

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Autora: Andréa Juliana de Oliveira Sá

**Avaliação da eficiência energética de edificações – Reflexões  
sobre a aplicabilidade das normas vigentes**

Belo Horizonte  
2022

Andréa Juliana de Oliveira Sá

**Avaliação da eficiência energética de edificações – Reflexões  
sobre a aplicabilidade das normas vigentes**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Tecnologia na Construção Civil. Linha de pesquisa: Gestão na Construção Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carmen Couto  
Ribeiro

Belo Horizonte

2022

S111a	<p>Sá, Andréa Juliana de Oliveira.  Avaliação da eficiência energética de edificações- Reflexões sobre a aplicabilidade das normas vigentes [recurso eletrônico] / Andréa Juliana de Oliveira Sá. - 2022.  1 recurso online (132 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientadora: Carmen Couto Ribeiro.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Apêndices: f. 121-132.  Bibliografia: f: 20-63.  Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader</p> <p>1. Construção civil - Teses. 2. Arquitetura e Clima – Teses.  3. Conforto Ambiental – Teses. 4. Eficiência Energética – Teses.  I. Ribeiro, Carmen Couto. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 691 (043)</p>
-------	--



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESOLA DE ENGENHARIA

CURSO DE MESTRADO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES –  
REFLEXÕES SOBRE A APLICABILIDADE DAS NORMAS VIGENTES**

ANDRÉA JULIANA DE OLIVEIRA SÁ

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Aprovada em 29 de março de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Carmen Couto Ribeiro  
(Orientadora)  
UFMG

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Danielle Meireles de Oliveira  
UFMG

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Cynara Fiedler Bremer  
UFMG

Prof. Dr. Geraldo Tadeu Rezende Silveira  
PUC-MG

Belo Horizonte, 29 de março de 2022

Aos meus filhos Pedro e Ana pois são a  
razão de tudo na minha vida.

A minha mãe Anamaria por ser minha  
base.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao concluir o Curso de Mestrado, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram com a realização deste trabalho, e em especial:

A Deus, por me dar forças e iluminar meu caminho durante toda esta trajetória e nos momentos difíceis.

À minha mãe, Anamaria, grande apoiadora e base de toda a minha criação, que faz com quem eu queira, sempre aprender mais e mais.

Ao meu pai, Luiz Carlos, pelo apoio incondicional.

Aos meus filhos, Pedro e Ana, por serem sempre a razão de tudo em minha vida, pelo carinho e incentivo em todos os momentos.

À Professora Carmen Couto Ribeiro, minha orientadora, pela confiança em mim depositada, me incentivando durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho e pela paciência e apoio em momentos tão delicados.

À FAPEMIG, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gérias, pela concessão da bolsa de estudos e suporte durante o curso.

À Universidade Federal de Minas Gerais, pelas oportunidades que me foi dada. E ao Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, por proporcionar um curso de mestrado de tão alto nível.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo abordar o conforto térmico das edificações residenciais multifamiliares, para atendimento à demanda de construções bioclimáticas e sustentáveis. A avaliação do conforto térmico foi realizada através de um estudo de caso, que considerou desde a fase de projeto até a fase de utilização da edificação, abordando os critérios e métodos estabelecidos pela normalização brasileira. Foram pesquisados os dados necessários, para a avaliação de edificações e identificados: a zona bioclimática, a região de ventos, os parâmetros térmicos a serem examinados e os procedimentos executivos para atendimento ao desempenho. Foram avaliados os itens específicos das normas – NBR 15575:2013; NBR 15575:2021, NBR 15220-3:2005 e NBR15220-2:2022 – voltados para o conforto térmico, tais como, a transmitância térmica e a absorvância de radiação solar dos sistema de vedação vertical externa (envoltória) e do sistema de coberturas; utilizando os dois métodos propostos pela norma, Simplificado (normativo) e Simulação Computacional (uso de *software EnergyPlus* – modelagem 3D) - comparando-os com a medição realizada na edificação concluída, através de um Data logger (coletor de dados). A pesquisa desenvolvida permitiu evidenciar que o exame da influência das características construtivas dos Sistemas de Vedações Verticais Externos (envoltória) e o Sistema de Cobertura conjugados com a posição dos ambientes de permanência prolongada em situações de exposição solar críticas necessitam de novos experimentos para que as metodologias construtivas adotadas nas obras de edificações residenciais multifamiliares, estejam comprometidas com a qualidade do conforto térmico dos usuários no interior da edificação. O trabalho realizado permite concluir que seria necessário proceder a uma revisão das normas, para que sejam adotados parâmetros de simulação computacional, que realmente atestem o conforto térmico da edificação, pois a simulação possibilita aferir os procedimentos normatizados, mas não garante o atendimento de todos os quesitos durante a etapa de uso da edificação.

Palavras-chave: Edificações Sustentáveis. Desempenho Térmico. Arquitetura Bioclimática. Conforto Ambiental. Eficiência Energética.

## ABSTRACT

This work aims to address the thermal comfort of multifamily residential buildings, to meet the demand for bioclimatic and sustainable constructions. The evaluation of thermal comfort was performed through a case study, which considered from the design phase to the construction use phase, addressing the criteria and methods established by the Brazilian standardization. The necessary data were researched for the evaluation of buildings and identified: the bioclimatic zone, the wind region, the thermal parameters to be examined and the executive procedures to meet the performance. The specific items of the standards were evaluated - NBR 15575:2013; NBR 15575:2021, NBR 15220-3:2005 and NBR15220-2:2022 – focused on thermal comfort, such as thermal transmittance and solar radiation absorbance of the external vertical sealing system (wrap) and the roofing system; using the two methods proposed by the standard, Simplified (normative) and Computational Simulation (use of EnergyPlus software - 3D modeling) - comparing them with the measurement performed in the completed building, through a Data logger (data collector). The research developed showed that the examination of the influence of the constructive characteristics of external vertical seal systems (wrap) and the coverage system combined with the position of prolonged-stay environments in critical sun exposure situations require new experiments so that the constructive methodologies adopted in the works of multifamily residential buildings, are committed to the quality of the thermal comfort of users within the building. The work allows us to conclude that it would be necessary to review the standards, so that computational simulation parameters are adopted, which really attest to the thermal comfort of the building, because the simulation makes it possible to measure the standardized procedures, but does not guarantee the attendance of all the items during the stage of use of the building.

Keywords: Sustainable Buildings. Thermal Performance. Bioclimatic architecture. Environmental Comfort. Energy Efficiency.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....	30
Figura 2 – Representação em corte de um ambiente para delimitação do AVS .....	41
Figura 3 – Tela abertura – Climate Consultant .....	56
Figura 4 – Carta Psicométrica .....	62
Figura 5 – Fachada da edificação analisada .....	68
Figura 6 – Implantação da edificação analisada .....	69
Figura 7 – Planta do pavimento tipo da edificação analisada .....	70
Figura 8 – Planta de situação da edificação analisada .....	71
Figura 9 – Corte esquemático da edificação analisada .....	71
Figura 10 – Planta Unidade Habitacional 101 .....	72
Figura 11 – Planta Unidade Habitacional 601 .....	73
Figura 12 – Planta com delimitação dos ambientes de permanência prolongada .....	74
Figura 13 - Composição da parede de envoltória – corte vertical .....	75
Figura 14 - Composição da parede de envoltória – corte horizontal .....	76
Figura 15 - Composição da parede de envoltória .....	76
Figura 16 - Composição da cobertura – corte vertical .....	77
Figura 17 - Esquadria sala de estar e jantar .....	80
Figura 18 - Esquadria dormitório 01 e 02 .....	81
Figura 19 - Esquadria dormitório 03 .....	82
Figura 20 – Processo de Modelagem – Unidade Tipo .....	93
Figura 21 – Configuração do EP-Launch .....	93
Figura 22 – Processo de Modelagem – Edificação analisada .....	94
Figura 23 – Data Loggers .....	99

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variação de temperatura – Belo Horizonte .....	59
Gráfico 2 – Médias mensais diurnas com variações de temperatura em bulbo seco e bulbo úmido e as variações de radiação global direta e difusa – Belo Horizonte .....	60
Gráfico 3 – Faixa de radiação normal, global e superficial .....	60
Gráfico 4 – Bulbo seco x Umidade relativa .....	61
Gráfico 5 – Temperatura média mensal .....	61
Gráfico 6 – Carta Psicométrica .....	62
Gráfico 7 – Rosa dos ventos .....	63
Gráfico 8 – Registro de temperaturas médias .....	100

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estratégias de condicionamento térmico para edificações na Zona Bioclimática 3 .....	31
Tabela 2 – Aberturas para ventilação .....	32
Tabela 3 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa .....	32
Tabela 4 – Estratégia de condicionamento térmico passivo .....	32
Tabela 5 – Transmitância térmica de paredes externas .....	36
Tabela 6 – Capacidade térmica de paredes externas .....	36
Tabela 7 – Percentual de abertura para ventilação .....	37
Tabela 8 – Proporção de referência dos elementos transparentes .....	39
Tabela 9 – Percentual de elementos transparentes em função do fator solar ou do nível de etiqueta de esquadria para Unidades Habitacionais .....	40
Tabela 10 – Percentual de elementos transparentes em função do ângulo vertical de sombreamento para unidades habitacionais .....	41
Tabela 11 – Transmitância térmica de coberturas .....	42
Tabela 12 – Propriedades térmicas de paredes e pisos para o modelo de Referência .....	43
Tabela 13 – Propriedades térmicas de cobertura para o modelo de Referência .....	43
Tabela 14 – Propriedades térmicas do material de isolamento da cobertura para o modelo de referência .....	44
Tabela 15 – Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos .....	46
Tabela 16 – Intervalos de temperatura externas de bulbo seco .....	47
Tabela 17 – Faixa de temperaturas operativas para determinação do percentual de horas de ocupação no ambiente de permanência prolongada (PHFTAPP) .....	48
Tabela 18 – Características dos elementos transparentes nas esquadrias para o modelo de referência .....	51

Tabela 19 – Percentual de abertura para ventilação nas esquadrias para o modelo de referência .....	51
Tabela 20 – Características dos perfis das esquadrias para o modelo de referência .....	52
Tabela 21 – Padrões de ocupação diários dos ambientes de permanência prolongada (APP) .....	52
Tabela 22 – Taxa metabólica e fração radiante para os usuários .....	53
Tabela 23 – Padrões de uso do sistema de iluminação artificial dos ambientes de permanência prolongada (APP) .....	53
Tabela 24 – Densidade de potência instalada, fração radiante e fração visível para o sistema de iluminação .....	54
Tabela 25 – Período de uso, densidade de cargas internas e fração radiante para equipamentos em ambientes de permanência prolongada .....	54
Tabela 26 – Zoneamento Bioclimático e Localização Geográfica de Cidades Brasileiras .....	55
Tabela 27 – Variáveis climáticas da cidade de Belo Horizonte .....	57
Tabela 28 – Índices de critérios para conforto térmico na cidade de Belo Horizonte .....	58
Tabela 29 – Densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais .....	83
Tabela 30 – Resistência térmica de camadas de ar não ventiladas .....	84
Tabela 31 – Resistência térmica superficial interna e externa .....	84
Tabela 32 – Absortância para radiação solar e emissividade para radiações e temperaturas comuns .....	85
Tabela 33 – Resumo dos resultados – Procedimento Simplificado .....	92
Tabela 34 – Resultados da análise – NBR 15575:2013 .....	96
Tabela 35 – Resumo resultados da análise – NBR 15575:2013 .....	94
Tabela 36 – Desempenho das unidades analisadas – NBR 15575:2013 .....	97
Tabela 37 – Resumo resultados da análise – NBR 15575:2021 .....	98
Tabela 38 – Resumo de dados obtidos pela medição e estação meteorológica .....	101
Tabela 39 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno .....	102

Tabela 40 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão .....	102
Tabela 41 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021 Transmitância Térmica e Capacidade Térmica de paredes externas .....	103
Tabela 42 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021 Percentual de abertura para ventilação .....	104
Tabela 43 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021 Proporção dos elementos transparentes .....	105
Tabela 44 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021 Transmitância térmica de coberturas .....	106
Tabela 45 – Resumo dos resultados obtidos pela análise da edificação pelo procedimento simplificado .....	107
Tabela 46 – Resumo dos resultados obtidos pela análise da edificação pelo procedimento computacional – NBR 15575:2013 e pela medição no local .....	109
Tabela 47 – Resumo dos resultados obtidos pela análise da edificação pelo procedimento computacional – NBR 15575:2021 e pela medição no local .....	112

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
APP	Ambiente de permanência prolongada
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AVS	Ângulo vertical de sombreamento
BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CIB	Council International for Buildings
CT	Capacidade térmica
DPI	Densidade de potência instalada de iluminação
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
FS	Fator solar
HQE	Haute Qualité Environnementale
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design
PBE-Edifica	Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
SBSE	Society of Building Science Educators
SC	Sistema de coberturas
SVVE	Sistemas de vedação verticais externas
SWERA	Solar and Wind Energy Resource Assessment
TBS	Temperatura bulbo seco
U	Transmitância térmica
UH	Unidade habitacional
USGBC	United States Green Building Council
VUP	Vida Útil de Projeto

## LISTA DE SIMBOLOS

$A_{el,i}$	Área de superfície do elemento $i$ expressa em metros quadrados ( $m^2$ )
$A_{P,APP}$	Área de piso do ambiente
$A_{t,APP}$	Área de superfície dos elementos transparentes
$A_{V,APP}$	Área efetiva de abertura
$CgTA_{APP}$	Somatório anual dos valores horários da carga térmica de aquecimento
$CgTR_{APP}$	Somatório anual dos valores horários da carga térmica de refrigeração.
$CgTT_{UH}$	Carga térmica total da unidade habitacional
$CT_{par}$	Capacidade térmica de paredes externas
$Hel,i$	Coefficiente de transferência térmica
$H_{total}$	Coefficiente de transferência térmica total
$Nh_{FT}$	Número de horas em que o APP se encontra ocupada e com temperaturas operativas dentro da faixa de temperatura operativa
$Nh_{Ocup}$	Número de horas em que o APP é ocupado ao longo do ano, equivalente 2920h para salas e 3650h para os dormitórios
$n^{(1)}$	Número de ambientes de permanência prolongada da UH.
$n^{(2)}$	Número de elementos que compõem a superfície externa
$PHFT_{APP}$	Percentual de horas de ocupação em ambientes de permanência prolongada.
$PHFT_{UH}$	Percentual de horas de ocupação da unidade habitacional.
$P_{t,APP}$	Percentual de elementos transparentes
$P_{V,APP}$	Percentual de abertura para ventilação
$T_{t,APP}$	Percentual de elementos transparentes
$Tomáx_{APP}$	Temperatura operativa anual máxima em ambientes de permanência prolongada.
$Tomáx_{UH}$	Temperatura operativa anual máxima da unidade habitacional.
$Tomín_{APP}$	Temperatura operativa anual mínima em ambientes de permanência prolongada
$Tomín_{UH}$	Temperatura operativa anual mínima da unidade habitacional
$U_{cob}$	Transmitância térmica de coberturas
$U_{el,i}$	Transmitância térmica do elemento $i$ , expressa em watts por metro quadrado kelvin ( $W/(m^2.K)$ )
$U_{par}$	Transmitância térmica de paredes externas

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>20</b>
3.1	NBR 15575:2021 – Requisitos Gerias	22
3.2	A atribuição da NBR 15575:2021 na sustentabilidade	23
3.3	Certificações e programas de simulação computacional com foco na sustentabilidade	24
3.4	Desempenho térmico das edificações	28
3.5	Análise das normas técnicas, regulamentos e legislações	29
3.6	Procedimento simplificado	34
3.6.1	Desempenho térmico da envoltória	34
3.6.2	Desempenho térmico da cobertura	41
3.7	Procedimento de simulação computacional	42
3.7.1	Desempenho térmico da envoltória	47
3.7.2	Modelagem da unidade habitacional	49
3.7.3	Modelagem da ocupação e das cargas internas	52
3.8	Dados bioclimáticos e arquivo climático	54
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>64</b>
4.1	Arquitetura bioclimática: Estudo de caso	64
4.2	Conforto térmico: Levantamento de legislações e normas	65
4.3	Verificação e validação do desempenho térmico da edificação	65
<b>5.</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>67</b>
5.1	Dados da edificação	68
5.2	Elementos construtivos	75
5.2.1	Tipos de vedação	75
5.2.2	Especificação dos materiais e acabamentos	78
5.2.3	Propriedades dos materiais	83
5.2.4	Análise da edificação pelo procedimento simplificado	85



5.2.4.1	Resumo dos resultados obtidos .....	91
5.2.5	Análise da edificação pela simulação computacional .....	92
5.2.6	Resultados obtidos para análise da NBR 15575:2013 .....	94
5.2.7	Resultados obtidos para análise da NBR 15575:2021 .....	98
5.2.8	Resultados obtidos pela .....	99
<b>6.</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>103</b>
6.1	Análise da edificação pelo procedimento simplificado .....	103
6.1.2	Análise da edificação pelo procedimento de simulação computacional na NBR 15575:2013 e NBR 15575:2021 .....	107
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>113</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>117</b>
	APÊNDICE A – Dados Data Logger apto 101 .....	121
	APÊNDICE B – Dados Data Logger apto 601 .....	125
	APÊNDICE C – Dados Estação Meteorológica da Pampulha ....	129

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão acontecendo e devemos discutir quais providências tomar para reduzir os efeitos do aquecimento global sobre o nosso planeta. Em setembro de 2019 ocorreu a Cúpula do Clima da ONU, em Nova York, onde 63 países anunciaram planos que foram discutidos no Acordo de Paris para alcançar metas climáticas. Com essa preocupação a sustentabilidade e a eficiência na construção civil estão cada vez mais em alta, colocando arquitetos e construtores como protagonistas para que a arquitetura e a construção sustentável sejam mais do que um conceito, e se tornem soluções verdadeiras para o combate das mudanças climáticas, e para a preservação do meio ambiente e da humanidade.

Na história da humanidade, existem inúmeros registros sobre a busca da proteção em relação às mudanças climáticas e sobre as condições de bem-estar e conforto físico no interior das edificações, sendo o clima um importante definidor do projeto e do sistema construtivo das habitações.

As condições climáticas urbanas inadequadas geram perda da qualidade de vida para a população e conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações (LAMBERTS et al., 2014). O conforto térmico está relacionado à sensação de bem-estar das pessoas. Esta condição é obtida pelos elementos do clima - temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e radiação. O efeito destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado zona de conforto e seu estudo é fundamental para o condicionamento térmico natural das edificações.

O cumprimento da Norma de Desempenho é imprescindível para arquitetos e engenheiros, assim como para incorporadores e construtores, visando principalmente a garantia do conforto térmico, acústico e lumínico das edificações além de habitações energeticamente eficientes. A norma Brasileira Edificações Habitacionais – Desempenho (NBR 15575:2021), foi baseada em inúmeras outras normas, tais como

a ISO, ANSI, ASHRAE, ASTM, Eurocode e diversas normas da própria ABNT. É obrigatória para edificações residenciais, independentemente do sistema construtivo. Desde a sua publicação, a norma já contribuiu para um maior respeito aos critérios construtivos, conscientizando os profissionais envolvidos na cadeia produtiva da construção civil, no que diz respeito à conformidade à norma e aos critérios de conforto ambiental.

O presente estudo propõe analisar as metodologias apresentadas pela norma de desempenho - análise simplificada e simulação computacional – principalmente nos quesitos dos sistemas de vedação vertical externa (envoltória) e de cobertura, que estão diretamente relacionados com o conforto térmico, com a temperatura do ambiente e com o bem estar do usuário. Assim, a averiguação de forma comparativa, entre o estabelecido pela norma e os resultados obtidos, visa verificar o atendimento ao desempenho térmico, por meio da análise construtiva de uma edificação residencial multifamiliar e da avaliação comparativa entre os métodos prescritivos e de simulação computacional propostos pela NBR 15575:2021, e em relação à coleta de dados através de um registrador do tipo Data Loggers - equipamento que tem a capacidade de armazenar eletronicamente parâmetros de temperatura *in loco*.

Foi realizada uma análise do projeto arquitetônico, de um residencial multifamiliar, composto por 24 unidades habitacionais, considerando os itens prescritivos da norma e elaborando um modelo parametrizado, para a simulação computacional, por meio do *software SketchUp* e do *EnergyPlus*, versões educacionais, a fim de verificar os parâmetros normativos e avaliar a transmitância térmica e absorvâncias de radiação solar dos componentes construtivos - paredes externas (envoltórias) e coberturas, que estão relacionados com a eficiência energética da edificação. Foi efetuada uma avaliação investigativa, através de visitas exploratórias ao ambiente construído e coleta dos registros eletrônicos de dados de temperatura local.

Este trabalho visa, através dos resultados obtidos, sejam eles positivos ou negativos, do ponto de vista do conforto ambiental, a colaborar para a melhoria e aperfeiçoamento da NBR 15575:2021, quanto à sua importância na eficiência energética e qualidade bioclimática das edificações, a fim de contribuir e recomendar alterações, para o aprimoramento da norma e dos itens de desempenho.

## 2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência energética de uma edificação residencial multifamiliar, através da análise do desempenho térmico, utilizando os métodos prescritivo e de simulação computacional no projeto arquitetônico em estudo, com base nas normas brasileiras, comparando-os aos dados obtidos na edificação concluída.

São objetivos específicos:

Abordar a atuação da normatização para o conforto térmico de residências multifamiliares;

Avaliar o desempenho térmico de um projeto arquitetônico (construído), através de seus sistemas construtivos, baseando-se nos parâmetros das normas de desempenho;

Averiguar a temperatura real interna das unidades residenciais analisadas através da instalação de Data Loggers;

Comparar os resultados de conforto térmico utilizando os métodos da análise prescritiva, da simulação computacional e dos dados coletados em unidades residenciais concluídas;

Identificar as conformidades ou incoerências entre os métodos estabelecidos pela norma e o conforto térmico real das unidades;

Refletir sobre a aplicabilidade prática da NBR 15575:2021.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em 1953, foi fundado o Council International for Buildings (CIB), com a finalidade de abordar o desempenho das edificações, estabelecendo a troca de informações entre países, com o objetivo de construir uma estrutura conceitual a ser adotada por todos (SORGATO, 2014). No Brasil, esta preocupação com o desempenho mínimo surgiu com a Norma 15.575, que estabelece os parâmetros para medir o desempenho das edificações habitacionais, sendo criada em 2008 e revisada em 2013, passando a vigorar a partir de 19 de julho do mesmo ano, com o objetivo de estabelecer métricas e requisitos qualitativos para edificações residenciais. Este lançamento foi resultado de um trabalho de mais de 15 anos. Ocorreu uma nova revisão na norma e a NBR 15575, que passou a vigorar a partir de 29 de setembro de 2021.

A Norma de Desempenho não é uma norma isolada, mas sim, uma compilação de dezenas de outras normas da própria ABNT, e de outras normas, tais como, ISO, ANSI, ASHRAE, ASTM, Eurocode - apresentando critérios que referenciarão outras normas nacionais e internacionais.

O papel principal da NBR 15575:2021 é o de proteger o consumidor em relação à qualidade do produto adquirido, no caso, a edificação residencial. A norma é obrigatória para todas as edificações residenciais — independente do sistema construtivo utilizado — criando uma nova forma de avaliação, considerando os componentes e elementos funcionando em conjunto; e a soma de bons elementos nem sempre resulta em um bom sistema. Falhas de projeto, de especificação, de instalação ou mesmo de manutenção pelo usuário podem comprometer a funcionalidade dos sistemas e podem gerar multas, processos, obrigatoriedade de reparos ou trocas.

Suas principais contribuições são: uma maior disciplina entre critérios construtivos; a redução da subjetividade entre o que pode ser considerada uma boa construção; a consciência dos profissionais da construção civil sobre critérios de conforto ambiental; a instrumentalização do Código de Defesa do Consumidor, que tem onde recorrer caso algum elemento de sua moradia não atenda algum requisito mínimo; a redução

da concorrência predatória entre construtoras que visavam baixar a qualidade de seus empreendimentos para obter maior competitividade no mercado. A norma preconiza um comprometimento com o desempenho do ambiente construído como um todo. Isso obriga aos projetistas a caracterizar as premissas de projeto, as condições de operação, as normas atendidas, as especificações de desempenho e as ações de manutenção previstas.

As responsabilidades sobre o não atendimento a Norma se dá em todas os campos da construção civil:

fornecedores de insumos, materiais, componentes ou sistemas, pois devem caracterizar o desempenho dos seus produtos conforme a norma;

projetistas, pois devem estabelecer a Vida Útil de Projeto (VUP) de cada sistema que compõe a norma, como por exemplo, estrutura e vedações; além de especificar os materiais, os produtos e os processos que atendam ao menos os critérios de desempenho mínimo;

construtor e incorporador, pois cabe a estes a identificação de riscos previsíveis, tais como, contaminação do lençol freático e erosão. A execução correta dos processos construtivos, assim como a verificação e validação de todo material e/ou produto utilizado na obra;

usuário que tem como responsabilidade, realizar a manutenção de acordo com NBR 5674:2012 – Manutenção de Edificações, e o Manual de Uso elaborado pelo incorporador/construtor disponibilizado na entrega da edificação.

A NBR 15575:2021 possui seis partes bem distintas, que estão divididas em: Requisitos Gerais, Estrutura, Sistemas de Pisos, Sistemas de Vedações Verticais, Sistemas de Cobertura e Sistemas Hidrossanitário. A norma apresenta ainda os parâmetros de níveis mínimo (M), intermediário (I) e superior (S) a serem definidos com o proprietário/incorporador no início do projeto, os quais deverão ser documentados no memorial descritivo de projeto.

### 3.1 NBR 15575:2021 – Requisitos gerais

A primeira parte, Requisitos Gerais, destaca que esta norma não será utilizada em obras já concluídas, obras em andamento, projetos protocolados - anteriores a 2013, obras de reforma, retrofit de edifícios e em edificações provisórias, devendo ser utilizada como um procedimento de avaliação do desempenho de um sistema ou de um processo construtivo, destinado a atender uma função, independente da solução técnica adotada, somente em novas construções.

Conforme Chvatal (2014) a NBR 15575:2013 não é uma norma prescritiva, pois não indica como a edificação deve ser construída, mas sim ao que deve ser atendido para que se tenha um desempenho desejado, atendendo aos seguintes aspectos:

segurança: segurança estrutural, segurança contra fogo, segurança no uso e na operação;

sustentabilidade: é estabelecida a vida útil de projeto (VUP), que devem ser atendido em nível mínimo (M), intermediário (I) ou superior (S), visando principalmente a durabilidade e a manutenibilidade da edificação, assim como o seu e impacto ambiental gerado.

habitabilidade: que é a grande relevância da NBR 15575:2013, pois trata de diversas estratégias, tais como, estanqueidade; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico, com destaque para:

desempenho térmico: deve reunir características que atendam aos requisitos de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na NBR 15220:2015, parte 3 – Desempenho Térmico de Edificações. Para esta análise a NBR 15575:2013 estabelece os procedimentos, que podem ser simplificados ou por simulação computacional;

desempenho acústico: deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, quanto aos ruídos aéreos externos à edificação e isolamento acústico adequado entre as áreas comuns e privativas de unidades autônomas diferentes (isolação ao ruído entre pisos e paredes internas e ruídos gerados por impactos);

desempenho lumínico: as dependências sala de estar, dormitórios, copa/cozinha e área de serviço devem receber iluminação natural conveniente, vinda diretamente do exterior ou através de outro ambiente. Para o período noturno, a iluminação artificial deve proporcionar condições satisfatórias de conforto e segurança.

### **3.2 A atribuição da NBR 15575:2021 na sustentabilidade**

Os responsáveis pela construção civil vêm empenhando-se na “busca de equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável, que é usualmente descrita em função da chamada ‘*triple bottom line*’ que congrega as dimensões ambiental, social e econômica do desenvolvimento sustentável” (SILVA, 2003 apud BUENO, 2010, p. 20). Desta forma, foram desenvolvidos métodos para avaliar, classificar e/ou certificar os empreendimentos que as adotam, observando o uso eficiente da energia na sua fase de projeto e operação. O desenvolvimento sustentável faz com que seja fundamental a avaliação dos impactos gerados pelo setor da construção civil. As principais áreas referentes ao conforto ambiental das edificações são: térmica, acústica e lumínica, itens em destaque na NBR 15575:2021. Assim, a metodologia de projeto deve envolver desde a análise do clima até o detalhamento do projeto arquitetônico, que vise a atender a eficiência energética e o conforto bioclimático das edificações.



CHO et al, (2011) descreve que:

O aumento da conscientização do consumo de energia, bem como o impacto ambiental das operações de construção, faz com que arquitetos, designers e planejadores sejam obrigados a colocar mais consideração na sustentabilidade e desempenho energético do edifício. Para garantir que a maioria dessas considerações seja refletida no desempenho da construção, as decisões críticas de projeto devem ser tomadas pelas principais partes interessadas no início do estágio de desenvolvimento do projeto.

Assim, no desenvolvimento dos projetos é imprescindível estimar o desempenho, avaliar o produto e validar se o edifício e/ou suas partes atendem às condições estabelecidas em normas, num processo integrado, que engloba as fases iniciais projetuais até o seu descomissionamento ou renovação, ou seja, todo o ciclo de vida da edificação. A integração no processo de concepção, construção, operação e manutenção é essencial e altera a forma de produção da indústria da construção civil se tornando uma necessidade no desenvolvimento de cidades e edifícios sustentáveis, gerando uma mudança nos conceitos e formas de projetar e gerir novas edificações.

### **3.3 Certificações e programas de simulação computacional com foco na sustentabilidade.**

Existem diversos regulamentos e certificações para a avaliação do desempenho das edificações, os quais estabelecem requisitos para os projetos eficientes – BREEAM e ECOHOMES/Inglaterra, HQE/França, LEED/EUA, CASBEE/Japão, GREEN STAR/Austrália.

No Brasil, existem critérios para a mensuração da eficiência energética de prédios residenciais, comerciais, públicos e de serviços – estabelecidos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) que visam a conscientizar o mercado em relação ao consumo energético em edifícios (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). A implementação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível

de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C (BRASIL, 2010) e do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (BRASIL, 2010) permite uma classificação das construções por nível de eficiência. Além destes regulamentos, temos o Selo Procel Edificações (PBE Edifica), que identifica três categorias de eficiência energética: sistema de iluminação, envoltória e sistema de condicionamento de ar. O Selo Casa Azul, criado pela Caixa Econômica Federal em 2009, foi o primeiro sistema de classificação do índice de sustentabilidade de projetos habitacionais desenvolvido para a realidade da construção habitacional brasileira, tem como desafio tornar a construção sustentável um atrativo comercial para os empreendedores e com isso fomentar a produção de empreendimentos com propostas sustentáveis, reconhecendo e incentivando a adoção de soluções urbanísticas e arquitetônicas de qualidade, assim como o uso racional dos recursos naturais na produção de empreendimentos a serem executados no âmbito dos programas habitacionais operacionalizados pela Caixa (CEF, 2022).

