



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Clara Zibetti Matuella Veiga

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Florianópolis  
2023

Clara Zibetti Matuella Veiga

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em engenharia civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ana Paula Melo, Dr<sup>a</sup>.

Florianópolis

2023

Veiga, Clara Zibetti Matuella  
Análise do Desempenho Térmico de uma Residência Unifamiliar  
por meio de Simulação Computacional / Clara Zibetti Matuella  
Veiga ; orientadora, Ana Paula Melo, 2023.  
92 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em  
Engenharia Civil, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Desempenho Térmico de Edificações. 3.  
NBR 15575. 4. Simulação Computacional de Edificações. 5.  
Habitações de Interesse Social. I. Melo, Ana Paula. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia  
Civil. III. Título.

Clara Zibetti Matuella Veiga

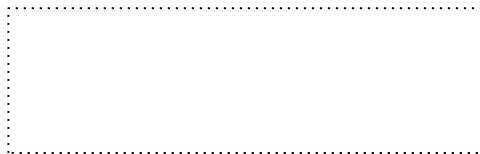
**Análise do Desempenho Térmico de uma Residência Unifamiliar Meio de Simulação  
Computacional**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharela e aprovado em sua forma final pelo curso de Engenharia Civil.

Florianópolis, 07 de julho de 2023.

Prof<sup>a</sup>. Liane Ramos da Silva, Dr<sup>a</sup>.  
Coordenação do Curso

**Banca examinadora**



Prof<sup>a</sup>. Ana Paula Melo, Dr<sup>a</sup>.  
Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Fernanda Fernandes Marchiori, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Leticia Gabriela Eli, MSc.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023.

## AGRADECIMENTOS

Aos meu pais, por permitirem que minha felicidade fosse sempre prioridade e me mostrarem que o mundo é chato sem amor. Sem vocês eu não teria chegado nem perto de onde estou e curtiria menos a vida.

À minha irmã Júlia, por ser minha parceira de vida e companheira de procrastinação nos momentos em que mais precisávamos de foco. Vamos nos formar, quem diria...

Ao meu irmão Pedro, por me trazer amor e sossego, do seu jeitinho.

À professora Ana Paula, pela orientação, conselhos e calma.

À minha colega de laboratório e amiga Larissa, por todo apoio, dicas, conversas e leituras incansáveis do meu trabalho.

Aos meus colegas do LabEEE, pelo acolhimento, aprendizados e cafés extrafortes na copa.

Às minhas amigas Agatha e Ingryd, sem as quais teria sido impossível encarar o último semestre de graduação.

À UFSC, universidade pública e de excelência, da qual sinto orgulho de fazer parte.

Por fim, agradeço a todos os amigos e familiares que me acompanharam até aqui, pela paciência e carinho.

## RESUMO

O Brasil enfrenta hoje um déficit habitacional de quase seis milhões de moradias. Programas governamentais, como o Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), tentam suprir essa carência facilitando a aquisição de habitações para a população, em especial de baixa renda. Devido à alta demanda por moradias e a necessidade de baixo custo de execução, o desempenho térmico das edificações e o conforto do usuário são postergados, em especial pela existência de “projetos padrão” que atendem aos inúmeros tipos climáticos presentes no país. Em vista a essa problemática, o presente trabalho avalia o desempenho térmico de uma edificação unifamiliar do Programa Minha Casa, Minha Vida para três diferentes climas brasileiros por meio do método de simulação computacional da NBR 15575 – Desempenho de Edificações, propondo alterações nas paredes externas, cobertura, tamanho de aberturas e orientação de implantação. A partir do modelo real, foram realizadas combinações com as variáveis citadas, sendo estas simuladas por meio do programa *EnergyPlus* para as cidades de Curitiba, Brasília e São Luís. A partir dos dados de saída das simulações foram extraídos os indicadores de desempenho térmico (percentual de horas dentro de uma faixa de temperatura operativa, carga térmica total e temperaturas operativas), permitindo que fossem realizadas as análises e identificados os casos otimizados. Para as cidades de Curitiba e São Luís, a combinação que obteve os melhores resultados foi com o uso de parede de tijolos com revestimento de argamassa, laje de concreto maciço com telha cerâmica e aberturas com tamanho igual a 10% da área de piso da sala ou do quarto, a depender do ambiente considerado. Em Curitiba a edificação mostra-se com melhor desempenho quando orientada a oeste, enquanto para São Luís isso acontece quando orientada a sudoeste. Já para a cidade de Brasília, o caso otimizado consiste na combinação de paredes de tijolos com revestimento de argamassa, forro de gesso com telha cerâmica e aberturas com tamanho igual a 25% da área de piso do ambiente em que se encontra, com implantação orientada a oeste. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de projetos elaborados de acordo com as demandas de cada localidade, uma vez que os sistemas construtivos, aberturas das janelas e orientação mais adequados variam de acordo com as características de cada clima.

**Palavras-chave:** Desempenho térmico em edificações; NBR 15575; Simulação computacional de edificações.

## ABSTRACT

Brazil is currently facing a housing deficit of almost six million homes. Government programs, such as Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), try to fill this gap by facilitating housing acquisition for the population, especially the low-income population. Due to the high demand for housing and the need for low execution costs, the thermal performance of buildings and user comfort are postponed, especially due to “standard projects” used for the numerous climatic types present in the country. Given this problem, the present work evaluates the thermal performance of a building from the PMCMV for three different Brazilian climates through the computational simulation method of NBR 15575, proposing changes in the external walls, roof, size of openings and deployment guidance. From the real model, parameterizations were performed with the cited variables and simulated using the EnergyPlus software for the cities of Curitiba, Brasília and São Luís. Thermal performance indicators were extracted from the simulations (percentage of hours within an operative temperature range, total thermal load and minimum and maximum operative temperature), allowing analyzes and optimized cases to be identified. For Curitiba, the combination that obtained the best results was the brick wall with mortar coating, solid concrete slab with ceramic tile and openings equal to 10% of the room’s floor area, in the same way as observed for São Luís. However, in Curitiba, the building performs better when oriented to the west, while in São Luís, this happens when oriented to the southwest. For Brasília, the optimized case consists of the combination of brick walls with mortar coating, plaster ceiling with ceramic tile and openings equal to 25% of the room’s floor area, with implantation facing west. In this way, the need for projects designed individually for the demands of each location is evident since the most appropriate construction systems and orientations vary according to the characteristics of the climate.

**Keywords:** Thermal performance in buildings; NBR 15575; Building energy simulation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Causas da falta de qualidade das habitações do PMCMV. ....	24
Figura 2 - Modelo 3D da residência unifamiliar proposta .....	33
Figura 3 - Planta baixa da residência unifamiliar proposta .....	33
Figura 4 - Esquema e propriedades térmicas da parede leve adotada .....	40
Figura 5 - Esquema e propriedades da parede intermediária adotada .....	41
Figura 6 - Esquema e propriedades térmicas da parede pesada adotada.....	41
Figura 7 - Esquema e propriedades térmicas da cobertura leve adotada .....	42
Figura 8 - Esquema e propriedades térmicas da cobertura pesada adotada.....	42
Figura 9 - Variações na orientação de implantação da HIS .....	44
Figura 10 - Gráfico da temperatura média anual para a cidade de Curitiba - PR.....	45
Figura 11 - Gráfico da temperatura média anual para a cidade de Brasília - DF .....	46
Figura 12 - Gráfico da temperatura média anual para a cidade de São Luís - MA....	47
Figura 13 - Esquema das combinações adotadas para as simulações.....	49
Figura 14 - Esquema de estrutura do método .....	50
Figura 15 - Resultados de PHFT x CgTT para os casos avaliados.....	52
Figura 16 - Resultados de Tomín x Tomáx para os casos avaliados .....	54
Figura 17 - Nível de desempenho térmico para cada caso avaliado.....	54
Figura 18 - Resultados para as paredes variadas. a) PHFT x CgTT.....	55
Figura 19 - Resultados para as coberturas variada. a) PHFT x CgTT. ....	56
Figura 20 - Resultados para os tamanhos de abertura variados.....	57
Figura 21 - Resultados para as orientações de implantação da edificação variadas. a) PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx. ....	58
Figura 22 - Resultados de PHFT x CgTT para os casos avaliados.....	60
Figura 23 - Resultados de Tomín x Tomáx para os casos avaliados.....	61
Figura 24 - Nível de desempenho térmico para cada caso considerado.....	62
Figura 25 - Resultados para as paredes variadas. a) PHFT x CgTT.....	62
Figura 26 - Resultados para as coberturas variadas. a) PHFT x CgTT.....	63
Figura 27 - Resultados para os tamanhos de abertura variados.....	64
Figura 28 - Resultados para as orientações variadas. a) PHFT x CgTT.....	65
Figura 29 - Resultados de PHFT x CgTT para os casos avaliados.....	68
Figura 30 - Resultados de Tomín x Tomáx para os casos avaliados .....	69
Figura 31 - Nível de desempenho térmico para cada caso avaliado.....	70



Figura 32 - Resultados para as paredes variadas. a) PHFT x CgTT.....	70
Figura 33 - Resultados para as coberturas variadas. a) PHFT x CgTT.....	71
Figura 34 - Resultados para os tamanhos de abertura variados.....	72
Figura 35 - Resultados para as orientações variadas. a) PHFT x CgTT.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais diferenças entre as versões de 2013 e 2021 da NBR 15575...	21
Tabela 2 - Propriedades térmicas da envoltória .....	34
Tabela 3 - Dimensões das esquadrias do modelo real .....	34
Tabela 4 - Propriedades dos materiais.....	35
Tabela 5 - Padrão de ocupação dos APP .....	36
Tabela 6 - Padrão de iluminação nos APP.....	37
Tabela 7 - Significado das siglas utilizadas.....	47
Tabela 8 - Combinação dos parâmetros da envoltória variados .....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP	Ambiente de Permanência Prolongada
APT	Ambiente de Permanência Transitória
CgTT	Carga Térmica Total
C <sub>T</sub>	Capacidade Térmica
DPI	Densidade de Potência Pnstalada
HIS	Habitação de Interesse Social
IBPSA	International Building Performance Simulation Association
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LBNL	Lawrence Berkeley National Laboratory
PHFT	Percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa
PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
TMY	Typical Meteorological Year
Tomáx	Temperatura operativa máxima
Tomín	Temperatura operativa mínima
U	Transmitância térmica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	13
1.2	OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1	NBR 15575 - DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES.....	16
2.2	HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL .....	22
2.3	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE EDIFICAÇÕES.....	27
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	<b>32</b>
3.1	MODELO REAL .....	32
3.2	MODELO DE REFERÊNCIA .....	34
3.3	DADOS DE ENTRADA – CONFIGURAÇÃO DA SIMULAÇÃO .....	35
<b>3.3.1</b>	<b>Padrão de ocupação e taxa metabólica</b> .....	<b>35</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Padrão de uso de equipamentos e iluminação</b> .....	<b>37</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Contato com o solo</b> .....	<b>38</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Ventilação Natural</b> .....	<b>38</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Carga térmica</b> .....	<b>39</b>
3.4	PARÂMETROS AVALIADOS .....	40
<b>3.4.1</b>	<b>Paredes externas</b> .....	<b>40</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Cobertura</b> .....	<b>41</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Tamanho das aberturas</b> .....	<b>43</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Orientação</b> .....	<b>43</b>
3.5	CLIMAS AVALIADOS.....	44
3.6	CASOS AVALIADOS.....	47
3.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	49
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>51</b>
4.1	CURITIBA .....	51
4.2	BRASÍLIA .....	59
4.3	SÃO LUÍS.....	66
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>75</b>
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	78
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	78
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>79</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a pobreza é hoje uma realidade que faz parte da vida de quase 30% da população (IBGE, 2022). Após a pandemia do COVID-19 esse cenário se agravou, ficando evidente a dependência de programas governamentais de auxílio, em especial por parte de famílias de baixa renda, uma vez que, sem os mesmos, milhões de brasileiros não teriam acesso aos direitos básicos assegurados pela constituição.

A moradia, segundo a Declaração Universal dos Direitos Humanos, é considerada um direito fundamental, isto é, todas as pessoas devem ter acesso a uma residência (ONU, 1948). No entanto, na prática, a situação é outra. Segundo a Fundação João Pinheiro (2022), o Brasil enfrenta, atualmente, um déficit habitacional de cerca de 5,8 milhões de moradias, estando este concentrado, em geral, no setor da sociedade cuja renda mensal não ultrapassa três salários mínimos.

Em vista a esse cenário, torna-se imprescindível a atenção governamental para essa população em situação de vulnerabilidade, podendo ser traduzida na criação de novos programas sociais. No Brasil, um desses programas, o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), criado em 2009, objetiva suprir o grave déficit habitacional e, desde sua criação, já construiu cerca de 4,4 milhões de residências, beneficiando mais de 20 milhões de pessoas (CBIC, 2019), com meta de possibilitar a oferta de mais 2 milhões de moradias até 2026 (BRASIL, 2023).

Os benefícios do programa PMCMV são indiscutíveis. A conquista da casa própria pela população de baixa renda e sua efetiva inclusão na sociedade trazem benefícios sociais diretos e indiretos, que por fim retornam para o Estado através de geração de empregos e aumento do produto interno bruto, por meio do investimento no setor da construção civil (GONÇALVES JUNIOR; DUTRA; RODRIGUES, 2014). No entanto, apesar das inúmeras vantagens, existem pontos passíveis de melhoria. Cabe aqui citar a repetição de projetos e sistemas construtivos por todo o território brasileiro, não sendo avaliados, individualmente, para cada local de implantação, ignorando as necessidades regionais da população (THERY, 2017).

Por ser um país de proporções continentais, o Brasil apresenta diferentes climas que podem ser subdivididos em 8 zonas bioclimáticas, cada uma com características e estratégias bioclimáticas distintas, a serem aplicadas nas

edificações. Sabendo disso, é importante, na concepção do projeto, avaliar as condições climáticas locais às quais a edificação será submetida durante sua vida útil, adotando as melhores estratégias a fim de se obter um maior desempenho, em que seja despendida a menor quantidade de energia sem que isso interfira no conforto do usuário. Cabe salientar que essas zonas e suas diretrizes construtivas são definidas pela NBR 15220 (ABNT, 2005) que hoje encontra-se em fase de revisão pelo Grupo de Trabalho de Zoneamento Bioclimático, CE 002 135007, da ABNT.

Quando combinados com a grande diversidade climática brasileira, os projetos genéricos do PMCMV replicados pelo país acabam por oferecer ao usuário conforto reduzido. Isto é resultado do baixo desempenho da edificação, que por vezes é postergado quando o foco é habitações de interesse social (HIS), uma vez que a satisfação da população de baixa renda não é considerada como prioridade nesses casos, mas sim interesses econômicos (FERNANDES et al.,2014).

Uma edificação deve atender aos requisitos do usuário, propiciando conforto, segurança e, conseqüentemente, satisfação durante seu ciclo de vida (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2014). Para que isso se cumpra na prática, são estabelecidas normas de desempenho que procuram fazer com que esses requisitos sejam respeitados, garantindo a qualidade da edificação e tornando as exigências padronizadas e aplicáveis. Nesse contexto, destaca-se a NBR 15575 – Desempenho de Edificações, que foi publicada em 2005 e revisada em 2013, com sua última versão publicada em 2021, de caráter obrigatório para todas as edificações residenciais construídas a partir dessa data, com o objetivo de adequar as residências aos requisitos mínimos de qualidade propostos.

Esta norma avalia o desempenho térmico, acústico, lumínico e de segurança ao fogo para edificações de até cinco pavimentos. O item 11 - Desempenho Térmico avalia os sistemas construtivos, cargas térmicas internas, áreas envidraçadas e de ventilação da edificação, permitindo identificar através de indicadores qual o nível de desempenho térmico da edificação analisada, por meio do método simplificado ou pelo método de simulação.

A questão energética é identificada como uma grande problemática dos dias atuais e, sabendo que as edificações residenciais consomem 30,1% de toda a energia do país (EPE, 2022), o desempenho térmico das mesmas apresenta-se como um fator importante a ser considerado, já que influencia diretamente no consumo de energia da edificação. Desse modo, entender o comportamento de uma habitação e sua

interação com o meio faz com que não apenas o conforto do usuário seja satisfatório, mas também a economia de energia elétrica. É nesse contexto que a simulação computacional de edificações, uma área em constante expansão, se insere, permitindo análises em fase de projeto que permitem analisar, entre outras variáveis, o desempenho térmico das edificações, de forma rápida para que se possa avaliar se determinadas soluções e investimentos valem ou não a pena.

Perante o cenário acima exposto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho térmico em uma habitação unifamiliar de interesse social do Programa Minha Casa, Minha Vida por meio de simulação computacional, para três climas diferentes do Brasil, visando comprovar a necessidade de projetos que considerem as particularidades do clima onde a edificação se insere.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho térmico de uma habitação unifamiliar de interesse social, para três zonas bioclimáticas brasileiras, por meio do método de simulação computacional previsto na NBR 15575.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- a) Avaliar a influência dos dados de entrada no nível de desempenho da edificação;
- b) Evidenciar as diferenças entre as propostas de alteração de projeto adotadas para cada uma das zonas bioclimáticas consideradas no estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão dos estudos acerca dos principais temas tratados no presente trabalho. Ele está dividido em três itens que apresentam a norma de desempenho de edificações, as habitações de interesse social e, por fim, a simulação computacional de edificações.

### 2.1 NBR 15575 - DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES

O conforto e a satisfação do usuário em relação à moradia têm relação direta com a maneira com que a habitação se comporta. O desempenho de uma edificação residencial nada mais é que o atendimento às necessidades humanas no que diz respeito aos requisitos de habitabilidade, segurança e sustentabilidade, e é hoje regulamentado pela norma brasileira ABNT NBR 15575 – Edificações residenciais – Desempenho.

O desenvolvimento de normas de desempenho é baseado na definição de requisitos, critérios e métodos de avaliação, de forma com que para que uma edificação atenda aos requisitos do usuário, a mesma deve cumprir os critérios estabelecidos para cada um deles, através dos métodos de avaliação (ABNT, 2021).

Em 2008 foi publicada a primeira versão da norma brasileira ABNT NBR 15575, que trata do desempenho de edificações residenciais, com grande enfoque no desempenho térmico das mesmas. Esta norma, desde sua primeira versão, divide-se em seis partes que tratam dos requisitos necessários para cada um dos sistemas da edificação, listados abaixo:

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Após a publicação da normativa, o setor da construção civil não se considerou preparado para absorver todas as mudanças e exigências propostas, solicitando sua



revisão, de forma com que a norma não chegou a entrar em vigor nesse ano (CBIC, 2013). Diante da situação, foram realizadas revisões em 2010, 2012 e 2013, sendo que neste último ano a norma entrou em vigor de fato.

O procedimento para avaliação do desempenho térmico descrito pela NBR 15575:2013, que deu lugar a uma nova versão mais recente, considerava dois métodos: simplificado e de simulação computacional. O método simplificado avaliava critérios para a envoltória da edificação, com base na transmitância térmica, capacidade térmica e absortância para sistemas de vedação de paredes externas; transmitância e absortância para sistemas de cobertura e, quando exigido por legislação específica do local em que a obra é implantada, também era avaliada a área de abertura efetiva das janelas de ambientes de permanência prolongada (salas e dormitórios). Esses critérios eram comparados com os valores limite tabelados na NBR 15575-4:2013 e NBR 15575-5:2013 e, quando não atingiam o nível mínimo, obrigatoriamente deveria ser empregado o método de simulação.

O método de simulação computacional era realizado preferencialmente por meio do programa *EnergyPlus*, utilizando dados climático tabelados pela norma para dias típicos de projeto de verão e de inverno, considerando cada ambiente como uma zona térmica. A geometria da edificação simulada era a mesma observada no projeto real, a taxa de renovação de ar considerada era de 1 re/h e eram desconsideradas as cargas internas. A partir dos dados obtidos na simulação, avaliava-se o valor máximo de temperatura para o dia típico de verão nos ambientes de permanência prolongada (APP) para a orientação em que ocorre a exposição mais crítica e, para atendimento a esse critério, a temperatura do ar no interior do ambiente com resultados mais críticos deveria ser menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar externo. Da mesma forma, era avaliado o valor mínimo de temperatura para o dia típico de inverno, onde a temperatura do ar no interior do APP com resultados mais críticos deveria ser maior ou igual à temperatura mínima externa acrescida de 3 °C (CBIC, 2013).

No entanto, apesar do avanço que a publicação dessa norma representou no setor da construção civil, algumas limitações e incongruências foram identificadas no método de avaliação do desempenho térmico, item 11 do documento normativo ao qual será dado maior atenção no presente trabalho, publicados em diferentes estudos que culminaram em uma nova revisão.

Chvatal (2014) procurou encontrar as razões de algumas divergências identificadas entre os métodos descritos na versão publicada em 2013, aplicando os métodos simplificado e de simulação em um modelo de habitação de interesse social, variando os valores de transmitância térmica e absorvância das paredes externas e da cobertura. Como resultado, identificou que o procedimento simplificado não representava de forma correta os impactos da transmitância e absorvância avaliados pelo método de simulação, culminando, algumas vezes, em classificações de desempenho equivocadas.

Bogo (2016), através de uma revisão no texto e comparação das normativas NBR 15220 e NBR 15575, que tratam do desempenho térmico de edificações, observa os requisitos mínimos das características da envoltória para cada uma das zonas bioclimáticas, considerando insuficientes e limitadas as exigências referentes à transmitância térmica e capacidade térmica de coberturas, transmitância térmica de coberturas e referentes à ventilação natural, fazendo com que as preocupações com esses parâmetros seja reduzida, quando na verdade apresentam grande importância.

Sorgato, Melo e Lamberts (2012) avaliaram o método de simulação da norma como insuficiente para uma adequada análise anual do desempenho térmico das edificações residenciais brasileiras por não considerar as condições reais de uso e ocupação da edificação e não avaliar a influência da variação anual da temperatura no desempenho térmico da edificação. Dessa forma, propuseram um novo método de simulação, que compara o desempenho térmico da edificação real com uma edificação de referência que atende aos critérios do método simplificado. A proposta se baseou na avaliação do desempenho térmico através de indicadores de graus-hora de resfriamento e graus-hora de aquecimento, de forma com que a edificação real deveria apresentar indicadores de graus-hora de resfriamento e aquecimento iguais ou menores que estes indicadores da edificação de referência.

Mais tarde, outro método de simulação foi proposto por Krelling et al. (2020), após observarem outras limitações no método da norma. Da mesma forma que Sorgato, Melo e Lamberts (2012), a avaliação do desempenho térmico também é feita a partir da comparação entre dois modelos da edificação em análise: um real, que preserva as características determinadas em projeto; e um referência, com características padronizadas, porém volumetria igual à do modelo real. As simulações do estudo foram realizadas para um período anual, considerando o uso da habitação com e sem ventilação natural e adotando cargas internas. As contribuições foram no

sentido de avaliar o desempenho térmico da edificação dentro das limitações propostas para cada clima avaliado, e não em termos absolutos, uma vez que é feita uma comparação com um modelo de referência. Os indicadores de desempenho térmico propostos no estudo foram três: percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa, temperaturas operativas anuais máxima e mínima e carga térmica total.

Em vista a críticas e questionamentos como os apresentados, em 2018 o Laboratório de Eficiência Energética (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina iniciou a elaboração de uma proposta para a revisão da análise de desempenho térmico da NBR 15575, que entrou em consulta nacional e foi publicada em 2021. O novo método incorpora alguns pontos destacados em pesquisas anteriores e traz outros novos, propondo a avaliação do desempenho térmico ainda por dois procedimentos, simplificado ou de simulação computacional.

Em relação ao método simplificado, o principal ganho com a nova versão foi a limitação da área de superfícies transparentes nos APP através da implementação do critério “elementos transparentes” na parte 4 da norma, fazendo com que não seja possível a construção de uma unidade habitacional (UH) totalmente envidraçada, o que era permitido na antiga versão. Também passou a ser considerada a degradação da absorvância à radiação solar que, mesmo não sendo de caráter obrigatório, menciona a possibilidade de que propriedades térmicas da superfície sofram alterações ao longo do tempo, afetando o desempenho térmico da edificação. Mesmo assim, o método de simulação, que apresenta maior relevância no presente trabalho, ainda apresentou alterações mais profundas quando comparado ao método simplificado, desde o período de simulação adotado, até os indicadores de desempenho avaliados.

Anteriormente, as simulações eram realizadas para dados horários de dois dias do ano: um dia típico de verão e um dia típico de inverno, selecionados a partir dos dias mais quente e mais frio do ano, respectivamente. Com a revisão, são utilizados os dados diários de um ano inteiro, isto é, os arquivos contemplam todas as 8760 horas do ano, quando antes eram consideradas apenas 48 horas. Também, para aproximar as simulações da realidade, passaram a ser consideradas cargas internas de iluminação, ocupação (metabolismo dos ocupantes) e equipamentos. Ainda, como proposto por Sorgato, Melo e Lamberts (2012) e Krelling et al. (2020), a análise do desempenho térmico passou a ser realizada considerando um modelo de referência,

com o qual o modelo real da edificação é comparado. Após a publicação da nova versão, Krelling et al. (2023) salientam os ganhos trazidos pela nova metodologia de avaliação do desempenho térmico da norma de desempenho e evidenciam os desafios de sua aplicabilidade, visto a extensão do território brasileiro.

Outra alteração importante a ser destacada, é a adoção de novos indicadores de desempenho térmico. Eli et al. (2020) enfatiza a influência do indicador analisado no desempenho térmico da edificação, de forma que indicadores inadequados podem resultar em um desempenho que pode não ser obtido pelo usuário na realidade. Na versão de 2013, utilizava-se dos valores de temperatura interna e externa à edificação para avaliar o desempenho, agora, consideram-se quatro indicadores para essa avaliação. São eles:

- 1) Percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFT): razão entre as horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa estabelecida e o total de horas de ocupação do ambiente, calculado para cada APP e com PHFT da UH obtido a partir da média aritmética entre os valores de PHFT de todos os APP.
- 2) Carga térmica total (CgTT): quantidade de calor, fornecida e/ou retirada do ar, para manter as condições desejadas de um ambiente. Para a UH, a CgTT é calculada a partir da soma da CgTT de todos os APP.
- 3) Temperatura operativa anual máxima (Tomáx): valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média máxima observada em um APP, durante seu período de ocupação. Para a UH, a Tomáx é considerada a maior entre os valores encontrados para os APP.
- 4) Temperatura operativa anual mínima (Tomín): valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média mínima observada em um APP, durante seu período de ocupação. Para a UH, a Tomín é considerada a menor entre os valores encontrados para os APP.

Além das atualizações no método de simulação computacional acima citadas, diversas outras foram incorporadas na nova versão da NBR 15575:2021 de forma a tornar o método mais confiável e preciso, se aproximando da situação real, dentre as quais se destacam as mencionadas na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Principais diferenças entre as versões de 2013 e 2021 da NBR 15575

CRITÉRIO AVALIADO	VERSÃO DA NBR 15575	
	2013	2021
Período de Simulação	Dia típico de verão e de inverno	Todos os dias do ano
Cargas Internas	Não consideradas	Consideradas
Ventilação Natural	Janelas sem operação, taxa de infiltração constante	Janelas operáveis, ventilação natural considerada de acordo com as variações na direção e velocidade do vento
Cargas Térmicas	Não consideradas	Consideradas para avaliação dos níveis intermediário e superior
Modelo de Referência	Não considerado	Considerado
Indicadores	Diferença entre temperatura interna e externa	PHFT, Tomáx, Tomín e CgTT
Avaliação	Avaliação para a UH nas condições mais críticas	Avaliação considerando todos os APP da UH

Fonte: elaborado pela autora.

Para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação, as informações a respeito do clima são os condicionantes mais importantes para a viabilidade desse processo. É através da análise do clima local que as decisões de projeto devem ser tomadas e, para isso, é importante que o arquivo climático de onde serão extraídos esses dados possua características definidas e confiáveis (ABNT, 2021). Para que um arquivo climático possa ser utilizado em simulações computacionais, ele deve representar o comportamento climático observado em estações meteorológicas em um período mínimo de dez anos. Existem vários tipos de arquivos climáticos e a NBR 15575:2021 disponibiliza uma base de arquivos já processados para a padronização das simulações de desempenho térmico. A base-padrão disponibilizada foi elaborada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nos anos de 2001 a 2010.

Esses arquivos da base padrão são compilados no formato de texto separado por vírgulas (CSV) com extensão EPW e possuem dados horários representativos das 8760 horas do ano meteorológico típico (TMY) para oito variáveis climáticas: temperatura de bulbo seco, umidade relativa, ponto de orvalho, pressão atmosférica, velocidade do vento, direção do vento, pluviosidade e radiação global horizontal.

