

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA,
URBANISMO E PAISAGISMO

Kananda Fernandes de Sousa Lima

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO SOLAR NO NÍVEL DE
CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
EM SANTA MARIA-RS**

Santa Maria, RS

2021

Kananda Fernandes de Sousa Lima

***ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO SOLAR NO NÍVEL DE
CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL
EM SANTA MARIA-RS***

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo**.

Orientadora: Dra. Minéia Johann Scherer

Santa Maria, RS
2021

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Lima, Kananda

Estudo da Influência da Orientação Solar no Nível de Conforto Térmico de Habitações de Interesse Social em Santa Maria-RS / Kananda Lima.- 2021.

145 p.; 30 cm

Orientadora: Minéia Johann Scherer

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, RS, 2021

1. Habitação de Interesse Social 2. Nível de Conforto Térmico 3. Orientação Solar I. Johann Scherer, Minéia II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, KANANDA LIMA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Kananda Fernandes de Sousa Lima

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO SOLAR NO NÍVEL
DE CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL EM SANTA MARIA-RS**

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo**.

Aprovado em 29 de Setembro de 2021

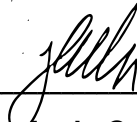


Minéia Johann Scherer, Dra. (UFSM)

(Presidente/Orientadora)



Laline Elisangela Cenci, Dra. (UFSM)



Eduardo Graça da Cunha, Dr. (UFPeI)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha orientadora e professora Minéia Johann Scherer pelas contribuições e conhecimento transmitido que fizeram com que o presente trabalho chegasse a essa etapa final.

Agradeço também aos meus pais, Maria Aparecida e Adão, que apesar da distância física, sempre me proporcionaram amparo para a conclusão de novas etapas da minha vida.

Sou grata, essencialmente, aos meus irmãos Herikson e Selton, que desde sempre me ensinaram a enfrentar as dificuldades da vida com maturidade e buscando dar o melhor de mim, almejando por algo além.

Aos meus amigos nortistas e sulistas que, apesar do distanciamento social, me ajudaram a seguir essa fase mais otimista e com perspectivas de que nosso país possa ser tornar um lugar melhor.

À banca, por fornecer diretrizes e recomendações que melhorem a qualidade da pesquisa apresentada.

A todos os moradores dos residenciais Dom Ivo, Leonel Brizola e Zilda Arns que, mesmo com todas as dificuldades ocasionadas pela pandemia, se voluntariam engajados em participar das entrevistas, no anseio de melhorar suas comunidades.

À CAPES, pelo incentivo fornecido durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

E, finalmente, a todos que contribuíram de alguma maneira nesse processo, meu muito obrigada.

*“Se você tem um potencial revolucionário,
você tem o imperativo moral de fazer do mundo um lugar melhor.”*

Lady Gaga

RESUMO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO SOLAR NO NÍVEL DE CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM SANTA MARIA-RS

AUTORA: Kananda Fernandes de Sousa Lima

Orientadora: Minéia Johann Scherer

O estudo do nível conforto térmico em edificações tem se tornado uma ferramenta capaz de mensurar a relação do usuário com o ambiente projetado. A partir de uma implantação adequada do projeto, considerando características construtivas e orientações de aberturas e envoltórias, pode-se oferecer diversas possibilidades de condições térmicas em um único espaço. Para que sejam proporcionados melhores níveis de conforto à edificações, a aplicação de soluções baseadas no zoneamento bioclimático podem aprimorar a adaptabilidade às condicionantes térmicas locais. Diante dos aspectos levantados, o presente trabalho traz um estudo sobre o nível de conforto térmico em habitações de interesse social unifamiliares na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, tendo como aspecto de análise a influência da orientação solar. Para a realização da pesquisa, foram estabelecidas etapas multi-métodos baseadas na aplicação de questionários de caráter qualitativo durante o inverno e verão e simulações computacionais através do *software EnergyPlus*, tendo como análise dos resultados o modelo adaptativo com aceitabilidade de 80% (ASHRAE 55). No estudo de caso, foram escolhidas habitações implementadas pelo programa Minha Casa Minha Vida nos residenciais Dom Ivo, Leonel Brizola e Zilda Arns. Nos três conjuntos, são verificadas duas tipologias construtivas, sendo estas base para o objeto de análise. Através do método de entrevistas, observou-se nos resultados que a estação vigente influenciou no perfil de respostas dos usuários, demonstrando mais desconforto por frio nos dados da coleta de inverno e maior sensação de calor durante as entrevistas realizadas no verão. Durante o método de simulação computacional, percebeu-se níveis expressivos de desconforto térmico nas habitações, sobretudo por frio. As unidades de orientação solar com maior relação de conforto estavam voltadas para noroeste e sudoeste. Contudo, no processo de finalização da pesquisa, foi simulado um modelo, com base na edificação de orientação solar com um dos piores resultados, propondo soluções construtivas capazes de atenuar níveis de desconforto térmico.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social. Nível de Conforto Térmico. Orientação Solar.

ABSTRACT

STUDY OF THE INFLUENCE OF SOLAR GUIDANCE ON THE THERMAL PERFORMANCE OF SOCIAL INTEREST HOUSES IN SANTA MARIA-RS

AUTHOR: Kananda Fernandes de Sousa Lima

ADVISOR: Minéia Johann Scherer

The study of the thermal comfort level in buildings has become a useful tool to measure the user's relationship with the designed environment. Based on an adequate project implementation, considering construction characteristics and the orientation of openings and envelopes, it is possible to offer several possibilities of thermal conditions in a single space. In order to provide better comfort levels to buildings, the application of solutions based on bioclimatic zoning can improve adaptability to local thermal conditions. In view of the aspects raised, this study presents a research on the level of thermal comfort in single-family social housing in the city of Santa Maria, Rio Grande do Sul, analyzing the influence of solar orientation. To conduct the research, multi-method steps were established based on the application of qualitative questionnaires during winter and summer and computer simulations through the EnergyPlus software, having as analysis of the results the adaptive model with acceptability of 80% (ASHRAE 55). In the case study, housing units implemented by the Minha Casa Minha Vida program were chosen in the Dom Ivo, Leonel Brizola and Zilda Arns residential complexes. In the three sets, two building typologies are verified, and these are the basis for the object of analysis. Through the interview method, it was observed in the results that the current season influenced the users' answer profile, showing more discomfort due to cold in the winter survey data and a higher sensation of heat during the interviews carried out in the summer. During the computer simulation method, significant levels of thermal discomfort were perceived in the dwellings, especially for cold. The solar orientation units with the highest comfort ratio were facing northwest and southwest. However, in the process of finalizing the research, a model was simulated, based on the solar orientation building with one of the worst results, proposing construction solutions capable of mitigating levels of thermal discomfort.

Keywords: Social Housing. Thermal Comfort Level. Solar Orientation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
1.1 JUSTIFICATIVA	24
1.2 OBJETIVOS	26
1.2.1 Objetivo Geral	26
1.2.2 Objetivos Específicos	26
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1 CONTEXTUALIZAÇÕES DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL.....	29
2.2 CONFORTO TÉRMICO E A PERCEPÇÃO DO USUÁRIO.....	32
2.3 MODELO ADAPTATIVO (ASHRAE 55 - 2013).....	35
2.4 ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO E ESTRATÉGIAS DE CONFORTO TÉRMICO.....	38
3. ESTADO DA ARTE	44
3.1 DISSERTAÇÕES E ARTIGOS.....	44
3.2 NORMAS E REGULAMENTOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O BOM DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES.....	48
4. METODOLOGIA	54
4.1 DESCRIÇÃO DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL PARA O ESTUDO DE CASO.....	57
4.1.1 Localização e Escolha do Estudo de Caso	57
4.1.2 Caracterização das Unidades Habitacionais	59
4.1.2.1 <i>Residencial Zilda Arns</i>	59
4.1.2.2 <i>Residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola</i>	61
4.1.3 Orientações Solares Existentes	63
4.2 ENTREVISTAS	66
4.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	70
4.3.1 Definição do Software e Parâmetros Normativos	70
4.3.2 Módulos e Gerência de Simulação do Programa <i>Energyplus</i>	73
4.3.4 Arquivos Climáticos	75
4.3.5 Modelagem das Tipologias Construtivas	75
4.3.6 Configurações de Uso e Ocupação	77
4.3.7 Sistema de Iluminação	79
4.3.8 Ganhos Internos	81

4.3.9 Equipamentos Elétricos	81
4.3.10 Definição de Materiais	82
4.3.11 Câmara de Ar dos Materiais	84
4.3.12 Ventilação Natural	85
4.3.13 Cálculo da Temperatura do Solo – <i>Slab</i>	86
4.3.14 Parâmetros de Saída	86
5 ENTREVISTAS: RESULTADOS E DISCUSSÕES	87
5.1 PROCESSO DE APLICAÇÃO	88
5.2 DADOS OBTIDOS NAS COLETAS	90
6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: RESULTADOS E DISCUSSÕES	103
7 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS	121
7.1 PROPOSTA DE MODELO COM SOLUÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO ...	128
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
8.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	137
REFERÊNCIAS	138
ANEXO A	144

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conjunto Habitacional Passo D'Areia em Porto Alegre.....	30
Figura 2 - Gráfico Simplificado de Aplicação do Modelo Adaptativo.....	37
Figura 3 - Abrangência Zona Bioclimática 2.....	38
Figura 4 - Carta Bioclimática com compatibilização de estratégias	40
Figura 5 - Avaliação do Desempenho Térmico Mínimo – Atualização NBR 15.575.....	51
Figura 6 - Indicadores de desempenho térmico e parâmetros de simulação	51
Figura 7 - Fluxograma da metodologia aplicada	56
Figura 8 - Localização de Santa Maria na Zona Bioclimática 2	57
Figura 9 - Mapa da Cidade de Santa Maria e Localização dos Residenciais Estudados.....	58
Figura 10 - Disposição dos Residenciais do Estudo de Caso.....	58
Figura 11 - Habitações do Residencial Zilda Arns	59
Figura 12 - Modelo das unidades habitacionais geminadas do residencial Zilda Arns	60
Figura 13 - Corte das HIS do residencial Zilda Arns.....	61
Figura 14 - Modelo de HIS dos residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola.....	62
Figura 15 - Mapa de Implantação do Residencial Zilda Arns.....	63
Figura 16 - Mapa de Implantação do Residencial Dom Ivo	64
Figura 17 - Mapa de Implantação do Residencial Leonel Brizola.....	64
Figura 18 - Escala de sensação térmica.....	67
Figura 19 - Habitação Onde Houve Aplicação da Etapa Teste dos Questionários	68
Figura 20 - Habitação Onde Houve Aplicação da Etapa Teste dos Questionários	68
Figura 21 - Interface do programa SketchUp Make 2017 para a modelagem.....	74
Figura 22 - Modelagem da Tipologia dos residenciais Leonel Brizola e Dom Ivo: à esquerda a parte frontal da residência e à direita os fundos da edificação	76
Figura 23 - Zonas Térmicas da Tipologia dos residenciais Leonel Brizola e Dom Ivo	76
Figura 24 - Modelagem da Tipologia do residencial Zilda Arns: à esquerda a parte frontal da residência e à direita os fundos da edificação	77
Figura 25 - Zonas Térmicas da Tipologia dos residenciais.....	77
Figura 26 - Tabela 3.39 Padrão de Ocupação para dias de semana e fins de semana.....	78
Figura 27 - Taxas metabólicas para cada atividade	79
Figura 28 - Padrão de Uso da Iluminação	80
Figura 29 - Esquema Paredes Internas e Externas	82
Figura 30 - Esquema Piso – Contrapiso	83
Figura 31 - Esquema de Cobertura – Forro	83
Figura 32 - Tabela B1 Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas.....	85
Figura 33 - Angulação da edificação e definição do azimute	85
Figura 34 - Sensação Térmica Durante o Inverno nas HIS do Residencial Zilda Arns.....	91
Figura 35 – Sensação Térmica Durante o Inverno nas HIS do Residencial Leonel Brizola... 93	93
Figura 36 - Sensação Térmica Durante o Inverno nas HIS do Residencial Dom Ivo.....	95
Figura 37 - Sensação Térmica Durante o Verão nas HIS do Residencial Zilda Arns	97
Figura 38 - Sensação Térmica Durante o Verão nas HIS do Residencial Leonel Brizola	99
Figura 39 - Sensação Térmica Durante o Verão nas HIS do Residencial Dom Ivo.....	101
Figura 40 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Nordeste. 104	104
Figura 41 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Noroeste. 105	105
Figura 42 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Sudeste .. 106	106
Figura 43 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Sudoeste 107	107