A implantação do BIM (Building Information Modeling), metodologia que permite criar simulações digitais, trabalhando todas as informações de um projeto de arquitetura em paralelo com as demais disciplinas da construção civil, trouxe um efetivo gerenciamento dentro das atividades projetuais e foram criadas as dimensões do BIM, sendo eles: BIM 3D modelo tridimensional, BIM 4D cronograma e planejamento, BIM 5D orçamentação e o BIM 6D que trata da sustentabilidade.

O BIM 6D, modelagem das informações da construção da sexta dimensão, é vinculado ao processo de eficiência energética, obtendo obras mais inteligentes e sustentáveis, onde são feitas as análises de eficiência energética e consumo de energia, contribuindo para a sustentabilidade e conseqüentemente para as diversas certificações existentes e os selos de construção sustentável. A modelagem utilizando 6D propicia estimativas de gastos energéticos mais completas e precisas desde o início do processo do desenvolvimento até sua concepção final.

A análise energética, na fase de projeto, é um dos principais fatores considerados quando utilizada esta dimensão, através dela é possível realizar um projeto mais

econômico e inteligente, utilizando por exemplo, sistemas de ventilação e de iluminação natural.

A utilização da metodologia BIM na simulação apresenta os parâmetros para obtenção de resultados avançados e sustentáveis da construção, conforme Yeganiantz (2016):

As ferramentas de avaliação ambiental, quando utilizadas desde o início do projeto, contribuem para evitar desperdícios de materiais, energia, tempo, mão-de-obra. Reduzem os custos decorrentes de reconstrução tornando o ambiente mais saudável para os seus usuários. São ferramentas importantes que podem auxiliar o arquiteto na tomada de decisão no processo de projeção, no sentido de obter uma melhor solução de conforto ambiental. Esses instrumentos de simulação constituem em avanço, pois permitem realizar análises que só seriam possíveis por meio de cálculos complexos ou da construção de protótipos em escala reduzida e medição in loco. (AMORIM, 2006 apud YEGANIANTZ, 2016, p.04)

Estão disponíveis no mercado diversos programas de simulação computacional para edificações, que permitem analisar o desempenho normativo e ambiental da edificação, avaliando os projetos arquitetônicos e seus respectivos sistemas, com o objetivo de prever o consumo de energia, avaliar alternativas de soluções energéticas e conforto térmico. São necessários o uso de parâmetros para estas simulações, como, condições climáticas, elementos da edificação e características dos componentes construtivos (geometria, composição de fachadas e cobertura, sistemas de climatização - aquecimento, ventilação e ar condicionado). Os resultados permitem que os projetistas avaliem as soluções mais adequadas e definam o uso de materiais de construção que otimizem o desempenho da edificação. Mas para tal, é necessário a validação dessas ferramentas e programas, assim como o desenvolvimento de metodologias para a sua utilização, baseadas nas normas de desempenho.

O programa utilizado para a simulação computacional deve ser capaz de estimar as variações de temperatura operativa, das cargas térmicas de refrigeração e de aquecimento, além do uso de ventilação natural na Unidade Habitacional (UH), devendo: estar de acordo com a ASHRAE 140; modelar efeitos de inércia térmica; modelar trocas de calor entre edificação e solo; ser capaz de simular sombreamento

de elementos externos (brises, sacadas e entorno); ser capaz de simular os efeitos de ventilação cruzada entre um, dois ou mais ambientes.

As principais ferramentas de tecnologia da informação para a avaliação de desempenho térmico são: Autodesk Ecotect Analysis, Green Build Studio, Graphisoft EcoDesigner, Autodesk Project Vasari, destacando o EnergyPlus – por se tratar de uma ferramenta gratuita e o DesignBuilder pela sua interface com o EnergyPlus.

O EnergyPlus é um *software* para simulação termo-energética, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, tendo sido lançado em 2001. Permite desenvolver estudos para análise e melhoria da eficiência energética em edificações existentes ou em fases de projeto. É um software já consolidado, e com grande aceitação, sendo usado em muitos estudos realizados no país para simulação de desempenho termo-energético de edificações (MELO, 2009).

DesignBuilder é um software criado como interface gráfica para o EnergyPlus, que oferece uma plataforma para modelagem geométrica da edificação, visando a simulação do desempenho termo energético, a análise de sombreamento, as cargas de aquecimento e resfriamento, o conforto e a transmitância térmica, entre outras funções de simulações termodinâmicas. As análises são fornecidas através de gráficos, que são atualizados automaticamente a cada modificação de projeto. Permite a simulação do acionamento de diversos dispositivos (como janelas, cortinas, brises), através de padrões de uso e de valores de variáveis ambientais internas e externas (DESIGNBUILDER, 2012). Este software vem sendo utilizado em estudos como ferramenta para realização de análises de desempenho termo-energético de edificações.

A avaliação dos níveis de eficiência energética / desempenho ambiental em edificações se mostra necessária para garantir o cumprimento de normas e obtenção de etiquetas ou selos ambientais. No Brasil, este procedimento é indicado para obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), conforme o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (BRASIL, 2010). A simulação computacional é um procedimento indicado pela normativa brasileira NBR15575:2021 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2021), e pelas certificações AQUA

(Alta Qualidade Ambiental) (FCAV; CERWAY, 2014) e LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) (USGBC, 2018); estas simulações de desempenho energético e sustentabilidade podem ocorrer nos diferentes níveis de desenvolvimento do projeto, viabilizando a avaliação e a etiquetagem das edificações, contribuindo para a redução do custo de operação e na redução dos impactos ambientais e sociais. Para tal, é necessário adequar o modelo para análise, indicando os requisitos de modelagem energética e definindo elementos construtivos, tipos de materiais, sistemas de iluminação, condicionamento de ar existente, áreas de sombreamento e principalmente realizar o zoneamento térmico do projeto.

As simulações devem ser realizadas nas fases iniciais de projeto para que tenha maior impacto no desempenho da edificação e não somente na fase final de projeto para cumprir normas de desempenho. É imprescindível assegurar a interação entre os diferentes softwares utilizados na construção civil, devido ao intercâmbio dos dados, para isso, deve verificar quais ferramentas serão utilizadas desde a fase inicial do projeto. O desenvolvimento de um modelo eficaz, deve ser bem estruturado e planejado detalhadamente, para resultar em uma documentação adequada aos objetivos normativos e ambientais, os quais a edificação pretende atender.

### **3.4 Desempenho térmico das edificações.**

A avaliação de desempenho térmico das edificações é baseada na proposta do projeto arquitetônico e a exposição da edificação às condições climáticas, tais como variação de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, e a direção e velocidade predominante do vento, inserido em uma determinada localidade, considerando suas relações de trocas térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo refletindo diretamente no conforto térmico dos usuários.

O alcance do desempenho térmico adequado às necessidades dos usuários de uma edificação deve considerar, principalmente durante a etapa de projeto, as condições climáticas, assim como as técnicas construtivas e os materiais de construção que

serão utilizados, pois é a combinação e aplicação destes princípios que resultarão na condição de conforto térmico no interior da edificação.

A verificação e adequação de parâmetros normativos e ambientais exigidos nos projetos de arquitetura e engenharia é ainda de difícil entendimento por parte dos projetistas. Sendo assim, a busca por estudos e análise crítica dos materiais e sistemas construtivos utilizados na fase de projetos pode promover um avanço para o campo da construção civil e na área de validação de alternativas projetuais.

### **3.5 Análise das normas técnicas, regulamentos e legislações**

A definição dos critérios e métodos para a Avaliação do Desempenho Térmico estabelecidos pela Norma 15575:2021, consideram o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, definidos pela NBR 15.220:2005.

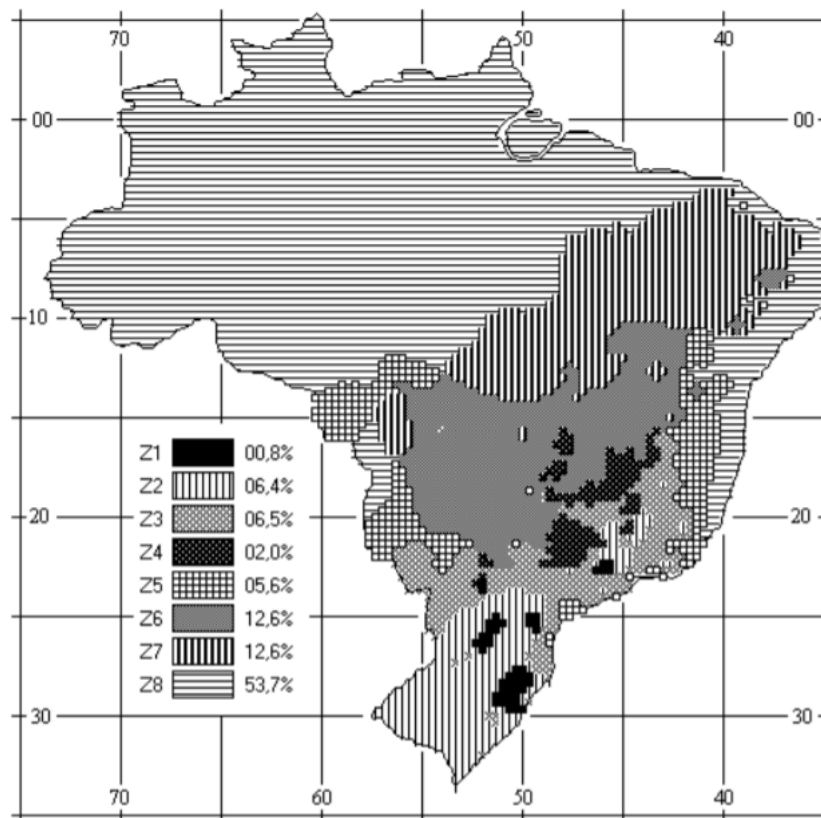
O desempenho térmico das habitações resulta dos componentes (paredes e coberturas), das áreas de ventilação, das áreas envidraçadas, das cargas térmicas internas – determinadas pelas pessoas, iluminação e equipamentos existentes nos ambientes – além da forma de uso das aberturas e do clima das cidades analisadas.

Na definição dos critérios e métodos para a Avaliação do Desempenho Térmico estabelecidos pela Norma 15575:2021, o território brasileiro foi dividido em oito zonas, conforme a Figura 1, resultantes da análise de dados climáticos obtidos entre 1931 a 1990 e classificados através da Carta Bioclimática de Givoni adaptada ao Brasil.

O Zoneamento foi definido na NBR 15.220:2005 - Parte 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas, e apresenta cidades cujos climas foram classificados, segundo os parâmetros e condições de conforto para o tamanho das aberturas (janelas) com objetivo de melhorar a ventilação e a

proteção, para as vedações externas (paredes e coberturas) e estratégias de condicionamento térmico passivo. A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática de cada cidade:

**Figura 1 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro**



**Fonte:** NBR15.220-3:2005.

A NBR 15.220-3:2005 pontua as 330 cidades, apresentando a classificação dos climas, a indicação de sua Zona Bioclimática e as estratégias bioclimáticas recomendadas. A classificação para Belo Horizonte é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1 – Estratégias de condicionamento térmico  
para edificações na Zona Bioclimática 3**

<b>Estratégias de condicionamento térmico para edificações na Zona Bioclimática 3</b>			
<b>UF</b>	<b>Cidade</b>	<b>Estratégia</b>	<b>Zona</b>
<b>MG</b>	<b>Belo Horizonte</b>	<b>B C F I</b>	<b>3</b>

Fonte: NBR15.220-3:2005.

As estratégias de condicionamento térmico para a Zona Bioclimática 3 - Belo Horizonte são:

B – A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.

C – A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

F – As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.

I – Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.



A carta bioclimática fornece as diretrizes construtivas que devem ser utilizadas para cada zona bioclimática, estabelecida na NBR 15.220:2005 – Parte 03. As Tabelas 2, 3 e 4 possuem as diretrizes para a cidade de Belo Horizonte, estabelecendo a dimensão das aberturas para ventilação, os parâmetros de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar mínimos que os sistemas de vedações devem possuir, e as estratégias de condicionamento térmico passivo.

**Tabela 2 – Aberturas para ventilação diretrizes para a cidade de Belo Horizonte**

Aberturas para ventilação		
Abertura para ventilação		Sombreamento das aberturas
Médias	15% < área do piso < 25%	Permitir sol durante o inverno

Fonte: NBR15.220-3:2005.

**Tabela 3 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa diretrizes para a cidade de Belo Horizonte**

Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar				
Vedações externas		Transmitância térmica	Atraso térmico	Fator solar
		$U=W/m^2.K$	$\Phi h$	$FS_0 \%$
Parede:	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS_0 \leq 4,0$
Cobertura:	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FS_0 \leq 6,5$

Fonte: NBR15.220-3:2005.

**Tabela 4 – Estratégia de condicionamento térmico passivo diretrizes para a cidade de Belo Horizonte**

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	Ventilação cruzada
Inverno	Aquecimento solar da edificação  Vedações internas pesadas – Inércia térmica

Fonte: NBR15.220-3:2005.

Deve ser avaliado o desempenho térmico dos ambientes de permanência prolongada (APP) das edificações; devendo ser analisadas as unidades habitacionais multifamiliares do pavimento térreo, dos pavimentos tipo e da cobertura, onde serão considerados os componentes (paredes e coberturas), as áreas envidraçadas e de ventilação, assim como as cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos).

A norma de desempenho estabelece um conjunto de requisitos, critérios e procedimentos normativos para a avaliação e a adequação de edificações habitacionais e seus sistemas, com base em exigências do usuário. Entende-se por sistema a parte funcional da edificação, ou seja, o conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macro função, tais como, fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias e cobertura.

O desempenho térmico da Unidade Habitacional (UH) deve considerar um dos procedimentos a seguir:

Procedimento 1:

**Simplificado**: o procedimento simplificado permite a análise do desempenho térmico para obtenção do nível mínimo (M). A avaliação da Unidade Habitacional (UH) é realizada através da comparação entre as características geométricas do ambiente de permanência prolongada (APP) e as propriedades térmicas do sistema construtivo em relação aos valores de referência; estabelecendo o atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação verticais externas (SVVE) e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4:2021 e ABNT NBR 15575-5:2021.

Procedimento 2:

**Simulação Computacional**: Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4:2021 e ABNT NBR 15575-5:2021, resultem como insatisfatório, ou para obtenção do nível

intermediário (I) ou superior (S), o desempenho térmico da edificação, deverá ser analisado pelo método da simulação computacional. Propondo o emprego do programa EnergyPlus, ou outros programas de simulação que permitam a determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica e sejam validados pela ASHRAE Standard 140, que já estão embutidos no programa e os dados já são diretamente validados.

### **3.6 Procedimento simplificado**

Na análise térmica da edificação, devem ser considerados dois sistemas para verificação dos níveis mínimos de desempenho: os sistemas vedações verticais externas (SVVE) e o sistemas de coberturas (SC), considerando as definições, símbolos e unidades das ABNT NBR 15220:2005. Podem ser avaliados, considerando o procedimento simplificado de análise, através do método de cálculo da transmitância térmica de paredes externas ( $U_{par}$ ), da capacidade térmica de paredes externas ( $CT_{par}$ ), do percentual de abertura para ventilação ( $P_{V,APP}$ ), do percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) e da área de superfície dos elementos transparentes ( $A_{t,APP}$ ), dos elementos e componentes da edificação.

#### **3.6.1 Desempenho térmico da envoltória**

A norma prescreve o processo de avaliação do desempenho térmico de sistema de vedações verticais externas (SVVE), por meio de procedimento simplificado. Este procedimento permite a verificação do desempenho térmico no nível mínimo (M) e de caráter obrigatório. Os níveis intermediário e superior só são aceitos se realizados pela simulação computacional.

Os ambientes analisados pela NBR 15575:2021 são os de permanência prolongada, ou seja, sala e quartos, devendo ser verificados os valores de referência dos seguintes parâmetros:

transmitância térmica de paredes externas;

capacidade térmica de paredes externas;

percentual de abertura para ventilação;

percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes.

Estas referências estão definidas na Tabela 5 (transmitância térmica de referência para paredes externas) que foi modificada da versão da NBR 15575:2013 para a versão da NBR 15575:2021, somente no item da Transmitância para as Zonas Bioclimáticas 1 e 2, passando de  $U_{par} \leq 2,5$  para  $U_{par} \leq 2,7$ . A Tabela 06 (Capacidade térmica de referência para paredes externas), e na Tabela 07 (Percentual de abertura de referência para ventilação) permaneceram inalteradas, enquanto que a Tabela 08 (proporção de referência dos elementos transparentes), que não existia na versão NBR 15575:2013, foi adicionada na versão de 2021.

Para a verificação destes itens de referência, é essencial uma análise projetual, através do projeto arquitetônico, do memorial descritivo de obra no qual deverá constar o método construtivo que será adotado.

Para a adequação de paredes externas, calcula-se a resistência térmica da parede, tendo como parâmetros a seção tipo da mesma e seus dados técnicos – dimensionamento, densidade de massa aparente, condutividade térmica do material e calor específico. Após, é calculada a transmitância térmica e a capacidade térmica da parede, assim como seu atraso térmico, que proporcione pelo menos desempenho térmico mínimo (M), estabelecido para cada zona bioclimática na ABNT NBR 15220-3:2005. Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica ( $U_{par}$ ) e capacidade térmica ( $CT_{par}$ ) das paredes externas estão apresentados na Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5 – Transmitância térmica de paredes externas**

Transmitância térmica de paredes externas ( $U_{par}$ )		
W/(m <sup>2</sup> .K)		
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,7$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

<sup>a</sup>  $\alpha$  é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

**Fonte:** Adaptada da: NBR15.575-4:2021.

**Tabela 6 – Capacidade térmica de paredes externas**

Capacidade térmica de paredes externas ( $CT_{par}$ )	
kJ/m <sup>2</sup> .K	
Zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Zona bioclimática 8
$> = 130$	Sem exigências / requisitos

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-4:2021.

No caso de áreas de permanência prolongada possuírem paredes externas com transmitância térmica ( $U$ ) distintas, deve-se ponderar os valores pelas áreas das superfícies internas de cada parede, obtendo a transmitância térmica equivalente. Sendo demonstrado na equação (1):

$$U_{par,eq} = \frac{(U_{par1} \cdot A_{par,sup,int1})}{A_{par,sup,int1}} + \frac{(U_{par2} \cdot A_{par,sup,int2})}{A_{par,sup,int2}} + n^{\circ} \text{ paredes externas com } U \text{ diferentes} \quad (1)$$

E quando ambientes de permanência prolongada (APP) possuir paredes externas com pinturas ou revestimentos de absorvâncias ( $\alpha$ ) distintas, deve-se ponderar os valores pelas áreas externas de cada pintura ou revestimento, obtendo a absorvância equivalente. Sendo demonstrado na equação (2):

$$\alpha_{par,eq} = \frac{(\alpha_{par1} \cdot A_{par,sup,ext1})}{A_{par,sup,ext1}} + \frac{(\alpha_{par2} \cdot A_{par,sup,ext2})}{A_{par,sup,ext2}} + n^{\circ} \text{ paredes externas com } \alpha \text{ diferentes} \quad (2)$$

Quando ambiente de permanência prolongada (APP) possuírem paredes externas com capacidades térmicas (CT) distintas, deve ponderar os valores pelas áreas das superfícies internas de cada parede externa, obtendo a capacidade térmica equivalente. Sendo demonstrado na equação (3):

$$CT_{par,eq} = \frac{(CT_{par1} \cdot A_{par,sup,int1})}{A_{par,sup,int1}} + \frac{(CT_{par2} \cdot A_{par,sup,int2})}{A_{par,sup,int2}} + n^{\circ} \text{ paredes externas com CT diferentes}$$

(3)

No caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior que 0,5 (m<sup>2</sup>.K)/W, o cálculo da capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

As habitações devem possuir aberturas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes de permanência prolongada (APP) - salas e dormitórios. As áreas mínimas de abertura para ventilação devem atender à legislação específica do município onde está localizada a obra, incluindo Códigos de Obras, Códigos Sanitários e outros. Se não houver exigências locais de ordem legal devem ser adotados os valores maiores ou iguais aos indicados na Tabela 7.

**Tabela 7 – Percentual de abertura para ventilação**

Percentual de abertura para ventilação ( $P_{v,APP}$ )		
Área mínima de Ventilação em ambientes de permanência prolongada		
Nível de Desempenho	Aberturas para ventilação ( $P_{v,APP}$ )	
	Zonas bioclimática 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona bioclimática 8
	Aberturas médias	Aberturas grandes
Mínimo	$P_{v,APP} \geq 7\%$ da área de piso	$P_{v,APP} \geq 12\%$ da área de piso para a Região NORTE do Brasil
		$P_{v,APP} \geq 8\%$ da área de piso para a Região NORDESTE e SUDESTE do Brasil

Nota: Nas zonas 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período frio.

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-4:2021.

A área efetiva de abertura de ventilação do ambiente deve considerar apenas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, descontadas as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo. No caso de cômodos dotados de portas-balcão ou semelhantes, na fachada da edificação, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel da porta é computada. A Análise do projeto arquitetônico deverá considerar para cada ambiente de longa permanência, a seguinte relação, conforme equação (4):

Percentual de Abertura  $P_{V,APP} = 100 \cdot (A_{V,APP} / A_{P,APP}) (\%)$  (4)

onde:  $A_{V,APP}$  – Área efetiva de abertura  
 $A_{P,APP}$  – Área de piso do ambiente.

Percentual de elementos transparentes da envoltória, conforme equação (5):

$$P_{t,APP} = 100 \cdot (A_{t,APP} / A_{P,APP}) (\%)$$
 (5)

onde:  $A_{t,APP}$  – Área de superfície dos elementos transparentes  
 $A_{P,APP}$  – Área de piso do ambiente.

As aberturas de cada ambiente de permanência prolongada (APP) devem atender ao percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes, conforme o limite de área de piso indicados na Tabela 8.

**Tabela 8 – Proporção de referência dos elementos transparentes**

<b>Proporção de referência dos elementos transparentes</b>		
Nível de Desempenho	Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %	Área de superfície dos elementos transparentes ( $A_{t,APP}$ ) m <sup>2</sup>
Mínimo	$A_{p,APP} < = 20,00 \text{ m}^2$	$A_{p,APP} > 20,00 \text{ m}^2$
	$P_{t,APP} < = 20\%$	$A_{t,APP} < = 4,00 \text{ m}^2$
<b>Critério especial</b>		
Cidades latitudes inferiores a 15°		$A_{p,APP} > 20,00 \text{ m}^2$
	$P_{t,APP} < = 30\%$	$A_{t,APP} < = 6,00 \text{ m}^2$
Zonas bioclimáticas 3 a 8	$P_{t,APP} > 20\%$	
	Com vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontais nas aberturas	

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-4:2021.

Em cidades de latitudes inferiores a -15°, as aberturas voltadas para o Sul das áreas de permanência prolongada, que possuam apenas 01 (uma) abertura, podem possuir percentual de elementos transparentes de até 30%, com  $A_{p,APP}$  (área de piso) superior a 20,00m<sup>2</sup> e  $A_{t,APP}$  (área superfície transparente) menor ou igual a 6,00m<sup>2</sup>. Nos ambientes de permanência prolongada, localizados nas zonas bioclimáticas 3 a 8 é permitido percentual de abertura de elementos transparentes superior a 20%, desde que sejam utilizados vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontais nas aberturas.

Pode-se avaliar o percentual de elementos transparentes através do fator solar ou pelo nível de etiqueta de desempenho da esquadria. O limite da área de superfície dos elementos transparentes será obtido pela multiplicação do  $P_{t,APP}$  da Tabela 9 pela área de 20,00m<sup>2</sup>.



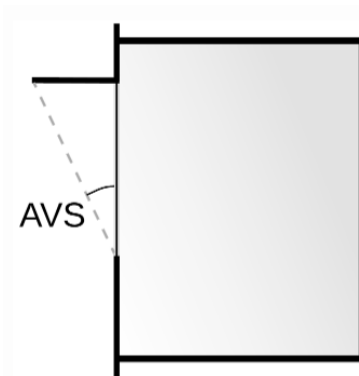
**Tabela 9 – Percentual de elementos transparentes em função do fator solar ou do nível de etiqueta de esquadria para Unidades Habitacionais**

Percentual de elementos transparentes em função do fator solar ou do nível de etiqueta da esquadria para Unidades Habitacionais (UH) localizadas nas zonas bioclimáticas 3 a 8				
Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %	Fator Solar (FS) máximo	Nível da etiqueta de desempenho da esquadria		
		Latitudes > -15°	-15° > = Lat. > = -25°	Latitudes < = -25°
< = 20	Sem limites	Sem limites	Sem limites	Sem limites
21	0,64	D	D	E
22	0,61	D	D	E
23	0,58	D	D	E
24	0,55	D	D	E
25	0,52	C	D	E
26	0,50	C	D	E
27	0,47	C	C	E
28	0,45	C	C	E
29	0,40	B	C	D
30	0,38	B	B	D
31	0,36	B	B	D
32	0,34	B	B	D
33	0,32	A	A	D
34	0,30	A	A	D
35	0,28	A	A	C
36	0,26	A	A	C
37	0,24	A	A	C
38	0,22	A	A	C
39	0,20	A	A	C
>= 40	Avaliação pelo procedimento de simulação computacional			

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-4:2021.

Em casos de existência de sombreamento horizontal sobre os elementos transparentes, deve-se verificar na Tabela 10, baseando se no ângulo vertical de sombreamento (AVS) - Figura 2 – percentual de elementos transparentes máximo. Respeitando o limite da área de superfície dos elementos transparentes será obtido pela multiplicação do  $P_{t,APP}$ , da Tabela 10 - pela área de 20,00m<sup>2</sup>.

**Figura 2 – Representação em corte de um ambiente para delimitação do AVS**



Fonte: NBR15.575-4:2021.

**Tabela 10 – Percentual de elementos transparentes em função do ângulo vertical de sombreamento para unidades habitacionais**

Percentual de elementos transparentes em função do ângulo vertical de sombreamento para Unidades Habitacionais (UH) localizadas nas zonas bioclimáticas 3 a 8			
Ângulo vertical de sombreamento (AVS) °	Fachadas Leste e Oeste	Latitudes $\leq -15^\circ$	Latitudes $\geq -15^\circ$
		Fachada Norte	Fachadas Norte e Sul
30	22	24	23
35	23	27	23
40	25	29	24
45	27	33	25

Fonte: Adaptada da NBR15.575-4:2021.

### 3.6.2 Desempenho térmico de coberturas

A cobertura da unidade habitacional (UH) deve possuir características que apontem o atendimento ao desempenho térmico mínimo. Considerando o zoneamento bioclimático brasileiro, foram estabelecidos pela NBR 15575:2021 - Parte 05, valores de referência para o parâmetro de transmitância térmica das coberturas conforme a Tabela 11.

**Tabela 11 – Transmitância térmica de coberturas**

Transmitância térmica de coberturas ( $U_{cob}$ )				
Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica				
W/m <sup>2</sup> .K				
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3, 4, 5 e 6		Zonas bioclimáticas 7 e 8	
$U_{cob} \leq 2,30$	$\alpha_{cob} \leq 0,6$	$\alpha_{cob} > 0,6$	$\alpha_{cob} \leq 0,4$	$\alpha_{cob} > 0,4$
	$U_{cob} \leq 2,3$	$U_{cob} \leq 1,5$	$U_{cob} \leq 2,3$ FT	$U_{cob} \leq 1,5$ FT

Obs.:  $\alpha_{cob}$  = absortância à radiação solar;  
 Coberturas de telhas metálicas, com ou sem pintura, ou outro acabamento, na superfície externa, deve apresentar valor de emitância térmica superior a 0,7 para as zonas bioclimáticas 3 a 8.

Fonte: Adaptada da NBR15.575-4:2021.

### 3.7 Procedimento simulação computacional

Caso os níveis mínimos (M) de desempenho térmico de sistemas vedações verticais externas (SVVE) e sistemas de coberturas (SC) não atendam aos critérios analisados conforme o procedimento simplificado, é necessário aplicar o procedimento de simulação computacional, assim como, para obtenção dos níveis de desempenho Intermediário (I) e superior (S), sendo necessária a elaboração de dois modelos para análise.

**Modelo Real:** Considera a edificação projetada com as características especificadas em projeto, suas características volumétricas, percentuais de elementos transparentes, aberturas de ventilação, propriedades térmicas dos sistemas construtivos e presença de elementos de sombreamento;

**Modelo de Referência:** Considera a edificação projetada, mas adotando as características de referência: com paredes com 100mm de espessura e com as

propriedades térmicas conforme Tabela 12 e as coberturas devem considerar laje de 100mm, com telha de 6mm de espessura e câmara de ar com resistência térmica de 0,21(m<sup>2</sup>.K) /W e propriedades térmicas conforme Tabela 13 ou Tabela 14.

**Tabela 12 – Propriedades térmicas de paredes e pisos para o modelo de referência**

Propriedades térmicas de paredes e pisos para o modelo de referência					
Elemento	Condutividade Térmica W/(m.K)	Calor Específico J/(kg.K)	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa	Densidade Kg/m <sup>3</sup>
Paredes Externas	1,75	1000	0,58	0,90	2200
Paredes Internas	1,75	1000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2200
Pisos	1,75	1000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2200

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

**Tabela 13 – Propriedades térmicas de cobertura para o modelo de referência**

Propriedades térmicas de cobertura para o modelo de referência					
Elemento	Condutividade Térmica W/(m.K)	Calor Específico J/(kg.K)	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa	Densidade Kg/m <sup>3</sup>
Telhas com 6 mm de espessura	0,65	840	0,65	0,90	1700
Laje com 100 mm de espessura	1,75	1000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2200

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

**Tabela 14 – Propriedades térmicas do material de isolamento da cobertura para o modelo de referência**

Propriedades térmicas do material de isolamento da cobertura para o modelo de referência na zona climática 8			
Elemento	Resistência térmica (m <sup>2</sup> .K)/W	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa
Isolamento Térmico	0,67	0,70	0,90

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

No modelo de referência não devem ser considerados os elementos de sombreamento externo fixos, tais como, brises e venezianas. Nos dois modelos – real e referência – deve considerar o entorno, principalmente os itens de sombra e reflexão da radiação solar causadas pelas superfícies das adjacências, por exemplo, relevo, pavimentação e edificações. Devem ser simulados no mesmo programa computacional e com o mesmo arquivo climático.

No procedimento de simulação do desempenho térmico para atendimento ao nível mínimo deve ser considerada condições de ventilação natural. Para os níveis intermediário e superior além da ventilação natural, o desempenho deve ser considerado sem o uso de ventilação natural.

#### Simulação com uso de ventilação Natural

PH <sub>FTAPP</sub>	Percentual de horas de ocupação em ambientes de permanência prolongada.
PH <sub>FTUH</sub>	Percentual de horas de ocupação da unidade habitacional.
T <sub>OmáxAPP</sub>	Temperatura operativa anual máxima em ambientes de permanência prolongada.
T <sub>OmáxUH</sub>	Temperatura operativa anual máxima da unidade habitacional.

$T_{\text{mínAPP}}$	Temperatura operativa anual mínima em ambientes de permanência prolongada. Para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4.
$T_{\text{mínUH}}$	Temperatura operativa anual mínima da unidade habitacional. Para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4.

