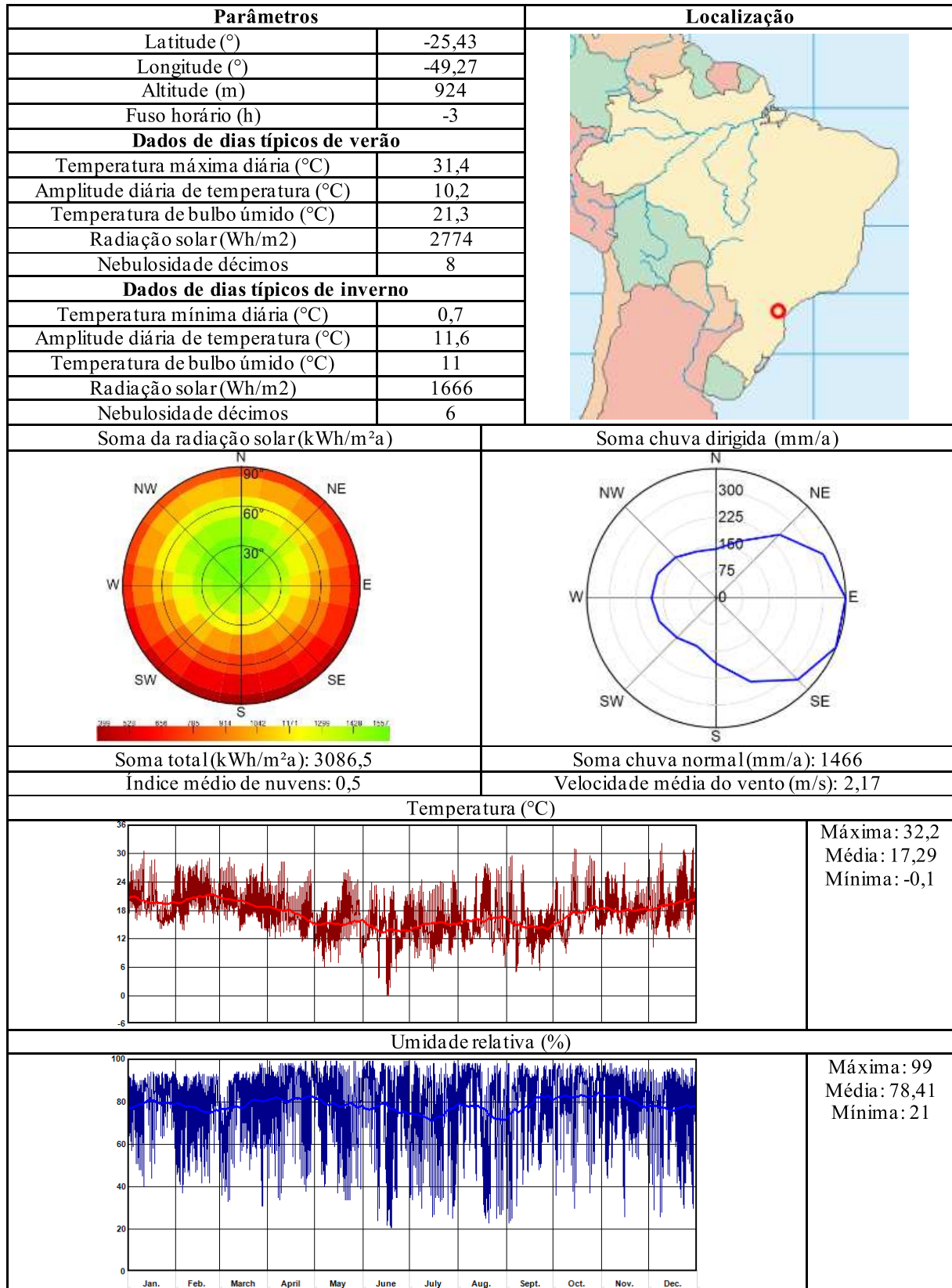
Tabela B.40 – Horas em condensação superficial em ambientes da UH5