Figura 44 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Nordeste	110
Figura 45 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Noroeste	111
Figura 46 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Sudeste	112
Figura 47 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Sudoeste	113
Figura 48 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Nordeste....	116
Figura 49 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Noroeste....	117
Figura 50 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Sudeste	118
Figura 51 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Sudoeste...	119
Figura 52 - Gráfico 1: Relação Geral de Conforto – Residencial Zilda Arns	124
Figura 53 - Gráfico 2: Relação Geral de Conforto – Residencial Dom Ivo.....	124
Figura 54 - Gráfico 3: Relação Geral de Conforto – Residencial Leonel Brizola	124
Figura 55 - Gráfico 4: Relação de Conforto Sala/Cozinha – Residencial Zilda Arns	125
Figura 56 - Gráfico 5: Relação de Conforto Sala/Cozinha – Residencial Dom Ivo.....	125
Figura 57 - Gráfico 6: Relação de Conforto Sala/Cozinha – Residencial Leonel Brizola	125
Figura 58 - Gráfico 7: Relação de Conforto Dormitório da Frente – Residencial Zilda Arns	126
Figura 59 - Gráfico 8: Relação de Conforto Dormitório da Frente – Residencial Dom Ivo...	126
Figura 60 - Gráfico 9: Relação de Conforto Dormitório da Frente – Residencial Leonel Brizola.....	126
Figura 61 - Gráfico 10: Relação de Conforto Dormitório dos Fundos – Residencial Zilda Arns	127
Figura 62 - Gráfico 11 – Relação de Conforto Dormitório dos Fundos – Residencial Dom Ivo	127
Figura 63 - Gráfico 12: Relação de Conforto Dormitório dos Fundos – Residencial Leonel Brizola.....	127
Figura 64 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Alteração da Pintura.....	130
Figura 65 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Parede de Tijolo Cerâmico	131
Figura 66 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Telha Metálica e Poliuretano	132
Figura 67 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Todas as Modificações ...	133
Figura 68 - Gráfico 13: Relação de Conforto com Modificações de Envoltórias.....	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 2.....	39
Quadro 2 – Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 2.....	39
Quadro 3 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2..	39
Quadro 4 – Sintetização da Sensação Geral de Conforto dos Usuários no Edifício.....	121
Quadro 5 – Sintetização dos Dados da Sala/Cozinha dos Questionários.....	121
Quadro 6 – Sintetização dos Dados do Dormitório da Frente dos Questionários.....	122
Quadro 7 – Sintetização dos Dados do Dormitório do Fundo dos Questionários.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relatório Geral de Estratégias para Santa Maria.....	41
Tabela 2 - Normais climatológicas de Santa Maria de 1981 a 2010.....	42

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico em edificações é uma das condicionantes arquitetônicas que influi diretamente na qualidade de vida do usuário de diversas formas, podendo transmitir desde sensações de bem-estar no ambiente a promover soluções capazes de reduzir o consumo de energia na habitação.

Através do estudo do comportamento de edificações relacionado à orientação solar em diferentes períodos do ano, é possível proporcionar adaptações que potencializam as condicionantes de conforto térmico, fazendo com que equipamentos de resfriamento ou aquecimento artificial sejam menos utilizados.

O crescente processo de urbanização brasileiro, que se deu principalmente ao longo do século XX, teve grande influência de aspectos econômicos e sociais, tais como a mecanização do campo, êxodo rural e desenvolvimento industrial no país. A partir do momento em que o espaço da habitação se tornou mais individualizado, diferente de períodos históricos anteriores em que a ocupação da zona rural era maior e as grandes propriedades abrigavam patrões e empregados, a crise por moradia se acentuou no Brasil. Grande parte da população se via sujeita a residir em cortiços e edificações precárias, muitos começaram a ocupar zonas periféricas em áreas de risco e distantes do centro (TEIXEIRA, 2004).

Apesar dos diferentes processos políticos no Brasil durante o período crescente de urbanização, alguns aspectos populistas de governo perduraram, fator que ocasionou na construção de habitações de interesse social com auxílio de bancos para o financiamento como o Banco Nacional de Habitação (BNH). A década de 1960 e suas condicionantes político-sociais foram cruciais para o aumento de projetos de habitação social no Brasil. Sobretudo, as ações de governo foram se alterando com o passar dos anos, a partir da expansão da execução de projetos o enfoque passou a ser no número de unidades habitacionais entregues, sendo produzidas unidades com qualidade inferior às habitações de anos anteriores (BONDUKI, 2004).

Dentre as problemáticas atuais na produção de habitações de interesse social no Brasil está o pouco investimento nas unidades. A escolha dos materiais implantados não proporciona melhor qualidade de isolamento térmico ou acústico e,

muitas vezes, as mesmas tipologias habitacionais estão sendo reproduzidas em diferentes zonas bioclimáticas, sem levar em consideração a melhor adaptação da edificação em relação à orientação solar, variações de temperatura, intempéries adversas e seu entorno imediato.

Além de questões levantadas sobre a adequação climática, as unidades são subdimensionadas para atender famílias de, na maioria das vezes, muitas pessoas, limitando o projeto a um modelo único a ser implantado nos conjuntos.

A partir da publicação da NBR 15220 – Desempenho térmico para edificações de interesse social (ABNT, 2005), houve uma determinação base para os parâmetros de conforto térmico a serem cumpridos, no qual a divisão por oito diferentes zonas bioclimáticas indica as estratégias mais adequadas para a elevação do nível de conforto térmico em cada respectiva zona. Contudo, apesar do estabelecimento normativo, as tipologias ainda são replicadas em climas muito adversos e com a repetição da mesma unidade para orientações solares que comprometem seu desempenho térmico (POUEY, 2011).

Mais recentemente, a publicação da norma de desempenho brasileira, NBR 15.575, em julho de 2013, atua para a manutenção de boas práticas construtivas e a certificação de que o projeto a ser executado terá boa performance e longa vida útil. No entanto, a utilização desta norma, que busca a garantia do bom desempenho de edificações habitacionais, ainda é pouco seguida no Brasil, apesar de suas várias vantagens para a construção civil (KERN; SILVA; KAZMIERCZAK, 2014).

Dentre os aspectos de desempenho, a norma também possui diretrizes projetuais relacionadas ao conforto térmico de habitações e utiliza o zoneamento bioclimático do país, avaliando sistemas de paredes e coberturas de acordo com a transmitância e capacidade térmica dos fechamentos.

Logo, por meio de estudos da incidência de irradiação solar em fachadas de unidades de habitação de interesse social em Santa Maria, no Rio Grande do Sul, a presente pesquisa busca compreender a influência da orientação solar nos ganhos térmicos pelas envoltórias da edificação, analisando a repercussão deste fator no nível de conforto térmico do objeto de estudo.

Para a realização do presente trabalho, foram definidos dois métodos distintos, que são comumente usados em pesquisas científicas da mesma linha de estudos para a obtenção de dados relacionados ao conforto térmico do usuário.

O primeiro método utilizado foi direcionado à etapa de entrevistas, no qual foram aplicados questionários com os moradores das habitações de interesse social com diferentes disposições de orientação solar, buscando obter dados durante os períodos de verão e inverno. A segunda estratégia foi a simulação computacional, com intuito de comparar a relação das respostas das entrevistas e os dados técnicos da modelagem reproduzidos pelo *software EnergyPlus*.

Além dos dados de temperatura operativa obtidos pelo método de simulação computacional, o método utilizou o modelo adaptativo com aceitabilidade de 80% para determinar os níveis de conforto térmico nas tipologias dos residenciais estudados. Por fim, avaliou alternativas para melhoria nos índices de conforto, através de modificações nos componentes das habitações.

As simulações que decorreram ao longo das 8.760 horas/ano e possuíam dados referentes à cidade de Santa Maria no Rio Grande do Sul, estão inseridas no contexto da zona bioclimática 2. A modelagem levou em consideração as duas tipologias existentes nos três residenciais estudados, com diferentes orientações solares e comparando os resultados de cada uma das implantações.

Por se tratar de uma pesquisa multimétodos, da mesma forma, o estudo teve como base a aplicação de questionários nos estudos de caso durante as épocas mais extremas do ano, buscando compreender a influência do meio nas respostas dos usuários, relacionadas ao conforto das habitações unifamiliares de interesse social.

Durante as entrevistas nos três conjuntos habitacionais do estudo de caso, foi perguntado aos moradores sobre a sensação térmica dos ambientes de permanência prolongada das unidades em estações extremas. O processo de entrevistas se deu durante o inverno de 2020 e verão de 2021, buscando comparar como a percepção dos usuários é influenciada pela estação vigente.

Ao considerar as diferentes orientações solares do estudo de caso e a aplicabilidade das duas ferramentas mencionadas, buscou-se relacionar os

resultados sobre o estudo dos índices de conforto horas/ano por simulação computacional e percepção do usuário por entrevistas.

Através da conciliação dos diferentes resultados, tem-se como objetivo a difusão do conhecimento na área de conforto térmico. Por meio da utilização do método de simulação e aplicação de questionários, a análise dos resultados tem como intuito discutir quais os níveis de conforto térmico e a relação de desconforto por frio e calor ao longo do ano.

1.1 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a discussão da problemática da habitação está voltada tanto para a perspectiva de déficit e da falta de acesso da população a esse bem quanto para a ausência de execução de diretrizes traçadas para a melhoria do desempenho das edificações.

Os processos de autoconstrução de moradias contextualizadas pelo déficit habitacional resultaram em uma maior preocupação ao tema de desempenho das habitações produzidas no país, trazendo as primeiras discussões para a resolução da problemática no decorrer da década de 1980. Ao longo dos anos de 1950 a 1980, houve um aumento em torno de 300% da população que vivia na zona urbana, gerando problemas de sanitarismo, ocupações irregulares e crescimento de favelas (SERRA, 1989; MARICATO, 1999; LAY; REIS, 2010).

Diante do aumento expressivo de parte da população residindo na área urbana, houve uma maior demanda de recursos energéticos. Através dos dados do Balanço Energético Nacional, estima-se que no Brasil que, em 2020, o setor residencial seja responsável por 31,2% do consumo de energia elétrica no país (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2021).

Apesar de diversas possibilidades de fontes para o abastecimento da matriz energética, os recursos utilizados apresentam impactos ambientais, por mais que sejam de fontes renováveis. Outros tipos de geração de energia também bastante utilizadas no Brasil demandam de recursos esgotáveis, trazendo reflexões para pesquisas em arquitetura de como esse uso pode ser reduzido e otimizado.

Grande parte do consumo energético residencial no país está ligado ao funcionamento de equipamentos de condicionamento de ambientes, aquecimento de água e à iluminação artificial dessas edificações.