#### Simulação sem uso de ventilação Natural

$C_{gTRAPP}$	Somatório anual dos valores horários da carga térmica de refrigeração.
$C_{gTAAPP}$	Somatório anual dos valores horários da carga térmica de aquecimento.
$T_{\text{máxAPP}}$	Temperatura operativa anual máxima.
$T_{\text{mínAPP}}$	Temperatura operativa anual mínima. Para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4.

Para a avaliação do desempenho do nível mínimo será analisado o modelo real em relação ao modelo de referência através da análise do  $PH_{FTUH}$  e a  $T_{\text{máxUH}}$ ; e nas zonas bioclimáticas de 1 a 4 deve-se avaliar também a  $T_{\text{mínUH}}$ . Para a geometria do modelo de simulação, deve ser considerada a habitação como um todo, ou seja, cada ambiente é classificado como uma zona térmica. A NBR 15575-1:2021, recomenda a utilização do programa EnergyPlus, ou equivalente, que permita a determinação do comportamento térmico da edificação sob as condições dinâmicas de exposição ao clima. Na composição de materiais para a simulação, deve-se utilizar dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos conforme Tabela 15.

**Tabela 15 – Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos**

Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos		
SIMBOLO	PROPRIEDADES	DETERMINAÇÃO
$\lambda$	Condutividade térmica do material	ASTM C518, ASTM C177, ASTM C1363, ISO 8301, ISO 8302, ISO 8990
c	Calor específico	ASTM E1269 e ASTM D4611
$\rho$	Densidade de massa aparente	ASTM D854
$\varepsilon$	Emissividade	ASTM C1371
	Absortância à radiação solar	ASTM C1549, ASTM E903 e ASTM E1918
R	Resistência de elementos	ABNT NBR 15220
U	Transmitância de elementos	
	Fator solar e características espectrais de vidros (transmitância, refletância, absortância e emitância)	ASTM E903, ISO 9050, EN 410, EN 12898, NFRC 300, NFRC 301 e ASHRAE 74

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

Os níveis de desempenho térmico da Unidade Habitacional (UH) são determinados a partir dos seguintes critérios:

**mínimo:** Avalia o  $PH_{FTUH}$  e a temperatura operativa anual máxima ( $T_{omáxUH}$ ) da Unidade Habitacional do modelo real em relação ao modelo de referência. E para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas de 1 a 4, devem ser avaliadas a temperatura operativa anual mínima ( $T_{omínUH}$ );

**intermediário:** Avalia o modelo real para atendimento dos critérios de nível mínimo, acrescido do  $PH_{FTUH}$  e à redução da carga térmica total ( $CgTT_{UH}$ ) do modelo real em relação ao modelo de referência;

**superior:** Avalia o modelo real para atendimento dos critérios de nível mínimo, acrescido do  $PH_{FTUH}$  e à redução da carga térmica total ( $CgTT_{UH}$ ) do modelo real em relação ao modelo de referência, e a obtenção de reduções mais elevadas da carga térmica total ( $CgTT_{UH}$ ).

### 3.7.1 Desempenho térmico da envoltória

Para definição do desempenho térmico da envoltória, é necessário verificar a média anual de temperatura externa de bulbo seco ( $TBS_m$ ) e averiguar o intervalo conforme a Tabela 16, para identificar em qual intervalo se enquadra.

**Tabela 16 – Intervalos de temperatura externas de bulbo seco**

Intervalos de Temperatura externas de bulbo seco	
Intervalo 1	$TBS_m < 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Intervalo 2	$25,0 \leq TBS_m < 27,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Intervalo 3	$TBS_m \geq 27,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Fonte: Adaptada da NBR15.575-4:2021.

Deve-se obter o percentual de horas em que a Unidade Habitacional (UH) encontra-se dentro da faixa operativa ( $PH_{FTUH}$ ), conforme as faixas de temperatura da Tabela 17, para tal é realizada a avaliação individual de cada ambiente de permanência prolongada (APP) da UH para determinação do  $PH_{FTAPP}$  e  $PH_{FTUH}$ ; conforme equações (6) e (7)

$$PH_{FTAPP} = ( N_{hFT} / N_{hOcup} ) .100$$

(6)

$$PH_{FTUH} = \Sigma PH_{FTAPP} / n$$

(7)



Onde:

$PH_{FTAPP}$	Percentual de horas de ocupação do APP dentro da faixa de temperatura operativa expresso em %.
$PH_{FTUH}$	Percentual de horas de ocupação do UH dentro da faixa de temperatura operativa expresso em %.
$Nh_{FT}$	Número de horas em que o APP se encontra ocupada e com temperaturas operativas dentro da faixa de temperatura operativa.
$Nh_{Ocup}$	Número de horas sem que o APP é ocupado ao longo do ano, equivalente a 2920h para salas e 3650h para os dormitórios.
$n$	Número de ambientes de permanência prolongada da UH.

**Tabela 17 – Faixa de temperaturas operativas para determinação do p percentual de horas de ocupação no ambiente de permanência prolongada -  $PH_{FTAPP}$**

Faixa de Temperaturas Operativas para Determinação do $PH_{FTAPP}$	
Intervalo de temperaturas externas	Faixa de temperatura operativa a ser considerada
Intervalo 1	$18,0 < TO_{APP} < 26,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Intervalo 2	$TO_{APP} < 28,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Intervalo 3	$TO_{APP} < 30,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

Obs.:  $TO_{APP}$  é a temperatura operativa da APP, que atende aos limites estabelecidos acima.

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-4:2021.

Para  $PH_{FTUH,real}$  estar classificado no nível de desempenho mínimo (M), o modelo real deverá apresentar, ao longo de um ano e durante os períodos de ocupação das APP, índice superior a 90% do obtido no modelo de referência ( $PH_{FTUH,ref}$ ). Para os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S) deverá ser calculado o incremento conforme a NBR 15575:2021 – parte 01.

O cálculo das temperaturas operativas anuais máxima ( $To_{máxUH}$ ) da UH é obtido comparando as  $To_{máxAPP}$  e adotando o maior valor atingido, e a mínima ( $To_{mínUH}$ ) da UH é obtida comparando as  $To_{mínAPP}$  e adotando o menor valor atingido.

Para todos os níveis de desempenho e todas as zonas bioclimáticas, a temperatura operativa anual máxima do modelo real deve ser menor ou igual à obtida para o modelo de referência, após somado o valor de tolerância máximo ( $\Delta T_{\text{omáx}}$ ) conforme a equação (8):

$$T_{\text{omáxUH,real}} \leq T_{\text{omáxUH,ref}} + \Delta T_{\text{omáx}} \quad (8)$$

Deve ser adotado  $\Delta T_{\text{omáx}}$  igual a 2°C para UH unifamiliares e UH multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura e  $\Delta T_{\text{omáx}}$  igual a 1°C para as UH multifamiliares localizadas no pavimento térreo ou tipo.

Para as zonas bioclimáticas de 1 a 4, a  $T_{\text{omínUH}}$  do modelo real deve ser igual ou superior ao  $T_{\text{omínUH}}$  do modelo de referência, após reduzido o valor de tolerância mínimo ( $\Delta T_{\text{omín}}$ ), conforme equação (9) a seguir:

$$T_{\text{omínUH,real}} \geq T_{\text{omínUH,ref}} + \Delta T_{\text{omín}} \quad (9)$$

### 3.7.2 Modelagem da unidade habitacional

A modelagem da unidade habitacional (UH) deverá ser realizada na sua totalidade, ou seja, os ambientes de permanência prolongada (APP) e os ambientes de permanência transitória (APT), e deverá nas edificações multifamiliares considerar o pavimento térreo, os pavimentos tipo e o pavimento de cobertura. Caso a edificação possua unidades não habitacionais, estas deverão ser modeladas separadamente e representadas como APT.

Os modelos devem possuir e preservar as características internas do projeto, assim como, das áreas de superfície expostas para o exterior, o norte geográfico e a área

do piso dos ambientes. Espaços de circulação internos que não tiverem portas deverão ter sua área integrada ao ambiente.

Caso a superfície externa de um APP tenha um elemento com coeficiente de transferência térmica ( $H_{el,i}$ ) que represente mais do que 20% do coeficiente de transferência térmica total ( $H_{total}$ ) da superfície, este elemento deverá ser considerado na modelagem, pois é considerado como uma ponte térmica, devendo ser modelado os diferentes elementos que compõem a fachada. O  $H_{el,i}$  deve ser calculado pela equação (10):

$$H_{el,i} = A_{el,i} \cdot U_{el,i} \quad (10)$$

$$H_{total} = \sum_{l=1}^n H_{el,i}$$

Onde:

$H_{el,i}$	Coeficiente de transferência térmica de um elemento $i$ da superfície externa, expresso em Watts por Kelvin (W/K);
$H_{total}$	Coeficiente de transferência térmica total da superfície, expresso em Watts por Kelvin (W/K);
$A_{el,i}$	Área de superfície do elemento $i$ expressa em metros quadrados ( $m^2$ );
$U_{el,i}$	Transmitância térmica do elemento $i$ , expressa em watts por metro quadrado kelvin ( $W/(m^2.K)$ )
$n$	Número de elementos que compõem a superfície externa

O modelo real deverá representar os elementos transparentes da edificação, e o modelo de referência deve ser redimensionados, de forma que atenda ao especificado para percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) conforme a Tabela 18, respeitando como base para posicionamento o centro geométrico do modelo real. Deverá ser considerada no modelo de referência uma abertura de ventilação correspondente a 45% para cada elemento transparente redimensionado, ou seja,  $P_{t,APP}$  multiplicado pelo fator de ventilação (FV) de 45%. O  $P_{v,APP}$  deverá ser conforme Tabela 19.

**Tabela 18 – Características dos elementos transparentes nas esquadrias para o modelo de referência**

<b>Características dos elementos transparentes nas esquadrias para o modelo de referência</b>			
Elemento	Fator Solar	Transmitância térmica ( $U_t$ )  W / (m <sup>2</sup> .K)	Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ )  %
Elementos transparentes	0,87	5,70	17,00

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

**Tabela 19 – Percentual de abertura para ventilação nas esquadrias para o modelo de referência**

<b>Percentual de abertura para ventilação nas esquadrias para o modelo de referência</b>	
Elemento	Percentual de abertura para ventilação ( $P_{v,APP}$ )  %
Abertura para ventilação	7,65

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

O modelo de referência, portanto, deverá considerar os dados de fator solar, transmitância térmica e  $P_{t,APP}$ , conforme a Tabela 18, e modelar perfis de esquadrias conforme a Tabela 20, sendo que a esquadria será representada por uma única folha, considerando montantes e travessas.

**Tabela 20 – Características dos perfis das esquadrias para o modelo de referência**

Características dos perfis das esquadrias para o modelo de referência				
Elemento	Absortância à radiação solar dos perfis	Emissividade de onda longa dos perfis	Condutância térmica W / (m <sup>2</sup> .K)	Largura dos perfis da esquadria mm
Perfis das esquadrias	0,58	0,90	56,00	50,00

Fonte: Adaptada da NBR15.575-1:2021.

### 3.7.3 Modelagem da ocupação e das cargas internas

O modelo real e de referência devem considerar igualmente as cargas internas de ocupação de usuários nos APP e do uso de iluminação e de equipamentos. O padrão de ocupação de salas e dormitórios, o calor dissipado pelos ocupantes e sua fração radiante será o mesmo para todos os dias do ano, considerando as Tabelas 21 e 22. Consideram-se ambiente de uso misto as salas que servem como dormitórios (exemplo: lofts e quitinetes).

**Tabela 21 – Padrões de ocupação diários dos ambientes de permanência prolongada (APP)**

Padrões de ocupação diários dos APP			
Horário	Ocupação		
	Dormitório (%)	Sala (%)	Uso misto (%)
00:00 - 07:59	100	0	100
08:00 - 13:59	0	0	0
14:00 - 17:59	0	50	50
18:00 - 21:59	0	100	100
22:00 - 23:59	100	0	100

Obs.: 100% de ocupação no dormitório e no misto = 02 ocupantes

100% de ocupação na sala = determinado em função do número de dormitórios, respeitando o limite máximo de 04 ocupantes

Fonte: Adaptada da NBR15.575-1:2021.

**Tabela 22 – Taxa metabólica e fração radiante para os usuários**

<b>Taxa metabólica e fração radiante para os usuários</b>					
Ambiente	Período de uso	Atividade realizada	Calor produzido por área de superfície corporal	Calor produzido por uma pessoa com 1,80m <sup>2</sup> de superfície corporal	Fração radiante
Dormitório	00:00 - 07:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30
	22:00 - 23:59				
Sala	14:00 - 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30
Uso Misto	00:00 - 07:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30
	22:00 - 23:59				
	14:00 - 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

O padrão de uso do sistema de iluminação artificial deve ser o mesmo para todos os dias do ano, baseado na Tabela 23, e os valores de densidade de potência instalada de iluminação (DPI), os valores de fração radiante e de fração visível devem estar de acordo com a Tabela 24.

**Tabela 23 – Padrões de uso do sistema de iluminação artificial dos ambientes de permanência prolongada (APP)**

<b>Padrões de uso do sistema de iluminação artificial dos APP</b>			
Horário	Iluminação		
	Dormitório (%)	Sala (%)	Uso misto (%)
00:00 - 05:59	0	0	0
06:00 - 07:59	100	0	100
08:00 - 15:59	0	0	0
16:00 - 21:59	0	100	100
22:00 - 23:59	100	0	100

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

**Tabela 24 – Densidade de potência instalada, fração radiante e fração visível para o sistema de iluminação**

<b>Densidade de potência instalada, fração radiante e fração visível para o sistema de iluminação</b>			
Ambiente	DPI (W/m <sup>2</sup> )	Fração radiante	Fração invisível
Dormitório	5,00	0,32	0,23
Sala	5,00	0,32	0,23
Uso misto	5,00	0,32	0,23

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

A carga dos equipamentos deve ser adicionada apenas nos APP referentes a salas. Os valores de densidade de cargas internas e da fração radiante devem atender a Tabela 25.

**Tabela 25 – Período de uso, densidade de cargas internas e fração radiante para equipamentos em ambientes de permanência prolongada**

<b>Período de uso, densidade de cargas internas e fração radiante para equipamentos dos APP</b>			
Ambiente	Período de uso	Potência (W)	Fração radiante
Sala	14:00 - 21:59	120	0,30
Uso Misto	14:00 - 21:59	120	0,30

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575-1:2021.

### 3.8 Dados bioclimáticos e arquivo climático

O clima é um determinante no processo de avaliação do desempenho térmico das edificações, portanto é fundamental que a base de arquivos climáticos utilizados em simulações computacionais possua características bem definidas e seguras.

Devem ser baseados no levantamento realizado em estações meteorológicas, durante o período igual ou superior a dez anos. Os dados utilizados no Brasil são medidos e fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a base é ajustada conforme o formato EPW e os dados são processados pela ferramenta *Weather Converter*, que é distribuída junto com o programa EnergyPlus.

Para a realização das simulações computacionais devem ser utilizadas como referência a localização geográfica - latitude, longitude e altitude das cidades brasileiras, conforme Tabela 26. Na falta de dados para a cidade onde se encontra a habitação, recomenda-se utilizar os dados climáticos de uma cidade próxima com características climáticas semelhantes, na mesma Zona Bioclimática brasileira - conforme indicado na NBR 15220:2005 - Parte 3. Se o clima na cidade não for semelhante ao de nenhuma outra que tenha dados disponíveis, recomenda-se evitar o método da simulação computacional.

**Tabela 26 – Zoneamento Bioclimático e Localização Geográfica de Cidades Brasileiras**

UF	Zona Bioclimática	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude
SE	8	Aracajú	10° 54' 34" S	37° 4' 29" O	5 m
PA	8	Belém	01° 27' 21" S	48° 30' 16" O	10 m
MG	3	Belo Horizonte	19° 48' 57" S	43° 57' 15" O	850 m
DF	4	Brasília	15° 46' 46" S	47° 55' 46" O	1160 m
MS	6	Campo Grande	20° 26' 34" S	54° 38' 47" O	530 m
MT	7	Cuiabá	15° 35' 45" S	56° 05' 48" O	151 m

Fonte: Adaptada da NBR15.575-3:2013 – Parte 01.

Os arquivos climáticos devem possuir as informações sobre o clima da cidade onde a Unidade Habitacional (UH) está localizada, devendo fornecer valores de temperatura média do solo, em graus Celsius (°C), para todos os meses do ano, e os valores horários das 8760h do ano meteorológico típico:

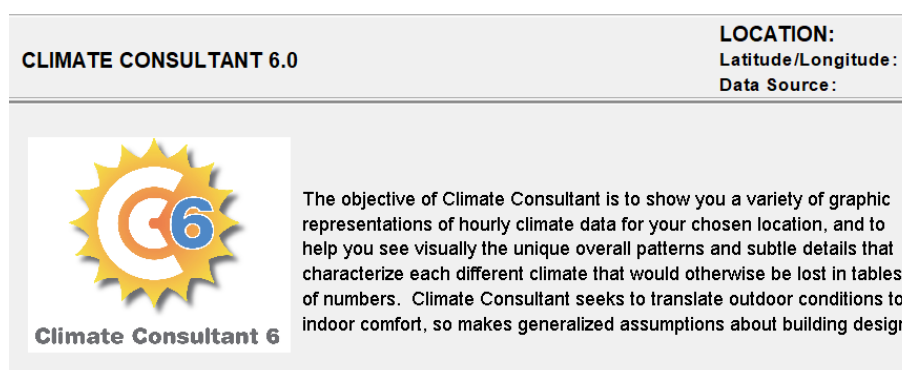
- temperatura de bulbo seco, expressa em graus Celsius (°C);
- temperatura de ponto de orvalho, expressa em graus Celsius (°C);
- umidade relativa, expressa em porcentagem (%);
- pressão atmosférica, expressa em Pascal (Pa);



intensidade de radiação horizontal de onda longa, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);  
 radiação horizontal global, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);  
 radiação normal direta, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);  
 radiação horizontal difusa, expressa em watts-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>);  
 direção do vento, expressa em graus (°), considerando o sentido horário a partir da direção Norte;  
 velocidade do vento, expressa em metros por segundo (m/s).

No site da SBSE (Society of Building Science Educators) encontra-se disponível o Consultor Climático (*Climate Consultant*) que é um programa computacional gratuito, baseado em gráficos, que auxilia arquitetos a entender o clima local de diversas localidades. O programa usa dados climáticos anuais de formato EPW, de 8760 horas, que são disponibilizados pelo Departamento de Energia para milhares de estações meteorológicas em todo o mundo. O *Climate Consultant* – Figura 3 traduz esses dados climáticos brutos em gráficos, de forma organizada e representa as informações de forma simples que mostram os atributos do clima, e seu impacto na forma construída. O objetivo é ajudar os usuários a projetar edifícios mais eficientes energeticamente e sustentáveis.

**Figura 3 – Tela abertura – Climate Consultant**



Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

O programa possibilita as opções de análise para construções residenciais ou não residenciais. Após a escolha fazer-se-á o download do EPW do projeto do *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (SWERA). O programa é interligado ao EnergyPlus e disponibiliza os dados meteorológicos para a localização solicitada. O arquivo EPW, é inserido no *Climate Consultant*, obtendo os dados climáticos da cidade definida, conforme o Tabela 27, que considerou Belo Horizonte como exemplo.

**Tabela 27 – Variáveis climáticas da cidade de Belo Horizonte**

WEATHER DATA SUMMARY		LOCATION: Belo Horizonte/Pampulh, -, BRA											
		Latitude/Longitude: 19.85° South, 43.95° West, Time Zone from Greenwich -3 Data Source: SWERA 835830 WMO Station Number, Elevation 785 m											
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	440	468	454	446	393	388	406	459	483	468	428	404	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	286	413	408	494	477	530	526	570	479	386	313	275	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	230	191	181	146	126	107	116	117	159	189	202	209	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	1084	1058	1032	921	807	774	793	916	971	1079	1080	1066	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	859	942	994	935	962	929	932	966	965	932	904	969	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	645	583	583	503	433	330	454	512	559	575	657	610	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	5753	5943	5491	5156	4345	4205	4450	5221	5742	5851	5551	5329	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	3750	5243	4931	5703	5262	5745	5760	6471	5683	4826	4055	3626	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	3004	2436	2203	1693	1394	1166	1269	1329	1900	2370	2625	2755	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	48972	52010	50397	49333	43218	42398	44268	49978	52721	51720	47615	45150	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	25850	38270	38137	46397	44917	49860	49898	54812	45652	36426	29056	25305	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	24	24	24	22	20	18	18	19	21	23	22	23	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	18	17	18	16	14	13	12	11	12	16	16	17	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	73	67	70	70	71	71	68	62	60	67	71	73	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	0	90	0	0	0	0	0	0	120	120	0	0	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	23	22	21	21	20	19	20	20	21	22	23	23	degrees C

Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

O *Climate Consultant* fornece os itens fundamentais de conforto térmico, baseados na temperatura do bulbo seco, vestimenta, atividade metabólica, velocidade do ar, umidade e temperatura radiante média considerando a ASHRAE.

É disponibilizado um quadro resumo com os valores passíveis de conforto térmico, zona de sombreamento solar, zona de alta massa térmica, zona de resfriamento, zona de resfriamento por ventilação natural, zona de resfriamento por ventilação forçada, dentre outros, conforme a Tabela 28.

**Tabela 28 – Índices de critérios para conforto térmico na cidade de Belo Horizonte**

<b>CRITERIA: (Metric Units)</b>	<b>LOCATION: Belo Horizonte/Pampulh, -, BRA</b>																																																										
	<b>Latitude/Longitude:</b> 19.85° South, 43.95° West, <b>Time Zone from Greenwich</b> -3																																																										
	<b>Data Source:</b> SWERA 835830 WMO Station Number, <b>Elevation</b> 785 m																																																										
<b>ASHRAE Standard 55, current Handbook of Fundamentals Comfort Model (select Help for definitions)</b>																																																											
<p><b>1. COMFORT: (using ASHRAE Standard 55)</b></p> <table border="1"> <tr><td>1.0</td><td>Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater)</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top)</td></tr> <tr><td>1.1</td><td>Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading)</td></tr> <tr><td>90.0</td><td>Predicted Percent of People Satisfied (100 - PPD)</td></tr> <tr><td>20.3</td><td>Comfort Lowest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)</td></tr> <tr><td>24.3</td><td>Comfort Highest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)</td></tr> <tr><td>26.7</td><td>Comfort Highest Summer Temp calculated by PMV model(ET* C)</td></tr> <tr><td>84.6</td><td>Maximum Humidity calculated by PMV model (%)</td></tr> </table> <p><b>2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low)</b></p> <table border="1"> <tr><td>23.8</td><td>Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C)</td></tr> <tr><td>315.5</td><td>Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)</td></tr> </table> <p><b>3. HIGH THERMAL MASS ZONE:</b></p> <table border="1"> <tr><td>8.3</td><td>Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)</td></tr> <tr><td>1.7</td><td>Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)</td></tr> </table> <p><b>4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE:</b></p> <table border="1"> <tr><td>16.7</td><td>Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)</td></tr> <tr><td>1.7</td><td>Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)</td></tr> </table> <p><b>5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone)</b></p> <table border="1"> <tr><td>20.0</td><td>Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C)</td></tr> <tr><td>6.6</td><td>Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)</td></tr> </table> <p><b>6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE:</b></p> <table border="1"> <tr><td>50.0</td><td>% Efficiency of Indirect Stage</td></tr> </table>	1.0	Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater)	0.5	Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top)	1.1	Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading)	90.0	Predicted Percent of People Satisfied (100 - PPD)	20.3	Comfort Lowest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)	24.3	Comfort Highest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)	26.7	Comfort Highest Summer Temp calculated by PMV model(ET* C)	84.6	Maximum Humidity calculated by PMV model (%)	23.8	Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C)	315.5	Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)	8.3	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)	1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)	16.7	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)	1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)	20.0	Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C)	6.6	Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)	50.0	% Efficiency of Indirect Stage	<p><b>7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE:</b></p> <table border="1"> <tr><td>2.0</td><td>Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban)</td></tr> <tr><td>0.2</td><td>Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s)</td></tr> <tr><td>1.5</td><td>Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)</td></tr> </table> <p><b>8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE:</b></p> <table border="1"> <tr><td>0.8</td><td>Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s)</td></tr> <tr><td>3.0</td><td>Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)</td></tr> </table> <p><b>9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE (lights, people, equipment):</b></p> <table border="1"> <tr><td>12.8</td><td>Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)</td></tr> </table> <p><b>10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE:</b></p> <table border="1"> <tr><td>157.7</td><td>Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)</td></tr> <tr><td>3.0</td><td>Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)</td></tr> </table> <p><b>11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE:</b></p> <table border="1"> <tr><td>157.7</td><td>Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)</td></tr> <tr><td>12.0</td><td>Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)</td></tr> </table> <p><b>12. WIND PROTECTION OF OUTDOOR SPACES:</b></p> <table border="1"> <tr><td>8.5</td><td>Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s)</td></tr> <tr><td>11.1</td><td>Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)</td></tr> </table> <p><b>13. HUMIDIFICATION ZONE: (defined by and below Comfort Zone)</b></p> <p><b>14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (defined by and above Comfort Zone)</b></p>	2.0	Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban)	0.2	Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s)	1.5	Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)	0.8	Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s)	3.0	Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)	12.8	Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)	157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)	3.0	Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)	157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)	12.0	Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)	8.5	Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s)	11.1	Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)
1.0	Winter Clothing Indoors (1.0 Clo=long pants,sweater)																																																										
0.5	Summer Clothing Indoors (.5 Clo=shorts,light top)																																																										
1.1	Activity Level Daytime (1.1 Met=sitting,reading)																																																										
90.0	Predicted Percent of People Satisfied (100 - PPD)																																																										
20.3	Comfort Lowest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)																																																										
24.3	Comfort Highest Winter Temp calculated by PMV model(ET* C)																																																										
26.7	Comfort Highest Summer Temp calculated by PMV model(ET* C)																																																										
84.6	Maximum Humidity calculated by PMV model (%)																																																										
23.8	Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C)																																																										
315.5	Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)																																																										
8.3	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)																																																										
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)																																																										
16.7	Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)																																																										
1.7	Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)																																																										
20.0	Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C)																																																										
6.6	Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)																																																										
50.0	% Efficiency of Indirect Stage																																																										
2.0	Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban)																																																										
0.2	Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s)																																																										
1.5	Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)																																																										
0.8	Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s)																																																										
3.0	Max. Perceived Temperature Reduction (°C) (Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)																																																										
12.8	Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)																																																										
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)																																																										
3.0	Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)																																																										
157.7	Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)																																																										
12.0	Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)																																																										
8.5	Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s)																																																										
11.1	Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)																																																										

Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

O programa fornece diversos gráficos, que facilitam a leitura dos dados climáticos, tais como:

variação de temperatura, onde é possível verificar a zona de conforto identificada na faixa cinza (claro = verão / escuro = inverno), a faixa amarela é predominante e a faixa verde é a zona crítica de temperaturas – Gráfico 1;

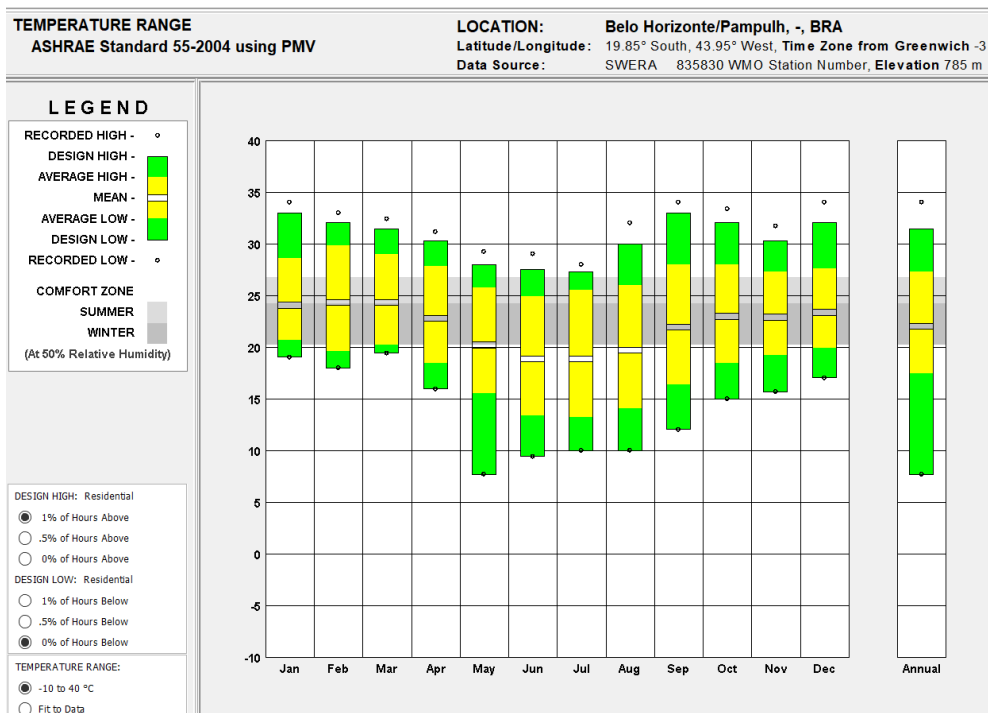
médias mensais diurnas com as variações de temperatura em bulbo seco e bulbo úmido e as variações de radiações global, direta e difusa – Gráfico 2;

faixa de radiação normal, global e superficial – Gráfico 3;

bulbo seco x umidade relativa – Gráfico 4;

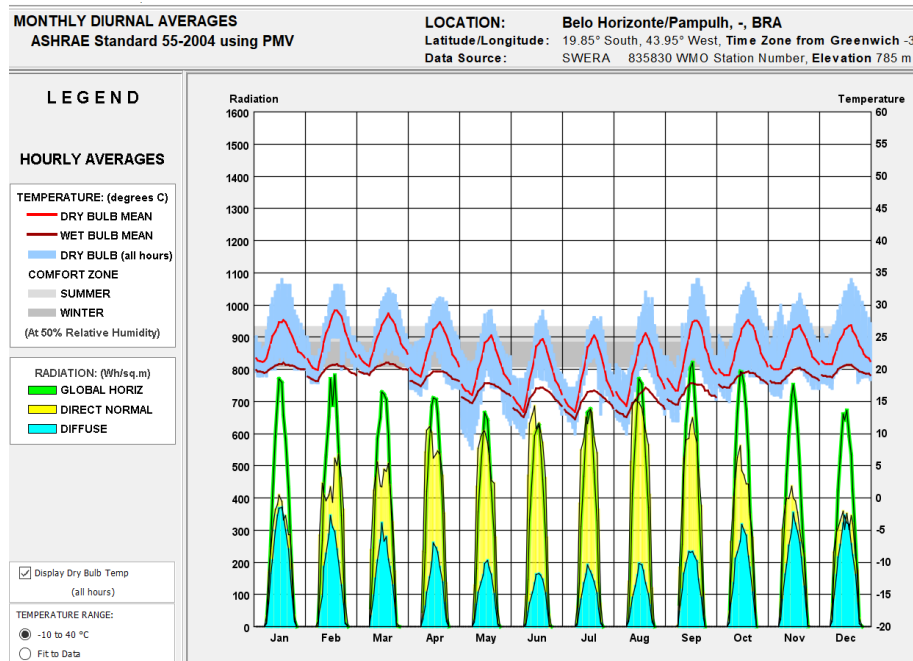
temperatura média mensal – Gráfico 5.