| | SALA | SUITE | SUITE | SUITE | CIRC. | CIRC. | LAVABO | LAV. | DESP. | BAN | BAN | BAN | BAN | BAN |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|------|------|------|------|------|
| T1 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8376 | 7054 | 7520 | 8443 | 0 | 0 | 42 | 0 | 5694 |
| T1 AB | 0 | 3744 | 6090 | 3892 | 4206 | 8493 | 7378 | 7737 | 8531 | 5675 | 5213 | 6033 | 5491 | 6197 |
| T1 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8553 | 7590 | 7702 | 8580 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6360 |
| T1 AD | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2484 | 1610 | 1692 | 2630 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1403 |
| T2 AA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8068 | 6930 | 7398 | 8019 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5793 |
| T2 AB | 0 | 2927 | 4518 | 2716 | 2627 | 8144 | 7269 | 7546 | 8038 | 3325 | 2217 | 4119 | 2431 | 6451 |
| T2 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8309 | 7528 | 7809 | 8254 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6525 |
| T2 AD | 0 | 841 | 2140 | 707 | 666 | 8188 | 7254 | 7604 | 8098 | 1040 | 488 | 1924 | 590 | 6287 |
| T3 AA | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 8280 | 7603 | 7599 | 8087 | 0 | 0 | 113 | 0 | 7097 |
| T3 AB | 0 | 3819 | 5233 | 3973 | 3979 | 8228 | 7524 | 7488 | 7975 | 5012 | 4616 | 5096 | 4693 | 7073 |
| T3 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8442 | 8043 | 7918 | 8281 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7642 |
| T3 AD | 0 | 1541 | 3261 | 1560 | 1551 | 8306 | 7669 | 7643 | 8115 | 2615 | 2097 | 3085 | 2206 | 7244 |
| T4 AA | 0 | 28 | 30 | 0 | 40 | 8243 | 7374 | 7952 | 8313 | 69 | 29 | 1104 | 33 | 6706 |
| T4 AB | 0 | 4772 | 6912 | 4769 | 6079 | 8325 | 7678 | 8114 | 8378 | 7307 | 7018 | 7308 | 7093 | 7203 |
| T4 AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8305 | 7559 | 7895 | 8395 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6755 |
| T4 AD | 0 | 2672 | 5304 | 2692 | 4223 | 8366 | 7537 | 8098 | 8407 | 5580 | 5047 | 6043 | 5215 | 6848 |

Fonte: Elaborada pela Autora


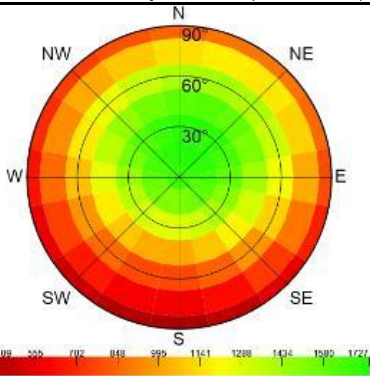
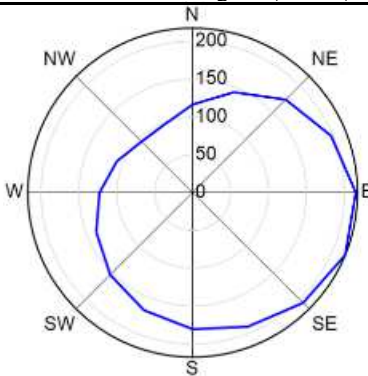
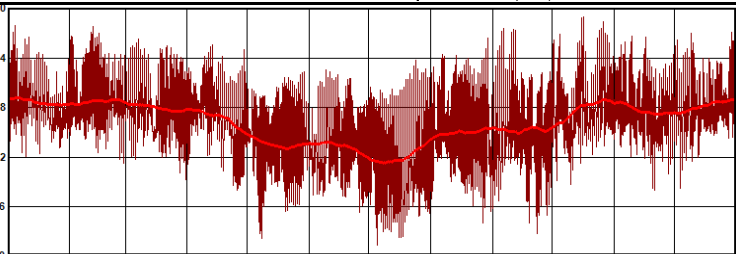
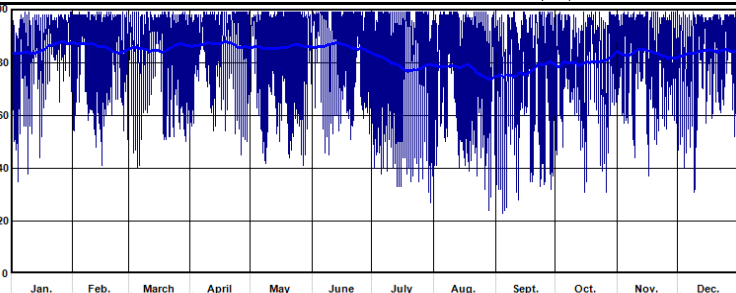
ANEXO A – DADOS CLIMÁTICOS