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (2018), entre 2005 e 2017 o consumo de energia elétrica em residências aumentou de 83 TWh para 134 TWh, representando um crescimento de 61% ao longo dos seguintes anos. Através da mesma fonte, o aumento do consumo energético, a expansão de condicionadores de ar no mercado proporcionou um crescimento de 237% entre os períodos de 2005 e 2017 nos gastos de energia relacionados ao uso do aparelho.

Apesar da popularização de aparelhos de climatização, os custos trazidos pela aquisição e consumo de energia desses produtos ainda é uma alternativa pouco acessível para residentes de habitações de interesse social. É preciso que o projeto arquitetônico esteja vinculado a soluções bioclimáticas para que os usuários obtenham melhor conforto sem demandar muitos gastos energéticos.

Percebe-se, desta forma, a relevância do bom desempenho e da adaptabilidade ao clima através de estratégias bioclimáticas para a redução do consumo energético, poupando o gasto de recursos naturais para a sua produção e propondo soluções não muito onerosas para os usuários dessas habitações.

Apesar de existirem estudos e normas relevantes sobre as escolhas de materiais adequados e que proporcionem maior conforto térmico para a edificação, na maior parte dos casos da construção de habitações de interesse social, opta-se por unidades de menor custo, comprometendo diretamente o bom funcionamento térmico do imóvel.

Em muitos dos programas implementados, é possível perceber um padrão construtivo que é repetido em diversas regiões do país e restritivo na escolha de materiais e soluções projetuais, sobretudo nas habitacionais de baixa renda, que além de enfrentar desafios urbanísticos com o distanciamento de equipamentos públicos, sofre com habitações que não respondem às necessidades de conforto térmico.

A implantação das unidades muitas vezes é também indiferente à orientação solar, agravando a sensação de desconforto nas unidades, especialmente em

estações com temperaturas mais elevadas ou mais baixas. Através da análise de estratégias de conforto adaptadas à zona bioclimática em que o projeto está inserido, é possível ampliar o nível de conforto horas/ano dentro das habitações.

Considerando as questões levantadas que situam a justificativa do presente trabalho, levanta-se como problema de pesquisa que grande parte dos projetos de habitações de interesse social têm a mesma tipologia na implantação, não levando em consideração aspectos relacionados à orientação solar das edificações, sobretudo em áreas de permanência prolongada. Logo, por conta das residências não proporcionarem índices de conforto térmico suficientes para seus moradores, aumenta-se a dependência de equipamentos elétricos para tornar ambientes termicamente mais agradáveis.

Diante do que foi levantado, a pesquisa busca preencher lacunas referentes ao conforto térmico das habitações do estudo de caso, tendo em vista a utilização de multimétodos. Para isso, serão utilizadas ferramentas estabelecidas por normativas e manuais para analisar aspectos referentes aos níveis de conforto térmico através da simulação computacional e aplicação de questionários.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Estudar a influência da orientação solar no nível de conforto térmico de habitações de interesse social na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar o levantamento de HIS em Santa Maria para identificação de aspectos de incidência solar que interferem no conforto térmico das edificações;
- b) Determinar o nível de conforto térmico de modelos de HIS unifamiliares ao longo do ano, considerando aspectos técnico-construtivos e de implantação;
- c) Obter a percepção de conforto térmico dos usuários das habitações de interesse social;

- d) Comparar os resultados obtidos com as simulações e com a aplicação dos questionários, discutindo possíveis estratégias bioclimáticas a serem implantadas para melhor adequação de conforto térmico.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente pesquisa tem seu conteúdo dividido em oito capítulos, sendo o primeiro iniciado com a Introdução. O segundo capítulo aborda a Fundamentação Teórica, relacionando conteúdos como a contextualização das habitações de interesse social no Brasil, seguindo para a abordagem inicial dos métodos através do conforto térmico e a percepção do usuário e o modelo adaptativo. O item é finalizado tratando sobre o zoneamento bioclimático e estratégias de conforto térmico.

Consecutivamente, no terceiro capítulo denominado Estado da arte, são trazidas dissertações, artigos e normativas que contribuíram para a produção da pesquisa. No quarto capítulo chamado Metodologia, são abordados os procedimentos de realização da pesquisa. É feita também a descrição das habitações do estudo de caso e a caracterização dos residenciais analisados.

No capítulo cinco intitulado Entrevistas, é especificado o método de aplicação de questionários e os parâmetros adotados. Sequencialmente, no capítulo seis, denominado Simulação Computacional, são descritas as diversas condicionantes adotadas para a realização do segundo método da pesquisa.

A partir do capítulo sete intitulado Comparação entre Métodos, são relacionados os resultados das duas etapas e, por fim, é trazido um modelo de habitação idêntico ao dos residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola com adaptações que proporcionem maior conforto térmico. O trabalho é encerrado com o capítulo oito Considerações Finais, comentando os principais pontos observados nos resultados e quais sugestões seriam propostas para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo será apresentada a revisão bibliográfica de assuntos relevantes à pesquisa em questão, de forma a referenciar as principais fontes atuais e pertinentes ao tema. Para isso, foi abordada contextualização das habitações de interesse social no Brasil, aspecto relevante para compreender a problemática de déficit habitacional, ocasionando na replicabilidade de edificações em regiões de climas distintos. Posteriormente, foi apresentada percepção dos usuários e suas diferentes condicionantes que contribuem para a fundamentação da etapa de entrevistas. Para a caracterização inicial da avaliação das simulações, foram introduzidos os aspectos principais do modelo adaptativo da ASHRAE 55 com aceitabilidade de 80%. Sequencialmente, foi abordada a caracterização da zona bioclimática do estudo de caso e as possíveis estratégias para se obter melhor conforto térmico, elencando as principais características da percepção do usuário. A revisão segue na abordagem de normas técnicas brasileiras que contribuem para questões de conforto térmico em habitações. Ao interligar os temas apresentados, o estudo da arte busca abordar trabalhos similares ao tema da presente dissertação, relacionando os métodos de simulação e aplicação de questionários às variáveis do contexto de cada pesquisa.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÕES DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

Ao longo do período de crescimento da urbanização no Brasil, decorrente especialmente no século XX por conta industrialização, fenômenos migratórios como o êxodo rural ocasionaram no agravamento do déficit habitacional em todo o país.

Apesar do surgimento de políticas habitacionais que buscassem amenizar o problema, os programas fomentadores tendiam a priorizar aspectos quantitativos na produção das unidades, negligenciando soluções de conforto térmico e habitabilidade dessas edificações.

Para compreender melhor o impacto da produção de habitações no país, é preciso reconhecer as habitações de interesse social como instrumentos de justiça e bem-estar social, sendo capazes de reverter parte das desigualdades inerentes à estruturação do Brasil.

De acordo com França e Garcia (2017), apesar da habitação social ter sido utilizada como uma estratégia ideológica e política para a consolidação partidária

durante os anos de 1930 quando começou a ser difundida, esta se tornou uma das principais estratégias de industrialização do país.

As primeiras políticas nacionais a difundirem habitações públicas no Brasil estavam vinculadas ao Instituto de Aposentadoria e Pensões (IAPs), tendo projetos estruturados a partir de 1930 durante o primeiro governo do presidente Getúlio Vargas. Apesar de se tratar de uma política pública, somente os sindicatos associados ao Ministério do Trabalho eram contemplados pelos programas. No estado do Rio Grande do Sul, a maior exemplo de programa beneficiado vinculado aos IAPs foi realizado no bairro Passo D'Areia em Porto Alegre. A vila operária construída entre os anos de 1944 e 1954 dispunha de 700 edificações, entre elas geminadas, isoladas, unifamiliares e multifamiliares, somando um total de 2.533 habitações (FRANÇA; GARCIA, 2017).

Figura 1 - Conjunto Habitacional Passo D'Areia em Porto Alegre



Fonte: Leo Gerreiro, 2016.

Em busca de contornar o clientelismo e corporativismo dos IAPs, a Fundação da Casa Popular, instituída em 1946, foi precursora na elaboração de projetos voltados exclusivamente para produção de habitações de baixa renda. Apesar do agravante déficit habitacional, por motivos de fragilidade econômica e ineficiência de coordenação, o programa conseguiu se manter por apenas dezoito anos.

Somente a partir da criação do Banco Nacional da Habitação (BNH) em 1964, começou a ser implantada a auto sustentação financeira da atividade, buscando um retorno do pagamento dos proprietários a longo prazo. Embora houvesse uma produção significativa de 4,4 milhões de habitações no país em um período de vinte

e dois anos, o nível de inadimplência dos beneficiados fez com que o BNH fosse extinto em 1986 (ANDRADE, 2010).

Após a falência do BNH, o Rio Grande do Sul passou a ter outros atores responsáveis pelo financiamento de projetos habitacionais. Durante os anos de 1964 e 1995, a Companhia de Habitação-RS operou como agente financeira e administradora de créditos do Sistema Financeiro de Habitação (SFH), conferidos a indivíduos de baixa renda.

Até o fim da atuação do órgão, a COHAB-RS disponibilizou o financiamento de 100 mil unidades habitacionais, priorizando o investimento em grandes conjuntos habitacionais, ocasionando no deslocamento de populações (COSTA, 2009).

De acordo com Andrade (2010), a partir do enfraquecimento consecutivo de diversos incentivadores de programas habitacionais, o próximo programa nacional a fomentar moradias públicas surgiu durante o segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso.

No ano de 1999, o Programa de Arrendamento Residencial foi criado para possibilitar a compra das casas arrendadas no programa. Já em 2002, o Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social (PSH) buscava proporcionar financiamento à população de baixa renda para a aquisição de moradia.

A partir da criação do Ministério das Cidades durante o primeiro governo do presidente Lula em 2003, foi possível conferir maior articulação às políticas habitacionais no cenário nacional. No mesmo ano foi iniciado o programa Minha Casa, buscando políticas de integração que proporcionassem habitações à população de baixa renda.

Embora outras políticas de financiamento de moradia fossem criadas ao longo dos dois mandatos de Lula, o de maior relevância foi o programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV) em 2009. A meta do programa era de em dois anos a realizar a construção de 1 milhão de habitações, dentre elas, 400 mil eram designadas a famílias com rendimento de até 3 salários mínimos.

O governo posterior da presidente Dilma Rousseff (de 2011 a 2016) manteve os programas instituídos pelo presidente Lula, sobretudo com o reajuste de renda

para até 1.600 R\$ para que famílias de menor renda pudessem ter acesso ao benefício (FRANÇA; GARCIA, 2017).

Apesar de atores políticos proporcionarem instrumentos que pudessem reduzir o déficit habitacional no país, os parâmetros de implementação se tornaram prioritariamente quantitativos, negligenciando demais condicionantes de habitabilidade como o conforto térmico das edificações.

2.2 CONFORTO TÉRMICO E A PERCEPÇÃO DO USUÁRIO

Contextualizando a definição de conforto térmico, é preciso pontuar as condicionantes ambientais têm relações diretas com o usuário, e as mesmas podem ocasionar sensações de desconforto térmico.

É discutido por Ruas (1999) que a primeira condicionante a ser alcançada para o estado de conforto é a existência de um equilíbrio térmico com o ambiente. Apesar de ser uma condição dedutiva, é preciso considerar também os processos metabólicos e variáveis fisiológicas do indivíduo.

Segundo o mesmo autor, refere-se que o conforto térmico de um ambiente depende das variáveis: “[...] temperatura radiante média, umidade relativa do ar, temperatura do ambiente e velocidade relativa do ar, com a atividade lá desenvolvida e com a vestimenta usada pelas pessoas” (p.11).