**Gráfico 1 – Variação de temperatura – Belo Horizonte**



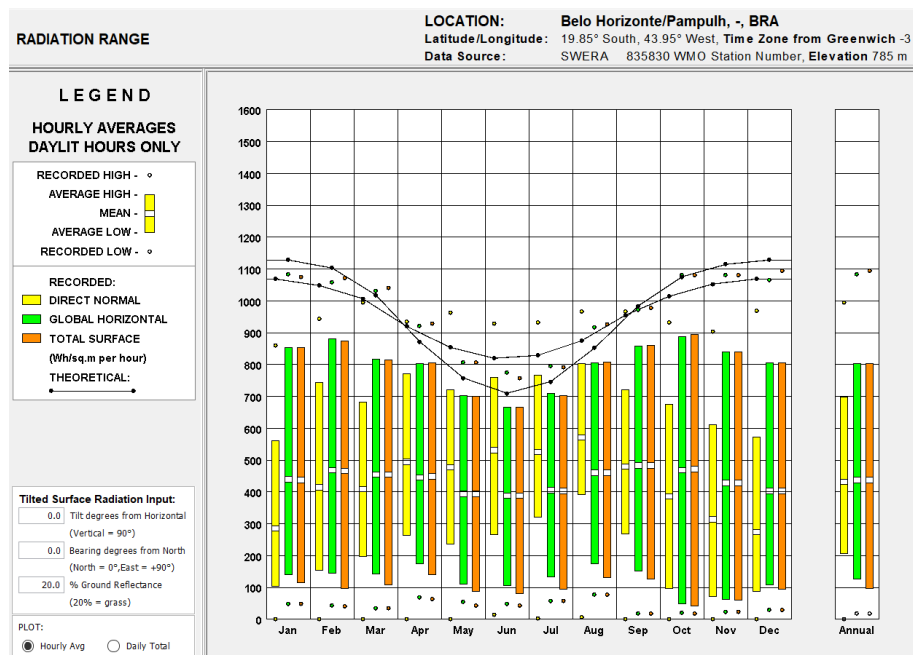
Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

**Gráfico 2 – Médias mensais diurnas com variações de temperatura em bulbo seco e bulbo úmido e as variações de radiação global direta e difusa – Belo Horizonte**



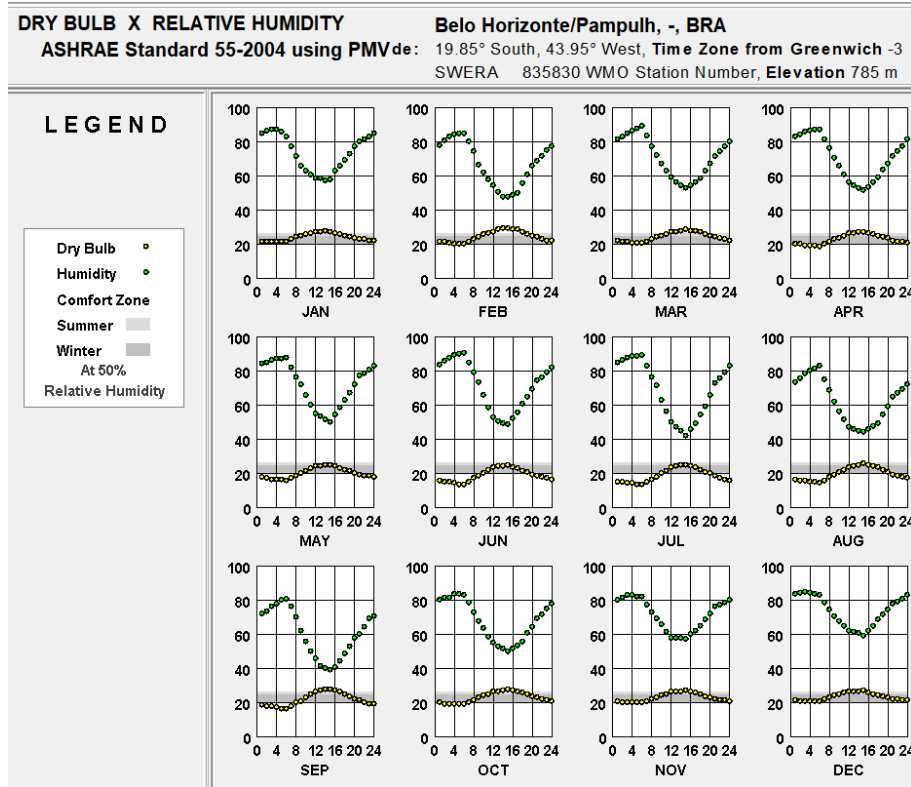
Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

**Gráfico 3 – Faixa de radiação normal, global e superficial – Belo Horizonte**



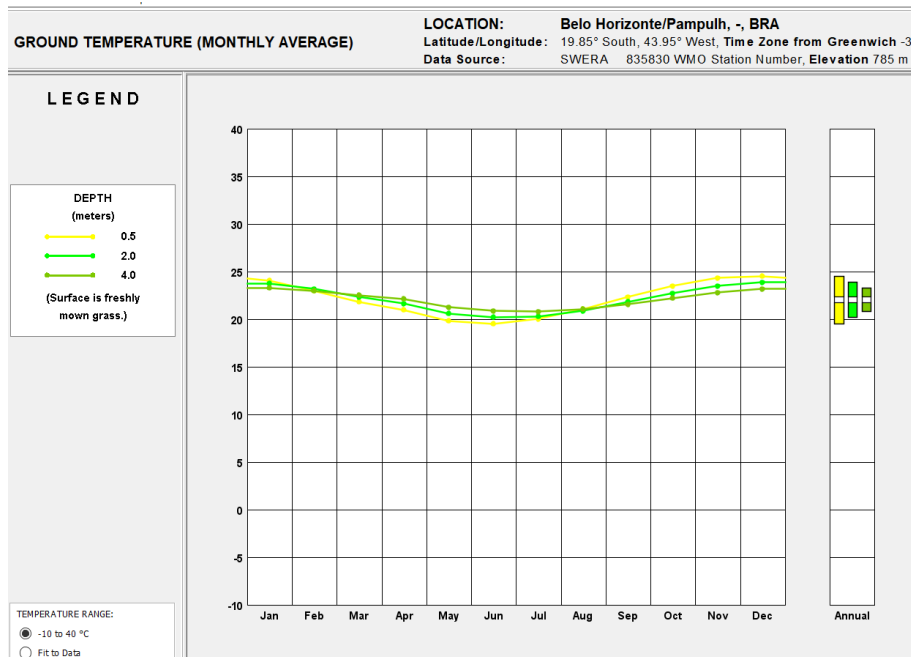
Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

**Gráfico 4 – Bulbo seco x Umidade relativa – Belo Horizonte**



Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

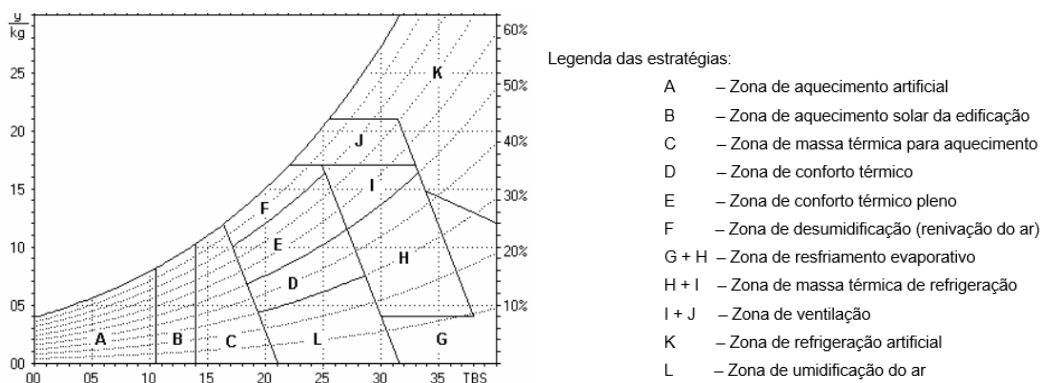
**Gráfico 5 – Temperatura média mensal – Belo Horizonte**



Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

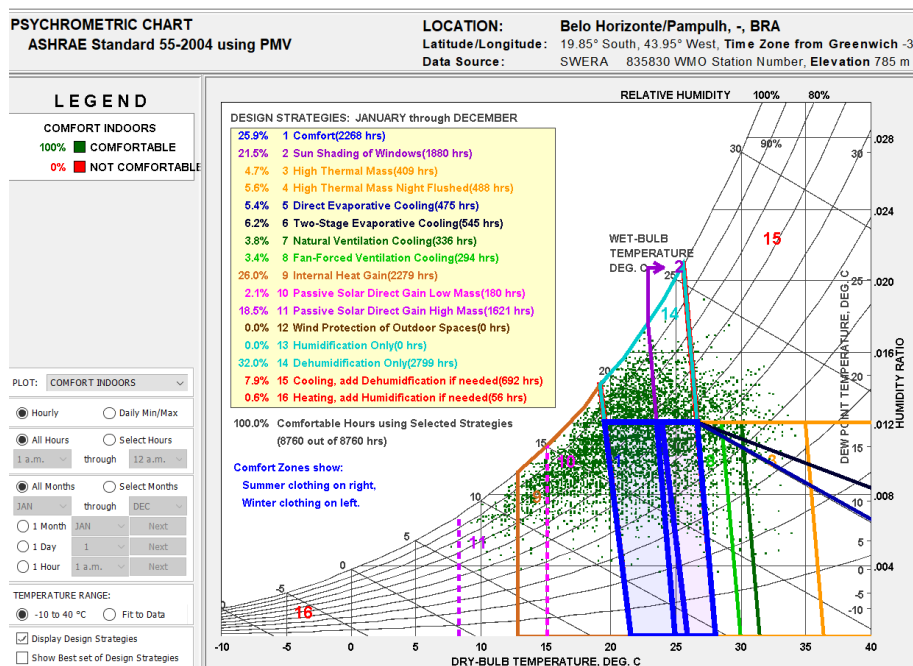
O Climate Consultant disponibiliza também a Carta Psicométrica ou Carta Bioclimática de Givoni – Figura 4. A carta original foi adaptada para o Brasil, onde, adotando as informações de temperatura e umidade do ar é possível determinar o clima de cada região e quais as estratégias bioclimáticas aplicáveis em casa cidade. Para as cidades que possuem a mesma zona bioclimática, podem ser adotadas as mesmas estratégias de projeto para a obtenção do conforto térmico, definidas pelo posicionamento, conforme Gráfico 6.

Figura 4 – Carta Psicométrica



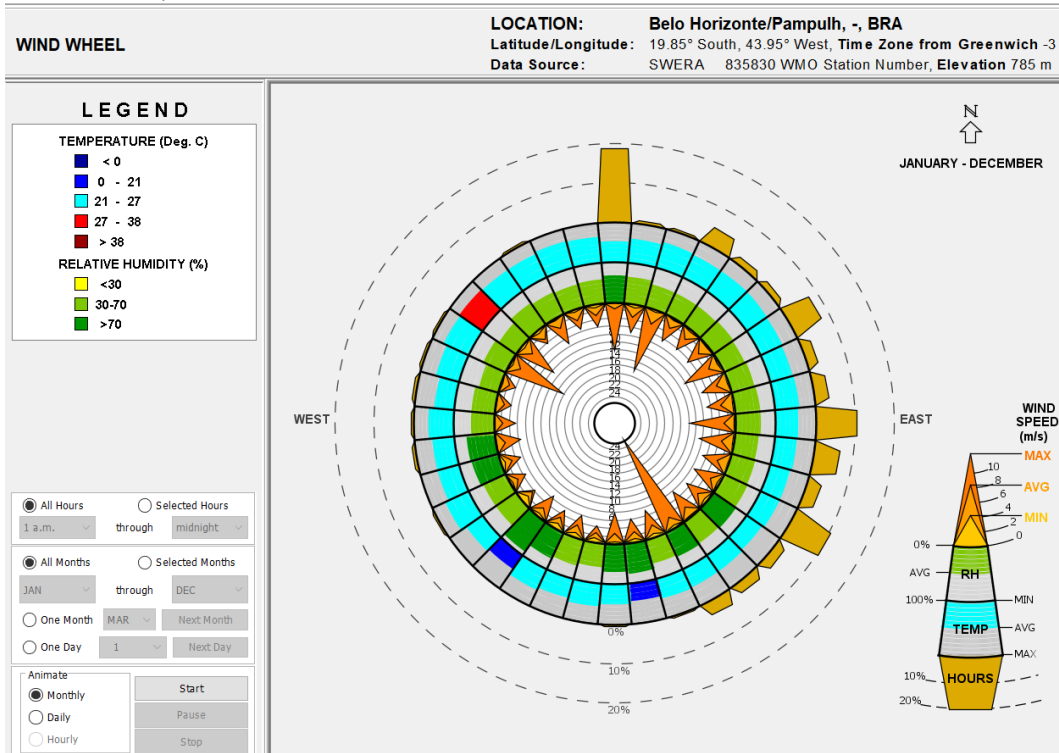
Fonte: NBR 15220:2005 – Parte 3.

Gráfico 6 – Carta Psicométrica – Belo Horizonte



Fonte: CLIMATE CONSULTANT.

Gráfico 7 – Rosa dos ventos – Belo Horizonte



Fonte: CLIMATE CONSULTANT.



## 4 METODOLOGIA

A metodologia proposta possibilitou o desenvolvimento de um modelo de avaliação de desempenho de edificações residenciais que facilita a identificação de requisitos e auxilia na elaboração e gestão de projetos bioclimáticos voltados para o conforto térmico.

### 4.1 Arquitetura bioclimática: Estudo de caso

O projeto arquitetônico baseado na bioclimática é fundamental para a sustentabilidade das construções e para o conforto térmico dos usuários dentro de suas habitações. Para que se tenha um bom desempenho térmico é fundamental que, durante a fase de projeto, sejam utilizadas estratégias construtivas baseadas no clima local. A utilização de normas contribui para a elaboração de projetos e execução de obras, que visam o conforto dos usuários, mas podem não garantir o desempenho da edificação após sua conclusão. O estudo de caso, considerando desde a fase do projeto até a plena utilização da edificação, contribuiu na verificação de possíveis ajustes na NBR 15575:2021.

A elaboração do estudo foi realizada através das etapas descritas a seguir:

obtenção de dados – projeto aprovado e levantamento de dados do edifício executado;

análise crítica do projeto arquitetônico através do estudo e da verificação do atendimento do projeto aos requisitos da Norma de Desempenho NBR15575:2013, NBR15575:2021 e NBR 15220-2:2022;

análise das especificações em projeto e do executado do sistema de vedação vertical e do sistema de cobertura.

## 4.2 Conforto térmico: Levantamento de legislações e normas

A plena validação do projeto e do edifício executado no tocante a legislação e normas técnicas vigentes ancora-se nos seguintes itens.

análise da legislação municipal de Belo Horizonte;

exame das normas técnicas de conforto térmico – NBR 15220:2022 e NBR 15575:2021;

levantamento de dados referentes a avaliações de edificações e a arquitetura bioclimática;

identificação dos parâmetros térmicos a serem examinados;

determinação da Zona Bioclimática, da Região de Vento e dos Procedimentos executivos auxiliares para atendimento ao desempenho.

## 4.3 Verificação e validação do desempenho térmico da edificação

De acordo com a metodologia utilizada para averiguar e validar o desempenho térmico da edificação, foram realizadas a análise do projeto pelo método simplificado e a simulação computacional indicadas pela NBR 15575:2021, através do *software* EnergyPlus, e da medição das temperaturas em unidades habitacionais da edificação analisada. Para isto, foram realizadas as seguintes etapas:

instalação de Data Loggers para a medição de temperatura em duas unidades habitacionais do edifício analisado, tratamento e a análise dos dados;

preparação e execução da modelagem do projeto arquitetônico, utilizando um modelador tridimensional SketchUp, *software* próprio para

a criação de modelos em 3D, distribuído pela Trimble Navigation, com versões profissionais e gratuitas para estudantes;

simulação do projeto arquitetônico, utilizando o *software* EnergyPlus, programa computacional, distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, desenvolvido para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas;

tratamento e análise dos resultados obtidos, através pela simulação computacional;

estudo do modelo computacional da edificação, considerando cada ambiente como zona térmica e a orientação da edificação conforme a sua implantação. Determinação do ambiente de permanência prolongada em situação mais crítica para verão;

comparação entre os resultados da análise prescritiva, da simulação e dos dados coletados a fim de verificar, aprimorar ou propor modificações na metodologia proposta pela NBR 15575:2021.

## 5 ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo da dissertação é a análise do desempenho térmico de uma edificação residencial multifamiliar, através do estudo comparativo entre os métodos de avaliação apresentados pela NBR 15575:2021 - análise simplificada e simulação computacional, comparados com a medição no local realizada no período de 21 de dezembro de 2019 a 23 de julho de 2020, que considera o início do verão (21 de dezembro) e o início do inverno (21 de junho), podendo assim contemplar um dia típico e verão e de inverno, conforme indicado na NBR 15575:2013, com foco nas estratégias construtivas e nas recomendações bioclimáticas.

A utilização de ferramentas computacionais nesta análise e a validação de projetos pode contribuir para garantir a conformidade destes em relação aos requisitos e normas vigentes. Assim, a adoção dos requisitos da norma de desempenho e de eficiência energética incorporados ao uso das ferramentas computacionais poderá trazer benefícios para a construção civil.

O estudo aborda os seguintes tópicos:

processos e práticas de trabalho para atingir um maior grau de eficiência durante o processo de projeção com foco no desempenho e na eficiência energética em edificações;

principais variáveis que influenciam no desempenho das edificações;

como as ferramentas computacionais podem ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento de projetos e para a validação destes desempenhos.

## 5.1 Dados da edificação

O trabalho foi desenvolvido com base em um estudo de caso de um projeto aprovado e já executado na cidade de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, conforme dados a seguir:

projeto / Uso:	Edifício Residencial Multifamiliar
local do Projeto:	Belo Horizonte / Minas Gerais
data início da construção:	22/08/2016 – Data Alvará de Construção
data final da Construção:	01/10/2018
área do Terreno:	1.087,00 m <sup>2</sup>
área Construída:	3.363,16 m <sup>2</sup>
n.º de Unidades:	24

**Figura 05 – Fachada da edificação analisada**



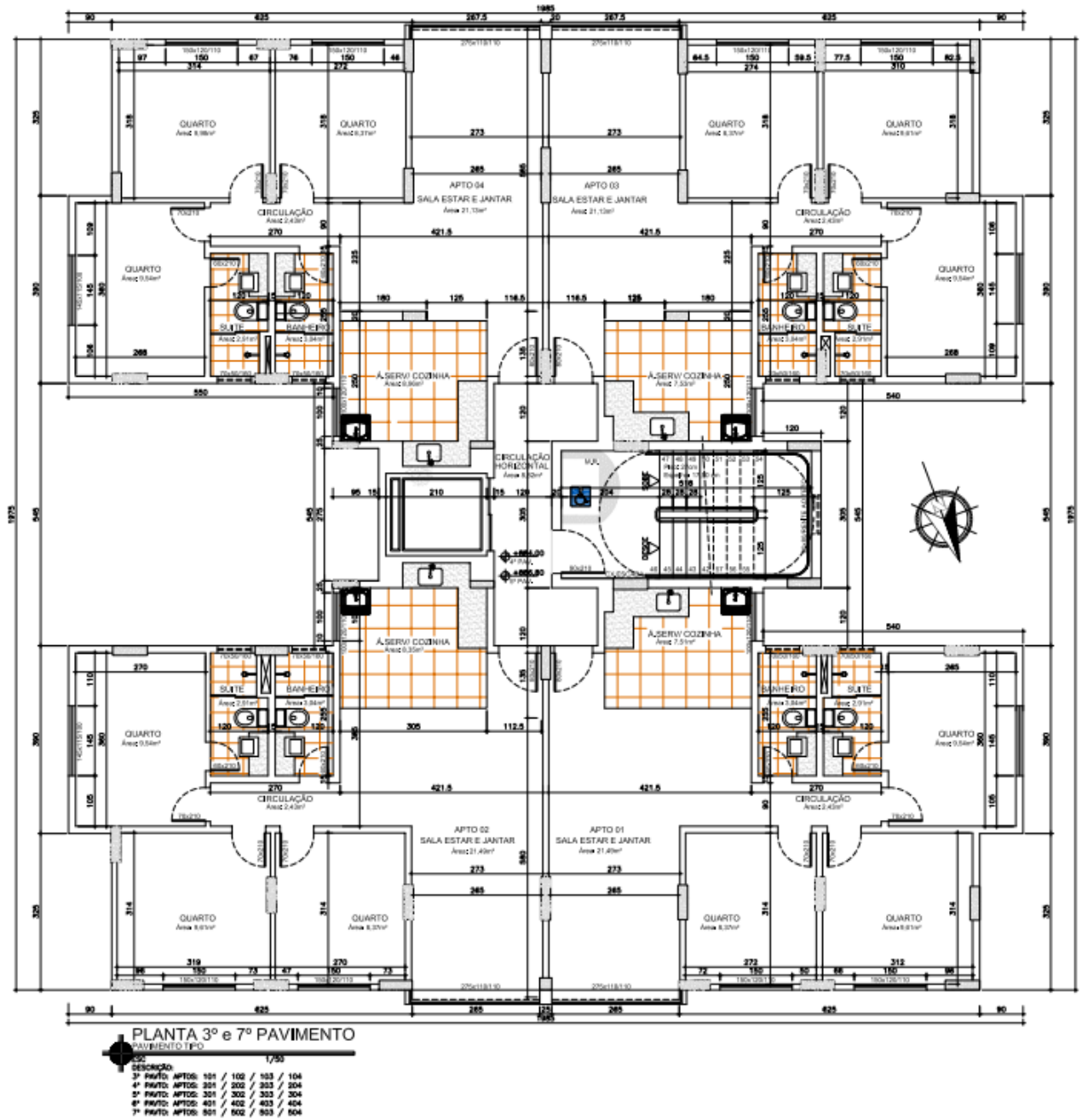
**Fonte:** Fotos da autora - em 01/10/2020.

**Figura 06 – Implantação da edificação analisada**

**Fonte:** Google Earth Pro – em 01/10/2020.

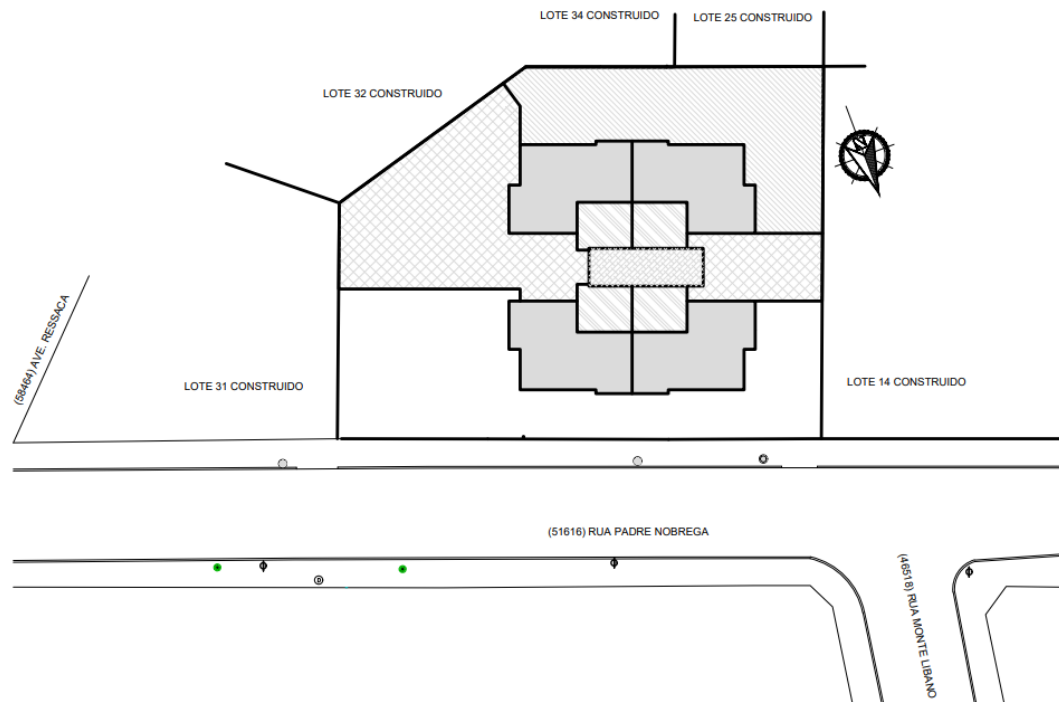
A edificação do estudo de caso é um projeto residencial multifamiliar, de 9 (nove) pavimentos, sendo 6 (seis) destes de unidades tipo, totalizando 24 unidades de apartamentos. As unidades habitacionais, possuem 75,00m<sup>2</sup> (setenta e cinco metros quadrados); com 04 (quatro) unidades tipo por pavimento, conforme a Figura 07, possuindo ambientes aptos para análise (dormitórios e sala) e voltados para todas as fachadas (norte, sul, leste e oeste). Com aberturas de dormitórios e salas voltados para Oeste e parede exposta para Norte – análise de dia crítico de verão; e dormitórios e salas voltados para Sul e parede exposta para Leste – análise de dia crítico de inverno. Na figura 08 encontra-se a planta de situação da edificação analisada e sua orientação solar.

Figura 07 – Planta do pavimento tipo da edificação analisada



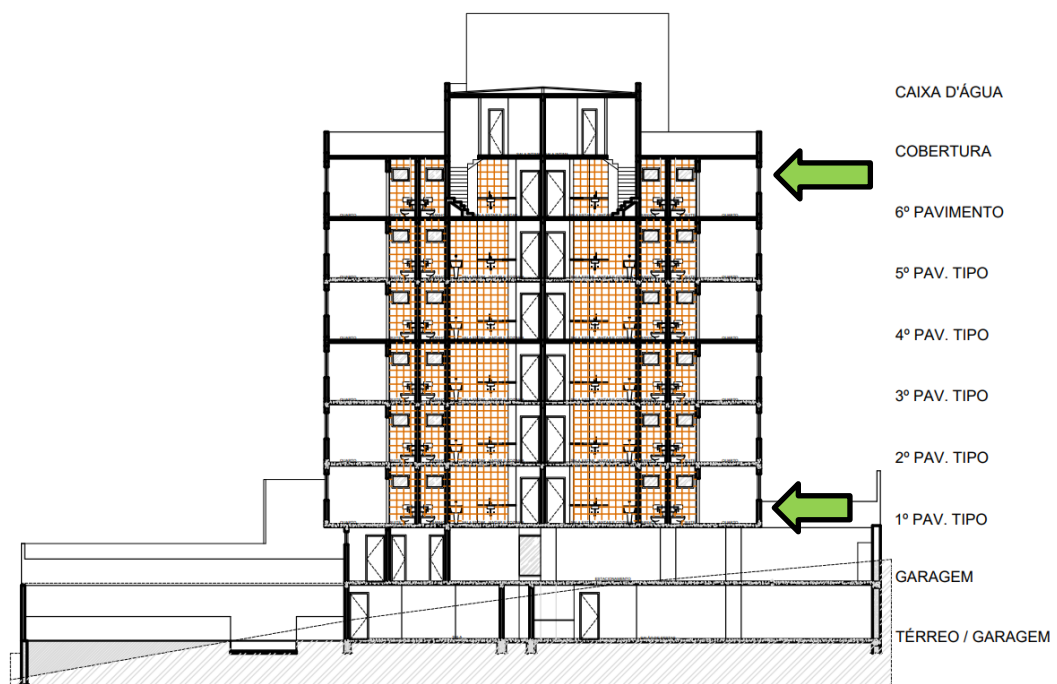
Fonte: Projeto Legal – Prefeitura de Belo Horizonte.

**Figura 08 – Planta de situação da edificação analisada**



**Fonte:** Projeto Legal – Prefeitura de Belo Horizonte.

**Figura 09 – Corte esquemático da edificação analisada**



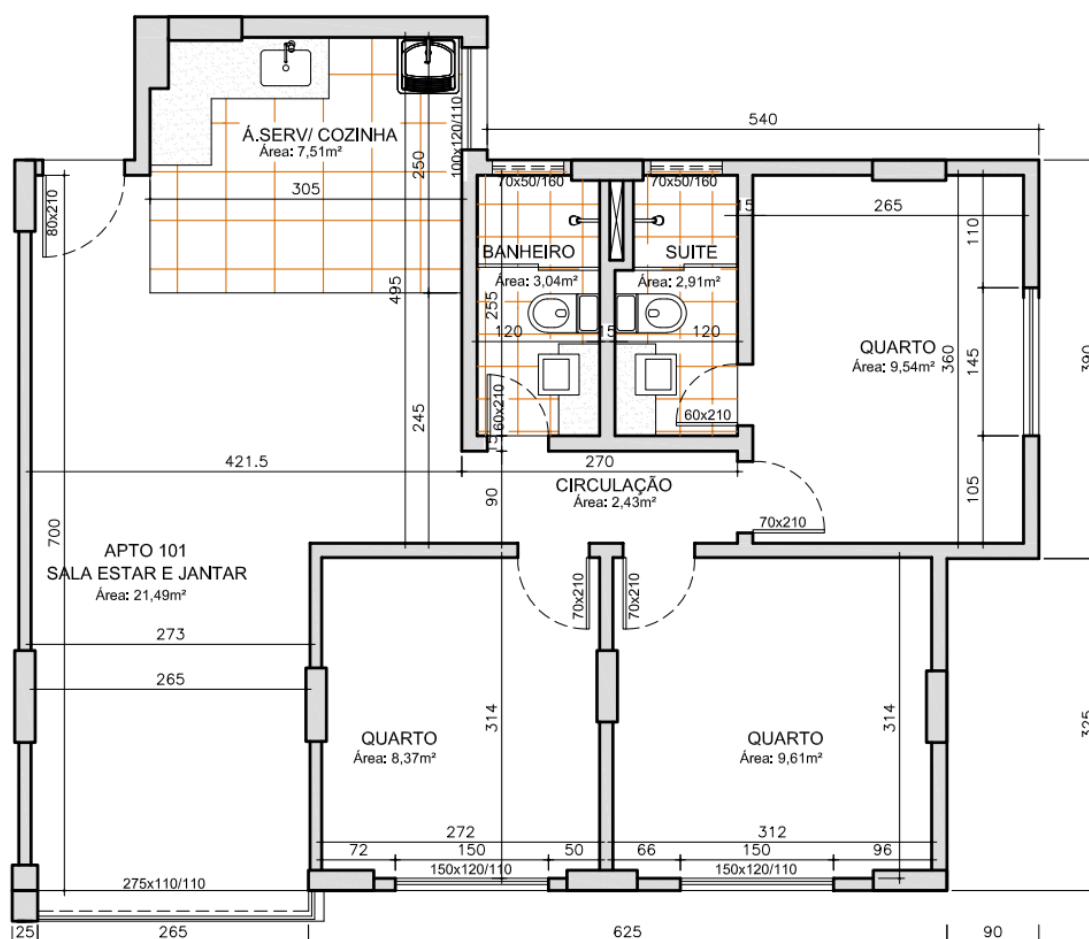
**Fonte:** Projeto Legal – Prefeitura de Belo Horizonte.