Dados da cidade de Curitiba/PR - ZB1




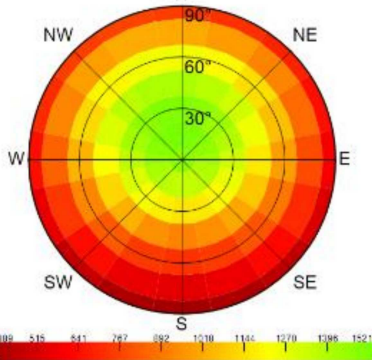
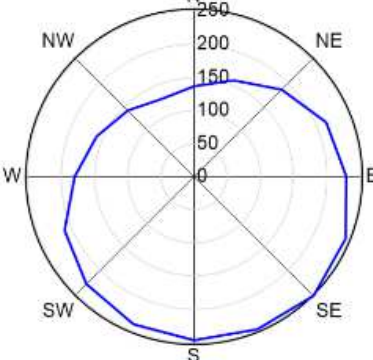
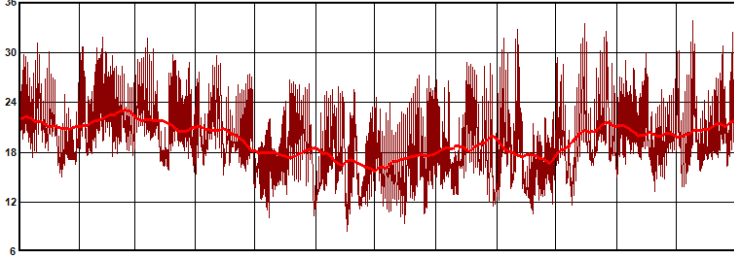
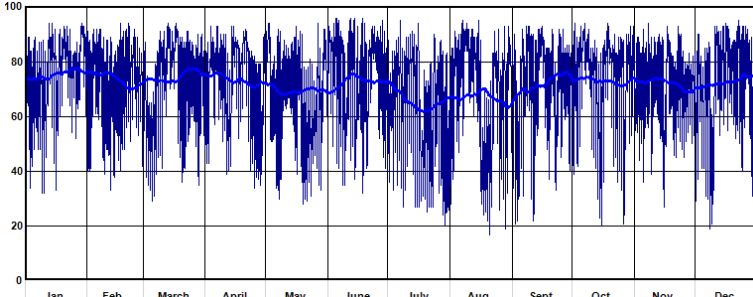
Fonte: Adaptada de Brasil (2016)

Dados da cidade de São Lourenço/MG - ZB2

| Parâmetros | | Localização |
|--|-------|---|
| Latitude (°) | -22,1 |  |
| Longitude (°) | -45,1 | |
| Altitude (m) | 875 | |
| Fuso horário (h) | -3 | |
| Dados de dias típicos de verão | | |
| Temperatura máxima diária (°C) | 31,8 | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 11,7 | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 21,6 | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 5307 | |
| Nebulosidade de décimos | - | |
| Dados de dias típicos de inverno | | |
| Temperatura mínima diária (°C) | 2,6 | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 16,6 | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 14,0 | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 3595 | |
| Nebulosidade de décimos | - | |
| Soma da radiação solar (kWh/m ² a) | | Soma chuva dirigida (mm/a) |
|  | |  |
| Soma total (kWh/m ² a): 3042,2 | | Soma chuva normal (mm/a): 1897 |
| Índice médio de nuvens: 0,5 | | Velocidade média do vento (m/s): 0,85 |
| Temperatura (°C) | | |
|  | | Máxima: 29 Média: 16,25 Mínima: 1,3 |
| Umidade relativa (%) | | |
|  | | Máxima: 99 Média: 82,99 Mínima: 23 |