Embora existam pesquisas relacionadas à sensação de conforto do ser humano, da mesma forma, sabe-se que as percepções térmicas são intrínsecas a cada indivíduo. Com base no desenvolvimento de normas técnicas e regulamentos, são estabelecidos limiares de sensações que contemplam as características mínimas de conforto a serem adotadas, para que o ambiente projetado possa proporcionar bem-estar ao maior número de pessoas possível (RUAS, 1999).

Presente nas variáveis de conforto térmico mencionadas anteriormente, a temperatura do ar é uma das principais condicionantes, pois está baseada na perda de calor ou no ganho de calor do corpo pela diferença de temperatura entre o ar e a pele. Segundo Lamberts (2005), quando a temperatura se apresenta mais baixa, as perdas de calor são maiores por conta da relação direta do indivíduo com o meio.

Dentre outras condicionantes de conforto térmico, está a umidade do ar, relacionada diretamente à quantidade de vapor oriundo da evaporação da água contida na atmosfera. De acordo com o mesmo autor, a umidade relativa do ar

possibilita a percepção da quantidade de vapor d'água existente no meio. Quando essa proporção de vapor de água atinge seu valor máximo, o ar se encontra saturado.

Ruas (1999) determina que a mesma variável é classificada por meio da razão entre o número de gramas de vapor d'água em 1m^3 de ar e a quantidade máxima de gramas de vapor d'água que 1m^3 pode ser admitida.

Outro parâmetro que apresenta influência nas sensações de conforto térmico do usuário é a temperatura média radiante, determinada como a temperatura uniforme de um ambiente simulado em que o calor trocado por radiação com o corpo humano é numericamente idêntico ao calor substituído por radiação no ambiente não uniforme em estudo.

Através dos aspectos citados, a temperatura média radiante ponderada que, além da temperatura ambiente, tem interferência do fluxo de irradiação das ondas longas e ondas curtas nas quais o ser humano está exposto, contabilizando ainda perdas de calor por convecção e a ação da ventilação (COUTINHO, 2014).

Diante de outras condicionantes que intervêm nas sensações de conforto, a velocidade relativa do ar está inserida nesse contexto. A seguinte variante em ambientes internos está comumente abaixo de 1m/s , se movimentando através da diferença de temperatura do ambiente, com o fenômeno de convecção natural, no qual o ar quente sobe e o ar frio desce. A existência desse processo promove a sensação de conforto aos usuários do ambiente (LAMBERTS et al, 2005).

Frente às principais condicionantes de conforto térmico, percebe-se a importância de considerar os aspectos de orientação solar por influírem diretamente na temperatura do ar e radiante, assim como também a análise da propriedade materiais utilizados na construção civil de acordo com seu contexto climático, tendo como preocupação seu aspecto de maior ou menor inércia térmica.

Além das condicionantes levantadas, também é preciso considerar a importância da ventilação natural de ambientes para a movimentação das massas de ar, favorecendo assim trocas térmicas dentro da edificação.

Outro aspecto que influi no conforto térmico de ambientes internos é a atividade física realizada pelo usuário, onde a taxa metabólica e o gasto energético interferem na percepção térmica do indivíduo. De acordo com Ruas (1999), durante o processo metabólico, o indivíduo transforma os alimentos consumidos em energia, havendo o consumo por parte do organismo e o que for remanescente desse

consumo será eliminada em forma de calor, pois como um animal homeotérmico, o ser humano precisa manter limites de temperatura corporal interna. Independentemente da temperatura externa, ainda existem trocas entre esse calor e o meio.

Apesar de cada indivíduo possuir suas próprias sensações térmicas particulares, variando através de aspectos como porte físico, estatura, vestimenta, atividade física realizada, entre outros, é fundamental para o projetista proporcionar ambientes que favoreçam as sensações de conforto agradáveis que sejam comuns a diferentes tipos de usuários. Para isso, é importante favorecer aberturas para ventilação dos ambientes e proteção das mesmas em situações de calor, para que as características bioclimáticas do meio possam otimizar as sensações de conforto nos ambientes.

Segundo Xavier (1999), o estudo de conforto térmico se baseia ao tentar se encontrar um balanço térmico verificado entre o homem e seu redor. Para Fanger (1970), o conforto térmico é definido como uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Através das várias contribuições científicas proporcionadas por Povl Ole Fanger em seus estudos realizados em câmaras climatizadas na Dinamarca, sua definição se tornou clássica desde então, estando presente em normas e manuais de conforto térmico como a ASHRAE 55 (2013).

Dentre as diversas contribuições de Fanger para o estudo do conforto térmico, houve o estabelecimento de uma escala térmica capaz de mensurar a sensação de conforto de usuários em um determinado ambiente. A escala apresenta a variação de 3 a -3 passando pelo número 0, nos quais 3 é relativo a sensação muito quente, a -3 muito frio e 0 expressa neutro. Para Fanger (1970), a neutralidade térmica é a situação onde o indivíduo não sente calor ou frio no ambiente ocupado.

A partir da contextualização de condicionantes que influem diretamente na sensação de conforto, foi possível determinar as principais diretrizes responsáveis por guiar o presente trabalho no processo metodológico, tendo como pontos principais a etapa de simulação e aplicação de questionários.

2.3 MODELO ADAPTATIVO (ASHRAE 55 - 2013)

Para a etapa de simulação computacional que tem como dados de saída temperatura operativa, os resultados foram analisados através do modelo adaptativo estabelecido por uma zona de conforto e índices de aceitabilidade dos usuários.

A partir do desenvolvimento de novas pesquisas relacionadas ao conforto térmico, é trazido pelo relatório da ASHRAE RP-884 (1997) diferentes perspectivas no aperfeiçoamento de um modelo de conforto adaptativo e de preferência térmica. Dear, Cooper e Brager abordam na elaboração do documento pesquisas exploratórias com a menor influência possível dos observadores.

A produção do modelo adaptativo surge a partir da intenção de que os usuários do ambiente possam controlar as medidas de conforto de acordo com suas necessidades.

O método tem maior aplicação essencialmente para ambientes ventilados naturalmente, já que, como o próprio nome diz, o intuito é que as pessoas se sintam livres em fazer as adaptações, buscando, dessa forma, diminuir a dependência do uso de equipamentos de resfriamento e aquecimento artificial.

É apresentado por Labaki (2011) que tanto o modelo de Fanger quanto o adaptativo se tornam válidos na produção de uma metodologia científica, pois, por um lado, o ambiente de entrevistas pode ser influenciado pelos pesquisadores. Em contramão, o modelo adaptativo tem seus hábitos e rotinas de melhoramento do conforto térmico determinados pelos próprios usuários.

Logo, para a presente pesquisa, a combinação de ambos os métodos busca analisar quais discrepâncias podem surgir em cada um dos modelos, tendo em vista que a realização dos questionários se deu em estações extremas do ano e o as simulações computacionais buscam apresentar os índices de conforto e desconforto ao longo do ano a partir do estabelecimento de uma zona de conforto.

De acordo com os parâmetros apresentados pela ASHRAE 55 (2013), no modelo adaptativo é possível que os usuários demonstrem hábitos mais subjetivos que contribuem para a obtenção de conforto térmico no ambiente desejado. A rotina de abertura ou fechamento de janelas ao longo do dia, por exemplo, acaba proporcionando diferentes sensações no ambiente de permanência dos usuários.

Assim como é analisado na etapa de entrevistas, outra condicionante importante para o método adaptativo é preferência térmica dos usuários. Em muitos casos de adaptação do ambiente, fatores como taxa metabólica do indivíduo, vestimenta ou ocupação do ambiente são parâmetros significativos que influenciam ao se analisar os níveis de conforto térmico de ambientes específicos.

Para os objetivos determinados pela ASHRAE (2013) em relação ao modelo adaptativo, busca-se especificar fatores térmicos objetivos e subjetivos que apresentam influência aos ocupantes de ambientes internos. É recomendada pela normativa uma porcentagem específica de ocupantes e quais seriam as circunstâncias de aceitabilidade térmica.

No estudo de caso, o parâmetro adotado trata de adultos saudáveis como os usuários dos ambientes internos analisados, tendo o preenchimento de dados como taxas metabólicas, dentro do estudo para este público.

O estabelecimento de uma zona de conforto também se torna necessário para determinar as faixas de temperatura operativas que condicionam o conforto térmico do ambiente para seus ocupantes. Através dessa delimitação, podem-se combinar dados referentes à temperatura do ar e temperatura radiante média nas quais os usuários consideram passíveis de conforto térmico.

Por se tratar de índices de um modelo adaptativo, as limitações das zonas térmicas apresentam variação entre si por conta da temperatura externa. No caso da ASHRAE (2013), foram estabelecidas faixas que limitam a aceitabilidade térmica em diferentes padrões.

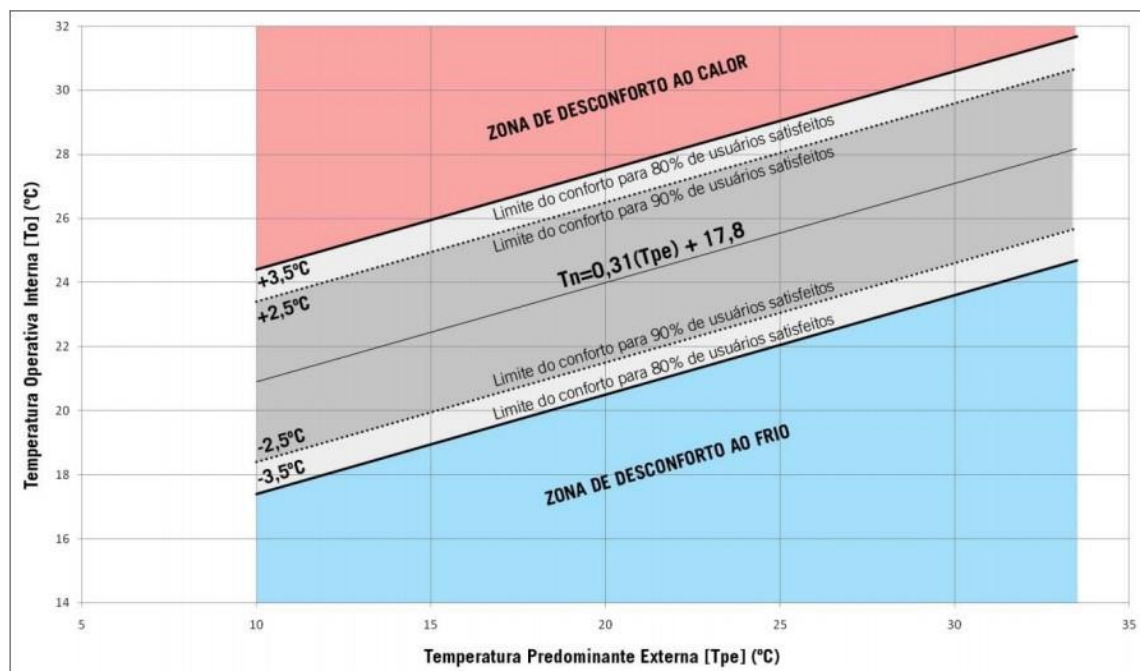
Para aplicações típicas do modelo, comumente é usada a aceitabilidade térmica de 80%, cujos limites de variação são de $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$. No caso de padrões mais elevados de conforto, é estabelecida a aceitabilidade 90%, com variabilidade térmica de $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ (ASHRAE RP 884, 1997).

No estudo de caso da presente pesquisa, a aceitabilidade térmica a ser aplicada é de 80%. Ao se utilizar o modelo gráfico, é observado que no caso das temperaturas externas, foram consideradas as que estavam acima de 10°C e abaixo de $33,5^{\circ}\text{C}$.