## 2.2 HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Todo ser humano tem a necessidade de abrigo e proteção, de privacidade e um local para desenvolver sua vida individual, familiar e social (VILLAÇA, 1986). Essas necessidades são atendidas através da habitação, que, segundo a Declaração Universal dos Direitos Humanos, é considerado um direito fundamental (ONU, 1948). No entanto, muitas vezes, não é tão simples satisfazer esse direito. No Brasil, por exemplo, existe atualmente um déficit habitacional de cerca de 5,8 milhões de moradias (FJP, 2022), estando concentrado, em geral, no setor da sociedade cuja renda mensal não ultrapassa três salários mínimos (IBGE, 2022). No entanto, o déficit contabilizado é apenas quantitativo, com valor absoluto de famílias sem residência, quando na verdade esse número é ainda maior, uma vez que o déficit qualitativo engloba habitações com carência de infraestrutura básica ou regularização fundiária (BOHM, 2018).

Face à problemática, segundo Leite (2022) uma das maneiras mais adequadas para que o processo de aquisição de moradias por famílias de baixa renda seja garantido é dada por meio das políticas públicas implementadas pelo Estado. Dessa forma, em resposta à crise econômica mundial de 2008, o governo federal, no ano de 2009, implementou o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) como forma de investimento na economia, gerando empregos e renda através do setor da construção civil, com o objetivo de atender ao déficit habitacional, facilitando a aquisição da casa própria para famílias de baixa renda (CORACIARA, 2019).

Nesse programa, as residências são financiadas de acordo com a faixa de renda na qual a família se encaixa, de forma com que o valor da parcela do financiamento não comprometa o acesso aos itens de necessidade primária. Existem três faixas de concessão dos benefícios do PMCMV (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020):

Faixa 1: Famílias com renda familiar mensal de até R\$1800,00 reais mensais, com até 90% de subsídio do valor do imóvel pelo Estado, pago em até 120 prestações mensais de, no máximo, R\$ 270,00, sem juros;

Faixa 1,5: Famílias com renda mensal de até R\$ 2.600,00 reais mensais, com até R\$ 47.500,00 de subsídio, com 5% de juros ao ano;

Faixa 2: Famílias com renda mensal de até R\$ 4.000,00 reais mensais, com até R\$ 29.000,00 de subsídio, com 6% a 7% de juros ao ano;

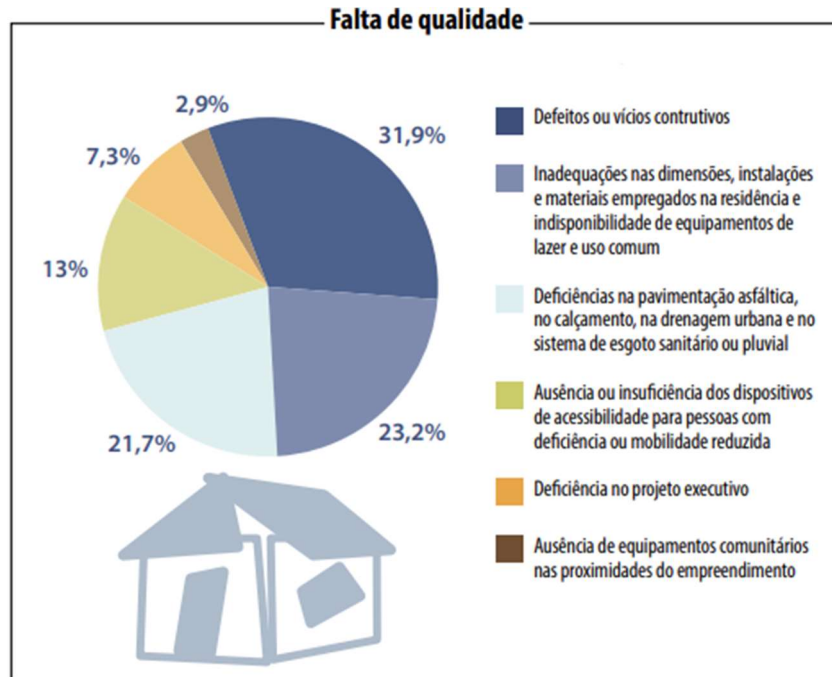
Faixa 3: Famílias com renda mensal de até R\$ 9.000,00 reais mensais, sem subsídio, com 8,16% de juros ao ano.

A implantação de conjuntos construídos com financiamentos federais tem sido muito significativa no cenário atual das habitações de interesse social (HIS) no Brasil. Até 2018 foram contratadas cerca de 5,5 milhões de unidades habitacionais em todo o país, das quais mais de 4 milhões já foram entregues, contando com um investimento de mais de 300 bilhões de reais (LIMA, 2022). No entanto, segundo Fernandes (2014), ainda que os números sejam expressivos, a qualidade de tais conjuntos é questionável.

A habitação popular sempre foi postergada quanto à discussão da qualidade e da viabilidade (PALERMO, 2009 apud PIZZONI, 2016, p. 341). As exigências e fiscalização das obras são reduzidas, resultando em habitações precárias. Além disso, muitos dos conjuntos habitacionais são construídos em lugares remotos, onde não há investimento de políticas públicas básicas como saúde, educação, mobilidade urbana e saneamento.

Bohm (2018) traz um levantamento em relação à falta de qualidade nas habitações do PMCMV, mostrando que muitas vezes o combate ao déficit quantitativo acaba tendo por efeito alimentar o déficit qualitativo. Segundo a autora, o número de casas entregues pelo programa vem diminuindo em consequência da crise econômica do país, fazendo com que a qualidade das mesmas também seja prejudicada. De acordo com levantamento feito e observado na Figura 1, mais da metade dos motivos de falta de qualidade em habitações do PMCMV decorre da má execução da obra ou problemas de especificação em projeto, apresentando vícios construtivos ou materiais inadequados, e quase um quarto dos motivos de insatisfação se concentra na infraestrutura precária do entorno, com ausência de sistema de esgoto e equipamentos comunitários.

Figura 1 - Causas da falta de qualidade das habitações do PMCMV.



Fonte: BOHM, 2018.

A grande quantidade de irregularidades e carência de qualidade e conforto nas edificações sociais decorre muito devido ao olhar com viés comercial e político para essas residências. No entanto, quando em se tratando de HIS, o sucesso do empreendimento está relacionado à satisfação do usuário e ao bom relacionamento do mesmo com o ambiente construído, servindo de indicador para construções futuras e aliado do desenvolvimento e prosperidade da classe que usufrui dessas residências (MALTA, 2021).

Sabe-se que a conservação de energia está bastante atrelada ao desempenho térmico e se torna a cada ano uma questão de maior relevância e que a construção civil é um setor com impacto bastante significativo nesse aspecto, principalmente no que diz respeito a HIS. Porém, um dos critérios para a construção dessas habitações é o baixo valor de aquisição, em geral para a Faixa 1 do programa (TRIANA, 2016), uma vez que quanto mais alto for o custo das edificações, menor o número de famílias atendidas devido à limitação dos recursos destinados aos programas sociais (CACCIA et al., 2017).

Como resultado da restrição de investimento econômico, os projetos das moradias do PMCMV são simplificados e padronizados, com configurações de disposição dos ambientes e materiais construtivos que não variam muito de acordo



com a região do país, isto é, para climas muito quentes são adotadas estratégias construtivas semelhantes àquelas adotadas para climas frios, sem considerar a zona bioclimática em que se inserem (THÉRY, 2017), mostrando que o desempenho térmico e o conforto do usuário não são tidos como prioridade nesses casos, sendo pouco, ou não sendo considerados. Ratificando esse dado, um estudo realizado pelo Ministério das Cidades (2014) com beneficiários do PMCMV mostra que, dentre cinco indicadores de satisfação com a unidade habitacional avaliados, a temperatura apresentou a segunda pior avaliação, evidenciando o baixo desempenho térmico das edificações e o descontentamento dos usuários com o conforto térmico, em especial em climas mais quentes.

Em resposta a essa simplificação e padronização dos projetos do PMCMV, a adoção de soluções que incrementem o desempenho térmico dessas edificações é difícil. No entanto, a eficiência energética, que também está relacionada à sustentabilidade, não é exclusividade de edificações com alto valor agregado ou dotadas de alta tecnologia. Algumas soluções simples podem ser aplicadas de modo a elevar o nível de desempenho energético de habitações de interesse popular, o que no Brasil vem a ser de extrema importância, já que mais de 90% da população possui renda inferior a R\$ 3.500 e cerca de 63 milhões de brasileiros possuem rendimento que não supera os 500 reais mensais (MOTA, 2021).

Medidas simples, como a alteração da coloração de componentes construtivos, modificando a absorvância à radiação solar, mostram-se bastante eficientes no incremento do desempenho térmico. É o que mostram Dornelles e Roriz (2006) em pesquisa feita com um espectrômetro, na qual definem a absorvância solar das superfícies externas como o fator que exerce maior influência nos ganhos de calor solar em uma edificação, exercendo forte impacto sobre suas temperaturas internas. Através de um experimento onde foram avaliadas diversas amostras pintadas de cores diferentes, os autores concluíram que para diversos casos, em especial em baixas latitudes, os ganhos de calor devido à absorvância podem representar mais da metade da carga térmica total da edificação.

Validando o estudo de Dornelles e Roriz (2006), Wenzel e Gutierrez (2018) fizeram um levantamento das tipologias de telhas utilizadas na cidade de Belo Horizonte, concluindo que as cores claras apresentam considerável contribuição para reduzir o ganho de calor e conseqüentemente a formação de ilhas de calor, uma vez que apresentam alta reflexão.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, De Souza et. al (2022), por meio do método de simulação da NBR 15575, afirmam que, para o caso estudado, sistemas de cobertura com e sem isolamento térmico não apresentam grandes diferenças em níveis de desempenho térmico quando a absorvância em ambos os casos é baixa. Além disso, a pesquisa mostra que, para uma residência térrea localizada na cidade de São Paulo, a adição de isolamento térmico no forro juntamente com a utilização de telha isolada não traz melhora significativa no desempenho térmico da edificação, que fica próximo ao de casos com telha simples e forro isolado.

Liaw et al. (2023) analisa, a partir de simulação acerca da variação interna da temperatura de uma unidade habitacional de baixa renda em Uberlândia/MG, a influência de estratégias de ventilação natural e o uso de materiais sustentáveis e eficientes em energia. A partir dele, conclui-se que, para o caso avaliado, o aumento na porcentagem de abertura da janela e a modificação no tamanho da janela, além da adoção de paredes com EPS e/ou janelas com vidro temperado verde contribuem para a redução da temperatura interna da UH analisada.

A alteração nos componentes construtivos das paredes externas se justifica através de estudos como o de Wong e Li (2007), que verificaram uma diminuição de até quase 10% nas cargas térmicas de resfriamento em edifícios residenciais em Cingapura com o uso de paredes com espessura elevada, por proporcionarem maior atraso térmico, que se mostra favorável no clima quente e úmido da cidade.

Ghisi e Massignani (2007) avaliaram o desempenho térmico de uma edificação residencial em Florianópolis, de clima quente e úmido, e concluíram que a diminuição dos valores de transmitância térmica nos componentes da fachada e do tamanho da mesma, eleva o desempenho. Ferreira e Pereira (2012) também avaliaram os efeitos da variação da transmitância térmica em uma edificação residencial, observando as diferenças de projeto necessárias para diversas cidades brasileiras localizadas em diferentes zonas bioclimáticas. No estudo, foram avaliados diferentes sistemas construtivos para as fachadas e concluído que para zonas bioclimáticas com climas extremos quentes a alvenaria é mais indicada, enquanto que para climas mais amenos e quentes o uso de concreto apresenta comportamento mais favorável.

Sales et al. (2014) também apontam a relevância da área das aberturas envidraçadas (em geral as janelas) no desempenho térmico, observando o aumento de até 1°C na temperatura interna a cada 5% de acréscimo de área envidraçada em

edificações de baixa inércia térmica, a depender das condições climáticas do local onde se encontra. Monteiro e Pezzuto (2012) também avaliaram a influência do tamanho das aberturas, mostrando através da criação de diferentes cenários hipotéticos que em um edifício institucional a porcentagem da área envidraçada apresenta grande influência no consumo de energia.

A partir destes e tantos outros estudos realizados, mostra-se possível que habitações de interesse social apresentem um desempenho térmico satisfatório sem que sejam necessárias alterações que demandem um investimento inicial elevado, apenas entendendo às necessidades do local de implantação e uso final da edificação.

### 2.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE EDIFICAÇÕES

O desenvolvimento de normativas e métodos para avaliar e reger a análise do desempenho térmico em edificações vem avançando de forma mais rápida e complexa nos últimos anos, uma vez que o consumo de energia, uma problemática bastante urgente, está diretamente relacionado a esse conceito. Em vista a isso, o surgimento de programas computacionais que calculam as complexas relações entre a edificação, seu meio externo e todos os seus sistemas, não é apenas um facilitador, mas sim uma ferramenta necessária em vista da pressa para mitigar problemas de origem, sobretudo, térmica (TRINDADE; PEDRINI; DUARTE, 2010).

Os programas de simulação de edifícios conseguem hoje prever o comportamento da envoltória das edificações, a forma com que a transferência de calor entre as superfícies se dá e até mesmo as cargas térmicas de aquecimento e resfriamento necessárias para que se atinja o conforto térmico (ZHAI; CHEN; KLEMS; HAVES, 2001) Permitindo-se quantificar a economia de energia, o ganho em conforto e incremento no desempenho térmico gerado com pequenas modificações em projetos, sejam elas no desenho arquitetônico, componentes construtivos, sistemas de iluminação ou de condicionamento de ar (MENDES et al., 2005). Além disso, é possível que cada um dos fatores em análise seja avaliado isoladamente, o que nem sempre é possível em casos reais (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2012).

A grande vantagem da utilização de ferramentas computacionais para a realização de simulações em relação a experimentos in loco é a possibilidade de variar uma grande quantidade de parâmetros sem a necessidade de intervir na edificação,

analisando diversas possibilidades combinadas e isoladas e suas influências. Isso pode ser feito para edificações já construídas, em construção e também para projetos, permitindo avaliar a inserção de soluções visando elevar o desempenho da edificação (SORGATO, 2009).

Os primeiros programas de simulação computacional surgiram ainda na década de 1970 em computadores *mainframe*, com destaque ao programa NBSLD, desenvolvido pelos EUA. Próximo ao fim da mesma década surgiram mais programas, como DOE-2, BLAST, RADIANCE e ESP-r que abriram portas para que na década de 1990 fossem desenvolvidos outros, largamente utilizados até os dias atuais, como *EnergyPlus*, o FLUENT, o CFX e o PHOENICS (MENDES et al., 2005). Posteriormente à criação destes, diversos outros surgiram e podem hoje ser encontrados no site *Building Energy Software Tools* (IBPSA-USA, 2023), um diretório bastante completo mantido pelo governo dos Estados Unidos que reúne as principais ferramentas disponíveis para simulação de edifícios (IBPSA-BRASIL, 2023).

No Brasil, foi a partir da década de 1980 que a simulação de edifícios começou a ser utilizada como uma ferramenta para elevar o desempenho térmico, essencialmente por meio de *softwares* importados do exterior. A consolidação das atividades de simulação computacional no país se deu na 7ª Conferência da Associação Internacional para a Simulação do Desempenho de Edificações (IBPSA), em agosto de 2001. Nesse evento, constatou-se que as ferramentas computacionais direcionadas a esse fim eram utilizadas majoritariamente para fins de pesquisa, isto é, eram pouco utilizadas no setor privado, em escritórios (MENDES et al., 2005).

Dentre a vasta quantidade de ferramentas computacionais destinadas à simulação de edifícios, apresenta-se o programa *EnergyPlus*, que será utilizado para a realização das análises do presente trabalho. O *EnergyPlus* é um programa com licença gratuita desenvolvido pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL) pertencente ao governo dos Estados Unidos, baseado nos programas BLAST (utilizado para análise de consumo energético) e DOE-2 (utilizado para análise de desempenho térmico), desenvolvidos no final da década de 1970 (DE SOUSA, 2022). O programa é validado pela ANSI/ASHRAE Standard 140 (2004), um método de validação de programas computacionais de avaliação energética de edificações, e apresenta recursos para simular o consumo de energia e as trocas térmicas resultantes dos efeitos radiantes e convectivos nos ambientes internos durante cada intervalo de tempo da simulação, tudo com uma interface bastante simplificada e não

tão amigável ao usuário, retornando resultados através de arquivos “separados por vírgula” (CSV) (CRAWLEY et al., 2004). Todos os sistemas da edificação são englobados na análise: climatização, iluminação, cargas internas, propriedades térmicas de materiais, contato com o solo, ventilação natural e outros vários podem ser isolados e verificados (MELO, 2018).

Esse programa permite que sejam inseridos em sua base as características da edificação a qual se deseja analisar, como a configuração de seus ambientes, orientação de implantação e materiais construtivos, e através desses parâmetros juntamente com o arquivo climático do local para o qual pretende-se realizar o estudo, são realizadas as simulações. O *EnergyPlus* com base nesses e muitos outros detalhes torna a simulação bastante realista (SCHAEDLER, 2014).

Como resultado das simulações realizadas no *EnergyPlus* é possível obter dados a respeito das cargas térmicas de refrigeração e aquecimento necessárias para manter o conforto dentro dos ambientes, valores das temperaturas operativas máximas e mínimas de cada um dos ambientes quando utilizada a ventilação natural, além do percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa. Em posse desses dados, a avaliação das estratégias a serem adotadas torna-se facilitada, tornando o *EnergyPlus* um dos programas mais utilizados mundialmente para diversas finalidades, visando melhorar o desempenho térmico e a eficiência energética das edificações, além de atender aos requisitos mínimos da NBR 15575-1 em relação à ferramenta de simulação.

Dentro do desempenho térmico de edificações, diversos estudos comprovam a eficácia das análises realizadas com o *EnergyPlus*. Batista, Lamberts e Westphal (2005) utilizaram a ferramenta para avaliar a influência de diferentes tipologias de cobertura, ainda quando o programa era pouco utilizado no Brasil. Na pesquisa, foram simuladas três configurações construtivas para a cobertura e verificaram alterações do número de graus-hora necessários para o aquecimento e resfriamento da edificação, variando de acordo com a capacidade térmica dos materiais. Também destacaram a importância de programas computacionais como o *EnergyPlus* para o projetista da edificação, porém salientam que é necessário um conhecimento aprofundado a respeito das variáveis envolvidas no balanço térmico da edificação por parte do profissional.

De Araújo et al. (2021) também utilizaram o programa *EnergyPlus* para avaliar o desempenho térmico de uma edificação localizada na cidade de Recife. Foram

comparadas as temperaturas do ar interno do cômodo da edificação de maior pico de temperatura, de acordo com os resultados da simulação, com medições in loco através do uso de sensor de temperatura. Como resultados, observaram que a desconsideração das cargas internas que atuam na edificação, no momento da configuração da simulação, assim como a utilização apenas do valor máximo diário da temperatura do ar exterior para o dia típico de verão como critério, podem exercer considerável influência na qualificação do desempenho térmico de uma edificação.

Veiga, de Souza e Lamberts (2023) avaliaram a influência da orientação solar no desempenho térmico de uma HIS para diferentes climas do Brasil, utilizando o método de simulação computacional da NBR 15575:2021, por meio do *EnergyPlus*, variando a orientação de implantação em intervalos de 45°. De acordo com o clima avaliado, observaram que a orientação de melhor desempenho não é mesma, e que as orientações intermediárias nem sempre seguem o padrão das orientações mais próximas, e devem ser consideradas.

Apesar dos vastos pontos positivos que justificam a larga utilização da simulação computacional, seu uso ainda está aquém do desejável. Ainda existem diversas barreiras que restringem sua ampla difusão, como a necessidade da utilização combinada com outros programas, dificultando a análise dos dados, ou apresentando licenças pagas, o que em muitos casos acaba inviabilizando o acesso à uma grande parcela do público alvo (MELO, 2018). Infelizmente a simulação computacional de edifícios hoje ainda se restringe bastante ao ambiente acadêmico (TRINDADE; PEDRINI; DUARTE, 2010), uma vez que sua aplicação no mercado passou a ser exigida há pouco tempo através da publicação da NBR 15575, fazendo com que a construção civil ainda esteja um pouco alheia a essa funcionalidade.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o déficit habitacional de quase seis milhões de habitações no Brasil, é de extrema importância que medidas por parte do governo federal sejam tomadas para suprir essa carência, como o incentivo à construção de habitações de interesse social pelo programa Minha Casa, Minha Vida. No entanto, uma vez que contratada, a execução dessas residências deve ser realizada de maneira a garantir a qualidade da edificação, a satisfação e o conforto do usuário, mesmo que o investimento inicial seja reduzido.

Em relação ao desempenho térmico dessas edificações, a norma NBR 15575:2021 traz como um dos critérios de desempenho a avaliação térmica das edificações, que devem atender, pelo menos, ao nível mínimo. Esta norma representa um grande avanço no que diz respeito ao conforto do usuário, uma vez que é de caráter obrigatório a todas as edificações, inclusive HIS. Em vista a isso, muitas são as alternativas que podem ser adotadas para a adequação da edificação à norma, como alterações simples na envoltória ou mudança na orientação de implantação da residência, que não necessariamente representam incremento no custo de construção.

Para avaliar os ganhos ou perdas no nível de desempenho térmico das edificações, programas de simulação computacional são atualmente ferramentas facilitadoras e grandes aliados à agilidade no processo de definição das melhores características da edificação em especial em fase de projeto. Eles permitem comparar, entre outras diversas variáveis, os indicadores de desempenho térmico para uma gama de parâmetros de maneira rápida, evitando retrabalho e gastos excessivos com adequação posterior ao processo de execução da edificação.

Por fim, neste capítulo foi possível observar que a adequação de HIS às normas de desempenho térmico é uma tarefa que, apesar de possível na teoria, mostra-se bastante burocrática e carregada de empecilhos, como investimento inicial reduzido, desinteresse por parte de órgãos públicos e lentidão do mercado em incorporar ferramentas, como programas de simulação. No entanto, apesar das dificuldades, o tema é de grande relevância em vista à alta demanda por residências e elevado gasto energético no setor residencial.

### 3 MÉTODO

A fim de alcançar os objetivos da pesquisa, o método deste estudo está dividido na apresentação do modelo real, do modelo de referência, dos dados de entrada no programa de simulação, dos parâmetros variados, dos casos considerados, dos climas e, por fim, do método de análise adotado para a avaliação dos resultados.

O estudo está embasado na norma de desempenho de edificações NBR 15575:2021, especificamente no item 11 que trata do desempenho térmico, no qual é apresentado o método de simulação computacional, que aqui será utilizado. Serão variados alguns parâmetros a partir de um modelo residencial para três climas diferentes do Brasil: tropical úmido, tropical seco e temperado, representados pelas cidades de São Luís, Brasília e Curitiba, respectivamente.

#### 3.1 MODELO REAL

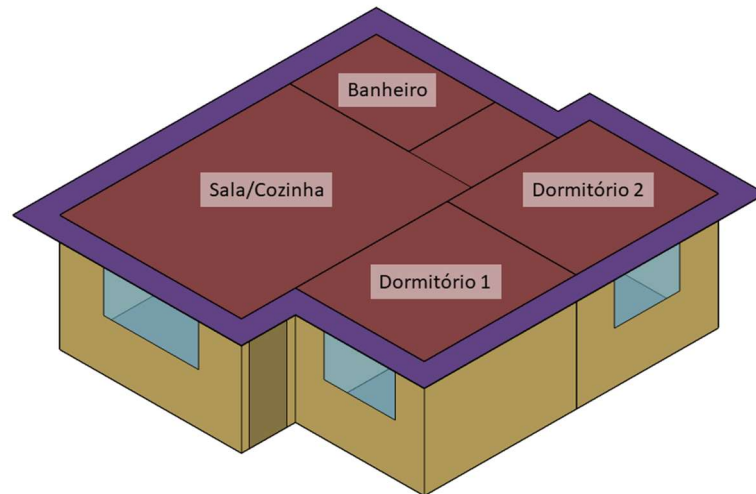
Para o estudo, optou-se por adotar um modelo residencial para a Faixa 1 do Programa Minha Casa Minha Vida. Essa faixa do programa se estende para famílias com renda mensal de até R\$ 1.800 e foi escolhida por concentrar o maior déficit habitacional do país (FJP, 2022).

O modelo residencial utilizado foi proposto por Triana (2016) e consiste em uma edificação de interesse social unifamiliar isolada, térrea, com área útil de cerca de 40 m<sup>2</sup>, composta por dois quartos, um banheiro e uma sala conjugada com cozinha. Essa tipologia residencial foi adotada por ser a mais presente no país e a que apresenta os níveis mais baixos de desempenho térmico quando comparada com outras tipologias, como casas geminadas ou residências multifamiliares (TRIANA, 2016).

A partir do apresentado, o projeto foi modelado no programa *SketchUp*, na versão make 2017 (TRIMBLE, 2022), por meio do *plugin Euclid*, versão 9.4.4 (BIG LADDER SOFTWARE, 2022). A Figura 2 e a Figura 3 apresentam o modelo proposto, em 3D e planta baixa, respectivamente.

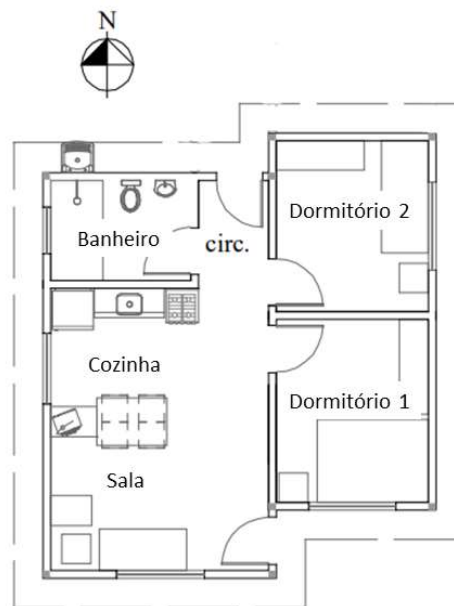


Figura 2 - Modelo 3D da residência unifamiliar proposta



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 3 - Planta baixa da residência unifamiliar proposta



Fonte: Triana (2016).

Os componentes construtivos da envoltória são fixos de acordo com o proposto por Triana (2016). As propriedades térmicas dos elementos opacos da envoltória são apresentadas na Tabela 2. O tamanho dos elementos transparentes das janelas (aberturas fechadas com vidro) é mostrado na Tabela 3 e o vidro utilizado nas janelas é transparente com 4 mm e possui transmitância térmica de  $5,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  e fator solar 0,82. Para além do telhado há um beiral de 50 cm (mostrado na cor roxa

na Figura 2), que funciona como sombreamento para a edificação e é configurado com o objeto *Shading:Building:Detailed* do *EnergyPlus*, no momento da modelagem.

Tabela 2 - Propriedades térmicas da envoltória

Elemento	Componente construtivo	U [W/m <sup>2</sup> K]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	α
Parede (interna e externa)	Bloco cerâmico + reboco interna e externa	2,43	132	0,5
Laje em contato com o solo	Concreto maciço	3,40	178,4	0,7
Cobertura	Telha de fibrocimento e forro em PVC	1,75	21,4	0,6

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 3 - Dimensões das esquadrias do modelo real

Ambiente	Largura (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Sala	1,36	1,10	1,50
Dormitório 1	1,36	1,10	1,50
Dormitório 2	1,36	1,10	1,50
Banheiro	0,60	0,60	0,36

Fonte: elaborado pela autora.

### 3.2 MODELO DE REFERÊNCIA

As características da envoltória que compõe o modelo de referência foram configuradas de acordo com o item 11 – desempenho térmico – da NBR 15575:2021, com tamanho dos ambientes igual ao modelo real. Os sistemas construtivos para paredes e pisos seguem o exposto na Tabela 4, referentes a um modelo de vedação de 100 mm de espessura. Já a cobertura é composta por laje de 100 mm de espessura, câmara de ar com resistência térmica de 0,21 (m<sup>2</sup>.K)/W e telha de 6 mm de espessura, com propriedades também descritas na Tabela 3. Além disso, para a cidade de São Luís, pertencente à zona bioclimática 8, é incluída sobre a laje uma camada de isolante com resistência térmica igual a 0,67 (m<sup>2</sup>.K)/W, absorvância igual a 0,7 e emissividade de ondas longas igual a 0,9.

Tabela 4 - Propriedades dos materiais

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	0,50	0,90	2200
Pisos	1,75	1000	0,50	0,90	2200
Telha de 6 mm	0,65	840	0,65	0,90	1700
Laje de 100 mm	1,75	1000	0,50	0,90	2200

Fonte: Adaptado de NBR 15575-1:2021 (2021).