Foram definidas duas unidades de estudo, sendo a unidade 101, do primeiro pavimento tipo e a unidade 601, do último pavimento tipo, com acesso a cobertura, conforme assinalado na Figura 09 – que são considerados os apartamentos de maior impacto para a análise de desempenho térmico.

O estudo das unidades 101, Figura 10 e da unidade 601, Figura 11, foi iniciado separando os ambientes de permanência prolongada (APP), Sala de estar / jantar e dormitórios; e os ambientes de permanência transitória (APT), cozinha, área de serviço e banheiros, conforme a Figura 12, para análise simplificada e modelagem para a simulação computacional.

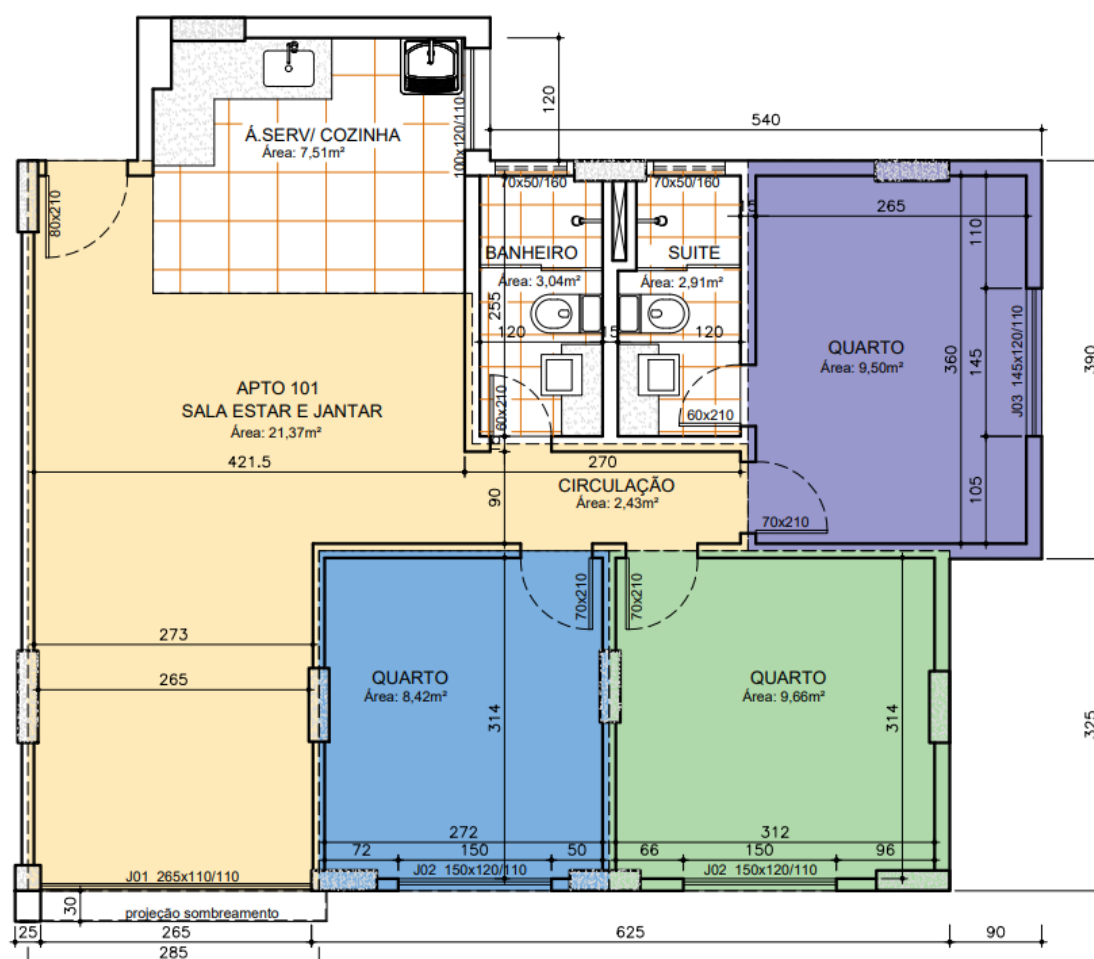
**Figura 10 – Planta Unidade Habitacional 101 – UH101**



**Fonte:** Projeto Legal – Prefeitura de Belo Horizonte.



**Figura 12 – Planta com delimitação dos ambientes de permanência prolongada**



**Unidade 101 – Delimitação da área de cada ambiente de permanência prolongada**

Fonte: Elaborado pela autora.

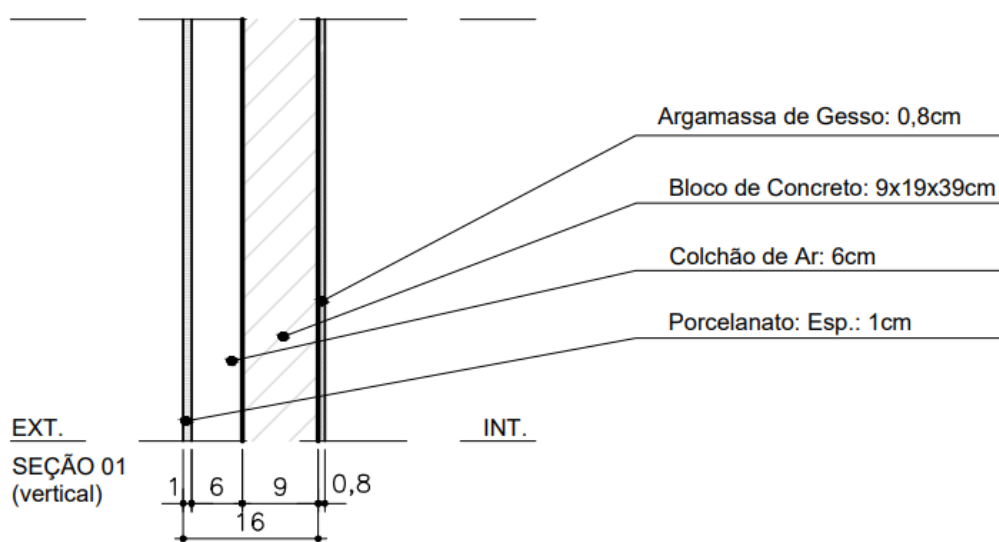
No edifício analisado, o método construtivo empregado foi de alvenaria de vedação ou convencional, composto por vigas, pilares e lajes de concreto armado, que fazem parte da estrutura de sustentação da edificação. A alvenaria de vedação e separação de ambientes (lado interno) foi realizada com bloco de concreto, chapiscado, emboçado, rebocado e emassado com gesso; e pelo lado externo foi executada a fachada com placas de porcelanato, fixadas por meio de inserts metálicos, conforme a Figura 15.

## 5.2 Elementos construtivos

### 5.2.1 Tipos de vedação

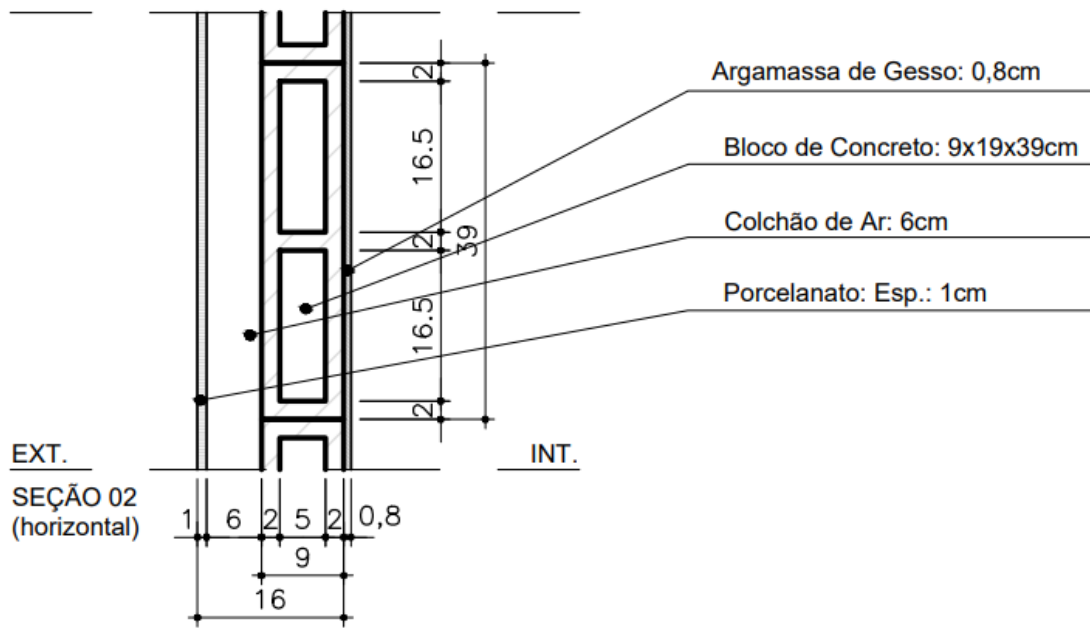
Paredes externas: Heterogêneas, formadas por diferentes camadas superpostas, paralelas, com faces perpendiculares ao fluxo de calor. Composição conforme Figuras 13 e 14. A composição da parede inicia pela face externa, com revestimento em porcelanato, uma camada de ar, bloco de concreto e argamassa na face interna. Inicialmente pensou em fachada aerada, mas todos os pontos de passagem de ar foram selados, e assim, o colchão de ar não permite a circulação de ar.

Figura 13 – Composição da parede de envoltória – corte vertical



Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 14 – Composição da parede de envoltória – corte horizontal**



Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 15 – Composição da parede de envoltória**

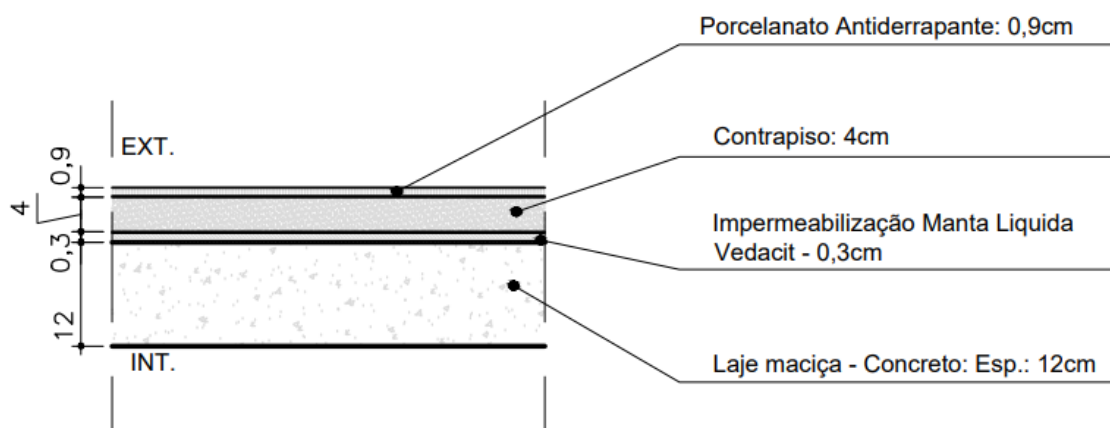


Fonte: Foto do local e imagem 3D - Elaborado pela autora.

Foi verificado e tabelado todo o material de construção e acabamento utilizados no sistema de vedação vertical externo (SVVE) da edificação, e também foram verificadas as propriedades dos materiais, a fim de averiguar a transmitância e a capacidade térmicas das paredes, ou seja, da envoltória e da cobertura.

As áreas descobertas / terraços da cobertura são em laje maciça de concreto armado, impermeabilizadas e com piso cerâmico, conforme Figura 16.

**Figura 16 – Composição cobertura – corte vertical**



**Fonte:** Elaborado pela autora.gg

## 5.2.2 Especificação dos materiais e acabamentos

### Paredes Externas:

Porcelanato: Tipo 01: Dune Renaissance; Dim.: 1,01 x 0,50m;  
Acabamento superfície Esmaltado – HD;  
Acabamento lateral retificado.  
Fabricante: Cerâmicas Elizabeth



Tipo 02: Metalicca Corten; Dim.: 1,01 x 0,50m;  
Acabamento superfície Lapado – HD;  
Acabamento lateral retificado.  
Fabricante: Cerâmicas Elizabeth



Tipo 03: Metalicca Iron; Dim.: 1,01 x 0,50m;  
Acabamento superfície Lapado – HD;  
Acabamento lateral retificado.  
Fabricante: Cerâmicas Elizabeth



Bloco de Concreto:	Bloco M10 – Padrão Dimensões: 0,39 x 0,19 x 0,09 m Fabricante: BLOJAF – Artefatos de Concreto
Argamassa Comum:	Espessura: 0,01 m (1cm)
Argamassa de Gesso:	Espessura: 0,008 m (8mm)
Pintura Interna:	Pintura branca Fabricante: Suvinil

### **Paredes Internas:**

Bloco de Concreto:	Bloco M10 – Padrão Dimensões: 0,39 x 0,19 x 0,09 m Fabricante: BLOJAF – Artefatos de Concreto
Argamassa Comum:	Espessura: 0,01 m (1cm)
Argamassa de Gesso:	Espessura: 0,008 m (8mm)
Pintura Interna:	Pintura branca Fabricante: Suvinil

### **Laje / Cobertura:**

Laje:	Laje maciça – Espessura: 0,12m (12cm) Sem telhamento Com impermeabilização em manta líquida Vedapren Bd 18L - Fabricante: Vedacit Contrapiso: de 0,04m (4cm)
Piso:	Wire Beige; Dim.: 0,625 x 0,625m; Acabamento superfície Esmaltado – HD; Acabamento lateral retificado. Fabricante: Cerâmicas Elizabeth



### **Esquadrias:**

Os ambientes de permanência prolongada (APP) que foram analisados, são: Sala de Estar / Jantar, dormitórios 01, 02 e 03 – onde todos possuem as esquadrias de alumínio anodizado com pintura eletrostática branca conforme Figuras 17, 18 e 19.

Sala de Estar e Jantar  $J01 = 2,65 \times 1,10 / 1,30$

Esquadria de correr de perfis de em alumínio

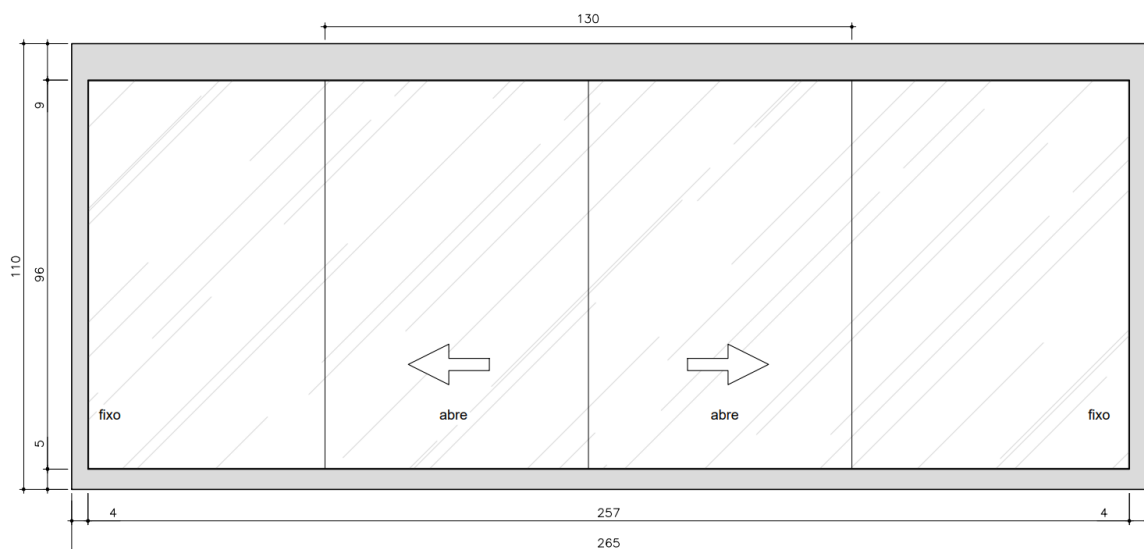
Tratamento superficial – anodização e pintura eletrostática na cor branca. Duas folhas fixas e duas folhas móveis – todas em vidro.

Área total esquadria:  $2,65 \times 1,10 = 2,915\text{m}^2$

Área real de abertura / ventilação:  $1,30 \times 0,96 = 1,248\text{m}^2$

Área real de iluminação:  $2,57 \times 0,96 = 2,467\text{m}^2$

**Figura 17 – Esquadria sala de estar e jantar**



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Dormitórios 01 e 02  
1,10

J02 = 1,50 x 1,20 /

Esquadria de correr de perfis de em alumínio

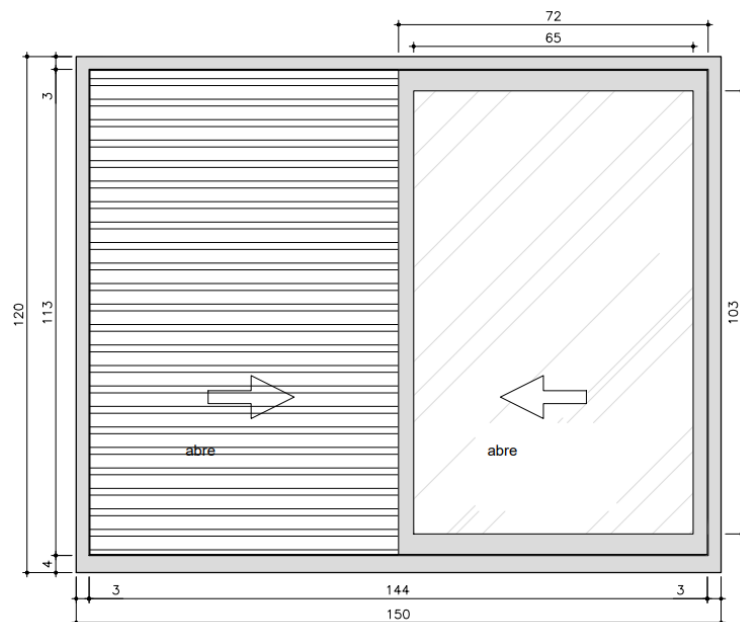
Tratamento superficial – anodização e pintura eletrostática na cor branca. Três folhas móveis – 01 vidro / 01 cega alumínio / 01 veneziana alumínio.

Área total esquadria:  $1,50 \times 1,20 = 1,80\text{m}^2$

Área real de abertura / ventilação:  $0,72 \times 1,13 = 0,81\text{m}^2$

Área real de iluminação:  $0,65 \times 1,03 = 0,70\text{m}^2$

**Figura 18 – Esquadria dormitórios 01 e 02**



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Dormitório 03

J03 = 1,45 x 1,20 / 1,10

Esquadria de correr de perfis de em alumínio

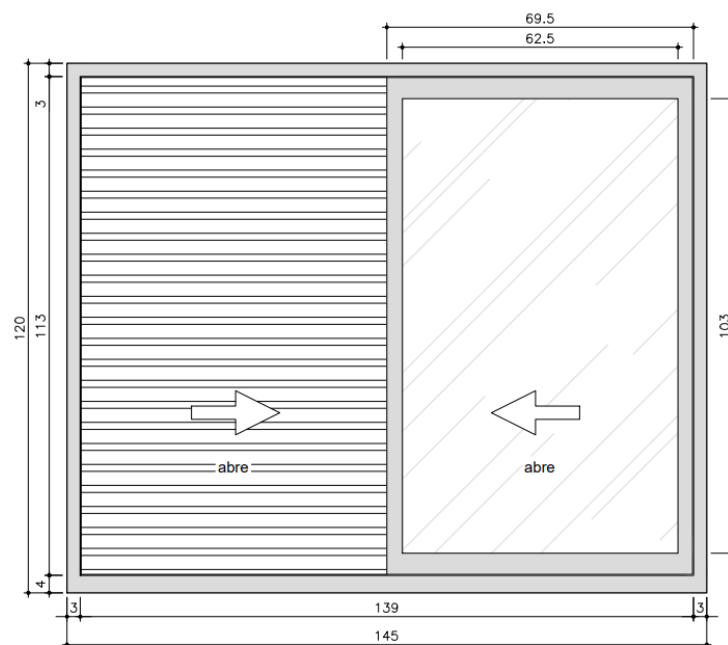
Tratamento superficial – anodização e pintura eletrostática na cor branca. Três folhas móveis – 01 vidro / 01 cega alumínio / 01 veneziana alumínio.

Área total esquadria:  $1,45 \times 1,20 = 1,74\text{m}^2$

Área real de abertura / ventilação:  $0,695 \times 1,13 = 0,79\text{m}^2$

Área real de iluminação:  $0,625 \times 1,03 = 0,64\text{m}^2$

**Figura 19 – Esquadria dormitórios 03**



**Fonte:** Elaborado pela autora.

### 5.2.3 Propriedade dos materiais

Para a análise do desempenho térmico das edificações é necessário obter as propriedades térmicas dos materiais, que devem ser obtidas na especificação técnica fornecida pelos fabricantes ou em medições realizadas em laboratório. Na falta destes, poderão ser utilizadas as propriedades térmicas fornecidas pela NBR15220:2005 – conforme a Tabela 29 – que apresenta a condutividade térmica e o calor específico para diversos materiais de construção em função da densidade de massa aparente, mas estes valores são apenas indicativos.

**Tabela 29 – Densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais**

Densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais					
	condutividade	densidade	Calor específico	absortância	emissividade
Símbolo	$\lambda$	$\rho$	C	$\alpha$	$\epsilon$
Unidade	W / (m.K)	(kg / m <sup>3</sup> )	(KJ/(kg.K))		
<b>MATERIAL</b>					
<b>ARGAMASSAS</b>					
Argamassa Comum (cimento)	1,15	1800 / 2100	1,00		
Argamassa gesso	0,70	1200	0,84		
<b>CONCRETO</b>					
concreto	1,75	2200 / 2400	1,00	0,8	0,95
<b>GESSO</b>					
Placa de Gesso / Gesso acartonado	0,35	750 / 1000	0,84		
<b>IMPERMEABILIZANTE</b>					
Membrana	0,23	1000 / 1100	1,46		
<b>CERÂMICAS</b>					
Porcelanato Claro	1,64	2520	1,65		
Porcelanato Escuro	1,64	2520	1,65		

Fonte: Adaptada da NBR15.220.

Outro item existente no projeto analisado é a câmara de ar, que é um espaço de ar confinado, portanto não ventilado, entre duas lâminas paralelas, que apresenta resistência térmica em função dos seguintes fatores: espessura da lâmina de ar, Tabela 30, sentido do fluxo térmico, Tabela 31, e emissividade das superfícies em conforto, Tabela 32.

**Tabela 30 – Resistência térmica de camadas de ar não ventiladas**

Resistência térmica de camadas de ar não ventiladas com superfície de alta emissividade			
Espessura da camada de ar mm	Resistência térmica m <sup>2</sup> . K / W		
	Ascendente	Horizontal	Descendente
0	0,00	0,00	0,00
5	0,10	0,10	0,10
7	0,12	0,12	0,12
10	0,14	0,14	0,14
15	0,15	0,15	0,15
25	0,15	0,16	0,17
50	0,15	0,16	0,19
100	0,15	0,16	0,19
300	0,15	0,16	0,20

Nota: Valores intermediários são obtidos por meio de interpolação linear

**Fonte:** Adaptada da NBR15.220-2:2022.

**Tabela 31 – Resistência térmica superficial interna e externa**

Resistência térmica superficial interna e externa			
Resistência Superficial m <sup>2</sup> .K / W	Direção do Fluxo de Calor		
	Ascendente	Horizontal	Descendente
R <sub>si</sub> (interna)	0,10	0,13	0,17
R <sub>se</sub> (externa)	0,04	0,04	0,04

Obs. 01: Os valores de resistência superficial se aplicam às superfícies em contato com o ar.

**Fonte:** Adaptada da NBR15.220-2:2022.

**Tabela 32 – Absortância para radiação solar e emissividade para radiações e temperaturas comuns**

Absortância para radiação solar e emissividade para radiações e temperaturas comuns		
Tipos de superfície	$\alpha$	$\varepsilon$
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84
Pintura		
Branca	0,20	0,90
Amarela	0,30	0,90
Verde clara	0,40	0,90
Verde escuro	0,70	0,90
Vermelha	0,74	0,90
Preta	0,97	0,90

Fonte: Adaptada da NBR15.220-2:2005.

Para o cálculo da Resistência térmica total ( $R_T$ ) em projetos, devem ser utilizados os valores convencionais da resistência superficial da Tabela 31, onde são expressos os valores da Resistência Superficial da superfície interna ( $R_{Si}$ ) e da superfície externa ( $R_{SE}$ ).

#### 5.2.4 Análise da edificação pelo procedimento simplificado

Para o atendimento ao desempenho térmico mínimo, devem ser avaliados os parâmetros:

transmitância térmica de paredes externas;

capacidade térmica de paredes externas;

percentual de abertura para ventilação;

percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes;

transmitância térmica de coberturas.

### **Cálculo da transmitância térmica de paredes externas:**

Cálculo do Bloco de Concreto:

$$\text{Seção A} = 0,02 \times 0,19 = 0,0038 \text{ m}^2$$

$$\text{Seção B} = 0,165 \times 0,19 = 0,03135 \text{ m}^2$$

$$\text{Seção C} = 0,01 \times 0,20 = 0,002 \text{ m}^2$$

$$R = e/\lambda$$

$$R_{SA} = e/\lambda = 0,09 / 1,75 = 0,0514285 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_{SB} = e/\lambda = (0,02 / 1,75) + 0,16 + (0,02 / 1,75) = 0,182857 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_{SC} = e/\lambda = 0,09 / 1,15 = 0,0782608 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

### **Resistência do Bloco:**

$$R_{\text{bloco}} = \frac{3 \times R_{AA} + 2 \times R_{AB} + R_{AC}}{3 \times R_{AA} + 2 \times R_{AB} + R_{AC}} = \frac{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,03135) + 0,002}{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,03135) + 0,002} =$$

$$\frac{3 \times R_{AA} + 2 \times R_{AB} + R_{AC}}{3 \times R_{AA} + 2 \times R_{AB} + R_{AC}} = \frac{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,03135) + 0,002}{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,03135) + 0,002}$$

$$\frac{R_{SA} \quad R_{SB} \quad R_{SC}}{R_{SA} \quad R_{SB} \quad R_{SC}} = \frac{0,0514286 \quad 0,182857 \quad 0,0782608}{0,0514286 \quad 0,182857 \quad 0,0782608}$$

$$= \frac{0,0114 + 0,0627 + 0,002}{0,0114 + 0,0627 + 0,002} = \frac{0,0761}{0,0761} = R_{\text{bloco}} = 0,1289583$$

$$\frac{0,2216669 + 0,3428908 + 0,0255555}{0,2216669 + 0,3428908 + 0,0255555} = \frac{0,5901132}{0,5901132}$$

**Resistência da Parede:**

Seção D = (Porcelanato + Camada de Ar + Bloco + Argamassa de Gesso)

$$\text{Porcelanato} \quad R = 0,01 / 1,64 = 0,0060975 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$\text{Camada de Ar} \quad R = 0,16$$

$$\text{Bloco} \quad R = 0,1289583 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$\text{Argamassa de Gesso} \quad R = 0,008 / 0,70 = 0,0114285 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_t = 0,0060975 + 0,16 + 0,1289583 + 0,0114285 = 0,3064843 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_T = R_{SE} + R_t + R_{SI} = 0,04 + 0,3064843 + 0,13 = 0,4764843 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$\text{Resistência Total da Parede} = R_T = 0,4764843 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

**Transmitância Térmica:**

$$U = 1 / R_T$$

$$U = 1 / 0,4764843 = 2,098705$$

$$U = 2,10$$

$$\text{Transmitância Térmica} = U = 2,10 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

**Cálculo da Capacidade Térmica de Paredes Externas:**

$$CT = e . c . \rho$$



### Capacidade Térmica do Bloco

$$0,09 \times 1 \times 2400 = 216 \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{K})$$

$$(0,02 \times 1 \times 2400) + 0 + (0,02 \times 1 \times 2400) = 96 \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{K})$$

$$0,09 \times 1 \times 2100 = 189 \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{K})$$

$$CT_{\text{Bloco}} = \frac{3x_{AA} + 2x_{AB} + AC}{C_{ta} \quad C_{tb} \quad C_{tc}} = \frac{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,03135) + 0,002}{216 \quad 96 \quad 189} =$$

$$\frac{3x_{AA} + 2x_{AB} + AC}{C_{ta} \quad C_{tb} \quad C_{tc}} = \frac{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,03135) + 0,002}{216 \quad 96 \quad 189}$$

$$\frac{0,0114 + 0,0627 + 0,002}{0,0000527 + 0,0006531 + 0,0000105} = \frac{0,0761}{0,0007163} = CT_{\text{Bloco}} = 106,24 \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{K})$$

$$= \frac{0,0114 + 0,0627 + 0,002}{0,0000527 + 0,0006531 + 0,0000105} = \frac{0,0761}{0,0007163} = CT_{\text{Bloco}} = 106,24 \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{K})$$

### Capacidade Térmica da Parede

CT = (e.c.ρ) porcelanato + (e.c.ρ) camada de ar + (e.c.ρ) bloco + (e.c.ρ) arg. Gesso

$$CT = (0,01 \times 1,65 \times 2520) + 0 + 106,24 + (0,008 \times 0,84 \times 1200)$$

$$= 41,58 + 0 + 106,24 + 8,064 = 155,884$$

$$\boxed{\text{Capacidade Térmica da Parede} = CT = 155,884 \text{ K.J}/(\text{m}^2.\text{K})}$$

**Cálculo do Percentual de abertura para ventilação e do percentual de elementos transparentes:**

$$\text{Percentual de Abertura} \quad P_{V,APP} = 100 \cdot (A_{V,APP} / A_{P,APP}) (\%)$$

Percentual de elementos transparentes da envoltória

$$P_{t,APP} = 100 \cdot (A_{t,APP} / A_{P,APP}) (\%)$$

**Esquadria Sala de Estar e Jantar:**

$$\text{Área total esquadria:} \quad 2,65 \times 1,10 = 2,915\text{m}^2$$

$$\text{Área real de abertura / ventilação:} \quad 1,30 \times 0,96 = 1,248\text{m}^2$$

$$\text{Área real de elemento transparente:} \quad 2,57 \times 0,96 = 2,467\text{m}^2$$

$$\text{Área de piso:} \quad 21,37 \text{ m}^2$$

$$P_{V,APP \text{ sala}} = 100 \times (1,248 / 21,37) = 100 \times 0,0583996 = 5,83996 = 5,84\%$$

$$P_{t,APP \text{ sala}} = 100 \times (2,467 / 21,37) = 100 \times 0,1154422 = 11,54422 = 11,54\%$$

**Esquadria Quarto 01:**

$$\text{Área total esquadria:} \quad 1,50 \times 1,20 = 1,80\text{m}^2$$

$$\text{Área real de abertura / ventilação:} \quad 0,72 \times 1,13 = 0,81\text{m}^2$$

$$\text{Área real de elemento transparente:} \quad 0,65 \times 1,03 = 0,70\text{m}^2$$

$$\text{Área de piso:} \quad 8,42 \text{ m}^2$$

$$P_{V,APP \text{ d1}} = 100 \times (0,81 / 8,42) = 100 \times 0,0961995 = 9,61995 = 9,62\%$$

$$P_{t,APP \text{ d1}} = 100 \times (0,70 / 8,42) = 100 \times 0,0831353 = 8,31353 = 8,31\%$$

**Esquadria Quarto 02:**

Área total esquadria:  $1,50 \times 1,20 = 1,80\text{m}^2$

Área real de abertura / ventilação:  $0,72 \times 1,13 = 0,81\text{m}^2$

Área real de elemento transparente:  $0,65 \times 1,03 = 0,70\text{m}^2$

Área de piso:  $9,66 \text{ m}^2$

$$P_{v,APP \text{ d2}} = 100 \times (0,81 / 9,66) = 100 \times 0,0838509 = 8,38509 = 8,39\%$$

$$P_{t,APP \text{ d2}} = 100 \times (0,70 / 9,66) = 100 \times 0,0724637 = 7,24637 = 7,25\%$$

**Esquadria Quarto 03:**

Área total esquadria:  $1,45 \times 1,20 = 1,74\text{m}^2$

Área real de abertura / ventilação:  $0,695 \times 1,13 = 0,79\text{m}^2$

Área real de iluminação:  $0,625 \times 1,03 = 0,64\text{m}^2$

Área de piso:  $9,50 \text{ m}^2$

$$P_{v,APP \text{ d3}} = 100 \times (0,79 / 9,50) = 100 \times 0,0831578 = 8,31578 = 8,32\%$$

$$P_{t,APP \text{ d3}} = 100 \times (0,64 / 9,50) = 100 \times 0,0673684 = 6,73684 = 6,74\%$$

**Cálculo da Transmitância Térmica de Coberturas**

Seção = (Cerâmica + Contra piso + Membrana impermeabilizante + Laje)

Cerâmica  $R = 0,009 / 1,64 = 0,0054878 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

Contra piso  $R = 0,04 / 1,15 = 0,0347826 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

$$\text{Mem. Imperm.} \quad R = 0,003 / 0,23 = 0,0130434 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$\text{Laje} \quad R = 0,12 / 1,75 = 0,0685714 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_t = 0,0054878 + 0,0347826 + 0,0130434 + 0,0685714 = 0,1218852 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_T = R_{SE} + R_t + R_{SI} = 0,04 + 0,1218852 + 0,17 = 0,3318852 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$\text{Resistência Total da Cobertura} = R_T = 0,3318852 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

### **Transmitância Térmica da cobertura**

$$U = 1 / R_T$$

$$U = 1 / 0,3318852 = 2,98705$$

$$U = 3,01309$$

$$\text{Transmitância Térmica} = U = 3,01 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

### **Capacidade Térmica da Cobertura**

$$CT = (e.c.p) \text{ cerâmica} + (e.c.p) \text{ mem.imperm.} + (e.c.p) \text{ contra piso} + (e.c.p) \text{ laje}$$

$$CT = (0,009 \times 1,65 \times 2520) + (0,04 \times 1,00 \times 2100) + (0,003 \times 1,46 \times 1100) +$$

$$(0,008 \times 0,84 \times 1200) = 37,422 + 84 + 4,818 + 288 = 414,24$$

$$\text{Capacidade Térmica da Cobertura} = CT = 414,24 \text{ K.J/(m}^2\text{.K)}$$

#### **5.2.4.1 Resumo dos resultados obtidos**

Os resultados obtidos pela análise da edificação no procedimento simplificado foram compilados em uma planilha parametrizada, onde verificou-se a necessidade de análise da edificação pela simulação computacional – devido ao valor obtido no cálculo da transmitância térmica da cobertura, conforme Tabela 33.