Ao se estabelecer o limite superior e inferior da zona de conforto de aceitabilidade térmica, é possível obter como dados de saída os percentuais em que os ambientes das unidades apresentaram desconforto térmico por frio ou calor.

Para definir os limites aceitáveis e determinar a zona de conforto térmico dos usuários, a ASHRAE 55 estabelece um método gráfico simplificado, combinando limitações entre 90% e 80% de aceitabilidade:

Figura 2 - Gráfico Simplificado de Aplicação do Modelo Adaptativo



Fonte: ASHRAE 55 (2013). Adaptado por Coutinho (2014).

Logo, para as condições do modelo adaptativo do estudo de caso, são obtidas a seguintes equações:

$$T_n = 17,80 + 0,31.T_{pe}$$

$$L_{sup} = T_n + 3,5$$

$$L_{inf} = T_n - 3,5$$

Onde: L_{sup} = Limite Superior

L_{inf} = Limite Inferior

2.4 ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO E ESTRATÉGIAS DE CONFORTO TÉRMICO

A partir dos aspectos levantados sobre o problema da habitação no Brasil e a ausência de políticas que contemplem as necessidades básicas de moradia da população, muitos programas inseridos nas políticas públicas nacionais partem para o processo de padronização das habitações.

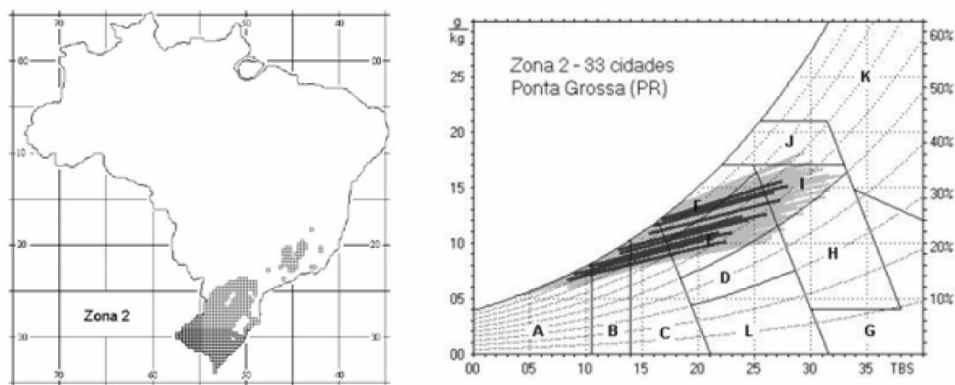
A ausência de adequação às zonas bioclimáticas, condicionada à baixa qualidade das habitações tem feito com que, apesar de fornecerem possibilidade de moradia à população, sejam produzidas unidades de habitabilidade insatisfatória aos que mais necessitam.

Além da problemática de padronização das habitações, as propostas de implantação não levam em consideração a orientação solar mais adequada de cada cômodo, fazendo também com que fatores que possam potencializar o conforto térmico, como a ventilação natural, sejam negligenciados.

Através do zoneamento bioclimático do território brasileiro, estabelecido pela NBR 15.220-3 (2005), são indicadas diretrizes construtivas e estratégias de conforto térmico voltadas para habitações unifamiliares de interesse social inseridas nas oito diferentes zonas climáticas do Brasil. O recorte do estudo é realizado na zona bioclimática 2, no qual está inserida a cidade de Santa Maria, no Rio Grande do Sul.

Por meio do estudo das variáveis climáticas da zona bioclimática 2, foram elaboradas as estratégias recomendadas, que são responsáveis por referenciar as soluções mais adequadas para a respectiva zona de estudo. A imagem seguinte apresenta a proporção da zona bioclimática e as normais climatológicas de 33 cidades, onde entre elas está inserida Santa Maria:

Figura 3 - Abrangência Zona Bioclimática 2



Fonte: NBR 15.220-3, 2005.

Através dos aspectos trazidos pela carta de Givoni, foi estabelecido pela NBR 15.220-3 a compatibilização de alguns dados de temperatura e umidade relativa que pudessem determinar a solução bioclimática mais adequada. Para isso, foram aplicadas algumas adaptações para o uso do método.

Por meio da análise da aplicação dos dados climáticos na carta bioclimática, foi possível determinar que as dimensões das aberturas para ventilação devem apresentar tamanho mediano e serem sombreadas, evitando a entrada excessiva de irradiação solar durante a estação mais quente, sobretudo, permitindo a entrada de sol durante o inverno.

No verão, a ventilação cruzada favorece a circulação de ar e melhora a sensação de conforto térmico. Para o inverno, são recomendadas estratégias de aquecimento solar passivo para a edificação e a aplicação de vedações internas pesadas para contribuir com a inércia térmica no ambiente.

Os quadros a seguir presentes na NBR 15.220-3 abordam de maneira simplificada as tipologias de aberturas adequadas para estações mais extremas:

Quadro 1 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 2

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Fonte: NBR 15.220-3, 2005.

Quadro 2 – Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 2

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15.220-3, 2005.

Quadro 3 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
	Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).

Fonte: NBR 15.220-3, 2005.

Já na NBR 15.575 (2013), referente ao desempenho de habitações, são tratadas medidas que melhoram a habitabilidade como um todo, e dentre os

diversos tópicos tratados, um deles é o desempenho térmico. É necessário que a habitação apresente as estratégias bioclimáticas pontuadas pela NBR 15.220-3 (2005) para que apresente melhor desempenho em relação ao meio inserido.

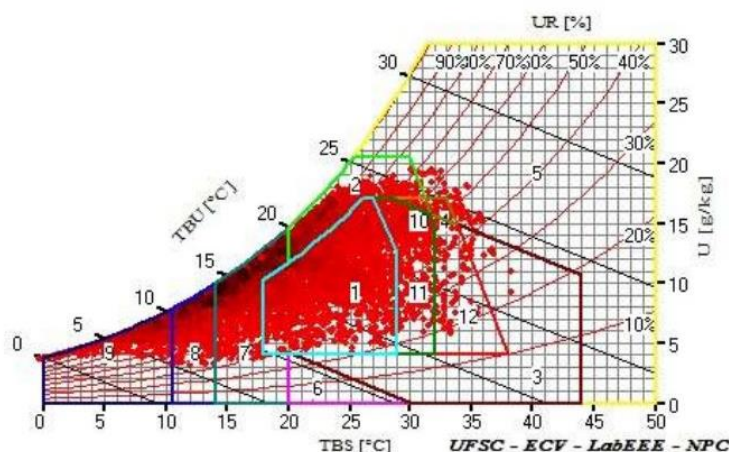
Para a obtenção de demais dados referentes à estratégias bioclimáticas mais adequadas, tem-se como base de dados a carta psicrométrica de Givoni (1992), que apresentada indicadores que apontam quando a ventilação natural pode ser mais bem utilizada. É mencionado, da mesma forma, quais estratégias são mais apropriadas ao associar dados sobre temperaturas de bulbo seco e umidade relativa.

Em relação à carta psicrométrica do estudo de caso, Flores (2014) produziu a partir do *software Analysis Bio* o modelo referente à Santa Maria, no Rio Grande do Sul. Para isso, foi realizado pela autora o cruzamento de dados de temperaturas externas e umidade relativa do ar.

O programa, assim como os demais utilizados na presente pesquisa, é fornecido de maneira gratuita através da plataforma do labEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações).

Para a realização do método, Flores compatibilizou variáveis como umidade, velocidade dos ventos e irradiação solar global inseridos à carta bioclimática de Givoni. Logo, obteve-se os respectivos resultados vinculados a estratégias bioclimáticas:

Figura 4 - Carta Bioclimática com compatibilização de estratégias



Fonte: FLORES (2014, p. 77)

Ao se analisar os dados reportados por Flores (2014), percebe-se a relação de 28,5% de horas do ano em que se tem conforto e 71,5% de desconforto.

Presente no percentual de desconforto térmico, 20,3% são ocasionados pelo calor e 51,26% pelo frio.

Para se obter margens mais significativas de conforto durante os períodos mencionados, é referenciada como principal estratégia para o verão medidas de ventilação, representando 18,4% de uma potencial solução do total de 20,3% de desconforto por calor.

No caso do inverno, a principal alternativa seria o aquecimento solar de envoltórias da edificação, sendo responsável pela solução de 29,4% do período de desconforto por frio, que totaliza 71,5%. O quadro a seguir apresenta a relação dos índices de conforto e desconforto e possíveis soluções discutidas pela autora:

Tabela 1 - Relatório Geral de Estratégias para Santa Maria

Dia e Mês Inicial: 01/01 - Dia e Mês Final: 31/12 - Total de Horas: 8.761 Pressão: 101.13 kPa	
Conforto	
28,5%	
Desconforto	
71,5%	
Calor	20,3%
Ventilação	18,4%
Alta Inércia p/ Resfriamento	0,589%
Resfr. Evaporativo	0,558%
Ar Condicionado	0,582%
Frio	51,26%
Aquecimento Solar/Inércia térmica	29,4%
Aquecimento Solar Passivo	13%
Aquecimento Artificial	8,86%
Umidificação	0%

Fonte: FLORES (2014, p. 80)

O estado do Rio Grande do Sul está inserido na região de clima subtropical, apresentando médias de temperaturas abaixo de 20°C com variações que possuem amplitudes entre 9°C e 13°C, tendo invernos rigorosos e chuvas intensas e bem distribuídas.

No caso da cidade de Santa Maria, os verões apresentam temperaturas elevadas, pois os raios solares incidem com intensidade. Sobretudo durante o inverno as temperaturas são significativamente mais baixas por influência de frentes polares (FLORES, 2014).

A partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), são apresentadas as Normais Climatológicas de Santa Maria entre os anos

de 1981 e 2010, tendo como base a média das temperaturas máximas e mínimas e a temperatura média compensada. O Tabela 2 a seguir apresenta os respectivos dados referentes às médias de Santa Maria:

Tabela 2 - Normais climatológicas de Santa Maria de 1981 a 2010

QUADRO DE NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DE SANTA MARIA-RS (1981 A 2010)			
Mês	T. Máxima em °C	T. Média Compensada em °C	T. Mínima em °C
Janeiro	30.90	24.90	19.80
Fevereiro	29.90	24.00	19.40
Março	29.10	22.90	18.50
Abril	25.70	19.40	15.00
Maio	22.00	16.00	12.00
Junho	19.70	14.20	10.30
Julho	19.00	13.40	9.40
Agosto	21.40	15.10	10.50
Setembro	22.10	16.40	11.90
Outubro	25.20	19.40	14.80
Novembro	27.80	21.60	16.40
Dezembro	30.30	24.10	18.60
Anual	25.30	19.30	14.70

Fonte: INMET, 2020. Adaptado pela autora.

Conforme o Tabela , as temperaturas mais elevadas se manifestaram durante os meses de dezembro e janeiro, já as mínimas estão presentes nos meses de junho e julho.

Apesar de a cidade ser caracterizada por estações bem definidas e amplitudes térmicas significativas, segundo Ongaratto et al. (2018), os aspectos arquitetônicos existentes na cidade geralmente não apresentam estratégias de ventilação para dias quentes nas edificações e aquecimento solar passivo para épocas mais frias.

Para se obter melhor aproveitamento dos recursos bioclimáticos, é preciso buscar soluções nos estudos de posicionamento solar em ambientes e ventilação de coberturas, podendo ser abertos durante o verão e fechados no inverno.

Diante da caracterização das estratégias bioclimáticas da zona de estudo apresentada, é possível perceber a necessidade de variações de tipologias construtivas para se obter melhor conforto térmico nas edificações. A partir das

seguintes medidas é possível também atenuar o consumo energético através do uso de equipamentos de aquecimento e resfriamento artificial.