Os elementos transparentes dos APP, que nesse caso se resumem aos vidros das janelas, correspondem a 17% da área de piso do APP onde estão inseridos, e apresentam fator solar igual a 0,87 e transmitância térmica de 5,7 W/(m<sup>2</sup>.K). Ainda, as esquadrias que sustentam os elementos transparentes possuem uma folha única de 50 mm de largura, um percentual de abertura para ventilação igual a 7,65% e absortância à radiação solar igual a 0,58.

### 3.3 DADOS DE ENTRADA – CONFIGURAÇÃO DA SIMULAÇÃO

As características da edificação que aqui serão citadas, foram configuradas tanto para o modelo real como para o modelo de referência e casos modificados, e seguem o exigido pelo item 11 da norma NBR 15575-1:2021, descrita na seção 3.1 da revisão bibliográfica. É importante ressaltar que aqui será dado maior enfoque aos ambientes de permanência prolongada (APP), pois estes são considerados no cálculo do desempenho térmico. No entanto, na simulação, são considerados todos os ambientes da edificação, inclusive os ambientes de permanência transitória (APT), cada qual como uma zona térmica, de modo a considerar as trocas de calor entre todas as superfícies dos recintos. Os subitens a seguir descritos correspondem aos dados de entrada que foram configurados para todos os casos no programa *EnergyPlus* (versão 9.0.1).

#### 3.3.1 Padrão de ocupação e taxa metabólica

O padrão de ocupação contempla os ambientes de permanência prolongada e se refere ao período e a porcentagem da capacidade total do APP que está sendo

ocupado, inserido no programa *EnergyPlus* por meio de *schedules* de ocupação. A Tabela 5 apresenta o padrão de ocupação dos APP da edificação. Para os dormitórios, a capacidade total (100%) equivale a duas pessoas por dormitório e para a sala a ocupação total equivale ao somatório da ocupação dos dormitórios, com capacidade máxima de quatro pessoas. Nesse caso, por apresentar dois dormitórios, a ocupação total da sala (100%) se dá quando a mesma se encontra ocupada por quatro pessoas.

Tabela 5 - Padrão de ocupação dos APP

Horário	Ocupação	
	Dormitório (%)	Sala (%)
00:00 – 00:59	100	0
01:00 – 01:59	100	0
02:00 – 02:59	100	0
03:00 – 03:59	100	0
04:00 – 04:59	100	0
05:00 – 05:59	100	0
06:00 – 06:59	100	0
07:00 – 07:59	100	0
08:00 – 08:59	0	0
09:00 – 09:59	0	0
10:00 – 10:59	0	0
11:00 – 11:59	0	0
12:00 – 12:59	0	0
13:00 – 13:59	0	0
14:00 – 14:59	0	50
15:00 – 15:59	0	50
16:00 – 16:59	0	50
17:00 – 17:59	0	50
18:00 – 18:59	0	100
19:00 – 19:59	0	100
20:00 – 20:59	0	100
21:00 – 21:59	0	100
22:00 – 22:59	100	0
23:00 – 23:59	100	0

Fonte: NBR 15575-1 (2021).

Nos períodos em que o ambiente é ocupado, deve-se considerar a taxa metabólica correspondente ao tipo de atividade desempenhada pelos ocupantes. Para os dormitórios, considera-se que a atividade realizada nos períodos de ocupação equivale a uma pessoa dormindo ou descansando, o que produz 81 W de calor, com

fração radiante igual a 0,3, considerando uma pessoa com 1,80 m<sup>2</sup> de área de superfície corporal. Já na sala, o calor produzido durante os períodos ocupados é de 108 W, também com fração radiante igual a 0,3, equivalente a uma pessoa sentada ou assistindo TV.

### 3.3.2 Padrão de uso de equipamentos e iluminação

A iluminação é considerada igualmente durante todos os dias do ano, com padrão de acionamento e desligamento de acordo com a Tabela 6. Além disso, considera-se uma densidade de potência instalada (DPI) igual a 5 W/m<sup>2</sup>, fração radiante igual a 0,32 e fração visível igual a 0,23, essas considerações valem tanto para a sala quanto para os dormitórios.

Tabela 6 - Padrão de iluminação nos APP

Horário	Iluminação	
	Dormitório (%)	Sala (%)
00:00 – 00:59	0	0
01:00 – 01:59	0	0
02:00 – 02:59	0	0
03:00 – 03:59	0	0
04:00 – 04:59	0	0
05:00 – 05:59	0	0
06:00 – 06:59	100	0
07:00 – 07:59	100	0
08:00 – 08:59	0	0
09:00 – 09:59	0	0
10:00 – 10:59	0	0
11:00 – 11:59	0	0
12:00 – 12:59	0	0
13:00 – 13:59	0	0
14:00 – 14:59	0	0
15:00 – 15:59	0	0
16:00 – 16:59	0	100
17:00 – 17:59	0	100
18:00 – 18:59	0	100
19:00 – 19:59	0	100
20:00 – 20:59	0	100
21:00 – 21:59	0	100
22:00 – 22:59	100	100
23:00 – 23:59	100	100

Fonte: NBR 15575-1 (2021).

Os equipamentos devem ser considerados apenas na sala, durante o período de ocupação do APP, com fração radiante igual a 0,3 e densidade de carga interna igual a 120 W.

### 3.3.3 Contato com o solo

Em todas as simulações, em especial para unidades habitacionais térreas, é importante definir como ocorrerão as trocas térmicas entre a edificação e o solo, uma vez que o contato da edificação com o solo permite perdas significativas de calor, reduzindo as temperaturas internas (MAZZAFERRO; MELO; LAMBERTS, 2015). Isso pode ser configurado de várias maneiras no programa *EnergyPlus* e, para todos os casos aqui simulados, será utilizado o objeto *Site:Ground Domain:Slab*.

Utilizou-se o objeto *GroundDomain:Slab* e o modelo de cálculo *FiniteDifference*, que usa um método de diferenças finitas implícito para obter as temperaturas do solo que estão em contato com as superfícies horizontais (lajes) da edificação. Estas superfícies interagem com o solo, fornecendo temperaturas atualizadas utilizadas nos cálculos de balanço de calor da superfície para o objeto *OtherSideConditionsModel*, utilizado para caracterizar lajes em contato com o solo.

A modelagem do solo através do método de cálculo *FiniteDifference* foi adotado pois apresenta valores de temperatura maiores que os obtidos por meio da inserção manual das temperaturas do arquivo climático utilizado, e menores quando comparado aos dois outros métodos de cálculo: Kusuda Achenbach e Xing.

### 3.3.4 Ventilação Natural

A modelagem da edificação segundo o tem 11 da NBR 15575:2021 deve ser elaborada considerando duas formas de utilização dos APP: com e sem o uso da ventilação natural. Quando se utiliza da ventilação natural para a avaliação do edifício, considera-se que as janelas das UH são operáveis e que os usuários sabem como operá-las. Isto é, quando a edificação estiver ocupada, as janelas devem ser abertas ou fechadas de acordo com as temperaturas interna e externa ao APP em análise.

Quando essa maneira de utilização da UH é considerada, adota-se a temperatura de bulbo seco de 19 °C no interior do APP como guia para que a janela seja aberta, além de quando a temperatura de bulbo seco interna for superior à

temperatura de bulbo seco externa, ou seja, quando a temperatura interna é superior à externa.

Para os APT, deve-se sempre considerar que as janelas estão sempre fechadas, com exceção do banheiro, onde a janela encontra-se permanentemente aberta. Em relação às portas, as mesmas devem estar sempre abertas entre APP e APT, com exceção da porta do banheiro, que deve ser considerada sempre fechada.

Em todos os casos, as aberturas de acesso às APP e APT interna e externamente às UH são fechadas por meio de portas de madeira com condutividade térmica igual a  $0,15 \text{ W/(m.K)}$ , calor específico igual a  $2300 \text{ J/(kg.K)}$ , absorvância à radiação solar de  $0,5$ , emissividade de onda longa de  $0,9$  e densidade igual a  $650 \text{ kg/m}^3$ .

Mesmo quando fechadas, em condições reais, as esquadrias apresentam frestas por onde há fluxo de ar. Por esse motivo, essas frestas também são incluídas na interface do programa de simulação, pois irão interferir na ventilação do ambiente. O valor adotado para o coeficiente de fluxo de ar por essas frestas, quando a abertura está fechada é igual a  $0,0024 \text{ kg/(s.m)}$  para portas e  $0,00063 \text{ kg/(s.m)}$  para janelas, enquanto o expoente de fluxo de ar para a mesma situação é igual a  $0,59$  para portas e  $0,63$  para janelas. Já o coeficiente de descarga da abertura é igual a  $0,6$  tanto para portas quanto para janelas.

### 3.3.5 Carga térmica

A segunda maneira com que os APP podem ser utilizados é adotando condicionadores de ar que podem vir a aquecer ou resfriar o ambiente, com *setpoint* definido através dos *schedules* de acionamento, inseridos no programa de simulação, que são combinados com os *schedules* de ocupação, ou seja, os aparelhos de condicionamento de ar só podem ser acionados quando há ocupação no APP. Ambos os sistemas, tanto de resfriamento quanto de aquecimento, são considerados ideais, então operam sem perdas de energia durante sua operação, e apresentam temperatura de *setpoint* para aquecimento igual a  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  e para resfriamento igual a  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 3.4 PARÂMETROS AVALIADOS

A partir do modelo real descrito em no item 3.1, foram realizadas algumas variações na envoltória e orientação da edificação, uma vez que a intenção é avaliar os resultados dos casos modificados comparando-os com o modelo real. Uma vez que esses parâmetros estão sendo pensados para HIS, não cabe aqui considerar materiais que encareçam a edificação de modo excessivo, como coberturas ou paredes com grandes camadas de isolamento ou vidros de alto desempenho. As propriedades térmicas dos materiais foram retiradas da norma NBR 15220:2005 e do Projeto 02:135.07-001/2 (ABNT, 2003).

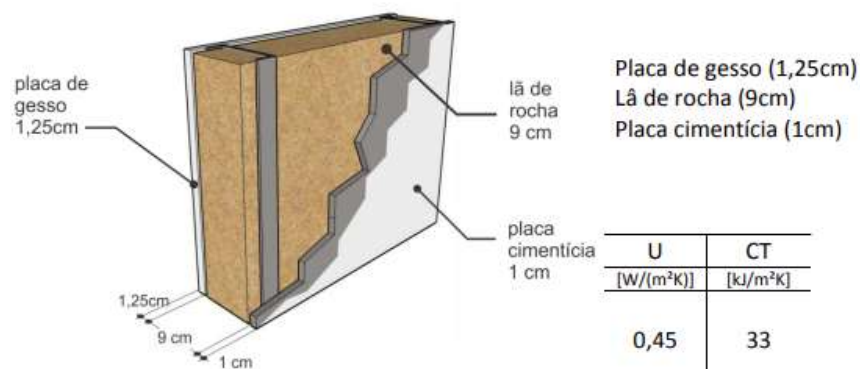
Cada um dos parâmetros e suas respectivas alterações são descritos nos itens 3.4.1 a 3.4.4 a seguir, e em sequência é apresentada a maneira com que os mesmos foram combinados para compor os casos simulados.

#### 3.4.1 Paredes externas

A fim de testar a influência dos componentes das paredes externas no desempenho da edificação, foram variados os valores de capacidade térmica e transmitância térmica destes elementos. Para todos os três casos de variações de paredes externas, optou-se por manter a absorvância com valor igual ao considerado para o modelo de referência, de 0,58. Os casos adotados consistem em:

- a) Parede leve (PL) composta por estrutura de *steel frame*, fechamento interno com placa de gesso e externo com placa cimentícia e preenchimento com lã de rocha.
- b)

Figura 4 - Esquema e propriedades térmicas da parede leve adotada

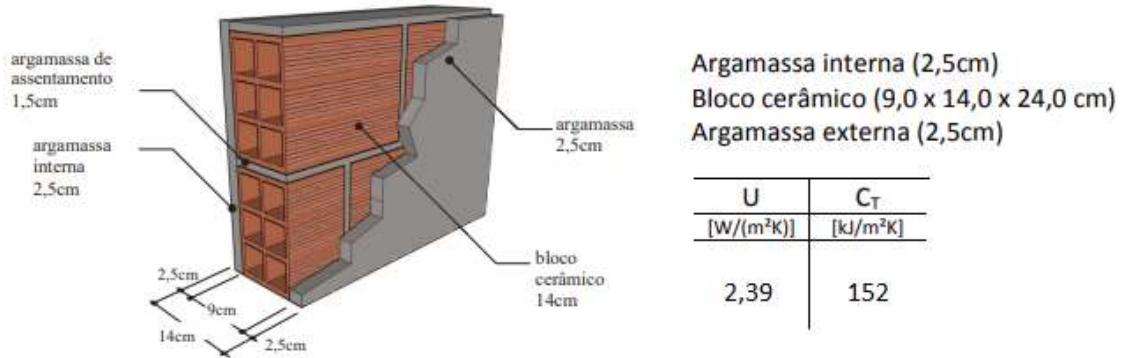


Fonte: PBE Edifica (2017).



- c) Parede intermediária (PI) composta por bloco cerâmico, argamassa em ambas as faces.

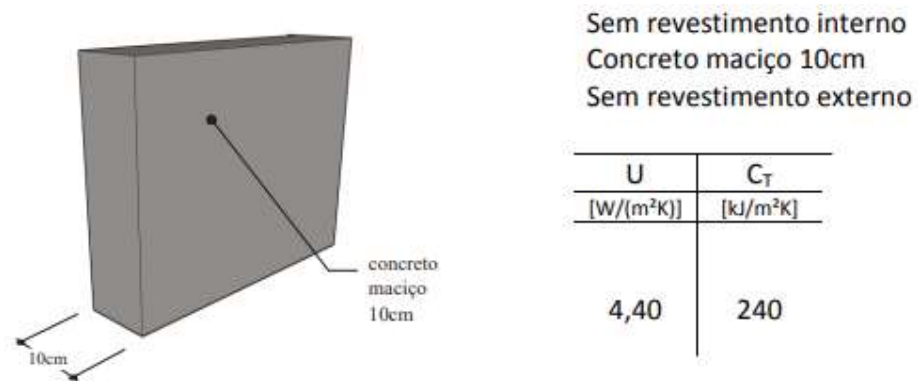
Figura 5 - Esquema e propriedades da parede intermediária adotada



Fonte: PBE Edifica (2017).

- d) Parede pesada (PP) composta por uma camada de 10 cm de concreto maciço, sem revestimento interno ou externo, igual à usada no modelo de referência da NBR 15575:2021.

Figura 6 - Esquema e propriedades térmicas da parede pesada adotada



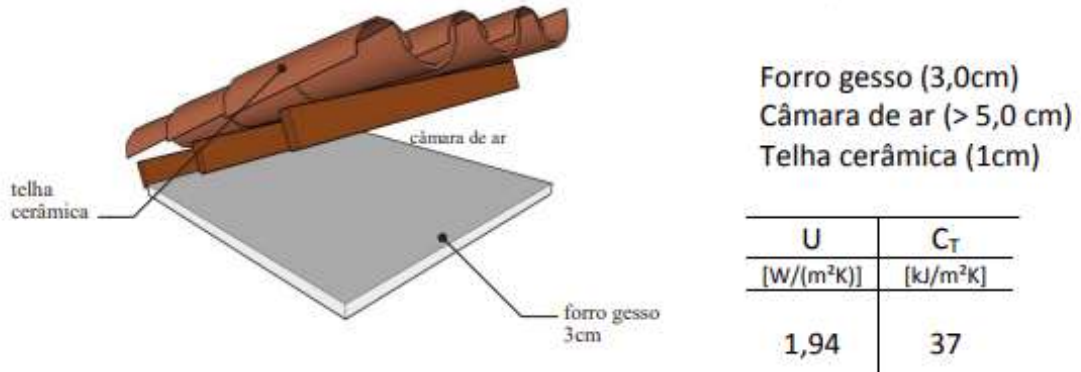
Fonte: PBE Edifica (2017).

### 3.4.2 Cobertura

De forma similar ao proposto para as paredes externas, foram alterados os materiais construtivos da cobertura da HIS, mantendo a absorvância fixa e igual à considerada no modelo de referência.

- a) Cobertura leve (CL) composta por forro de gesso, câmara de ar e telha cerâmica.

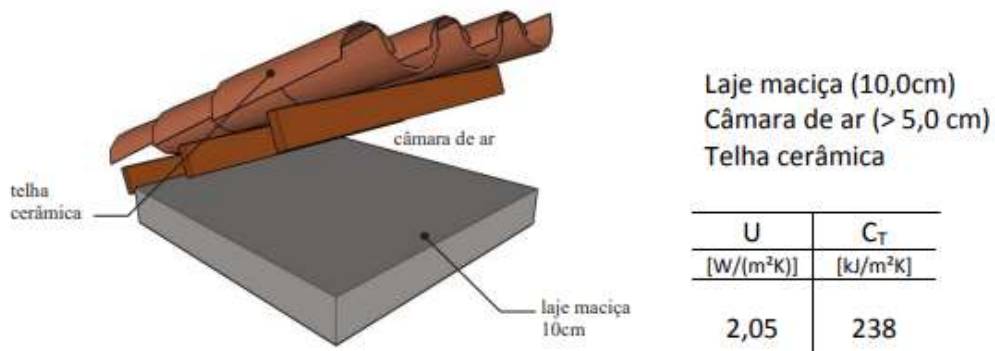
Figura 7 - Esquema e propriedades térmicas da cobertura leve adotada



Fonte: PBE Edifica (2017).

- b) Cobertura pesada (CP) composta por laje de concreto maciço, câmara de ar e telha cerâmica.

Figura 8 - Esquema e propriedades térmicas da cobertura pesada adotada



Fonte: PBE Edifica (2017).

Para a cidade de São Luís, assim como no modelo de referência, foi incluído um isolante entre a laje e a telha cerâmica, com as mesmas propriedades descritas no item 3.2.

Aqui, destaca-se que o valor da transmitância entre as duas soluções adotadas não varia tanto quanto os valores de capacidade térmica. Isso se deve às limitações referentes ao valor das soluções, que não pode ser muito elevado por tornar sua aplicação inviável.

### 3.4.3 Tamanho das aberturas

A ventilação destaca-se, frequentemente, como a estratégia bioclimática mais eficiente para obtenção de conforto térmico nos espaços urbanos e arquitetônicos. Sabendo disso, considera-se importante avaliar as decorrências da variação do tamanho das aberturas da HIS em cada uma das zonas bioclimáticas consideradas. Para isso foram estabelecidas três variações no tamanho das aberturas:

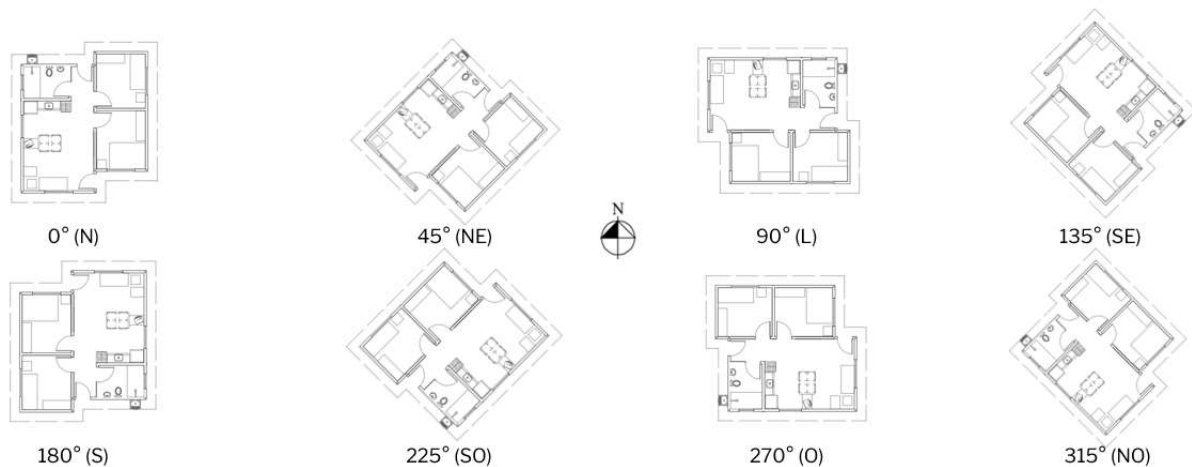
- a) Abertura pequena (AP) – área igual a 10% da área de piso da APP onde está inserida;
- b) Abertura média (AM) – área igual a 25% da área de piso da APP onde está inserida;
- c) Abertura grande (AG) – área igual a 40% da área de piso da APP onde está inserida.

Ressalta-se que as alterações se restringem às aberturas existentes nos APP, então a abertura presente no banheiro da edificação não sofreu alterações, permanecendo inalterada em todos os casos avaliados, seguindo o proposto no modelo real.

### 3.4.4 Orientação

A partir do modelo real, considerado como azimute de  $0^\circ$  (Figura 3), realizou-se a variação da orientação da HIS em intervalos de  $45^\circ$ , resultando em azimutes de  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$  e  $315^\circ$ , que proporcionam diferentes exposições das fachadas da edificação à radiação solar. Cada uma das orientações é mostrada na Figura 9 abaixo.

Figura 9 - Variações na orientação de implantação da HIS



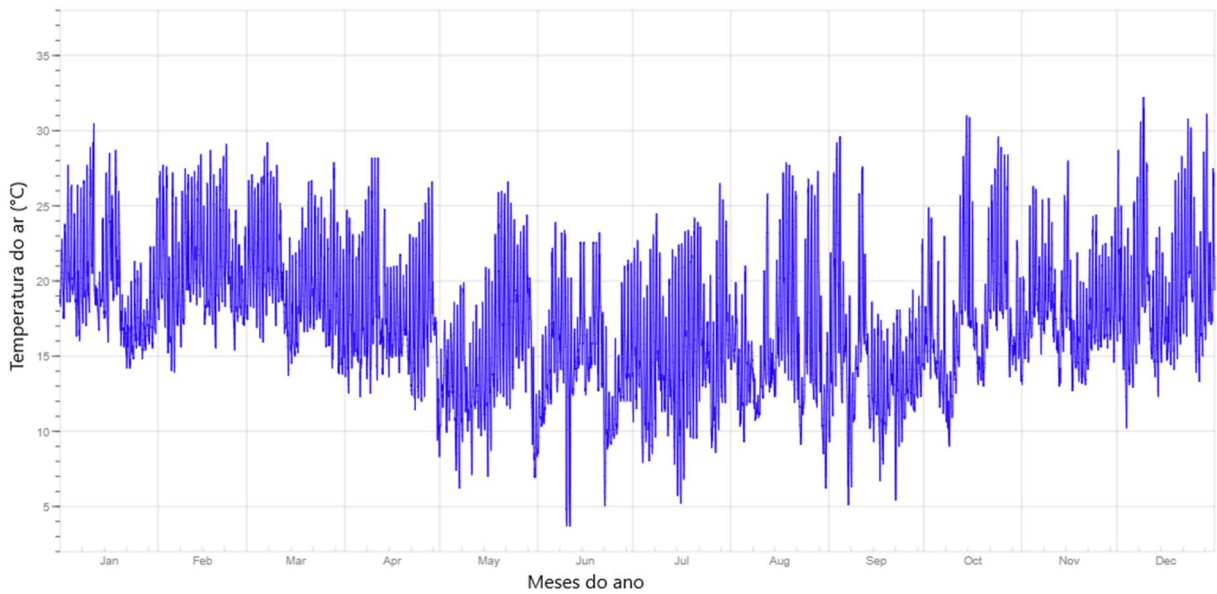
Fonte: elaborado pela autora.

### 3.5 CLIMAS AVALIADOS

Para a análise comparativa, foram avaliadas três cidades localizadas em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras de acordo com a NBR 15220:2005 (ABNT, 2005). Foram adotadas as cidades de Curitiba, Brasília e São Luís. Os arquivos climáticos utilizados foram os presentes na base-padrão recomendada pela ABNT, do tipo TMY elaborados pelo INMET, encontrados no site [climate.onebuilding.org](http://climate.onebuilding.org) (CRAWLEY; LAWRIE, 2022).

Primeiro, selecionou-se a cidade de Curitiba, localizada no sul do país e que apresenta clima temperado, com chuvas bem distribuídas pelo ano, resultado da influência da massa polar atlântica (mPa) e verões amenos, com médias que não ultrapassam os 22 °C. É a capital com menores temperaturas médias do Brasil, registrando mínimas médias inferiores a 10 °C, geadas severas e frequentes durante o inverno, reflexo da atuação da massa polar continental (mPc), que também é responsável pela elevada amplitude térmica, de cerca de 7 °C durante o ano. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, Curitiba se enquadra no clima Cfb, por apresentar estações bem definidas, umidade relativa elevada durante todo o ano e verões frescos, com temperatura superior a 10 °C (EMBRAPA, 2011). A Figura 10 abaixo apresenta as temperaturas médias anuais em Curitiba em função dos meses do ano.

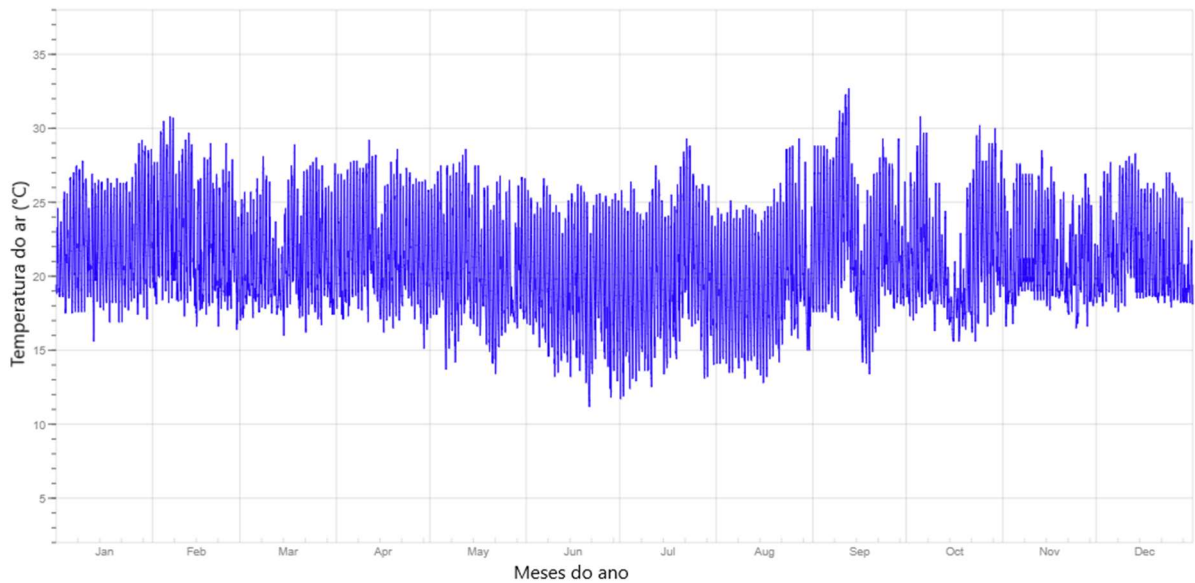
Figura 10 - Gráfico da temperatura média anual para a cidade de Curitiba - PR



Fonte: elaborado pela autora.

A cidade de Brasília apresenta clima tropical seco, com verões quentes e úmidos e invernos secos e amenos. A temperatura média anual fica em torno dos 22 °C e pluviosidade na faixa dos 1500 mm, concentrada entre novembro e março, período em que se define o verão. A amplitude térmica é o dobro da registrada em São Luís, em torno de 4 °C (CLIMATE-DATA, 2022), influência da continentalidade e da atuação da massa de ar tropical continental (mTc). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima de Brasília é definido como Aw: tropical com inverno seco (EMBRAPA, 2011). A Figura 11 abaixo apresenta as temperaturas médias anuais em Brasília em função dos meses do ano.