**Tabela 33 – Resumo dos resultados – Procedimento Simplificado**

Perfil dos Sistemas Construtivos (Conforme NBR 15220 ou Diretrizes da Construtora, alterar itens em verde)	Fator U das Paredes		Não Necessita Simulação	2,1
	Capacidade Térmica das Paredes		Não Necessita Simulação	150
	Absortância das Paredes			<0,6
	Fator U da Cobertura		Necessita Simulação	3,1
	Absortância da Cobertura			<0,6

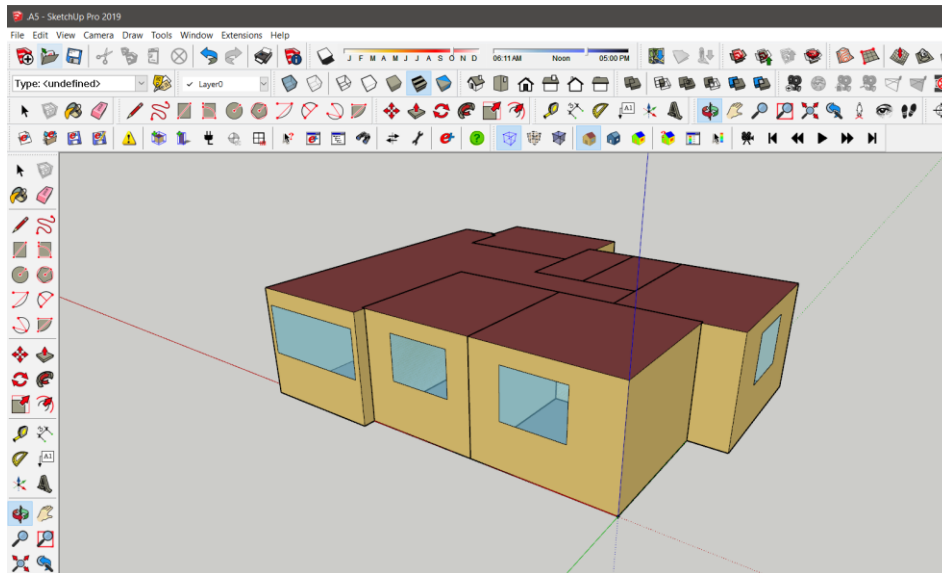
Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.2.5 Análise da edificação pela simulação computacional

A simulação computacional avalia o desempenho térmico da envoltória da edificação que está sendo analisada, tendo como parâmetro o modelo de referência. Para isso são elaborados dois modelos – modelo real e modelo de referência. Para a avaliação do desempenho térmico mínimo é considerado apenas o uso da ventilação natural e para os níveis intermediário e superior, deve-se simular sem o uso da ventilação natural.

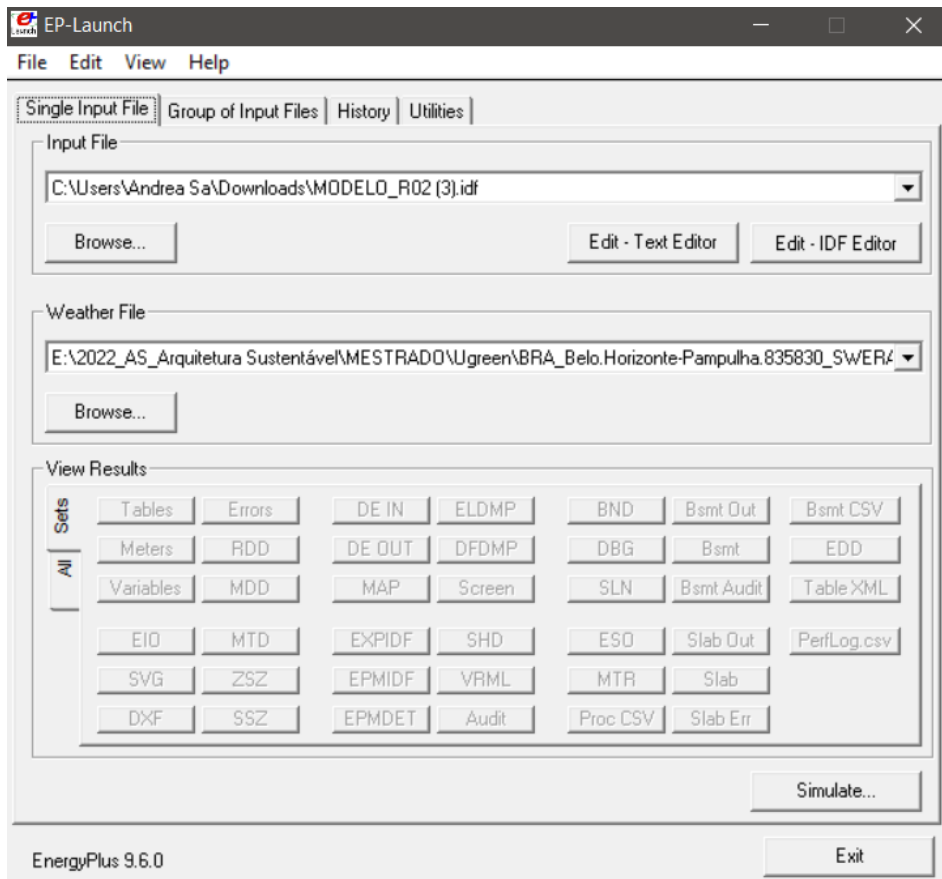
O programa de modelagem utilizado foi o SketchUp e o EnergyPlus, aplicando o OpenStudio com interface de ligação para gerar a simulação. Foi realizada a modelagem da unidade tipo, Figura 20, e configurado o EP-Launch, arquivo do EnergyPlus, Figura 21, que possibilita a simulação, considerando todos os parâmetros da NBR15575:2021 e NBR 15220:2022. Utilizando o modelo e o arquivo bioclimático – EPW, disponibilizado pelo EnergyPlus Weather Data, que é baseado nos dados gerados pelo INMET, coletados na Estação de Belo Horizonte – Pampulha. Após a conferência da modelagem da unidade tipo, foi realizada a modelagem da edificação, Figura 22, e foi novamente averiguado o modelo e iniciada a simulação para geração de dados.

**Figura 20 – Processo de Modelagem – Unidade Tipo**



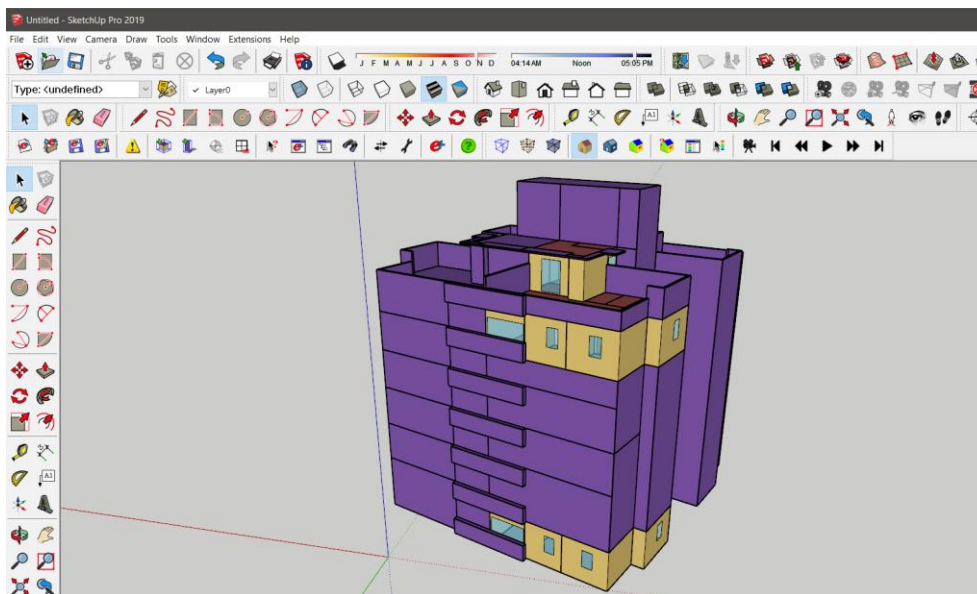
Fonte: Elaborada pela autora.

**Figura 21 – Configuração do EP-Launch**



Fonte: Elaborada pela autora.

**Figura 22 – Processo de Modelagem – Edificação analisada**



**Fonte:** Elaborada pela autora.

### **5.2.6 Resultados obtidos para análise da NBR 15575:2013**

Conforme a NBR 15575:2013, a avaliação deveria ser feita para um dia típico de verão e de inverno, podendo ser realizada para unidades habitacionais isoladas, ou para conjuntos habitacionais ou edifícios de multipisos e devendo ser selecionadas unidades habitacionais com as seguintes características:

conjunto habitacional de edificações térreas: selecionar uma unidade habitacional com o maior número de paredes expostas;

edifício multipiso: selecionar uma unidade do último andar, com cobertura exposta.

A simulação deve ser realizada para todos os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas entre os ambientes, e avaliados os resultados dos recintos sala e dormitórios. No modelo a edificação deve ser orientada conforme a implantação.

A unidade habitacional desta edificação escolhida para a simulação deveria ser a mais crítica do ponto de vista térmico:

verão: janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste;

inverno: janela do dormitório ou da sala de estar voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para sul.

Com o modelo preparado, dados inseridos e simulação realizada, foram gerados os resultados e os dados alcançados importados para planilha do Programa Excel, Tabela 34. Obteve-se os resultados para um dia típico de verão e de inverno, conforme a Tabela 35 e verificado o desempenho das unidades analisadas, Tabela 36.



Tabela 34 – Resultados da análise – NBR 15575:2013

Date/Time	Environment:Site Outdoor Air Drybulb Temperature [C](Hourly:ON)	AP101-QUARTO-01:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP101-QUARTO-02:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP101-SALA:Zona Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP101-SUITE:Zona Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP601-QUARTO-01:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP601-QUARTO-02:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP601-SALA:Zona Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP601-SALA-INTIMA:Zona Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)	AP601-SUITE:Zona Mean Air Temperature [C](Hourly:ON)
07/21 01:00:00	10,53	18,43	19,89	21,32	17,50	16,15	16,80	18,14	17,60	15,79
07/21 02:00:00	9,92	18,12	19,66	21,78	17,21	15,83	16,52	17,92	17,24	15,47
07/21 03:00:00	9,49	17,83	19,45	21,64	16,93	15,49	16,23	17,69	16,87	15,15
07/21 04:00:00	9,11	17,54	19,24	21,50	16,65	15,14	15,94	17,46	16,50	14,81
07/21 05:00:00	8,81	17,27	19,04	21,36	16,39	14,80	15,65	17,23	16,14	14,47
07/21 06:00:00	8,85	17,04	18,87	21,24	16,17	14,48	15,38	17,01	15,80	14,17
07/21 07:00:00	9,47	16,97	18,87	21,27	16,03	14,32	15,27	16,93	15,64	13,95
07/21 08:00:00	11,08	17,12	19,09	21,45	16,05	14,38	15,37	16,98	15,75	13,89
07/21 09:00:00	13,37	17,47	19,48	21,68	16,22	14,65	15,64	17,14	16,05	14,02
07/21 10:00:00	15,62	17,95	19,99	21,94	16,52	15,08	16,07	17,39	16,45	14,32
07/21 11:00:00	17,61	18,51	20,49	22,19	16,92	15,64	16,59	17,70	16,93	14,80
07/21 12:00:00	19,14	19,06	20,94	22,41	17,46	16,26	17,12	18,04	17,47	15,47
07/21 13:00:00	20,25	19,58	21,32	22,59	18,09	16,92	17,63	18,36	18,00	16,24
07/21 14:00:00	21,04	20,10	21,59	22,71	18,74	17,55	18,08	18,61	18,44	16,96
07/21 15:00:00	21,30	20,47	21,74	22,78	19,21	18,05	18,42	18,76	18,75	17,54
07/21 16:00:00	20,86	20,66	21,76	22,80	19,53	18,41	18,61	18,87	19,01	17,96
07/21 17:00:00	19,96	20,71	21,66	22,75	19,63	18,58	18,65	18,92	19,19	18,14
07/21 18:00:00	18,80	20,56	21,50	22,68	19,55	18,56	18,57	18,93	19,24	18,14
07/21 19:00:00	17,17	20,27	21,27	22,60	19,30	18,35	18,36	18,90	19,16	17,95
07/21 20:00:00	15,58	19,91	21,01	22,49	18,94	18,01	18,07	18,82	18,99	17,64
07/21 21:00:00	14,34	19,57	20,77	22,37	18,59	17,60	17,80	18,71	18,76	17,27
07/21 22:00:00	13,20	19,24	20,53	22,25	18,26	17,20	17,52	18,59	18,48	16,87
07/21 23:00:00	12,22	18,96	20,30	22,11	17,96	16,83	17,26	18,45	18,21	16,49
07/21 24:00:00	11,34	18,66	20,06	21,97	17,69	16,47	17,01	18,26	17,90	16,12
11/21 01:00:00	23,19	26,95	26,96	28,01	27,07	27,43	27,72	28,70	28,56	27,37
11/21 02:00:00	22,70	26,75	26,83	27,94	26,85	27,18	27,53	28,56	28,31	27,10
11/21 03:00:00	22,34	26,59	26,72	27,87	26,67	26,95	27,34	28,41	28,04	26,86
11/21 04:00:00	22,03	26,42	26,60	27,80	26,50	26,70	27,15	28,26	27,77	26,61
11/21 05:00:00	21,79	26,26	26,50	27,73	26,33	26,45	26,95	28,10	27,51	26,36
11/21 06:00:00	21,82	26,15	26,44	27,71	26,21	26,26	26,80	27,98	27,30	26,16
11/21 07:00:00	22,33	26,13	26,47	27,74	26,18	26,16	26,73	27,92	27,17	26,05
11/21 08:00:00	23,65	26,26	26,63	27,80	26,28	26,22	26,80	27,92	27,15	26,09
11/21 09:00:00	25,52	26,50	26,86	27,90	26,49	26,40	26,96	27,99	27,25	26,25
11/21 10:00:00	27,36	26,81	27,14	28,02	26,77	26,68	27,19	28,12	27,46	26,51
11/21 11:00:00	28,99	27,22	27,49	28,14	27,14	27,08	27,54	28,29	27,75	26,91
11/21 12:00:00	30,23	27,64	27,80	28,28	27,59	27,59	27,94	28,48	28,10	27,42
11/21 13:00:00	31,14	27,96	28,02	28,43	27,96	28,06	28,31	28,69	28,53	27,94
11/21 14:00:00	31,79	28,23	28,20	28,55	28,29	28,45	28,60	28,90	28,96	28,39
11/21 15:00:00	32,00	28,49	28,34	28,64	28,58	28,80	28,85	29,09	29,32	28,78
11/21 16:00:00	31,64	28,68	28,42	28,69	28,81	29,09	29,03	29,22	29,59	29,10
11/21 17:00:00	30,90	28,78	28,44	28,69	28,95	29,25	29,12	29,30	29,75	29,29
11/21 18:00:00	29,96	28,77	28,39	28,68	28,95	29,29	29,13	29,34	29,82	29,33
11/21 19:00:00	28,63	28,63	28,27	28,65	28,82	29,17	29,03	29,32	29,78	29,21
11/21 20:00:00	27,32	28,41	28,05	28,59	28,59	28,93	28,81	29,25	29,66	28,96
11/21 21:00:00	26,31	28,16	27,84	28,53	28,34	28,65	28,56	29,17	29,48	28,67
11/21 22:00:00	25,38	27,86	27,62	28,46	28,03	28,30	28,33	29,06	29,23	28,32
11/21 23:00:00	24,58	27,54	27,43	28,39	27,70	27,99	28,12	28,96	29,02	27,97
11/21 24:00:00	23,85	27,28	27,27	28,32	27,41	27,71	27,92	28,85	28,81	27,67

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 35 – Resumo resultados da análise – NBR 15575:2013

		AP101- QUARTO- 01	AP101- QUARTO- 02	AP101- SALA	AP101- SUITE	AP601- QUARTO- 01	AP601- QUARTO- 02	AP601- SALA	AP601- SALA- INTIMA	AP601- SUITE
MIN EXT	8,81									
INVERNO	MÍNIMO INT	17,0	18,9	21,2	16,0	14,3	15,3	16,9	15,6	13,9
MAX EXT	32,0									
VERÃO	MÁXIMO INT	28,8	28,4	28,7	28,9	29,3	29,1	29,3	29,8	29,3

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 36 – Desempenho das unidades analisadas – NBR 15575:2013

		DIA TÍPICO DE VERÃO								
TEMP MÁXIMA EXT	32,00	AP101- QUARTO-01	AP101- QUARTO-02	AP101-SALA	AP101-SUITE	AP601- QUARTO-01	AP601- QUARTO-02	AP601-SALA	AP601-SALA- INTIMA	AP601-SUITE
BLOCO	1 REN	28,8	28,4	28,7	28,9	29,3	29,1	29,3	29,8	29,3
		INT	INT	INT	INT	INT	INT	INT	INT	INT
REQUISITOS:										
MÍNIMO: Tin <= Text		32,00								
INTERMEDIÁRIO: Tin <= Text-2°		30,00								
SUPERIOR: Tin <= Text-4°		28,00								
		DIA TÍPICO DE INVERNO								
TEMP MÍNIMA EXT	8,8	AP101- QUARTO-01	AP101- QUARTO-02	AP101-SALA	AP101-SUITE	AP601- QUARTO-01	AP601- QUARTO-02	AP601-SALA	AP601-SALA- INTIMA	AP601-SUITE
BLOCO	1 REN	17,0	18,9	21,2	16,0	14,3	15,3	16,9	15,6	13,9
		SUP	SUP	SUP	SUP	INT	INT	SUP	INT	INT
REQUISITOS:										
MÍNIMO: Tin >= Text+3°		11,8								
INTERMEDIÁRIO: Tin >= Text+5°		13,8								
SUPERIOR: Tin >= Text+7°		15,8								

Legenda:	
Mínimo	
Intermediário	
Superior	

Fonte: Elaborada pela autora.



### 5.2.8 Resultados obtidos pela medição da temperatura na edificação e dados da estação meteorológica

O controle e a validação do atendimento da norma são inicialmente legitimados, através da avaliação de desempenho pelo processo simplificado ou pela simulação computacional, por meio de dados fornecidos pela NBR 15575:2021. Os dados obtidos pela análise da edificação e pelos parâmetros da norma foram comparados com as medições realizadas nas edificações após a construção.

O levantamento das temperaturas internas das unidades habitacionais foi realizado através da instalação de dois Data Loggers, localizados nos dormitórios da UH 101 e UH 601, no período de 21 de dezembro de 2019 a 23 de julho de 2020, que considera o início do verão (21 de dezembro) e o início do inverno (21 de junho), podendo assim contemplar um dia típico e verão e de inverno, conforme indicado na NBR 15575:2013.

Os Data Loggers instalados foram dos modelos HOBO U12-001 e HOBO UX100-001, Figura 23, que são registradores de dados de temperatura para ambientes internos, que possuem precisão de 0,21 °C. São sensores sem fios, com capacidade de armazenar leituras de medições realizadas automaticamente, com intervalo de tempo pré-configurado. Ambos atendem a normativa 21 CFR part. 11 sendo possível realizar a calibração rastreável ou acreditada RBC.

**Figura 23 – Data Loggers**

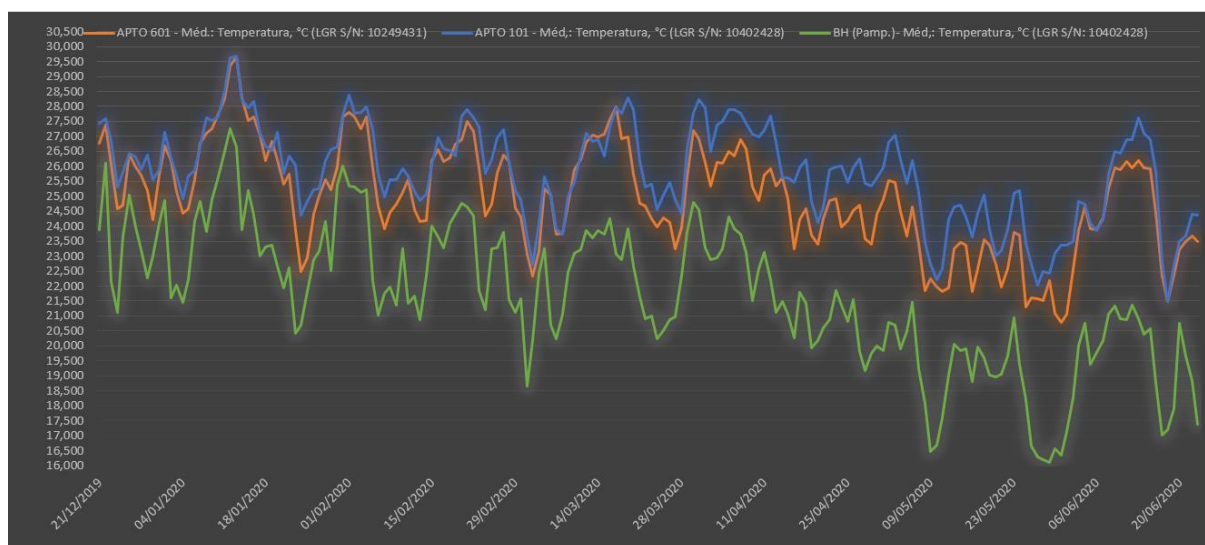


**Fonte:** Arquivo fotográfico da autora.

Os dados levantados pelos sensores foram analisados utilizando o software HOBOWare, gratuito, da ONSET, onde é possível visualizar e/ou exportar os dados para planilhas e realizar as análises necessárias.

Foi gerada a planilha com o monitoramento diário da temperatura no horário da 12:00h (de Brasília) para as unidades habitacionais UH 101 e UH 601, contendo temperaturas mínimas, temperaturas máximas e a média diária da temperatura (apêndice 01 e 02), e desenvolveu-se uma planilha, com dados do INMET – da estação meteorológica de Belo Horizonte / Pampulha, contemplando os mesmos dias e horários do levantamento realizado nas unidades habitacionais (apêndice 03); gerando o Gráfico 8, para visualização dos dados obtidos.

**Gráfico 8 – Registro de temperaturas médias**



Legenda:	
Estação	
UH101	
UH601	

**Fonte:** Elaborada pela autora.

Para determinação dos dias típicos de verão e inverno, foram coletadas as cinco temperaturas médias máximas e as cinco médias baixas, registradas pela estação meteorológica de Belo Horizonte (Pampulha) e comparadas com as médias obtidas nas medições para as mesmas datas, conforme Tabela 38.

**Tabela 38 – Resumo de dados obtidos pela medição e estação meteorológica**

<b>Dados obtidos pela medição e estação meteorológica</b>			
	Estação	UH101	UH601
Data	Temperatura Média Mínima		
31/05/2020	14,60	23,35	20,79
27/05/2020	14,65	22,01	21,58
18/05/2020	15,65	21,48	21,49
30/05/2020	15,80	23,09	21,08
27/05/2020	16,05	22,42	22,19
Data	Temperatura Média Máxima		
13/01/2020	27,10	29,96	29,65
12/01/2020	26,85	29,66	29,35
11/01/2020	26,30	28,52	28,26
22/12/2019	25,90	27,57	27,37
30/01/2020	25,55	26,64	25,99

**Fonte:** Elaborada pela autora.

Com base na NBR 15575:2013, o critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno, na zona bioclimática 3, a temperatura mínima no interior da edificação deve ser maior ou igual a temperatura mínima externa somada a três graus, conforme Tabela 39, o que valida para a UH101 e UH 601, o desempenho térmico mínimo (M). Para a avaliação de desempenho térmico para condições de verão, a temperatura máxima no interior da edificação deve ser menor ou igual a temperatura máxima externa, conforme Tabela 40, que pela medição, verificou que a edificação não atende ao nível de desempenho mínimo.

**Tabela 39 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno**

<b>CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO – CONDIÇÃO DE INVERNO</b>		
Nível de Desempenho	Critério	
	Zona bioclimática 1 a 5	Zona bioclimática 6, 7 e 8
Mínimo (M)	$T_{i,mín} \geq (T_{e,mín} + 3^{\circ}\text{C})$	Nestas zonas, este critério não deve ser avaliado

$T_{i,mín}$  = Valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação.

$T_{e,mín}$  = Valor mínimo diário da temperatura do ar no exterior à edificação.

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575:2013

**Tabela 40 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão**

<b>CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO – CONDIÇÃO DE VERÃO</b>		
Nível de Desempenho	Critério	
	Zona bioclimática 1 a 7	Zona bioclimática 8
Mínimo (M)	$T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$	$T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$

$T_{i,máx}$  = Valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação.

$T_{e,máx}$  = Valor máximo diário da temperatura do ar no exterior à edificação.

**Fonte:** Adaptada da NBR15.575:2013

## 6 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 6.1.1 Análise da edificação pelo procedimento simplificado

Analisando-se os resultados obtidos pelo procedimento simplificado, com base nos valores de referência para a transmitância térmica e a capacidade térmica de paredes externas, as unidades consideradas obtiveram o desempenho térmico mínimo, pois a transmitância térmica das paredes externas é inferior ao preconizado na NBR 15575:2021 e a Capacidade térmica das paredes externas alcançou valor superior ao recomendado, conforme resumo dos resultados na Tabela 41.

**Tabela 41 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021**  
**Transmitância Térmica e Capacidade Térmica de paredes externas**

Comparação dos valores de referência com os valores obtidos			
	Zonas bioclimáticas 3		
	Valores de Referência		Valores obtidos
Transmitância térmica de paredes externas ( $U_{par}$ ) W/(m <sup>2</sup> .K)	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	
	U < = 3,7	U < = 2,5	U = 2,10
Capacidade térmica de paredes externas ( $CT_{par}$ ) kJ/m <sup>2</sup> .K	> = 130		155,884

<sup>a</sup>  $\alpha$  é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

**Fonte:** Elaborada pela autora.

Na análise da proporção mínima para ventilação de ambientes de permanência prolongada, verificou-se que a esquadria da sala de estar e jantar não obteve o percentual mínimo, portanto deveria ser especificada outro modelo, com área de abertura maior. As esquadrias de todos os dormitórios atingiram percentuais superiores ao sugerido pela norma, que é no mínimo 7% (sete por cento) da área do



piso do ambiente. Todas as esquadrias da edificação são passíveis de fechamento total durante o período de inverno. Resumo dos resultados na Tabela 42.

**Tabela 42 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021**  
**Percentual de abertura para ventilação**

<b>Comparação dos valores de referência com os valores obtidos</b>			
Nível de Desempenho	Aberturas para ventilação ( $P_{v,APP}$ )		
	Zonas bioclimática 3		
	Aberturas médias		
	Valores de Referência	Ambientes	Valores obtidos
Mínimo	$\geq 7\%$	Sala de Estar e Jantar	5,84%
		Quarto 01	9,62%
		Quarto 02	8,39%
		Quarto 03	8,32%

Observações:

- 1) A área de ventilação das esquadrias são passíveis de serem vedadas durante o período frio.
- 2) % - percentual sobre a área do piso de cada ambiente.