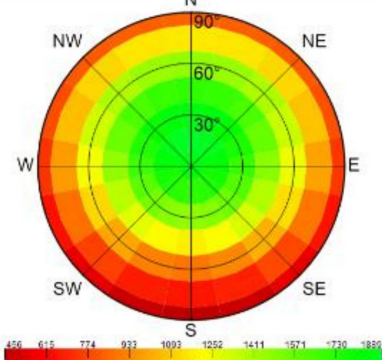
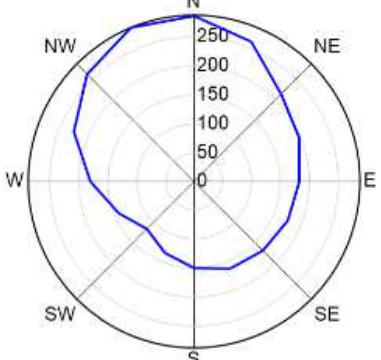
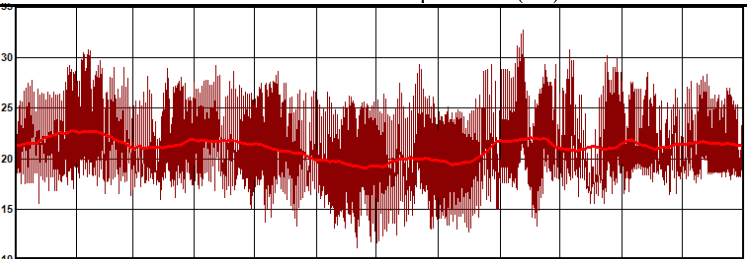
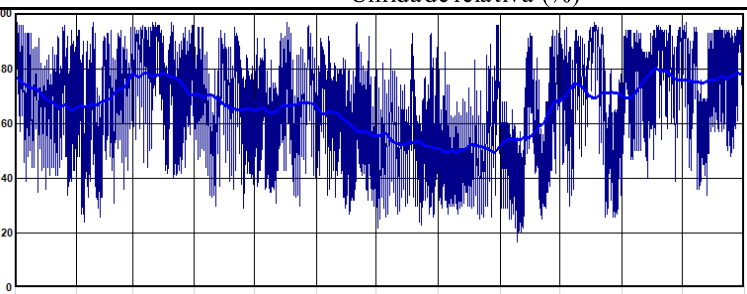
Fonte: Adaptada de Brasil (2016)

Dados da cidade de São Paulo/SP - ZB3

| Parâmetros | | Localização | |
|--|--------|---|---|
| Latitude (°) | -23,85 |  | |
| Longitude (°) | -46,64 | | |
| Altitude (m) | 792 | | |
| Fuso horário (h) | -3 | | |
| Dados de dias típicos de verão | | | |
| Temperatura máxima diária (°C) | 31,9 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 9,2 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 21,3 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 5180 | | |
| Nebulosidade décimos | 6 | | |
| Dados de dias típicos de inverno | | | |
| Temperatura mínima diária (°C) | 6,2 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 10 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 13,4 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4418 | | |
| Nebulosidade décimos | 6 | | |
| Soma da radiação solar (kWh/m ² a) | | Soma chuva dirigida (mm/a) | |
|  | |  | |
| Soma total (kWh/m ² a): 3190,7 | | Soma chuva normal (mm/a): 1519 | |
| Índice médio de nuvens: 0,5 | | Velocidade média do vento (m/s): 2,08 | |
| Temperatura (°C) | | | |
|  | | | Máxima: 33,8 Média: 19,57 Mínima: 8,5 |
| Umidade relativa (%) | | | |
|  | | | Máxima: 96 Média: 71,73 Mínima: 17 |