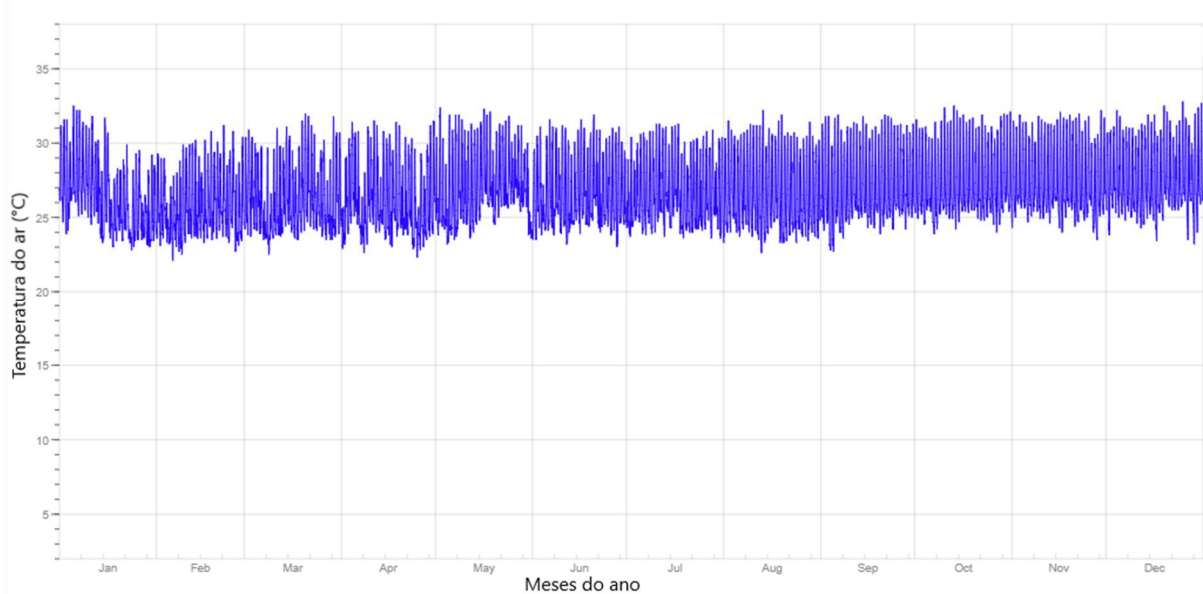
Figura 11 - Gráfico da temperatura média anual para a cidade de Brasília - DF



Fonte: elaborado pela autora.

A cidade de São Luís é caracterizada pelo clima tropical úmido, como o nome já diz, a maior parte do ano é úmida, devido à influência da massa de ar equatorial atlântica (mEa) e há um curto período seco, compreendido entre os meses de agosto e novembro. Em geral as temperaturas durante todo o ano são altas por influência da massa de ar equatorial continental (mEc), e apresentam baixa amplitude, uma vez que existe grande influência da maritimidade, com média anual de 26,8 °C (CLIMATE-DATA, 2022). Segundo o sistema de classificação climática Köppen-Geiger, o clima de São Luís classifica-se como Am, por apresentar temperaturas superiores a 18 °C no mês mais frio e uma breve estiagem que é compensada pela alta pluviosidade durante o restante do ano (EMBRAPA, 2011). A Figura 12 abaixo apresenta as temperaturas médias anuais em São Luís em função dos meses do ano.

Figura 12 - Gráfico da temperatura média anual para a cidade de São Luís - MA



Fonte: elaborado pela autora.

### 3.6 CASOS AVALIADOS

Definidos os parâmetros e suas variações, buscou-se combiná-los de forma com que o maior número de possibilidades fosse testado, porém seguindo as práticas observadas na realidade. Por exemplo, sistemas de fechamento leves não recebem coberturas pesadas, por uma questão estrutural. Sendo assim, as combinações de parâmetros da envoltória foram nomeadas e organizadas como mostrado na Tabela 8, utilizando as siglas apresentadas no item 3.4 para paredes, cobertura e abertura, para facilitar o entendimento, como sintetizado na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7 - Significado das siglas utilizadas

<b>SIGLA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
PL	Parede Leve
PI	Parede Intermediária
PP	Parede Pesada
CL	Cobertura Leve
CP	Cobertura Pesada
AP	Abertura Pequena
AM	Abertura Média
AG	Abertura Grande

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 8 - Combinação dos parâmetros da envoltória variados

<b>COMBINAÇÃO</b>	<b>PAREDE EXTERNA</b>	<b>COBERTURA</b>	<b>ABERTURAS</b>
PL+CL+AP	Leve	Leve	Pequenas
PL+CL+AM	Leve	Leve	Médias
PL+CL+AG	Leve	Leve	Grandes
PI+CL+AP	Intermediária	Leve	Pequenas
PI+CL+AM	Intermediária	Leve	Médias
PI+CL+AG	Intermediária	Leve	Grandes
PP+CL+AP	Pesada	Leve	Pequenas
PP+CL+AM	Pesada	Leve	Médias
PP+CL+AG	Pesada	Leve	Grandes
PI+CP+AP	Intermediária	Pesada	Pequenas
PI+CP+AM	Intermediária	Pesada	Médias
PI+CP+AG	Intermediária	Pesada	Grandes
PP+CP+AP	Pesada	Pesada	Pequenas
PP+CP+AM	Pesada	Pesada	Médias
PP+CP+AG	Pesada	Pesada	Grandes

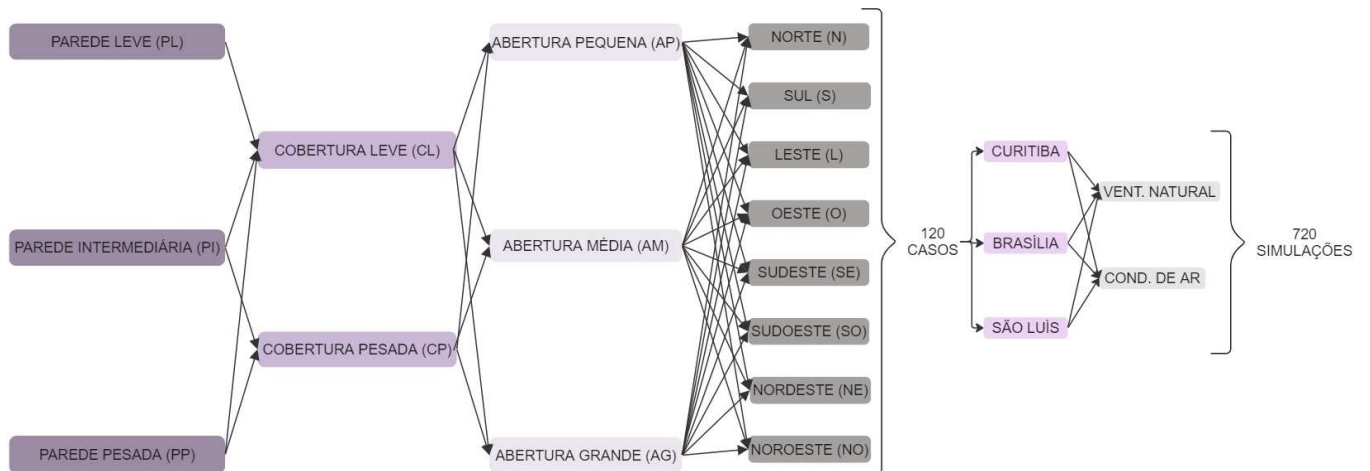
Fonte: elaborado pela autora.

Destaca-se que não foram alterados os materiais construtivos dos pisos e das paredes internas, bem como das portas, esquadrias e vidro das janelas, mantendo-os inalterados segundo os sistemas construtivos do modelo real.

Cada uma das combinações apresentadas na tabela acima foi simulada para as oito orientações consideradas no item 3.4.4, resultando em um total de 120 casos avaliados. Além disso, cada um dos 120 casos foi simulado duas vezes, um caso considerando ventilação natural e outro caso com condicionamento de ar, resultando em 240 simulações para cada clima, totalizando 720 simulações.



Figura 13 - Esquema das combinações adotadas para as simulações



Fonte: elaborado pela autora.

### 3.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Definidos os dados de entrada do modelo real e de referência, as simulações foram realizadas no programa *EnergyPlus*. Para as simulações considerando ventilação natural, os arquivos de resultados contêm dados horários de temperatura operativa mínima e máxima para as 8760 horas do ano em cada um dos APP da edificação. Já para a situação considerando condicionamento de ar, os dados resultantes das simulações são de carga térmica de aquecimento e resfriamento, também horários.

Em posse desses dados, utilizou-se de um algoritmo em *Python* para tratar os resultados. Para isso, foram necessários os arquivos em formato *.csv* que retornam das simulações, com os dados horários de temperatura operativa ( $T_o$ ), carga térmica de resfriamento ( $CgTR$ ) e, no caso das cidades de Curitiba e Brasília, como especificado em norma, também são extraídos os resultados de carga térmica de aquecimento ( $CgTA$ ). Além disso, também é utilizado um arquivo no formato *.sql* extraído da simulação, que traz informações a respeito da geometria da edificação.

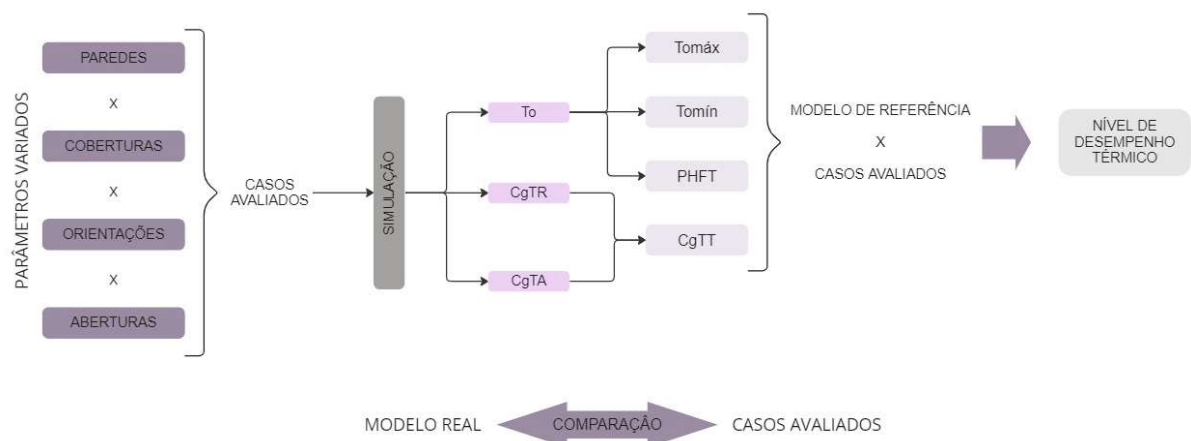
As análises serão baseadas nos indicadores de desempenho térmico da NBR 15575:2021, que são extraídos dos arquivos *.csv*, tratados pelo algoritmo em *Python* e organizados e interpretados com o auxílio dos programas *Excel*, na versão 2016, e *Tableau*, versão 2022.3. O primeiro indicador é o percentual de horas dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT) e advém do modelo simulado considerando o uso

da edificação com ventilação natural. Esse indicador se refere ao percentual de horas em que a temperatura do ambiente, quando ocupado, encontra-se entre 18 °C e 26 °C, para Curitiba e Brasília, e abaixo de 28 °C para São Luís. Nos momentos em que a temperatura interna do APP extrapola essa faixa de temperatura, utiliza-se o modelo com condicionamento de ar, obtendo-se os indicadores de carga térmica de aquecimento (CgTA) e carga térmica de resfriamento (CgTR), que juntos resultam na carga térmica total (CgTT), referente à carga térmica necessária para manter o ambiente dentro da faixa de temperatura operativa, quando o mesmo se encontra ocupado. Por fim, os indicadores de temperatura operativa máxima (Tomáx) e temperatura operativa mínima (Tomín) são extraídos do modelo ventilado naturalmente e se referem, respectivamente, à maior e à menor temperatura operativa registrada no ano, nos períodos em que o APP está ocupado.

Retirados os indicadores para cada um dos APP da edificação, estes são considerados para o cálculo dos indicadores para a habitação como um todo, como descrito no item 2.1 deste trabalho.

Para comprovar o impacto da variação dos componentes da envoltória, foram avaliados individualmente cada um dos casos, inclusive o modelo real, com o modelo de referência, extraíndo os indicadores PHFT, CgTT, Tomáx e Tomín e avaliando o nível de desempenho térmico de cada situação. Em seguida, os casos foram comparados com o modelo real, observando o aumento ou redução dos indicadores de desempenho. Um resumo da forma com que o método se estrutura, através de fluxograma, é apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Esquema de estrutura do método



Fonte: elaborado pela autora.

## 4 RESULTADOS

Inicialmente, serão apresentados os resultados de todos os 121 casos de cada cidade avaliada: aqueles nos quais foram variados os parâmetros e o modelo real da edificação. Em seguida, foi realizada uma média dos indicadores de desempenho de todos os casos, e cada um dos parâmetros analisados foi filtrado, e será apresentado individualmente. Para cada análise são apresentados dois gráficos: um cruzando os dados de PHFT e CgTT, e outro com as temperaturas operativas máxima e mínima. Esses resultados são apresentados para a edificação como um todo, ou seja, os indicadores não são mostrados por APP, mas sim para a habitação inteira, seguindo as regras da NBR 15575:2021, citadas no item 2.1.

É importante ressaltar que as escalas adotadas variam de gráfico para gráfico, para melhor visualização. Os resultados serão expostos por cidade avaliada e os valores encontrados para os indicadores e níveis de desempenho de cada caso podem ser mais detalhadamente verificados no Apêndice I deste trabalho.

### 4.1 CURITIBA

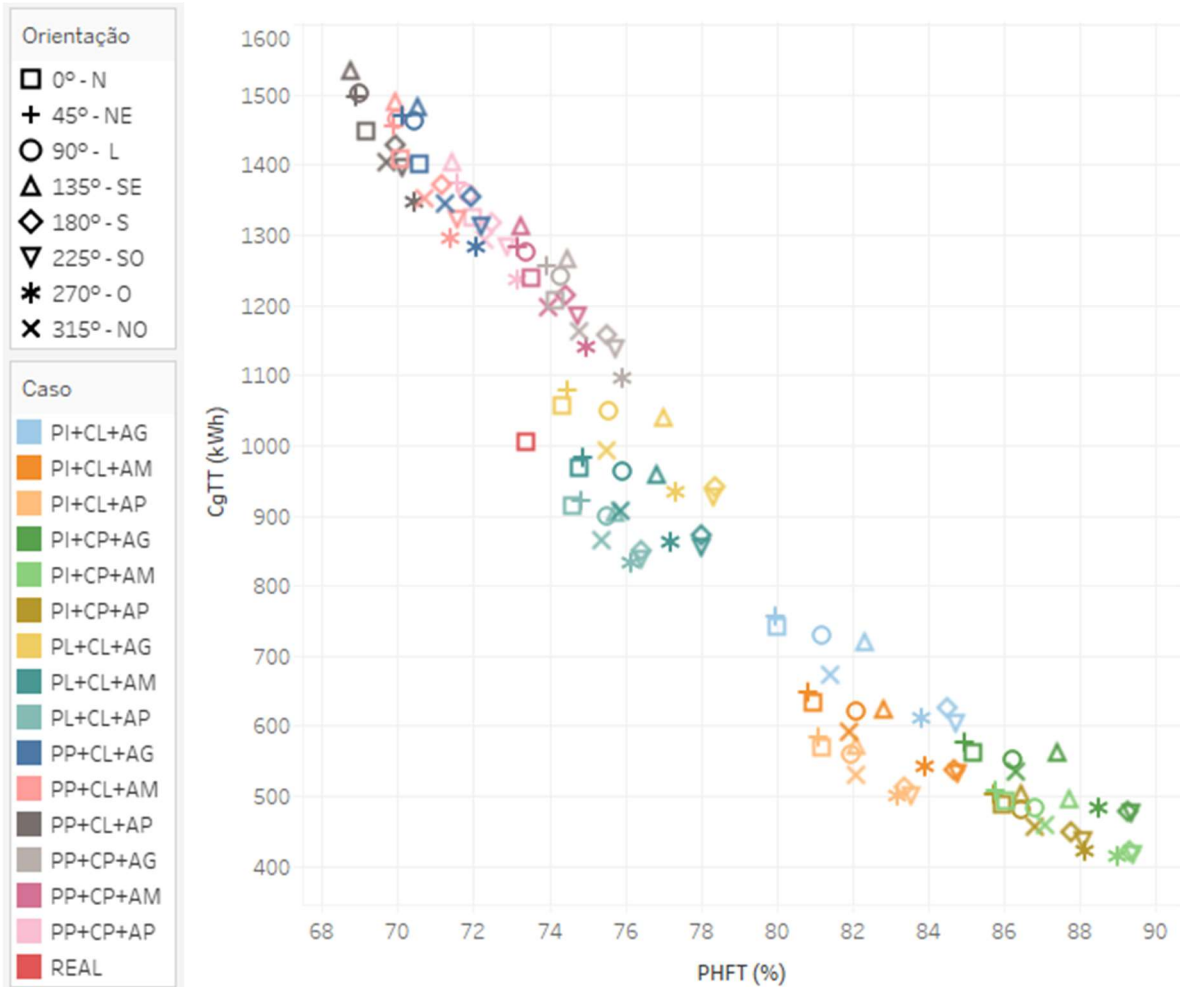
Os resultados obtidos para a cidade de Curitiba apresentam uma linearidade em relação aos dados de carga térmica e percentual de horas dentro da faixa de temperatura operativa, como mostra a Figura 15. É evidente que o caso PP+CL+AP orientado a 135° apresenta os piores resultados para esses critérios, localizando-se no canto superior esquerdo do gráfico. Nessa mesma figura, observa-se que as paredes pesadas (com transmitância térmica  $U = 4,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) apresentam comportamento pouco desejável, com altos valores de carga térmica e PHFT reduzido, seguidas das paredes leves (transmitância térmica igual a  $0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), e que os melhores desempenhos são observados nas paredes intermediárias, que apresentam transmitância igual a  $2,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Para o clima temperado, os casos com paredes de tijolos e cobertura pesada ( $U = 2,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  e  $C_T = 238 \text{ kJ/m}^2\text{k}$ ) concentram a maioria dos casos com desempenho superior, já que fornecem o isolamento necessário para as baixas temperaturas do inverno, responsáveis por grande parte da carga térmica demandada para manter os ambientes confortáveis.

De uma forma geral, para as combinações com paredes leves e intermediárias, as orientações que se destacam por não atingirem nível superior de desempenho térmico, são à 0° (norte) e 45° (nordeste), porém nos casos com parede pesada a orientação a 135° (sudeste) apresenta-se com desempenho inferior às demais orientações, alcançando o nível mínimo em apenas metade dos casos. Também é possível notar uma maior sensibilidade à variação de orientação nos casos que apresentam maior PHFT e menor CgTT, com variações de até seis pontos percentuais no PHFT quando alterada a orientação de implantação da edificação. No entanto, em casos com desempenho inferior, com maior CgTT e menor PHFT, a mudança de orientação apresenta impacto menor no PHFT, com variação de cerca de 2 pontos percentuais, mas impacto maior na CgTT, quase o dobro da variação observada nos casos de melhor desempenho.

O modelo real, identificado por um quadrado (pois está orientado a norte) na cor vermelha, em relação aos critérios de CgTT e PHFT, encontra-se em uma posição intermediária entre os casos, com resultados semelhantes àqueles com parede e cobertura leves, orientados a 0° (norte).

Figura 15 - Resultados de PHFT x CgTT para os casos avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

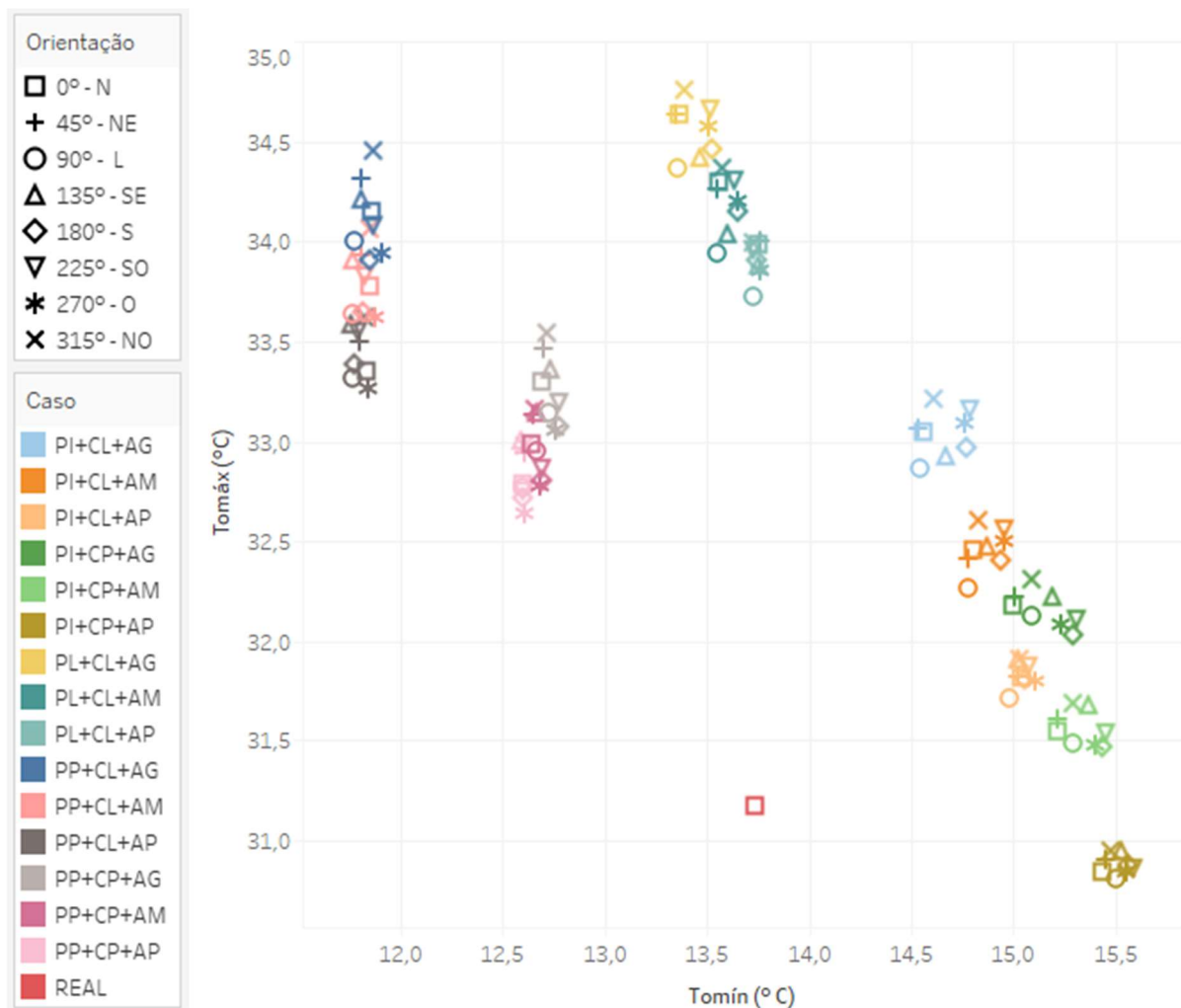
No gráfico mostrado na Figura 16, os casos são analisados em função das temperaturas operativas mínima e máxima. Para esses critérios, os casos se agrupam de acordo com a parede e cobertura escolhida, formando três pequenos grupos de casos: PL+CL, PP+CP, PP+CL, e um grupo que engloba todos os casos com paredes intermediárias: PI+CL e PI+CP. Este último grande grupo abriga o melhor caso para os critérios de temperatura operativa: PI+CP+AP. Para esse caso, a orientação não é um fator determinante, uma vez que os valores pouco destoam entre si, porém, para os demais casos, as orientações a noroeste (315°) e nordeste (45°) mostram-se pouco eficientes.

No caso das temperaturas operativas, o desempenho térmico da edificação mostra-se mais sensível à variação da orientação em casos com baixo desempenho para a temperatura operativa máxima, isso se mostra pela maneira com que os resultados se dispersam pelo gráfico, onde no melhor caso (PI+CP+AP) a variação da

temperatura máxima é de cerca de 0,1 °C, com pontos bem concentrados, enquanto no caso PP+CL+AG essa variação é de mais de 0,5 °C.

O modelo real continua apresentando comportamento intermediário em relação aos casos avaliados, nesse caso com temperatura operativa máxima reduzida e mínima intermediária, quando comparada às análises paramétricas.

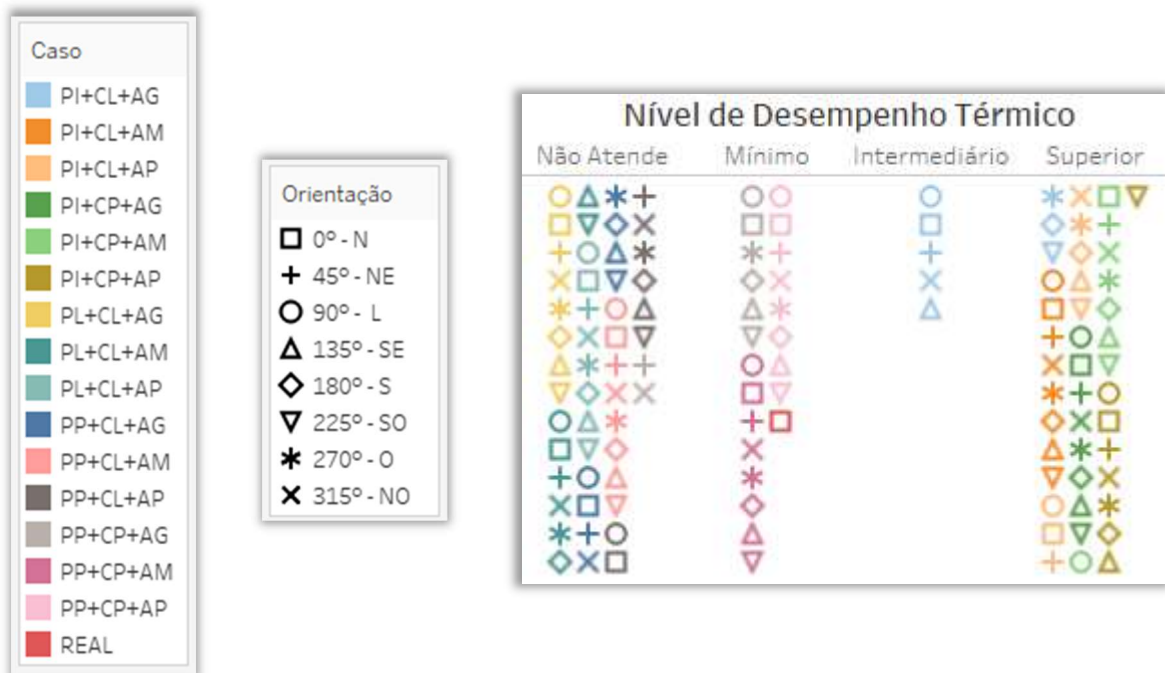
Figura 16 - Resultados de Tomín x Tomáx para os casos avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 17 abaixo, são identificados os níveis de desempenho térmico encontrados para cada caso considerado.

Figura 17 - Nível de desempenho térmico para cada caso avaliado

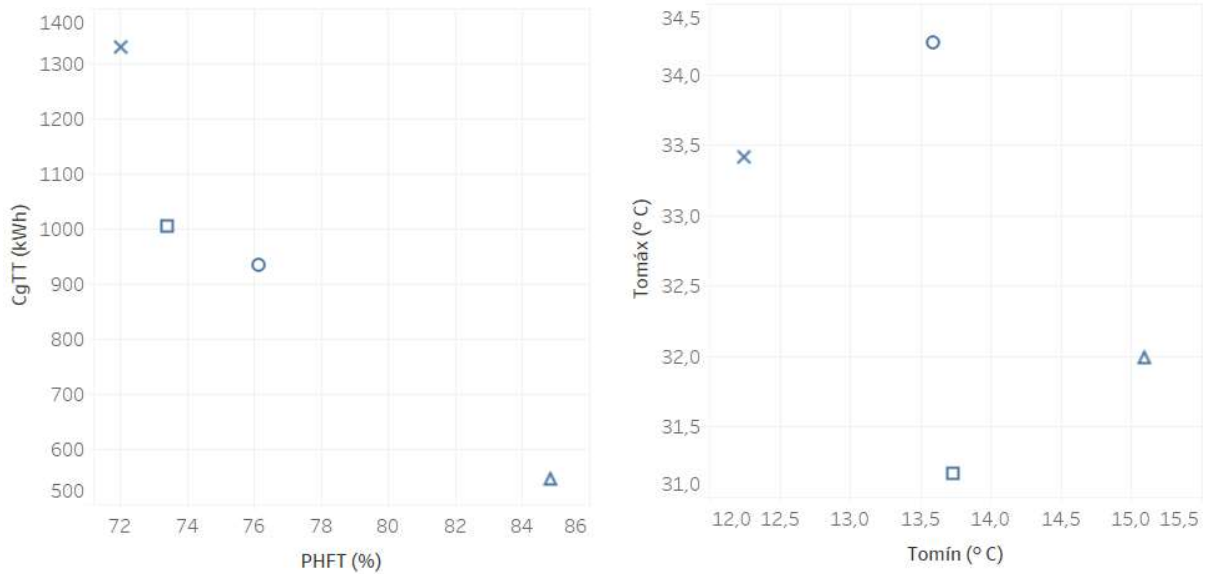


Fonte: elaborado pela autora.