3. ESTADO DA ARTE

3.1 DISSERTAÇÕES E ARTIGOS

Ao longo do presente capítulo serão trazidas pesquisas de dissertações e artigos científicos, assim como normas, que contribuiram para o referencial teórico e metodologia do tema. Para isso, foram escolhidos trabalhos com estudos de caso semelhantes aos dos conjuntos habitacionais estudados. Os métodos aplicados também apresentam compatibilidade com o das dissertações estudadas, buscando o comparativo de simulações computacionais à aplicação de questionários. Os artigos estudados buscam, da mesma forma, abordar as contribuições científicas relacionadas ao tema, utilizando o enfoque nas etapas de simulação e variáveis aplicadas ao método.

A dissertação defendida por Mota (2016) e intitulada “Análise das Condições de uso e ocupação de HIS, Localizadas na Cidade de Pelotas - ZB2, Preconizadas no RTQ-R no Método de Simulação Computacional” tem como objetivo geral analisar a influência do uso e da ocupação de usuários no desempenho termoenergético de habitações de interesse social na zona bioclimática 2. A faixa de renda estudada se enquadra entre 6 a 10 salários mínimos. Dentre os métodos utilizados pela autora está a simulação computacional pelo programa *EnergyPlus* e a aplicação de questionários.

Dentre os aspectos analisados no trabalho, foi estudada a composição dos elementos influentes na simulação, tais como: elementos construtivos (paredes e cobertura), composição dos elementos construtivos, transmitância dos elementos construtivos em $W/m^2.K$ (analisando os dados de inverno e verão na cobertura por conta alteração da angulação solar) e capacidade térmica dos elementos construtivos em $KJ/m^2.K$.

Na etapa de questionários foram estabelecidos critérios relevantes que têm influência nos resultados finais, tais como o número de pessoas residentes, quantidade de ocupantes da casa durante o verão e inverno em dias de semana e fins de semana, existência de cortinas, persianas e venezianas. Foi analisado também o hábito de abrir e fechar portas e janelas durante inverno e verão, tipos de lâmpadas e horários em que são ligadas durante inverno e verão e utilização de

equipamentos de resfriamento e aquecimento artificial durante fins de semana e dias de semana.

De acordo com as considerações finais da autora, foi percebido que a presença de cortinas, persianas e venezianas contribuem significativamente para a redução da entrada de irradiação solar nos ambientes. É utilizado como equipamento por maior parte dos moradores somente o ar condicionado e em apenas um cômodo durante o verão.

Outro estudo, desenvolvido por Barbosa (2017) e com o seguinte título: “Avaliação da Influência da Orientação Solar, Associada ao Comportamento do Usuário, no Desempenho Térmico de uma Tipologia de Residência Unifamiliar em Goiânia”, teve o objetivo geral avaliar, por meio de simulação computacional, a influência da orientação solar, considerando diferentes padrões de uso, no desempenho térmico de uma tipologia de residência unifamiliar, localizada na cidade de Goiânia-GO. Para isso, os métodos utilizados pela autora foram de simulações pelo programa *EnergyPlus*, aferições com aparelhos e aplicação de questionários.

Além das condicionantes trazidas pela referência anterior, são levados em consideração os índices de rugosidade das envoltórias simuladas, assim como a coloração das paredes. Para a aplicação de questionários, foram estudados os períodos do dia e do ano que as famílias ocupavam as habitações, considerando os meses de ocupação e os meses de férias.

Dentre as considerações finais trazidas pela autora, percebe-se divergências entre os métodos de aferição e simulação. Para a etapa de monitoramento, foi percebida a imprecisão de 0,7°C, apresentando o processo de calibração como satisfatório.

Coutinho (2014), em sua dissertação intitulada: “Avaliação de Conforto Térmico em Ambientes Naturalmente Ventilados: um Exemplo em Restaurante Universitário”, objetivou avaliar o conforto térmico em restaurantes universitários do campus de Campinas da Unicamp, fazendo uma comparação entre os modelos PMV e o adaptativo e as sensações térmicas reais dos trabalhadores e usuários.

Dentre os métodos utilizados pela autora estava utilização de dados gerados pelo software Conforto 2.03 comparados com dados obtidos por aferições e

aplicação de questionários. A tipologia analisada era de ambiente público e de usos diversos (Restaurante universitário Unicamp), estudando as diferentes atividades exercidas por estudantes e funcionários no local.

A principal metodologia aplicada pela autora foi a escala de Fanger, utilizada como parâmetro para a elaboração do questionário de avaliação térmica. Dentre as variáveis de conforto térmico foram adotadas a temperatura e umidade do ar, temperatura radiante média, velocidade relativa do ar, atividade física desenvolvida no ambiente e vestimenta do indivíduo. Como resultados finais da pesquisa, observou-se que através dos dados a discrepância entre os métodos de aferição e questionários, no qual a vestimenta e a atividade realizada em determinado ambiente fazem com que haja maiores áreas de desconforto.

Para o estudo de artigos da área, buscou-se referências nacionais e internacionais com publicações mais atuais que pudessem complementar a bibliografia da pesquisa. O primeiro artigo estudado foi publicado pela Revista *Ambiente Construído*, escrito por BALVEDI et al. (2018). Diante das condições analisadas no artigo, foi considerada a utilização do método de simulação através do programa *EnergyPlus* em habitações do Programa Minha Casa Minha Vida. As principais contribuições da pesquisa para o presente trabalho, estão na análise do processo de simulação para se obter os dados das propriedades termo físicas das envoltórias de acordo com os materiais da tipologia estudada.

O próximo artigo com pesquisas pertinentes ao trabalho foi publicado pela Revista *Applied Energy* na Austrália e foi escrito por Chowdhury, Rasul e Khan (2008). Para o presente trabalho, foi analisada a comparação do índice previsto de média-voto (PMV) em uma escala de sensações térmicas de sete pontos, calculado usando o índice temperatura e umidade relativa para essas técnicas de resfriamento. Os resultados simulados através das interfaces do programa *EnergyPlus* e *Design Builder* mostram que os sistemas que utilizam as estratégias citadas oferecem o melhor conforto térmico para os ocupantes durante o verão e o inverno em climas subtropicais.

O terceiro artigo analisado foi publicado pela Revista *Energy and Buildings* e escrito por Triana, Lamberts e Sassi (2017). Dentre as condições analisadas no trabalho, considerou-se pertinente a investigação do resultado da análise do

desempenho térmico e energético de projetos de habitação social considerando as alterações climáticas. Os resultados evidenciaram algumas diferenças relacionadas aos cenários e indicadores climáticos analisados, e mostrou que a incorporação de medidas de eficiência energética em projetos de habitação social atuais é de fundamental importância para minimizar os efeitos das mudanças climáticas nas próximas décadas.

O quarto artigo escrito por Grigoletti, Rotta e Müller (2010) foi publicado pela nos Anais do XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Como método pertinente à presente pesquisa, foi analisada a verificação o desempenho térmico de duas tipologias (um e dois dormitórios) adotadas pelo poder público local no que diz respeito ao sistema construtivo e à orientação solar.

Ao se analisar os resultados do trabalho, percebeu-se que a tipologia considerada boa solução apresenta um desempenho medido similar à solução desaconselhada, para condições de verão e grandes amplitudes térmicas (acima de 10°C). Quanto à orientação solar, os resultados confirmam a importância do aquecimento solar passivo para condições de frio (melhor desempenho das edificações com orientação nordeste e norte).

Outro artigo analisado foi publicado nos Anais do XV ENTAC por Doerfler e Krueger (2014). Neste estudo, foram realizadas simulações termo-energéticas com o programa *EnergyPlus* da planta padrão do PMCMV na cidade de Curitiba, verificando os efeitos em termos de consumo energético estimado em climatização artificial.

Na obtenção dos resultados, foi demonstrado que mudanças na orientação solar trazem como consequências alterações na necessidade de aquecimento de cerca de 2,6%. Para mudanças de orientação solar acompanhadas de uma realocação de janelas, tais diferenças relativas para aquecimento chegam de 0,3% a 2,6%.

Desta forma, buscou-se analisar pesquisas que trabalhassem de processos multimétodos para que houvesse meios comparativos e a possibilidade de resultados distintos e complementares, não somente simulações ou aplicação de questionários. Para isso, a análise do desempenho das edificações no processo de simulação é fundamental para compreender as respostas obtidas pela aplicação de questionários.

3.2 NORMAS E REGULAMENTOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O BOM DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES

As normativas desenvolvidas no Brasil, Estados Unidos e em países da Europa têm contribuído significativamente para o aprimoramento do desempenho térmico de edificações. Segundo Linck (2013), a primeira discussão no Brasil em relação à normalização dessa temática ocorreu em Gramado, Rio Grande do Sul, no ano de 1990 durante o I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC). Segundo autores da área, desde a primeira abordagem do tema, vários outros eventos deram continuidade às pesquisas, até o desenvolvimento das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A partir das normativas da ABNT trazidas pela NBR 15.220 (2005), foram estabelecidas cinco divisões referentes ao desempenho térmico de edificações. De acordo com Linck (2013), a primeira parte aborda sobre definições, símbolos, unidades e termos que envolvem a temática, assim como a caracterização térmica de materiais e os elementos que compõem os sistemas construtivos. O segundo segmento trazido pela norma fornece os processos necessários para cálculos de transmitância, atrasos térmicos e do fator do calor solar de elementos e itens que compõem as edificações, capacidades e resistências térmicas.

São apresentadas na terceira parte da norma 15.220 de 2005 as zonas bioclimáticas brasileiras, compatibilizando com medidas construtivas relativas aos diferentes aspectos climáticos de cada região, tendo aplicabilidade específica para habitações de interesse social. Através das diretrizes trazidas pela norma, é possível estabelecer definições de projeto adaptadas às respectivas zonas bioclimáticas, tendo como objetivo a verificação do desempenho da unidade construída, realizando comparativos se os aspectos adotados atendem de maneira adequada à normativa estabelecida.

Inserida às referências apresentadas pelas normas, Santa Maria está contextualizada na Zona Bioclimática 2. As indicações citadas pela norma em relação à região do estudo de caso da presente pesquisa estão relacionadas a projeção de aberturas de ventilação com percentual de área entre 15% a 25% da área de piso do ambiente, havendo também possibilidade de incidência solar ao longo do inverno, evitando o sombreamento das aberturas durante esse período.

Além das medidas construtivas de aberturas estabelecidas pela norma, é recomendado pela mesma o uso de paredes leves (transmitância térmica $U > 3,00$

W/(m².K), com atraso térmico de ϕ 4,3 h e fator de calor solar FSo 5,0 %) e coberturas leves isoladas (transmitância térmica U 2,00 W/(m².K), atraso térmico ϕ 3,3 h e fator de calor solar FSo 6,5 %).

Ao avaliar os critérios estabelecidos pela NBR 15.220-3 (2005), Grigoletti (2007) apresenta que parte das recomendações trazidas não contemplam o comportamento da edificação de uma forma geral. Logo, são observados pela autora citada aspectos como orientação solar das aberturas e da inclinação da cobertura, o sombreamento das superfícies externas e o uso da vegetação como barreira de irradiação solar direta, minimizando assim os ganhos térmicos. É levado em consideração por Grigoletti (2007) que, se a transmitância térmica de paredes e cobertura estivesse associada à orientação solar do fechamento, os critérios trazidos pela normativa poderiam ser mais efetivos para o desempenho térmico de habitações de interesse social.

De acordo com Ferreira e Pereira (2014) os parâmetros trazidos pela NBR 15.575 (2013) determinam quais critérios influem diretamente no desempenho de uma edificação de caráter residencial. Sobretudo, a condicionante foi retirada por não apresentar tanta implicação nos resultados de desempenho como um todo.