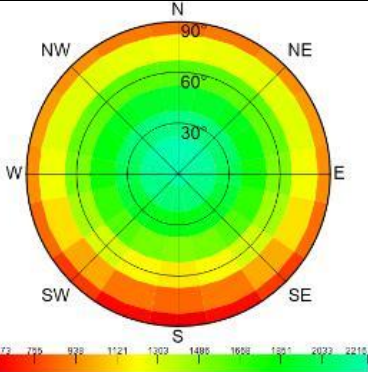
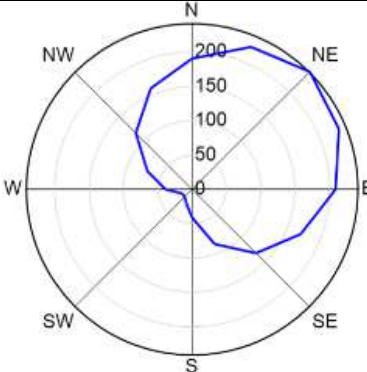
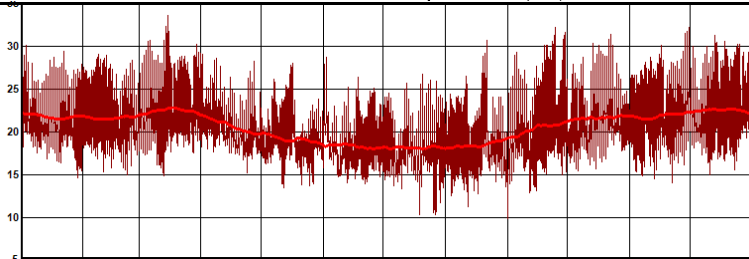
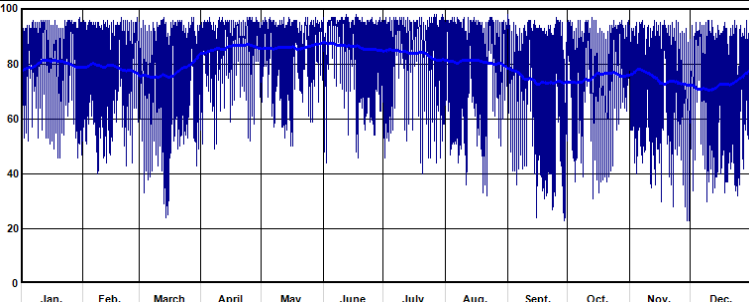
Fonte: Adaptada de Brasil (2016)

Dados da cidade de Brasília/DF - ZB4

| Parâmetros | | Localização | |
|--|--------|---|--|
| Latitude (°) | -15,78 |  | |
| Longitude (°) | -47,93 | | |
| Altitude (m) | 1160 | | |
| Fuso horário (h) | -3 | | |
| Dados de dias típicos de verão | | | |
| Temperatura máxima diária (°C) | 31,2 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 12,5 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 20,9 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4625 | | |
| Nebulosidade décimos | 4 | | |
| Dados de dias típicos de inverno | | | |
| Temperatura mínima diária (°C) | 10 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 12,2 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 14,8 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4246 | | |
| Nebulosidade décimos | 3 | | |
| Soma da radiação solar (kWh/m ² a) | | Soma chuva dirigida (mm/a) | |
|  | |  | |
| Soma total (kWh/m ² a): 3256 | | Soma chuva normal (mm/a): 1093 | |
| Índice médio de nuvens: 0,5 | | Velocidade média do vento (m/s): 2,46 | |
| Temperatura (°C) | | | |
|  | | | Máxima: 32,7 Média: 21,08 Mínima: 11,2 |
| Umidade relativa (%) | | | |
|  | | | Máxima: 97 Média: 66,25 Mínima: 17 |