Prosseguindo as análises com componentes da envoltória isolados (Figura 18), a parede intermediária ( $U = 2,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) se destaca das demais por se comportar de maneira mais favorável nesse clima, apresentando valores altos para temperatura operativa mínima e PHFT, e baixo valor de carga térmica e temperatura operativa máxima. Nesse caso, o ar armazenado entre os furos dos tijolos que compõem a parede funciona como isolante térmico, dificultando as trocas de calor com o meio externo, o que é desejável tanto no verão como no inverno.

Figura 18 - Resultados para as paredes variadas. a) PHFT x CgTT.  
b) Tomín x Tomáx.





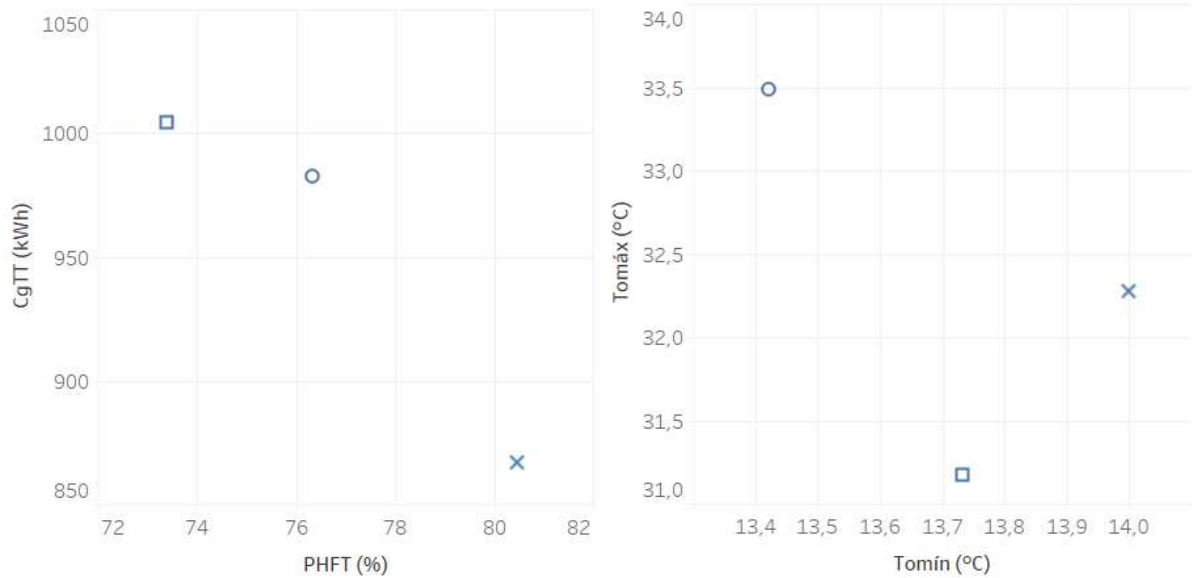
Fonte: elaborado pela autora.

Os casos considerados para a cobertura, apesar de não apresentarem grande diferença entre os valores de transmitância térmica, mostram-se sensíveis a essa alteração. A cobertura usada no modelo real apresenta transmitância e capacidade térmica inferiores às outras coberturas, realizando as trocas térmicas mais rápido, comparativamente e, por isso, traz cargas térmicas elevadas e PHFT reduzido. Por apresentarem transmitâncias térmicas semelhantes, os valores de temperatura operativa não apresentam grandes variações entre as alternativas leve e pesada, de cerca de 1 °C para Tomáx e 0,3 °C para Tomín.

Figura 19 - Resultados para as coberturas variada. a) PHFT x CgTT.  
b) Tomín x Tomáx.







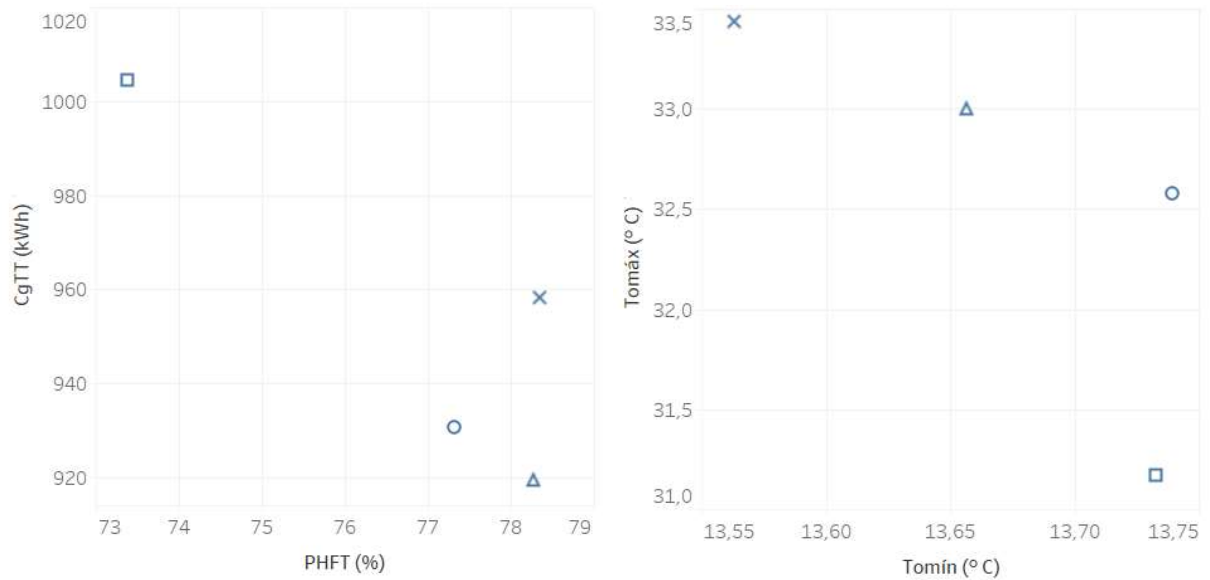
Fonte: elaborado pela autora.

Também se verifica um desempenho mais reduzido para aberturas grandes (Figura 20), representando 36% dos casos em que não se observa o atendimento aos critérios mínimos de desempenho térmico. Esse tamanho de abertura eleva em cerca de 1° C a temperatura operativa máxima média para esse clima quando comparado com aberturas pequenas, por exemplo. As aberturas médias e pequenas alternam entre si o melhor desempenho, a depender dos demais componentes da envoltória, uma vez que dificultam os ganhos térmicos por radiação e as perdas por condução, quando comparadas com aberturas grandes.

Figura 20 - Resultados para os tamanhos de abertura variados.

a) PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx.



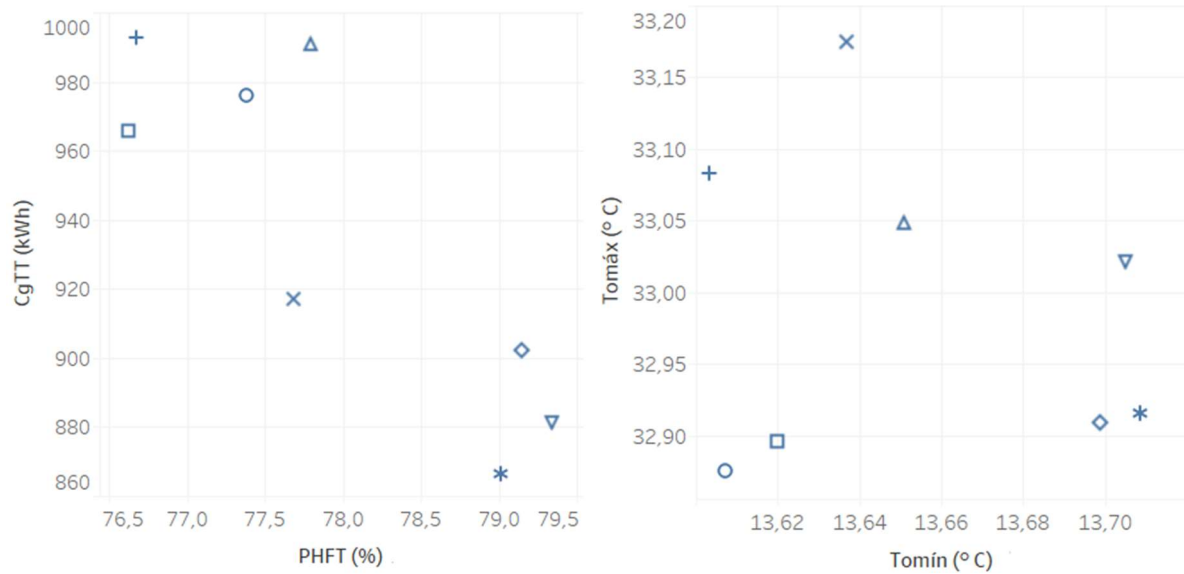


Fonte: elaborado pela autora.

As orientações variadas para a edificação mostram-se bastante dispersas pelo gráfico (Figura 21), porém é possível perceber que orientação a oeste, principalmente, fornece valores médios baixos para CgTT e Tomáx. Essa orientação proporciona aos dormitórios exposição à radiação solar durante quase todo o período do dia, fazendo com que à noite, momento em que são ocupados, as temperaturas estejam mais elevadas, garantindo maior conforto em clima temperado. Ainda, com a implantação da edificação nessa orientação, a sala recebe radiação solar nas fachadas apenas no período da manhã, quando as temperaturas são mais amenas, diminuindo a demanda por carga térmica de resfriamento ao longo do dia no verão, e aquece no inverno, reduzindo a necessidade de aquecimento.

Figura 21 - Resultados para as orientações de implantação da edificação variadas. a) PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx.

Orientação	
□	0° - N
+	45° - NE
○	90° - L
△	135° - SE
◇	180° - S
▽	225° - SO
*	270° - O
x	315° - NO



Fonte: elaborado pela autora.

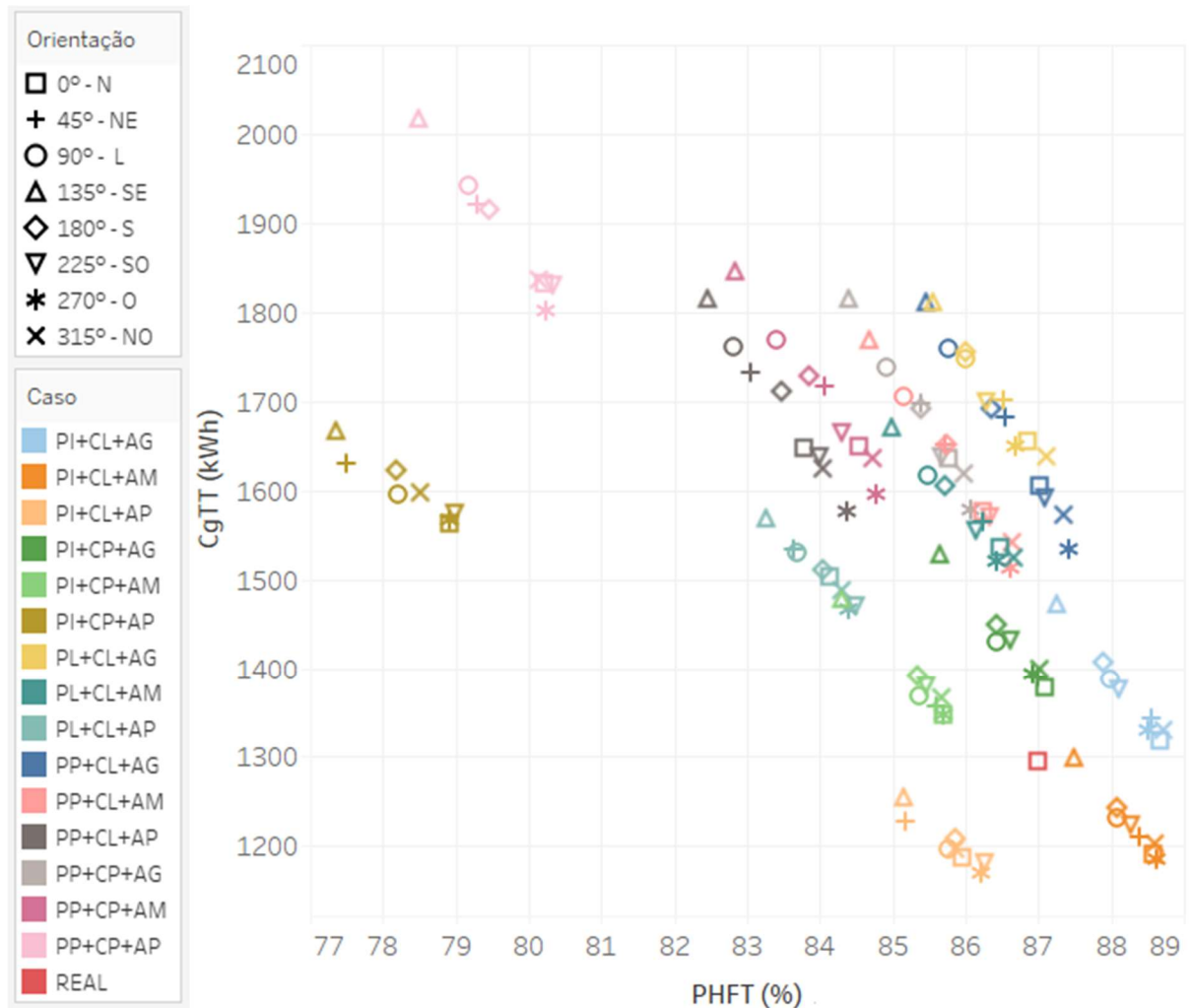
Diante do apresentado, avalia-se que, para a cidade de Curitiba, com clima temperado, as soluções construtivas de parede intermediária, cobertura pesada e aberturas pequenas ou médias apresentam o melhor desempenho térmico entre as consideradas. Essa combinação de componentes da envoltória obteve nível superior para todas as orientações consideradas.

O modelo real apresenta nível mínimo para a cidade de Curitiba e, considerando as propriedades dos materiais, a simples mudança da cobertura já elevaria o nível de desempenho da edificação, uma vez que os componentes construtivos da parede apresentam propriedades térmicas semelhantes nos dois casos e o tamanho das aberturas não exerce tanta influência para esse clima.

## 4.2 BRASÍLIA

Avaliando o nível de desempenho apenas para o indicador de PHFT, tem-se nível mínimo para o modelo real e intermediário/superior para o melhor caso observado (PI+CL+AM orientado a 270°). Observa-se também que quanto maior a carga térmica total e menor o PHFT, mais sensível à orientação é o caso em questão, com variações maiores que 200 kWh para casos com altas cargas térmicas, e próximas de 100 kWh para casos com alto PHFT, a depender da orientação adotada para a edificação.

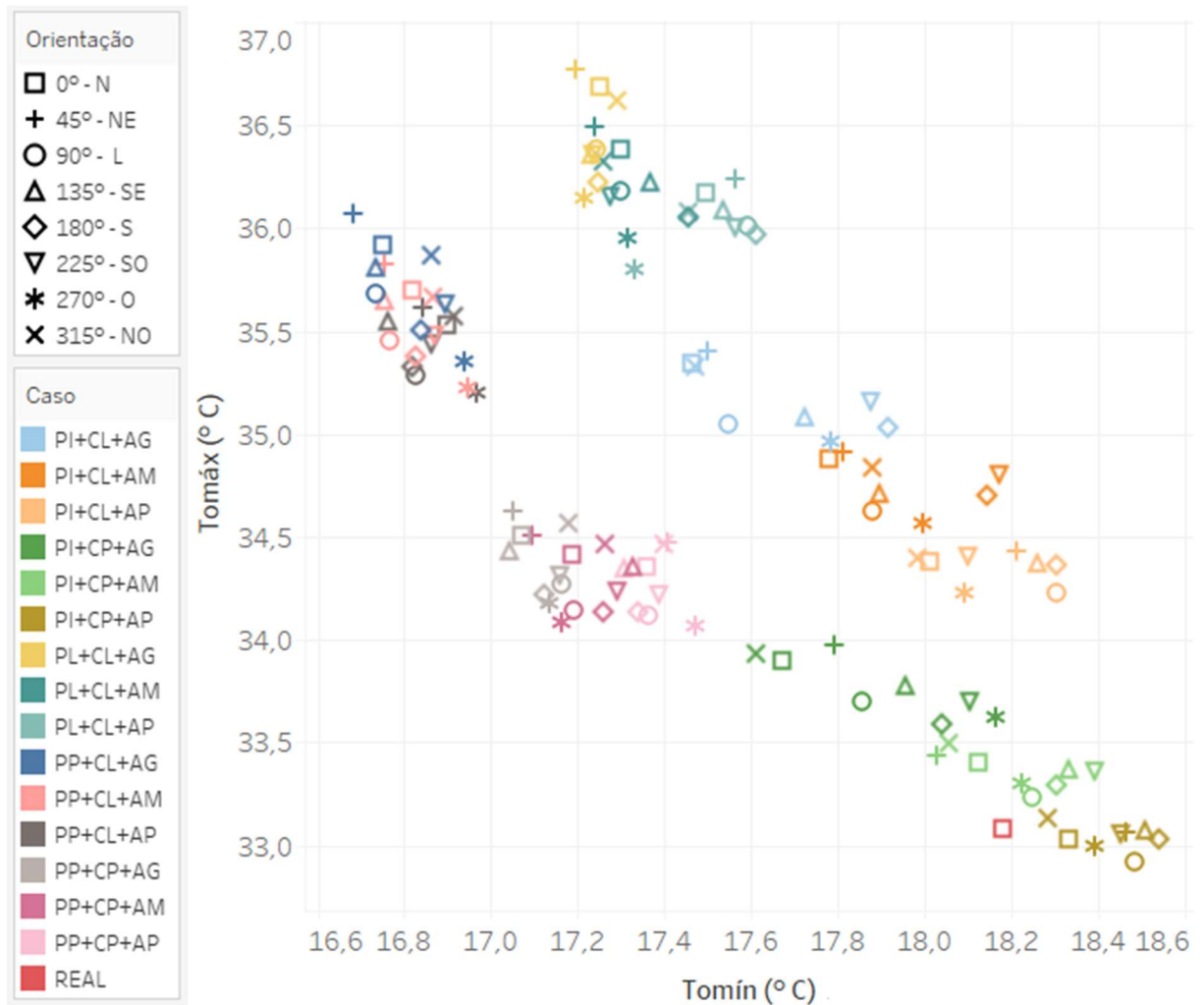
Figura 22 - Resultados de PHFT x CgTT para os casos avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

Considerando os critérios de temperatura operativa máxima e mínima, o modelo real também se comporta comparativamente bem em relação aos casos variados, com diferenças que não ultrapassam os 0,2 °C para a máxima. Todavia, apesar de essa diferença ser bastante pequena, o modelo real não atinge o nível mínimo de desempenho para esse critério, enquanto o caso PI+CP+AP atinge nível mínimo independentemente da orientação adotada.

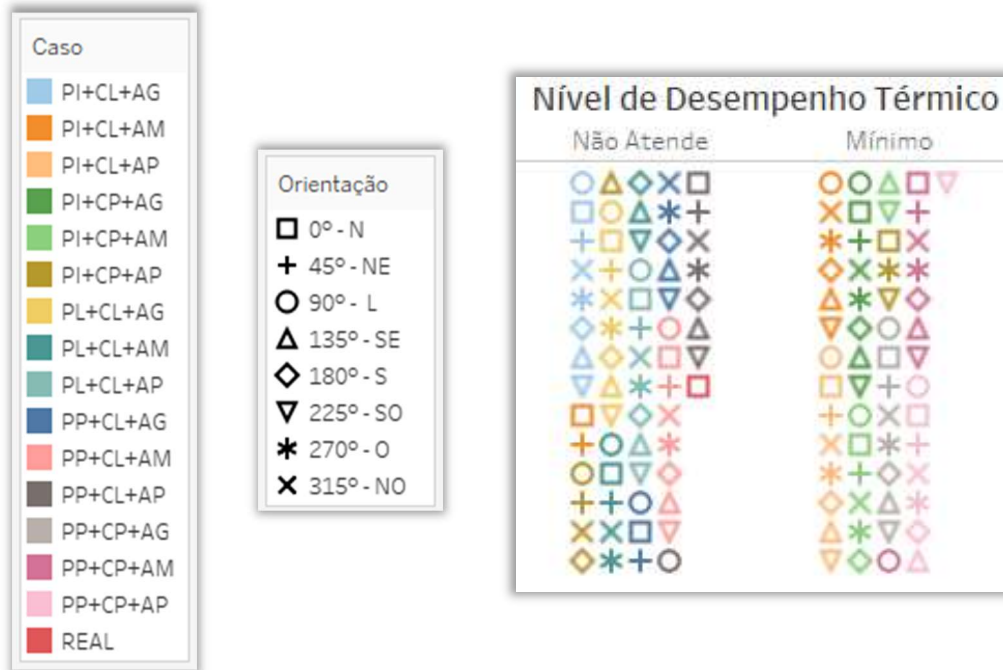
Figura 23 - Resultados de Tomín x Tomáx para os casos avaliados.



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 24 abaixo, são identificados os níveis de desempenho térmico encontrados para cada caso considerado.

Figura 24 - Nível de desempenho térmico para cada caso considerado

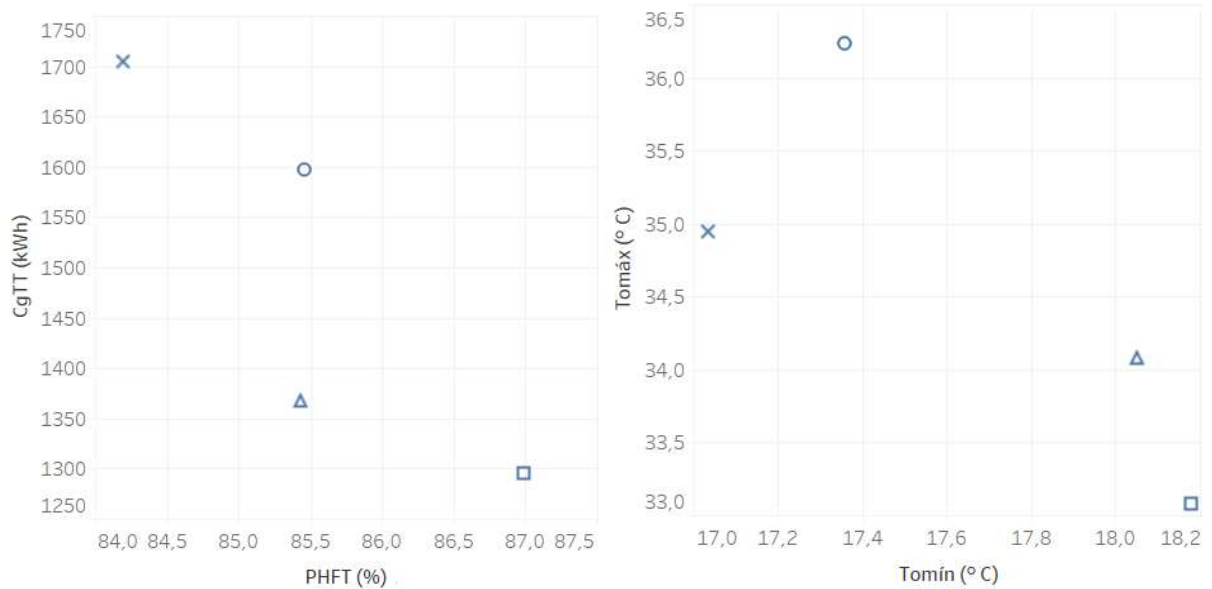


Fonte: elaborado pela autora.

Brasília, de clima tropical seco, assim como Curitiba, também encontra nas paredes intermediárias ( $U = 2,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) o melhor desempenho térmico em comparação com às demais formas construtivas. Avaliando esse parâmetro isoladamente, pode ser observado uma variação de mais de dois graus na temperatura operativa máxima, quando comparada a parede intermediária com a leve, por exemplo. A parede pesada apresenta as maiores cargas térmicas e menor PHFT, no entanto a temperatura operativa máxima é mais elevada quando da utilização de parede leve.

Figura 25 - Resultados para as paredes variadas. a) PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx.



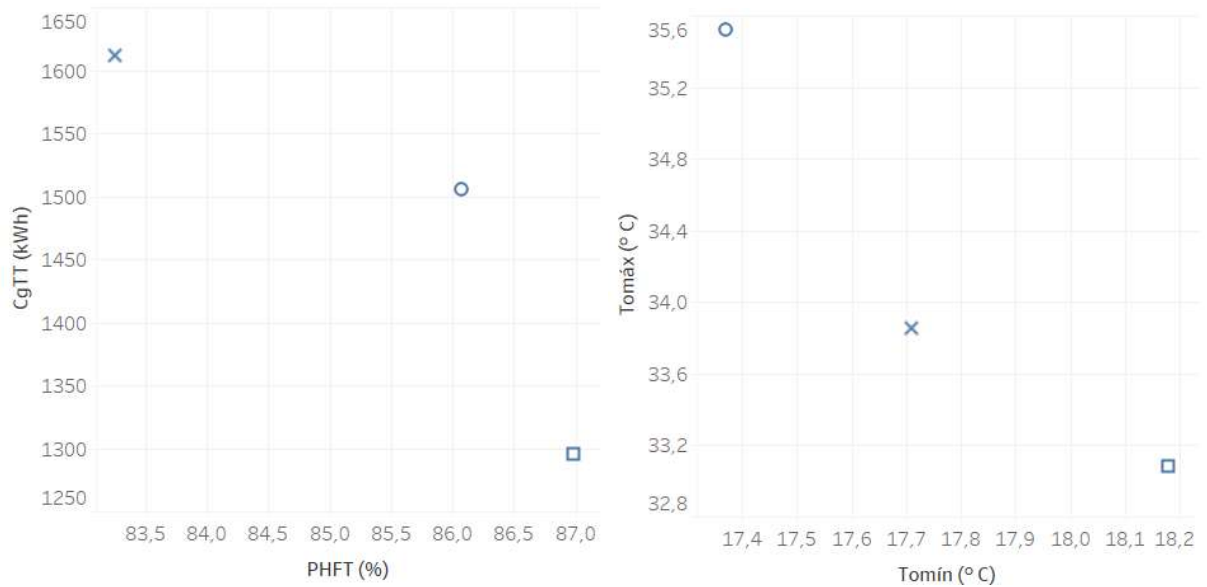


Fonte: elaborado pela autora.

A cobertura leve, apesar de apresentar maiores valores de PHFT e menores de CgTT quando comparado à cobertura pesada, retorna valores bastante elevados de temperatura operativa máxima, cerca de 2 °C acima da observada para cobertura pesada. No entanto, a diferença dos valores de PHFT entre os dois tipos construtivos de cobertura é de menos de três pontos percentuais, não sendo muito expressivo para essa análise.

Figura 26 - Resultados para as coberturas variadas. a) PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx.





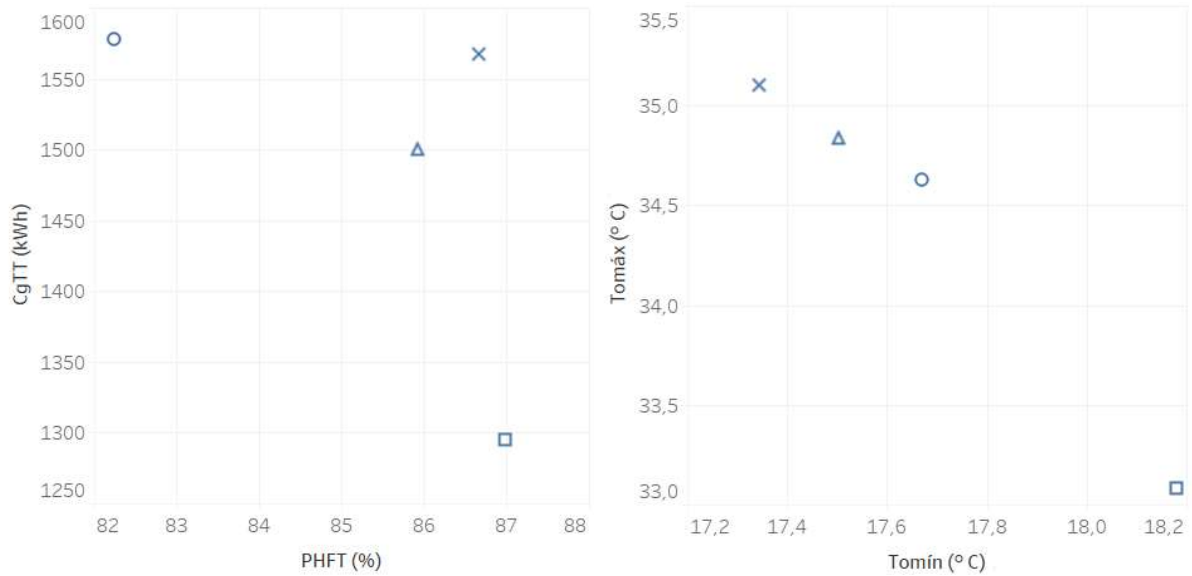
Fonte: elaborado pela autora.