**Fonte:** Elaborada pela autora.

A proporção de elementos transparentes existentes nas esquadrias dos ambientes analisados, para obtenção de nível de desempenho mínimo, atendeu aos requisitos da norma, pois todos os ambientes de permanência prolongada – dormitórios – com área de piso inferior a 20,00m<sup>2</sup>, possuem o percentual de elementos transparentes inferior a 20% (vinte por cento). A Sala possui área de piso superior a 20,00m<sup>2</sup>, mas sua área de superfície dos elementos transparentes é inferior a 6,00m<sup>2</sup>. Resumo dos resultados na Tabela 43.

**Tabela 43 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021**  
**Proporção dos elementos transparentes**

Comparação dos valores de referência com os valores obtidos				
Nível de Desempenho	Valores de Referência		Valores obtidos	
	Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %	Área de superfície dos elementos transparentes ( $A_{t,APP}$ ) m <sup>2</sup>	Percentual de elementos transparentes ( $P_{t,APP}$ ) %	Área de superfície dos elementos transparentes ( $A_{t,APP}$ ) m <sup>2</sup>
Mínimo	$A_p < =20,00m^2$	$A_p >20,00m^2$		
	$P_t < =20\%$	$A_t < =4,00m^2$		
Zonas bioclimáticas 3	$P_t >20\%$ Com vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontais nas aberturas			
Sala de Estar e Jantar			Não se aplica	$A_p = 21,37m^2$
				$A_t = 2,467m^2$
Quarto 01			$A_p = 8,42m^2$	Não se aplica
			$P_t = 8,31\%$	
Quarto 02			$A_p = 9,66m^2$	Não se aplica
			$P_t = 7,25\%$	
Quarto 03			$A_p = 9,50m^2$	Não se aplica
			$P_t = 6,74\%$	

Obs.: A edificação não possui vidros de alto desempenho e nem elementos de sombreamento horizontais nas aberturas.

**Fonte:** Elaborada pela autora.

A transmitância térmica de cobertura foi analisada e conforme os resultados apresentados, na Tabela 44, verificou-se que o valor 3,01W/(m<sup>2</sup>.K) obtido pelo método simplificado foi superior ao especificado na norma, que é no máximo de 2,3W/(m<sup>2</sup>.K) para zonas bioclimáticas 3 com absorvância à radiação solar igual ou menor que 0,6; sendo assim, é obrigatório a análise computacional da edificação.

**Tabela 44 – Tabela comparativa entre os valores obtidos pelo procedimento simplificado e os valores de referência da NBR 15575:2021**  
**Transmitância térmica de coberturas W/(m<sup>2</sup>.K)**

Comparação dos valores de referência com os valores obtidos			
Zonas bioclimáticas 3	Valores de Referência		Valores obtidos
	$\alpha_{cob} \leq 0,6$	$\alpha_{cob} > 0,6$	$\alpha_{cob} \leq 0,6$
	$U_{cob} \leq 2,3$	$U_{cob} \leq 1,5$	$U_{cob} = 3,01$

**Fonte:** Elaborada pela autora.

A edificação analisada pelo procedimento simplificado, conforme resumo e comparação de dados da Tabela 45, não atenderia a NBR 15575:2021 em dois quesitos: ao percentual de abertura, que seria de fácil adequação no projeto, com a ampliação do vão de ventilação; e a Transmitância térmica da Cobertura o que levaria automaticamente a obrigatoriedade de se executar o procedimento de simulação computacional.

**Tabela 45 – Resumo dos resultados obtidos pela análise da edificação pelo procedimento simplificado**

Valores obtidos pela análise											
Unidade Habitacional	Transmitância Térmica paredes externas U		Capacidade Térmica de paredes externas		Transmitância Térmica cobertura U <sub>cob</sub>		Percentual de abertura para ventilação		Proporção dos elementos transparentes		
	REF.	OBTIDO	REF.	OBTIDO	REF.	OBTIDO	REF.	OBTIDO	REF.	OBTIDO	
101	UH	<= 3,7	= 2,10	>=130	155,88	NA	NA				
	SALA							>= 7%	5,84%	Ap >20,00m <sup>2</sup>	21,37m <sup>2</sup>
										At < =4,00m <sup>2</sup>	2,467m <sup>2</sup>
	DORM 1							>= 7%	9,62%	Ap <=20,00m <sup>2</sup>	8,42m <sup>2</sup>
										Pt < =20%	8,31%
	DORM 2							>= 7%	8,39%	Ap <=20,00m <sup>2</sup>	9,66m <sup>2</sup>
									Pt < =20%	7,25%	
DORM 3							>= 7%	8,32%	Ap <=20,00m <sup>2</sup>	9,50m <sup>2</sup>	
									Pt < =20%	6,74%	
601	UH	<= 3,7	= 2,10	>=130	155,88	<= 2,3	= 3,01				
	SALA							>= 7%	5,84%	Ap >20,00m <sup>2</sup>	21,37m <sup>2</sup>
										At < =4,00m <sup>2</sup>	2,467m <sup>2</sup>
	DORM 1							>= 7%	9,62%	Ap <=20,00m <sup>2</sup>	8,42m <sup>2</sup>
										Pt < =20%	8,31%
	DORM 2							>= 7%	8,39%	Ap <=20,00m <sup>2</sup>	9,66m <sup>2</sup>
									Pt < =20%	7,25%	
DORM 3							>= 7%	8,32%	Ap <=20,00m <sup>2</sup>	9,50m <sup>2</sup>	
									Pt < =20%	6,74%	

Fonte: Elaborada pela autora.

### 6.1.2 Análise da edificação pelo procedimento de simulação computacional na NBR 15575:2013 e NBR 15575:2021

O procedimento de simulação computacional avalia os três níveis de desempenho térmico: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). Estes níveis são determinados a partir dos critérios:

## NBR 15575:2013

mínimo (M): A temperatura interna tem que ser menor ou igual a temperatura externa;

intermediário (I): A temperatura interna tem que ser menor ou igual a temperatura externa reduzida em 2° (dois graus);

superior (S): A temperatura interna tem que ser menor ou igual a temperatura externa reduzida em 4° (quatro graus);

## NBR 15575:2021

mínimo (M): avalia o Percentual de horas de ocupação da unidade habitacional real ( $PHFT_{UH,real}$ ), que deverá ser superior a 90%  $PHFT_{UH,ref}$ . A temperatura operativa anual máxima do modelo real deve ser menor ou igual à obtida para o modelo de referência, após somado o valor de tolerância máximo ( $\Delta T_{om\acute{a}x}$ );

Deve ser adotado  $\Delta T_{om\acute{a}x}$  igual a 2°C para UH unifamiliares e UH multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura e  $\Delta T_{om\acute{a}x}$  igual a 1°C para as UH multifamiliares localizadas no pavimento térreo ou tipo;

Para as zonas bioclimáticas de 1 a 4, a  $T_{om\acute{i}nUH}$  do modelo real deve ser igual ou superior ao  $T_{om\acute{i}nUH}$  do modelo de referência, após reduzido o valor de tolerância mínimo ( $\Delta T_{om\acute{i}n}$ );

Os resultados obtidos e resumidos na Tabela 46, pela metodologia adotada na NBR 15575:2013, possibilita verificar que a edificação conseguiria o nível intermediário de desempenho térmico para as duas unidades habitacionais – UH 101 e UH 601, pois a temperatura interna das duas são iguais e/ou menores que a temperatura externa reduzida em 2°C (dois graus centígrados). Mas comparando com os resultados obtidos através da medição *in loco* e as temperaturas obtidas na

estação meteorológica, é possível verificar que nenhuma das unidades alcançariam o nível mínimo no verão e no inverno manteriam o nível intermediário. Então, considerando a NBR 15575:2013, a edificação não atenderia a norma.

**Tabela 46 – Resumo dos resultados obtidos pela análise da edificação pelo procedimento computacional – NBR 15575:2013 e pela medição no local**

Valores obtidos pela análise							
Requisitos	Estação	Simulação Computacional			Medição UH – No local		
		Temp. Máx. Externa	Dormit.02 UH 101	Dormit.02 UH 601	Temp. Máx. Externa	Dormit.02 UH 101	Dormit.02 UH 601
	<b>Verão</b>	32°	28,4	29,1	27,10°	29,69	29,65
					13/01/2020		
Des. Mínimo	Tint <= Text						
Des. Intermed.	Tint <= Text – 2°						
Des. Superior	Tint <= Text – 4°						
		Temp. Mín. Externa	Dormit.02 UH 101	Dormit.02 UH 601	Temp. Mín. Externa	Dormit.02 UH 101	Dormit.02 UH 601
	<b>Inverno</b>	8,8°	18,9	15,3	14,60°	23,35	20,79
					31/05/2020		
Des. Mínimo	Tint >= Text +3°						
Des. Intermed.	Tint >= Text + 5°						
Des. Superior	Tint >= Text + 7°						

Fonte: Elaborada pela autora.

Os resultados obtidos e resumidos na Tabela 47, pela metodologia adotada na NBR 15575:2021, possibilita verificar que o projeto atende aos requisitos mínimos da norma, pois:

O PHFT<sub>UH</sub> (percentual de horas de ocupação da unidade habitacional) do modelo da edificação real é maior que 0.9\*PHFT<sub>UH</sub> (percentual de

horas de ocupação da unidade habitacional) do que o modelo da edificação de referência;

A  $TO_{\text{máxUH}}$  (temperatura anual máxima da unidade habitacional) do modelo real da edificação é menor que a  $TO_{\text{máxUH}}$  (temperatura anual máxima da unidade habitacional) do modelo de referência da edificação;

A  $TO_{\text{mínUH}}$  (temperatura anual mínima da unidade habitacional) do modelo real da edificação é superior que a  $TO_{\text{mínUH}}$  (temperatura anual mínima da unidade habitacional) do modelo de referência da edificação;

O apartamento 101 – UH101, atende ao nível superior da norma, pois tem  $PHFT_{\text{UH}}$  maior ou igual a 95% e atende aos critérios das  $TO_{\text{máxUH}}$  e  $TO_{\text{mínUH}}$ ;

O apartamento 601 – UH601, atende ao nível intermediário, devido:

O  $PHFT_{\text{UH}}$  do modelo de referência é maior que 70%, e não há requisitos de incremento mínimo de  $PHFT_{\text{UH}}$  do modelo real:

A carga térmica total pela área de referência ( $C_{g\text{TTUH,ref}}/A_{\text{PUH}}$ ) foi menor que 100 e o pavimento de cobertura teria que ter redução de carga térmica de 15% e obteve 17,1%.

Entretanto nas medições realizadas nas unidades, através da instalação dos Data Loggers, localizados no dormitório denominado 02 (considerando este dormitório pois tem maior incidência solar no período do verão) das unidades habitacionais – UH 101 e UH 601 – no período de 21 de dezembro de 2019 a 23 de julho de 2020, que considera o início do verão (21 de dezembro) e o início do inverno (21 de junho), podendo assim contemplar um dia típico e verão e de inverno, pode-se observar que os resultados apresentam divergências.

## Verão

A unidade 101 a temperatura do modelo real estaria menor ou igual a temperatura reduzindo 2°C (dois graus centígrados) em relação ao modelo de referência atingindo o nível intermediário da norma;

A unidade 101 poderia alcançar o nível superior de desempenho se comparado a a temperatura do modelo real com o valor da temperatura típica para um dia de verão;

A unidade 601 a temperatura do modelo real estaria menor ou igual a temperatura reduzindo 2°C (dois graus centígrados) em relação ao modelo de referência atingindo o nível intermediário da norma, mas comparando com o valor da temperatura típica para um dia de verão a temperatura do modelo real estaria maior, e portanto não obteria nem mesmo o nível mínimo de desempenho;

Na medição in loco, as duas unidades habitacionais – UH 101 e UH 601 – não obtiveram o nível de desempenho mínimo, pois as duas apresentaram temperatura interna maior do que a temperatura máxima externa para o período.

## Inverno

As duas unidades analisadas pela simulação computacional obtiveram nível de desempenho superior, visto que a temperatura do modelo real e a temperatura do modelo de referência ficaram bem similares; e comparando com a temperatura de um dia típico de inverno também obteve o nível superior;

O resultado se manteve na análise pela medição da temperatura in loco para a unidade habitacional 101, nível de desempenho superior, mas para a unidade habitacional 601 o nível de desempenho averiguado foi o intermediário.



**Tabela 47 – Resumo dos resultados obtidos pela análise da edificação pelo procedimento computacional – NBR 15575:2021 e pela medição no local**

Valores obtidos pela análise							
Requisitos	Estação	Simulação Computacional			Medição UH – No local		
		Temp. Máx. Externa	Dormit.02 UH 101 Real/Ref.	Dormit.02 UH 601 Rel/Ref.	Temp. Máx. Externa	Dormit.02 UH 101	Dormit.02 UH 601
	<b>Verão</b>	32°	Real 27,28° Ref. 31,22°	Real 32,15° Ref. 34,38°	27,10°	29,69	29,65
					13/01/2020		
Des. Mínimo	Tint <= Text						
Des. Intermed.	Tint <= Text – 2°						
Des. Superior	Tint <= Text – 4°						
		Temp. Mín. Externa	Dormit.02 UH 101 Real/Ref.	Dormit.02 UH 601 Real/Ref.	Temp. Mín. Externa	Dormit.02 UH 101	Dormit.02 UH 601
	<b>Inverno</b>	8,8°	Real 18,27° Ref. 18,31°	Real 17,50° Ref. 17,14°	14,60°	23,35	20,79
					31/05/2020		
Des. Mínimo	Tint >= Text +3°						
Des. Intermed.	Tint >= Text + 5°						
Des. Superior	Tint >= Text + 7°						

Fonte: Elaborada pela autora.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou o conforto térmico das edificações residenciais multifamiliares como um dos itens essenciais para atender a demanda por construções bioclimáticas e sustentáveis.

A arquitetura bioclimática consiste em criar e edificar construções, baseadas no clima local, possibilitando o conforto térmico, criando espaços saudáveis e confortáveis para os usuários. Desde a concepção do projeto até o encerramento da obra devem ser observados os materiais e as técnicas construtivas que contribuem para a redução do consumo energético e para o bem estar dos usuários, quesitos fundamentais para a arquitetura sustentável.

O conforto térmico foi analisado através do estudo de caso de uma edificação executada, no qual foi realizado o levantamento de dados do projeto aprovado e da obra. Também foram verificadas as especificações técnicas, contidas no Manual do Proprietário, e realizada vistoria na edificação para averiguar a execução e os materiais do sistema de vedação vertical externo e do sistema de cobertura.

Foi realizado um exame detalhado das normas técnicas desenvolvidas com foco no conforto térmico – NBR 15575:2013, NBR 15575:2021, NBR 15220-2:2022 e NBR15220-3:2005. Foram pesquisados os dados necessários, relacionados ao conforto térmico, para a avaliação de edificações, e em seguida, identificados: a zona bioclimática, a região de ventos, os parâmetros térmicos a serem examinados e os procedimentos executivos para atendimento ao desempenho.

A verificação e a validação do desempenho térmico da edificação analisada se deram pelo procedimento simplificado e pela simulação computacional recomendados pela NBR 15575:2021; e através da medição da temperatura *in loco*.

Para tal, além do projeto arquitetônico aprovado pela Prefeitura de Belo Horizonte, a edificação foi modelada, utilizando o modelador tridimensional – SketchUp – e um software computacional – EnergyPlus – para efetuar o procedimento de simulação indicado pela norma. A medição da temperatura real interna foi realizada em duas

unidades habitacionais, uma no pavimento térreo e outra no pavimento de cobertura, onde foram instalados Data Loggers e realizado o tratamento e a análise dos dados obtidos.

A análise da edificação pelo procedimento simplificado demonstrou que: as unidades analisadas obtiveram o desempenho térmico mínimo, para o sistema de vedação vertical externo, pois a transmitância térmica das paredes externas é inferior ao preconizado na NBR 15575:2013. No entanto, a capacidade térmica das paredes externas alcançou valor superior ao recomendado. A esquadria da sala não obteve o percentual mínimo de ventilação natural, portanto deveria ser especificado outro modelo de esquadria, com a área de abertura maior. As esquadrias de todos os dormitórios atingiram percentuais superiores ao sugerido pela norma. A proporção de elementos transparentes atendeu aos requisitos da norma. A transmitância térmica da cobertura é superior ao especificado na norma, portanto não atendeu ao desempenho mínimo, sendo obrigatória a utilização da simulação computacional para verificação o atendimento à norma.

O resultado obtido pela simulação computacional, baseada na NBR 15575:2013, alcançou o nível de conforto intermediário para as duas unidades, considerando a temperatura para o dia típico de verão; e atingiu o nível de conforto superior para a unidade habitacional do pavimento térreo – UH101 e nível de desempenho intermediário para a unidade do pavimento de cobertura – UH601, utilizando a temperatura para os dias típicos de inverno.

Foram elaborados os dois modelos tridimensionais solicitados pela NBR 15575:2021, um baseado na edificação projetada, Modelo Real; e um com dados parametrizados na norma, que é o Modelo de Referência. O resultado da simulação computacional apresentou nível de desempenho superior para a unidade habitacional do pavimento térreo – UH101, visto que tem percentual de horas de ocupação em ambientes de permanência prolongada (  $PHFT_{UH}$  ) superior a 95% e atendendo assim, aos critérios da temperatura operativa anual máxima e mínima da unidade habitacional. E obteve nível de desempenho intermediário para a unidade habitacional do pavimento de cobertura – UH601, pois o  $PHFT_{UH}$  apresentado foi maior que 70% e não existem requisitos de incremento mínimo do  $PHFT_{UH}$  para o modelo real. Apresentou a carga

térmica total pela área de referência menor que 100 e o pavimento de cobertura obteve redução de carga térmica de 17,1%.

Com a medição *in loco* da temperatura das unidades habitacionais analisadas, verificou-se que, baseado na NBR 15575:2013, as UH101 e UH 601, obtiveram o desempenho térmico mínimo (M), pois a temperatura mínima no interior da edificação ficou maior do que a temperatura mínima externa somada a três graus; mas considerando a avaliação de desempenho térmico para condições de verão, a temperatura máxima no interior da edificação, que deveria ser menor ou igual a temperatura máxima externa, ficou em média 2°C acima.

A pesquisa desenvolvida permitiu evidenciar que o exame da influência das características construtivas dos Sistemas de Vedações Verticais Externos (envoltória) e o Sistema de Cobertura conjugados com a posição dos ambientes de permanência prolongada em situações de exposição solar críticas necessitam de novos experimentos para que as metodologias construtivas adotadas nas obras de edificações residenciais multifamiliares, estejam comprometidas com a qualidade do conforto térmico dos usuários no interior da edificação.

Pode se concluir que a revisão periódica das normas é necessária, como foi realizada na NBR 15575, que foi criada em 2008, teve sua primeira revisão em 2013 e a segunda em 2021. Que são necessários novos estudos de caso, com a adoção de parâmetros para a simulação computacional da NBR 15575:2021, para atestar o conforto térmico da edificação, e possibilitar aferir os procedimentos normatizados, para a garantia do atendimento de todos os quesitos durante a etapa de uso da edificação.

Recomendações para estudos futuros:

Sugere-se que sejam realizados novos estudos de casos, que comparem os dados obtidos pela simulação computacional na fase dos projetos e os dados obtidos pela medição *in loco* de edificações construídas afim de verificar os dados obtidos para basear as futuras revisões.

Propor processos e práticas de trabalho para atingir um maior grau de eficiência durante o processo de projeção com foco no desempenho e na eficiência energética em edificações;

Indicar as principais variáveis que influenciam no desempenho das edificações e mensurar valores para a utilização nos modelos de referência;

Verificar e validar ferramentas computacionais que podem ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento de projetos e para a validação destes desempenhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 15220-2**  
**Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da**  
**transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar**  
**de elementos e componentes de edificações** – 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 15220-3**  
**Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático**  
**brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse**  
**social** – 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 15575-1**  
**Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais** – 4ª  
edição – 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 15575-4**  
**Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações**  
**verticais internas e externas - SVVIE** – 4ª edição – 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR 15575-5**  
**Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas**  
**de coberturas** – 4ª edição – 2013.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E  
QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010.  
**Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de**  
**Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível  
em: < <http://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas> > . Acesso em: set. 2020.

BUENO, C.; **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro.**

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos – SP. 2010.

CARLO, J.; LAMBERTS, R. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 27-40, abr./jun. 2010b.

CEF - Caixa Econômica Federal. **Selo Casa Azul + Caixa.** Disponível em: < [Selo Casa Azul CAIXA | CAIXA](#)>. Acesso em: maio 2022.

CHO, C.S.; CHEN, D.; WOO, S.; **Building Information Modeling (BIM) – Based Design of Energy Efficient Buildings.** *In:* 28th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION, ISARC, 2011.

CHVATAL, K. M. S.; **Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p.119-134, out./dez. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

CLIMATE CONSULTANT. Society of Building Science Educators (sbse.org). Disponível em: < [Climate Consultant | Society of Building Science Educators \(sbse.org\)](#)>. Acesso em: 03 fev. 2022.

DESIGNBUILDER. Disponível em: < [www.DesignBuilder.co.uk](http://www.DesignBuilder.co.uk) >. Acesso em: 21 set. 2020.

DOGAN, T.; REINHART, C. **Atmosphères: proof of concept for web-based 3D energy modeling for designers with webgl/html5 and modern event-driven, asynchronous server systems.** *In:* 13th CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION (IBPSA), 2013, França. Anais... Chambéry: IBPSA, 26-28 ago. p. 1039-1044. Disponível em: < [http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p\\_1440.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p_1440.pdf) > . Acesso em: set. 2020.

ENERGYPLUS. Disponível em: <<https://energyplus.net>>. Acesso em: mar. 2021.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**, São Paulo, 8ª Edição. Studio Nobel, 2009.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV); CERWAY. **Novo referencial 2016 para edifícios em construção**. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/aqua/referencias-e-guias>> . Acesso em: set. 2020.

HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. (Ed.). **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Londres: Spon Press, 2011, 507p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

MELO, A. P.; WESTPHAL, F. S.; MATOS, M. **Apostila do Curso Básico do Programa EnergyPlus**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE - Florianópolis. 2009. Disponível em: <[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4202\\_Apostila\\_EnergyPlus\\_0.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4202_Apostila_EnergyPlus_0.pdf)>. Acesso em: out.2020.

PBE EDIFICA. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **Procel Edifica + Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>: Acesso em: set. 2020.

SOARES, M. M.; SILVA, A. C. S. B. da. **Análise e compatibilização dos métodos simplificado e por simulação da NBR 15575: zona bioclimática 2**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 305-327, jan./mar. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

Sorgato, M. J.; Melo, A. P.; Marinoski, D. L.; Lamberts, R. **A Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais**. Ambiente Construído, Porto Alegre, V. 14, n.



4, 83-101, out.;dez. 2014. ISSN 1678-8621. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

U. S. GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC). **LEED**. Disponível em: <  
<https://www.usgbc.org/articles/leed-link-leed-v4-reference-guides> > : Acesso em: set.  
2020.

YEGANIANTZ, T. S. **Simulação computacional ambiental no sistema BIM:**

**Possibilidades e limitações do cálculo da luz natural.** Dissertação (Mestrado

em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília DF, 2016.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Dados Data Logger apto 101

APÊNDICE 01					
DATA LOGGER-APTO101					
#	Data	Hora	Máx.: Temp., °C	Mín.: Temp., °C	Méd.: Temp., °C
1	21/12/2019	12h0min0s	27,955	26,97	27,447
2	22/12/2019	12h0min0s	29,047	26,237	27,575
3	23/12/2019	12h0min0s	28,103	25,749	26,847
4	24/12/2019	12h0min0s	26,31	24,296	25,319
5	25/12/2019	12h0min0s	26,407	24,973	25,791
6	26/12/2019	12h0min0s	27,856	24,731	26,45
7	27/12/2019	12h0min0s	27,265	24,392	26,317
8	28/12/2019	12h0min0s	26,946	24,368	25,889
9	29/12/2019	12h0min0s	26,995	25,774	26,382
10	30/12/2019	12h0min0s	26,701	24,392	25,555
11	31/12/2019	12h0min0s	26,921	24,779	25,897
12	01/01/2020	12h0min0s	28,45	26,042	27,123
13	02/01/2020	12h0min0s	27,708	24,103	26,282
14	03/01/2020	12h0min0s	26,237	25,215	25,717
15	04/01/2020	12h0min0s	26,042	24,175	24,923
16	05/01/2020	12h0min0s	26,09	25,312	25,663
17	06/01/2020	12h0min0s	26,75	25,045	25,849
18	07/01/2020	12h0min0s	28,177	24,948	26,663
19	08/01/2020	12h0min0s	28,499	26,652	27,605
20	09/01/2020	12h0min0s	28,748	26,505	27,527
21	10/01/2020	12h0min0s	28,624	26,701	27,65
22	11/01/2020	12h0min0s	29,596	26,872	28,523
23	12/01/2020	12h0min0s	30,983	28,599	29,611
24	13/01/2020	12h0min0s	30,805	28,499	29,694
25	14/01/2020	12h0min0s	29,546	26,163	28,214
26	15/01/2020	12h0min0s	29,171	26,995	27,961
27	16/01/2020	12h0min0s	29,371	26,799	28,178
28	17/01/2020	12h0min0s	28,004	26,481	27,112
29	18/01/2020	12h0min0s	27,413	25,239	26,684
30	19/01/2020	12h0min0s	27,757	25,458	26,527
31	20/01/2020	12h0min0s	28,004	26,481	27,14
32	21/01/2020	12h0min0s	26,872	24,924	25,752
33	22/01/2020	12h0min0s	27,191	25,774	26,341
34	23/01/2020	12h0min0s	26,872	24,561	26,037
35	24/01/2020	12h0min0s	25,07	23,669	24,382
36	25/01/2020	12h0min0s	25,579	23,91	24,825
37	26/01/2020	12h0min0s	26,163	24,055	25,222
38	27/01/2020	12h0min0s	26,261	23,669	25,253
39	28/01/2020	12h0min0s	27,733	24,634	26,177
40	29/01/2020	12h0min0s	27,265	25,92	26,564
41	30/01/2020	12h0min0s	27,757	25,312	26,647
42	31/01/2020	12h0min0s	28,599	26,774	27,713
43	01/02/2020	12h0min0s	29,096	27,782	28,38
44	02/02/2020	12h0min0s	28,673	27,044	27,772
45	03/02/2020	12h0min0s	28,773	25,701	27,811
46	04/02/2020	12h0min0s	28,847	26,701	27,998
47	05/02/2020	12h0min0s	28,128	26,09	27,215

48	06/02/2020	12h0min0s	27,019	24,199	25,723
49	07/02/2020	12h0min0s	25,993	23,838	24,962
50	08/02/2020	12h0min0s	26,188	25,021	25,557
51	09/02/2020	12h0min0s	26,383	24,682	25,543
52	10/02/2020	12h0min0s	26,921	24,997	25,919
53	11/02/2020	12h0min0s	26,383	25,215	25,672
54	12/02/2020	12h0min0s	25,701	24,513	25,144
55	13/02/2020	12h0min0s	25,749	24,079	24,842
56	14/02/2020	12h0min0s	26,603	23,573	25,06
57	15/02/2020	12h0min0s	27,659	24,948	26,027
58	16/02/2020	12h0min0s	27,56	26,31	26,948
59	17/02/2020	12h0min0s	27,191	25,774	26,583
60	18/02/2020	12h0min0s	27,462	25,579	26,533
61	19/02/2020	12h0min0s	27,659	24,658	26,351
62	20/02/2020	12h0min0s	28,499	26,921	27,679
63	21/02/2020	12h0min0s	28,425	27,191	27,883
64	22/02/2020	12h0min0s	28,698	26,31	27,606
65	23/02/2020	12h0min0s	28,425	26,139	27,302
66	24/02/2020	12h0min0s	26,603	25,045	25,772
67	25/02/2020	12h0min0s	26,995	25,555	26,223
68	26/02/2020	12h0min0s	27,511	26,505	26,961
69	27/02/2020	12h0min0s	28,078	26,261	27,235
70	28/02/2020	12h0min0s	27,511	24,731	26,127
71	29/02/2020	12h0min0s	26,139	24,272	25,196
72	01/03/2020	12h0min0s	25,676	24,199	24,879
73	02/03/2020	12h0min0s	25,215	22,254	23,66
74	03/03/2020	12h0min0s	23,717	22,302	22,743
75	04/03/2020	12h0min0s	25,361	22,973	24,098
76	05/03/2020	12h0min0s	26,554	24,803	25,638
77	06/03/2020	12h0min0s	25,676	24,465	25,035
78	07/03/2020	12h0min0s	24,658	23,453	23,919
79	08/03/2020	12h0min0s	25,215	22,685	23,738
80	09/03/2020	12h0min0s	25,774	23,958	25,01
81	10/03/2020	12h0min0s	26,628	24,32	25,463
82	11/03/2020	12h0min0s	27,339	25,603	26,383
83	12/03/2020	12h0min0s	28,004	26,139	27,111
84	13/03/2020	12h0min0s	27,733	25,652	26,84
85	14/03/2020	12h0min0s	27,757	25,385	26,888
86	15/03/2020	12h0min0s	27,093	25,191	26,329
87	16/03/2020	12h0min0s	28,252	25,701	27,311
88	17/03/2020	12h0min0s	29,221	26,628	27,941
89	18/03/2020	12h0min0s	29,022	26,725	27,775
90	19/03/2020	12h0min0s	29,096	27,536	28,276
91	20/03/2020	12h0min0s	28,624	26,995	27,88
92	21/03/2020	12h0min0s	27,314	25,458	26,151
93	22/03/2020	12h0min0s	26,285	24,417	25,319
94	23/03/2020	12h0min0s	26,261	24,973	25,403
95	24/03/2020	12h0min0s	25,652	23,501	24,544
96	25/03/2020	12h0min0s	26,407	24,248	25,048
97	26/03/2020	12h0min0s	26,53	24,561	25,448