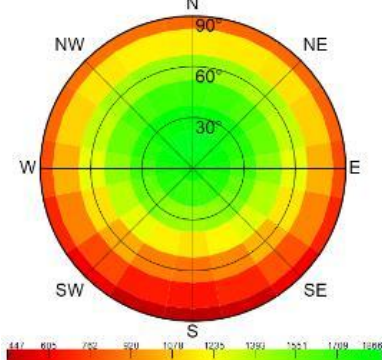
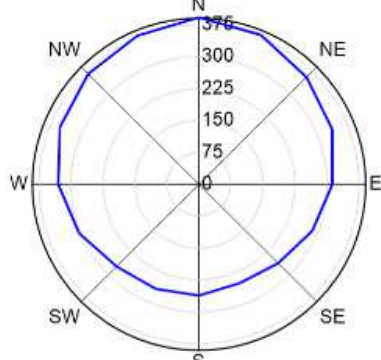
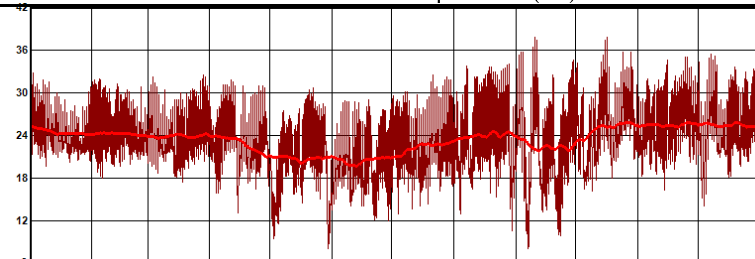
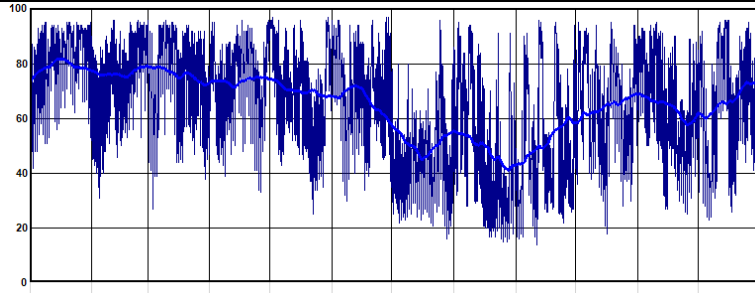
Fonte: Adaptada de Brasil (2016)

Dados da cidade de Vitória da Conquista/BA - ZB5

| Parâmetros | | Localização | |
|--|--------|---|--|
| Latitude (°) | -14,87 |  | |
| Longitude (°) | -40,84 | | |
| Altitude (m) | 870 | | |
| Fuso horário (h) | -3 | | |
| Dados de dias típicos de verão | | | |
| Temperatura máxima diária (°C) | 31,7 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 10,3 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 21,0 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 5030 | | |
| Nebulosidade décimos | - | | |
| Dados de dias típicos de inverno | | | |
| Temperatura mínima diária (°C) | 10,7 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 9,7 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 15,1 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4110 | | |
| Nebulosidade décimos | - | | |
| Soma da radiação solar (kWh/m ² a) | | Soma chuva dirigida (mm/a) | |
|  | |  | |
| Soma total (kWh/m ² a): 3263,1 | | Soma chuva normal (mm/a): 771 | |
| Índice médio de nuvens: 0,5 | | Velocidade média do vento (m/s): 2,53 | |
| Temperatura (°C) | | | |
|  | | | Máxima: 33,7 Média: 20,6 Mínima: 9,9 |
| Umidade relativa (%) | | | |
|  | | | Máxima: 98 Média: 79,63 Mínima: 23 |