Em Brasília, as variações adotadas para o tamanho das aberturas não é fator tão determinante nos critérios de desempenho térmico quanto os sistemas construtivos e as propriedades dos materiais da envoltória. Isso se comprova na análise dos gráficos apresentados na Figura 27, onde as variações de carga térmica não chegam a 5% da carga total e de temperatura operativa máxima são menores que 0,5 °C, porém aberturas médias mostram-se favoráveis ao bom desempenho térmico.

Figura 27 - Resultados para os tamanhos de abertura variados.  
a) PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx.





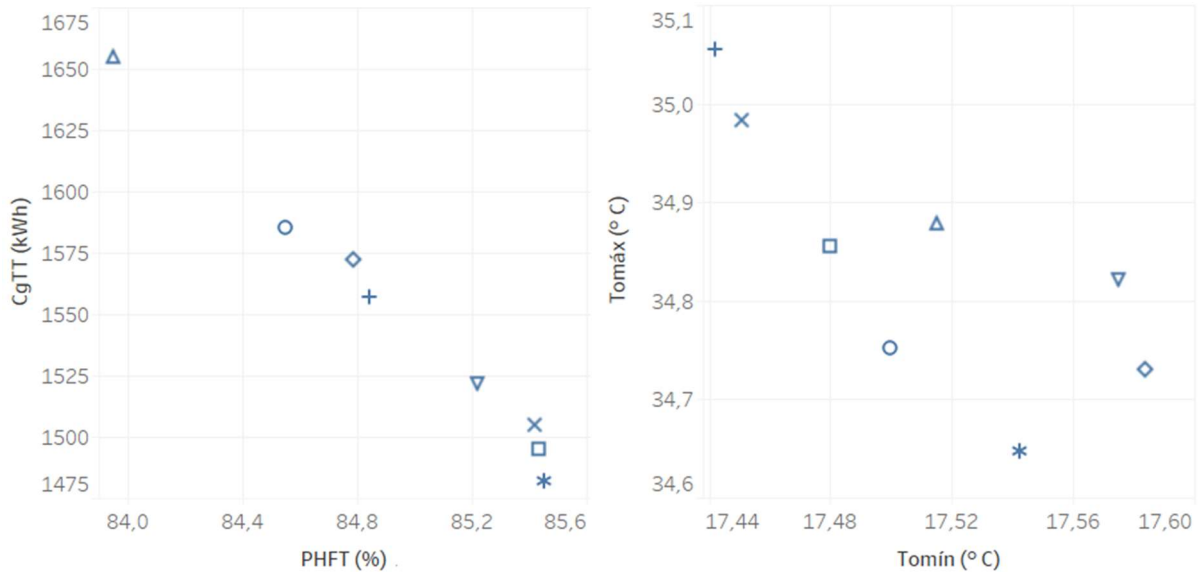


Fonte: elaborado pela autora.

Similarmente ao exposto quando analisado o tamanho das aberturas, a temperatura operativa máxima e mínima, quando consideramos as orientações de implantação, apresentam pouca variação, menos de 1 °C para ambos os indicadores. No entanto, a carga térmica total apresenta variação de cerca de 200 kWh entre a melhor e pior orientação observada, o que equivale a mais de 10% da carga térmica total resultante. Assim, em relação a esse critério, a orientação a sudeste (135°) apresenta um dos comportamentos térmicos menos desejáveis, pois aquece a sala principalmente durante a tarde, período em que o ambiente é ocupado, demandando carga térmica de resfriamento.

Figura 28 - Resultados para as orientações variadas. a) PHFT x CgTT.  
b) Tomín x Tomáx.

Orientação	
□	0° - N
+	45° - NE
○	90° - L
△	135° - SE
◇	180° - S
▽	225° - SO
*	270° - O
×	315° - NO



Fonte: elaborado pela autora.

Apesar de não receberem destaque no gráfico da Figura 23, os casos que obtiveram melhores níveis de desempenho quando analisados todos os critérios, foram os casos com parede intermediária e cobertura leve, com destaque para a orientação a 270° (oeste), de modo que a sala passa a receber apenas radiação direta nas fachadas no período da manhã, fazendo com que esse ambiente não aqueça demais nos períodos em que está ocupado, reduzindo a necessidade por carga térmica de resfriamento.

Em todas as situações avaliadas para a cidade de Brasília, o nível de desempenho da edificação não ultrapassa o mínimo, uma vez que as reduções das cargas térmicas totais não atingem sequer o nível intermediário. Na maioria dos casos, apenas o nível mínimo é atingido quando analisado o PHFT e quase metade não o atinge em relação à Tomáx. Essa análise nos mostra que outras soluções construtivas devem ser adotadas para esse clima, como sombreamento das aberturas e isolamento na cobertura, por exemplo.

### 4.3 SÃO LUÍS

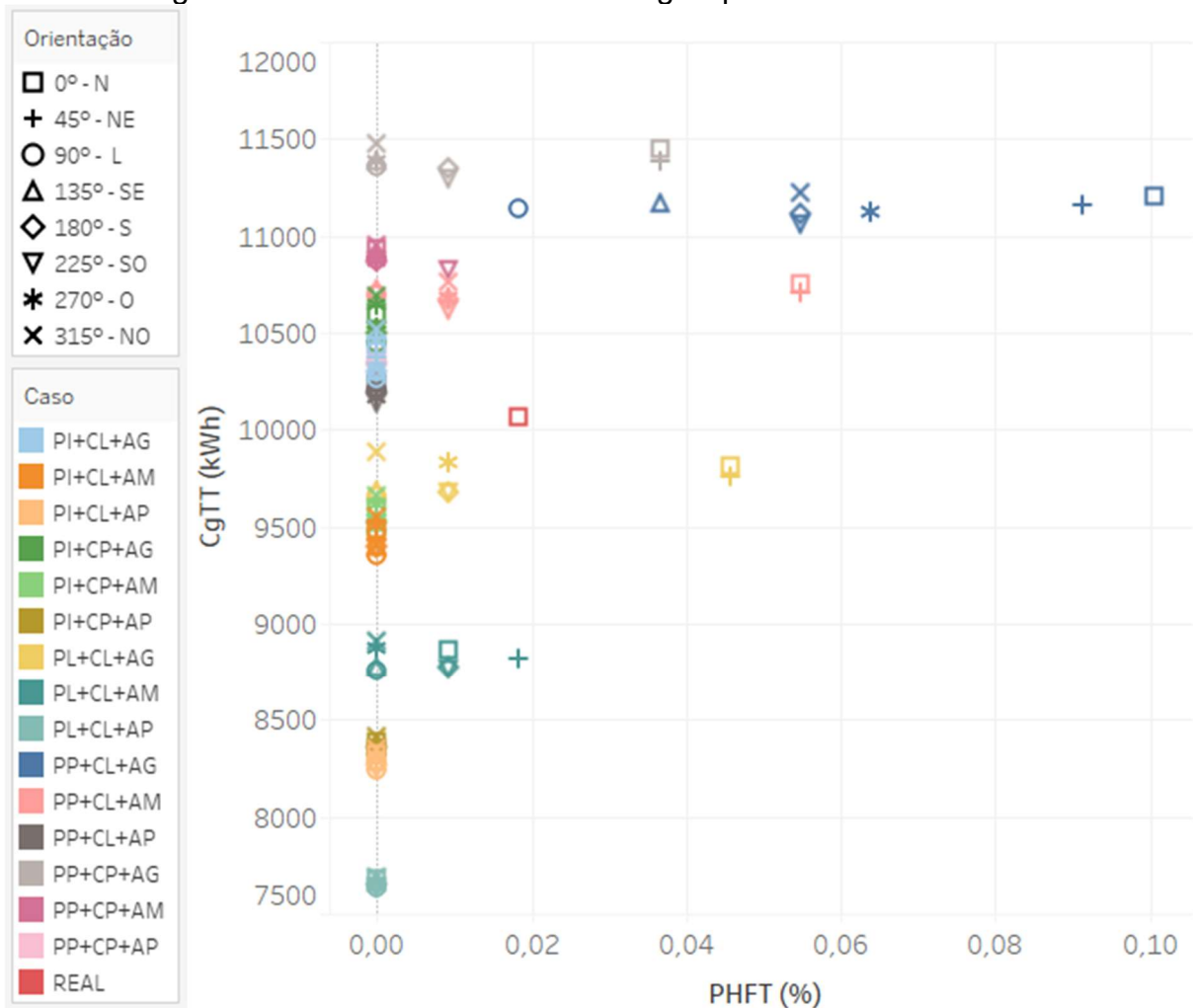
A cidade de São Luís, para todos os parâmetros avaliados, sejam individualmente ou combinados, apresentam PHFT igual ou muito próximo de zero em todos os casos, de forma com que esse critério não será tão criteriosamente considerado para as análises. Também, segundo a NBR 15575:2021, para a zona

bioclimática 8 a temperatura operativa mínima não é considerada como indicador de desempenho térmico. No entanto, para manter o padrão já apresentado para as demais cidades, a temperatura operativa mínima também será apresentada para São Luís, porém sem que seja avaliada de fato.

Na cidade de São Luís, o modelo real da edificação apresenta comportamento semelhante ao observado na cidade de Curitiba, em posição intermediária em relação aos indicadores de desempenho quando comparado com os demais casos avaliados. O gráfico de PHFT x CgTT mostrado na Figura 29 traz a cobertura leve, como melhor solução para esse tipo climático, por apresentar capacidade térmica reduzida, fazendo com que o calor seja recebido pela edificação de forma mais lenta quando comparada à segunda opção.

Também pode ser observado que paredes pesadas ( $U = 4,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) combinadas com aberturas médias e grandes apresentam desempenho térmico reduzido, pois ganham calor mais facilmente e armazenam essa energia por mais tempo. A orientação não exerce tanta influência nesse caso.

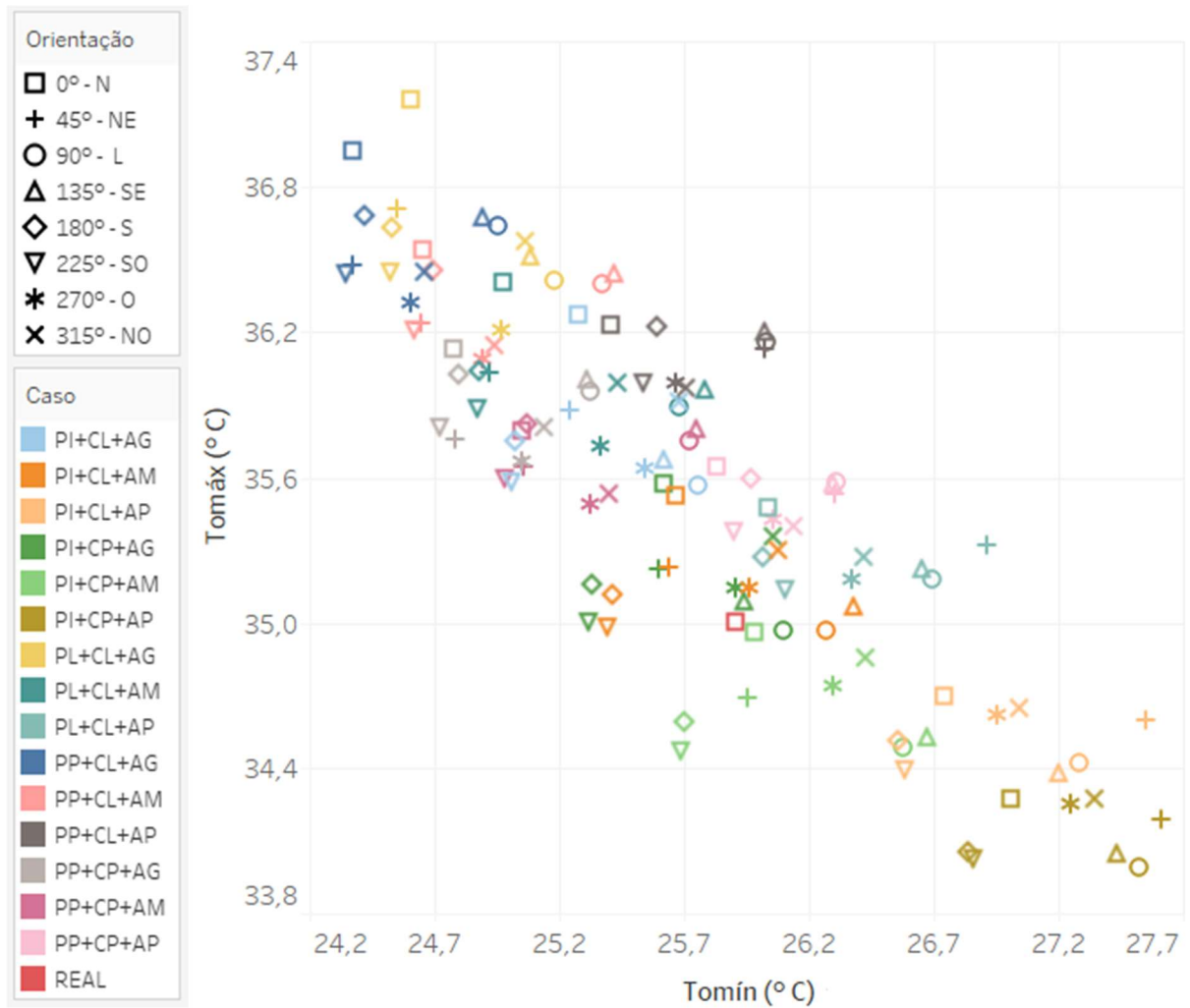
Figura 29 - Resultados de PHFT x CgTT para os casos avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados para os indicadores de temperatura operativa mostram-se mais dispersos, porém ainda é observado baixo desempenho para aberturas médias e grandes, presentes na maioria dos casos que não atingem nível mínimo. Aqui, observa-se uma maior influência da orientação, com maior sensibilidade à essa variável quando as temperaturas operativas máximas são mais reduzidas. A orientação norte (0°) não apresenta bom comportamento para esses critérios, enquanto com orientação a 225° observa-se um melhor desempenho comparativo na edificação.

Figura 30 - Resultados de Tomín x Tomáx para os casos avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 31 abaixo, são identificados os níveis de desempenho térmico encontrados para cada caso considerado.

Figura 31 - Nível de desempenho térmico para cada caso avaliado

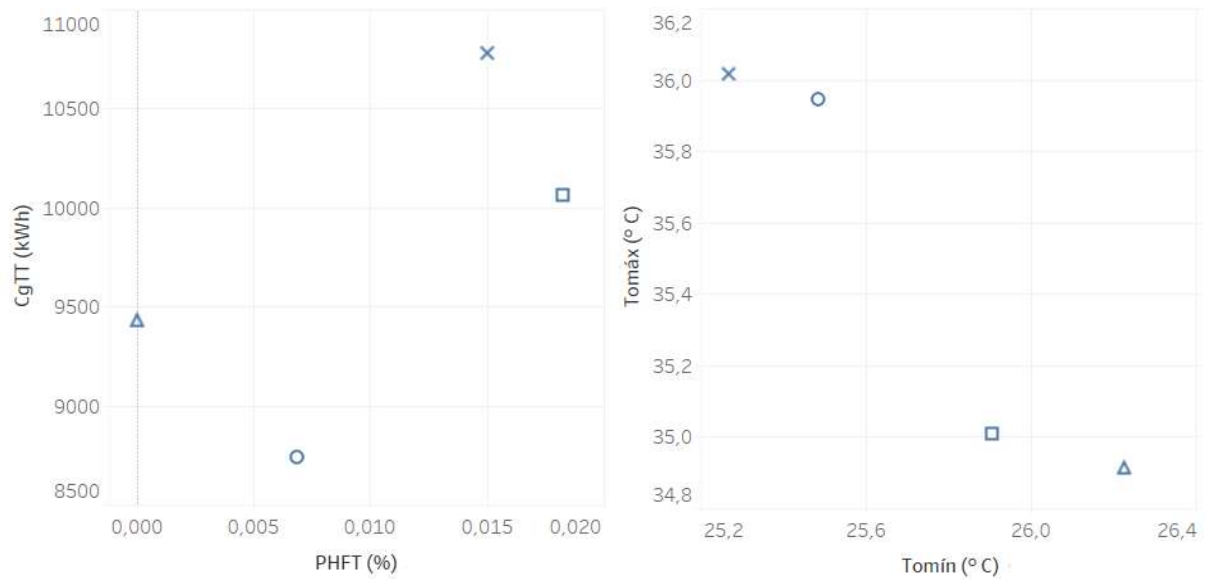


Fonte: elaborado pela autora.

É evidente através da análise da Figura 32 que a parede pesada com  $U = 4,40$   $W/m^2K$  não é uma boa solução construtiva a ser utilizada na cidade de São Luís. A carga térmica total é bastante elevada para esse sistema de fechamento, bem como a temperatura operativa máxima, com média próxima dos  $36$  °C.

Figura 32 - Resultados para as paredes variadas. a) PHFT x CgTT.  
b) Tomín x Tomáx.



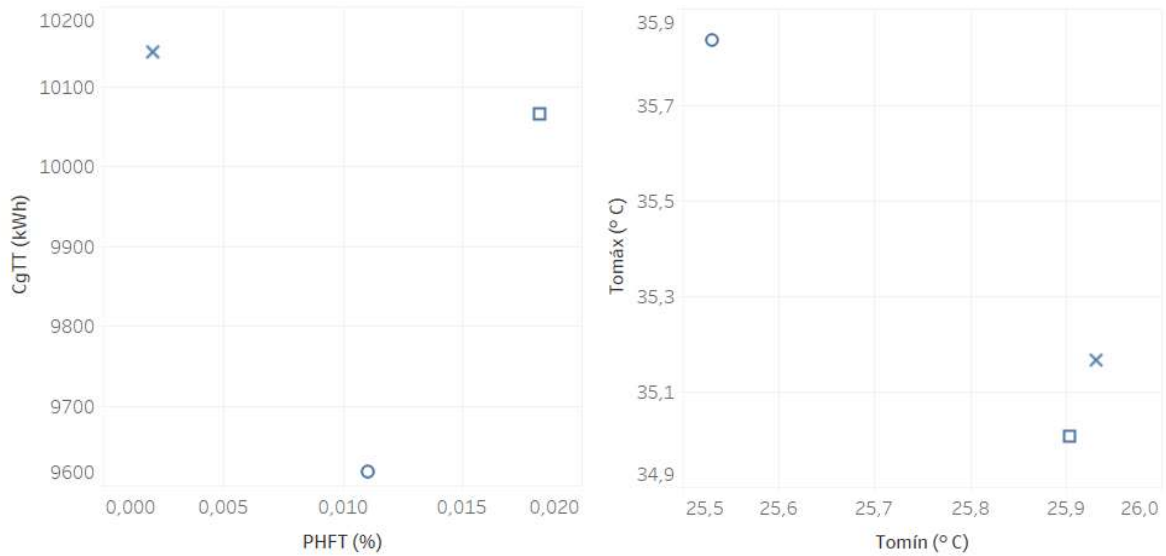


Fonte: elaborado pela autora.

Os sistemas de cobertura considerados apresentam resultados opostos segundo a Figura 33: para o indicador carga térmica total, a cobertura leve apresenta cargas térmicas bem abaixo das observadas para a cobertura pesada, porém, para a temperatura operativa máxima, as menores temperaturas são encontradas quando se utiliza cobertura pesada. Apesar desse comportamento, avalia-se que o indicador que apresenta maior relevância nessa análise é a carga térmica total, uma vez que a variação entre os resultados dos dois tipos de cobertura é de mais de 5% entre o valor mais alto e mais baixo encontrado, enquanto para a temperatura operativa máxima essa variação é de cerca de 1,8%. Ainda, a diferença entre a temperatura operativa máxima dos dois sistemas construtivos é de 0,67 °C, um valor bastante reduzido considerando temperaturas próximas a 36 °C.

Figura 33 - Resultados para as coberturas variadas. a) PHFT x CgTT.  
b) Tomín x Tomáx.





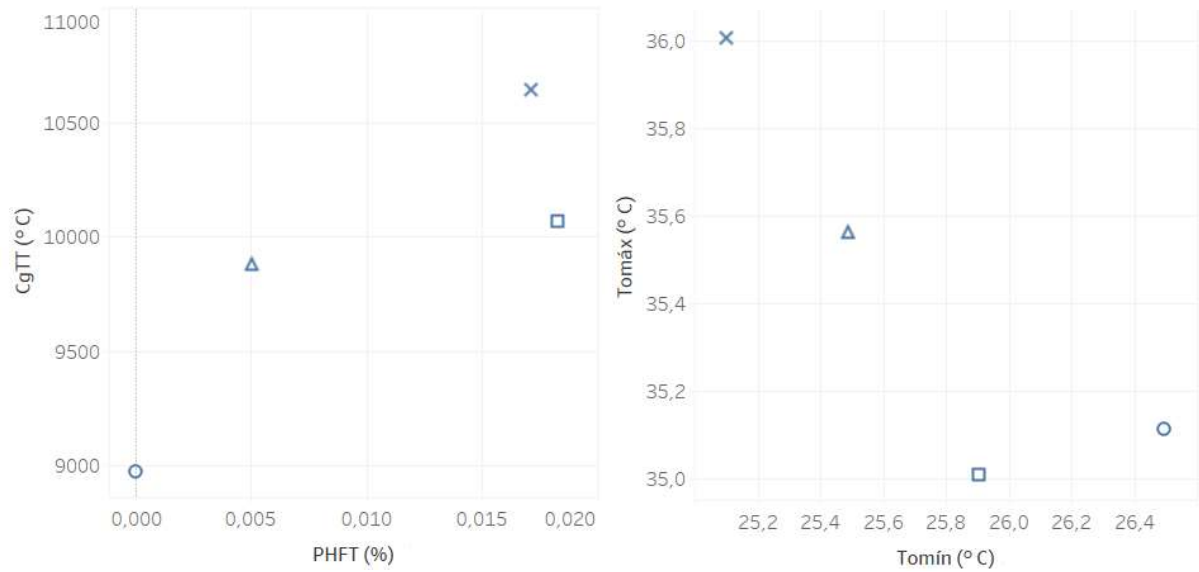
Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 34 evidencia a superioridade de aberturas pequenas frente à médias e grandes, com carga térmica e temperatura operativa máxima bastante inferiores. De acordo com a NBR 15220, na seção de diretrizes construtivas para a zona bioclimática 8, o mais indicado para esse tipo climático seriam aberturas grandes e sombreadas, no entanto, como aqui não foram considerados sombreamentos, aberturas pequenas seriam mais indicadas, pois para altas temperaturas os ganhos térmicos por convecção através das janelas funcionam mais como aquecimento do ambiente que como resfriamento. Além disso, a área grande das janelas favorece a entrada de grande quantidade de radiação e dificulta a saída de calor por ondas curtas, favorecendo a ocorrência do efeito estufa no interior dos ambientes.

Figura 34 - Resultados para os tamanhos de abertura variados.  
PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx.





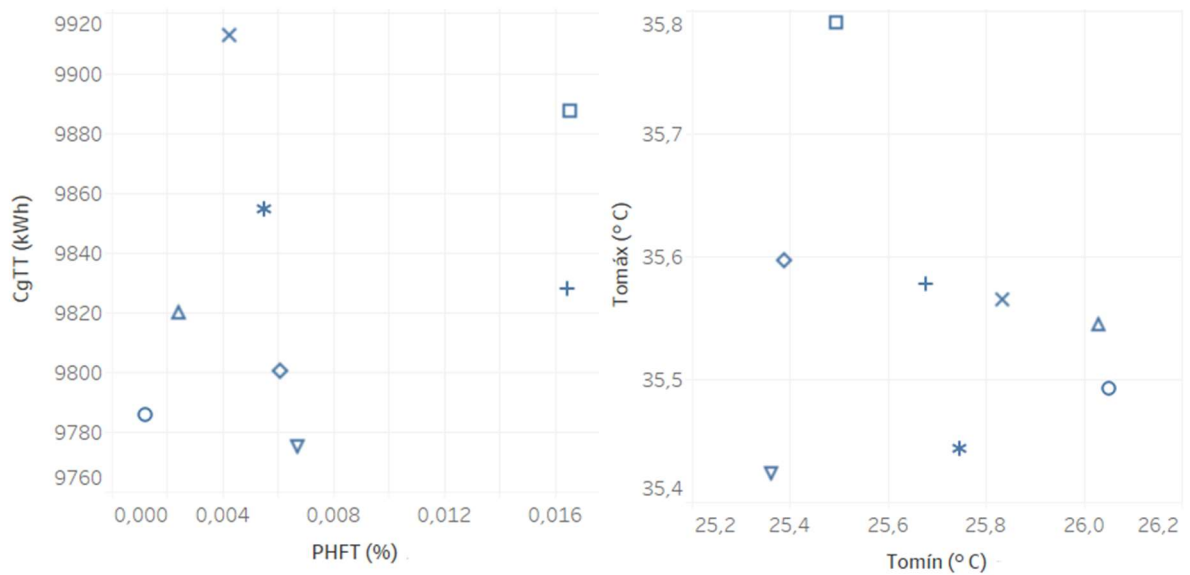


Fonte: elaborado pela autora.

Em ambos os gráficos da Figura 35, observa-se que, quando orientada a 225°, a edificação não recebe radiação solar nas fachadas da sala no período da tarde, quando as temperaturas são mais elevadas e esse ambiente encontra-se ocupado, mantendo as temperaturas internas mais reduzidas. Orientando a edificação a 0°, da mesma forma do modelo real, a fachada oeste da edificação apresenta elevado ganho térmico, agravado pela presença de abertura nessa fachada.

Figura 35 - Resultados para as orientações variadas. a) PHFT x CgTT. b) Tomín x Tomáx.

Orientação
□ 0° - N
+ 45° - NE
○ 90° - L
△ 135° - SE
◇ 180° - S
▽ 225° - SO
* 270° - O
× 315° - NO



Fonte: elaborado pela autora.

O modelo real da edificação atende ao nível mínimo para os indicadores de PHFT e temperatura operativa máxima, e atinge nível intermediário para CgTT. Em todos os casos avaliados, nenhum ultrapassou o modelo real em questões de nível de desempenho, todos apresentaram mesmo nível ou nível inferior, apesar de que, em alguns casos, os valores observados são melhores, como apresentado nos gráficos acima. Essa constatação mostra que, para clima tropical úmido, os parâmetros variados não são suficientes para elevar o nível de desempenho térmico, nesse caso deve-se pensar em adição de sombreamento nas janelas e isolamento térmico mais eficiente nas paredes e cobertura.

## 5 CONCLUSÕES

O estudo em questão utilizou de uma edificação unifamiliar térrea de interesse social, da faixa 1 do programa Minha Casa, Minha Vida para avaliar o desempenho térmico em três climas brasileiros. Foi definido um modelo real, com geometria e materiais construtivos semelhantes aos observados na realidade, que serviu de base para análises onde foram variados materiais construtivos, tamanho de aberturas e orientação de implantação a fim de compreender o impacto dessas alterações nos indicadores e níveis de desempenho térmico de acordo com o modelo de simulação descrito na NBR 15575.

Inicialmente, foram definidos os climas adotados e as variações na envoltória e na orientação, e em seguida realizou-se uma análise combinada, cruzando os parâmetros. Estes casos foram comparados com o modelo de referência, conforme descrito na NBR 15575:2021 e, a partir dessa comparação, foram obtidos os indicadores (percentual de horas dentro da faixa de temperatura operativa, temperaturas operativas máxima e mínima e carga térmica total) e os níveis de desempenho térmico. O mesmo foi feito para o modelo real. Em posse dos dados, todos os casos avaliados (modelo real e suas variações) foram inseridos em gráficos que permitiram a comparação entre todos os casos e, posteriormente, cada um dos parâmetros foi avaliado isolado, através de valores médios de todos os casos para os indicadores de desempenho.