Sobre o desempenho térmico, é estabelecido pela norma que a habitação precisa corresponder às exigências do presente critério conforme o comportamento interativo de áreas externas, contabilizando cobertura e piso e levando em consideração o zoneamento bioclimático apresentado pela NBR 15.220-3 (2005).

Em relação ao processo de simulações em softwares, a NBR 15.575 (2013) estabelece dias típicos a serem reproduzidos pelos programas, constando anexados à norma os parâmetros de simulação para algumas cidades de diferentes zonas bioclimáticas, apesar de apresentar no próprio texto a necessidade de atualização dos dados (FERREIRA; PEREIRA, 2012).

Embora a NBR 15.575 (2013) possua complicações ao estabelecer dias típicos com dados atualizados referentes à zona bioclimática de estudo, foram analisados outras produções científicas relevantes que pudessem orientar o trabalho nessa diretriz.

Segundo Ferreira e Pereira (2014), no caso do período de verão, a habitação precisa demonstrar condições térmicas em seu interior correspondentes os melhores às áreas externas. Em relação ao inverno, exige-se o mesmo critério, que os

ambientes internos apresentem condições idênticas ou melhores em relação aos espaços externos da edificação.

O processo de revisão da NBR 15.575 nas partes 1, 4 e 5 trouxe alterações que simplificam o processo de avaliação do desempenho térmico, acústico e luminotécnico de habitações.

A publicação da atualização da norma, realizada em 30 de março de 2021, não irá constar no presente trabalho pelo andamento avançado da pesquisa. Sobretudo, é preciso pontuar as modificações relevantes que possam contribuir futuramente para trabalhos do mesmo tema.

Ao analisar as alterações, percebe-se que para a nova versão da norma existem novos procedimentos de avaliação do desempenho térmico, sendo classificados entre método simplificado e de simulação computacional.

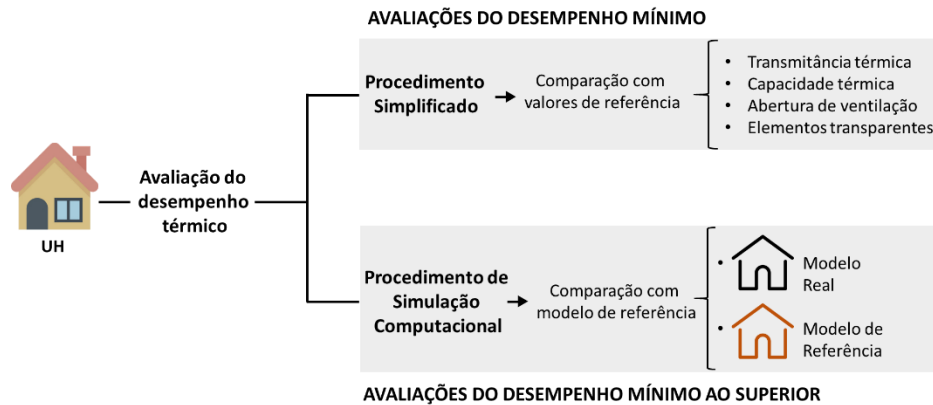
Para o procedimento simplificado, é mantida a análise da transmitância das envoltórias (paredes e coberturas) relacionada à absorção solar. Contudo, após a revisão é acrescentada a delimitação para áreas envidraçadas, levando em consideração aplicação de vidros de controle solar e sombreamento. É apontada também na atualização a influência do processo de degradação de materiais na emitância térmica de superfícies externas de chapas metálicas.

Já no caso do procedimento de simulação computacional, antes da revisão eram considerados somente dias típicos de verão e inverno, levando em conta que a residência estivesse desocupada. Logo, as recomendações de alteração ponderam para que ocorram durante todo o ano e com maiores taxas de ocupação.

Além de considerar taxas mutáveis para a renovação de ar dos ambientes, a norma aborda a importância em se analisar a residência também a partir de sua ventilação natural, condicionando a simulação para situações de extremo frio e calor. É ressaltado além da alteração na ocupação dos ambientes a existência de cargas térmicas internas, levando em conta a presença de equipamentos variados e em uso na habitação.

Por fim, para o procedimento de simulação computacional, é realizada uma comparação da UH com ela mesma, modelando com base em um sistema construtivo que apresente um desempenho térmico mínimo e que leve em conta a temperatura interna máxima. A figura a seguir apresenta de maneira esquematizada como são abordados os novos métodos de avaliação:

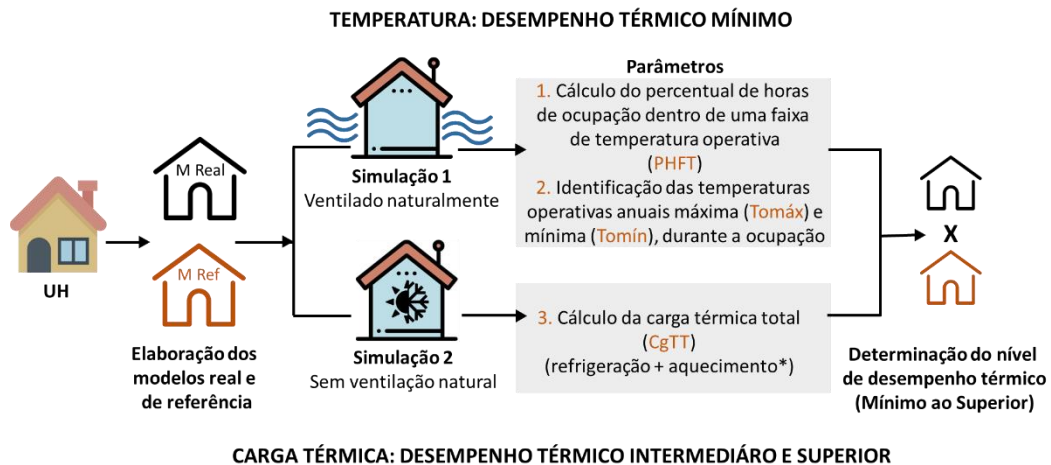
Figura 5 - Avaliação do Desempenho Térmico Mínimo – Atualização NBR 15.575



Fonte: Labeee, 2020.

A atualização no procedimento de simulação também proporcionou a modificação de seus indicadores de análise, sendo eles: Percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFT); temperatura operativa anual máxima e mínima da UH ($Tomáx$ e $Tomín$); e carga térmica total ($CgTT$). A partir de novas definições, tornou-se necessário às simulações a avaliação dos níveis mínimo, intermediário e superior de seu desempenho térmico:

Figura 6 - Indicadores de desempenho térmico e parâmetros de simulação



Fonte: Labeee, 2020.

É ainda considerado pela NBR 15.575-2021 o zoneamento bioclimático em 8 áreas distintas, parâmetro que deverá ser atualizado somente a partir da revisão da NBR 15.220, no qual não se tem previsão para a publicação. Logo, foram consideradas as condições normativas válidas para o ano de 2020 para o processo de elaboração do presente trabalho.

Dentro do processo de simulações nas normativas vigentes, o Regulamento Técnico de Qualidade para Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) dispõe de especificações para a realização do método. Para isso, são estabelecidas duas condições principais: uma para edifícios naturalmente ventilados e outra para edificações com equipamentos de condicionamento artificial.

Para a análise dos resultados do método, é realizada uma comparação entre dos dados obtidos pela simulação e os valores das tabelas de classificação do nível de eficiência energética da envoltória, sendo apresentadas no site do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) na área de etiquetagem das edificações para a verificação de qual nível de eficiência a edificação em estudo se encaixa.

Presente nas especificações do método de simulações, o RTQ-R possui pré-requisitos a serem cumpridos durante esta etapa. Referente ao programa de simulação, é recomendado que sejam atendidas as seguintes características básicas: ser um programa para a análise do consumo de energia em edificações; ser verificado de acordo com testes propostos pela ASHRAE Standard 140 – 2004, simular 8.760 horas por ano; modelar variações horárias de ocupação; potência de iluminação e equipamentos; rede de ventilação natural e sistemas de condicionamento artificial, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados; modelar efeitos de inércia térmica; modelar efeitos de multi-zonas térmicas; ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto; determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar; produzir relatórios horários das trocas de ar e das infiltrações; produzir relatórios horários do uso final de energia (INMETRO, 2012).

Na segunda especificação dos pré-requisitos de simulações presentes no RTQ-R, são estabelecidas condições sobre o arquivo climático onde a edificação será simulada. Segundo o INMETRO (2012), Dentre as características exigidas, está o fornecimento de valores horários para todos os parâmetros relevantes requeridos pelo programa de simulação, como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar.

É necessário que os dados climáticos sejam compatíveis aos da respectiva Zona Bioclimática, caso não haja os dados do local de estudo, recomenda-se utilizar de uma região próxima com semelhanças climáticas. Os arquivos a serem utilizados

são os disponibilizados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos ou os arquivos publicados no site do Procel em formatos TRY E TMY.

Além dos requisitos estabelecidos para o processo de simulação, diferentes critérios são analisados para o processo de etiquetagem de uma edificação. A presença de equipamentos de iluminação artificial de alto consumo, por exemplo, pode ser um critério relevante para a redução da eficiência energética de uma edificação.

Para isso, é importante que o projetista siga as recomendações normativas referentes ao tamanho de aberturas, tipos de coberturas para respectivas zonas bioclimáticas e especificação dos materiais de envoltórias, para que a habitação possua mais autonomia em relação ao uso de equipamentos de climatização e iluminação artificiais.

4. METODOLOGIA

Na caracterização do estudo de caso, foram escolhidas habitações de interesse social em três conjuntos da cidade de Santa Maria. Com um total de 1.440 unidades habitacionais, os residenciais Dom Ivo, Zilda Arns e Leonel Brizola estão situados entre a região central do município e o bairro Camobi. As unidades apresentam pouca preocupação no processo de implantação, fator que condiciona a relevância do presente trabalho em pesquisar, por meio de diferentes métodos, o conforto térmico das habitações através do estudo das diferentes disposições de orientação solar.

Para a realização da pesquisa, foram escolhidas duas estratégias distintas, que são comumente usadas em trabalhos científicos do mesmo gênero, para a obtenção de dados relativos ao conforto térmico do usuário. A primeira estratégia foi a etapa de entrevistas, no qual foram aplicados questionários com os moradores das habitações de interesse social com diferentes disposições de orientação solar, buscando obter dados durante os períodos de verão e inverno.

Na realização do método de simulação, foram analisados os elementos construtivos que constituem as envoltórias da edificação e interferem diretamente na temperatura dos ambientes, padrões de uso e ocupação, entre outros parâmetros necessários para a obtenção de dados na simulação computacional.

Logo, em conjunto com a etapa das entrevistas, o presente trabalho tem como objetivo comparar os índices de conforto obtidos pelos dois métodos.

Para a realização da presente pesquisa, a metodologia foi dividida em 5 diferentes etapas de execução, considerando as principais condicionantes de cada método aplicado.