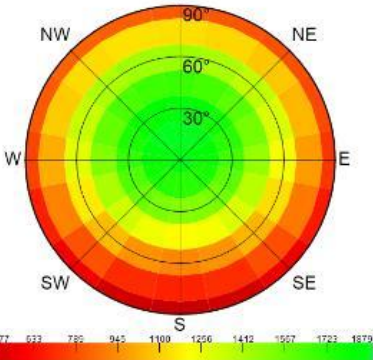
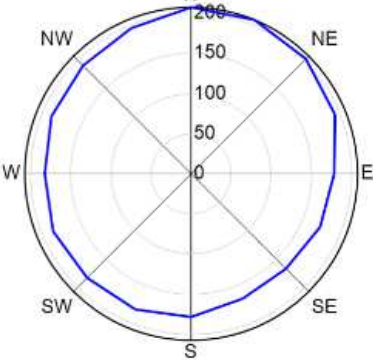
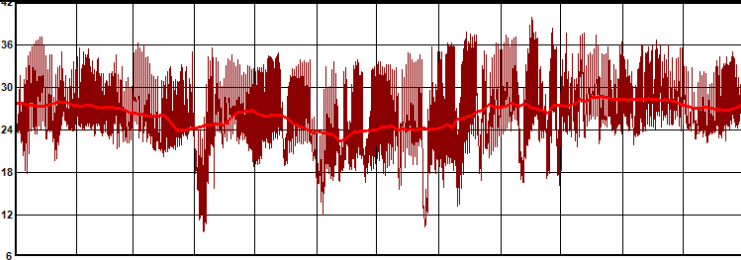
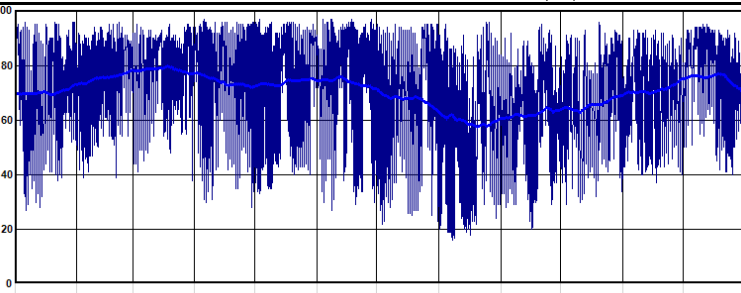
Fonte: Adaptada de Brasil (2016)

Dados da cidade de Campo Grande/MS - ZB6

| Parâmetros | | Localização | |
|--|--------|---|---|
| Latitude (°) | -20,44 |  | |
| Longitude (°) | -54,65 | | |
| Altitude (m) | 530 | | |
| Fuso horário (h) | -4 | | |
| Dados de dias típicos de verão | | | |
| Temperatura máxima diária (°C) | 33,6 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 10 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 23,6 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 5481 | | |
| Nebulosidade de décimos | 6 | | |
| Dados de dias típicos de inverno | | | |
| Temperatura mínima diária (°C) | 13,7 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 11,5 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 17,3 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4250 | | |
| Nebulosidade de décimos | 4 | | |
| Soma da radiação solar (kWh/m ² a) | | Soma chuva dirigida (mm/a) | |
|  | |  | |
| Soma total (kWh/m ² a): 3384,8 | | Soma chuva normal (mm/a): 1275 | |
| Índice médio de nuvens: 0,5 | | Velocidade média do vento (m/s): 3,46 | |
| Temperatura (°C) | | | |
|  | | | Máxima: 37,9 Média: 23,45 Mínima: 8 |
| Umidade relativa (%) | | | |
|  | | | Máxima: 97 Média: 65,69 Mínima: 14 |