Para a cidade de Curitiba, o tipo de parede adotada influencia bastante nos valores de carga térmica e temperatura operativa máxima. A parede intermediária ( $U = 2.39 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), composta por tijolos e revestimento de argamassa em ambas as faces, atingiu nível superior em 90% dos casos em que foi adotada, evidenciando sua superioridade em relação às demais alternativas. A cobertura pesada, apesar de ser observada em alguns casos em que fora obtido nível superior de desempenho, está presente em todos os casos com comportamento indesejável, onde nem mesmo o nível mínimo é atingido. As aberturas pequenas são observadas tanto no caso com melhor desempenho térmico como no de pior desempenho, sinalizando o papel secundário desse parâmetro em relação aos demais componentes da envoltória. No entanto, de modo geral, verifica-se a superioridade dos casos bons com aberturas pequenas em detrimento dos casos ruins, uma vez que entre os casos que obtiveram nível superior, 38% apresentam aberturas pequenas. Em relação às orientações de

implantação consideradas, na grande maioria dos casos, quando orientada a oeste ( $270^\circ$ ), os resultados da edificação foram otimizados, por diminuir a demanda por carga térmica de aquecimento nos dormitórios durante o inverno, uma vez que esses recebem grande quantidade de radiação durante todo o dia. Pelo contrário, a orientação a sudeste ( $135^\circ$ ) apresentou os resultados menos favoráveis, por expor as fachadas da sala à radiação solar durante quase todo o dia, elevando as temperaturas internas desse ambiente e, conseqüentemente, de toda a UH.

Avaliando individual e conjuntamente todos os resultados obtidos para a cidade de Curitiba, conclui-se que o caso otimizado para a edificação, dentro dos parâmetros considerados, é obtido com a combinação de parede de tijolos revestida com argamassa, laje de concreto maciço coberta com telha cerâmica e aberturas com área igual a 10% da área de piso do APP em que se encontra, orientada a oeste, por apresentar os melhores valores para os indicadores da NBR 15575:2021 e obter nível de desempenho térmico superior.

Para a cidade de Brasília foram poucos os casos que obtiveram nível de desempenho intermediário ou superior para algum dos critérios, de modo que, para a edificação avaliada, o nível mais alto atingido pela edificação foi o mínimo. Na análise das paredes, em nenhum dos casos em que foi adotada a parede leve atingiu-se o nível mínimo de desempenho, julgando esta como a solução construtiva para paredes menos recomendável para a situação considerada. Em relação à cobertura, apesar da solução leve compor os casos com melhores resultados, ela também faz parte da maioria dos casos com comportamentos indesejáveis, no entanto, pelo fato da grande maioria dos casos apresentar um desempenho ruim para esse tipo climático, não é correto afirmar que esta não seria a melhor solução a ser adotada. No caso das aberturas a avaliação é bastante simples: nos poucos casos onde foram encontrados valores satisfatórios para os indicadores de desempenho térmico, as aberturas de tamanho médio estiveram sempre presentes. Observando os piores resultados individuais de cada um dos indicadores de desempenho, mesmo que não pertencendo ao mesmo caso, a orientação sudeste ( $135^\circ$ ) esteve presente em 3 dos 4 resultados com comportamento mais desfavorável. Para os melhores resultados, a orientação a oeste ( $270^\circ$ ) apresentou a mesma relação, de 3 dos 4 resultados com comportamento otimizado.

Assim, observando os poucos casos onde a edificação apresenta nível mínimo de desempenho térmico, verifica-se que todos apresentam a combinação

PI+CL+AM de componentes da envoltória e, dentre estes, a orientação a oeste (270°) é a que apresenta os melhores resultados. Evidencia-se, entretanto, que para a cidade de Brasília o modelo real da edificação não atingiu o nível mínimo de desempenho térmico, o que reforça a necessidade da adoção de projetos específicos para cada tipo climático.

São Luís, a última cidade contemplada pela pesquisa, apresenta clima tropical úmido e valores de PHFT iguais ou muito próximos de zero em todas as avaliações realizadas, tanto individualmente quanto nas combinações de parâmetros. Dentre as avaliações, constatou-se que, em meio aos casos em que o nível mínimo de desempenho não foi atendido, as soluções com parede pesada continham os resultados mais desfavoráveis. A parede intermediária, assim como em Curitiba e Brasília, apresentou valores comparativamente satisfatórios. O tamanho das aberturas exerce bastante influência no desempenho térmico para o clima de São Luís, todos os casos que se comportam de maneira evidentemente desfavorável aos indicadores de desempenho apresentam aberturas grandes, favorecendo a entrada de calor nos ambientes da habitação. A orientação, em localidades onde a média de temperaturas é constantemente elevada, não influencia de forma tão expressiva no desempenho térmico das edificações, mas pode-se observar que quando orientada a sudoeste (225°), a edificação tende a elevar o nível de desempenho.

Em vista às conclusões encontradas para a cidade de São Luís, identificou-se o caso PI+CP+AP, orientado a sudoeste, como otimizado dentre os demais considerados.

Sabendo que o modelo real considerado como base para as análises trata-se de uma tipologia construtiva que realmente é implementada em todo o país, tanto em relação aos materiais construtivos utilizados quanto à geometria, é possível perceber através da pesquisa realizada que nem sempre esse modelo padrão se adapta às demandas climáticas do local em que é inserido. Nas três situações de climas avaliados, mudanças simples na envoltória e na orientação da edificação podem trazer diversos ganhos no desempenho térmico da mesma. Por isso, é importante que se avalie corretamente as condições climáticas para que o projeto da edificação forneça ao usuário conforto e baixo gasto energético após sua execução, pois soluções construtivas que funcionam em clima quente e úmido nem sempre serão as mesmas que trarão um bom desempenho em climas amenos, por exemplo.

Através do presente estudo, mostra-se que as demandas construtivas de cada uma das cidades consideradas divergem. Mesmo que os casos otimizados para Curitiba e São Luís tenham sido iguais em relação à envoltória, a orientação ótima não é a mesma e Curitiba atinge nível superior de desempenho térmico nessas condições enquanto São Luís apresenta apenas nível mínimo, com cargas térmicas totais quase vinte vezes maiores que em Curitiba. Ainda, Curitiba e Brasília apresentam orientação ótima coincidente, porém a primeira comporta-se melhor com cobertura pesada e a segunda, mesmo que se comporte melhor com cobertura leve, atinge apenas o nível mínimo de desempenho térmico.

## 5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Durante e após o desenvolvimento do trabalho, foram identificadas algumas limitações:

- a) Análise de uma quantidade pequena de variações da envoltória;
- b) Análise de uma quantidade reduzida de tipos climáticos brasileiros;
- c) A absorvância não foi variada, sendo que exerce grande influência no desempenho térmico;
- d) As paredes internas foram mantidas conforme o observado no modelo real.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, recomenda-se:

- a) Realizar o estudo para outras tipologias de habitações de interesse social com o intuito de avaliar se as alterações apresentam o mesmo impacto;
- b) Avaliar uma gama maior de sistemas construtivos da envoltória;
- c) Considerar mais climas do Brasil;
- d) Alterar não apenas os materiais construtivos das paredes externas, mas também das paredes internas;
- e) Realizar uma análise da relação custo/benefício acerca das propostas, a fim de avaliar a aplicabilidade das mesmas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto 02:135.07-001/2 – 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**. Rio de Janeiro, 2003.

ARAÚJO, Hitalo José Tavares de; BATISTA, Pedro Igor Bezerra; PÓVOAS, Yêda Vieira; ROCHA, Joaquin Humberto Aquino. **Estudo do desempenho térmico de uma edificação da POLI-UPE de acordo com a NBR 15575**. Revista de Engenharia Civil Imed, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 40, 21 set. 2021. Complexo de Ensino Superior Meridional S.A.. <http://dx.doi.org/10.18256/2358-6508.2021.v8i1.3435>.

BATISTA, Juliana Oliveira; LAMBERTS, Roberto; WESTPHAL, Fernando Simon. **Avaliação de Desempenho Térmico de Componentes Construtivos Utilizando o EnergyPlus**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído ENCAC/Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído ENLACAC. Maceió, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Lamberts/publication/267789226\\_AVALIACAO\\_DE\\_DESEMPENHO\\_TERMICO\\_DE\\_COMPONENTES\\_CONSTRUTIVOS\\_UTILIZANDO\\_O\\_ENERGYPLUS/links/54b52f360cf26833efd07597/AVALIACAO-DE-DESEMPENHO-TERMICO-DE-COMPONENTES-CONSTRUTIVOS-UTILIZANDO-O-ENERGYPLUS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Lamberts/publication/267789226_AVALIACAO_DE_DESEMPENHO_TERMICO_DE_COMPONENTES_CONSTRUTIVOS_UTILIZANDO_O_ENERGYPLUS/links/54b52f360cf26833efd07597/AVALIACAO-DE-DESEMPENHO-TERMICO-DE-COMPONENTES-CONSTRUTIVOS-UTILIZANDO-O-ENERGYPLUS.pdf). Acesso em 19 jun. 2023.

BIG LADDER SOFTWARE. **Euclid Plugin**. Disponível em: <https://bigladdersoftware.com/projects/euclid>. Acesso em 04 de agosto de 2022.

BOGO, Amilcar José. **Reflexões Críticas Quanto as Limitações do Texto das Normas Brasileiras de Desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575**. Holos, [S.L.], v. 7, p. 290-298, 12 nov. 2016. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2016.4389>

BÖHM, Thais. **Minha Casa Minha Vida não reduziu déficit habitacional, afirma estudo**: Demanda por moradias continua a mesma de 2009, quando o programa foi lançado. Especialistas defendem investir em imóveis já existentes. Jornal do Senado, Brasília, 2018. Disponível em: [https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/538499/Cidadania\\_622.pdf?sequence=1](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/538499/Cidadania_622.pdf?sequence=1). Acesso em set. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Pesquisa de satisfação dos beneficiários do Programa Minha Casa Minha Vida**. Brasília, DF, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Minha Casa, Minha Vida vai contratar 2 milhões de moradias até 2026**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/noticias-1/minha-casa-minha-vida-vai-contratar-2-milhoes-de-moradias-ate-2026#:~:text=Foi%20publicada%20nesta%20quinta%2Dfeira,pele%20Minha%20Casa%20Minha%20Vida>. Acesso em jun. 2023.

CACCIA, Lara Schmitt; EVERS, Henrique; SCHLATTER, Camila Fernandes; BETTI, Luana Priscila. **Sustentabilidade em Habitações de Interesse Social**: Benefícios e custos de medidas para eficiência no consumo de água e energia. WRI BRASIL, WRI Cidades (org), 2017. Disponível em: [https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/Sustentabilidade-em-Habitacao-de-Interesse-Social\\_mar18.pdf](https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/Sustentabilidade-em-Habitacao-de-Interesse-Social_mar18.pdf). Acesso em abr. 2023.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Financiamento Habitacional - Minha Casa Minha Vida**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx> Acesso em 29 de novembro de 2022.



CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientado para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.**

Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308 p. Disponível em: [https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Guia\\_da\\_Norma\\_de\\_Desempenho\\_2013.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Guia_da_Norma_de_Desempenho_2013.pdf). Acesso em 17 jun. 2023

CHVATAL, Karin Maria Soares. **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. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/KtKYFm865hxXwPvpfMcBncH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 17 jun. 2023

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Curitiba.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/curitiba-2010/>. Acesso em jan. 2023.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: São Luís.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/maranhao/sao-luis-1671/>. Acesso em jan. 2023.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Brasília.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/distrito-federal/brasil-852/>. Acesso em jan. 2023.

CORACIARA, Amanda. **Sustentabilidade no Programa Minha Casa Minha Vida.**

2019. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico do Porto (Portugal), Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2019. Disponível em: <https://www.proquest.com/pagepdf/2628776492?accountid=26642>. Acesso em 20 fev. 2023

CRAWLEY, Drury et al. **EnergyPlus: an update.** Assistant Secretary for Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of the Building Technologies Program of the US Department of Energy. 2004. Disponível em: <https://simulationresearch.lbl.gov/dirpubs/55518.pdf>. Acesso em mai. 2023.

CRAWLEY, Drury; LAWRIE, Linda. **Climate. onebuilding.org**. Disponível em: <http://climate.onebuilding.org>. Acesso em novembro de 2022.

DE SOUSA, David Lohan Pereira. **Análise do Desempenho Térmico de um Edifício Utilizando o Software EnergyPlus**. 2022. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2022

DE SOUZA, L. et al. **O impacto do uso de isolamento na cobertura de acordo com a NBR 15575**. XIX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2022. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2161/1790>. Acesso em mai. 2023.

DORNELLES, Kelen; RORIZ, Maurício. **Identificação da absortância solar de superfícies opacas por meio de espectrômetro de baixo custo**. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2006.

ELI, L.G.; KRELLING, A.F.; OLINGER, M.S.; MELO, A.P.; LAMBERTS, R. **Thermal performance of residential building with mixed-mode and passive cooling strategies: the brazilian context**. Energy And Buildings, [S.L.], v. 244, p. 111047, ago. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111047>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Climas Brasileiros**. 2011. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em jan. 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact%20Sheet%20-%20Anu%20C3%A1rio%20Estat%20C3%ADstico%20de%20Energia%20EI%20C3%A9trica%202022.pdf>. Acesso em mai. 2022.

FERNANDES, Luiz Fernando Vargas Malerba et al. **Conjunto habitacional de interesse social: projeto de revitalização**. Faculdades Integradas Teresa D'Ávila,

2014. Disponível em:  
[https://web.archive.org/web/20180414182752id\\_/http://publicacoes.fatea.br/index.php/janus/article/viewFile/1536/1179](https://web.archive.org/web/20180414182752id_/http://publicacoes.fatea.br/index.php/janus/article/viewFile/1536/1179)

FERREIRA, Camila Carvalho; PEREIRA, Iraci Miranda. **Avaliação de desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15575, para as diversas zonas bioclimáticas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2012. p. 3590-3595.  
 . Acesso em fev. 2023.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Déficit habitacional no Brasil - 2016-2019**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <http://fjp.mg.gov.br/deficit-habitacional-no-brasil/>  
 Acesso em 15 de novembro de 2022.

GHISI, Enedir; MASSIGNANI, Ricardo Felipe. **Thermal performance of bedrooms in a multi-storey residential building in southern Brazil**. Building And Environment, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 730-742, fev. 2007. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.026>.

GONÇALVES JUNIOR, Carlos Alberto; DUTRA, Ricardo Luis; RODRIGUES, Rossana Lott. **O impacto do Programa Minha Casa, Minha Vida na economia brasileira: uma análise de insumo-produto**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 177-189, 2014. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/ac/a/7Lr8Q4sbfLj9byJbvmRh5G/?format=pdf&lang=pt>.  
 Acesso em set. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese de Indicadores Sociais**. Brasil, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/35687-em-2021-pobreza-tem-aumento-recorde-e-atinge-62-5-milhoes-de-pessoas-maior-nivel-desde-2012>. Acesso em mai. 2022.

IBPSA-USA. International Building Performance Simulation Association. **Building Energy Software Tools – Best Directory**. United States of America. Disponível em: <https://www.buildingenergysoftwaretools.com/> Acesso em abr. 2023.

IBPSA-BRASIL. **International Building Performance Simulation Association**. Brasil. Disponível em: <http://www.ibpsa.org.br/pt-br>. Acesso em abr. 2023.

KRELLING, Amanda F.; ELI, Letícia G.; OLINGER, Marcelo S.; VEIGA, Rodolfo K.S.; MELO, Ana P.; LAMBERTS, Roberto. **Proposta de método de avaliação do desempenho térmico de residências: NBR 15575**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. ANTAC, 2020. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/847/529> . Acesso em 19 jun. 2023.

KRELLING, A.F.; ELI, L.G.; OLINGER, M.s.; MACHADO, R.M.e.s.; MELO, A.P.; LAMBERTS, R.. **A thermal performance standard for residential buildings in warm climates: lessons learned in Brazil**. Energy And Buildings, [S.L.], v. 281, p. 112770, fev. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112770>.

LEITE, Esdras Williams. **O Direito à Moradia e as Políticas Públicas Voltadas à sua Implementação**. 2022. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Direito, Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais - Fajs, Centro Universitário de Brasília - Ceub, Brasília, 2022.

LIAW, Cylon; DA SILVA, Vitória Elisa; MADURO, Rebecca; MEGRÈ, Milena; GONÇALVES, Julio Cesar de Souza Inácio; DOS SANTOS, Edmilson Moutinho; MOUETTE, Dominique. **Thermal Comfort Analysis Using System Dynamics Modeling: Sustainable Scenario Proposition for Low-Income Housing in Brazil**. Sustainability, Basel, 28 mar. 2023.

LIMA, Thomás. **As Regras do Minha Casa Minha Vida que Você Precisa Conhecer**. 2022. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/regras-do-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 03 mar. 2023.

MALTA, Gabrielle Sperandio. **Habitação de Interesse Social em Light Steel Framing no Brasil: avaliação da percepção do usuário sobre a moradia.** 20201. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021

MAZZAFERRO, Leonardo; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **Manual de Simulação Computacional de Edifícios com o Uso do Objeto Ground Domain no Programa EnergyPlus.** Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações CB3E – Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

MELO, Thiago da Costa. **Eficiência Energética e Conforto Térmico em Edificações em Recife Utilizando o EnergyPlus.** 2018. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

MENDES, Nathan; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto; DA CUNHA NETO, José A. Bellini. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, 2005. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br//index.php/ambienteconstruido/article/view/3657/2013>. Acesso em mai. 2023.

MONTEIRO, Verônica Stefanichen; PEZZUTO, Cláudia Cotrim. **Influência dos elementos da Envoltória na Eficiência Energética de Edificações.** Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, Campinas, 2012.

MOTA, C.V. **Calculadora de renda: 90% dos brasileiros ganham menos de R\$ 3.500.** BBC News Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-57909632> Acesso em 15/11/2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos.** 1948. Disponível em: <https://www.unicef.org/>. Acesso em mai. 2022.

PBE EDIFICA. Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. **Anexo da Portaria INMETRO nº 50/2013: Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros.** Brasil, 2017.

PIZZONI, Candida Pasini. **Análise de Desempenho Térmico de Habitação de Interesse Social conforme a NBR 15220 e Proposta de Retrofit em Madeira.** Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 4, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://enssus2016.paginas.ufsc.br/files/2016/04/ANAIS-ENSUS-COMPLETO-2016-339-350.pdf>. Acesso em 25 nov. 2022.

SALES, Elisa M.; BRITO, Adriana C.; AKUTSU, Maria; AQUILINO, Marcelo de Mello. **Efeito de Variações no Projeto de Arquitetura de uma Habitação no seu Desempenho Térmico.** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, Maceió, 2014.

SCHAEDLER, Luciano. **Simulação Computacional de uma Residência Visando a Análise do Consumo Energético.** 2014, 49 f. TCC (Graduação). Faculdade Horizontina. Curso de Engenharia Mecânica, 2014.

SORGATO, Marcio José. **Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares Ventiladas Naturalmente.** 2009. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SORGATO, Marcio José; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15.575.** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente construído ENCAC/Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído ENLACAC Paranoá, Brasília, n 12, p. 13-22, 2014.

SORGATO, Marcio José; MELO, Ana Paula; MARINOSKI, Deivis Luís; LAMBERTS, Roberto. **Nota técnica referente à avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. Disponível em:

[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/notas\\_tecnicas/NT\\_15575\\_FINAL.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/notas_tecnicas/NT_15575_FINAL.pdf). Acesso em mai. 2023

THERY, Herve. **Novas Paisagens Urbanas do Programa Minha Casa, Minha Vida**. Mercator, [S.L.], v. 16, n. 01, p. 1-14, 13 jan. 2017. Mercator - Revista de Geografia da UFC. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2017.e16002>.

TRIANA, Maria Andreia. **Abordagem integrada no ciclo de vida de habitação de interesse social considerando mudanças climáticas**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. 473 p.

TRIMBLE. **SketchUp Make**. Disponível em: <https://www.sketchup.com/>. Acesso em 04 de agosto de 2022.

TRINDADE, Sileno Cirne; PEDRINI, Aldomar; DUARTE, Raimundo Nonato Calazans. **Métodos de aplicação da simulação computacional em edifícios naturalmente ventilados no clima quente e úmido**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 37-58, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/JKX7vpVB8HBjXL5CFPDxfvx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em mai. 2023.

VEIGA, Clara Zibetti Matuella; DE SOUZA, Larissa Pereira; LAMBERTS, Roberto. **Análise da Influência da Orientação Solar em Habitações de Interesse Social para Diferentes Climas do Brasil**. Congresso Latino Americano de Simulação de Edifícios – IBPSA LATAM, p. 189-194. Florianópolis, 2023.

VILLACA, Flávio José Magalhães. **O que todo cidadão precisa saber sobre habitação**. São Paulo: Global, 1986.

WENZEL, T.; GUTIERREZ, G. **Desempenho térmico de materiais para coberturas e respectivas influências nas ilhas de calor**. XVII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2018. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1715/1496>. Acesso em mai. 2023.

WONG, N. H.; LI, S. **A study of the effectiveness of passive climate control in naturally ventilated residential buildings in Singapore.** Building and Environment, v. 42, n. 3, p. 13951405, 2007.

ZHAI, Zhiqiang; CHEN, Qingyan, KLEMS, Joseph H., HAVES, Philip. **Strategies for coupling energy simulation and computational fluid dynamics programs.** United States, 2001.



# APÊNDICE I

Cidade	Caso	Orientação	PHFT	Nível (PHFT)	CGTT	Nível (CgTT)	Tomax	Nível (Tomáx)	Tomin	Nível (Tomin)	PHFT (%)	Abertura	Parade	Cobertura	Nível de Desempenho
Brasília	REAL	N (0°)	0.869863	Mínimo	1295.21	Não atende	33.08013	Não atende	18.17968	Atende	86.9863	Real	Real	Real	Não Atende
Curitiba	REAL	N (0°)	0.733858	Mínimo	1004.464	Não atende	31.17068	Atende	13.73261	Atende	73.38584	Real	Real	Real	Mínimo
São Luís	REAL	N (0°)	0.000183	Mínimo	10064.99	Intermediário	35.00711	Atende	25.90462	Atende	0.018265	Real	Real	Real	Mínimo
Brasília	PL+CL+AG	L (90°)	0.860023	Mínimo	1748.532	Não atende	36.38363	Não atende	17.24276	Atende	86.00238	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AG	N (0°)	0.868493	Mínimo	1655.572	Não atende	36.68833	Não atende	17.24911	Atende	86.84932	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AG	NE (45°)	0.865205	Mínimo	1700.582	Não atende	36.77346	Não atende	17.19324	Atende	86.52055	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AG	NO (315°)	0.871073	Mínimo	1637.93	Não atende	36.61857	Não atende	17.29015	Atende	87.10731	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AG	O (270°)	0.866781	Mínimo	1648.727	Não atende	36.14868	Não atende	17.21523	Atende	86.67808	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AG	S (180°)	0.860068	Mínimo	1754.823	Não atende	36.22451	Não atende	17.24476	Atende	86.00685	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AG	SE (135°)	0.855479	Mínimo	1810.621	Não atende	36.3606	Não atende	17.23224	Atende	85.54795	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AG	SO (225°)	0.862945	Mínimo	1700.392	Não atende	36.357	Não atende	17.23424	Atende	86.29452	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	L (90°)	0.879772	Intermediário/Superior	1387.163	Não atende	35.051	Não atende	17.54574	Atende	87.97717	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	N (0°)	0.886758	Intermediário/Superior	1318.596	Não atende	35.34102	Não atende	17.46094	Atende	88.6758	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	NE (45°)	0.884579	Intermediário/Superior	1342.488	Não atende	35.40156	Não atende	17.49979	Atende	88.54795	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	NO (315°)	0.887283	Intermediário/Superior	1330.617	Não atende	35.32857	Não atende	17.47073	Atende	88.72831	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	O (270°)	0.884954	Intermediário/Superior	1330.648	Não atende	34.96523	Não atende	17.78381	Atende	88.49543	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	S (180°)	0.878927	Intermediário/Superior	1406.384	Não atende	35.03037	Não atende	17.91647	Atende	87.89269	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	SE (135°)	0.872557	Mínimo	1471.725	Não atende	35.08034	Não atende	17.72112	Atende	87.25571	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AG	SO (225°)	0.881119	Intermediário/Superior	1376.815	Não atende	35.1602	Não atende	17.87645	Atende	88.11187	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AM	L (90°)	0.880685	Intermediário/Superior	1231.806	Não atende	34.62399	Atende	17.87836	Atende	88.06849	Média	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AM	N (0°)	0.885845	Intermediário/Superior	1190.721	Não atende	34.88124	Não atende	17.77898	Atende	88.58447	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AM	NE (45°)	0.883836	Intermediário/Superior	1210.313	Não atende	34.91042	Não atende	17.81282	Atende	88.38356	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
Brasília	PI+CL+AM	NO (315°)	0.885913	Intermediário/Superior	1202.853	Não atende	34.83575	Atende	17.87951	Atende	88.59132	Média	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AM	O (270°)	0.886187	Intermediário/Superior	1185.512	Não atende	34.56526	Atende	17.99617	Atende	88.61872	Média	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AM	S (180°)	0.880753	Intermediário/Superior	1243.774	Não atende	34.69926	Atende	18.14472	Atende	88.07534	Média	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AM	SE (135°)	0.874795	Mínimo	1298.239	Não atende	34.71418	Atende	17.89404	Atende	87.47945	Média	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AM	SO (225°)	0.882603	Intermediário/Superior	1223.396	Não atende	34.80487	Atende	18.17243	Atende	88.26027	Média	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	L (90°)	0.857694	Mínimo	1197.344	Não atende	34.22774	Atende	18.30392	Atende	85.76941	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	N (0°)	0.859543	Mínimo	1186.385	Não atende	34.38154	Atende	18.01213	Atende	85.95434	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	NE (45°)	0.851758	Mínimo	1226.957	Não atende	34.43164	Atende	18.21018	Atende	85.1758	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	NO (315°)	0.858516	Mínimo	1197.221	Não atende	34.40127	Atende	17.98298	Atende	85.8516	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	O (270°)	0.862032	Mínimo	1170.805	Não atende	34.23343	Atende	18.09308	Atende	86.2032	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	S (180°)	0.858584	Mínimo	1208.073	Não atende	34.36745	Atende	18.30264	Atende	85.85845	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	SE (135°)	0.851438	Mínimo	1255.361	Não atende	34.3731	Atende	18.25895	Atende	85.14384	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CL+AP	SO (225°)	0.862489	Mínimo	1180.976	Não atende	34.40565	Atende	18.09776	Atende	86.24886	Pequena	Intermediária	Leve	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	L (90°)	0.864315	Mínimo	1430.538	Não atende	33.69717	Atende	17.85436	Atende	86.43151	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	N (0°)	0.870822	Mínimo	1376.99	Não atende	33.90251	Atende	17.67231	Atende	87.08219	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	NE (45°)	0.870023	Mínimo	1390.214	Não atende	33.97292	Atende	17.79021	Atende	87.00228	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	NO (315°)	0.870251	Mínimo	1399.412	Não atende	33.93307	Atende	17.61038	Atende	87.02511	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	O (270°)	0.869201	Mínimo	1393.593	Não atende	33.61998	Atende	18.16419	Atende	86.92009	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	S (180°)	0.864201	Mínimo	1448.217	Não atende	33.5873	Atende	18.03949	Atende	86.42009	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	SE (135°)	0.856461	Mínimo	1528.125	Não atende	33.77485	Atende	17.95447	Atende	85.64612	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AG	SO (225°)	0.866621	Mínimo	1431.367	Não atende	33.69428	Atende	18.10243	Atende	86.6621	Grande	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	L (90°)	0.853676	Mínimo	1368.474	Não atende	33.23659	Atende	18.24797	Atende	85.36758	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	N (0°)	0.856826	Mínimo	1347.018	Não atende	33.4014	Atende	18.12165	Atende	85.68265	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	NE (45°)	0.856005	Mínimo	1356.981	Não atende	33.43171	Atende	18.02877	Atende	85.60046	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	NO (315°)	0.856598	Mínimo	1367.291	Não atende	33.4979	Atende	18.05641	Atende	85.65982	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	O (270°)	0.856941	Mínimo	1347.545	Não atende	33.30383	Atende	18.22476	Atende	85.69406	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	S (180°)	0.853379	Mínimo	1391.489	Não atende	33.28984	Atende	18.30435	Atende	85.3379	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	SE (135°)	0.842945	Mínimo	1478.1	Não atende	33.36396	Atende	18.33121	Atende	84.29452	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AM	SO (225°)	0.854612	Mínimo	1380.638	Não atende	33.36188	Atende	18.39089	Atende	85.46119	Média	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AP	L (90°)	0.871213	Não atende	1595.541	Não atende	32.9183	Atende	18.48578	Atende	78.21233	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
Brasília	PI+CP+AP	N (0°)	0.789132	Mínimo	1562.505	Não atende	33.02704	Atende	18.33064	Atende	78.91324	Pequena	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AP	NE (45°)	0.774863	Não atende	1629.593	Não atende	33.06321	Atende	18.46385	Atende	77.4863	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
Brasília	PI+CP+AP	NO (315°)	0.785114	Não atende	1597.776	Não atende	33.12844	Atende	18.28281	Atende	78.51142	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
Brasília	PI+CP+AP	O (270°)	0.789155	Mínimo	1567.247	Não atende	32.99534	Atende	18.38989	Atende	78.91553	Pequena	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PI+CP+AP	S (180°)	0.781758	Não atende	1621.891	Não atende	33.03261	Atende	18.53906	Atende	78.1758	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
Brasília	PI+CP+AP	SE (135°)	0.773447	Não atende	1667.639	Não atende	33.06819	Atende	18.50778	Atende	77.34475	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
Brasília	PI+CP+AP	SO (225°)	0.789772	Mínimo	1575.186	Não atende	33.05182	Atende	18.45029	Atende	78.97717	Pequena	Intermediária	Pesada	Mínimo
Brasília	PL+CL+AM	L (90°)	0.854886	Mínimo	1616.295	Não atende	36.18298	Não atende	17.29783	Atende	85.48858	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AM	N (0°)	0.864817	Mínimo	1536.264	Não atende	36.38696	Não atende	17.29729	Atende	86.48174	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AM	NE (45°)	0.86242	Mínimo	1565.537	Não atende	36.49115	Não atende	17.23822	Atende	86.24201	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AM	NO (315°)	0.866598	Mínimo	1524.512	Não atende	36.32522	Não atende	17.25782	Atende	86.65982	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AM	O (270°)	0.864201	Mínimo	1520.853	Não atende	35.95106	Não atende	17.31617	Atende	86.42009	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AM	S (180°)	0.857146	Mínimo	1605.571	Não atende	36.05259	Não atende	17.45465	Atende	85.71461	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AM	SE (135°)	0.849726	Mínimo	1670.887	Não atende	36.21987	Não atende	17.3677	Atende	84.9726	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AM	SO (225°)	0.861461	Mínimo	1554.896	Não atende	36.15213	Não atende	17.27578	Atende	86.14612	Média	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	L (90°)	0.836918	Mínimo	1529.546	Não atende	36.00745	Não atende	17.59158	Atende	83.69178	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	N (0°)	0.841416	Mínimo	1502.488	Não atende	36.17106	Não atende	17.49504	Atende	84.14155	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	NE (45°)	0.836416	Mínimo	1533.686	Não atende	36.24293	Não atende	17.56476	Atende	83.64155	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	NO (315°)	0.842922	Mínimo	1488.441	Não atende	36.0818	Não atende	17.45433	Atende	84.29224	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	O (270°)	0.843904	Mínimo	1466.778	Não atende	35.80225	Não atende	17.33167	Atende	84.39041	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	S (180°)	0.840457	Mínimo	1511.234	Não atende	35.96672	Não atende	17.61128	Atende	84.04566	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	SE (135°)	0.83258	Mínimo	1567.679	Não atende	36.08699	Não atende	17.53313	Atende	83.25799	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PL+CL+AP	SO (225°)	0.844795	Mínimo	1470.952	Não atende	36.00348	Não atende	17.56457	Atende	84.47945	Pequena	Leve	Leve	Não Atende
Brasília	PP+CL+AG	L (90°)	0.857694	Mínimo	1759.971	Não atende	35.67954	Não atende	16.73585	Atende	85.76941	Grande	Pesada	Leve	Não Atende
Brasília	PP+CL+AG	N (0°)	0.870274	Mínimo	1604.678	Não atende	35.92089	Não atende	16.75005	Atende	87.0274	Grande	Pesada	Leve	Não Atende
Brasília	PP+CL+AG	NE (45°)	0.865434	Mínimo											