98	27/03/2020	12h0min0s	25,798	23,814	24,877
99	28/03/2020	12h0min0s	25,555	22,925	24,437
100	29/03/2020	12h0min0s	28,177	25,361	26,551
101	30/03/2020	12h0min0s	28,648	26,799	27,764
102	31/03/2020	12h0min0s	28,773	27,462	28,242
103	01/04/2020	12h0min0s	28,549	27,118	27,966
104	02/04/2020	12h0min0s	27,339	25,968	26,497
105	03/04/2020	12h0min0s	28,475	26,334	27,372
106	04/04/2020	12h0min0s	28,276	27,069	27,507
107	05/04/2020	12h0min0s	29,396	26,579	27,901
108	06/04/2020	12h0min0s	29,121	26,921	27,905
109	07/04/2020	12h0min0s	28,425	27,044	27,77
110	08/04/2020	12h0min0s	28,301	26,066	27,428
111	09/04/2020	12h0min0s	27,609	26,188	27,068
112	10/04/2020	12h0min0s	27,93	26,31	26,975
113	11/04/2020	12h0min0s	28,4	25,871	27,202
114	12/04/2020	12h0min0s	28,475	26,676	27,674
115	13/04/2020	12h0min0s	27,56	25,579	26,813
116	14/04/2020	12h0min0s	26,676	24,706	25,603
117	15/04/2020	12h0min0s	26,701	24,61	25,618
118	16/04/2020	12h0min0s	26,163	24,755	25,462
119	17/04/2020	12h0min0s	26,946	24,827	25,949
120	18/04/2020	12h0min0s	27,142	25,336	26,224
121	19/04/2020	12h0min0s	25,239	24,272	24,812
122	20/04/2020	12h0min0s	25,142	22,877	24,117
123	21/04/2020	12h0min0s	26,334	23,237	24,636
124	22/04/2020	12h0min0s	26,946	24,948	25,898
125	23/04/2020	12h0min0s	26,97	24,876	25,973
126	24/04/2020	12h0min0s	26,579	25,239	26,023
127	25/04/2020	12h0min0s	26,163	24,296	25,465
128	26/04/2020	12h0min0s	27,388	24,586	25,957
129	27/04/2020	12h0min0s	27,462	25,215	26,257
130	28/04/2020	12h0min0s	26,334	24,586	25,428
131	29/04/2020	12h0min0s	26,042	24,537	25,352
132	30/04/2020	12h0min0s	27,093	24,489	25,616
133	01/05/2020	12h0min0s	27,019	24,852	25,943
134	02/05/2020	12h0min0s	28,227	25,312	26,799
135	03/05/2020	12h0min0s	28,276	26,139	27,032
136	04/05/2020	12h0min0s	27,216	24,151	26,218
137	05/05/2020	12h0min0s	26,383	23,958	25,429
138	06/05/2020	12h0min0s	27,29	25,191	26,201
139	07/05/2020	12h0min0s	26,212	23,645	25,148
140	08/05/2020	12h0min0s	24,537	22,613	23,462
141	09/05/2020	12h0min0s	23,501	21,584	22,726
142	10/05/2020	12h0min0s	23,237	20,94	22,225
143	11/05/2020	12h0min0s	23,91	20,869	22,577
144	12/05/2020	12h0min0s	25,871	22,541	24,208
145	13/05/2020	12h0min0s	25,749	23,381	24,651
146	14/05/2020	12h0min0s	25,749	23,645	24,708
147	15/05/2020	12h0min0s	24,924	23,285	24,3

148	16/05/2020	12h0min0s	24,417	22,589	23,639
149	17/05/2020	12h0min0s	26,017	22,949	24,42
150	18/05/2020	12h0min0s	26,066	24,031	25,026
151	19/05/2020	12h0min0s	24,61	22,901	23,878
152	20/05/2020	12h0min0s	23,862	21,967	22,995
153	21/05/2020	12h0min0s	23,862	22,469	23,176
154	22/05/2020	12h0min0s	25,312	22,254	23,895
155	23/05/2020	12h0min0s	26,505	23,477	25,088
156	24/05/2020	12h0min0s	25,871	23,501	25,191
157	25/05/2020	12h0min0s	24,417	22,015	23,442
158	26/05/2020	12h0min0s	23,333	21,704	22,727
159	27/05/2020	12h0min0s	23,333	20,392	22,017
160	28/05/2020	12h0min0s	23,886	20,463	22,49
161	29/05/2020	12h0min0s	24,272	20,702	22,429
162	30/05/2020	12h0min0s	24,513	21,537	23,098
163	31/05/2020	12h0min0s	24,803	22,158	23,352
164	01/06/2020	12h0min0s	24,973	22,086	23,372
165	02/06/2020	12h0min0s	25,215	21,919	23,483
166	03/06/2020	12h0min0s	26,481	22,949	24,838
167	04/06/2020	12h0min0s	25,555	23,429	24,728
168	05/06/2020	12h0min0s	24,924	22,901	24,111
169	06/06/2020	12h0min0s	24,948	22,158	23,839
170	07/06/2020	12h0min0s	25,628	22,613	24,217
171	08/06/2020	12h0min0s	27,167	24,006	25,723
172	09/06/2020	12h0min0s	27,93	25,021	26,504
173	10/06/2020	12h0min0s	27,683	24,779	26,423
174	11/06/2020	12h0min0s	28,078	25,531	26,885
175	12/06/2020	12h0min0s	28,524	25,676	26,88
176	13/06/2020	12h0min0s	29,071	26,212	27,614
177	14/06/2020	12h0min0s	28,673	25,822	27,115
178	15/06/2020	12h0min0s	27,93	25,701	26,891
179	16/06/2020	12h0min0s	26,872	24,682	25,825
180	17/06/2020	12h0min0s	24,586	21,322	22,817
181	18/06/2020	12h0min0s	23,045	19,892	21,486
182	19/06/2020	12h0min0s	24,103	21,083	22,685
183	20/06/2020	12h0min0s	24,248	22,877	23,486
184	21/06/2020	12h0min0s	25,458	22,015	23,675
185	22/06/2020	12h0min0s	25,506	23,261	24,414
186	23/06/2020	12h0min0s	25,458	23,285	24,361

## APÊNDICE B – Dados Data Logger apto 601

APÊNDICE 02					
DATA LOGGER-APTO601					
#	Data	Hora	Máx.: Temp., °C	Mín.: Temp., °C	Méd.: Temp., °C
601	21/12/2019	12h0min0s	26,819	26,712	26,765
625	22/12/2019	12h0min0s	27,446	27,310	27,378
649	23/12/2019	12h0min0s	26,192	25,964	26,078
673	24/12/2019	12h0min0s	24,665	24,515	24,590
697	25/12/2019	12h0min0s	24,803	24,628	24,715
721	26/12/2019	12h0min0s	26,476	26,345	26,411
745	27/12/2019	12h0min0s	26,065	25,905	25,985
769	28/12/2019	12h0min0s	25,786	25,637	25,711
793	29/12/2019	12h0min0s	25,272	25,117	25,194
817	30/12/2019	12h0min0s	24,310	24,105	24,207
841	31/12/2019	12h0min0s	25,747	25,656	25,701
865	01/01/2020	12h0min0s	26,726	26,629	26,677
889	02/01/2020	12h0min0s	26,246	26,149	26,197
913	03/01/2020	12h0min0s	25,181	25,130	25,155
937	04/01/2020	12h0min0s	24,458	24,406	24,432
961	05/01/2020	12h0min0s	24,611	24,544	24,578
985	06/01/2020	12h0min0s	25,597	25,524	25,561
1009	07/01/2020	12h0min0s	26,799	26,712	26,755
1033	08/01/2020	12h0min0s	27,145	27,071	27,108
1057	09/01/2020	12h0min0s	27,312	27,216	27,264
1081	10/01/2020	12h0min0s	27,778	27,689	27,733
1105	11/01/2020	12h0min0s	28,309	28,213	28,261
1129	12/01/2020	12h0min0s	29,409	29,305	29,357
1153	13/01/2020	12h0min0s	29,698	29,609	29,653
1177	14/01/2020	12h0min0s	28,383	28,215	28,299
1201	15/01/2020	12h0min0s	27,572	27,468	27,520
1225	16/01/2020	12h0min0s	27,707	27,587	27,647
1249	17/01/2020	12h0min0s	27,104	26,981	27,042
1273	18/01/2020	12h0min0s	26,262	26,149	26,206
1297	19/01/2020	12h0min0s	26,864	26,795	26,829
1321	20/01/2020	12h0min0s	26,267	26,191	26,229
1345	21/01/2020	12h0min0s	25,423	25,361	25,392
1369	22/01/2020	12h0min0s	25,786	25,699	25,742
1393	23/01/2020	12h0min0s	23,932	23,809	23,870
1417	24/01/2020	12h0min0s	22,537	22,451	22,494
1441	25/01/2020	12h0min0s	23,018	22,880	22,949
1465	26/01/2020	12h0min0s	24,470	24,337	24,403
1489	27/01/2020	12h0min0s	25,061	24,961	25,011
1513	28/01/2020	12h0min0s	25,623	25,511	25,567
1537	29/01/2020	12h0min0s	25,268	25,198	25,233
1561	30/01/2020	12h0min0s	26,031	25,948	25,990
1585	31/01/2020	12h0min0s	27,684	27,589	27,636
1609	01/02/2020	12h0min0s	27,853	27,749	27,801
1633	02/02/2020	12h0min0s	27,719	27,589	27,654
1657	03/02/2020	12h0min0s	27,387	27,142	27,264

1681	04/02/2020	12h0min0s	27,695	27,577	27,636
1705	05/02/2020	12h0min0s	26,065	25,853	25,959
1729	06/02/2020	12h0min0s	24,773	24,581	24,677
1753	07/02/2020	12h0min0s	23,973	23,854	23,913
1777	08/02/2020	12h0min0s	24,526	24,378	24,452
1801	09/02/2020	12h0min0s	24,771	24,699	24,735
1825	10/02/2020	12h0min0s	25,180	25,096	25,138
1849	11/02/2020	12h0min0s	25,584	25,518	25,550
1873	12/02/2020	12h0min0s	24,582	24,522	24,552
1897	13/02/2020	12h0min0s	24,185	24,141	24,163
1921	14/02/2020	12h0min0s	24,251	24,146	24,198
1945	15/02/2020	12h0min0s	26,243	26,144	26,193
1969	16/02/2020	12h0min0s	26,591	26,526	26,558
1993	17/02/2020	12h0min0s	26,196	26,129	26,163
2017	18/02/2020	12h0min0s	26,330	26,252	26,291
2041	19/02/2020	12h0min0s	26,777	26,682	26,729
2065	20/02/2020	12h0min0s	26,944	26,818	26,881
2089	21/02/2020	12h0min0s	27,552	27,457	27,504
2113	22/02/2020	12h0min0s	27,256	27,075	27,165
2137	23/02/2020	12h0min0s	26,020	25,898	25,959
2161	24/02/2020	12h0min0s	24,379	24,286	24,332
2185	25/02/2020	12h0min0s	24,772	24,669	24,720
2209	26/02/2020	12h0min0s	25,808	25,726	25,767
2233	27/02/2020	12h0min0s	26,421	26,321	26,371
2257	28/02/2020	12h0min0s	26,189	26,129	26,159
2281	29/02/2020	12h0min0s	24,621	24,581	24,601
2305	01/03/2020	12h0min0s	24,354	24,282	24,318
2329	02/03/2020	12h0min0s	23,079	23,027	23,053
2353	03/03/2020	12h0min0s	22,360	22,323	22,341
2377	04/03/2020	12h0min0s	23,190	23,108	23,149
2401	05/03/2020	12h0min0s	25,293	25,211	25,252
2425	06/03/2020	12h0min0s	25,070	25,007	25,038
2449	07/03/2020	12h0min0s	23,756	23,679	23,717
2473	08/03/2020	12h0min0s	23,813	23,726	23,769
2497	09/03/2020	12h0min0s	24,773	24,670	24,721
2521	10/03/2020	12h0min0s	25,940	25,848	25,894
2545	11/03/2020	12h0min0s	26,256	26,171	26,213
2569	12/03/2020	12h0min0s	26,847	26,747	26,797
2593	13/03/2020	12h0min0s	27,065	26,991	27,028
2617	14/03/2020	12h0min0s	27,013	26,926	26,969
2641	15/03/2020	12h0min0s	27,118	27,015	27,066
2665	16/03/2020	12h0min0s	27,610	27,493	27,552
2689	17/03/2020	12h0min0s	28,070	27,922	27,996
2713	18/03/2020	12h0min0s	26,997	26,842	26,919
2737	19/03/2020	12h0min0s	27,060	26,876	26,968
2761	20/03/2020	12h0min0s	25,826	25,643	25,734
2785	21/03/2020	12h0min0s	24,848	24,680	24,764
2809	22/03/2020	12h0min0s	24,693	24,631	24,662

2833	23/03/2020	12h0min0s	24,294	24,192	24,243
2857	24/03/2020	12h0min0s	24,045	23,879	23,962
2881	25/03/2020	12h0min0s	24,351	24,182	24,266
2905	26/03/2020	12h0min0s	24,218	24,046	24,132
2929	27/03/2020	12h0min0s	23,337	23,181	23,259
2953	28/03/2020	12h0min0s	23,985	23,874	23,929
2977	29/03/2020	12h0min0s	25,712	25,542	25,627
3001	30/03/2020	12h0min0s	27,280	27,091	27,186
3025	31/03/2020	12h0min0s	27,041	26,801	26,921
3049	01/04/2020	12h0min0s	26,261	26,012	26,136
3073	02/04/2020	12h0min0s	25,398	25,306	25,352
3097	03/04/2020	12h0min0s	26,184	26,062	26,123
3121	04/04/2020	12h0min0s	26,153	26,041	26,097
3145	05/04/2020	12h0min0s	26,568	26,399	26,483
3169	06/04/2020	12h0min0s	26,420	26,280	26,350
3193	07/04/2020	12h0min0s	26,948	26,841	26,894
3217	08/04/2020	12h0min0s	26,672	26,479	26,575
3241	09/04/2020	12h0min0s	25,401	25,230	25,315
3265	10/04/2020	12h0min0s	24,951	24,783	24,867
3289	11/04/2020	12h0min0s	25,805	25,635	25,720
3313	12/04/2020	12h0min0s	25,992	25,842	25,917
3337	13/04/2020	12h0min0s	25,444	25,264	25,354
3361	14/04/2020	12h0min0s	25,666	25,548	25,607
3385	15/04/2020	12h0min0s	24,978	24,827	24,902
3409	16/04/2020	12h0min0s	23,298	23,165	23,231
3433	17/04/2020	12h0min0s	24,269	24,156	24,212
3457	18/04/2020	12h0min0s	24,664	24,517	24,590
3481	19/04/2020	12h0min0s	23,746	23,646	23,696
3505	20/04/2020	12h0min0s	23,500	23,311	23,405
3529	21/04/2020	12h0min0s	24,328	24,190	24,259
3553	22/04/2020	12h0min0s	24,936	24,800	24,868
3577	23/04/2020	12h0min0s	25,013	24,813	24,913
3601	24/04/2020	12h0min0s	24,066	23,884	23,975
3625	25/04/2020	12h0min0s	24,257	24,087	24,172
3649	26/04/2020	12h0min0s	24,632	24,431	24,531
3673	27/04/2020	12h0min0s	24,793	24,643	24,718
3697	28/04/2020	12h0min0s	23,726	23,448	23,587
3721	29/04/2020	12h0min0s	23,492	23,312	23,402
3745	30/04/2020	12h0min0s	24,479	24,333	24,406
3769	01/05/2020	12h0min0s	24,971	24,798	24,885
3793	02/05/2020	12h0min0s	25,601	25,444	25,522
3817	03/05/2020	12h0min0s	25,556	25,391	25,473
3841	04/05/2020	12h0min0s	24,587	24,410	24,498
3865	05/05/2020	12h0min0s	23,768	23,592	23,680
3889	06/05/2020	12h0min0s	24,735	24,563	24,649
3913	07/05/2020	12h0min0s	23,513	23,338	23,426
3937	08/05/2020	12h0min0s	21,918	21,770	21,844
3961	09/05/2020	12h0min0s	22,296	22,160	22,228



3985	10/05/2020	12h0min0s	22,016	21,908	21,962
4009	11/05/2020	12h0min0s	21,904	21,704	21,804
4033	12/05/2020	12h0min0s	22,052	21,816	21,933
4057	13/05/2020	12h0min0s	23,347	23,172	23,259
4081	14/05/2020	12h0min0s	23,556	23,341	23,449
4105	15/05/2020	12h0min0s	23,411	23,311	23,361
4129	16/05/2020	12h0min0s	21,865	21,745	21,805
4153	17/05/2020	12h0min0s	22,659	22,473	22,566
4177	18/05/2020	12h0min0s	23,640	23,442	23,541
4201	19/05/2020	12h0min0s	23,427	23,286	23,357
4225	20/05/2020	12h0min0s	22,809	22,632	22,720
4249	21/05/2020	12h0min0s	22,049	21,890	21,970
4273	22/05/2020	12h0min0s	22,693	22,462	22,577
4297	23/05/2020	12h0min0s	23,895	23,719	23,807
4321	24/05/2020	12h0min0s	23,752	23,663	23,707
4345	25/05/2020	12h0min0s	21,374	21,239	21,307
4369	26/05/2020	12h0min0s	21,689	21,518	21,604
4393	27/05/2020	12h0min0s	21,698	21,477	21,587
4417	28/05/2020	12h0min0s	21,623	21,382	21,503
4441	29/05/2020	12h0min0s	22,300	22,079	22,190
4465	30/05/2020	12h0min0s	21,234	20,935	21,084
4489	31/05/2020	12h0min0s	20,902	20,680	20,791
4513	01/06/2020	12h0min0s	21,254	20,875	21,064
4537	02/06/2020	12h0min0s	22,660	22,451	22,556
4561	03/06/2020	12h0min0s	23,935	23,799	23,867
4585	04/06/2020	12h0min0s	24,708	24,597	24,653
4609	05/06/2020	12h0min0s	23,966	23,852	23,909
4633	06/06/2020	12h0min0s	23,945	23,814	23,879
4657	07/06/2020	12h0min0s	24,354	24,211	24,282
4681	08/06/2020	12h0min0s	25,327	25,190	25,258
4705	09/06/2020	12h0min0s	26,008	25,869	25,938
4729	10/06/2020	12h0min0s	25,966	25,831	25,899
4753	11/06/2020	12h0min0s	26,233	26,078	26,155
4777	12/06/2020	12h0min0s	26,037	25,866	25,951
4801	13/06/2020	12h0min0s	26,253	26,116	26,184
4825	14/06/2020	12h0min0s	26,018	25,891	25,954
4849	15/06/2020	12h0min0s	25,967	25,847	25,907
4873	16/06/2020	12h0min0s	24,533	24,399	24,465
4897	17/06/2020	12h0min0s	22,369	22,314	22,342
4921	18/06/2020	12h0min0s	21,553	21,427	21,490
4945	19/06/2020	12h0min0s	22,432	22,315	22,373
4969	20/06/2020	12h0min0s	23,258	23,176	23,217
4993	21/06/2020	12h0min0s	23,541	23,416	23,478
5017	22/06/2020	12h0min0s	23,755	23,608	23,681
5041	23/06/2020	12h0min0s	23,568	23,434	23,501

## APÊNDICE C – Dados Estação Meteorológica da Pampulha

APÊNDICE 03					
ESTAÇÃO MET. PAMPULHA					
#	Data	Hora	Máx.: Temp., °C	Min.: Temp., °C	Méd.: Temp., °C
1	21/12/2019	12h0min0s	24,85	23,6	24,25
2	22/12/2019	12h0min0s	26,7	25,45	25,90
3	23/12/2019	12h0min0s	23,1	21,65	22,35
4	24/12/2019	12h0min0s	21,8	20,8	21,35
5	25/12/2019	12h0min0s	23,7	21,9	22,55
6	26/12/2019	12h0min0s	25,25	23,6	24,35
7	27/12/2019	12h0min0s	24,45	22,95	23,40
8	28/12/2019	12h0min0s	23,85	21,55	22,90
9	29/12/2019	12h0min0s	22,45	20,95	21,60
10	30/12/2019	12h0min0s	22,8	21,2	22,30
11	31/12/2019	12h0min0s	24,7	23,05	23,75
12	01/01/2020	12h0min0s	24,95	23,75	24,40
13	02/01/2020	12h0min0s	21,7	20,35	20,70
14	03/01/2020	12h0min0s	22,1	20,6	20,85
15	04/01/2020	12h0min0s	22,15	20,3	21,05
16	05/01/2020	12h0min0s	22,25	21,2	21,50
17	06/01/2020	12h0min0s	23,4	22	22,95
18	07/01/2020	12h0min0s	25,05	23,95	24,85
19	08/01/2020	12h0min0s	24,25	21,3	22,20
20	09/01/2020	12h0min0s	25,1	23,2	24,15
21	10/01/2020	12h0min0s	26,65	24,6	25,30
22	11/01/2020	12h0min0s	26,95	25,9	26,30
23	12/01/2020	12h0min0s	27,8	26,3	26,85
24	13/01/2020	12h0min0s	27,85	26,1	27,10
25	14/01/2020	12h0min0s	23,95	21,9	22,90
26	15/01/2020	12h0min0s	25	23,5	24,00
27	16/01/2020	12h0min0s	25,4	22,75	23,00
28	17/01/2020	12h0min0s	22,5	21,5	21,65
29	18/01/2020	12h0min0s	23,2	22,25	22,95
30	19/01/2020	12h0min0s	23,15	22,05	22,60
31	20/01/2020	12h0min0s	22,85	21,6	22,25
32	21/01/2020	12h0min0s	22	20,75	21,45
33	22/01/2020	12h0min0s	23,45	21,45	22,50
34	23/01/2020	12h0min0s	20,6	20,05	20,30
35	24/01/2020	12h0min0s	20,55	20,2	20,30
36	25/01/2020	12h0min0s	20,6	19,85	20,30
37	26/01/2020	12h0min0s	23,15	21,3	22,20
38	27/01/2020	12h0min0s	23,5	21,8	22,60
39	28/01/2020	12h0min0s	24,15	22,5	23,10
40	29/01/2020	12h0min0s	23,15	21	22,00
41	30/01/2020	12h0min0s	26,4	24,5	25,55
42	31/01/2020	12h0min0s	26,15	24,5	25,35
43	01/02/2020	12h0min0s	25,95	24,35	25,30
44	02/02/2020	12h0min0s	24,55	23,75	24,25
45	03/02/2020	12h0min0s	25,5	24,25	24,95
46	04/02/2020	12h0min0s	26	24,5	24,95
47	05/02/2020	12h0min0s	23,2	22,25	22,70
48	06/02/2020	12h0min0s	21,4	20,8	21,15
49	07/02/2020	12h0min0s	21,6	20,4	20,90
50	08/02/2020	12h0min0s	22,6	20,9	21,55
51	09/02/2020	12h0min0s	21,5	20,3	21,15
52	10/02/2020	12h0min0s	22,35	21,4	22,00
53	11/02/2020	12h0min0s	21,55	20,6	21,00
54	12/02/2020	12h0min0s	21,55	20,55	20,80
55	13/02/2020	12h0min0s	20,65	20,3	20,40
56	14/02/2020	12h0min0s	21,95	20,65	21,45

Nome: BELO HORIZONTE (PAMPULHA)

Codigo Estacao: A521

Latitude: -19.88388888

Longitude: -43.96944443

Altitude: 854.02

Situacao: Operante

Data Inicial: 2019-12-21

Data Final: 2020-06-23

Periodicidade da Medicao: Diaria

57	15/02/2020	12h0min0s	22,95	21,8	22,00
58	16/02/2020	12h0min0s	23,45	22,5	23,05
59	17/02/2020	12h0min0s	23	22,3	22,65
60	18/02/2020	12h0min0s	24,55	23,5	23,90
61	19/02/2020	12h0min0s	24,6	23,35	23,65
62	20/02/2020	12h0min0s	24,6	23,6	24,10
63	21/02/2020	12h0min0s	25,15	23,85	24,65
64	22/02/2020	12h0min0s	23,8	22,65	23,25
65	23/02/2020	12h0min0s	21,6	21,05	21,35
66	24/02/2020	12h0min0s	21,25	20,05	20,80
67	25/02/2020	12h0min0s	22,5	21,2	21,65
68	26/02/2020	12h0min0s	23,5	22,2	22,75
69	27/02/2020	12h0min0s	23,6	22,35	22,85
70	28/02/2020	12h0min0s	22,15	21,3	21,60
71	29/02/2020	12h0min0s	20,75	20,45	20,60
72	01/03/2020	12h0min0s	20,35	20,1	20,20
73	02/03/2020	12h0min0s	19,35	18,4	18,80
74	03/03/2020	12h0min0s	19,75	19,2	19,50
75	04/03/2020	12h0min0s	20,5	19,95	20,10
76	05/03/2020	12h0min0s	23,1	21,6	22,20
77	06/03/2020	12h0min0s	20,4	19,65	19,90
78	07/03/2020	12h0min0s	20,35	18,95	19,40
79	08/03/2020	12h0min0s	20,7	19,6	20,15
80	09/03/2020	12h0min0s	22,15	20,55	21,15
81	10/03/2020	12h0min0s	22,9	22,15	22,65
82	11/03/2020	12h0min0s	23,45	22,55	22,95
83	12/03/2020	12h0min0s	23,8	22,6	23,15
84	13/03/2020	12h0min0s	24	22,9	23,65
85	14/03/2020	12h0min0s	24	23,05	23,50
86	15/03/2020	12h0min0s	23,35	22,7	22,85
87	16/03/2020	12h0min0s	24,1	22,9	23,20
88	17/03/2020	12h0min0s	23,15	22,05	22,35
89	18/03/2020	12h0min0s	23,35	20,95	22,55
90	19/03/2020	12h0min0s	24,5	22,9	24,00
91	20/03/2020	12h0min0s	23,5	21,2	21,95
92	21/03/2020	12h0min0s	22,15	21,5	21,80
93	22/03/2020	12h0min0s	21,65	20,35	20,70
94	23/03/2020	12h0min0s	20,85	19,9	20,40
95	24/03/2020	12h0min0s	20,7	19,55	20,05
96	25/03/2020	12h0min0s	20,8	19,95	20,40
97	26/03/2020	12h0min0s	21	20,25	20,40
98	27/03/2020	12h0min0s	20,85	20,25	20,65
99	28/03/2020	12h0min0s	21,8	20,55	20,75
100	29/03/2020	12h0min0s	23,4	21,8	22,20
101	30/03/2020	12h0min0s	24,55	23	23,35
102	31/03/2020	12h0min0s	24,2	23,2	23,40
103	01/04/2020	12h0min0s	23,3	22,55	22,90
104	02/04/2020	12h0min0s	22	21,15	21,40
105	03/04/2020	12h0min0s	23,15	22,15	22,45
106	04/04/2020	12h0min0s	21,85	21,1	21,45
107	05/04/2020	12h0min0s	23,75	22,7	23,10
108	06/04/2020	12h0min0s	23	21,95	22,45
109	07/04/2020	12h0min0s	24,05	22,95	23,45
110	08/04/2020	12h0min0s	22,95	21,9	22,35
111	09/04/2020	12h0min0s	21,4	19,85	20,65
112	10/04/2020	12h0min0s	22,4	20,9	21,85
113	11/04/2020	12h0min0s	23	21,8	22,45
114	12/04/2020	12h0min0s	22,3	21,6	21,80
115	13/04/2020	12h0min0s	20,75	19,7	19,90

116	14/04/2020	12h0min0s	21,35	20,4	20,70
117	15/04/2020	12h0min0s	20,65	19,75	20,10
118	16/04/2020	12h0min0s	20,1	19,15	19,55
119	17/04/2020	12h0min0s	21,95	20,2	21,25
120	18/04/2020	12h0min0s	21,5	20,05	20,85
121	19/04/2020	12h0min0s	19,7	19,15	19,40
122	20/04/2020	12h0min0s	20,25	18,65	19,55
123	21/04/2020	12h0min0s	21,3	19,75	20,45
124	22/04/2020	12h0min0s	21,55	20,35	20,90
125	23/04/2020	12h0min0s	21,55	20,75	21,00
126	24/04/2020	12h0min0s	21,75	20,4	20,95
127	25/04/2020	12h0min0s	21,35	20,3	20,85
128	26/04/2020	12h0min0s	21,6	20,7	21,15
129	27/04/2020	12h0min0s	20,7	19,6	20,40
130	28/04/2020	12h0min0s	19,85	18,7	19,20
131	29/04/2020	12h0min0s	19,95	18,35	18,80
132	30/04/2020	12h0min0s	20,4	18,95	19,80
133	01/05/2020	12h0min0s	20,4	18,7	19,55
134	02/05/2020	12h0min0s	21,2	19,1	20,30
135	03/05/2020	12h0min0s	20,75	18,75	19,90
136	04/05/2020	12h0min0s	19,95	19	19,55
137	05/05/2020	12h0min0s	20,2	18,65	19,40
138	06/05/2020	12h0min0s	21,05	19,6	20,30
139	07/05/2020	12h0min0s	19,9	19,1	19,70
140	08/05/2020	12h0min0s	17,25	16,65	17,15
141	09/05/2020	12h0min0s	17,2	16,15	16,65
142	10/05/2020	12h0min0s	16,7	16,05	16,40
143	11/05/2020	12h0min0s	17,35	15,7	16,15
144	12/05/2020	12h0min0s	18,6	17,05	17,60
145	13/05/2020	12h0min0s	19,85	18,45	19,35
146	14/05/2020	12h0min0s	19,8	18,75	19,50
147	15/05/2020	12h0min0s	19,55	19	19,20
148	16/05/2020	12h0min0s	19,1	18,6	18,80
149	17/05/2020	12h0min0s	19,5	17,95	18,50
150	18/05/2020	12h0min0s	19,95	19,15	19,60
151	19/05/2020	12h0min0s	19,5	18,4	18,85
152	20/05/2020	12h0min0s	18,6	17,8	18,30
153	21/05/2020	12h0min0s	18,45	17,95	18,15
154	22/05/2020	12h0min0s	18,95	18,1	18,35
155	23/05/2020	12h0min0s	20,65	18,8	19,40
156	24/05/2020	12h0min0s	20,55	18,95	20,05
157	25/05/2020	12h0min0s	17,6	16,95	17,30
158	26/05/2020	12h0min0s	16,7	15,95	16,15
159	27/05/2020	12h0min0s	15,95	13,65	14,65
160	28/05/2020	12h0min0s	16,9	15	16,80
161	29/05/2020	12h0min0s	17,2	14,95	16,05
162	30/05/2020	12h0min0s	16,75	15,5	15,80
163	31/05/2020	12h0min0s	15,65	13,9	14,60
164	01/06/2020	12h0min0s	17,65	15,5	16,35
165	02/06/2020	12h0min0s	18,2	16,15	16,65
166	03/06/2020	12h0min0s	19,55	17,8	19,00
167	04/06/2020	12h0min0s	20,95	19,95	20,45
168	05/06/2020	12h0min0s	19,35	18,5	19,20
169	06/06/2020	12h0min0s	19,45	17,95	18,55
170	07/06/2020	12h0min0s	19,65	18,15	18,80
171	08/06/2020	12h0min0s	20,85	18	19,95
172	09/06/2020	12h0min0s	21,65	20,1	20,40
173	10/06/2020	12h0min0s	21,1	19,25	19,80
174	11/06/2020	12h0min0s	21,45	19,05	20,05

175	12/06/2020	12h0min0s	21,55	19,9	20,85
176	13/06/2020	12h0min0s	21,35	19,5	20,65
177	14/06/2020	12h0min0s	21,05	18,7	19,70
178	15/06/2020	12h0min0s	20,8	19,9	20,25
179	16/06/2020	12h0min0s	19,2	18,05	18,50
180	17/06/2020	12h0min0s	17,4	16,95	17,15
181	18/06/2020	12h0min0s	16,3	15,05	15,65
182	19/06/2020	12h0min0s	17,95	16,45	16,90
183	20/06/2020	12h0min0s	19,95	19,35	19,65
184	21/06/2020	12h0min0s	19,65	18,35	19,20
185	22/06/2020	12h0min0s	19,05	17,65	17,85
186	23/06/2020	12h0min0s	18,6	15,2	16,75