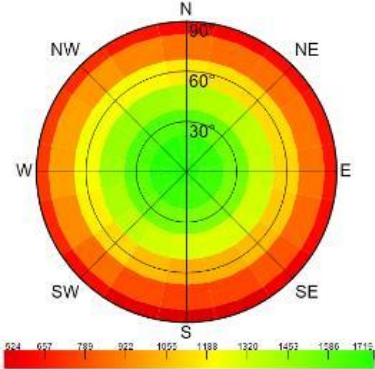
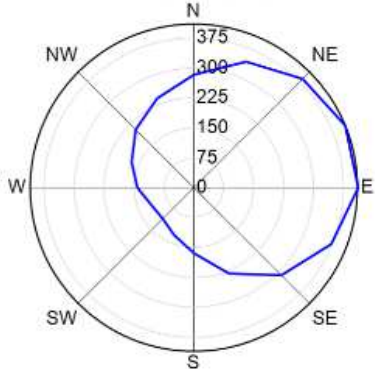
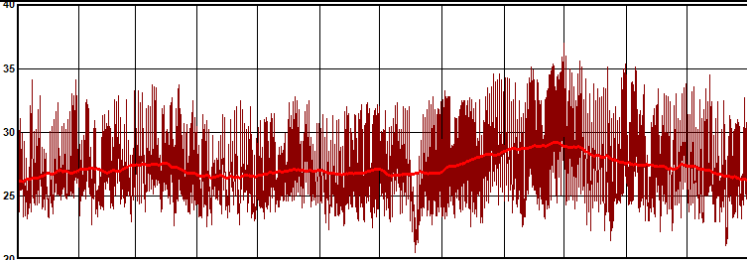
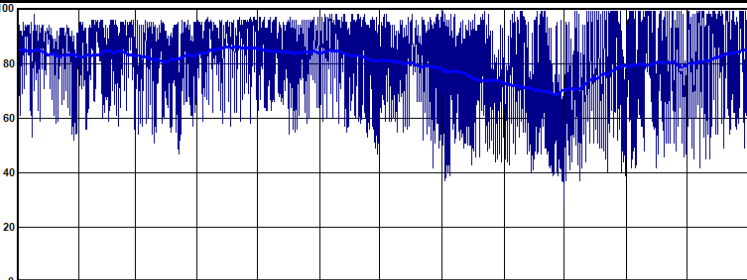
Fonte: Adaptada de Brasil (2016)

Dados da cidade de Cuiabá/MT - ZB7

| Parâmetros | | Localização | |
|--|--------|---|---|
| Latitude (°) | -15,62 |  | |
| Longitude (°) | -56 | | |
| Altitude (m) | 151 | | |
| Fuso horário (h) | -4 | | |
| Dados de dias típicos de verão | | | |
| Temperatura máxima diária (°C) | 37,8 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 12,4 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 24,8 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4972 | | |
| Nebulosidade décimos | 6 | | |
| Dados de dias típicos de inverno | | | |
| Temperatura mínima diária (°C) | 11,4 | | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 14,3 | | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 20,1 | | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4163 | | |
| Nebulosidade décimos | 4 | | |
| Soma da radiação solar (kWh/m ² a) | | Soma chuva dirigida (mm/a) | |
|  | |  | |
| Soma total (kWh/m ² a): 3560,5 | | Soma chuva normal (mm/a): 1396 | |
| Índice médio de nuvens: 0,5 | | Velocidade média do vento (m/s): 1,95 | |
| Temperatura (°C) | | | |
|  | | | Máxima: 40 Média: 26,27 Mínima: 9,6 |
| Umidade relativa (%) | | | |
|  | | | Máxima: 97 Média: 70,59 Mínima: 16 |

Fonte: Adaptada de Brasil (2016)

Dados da cidade de Manaus/AM - ZB8

| Parâmetros | | Localização |
|--|--------|---|
| Latitude (°) | -3,1 |  |
| Longitude (°) | -60,03 | |
| Altitude (m) | 67 | |
| Fuso horário (h) | -4 | |
| Dados de dias típicos de verão | | |
| Temperatura máxima diária (°C) | 34,9 | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 9,1 | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 26,4 | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 5177 | |
| Nebulosidade de décimos | 7 | |
| Dados de dias típicos de inverno | | |
| Temperatura mínima diária (°C) | 21,4 | |
| Amplitude diária de temperatura (°C) | 7,9 | |
| Temperatura de bulbo úmido (°C) | 25,0 | |
| Radiação solar (Wh/m ²) | 4523 | |
| Nebulosidade de décimos | 7 | |
| Soma da radiação solar (kWh/m ² a) | | Soma chuva dirigida (mm/a) |
|  | |  |
| Soma total (kWh/m ² a): 3644 | | Soma chuva normal (mm/a): 2048 |
| Índice médio de nuvens: 0,5 | | Velocidade média do vento (m/s): 1,4 |
| Temperatura (°C) | | |
|  | | Máxima: 37 Média: 27,28 Mínima: 20,6 |
| Umidade relativa (%) | | |
|  | | Máxima: 99 Média: 80,36 Mínima: 28 |

Fonte: Adaptada de Brasil (2016)