Brasília	PP+CP+AM	NO (315*)	0.847192	Mínimo	1636.026	Não atende	34.46979	Atende	17.26353	Atende	84.71918	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AM	O (270*)	0.847831	Mínimo	1595.553	Não atende	34.08901	Atende	17.16327	Atende	84.78311	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AM	S (180*)	0.838493	Mínimo	1727.789	Não atende	34.13749	Atende	17.25693	Atende	83.84932	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AM	SE (135*)	0.828447	Mínimo	1845.581	Não atende	34.33451	Atende	17.32717	Atende	82.84475	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AM	SO (225*)	0.843037	Mínimo	1665.216	Não atende	34.23701	Atende	17.28944	Atende	84.30365	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	L (90*)	0.191689	Mínimo	1942.678	Não atende	34.11936	Atende	17.36215	Atende	79.16895	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	N (0*)	0.802215	Mínimo	1832.997	Não atende	34.35607	Atende	17.36063	Atende	80.22146	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	NE (45*)	0.792831	Mínimo	1920.482	Não atende	34.47104	Atende	17.40503	Atende	79.28311	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	NO (315*)	0.801484	Mínimo	1836.297	Não atende	34.46369	Atende	17.397	Atende	80.1484	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	O (270*)	0.802374	Mínimo	1801.002	Não atende	34.06997	Atende	17.47232	Atende	80.23744	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	S (180*)	0.794688	Mínimo	1914.86	Não atende	34.13486	Atende	17.33677	Atende	79.46804	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	SE (135*)	0.78484	Mínimo	2017.31	Não atende	34.35021	Atende	17.30791	Atende	78.48402	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Brasília	PP+CP+AP	SO (225*)	0.803265	Mínimo	1830.5	Não atende	34.22309	Atende	17.38487	Atende	80.32648	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PI+CL+AG	L (90*)	0.811986	Intermediário/Superior	729.8872	Intermediário	32.86329	Atende	14.54033	Atende	81.19663	Grande	Intermediária	Leve	Intermediário
Curitiba	PI+CL+AG	N (0*)	0.799932	Intermediário/Superior	740.8663	Intermediário	33.04487	Atende	14.55535	Atende	79.99315	Grande	Intermediária	Leve	Intermediário
Curitiba	PI+CL+AG	NE (45*)	0.799703	Intermediário/Superior	755.9975	Intermediário	33.06532	Atende	14.53207	Atende	79.97032	Grande	Intermediária	Leve	Intermediário
Curitiba	PI+CL+AG	NO (315*)	0.814406	Intermediário/Superior	672.5921	Intermediário	33.2182	Atende	14.60704	Atende	81.44064	Grande	Intermediária	Leve	Intermediário
Curitiba	PI+CL+AG	O (270*)	0.838082	Intermediário/Superior	610.4519	Superior	33.09504	Atende	14.76115	Atende	83.80822	Grande	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AG	S (180*)	0.845	Intermediário/Superior	624.726	Superior	32.96823	Atende	14.77248	Atende	84.5	Grande	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AG	SE (135*)	0.823379	Intermediário/Superior	720.4098	Intermediário	32.92422	Atende	14.66636	Atende	82.3379	Grande	Intermediária	Leve	Intermediário
Curitiba	PI+CL+AG	SO (225*)	0.84742	Intermediário/Superior	604.5359	Superior	33.15826	Atende	14.78874	Atende	84.74201	Grande	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	L (90*)	0.820936	Intermediário/Superior	620.9376	Superior	32.2661	Atende	14.77753	Atende	82.09361	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	N (0*)	0.809589	Intermediário/Superior	632.5626	Superior	32.45689	Atende	14.80184	Atende	80.9589	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	NE (45*)	0.80847	Intermediário/Superior	648.3293	Superior	32.41599	Atende	14.78185	Atende	80.84703	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	NO (315*)	0.819087	Intermediário/Superior	590.6334	Superior	32.60747	Atende	14.83232	Atende	81.90868	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	O (270*)	0.839201	Intermediário/Superior	541.1968	Superior	32.50098	Atende	14.95826	Atende	83.92009	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	S (180*)	0.846804	Intermediário/Superior	538.1641	Superior	32.40553	Atende	14.94114	Atende	84.68037	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	SE (135*)	0.828447	Intermediário/Superior	622.9216	Superior	32.47391	Atende	14.8667	Atende	82.84475	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AM	SO (225*)	0.847945	Intermediário/Superior	533.0549	Superior	32.56302	Atende	14.95522	Atende	84.79452	Média	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	L (90*)	0.819566	Intermediário/Superior	560.3139	Superior	31.71106	Atende	14.98158	Atende	81.95662	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	N (0*)	0.811758	Intermediário/Superior	569.3921	Superior	31.81702	Atende	15.03554	Atende	81.1758	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	NE (45*)	0.810936	Intermediário/Superior	582.8153	Superior	31.82681	Atende	15.02263	Atende	81.09361	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	NO (315*)	0.82089	Intermediário/Superior	529.5537	Superior	31.90913	Atende	15.03344	Atende	82.08904	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	O (270*)	0.831963	Intermediário/Superior	500.3038	Superior	31.79736	Atende	15.1099	Atende	83.19635	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	S (180*)	0.833744	Intermediário/Superior	512.5081	Superior	31.81174	Atende	15.05699	Atende	83.37443	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	SE (135*)	0.82089	Intermediário/Superior	572.6764	Superior	31.9135	Atende	15.02432	Atende	82.08904	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CL+AP	SO (225*)	0.835708	Intermediário/Superior	499.3089	Superior	31.87796	Atende	15.06899	Atende	83.57078	Pequena	Intermediária	Leve	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	L (90*)	0.862329	Intermediário/Superior	552.7097	Superior	32.12513	Atende	15.09346	Atende	86.23288	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	N (0*)	0.852055	Intermediário/Superior	561.1797	Superior	32.17888	Atende	14.99567	Atende	85.20548	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	NE (45*)	0.84968	Intermediário/Superior	576.7599	Superior	32.22808	Atende	15.00138	Atende	84.96804	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	NO (315*)	0.863082	Intermediário/Superior	534.0039	Superior	32.30721	Atende	15.08742	Atende	86.30822	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	O (270*)	0.884863	Intermediário/Superior	483.8504	Superior	32.08344	Atende	15.23369	Atende	88.4863	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	S (180*)	0.892763	Intermediário/Superior	479.0857	Superior	32.03282	Atende	15.29157	Atende	89.27626	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	SE (135*)	0.874155	Intermediário/Superior	562.7625	Superior	32.22685	Atende	15.18948	Atende	87.41553	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AG	SO (225*)	0.893721	Intermediário/Superior	476.5548	Superior	32.11058	Atende	15.30743	Atende	89.37215	Grande	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	L (90*)	0.868128	Intermediário/Superior	484.1432	Superior	31.48647	Atende	15.29543	Atende	86.81279	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	N (0*)	0.860434	Intermediário/Superior	491.8237	Superior	31.54878	Atende	15.21162	Atende	86.04338	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	NE (45*)	0.857785	Intermediário/Superior	506.6635	Superior	31.6057	Atende	15.21864	Atende	85.77854	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	NO (315*)	0.871187	Intermediário/Superior	458.0873	Superior	31.68451	Atende	15.28887	Atende	87.11872	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	O (270*)	0.898986	Intermediário/Superior	413.5711	Superior	31.47889	Atende	15.40279	Atende	88.98858	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	S (180*)	0.893311	Intermediário/Superior	422.494	Superior	31.46784	Atende	15.43673	Atende	89.33105	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	SE (135*)	0.877329	Intermediário/Superior	495.2988	Superior	31.67555	Atende	15.36828	Atende	87.73288	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AM	SO (225*)	0.894224	Intermediário/Superior	416.9891	Superior	31.5356	Atende	15.45342	Atende	89.42237	Média	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	L (90*)	0.864703	Intermediário/Superior	480.7122	Superior	30.80811	Atende	15.49778	Atende	86.47032	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	N (0*)	0.859703	Intermediário/Superior	488.1088	Superior	30.84634	Atende	15.43326	Atende	85.97032	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	NE (45*)	0.857489	Intermediário/Superior	501.702	Superior	30.90911	Atende	15.4484	Atende	85.74886	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	NO (315*)	0.868379	Intermediário/Superior	457.0718	Superior	30.94982	Atende	15.47752	Atende	86.8379	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	O (270*)	0.881279	Intermediário/Superior	422.4393	Superior	30.84436	Atende	15.5528	Atende	88.12785	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	S (180*)	0.877603	Intermediário/Superior	448.4804	Superior	30.87554	Atende	15.56382	Atende	87.76027	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	SE (135*)	0.864589	Intermediário/Superior	502.6347	Superior	30.94997	Atende	15.52415	Atende	86.4589	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PI+CP+AP	SO (225*)	0.880982	Intermediário/Superior	436.7809	Superior	30.86217	Atende	15.58786	Atende	88.09817	Pequena	Intermediária	Pesada	Superior
Curitiba	PL+CL+AG	L (90*)	0.755731	Mínimo	1048.763	Não atende	34.36727	Não atende	13.35728	Atende	75.57306	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AG	N (0*)	0.743402	Mínimo	1055.528	Não atende	34.63784	Não atende	13.36271	Atende	74.34018	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AG	NE (45*)	0.744795	Mínimo	1077.468	Não atende	34.63855	Não atende	13.35127	Atende	74.47945	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AG	NO (315*)	0.755274	Mínimo	992.9436	Não atende	34.76052	Não atende	13.39391	Atende	75.5274	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AG	O (270*)	0.773516	Intermediário/Superior	933.1878	Não atende	34.58027	Não atende	13.51019	Atende	77.3516	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AG	S (180*)	0.783904	Intermediário/Superior	941.679	Não atende	34.46377	Não atende	13.52603	Atende	78.39041	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AG	SE (135*)	0.770091	Intermediário/Superior	1039.136	Não atende	34.41735	Não atende	13.46248	Atende	77.00913	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AG	SO (225*)	0.783128	Intermediário/Superior	926.9483	Não atende	34.66508	Não atende	13.51479	Atende	78.31279	Grande	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AM	L (90*)	0.759064	Mínimo	962.0481	Não atende	33.94494	Não atende	13.55153	Atende	75.90639	Média	Leve	Leve	Não Atende
Curitiba	PL+CL+AM	N (0*)	0.747877	Mínimo	967										

Curitiba	PP+CP+AG	NO (315°)	0.747717	Mínimo	1163.312	Não atende	33.54085	Não atende	12.72077	Atende	74.77169	Grande	Pesada	Pesada	Não Atende
Curitiba	PP+CP+AG	O (270°)	0.759361	Mínimo	1096.03	Não atende	33.05552	Atende	12.76033	Atende	75.93607	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AG	S (180°)	0.755388	Mínimo	1157.484	Não atende	33.07458	Atende	12.77561	Atende	75.53881	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AG	SE (135°)	0.74468	Mínimo	1264.896	Não atende	33.36416	Atende	12.73767	Atende	74.46804	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AG	SO (225°)	0.757648	Mínimo	1136.969	Não atende	33.194	Atende	12.77241	Atende	75.76484	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	L (90°)	0.733973	Mínimo	1276.371	Não atende	32.95337	Atende	12.66387	Atende	73.39526	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	N (0°)	0.73516	Mínimo	1239.4	Não atende	32.99017	Atende	12.64475	Atende	73.51598	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	NE (45°)	0.731644	Mínimo	1282.956	Não atende	33.13174	Atende	12.65299	Atende	73.16438	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	NO (315°)	0.739772	Mínimo	1197.121	Não atende	33.16425	Atende	12.66159	Atende	73.97717	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	O (270°)	0.749863	Mínimo	1140.789	Não atende	32.78205	Atende	12.68514	Atende	74.9863	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	S (180°)	0.744498	Mínimo	1213.079	Não atende	32.80935	Atende	12.68861	Atende	74.44977	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	SE (135°)	0.732671	Mínimo	1312.451	Não atende	33.14871	Atende	12.66496	Atende	73.26712	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AM	SO (225°)	0.747534	Mínimo	1183.243	Não atende	32.86582	Atende	12.68726	Atende	74.75342	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	L (90°)	0.718356	Mínimo	1359.266	Não atende	32.7736	Atende	12.59713	Atende	71.83562	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	N (0°)	0.719932	Mínimo	1324.713	Não atende	32.7883	Atende	12.59985	Atende	71.99315	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	NE (45°)	0.715525	Mínimo	1374.534	Não atende	32.94312	Atende	12.60886	Atende	71.55251	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	NO (315°)	0.723037	Mínimo	1292.703	Não atende	32.98188	Atende	12.6042	Atende	72.30365	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	O (270°)	0.731758	Mínimo	1235.606	Não atende	32.63867	Atende	12.60981	Atende	73.1758	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	S (180°)	0.724566	Mínimo	1318.117	Não atende	32.72179	Atende	12.5948	Atende	72.45662	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	SE (135°)	0.714475	Mínimo	1403.394	Não atende	33.00689	Atende	12.5886	Atende	71.44749	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
Curitiba	PP+CP+AP	SO (225°)	0.728813	Mínimo	1282.095	Não atende	32.75268	Atende	12.60248	Atende	72.88128	Pequena	Pesada	Pesada	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AG	L (90°)	0	Não atende	10261.54	Intermediário	35.57124	Atende	25.75517	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	N (0°)	0	Não atende	10438.02	Intermediário	36.2744	Atende	25.27468	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	NE (45°)	0	Não atende	10375.39	Intermediário	35.88127	Atende	25.24324	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	NO (315°)	0	Não atende	10517.13	Intermediário	35.91163	Atende	25.67707	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	O (270°)	0	Não atende	10456.64	Intermediário	35.64026	Atende	25.54355	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	S (180°)	0	Não atende	10303.73	Intermediário	35.75341	Atende	25.02186	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	SE (135°)	0	Não atende	10299.52	Intermediário	35.67567	Atende	25.61942	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	SO (225°)	0	Não atende	10303.57	Intermediário	35.58546	Atende	25.00525	Atende	0	Grande	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	L (90°)	0	Não atende	9351.725	Intermediário	34.96729	Atende	26.27013	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	N (0°)	0	Não atende	9487.991	Intermediário	35.52282	Atende	25.66676	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	NE (45°)	0	Não atende	9436.214	Intermediário	35.22749	Atende	25.63508	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	NO (315°)	0	Não atende	9547.356	Intermediário	35.29896	Atende	26.07933	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	O (270°)	0	Não atende	9501.653	Intermediário	35.14836	Atende	25.96223	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	S (180°)	0	Não atende	9393.948	Intermediário	35.11922	Atende	25.41218	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	SE (135°)	0	Não atende	9393.257	Intermediário	35.06561	Atende	26.38069	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	SO (225°)	0	Não atende	9387.72	Intermediário	34.98063	Atende	25.39367	Atende	0	Média	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	L (90°)	0	Não atende	8238.994	Intermediário	34.41776	Atende	27.27914	Atende	0	Pequena	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	N (0°)	0	Não atende	8318.939	Intermediário	34.69791	Atende	26.73838	Atende	0	Pequena	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	NE (45°)	0	Não atende	8276.573	Intermediário	34.59857	Atende	27.5527	Atende	0	Pequena	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	NO (315°)	0	Não atende	8348.103	Intermediário	34.64495	Atende	27.0445	Atende	0	Pequena	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	O (270°)	0	Não atende	8311.994	Intermediário	34.61459	Atende	26.95308	Atende	0	Pequena	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	S (180°)	0	Não atende	8271.497	Intermediário	34.5105	Atende	26.55546	Atende	0	Pequena	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	SE (135°)	0	Não atende	8281.879	Intermediário	34.37996	Atende	27.19672	Atende	0	Pequena	Intermediária	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AP	SO (225°)	0	Não atende	8253.985	Intermediário	34.39161	Atende	26.58399	Atende	0	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	L (90°)	0	Não atende	10443.01	Intermediário	34.96962	Atende	26.09624	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	N (0°)	0	Não atende	10602.17	Intermediário	35.57463	Atende	25.62049	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	NE (45°)	0	Não atende	10531.43	Intermediário	35.22365	Atende	25.59469	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	NO (315°)	0	Não atende	10694	Intermediário	35.36041	Atende	26.0543	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	O (270°)	0	Não atende	10644.23	Intermediário	35.14737	Atende	25.90668	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	S (180°)	0	Não atende	10503.25	Intermediário	35.16187	Atende	25.33084	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	SE (135°)	0	Não atende	10496.64	Intermediário	35.08871	Atende	25.94104	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AG	SO (225°)	0	Não atende	10504.71	Intermediário	35.00477	Atende	25.31545	Atende	0	Grande	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	L (90°)	0	Não atende	9472.154	Intermediário	34.48389	Atende	26.5736	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	N (0°)	0	Não atende	9592.603	Intermediário	34.96467	Atende	25.98261	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	NE (45°)	0	Não atende	9534.333	Intermediário	34.68858	Atende	25.95212	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	NO (315°)	0	Não atende	9655.72	Intermediário	34.85556	Atende	26.42622	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	O (270°)	0	Não atende	9612.994	Intermediário	34.73724	Atende	26.29854	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	S (180°)	0	Não atende	9521.116	Intermediário	34.58882	Atende	25.70278	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	SE (135°)	0	Não atende	9520.225	Intermediário	34.52653	Atende	26.67197	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AM	SO (225°)	0	Não atende	9518.494	Intermediário	34.46999	Atende	25.68664	Atende	0	Média	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AP	L (90°)	0.000183	Mínimo	8319.71	Intermediário	33.9883	Atende	27.52524	Atende	0.018265	Pequena	Intermediária	Pesada	Mínimo
São Luís	Pl+CP+AP	N (0°)	0	Não atende	8385.001	Intermediário	34.27116	Atende	27.01093	Atende	0	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AP	NE (45°)	0.13E-05	Mínimo	8338.799	Intermediário	34.18592	Atende	27.61174	Atende	0.009132	Pequena	Intermediária	Pesada	Mínimo
São Luís	Pl+CP+AP	NO (315°)	0	Não atende	8415.87	Intermediário	34.26893	Atende	27.34619	Atende	0	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AP	O (270°)	0	Não atende	8377.726	Intermediário	34.24852	Atende	27.2509	Atende	0	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AP	S (180°)	0.001005	Mínimo	8357.318	Intermediário	34.05539	Atende	26.83576	Atende	0.100457	Pequena	Intermediária	Pesada	Mínimo
São Luís	Pl+CP+AP	SE (135°)	0	Não atende	8364.77	Intermediário	34.04733	Atende	27.4326	Atende	0	Pequena	Intermediária	Pesada	Não Atende
São Luís	Pl+CP+AP	SO (225°)	0.000187	Mínimo	8341.454	Intermediário	34.02866	Atende	26.85675	Atende	0.018684	Pequena	Intermediária	Pesada	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AG	L (90°)	0	Não atende	9658.337	Intermediário	36.4151	Atende	25.18191	Atende	0	Grande	Leve	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	N (0°)	0.000457	Mínimo	9816.124	Intermediário	37.15666	Atende	24.60188	Atende	0.045662	Grande	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AG	NE (45°)	0.000457	Mínimo	9759.268	Intermediário	36.71161	Atende	24.55118	Atende	0.045662	Grande	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AG	NO (315°)	0	Não atende	9885.285	Intermediário	36.57517	Atende	25.06093	Atende	0	Grande	Leve	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	O (270°)	0.13E-05	Mínimo	9835.196	Intermediário	36.21034	Atende	24.96955	Atende	0.009132	Grande	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AG	S (180°)	0.93E-05	Mínimo	9680.383	Intermediário	36.63476	Atende	24.52848	Atende	0.009132	Grande	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AG	SE (135°)	0	Não atende	9682.542	Intermediário	36.51307	Atende	25.08549	Atende	0	Grande	Leve	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AG	SO (225°)	0.13E-05	Mínimo	9677.34	Intermediário	36.44852	Atende	24.52138	Atende	0.009132	Grande	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AM	L (90°)	0	Não atende	8752.863	Intermediário	35.89308	Atende	25.67611	Atende	0	Média	Leve	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	N (0°)	0.13E-05	Mínimo	8865.628	Intermediário	36.40935	Atende	24.97567	Atende	0.009132	Média	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AM	NE (45°)	0.000183	Mínimo	8822.74	Intermediário	36.03602	Atende	24.92188	Atende	0.018265	Média	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AM	NO (315°)	0	Não atende	8906.998	Intermediário	35.98855	Atende	25.43586	Atende	0	Média	Leve	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	O (270°)	0	Não atende	8873.178	Intermediário	35.72974	Atende	25.36113	Atende	0	Média	Leve	Leve	Não Atende
São Luís	Pl+Cl+AM	S (180°)	0.13E-05	Mínimo	8772.526	Intermediário	36.04367	Atende	24.87736	Atende	0.009132	Média	Leve	Leve	Mínimo
São Luís	Pl+Cl+AM	SE (135°)	0	Não atende	8777.433	Intermediário	35.96431	Atende	25.78309	Atende	0	Média	Leve		

São Luís	PP+CL+AP	NO (315°)	0	Não atende	10232.17	Intermediário	35.971	Atende	25.70789	Atende	0	Pequena	Pesada	Leve	Não Atende
São Luís	PP+CL+AP	O (270°)	0	Não atende	10166.83	Intermediário	35.9943	Atende	25.66581	Atende	0	Pequena	Pesada	Leve	Não Atende
São Luís	PP+CL+AP	S (180°)	0	Não atende	10197.22	Intermediário	36.22313	Atende	25.59041	Atende	0	Pequena	Pesada	Leve	Não Atende
São Luís	PP+CL+AP	SE (135°)	0	Não atende	10244.1	Intermediário	36.20277	Atende	26.0199	Atende	0	Pequena	Pesada	Leve	Não Atende
São Luís	PP+CL+AP	SO (225°)	0	Não atende	10140.3	Intermediário	35.9891	Atende	25.53688	Atende	0	Pequena	Pesada	Leve	Não Atende
São Luís	PP+CP+AG	L (90°)	0	Não atende	11354.98	Não atende	35.95778	Atende	25.32436	Atende	0	Grande	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AG	N (0°)	0.000365	Mínimo	11444.59	Não atende	36.13482	Atende	24.77649	Atende	0.03653	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
São Luís	PP+CP+AG	NE (45°)	0.000365	Mínimo	11389.69	Não atende	35.75968	Atende	24.78259	Atende	0.03653	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
São Luís	PP+CP+AG	NO (315°)	0	Não atende	11478.11	Não atende	35.80811	Atende	25.13683	Atende	0	Grande	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AG	O (270°)	0	Não atende	11385.07	Não atende	35.66602	Atende	25.04771	Atende	0	Grande	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AG	S (180°)	9.13E-05	Mínimo	11345.8	Não atende	36.02439	Atende	24.79881	Atende	0.009132	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
São Luís	PP+CP+AG	SE (135°)	0	Não atende	11385.6	Não atende	36.00239	Atende	25.30864	Atende	0	Grande	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AG	SO (225°)	9.13E-05	Mínimo	11297.49	Não atende	35.8052	Atende	24.71911	Atende	0.009132	Grande	Pesada	Pesada	Mínimo
São Luís	PP+CP+AM	L (90°)	0	Não atende	10881.02	Intermediário	35.75378	Atende	25.71749	Atende	0	Média	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AM	N (0°)	0	Não atende	10934.5	Intermediário	35.79112	Atende	25.05153	Atende	0	Média	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AM	NE (45°)	0	Não atende	10889.97	Intermediário	35.64759	Atende	25.05695	Atende	0	Média	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AM	NO (315°)	0	Não atende	10949.81	Intermediário	35.53017	Atende	25.39776	Atende	0	Média	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AM	O (270°)	0	Não atende	10873.28	Intermediário	35.48863	Atende	25.32104	Atende	0	Média	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AM	S (180°)	0	Não atende	10872.58	Intermediário	35.8205	Atende	25.06891	Atende	0	Média	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AM	SE (135°)	0	Não atende	10909.4	Intermediário	35.79833	Atende	25.74862	Atende	0	Média	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AM	SO (225°)	9.13E-05	Mínimo	10824.38	Intermediário	35.59657	Atende	24.98084	Atende	0.009132	Média	Pesada	Pesada	Mínimo
São Luís	PP+CP+AP	L (90°)	0	Não atende	10351.46	Intermediário	35.57941	Atende	26.30768	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AP	N (0°)	0	Não atende	10374.85	Intermediário	35.64485	Atende	25.82815	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AP	NE (45°)	0	Não atende	10338.68	Intermediário	35.53355	Atende	26.2998	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AP	NO (315°)	0	Não atende	10376.23	Intermediário	35.39912	Atende	26.1404	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AP	O (270°)	0	Não atende	10310.92	Intermediário	35.42414	Atende	26.05904	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AP	S (180°)	0	Não atende	10342.62	Intermediário	35.59914	Atende	25.96423	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AP	SE (135°)	0	Não atende	10384.33	Intermediário	35.57452	Atende	26.29567	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende
São Luís	PP+CP+AP	SO (225°)	0	Não atende	10288.99	Intermediário	35.3785	Atende	25.89823	Atende	0	Pequena	Pesada	Pesada	Não Atende