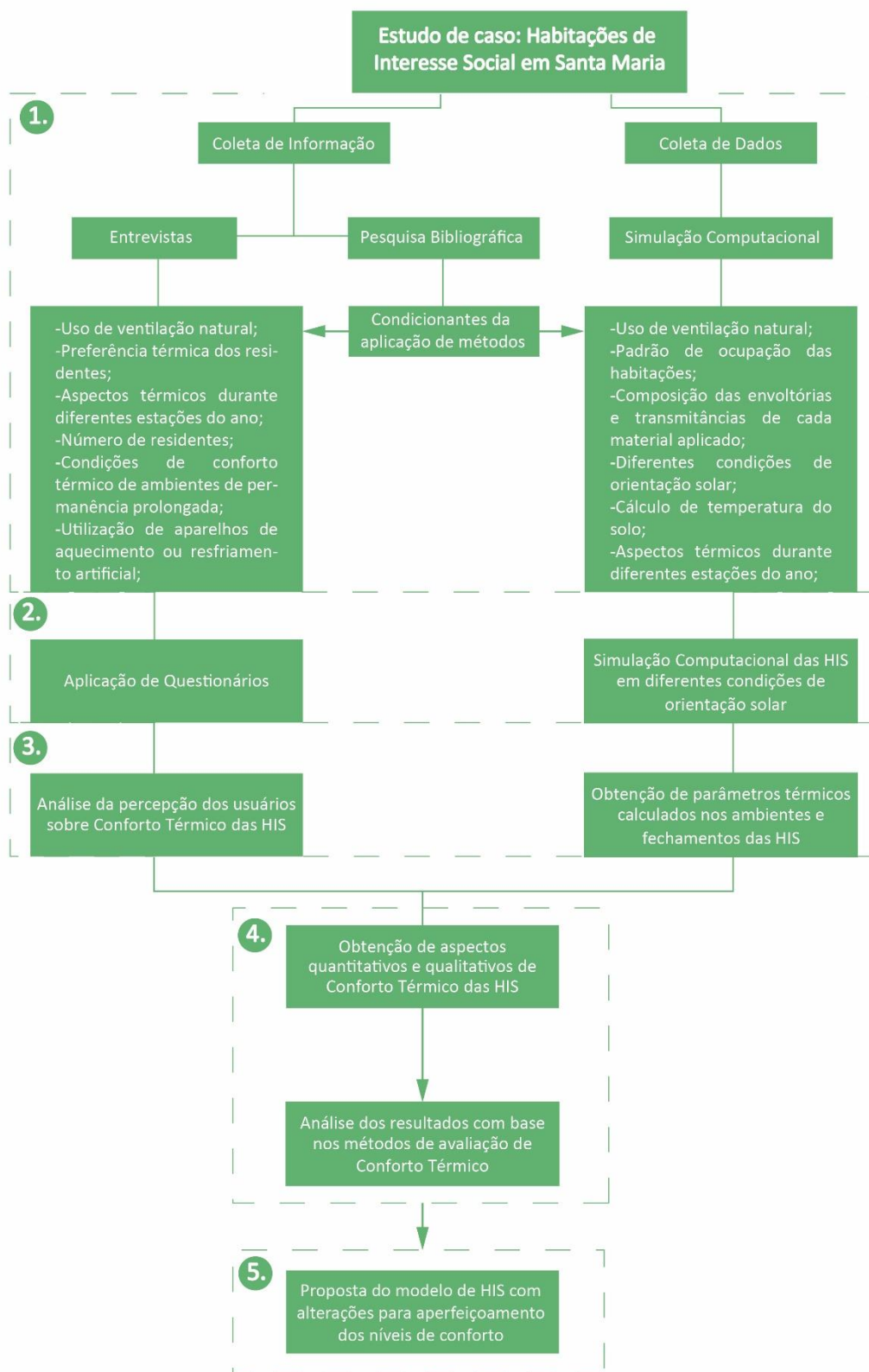
- **Etapa 1:** Realização da coleta de informações referentes ao estudo de caso, tendo como ferramentas a pesquisa-ação e pesquisa bibliográfica, buscando dados como: número de unidades em cada um dos três conjuntos habitacionais, diferentes tipologias implantadas e critérios adotados para a elaboração de questionários (tendo em vista a etapa de revisão bibliográfica). É contemplada também nesta fase a coleta de dados referentes à pesquisa

experimental, coletando dados essenciais para a simulação como os detalhes construtivos e materiais utilizados nas tipologias habitacionais.

- **Etapa 2:** Aplicação dos métodos de pesquisa escolhidos, empregando em cada ferramenta as condicionantes buscadas durante a etapa anterior. A realização de questionários se dará com a população durante as estações de inverno e verão e em habitações de orientações solares distintas. De maneira semelhante, os resultados das simulações referentes ao conforto térmico, realizadas pelos programas *EnergyPlus*, *Google SketchUp* e *plugin Euclid*, serão analisadas ao longo de todo ano, para que nas próximas etapas haja a triangulação entre as respostas da percepção do usuário e os dados das simulações.
- **Etapa 3:** Tratamento e análise dos dados obtidos pela etapa de simulação e aplicação de questionários.
- **Etapa 4:** Comparação de dados obtidos pelos dois métodos com base nos aspectos qualitativos, tendo como parâmetros de relação as normas e regulamentos presentes na revisão bibliográfica.
- **Etapa 5:** Apresentação do modelo de uma das unidades com os piores resultados nas simulações, aplicando propostas de diferentes materiais de envoltória e coloração de paredes externas para aperfeiçoamento do nível de conforto.

A figura a seguir apresenta os procedimentos adotados para a realização da pesquisa e suas respectivas etapas:

Figura 7 - Fluxograma da metodologia aplicada



Fonte: Autora, 2020.

4.1 DESCRIÇÃO DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL PARA O ESTUDO DE CASO

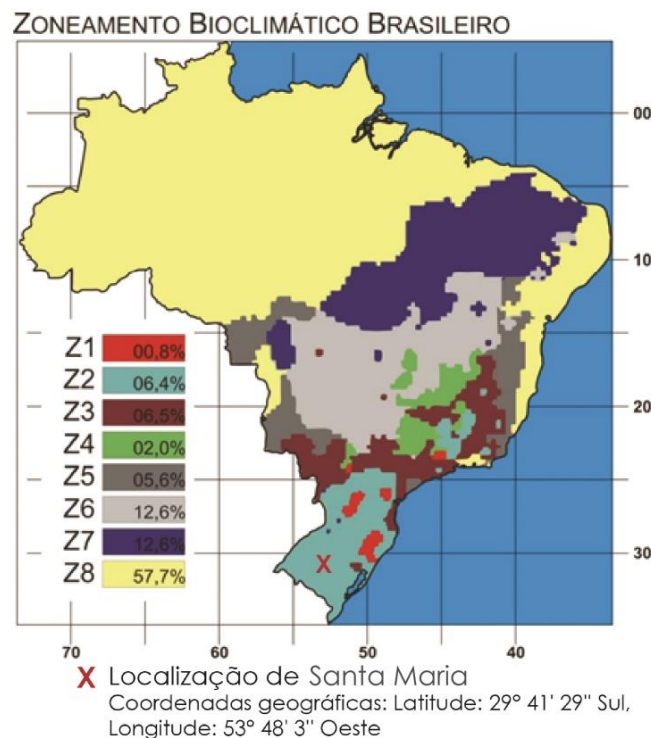
4.1.1 Localização e Escolha do Estudo de Caso

Segundo dados do IBGE (2020), é estimado que a cidade de Santa Maria no Rio Grande do Sul apresenta uma população de 283.677 habitantes. O clima é classificado como subtropical úmido, com as estações do ano bem definidas, verões quentes e invernos rigorosos.

Diante da caracterização climática apresentada pela NBR 15220 – Parte 3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social é trazida a divisão do território brasileiro em oito zonas bioclimáticas distintas, sendo que cada uma das áreas demarcadas apresenta comportamentos climáticos diferentes ao longo do ano.

Desta forma, a cidade de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, encontra-se inserida na Zona Bioclimática 2, conforme demarcado na Figura 8, a seguir.

Figura 8 - Localização de Santa Maria na Zona Bioclimática 2



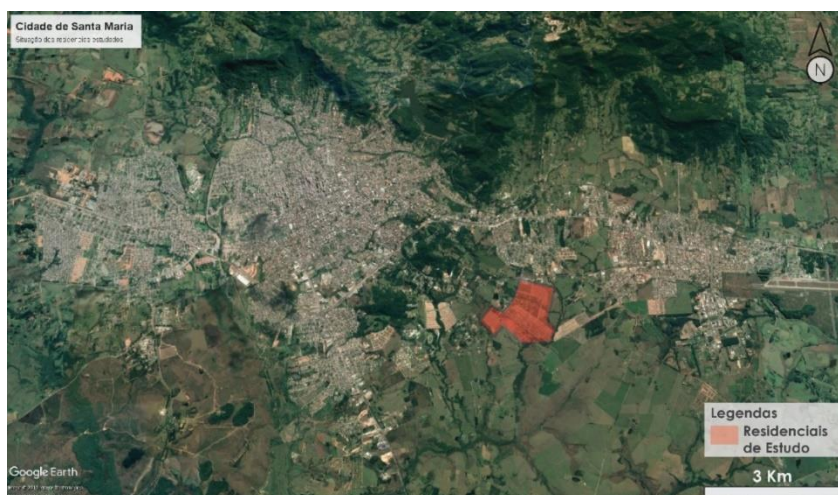
Fonte: Bioclimatismo. Adaptado pela autora, 2019.

Inseridos no estudo de caso da pesquisa, os conjuntos habitacionais Zilda Arns, Dom Ivo e Leonel Brizola apresentam proximidades de implantação. A escolha

dos seguintes conjuntos se deu por apresentarem, além de tipologias construtivas semelhantes, etapas de implantação diferentes. Ao se comparar as habitações, na etapa de questionários o estudo busca verificar possíveis diferenças entre o nível de conforto térmico de unidades com pós-ocupacional que ocorreu em um período maior ou menor de tempo.

Os mapas a seguir apresentam a localização dos residenciais em relação às áreas mais densas da cidade e as manchas de ocupação de cada conjunto habitacional:

Figura 9 - Mapa da Cidade de Santa Maria e Localização dos Residenciais Estudados



Fonte: Google Earth. Adaptado pela autora, 2019

Figura 10 - Disposição dos Residenciais do Estudo de Caso



Fonte: Google Earth. Adaptado pela autora, 2019

4.1.2 Caracterização das Unidades Habitacionais

Por serem implantadas em períodos diferentes, as edificações de cada residencial possuem algumas poucas variações no padrão construtivo, possuindo composições muito semelhantes entre si, seguindo o padrão do que é implantado em outros conjuntos habitacionais no Brasil. A seguir serão apresentadas as características construtivas das habitações de cada residencial.

4.1.2.1 Residencial Zilda Arns

Na dissertação escrita por Linck (2013), é realizada a caracterização do padrão construtivo das habitações do residencial Zilda Arns (Figura 11). A inauguração do local se deu na metade de 2012, tendo em sua totalidade quinhentas unidades. O conjunto está inserido no bairro Diácono João Luiz Pozzobom, assim como os demais conjuntos do estudo de caso.

Figura 11 - Habitações do Residencial Zilda Arns



Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Maria, 2012.

Segundo a mesma autora, o tipo de fundação é radier de concreto armado com espessura de 9cm, executado sobre uma camada de brita de 3cm. As paredes externas são compostas de concreto com incorporação de ar e espessura de 10cm.

A parede do box do banheiro possui um revestimento até 1,65m de altura de material cerâmico. Sobre a tanque existe uma faixa de 35cm de altura por 1,3m de largura com revestimento cerâmico. As cores das paredes externas são pintadas por uma tinta cor verde claro.

No caso das paredes internas, existe uma parede hidráulica de concreto com incorporação de ar entre o banheiro, lavatório e cozinha com espessura de 10cm, as dos demais ambientes possui espessura de 8cm. No box do banheiro e atrás do vaso sanitário existe uma área com revestimento cerâmico de 1,65m de altura.

Consta nas paredes hidráulicas da cozinha e lavatório um revestimento cerâmico até 1,50m de altura e sobre o tanque uma faixa do material com dimensões de 35cmx1,30m. Na parede onde existe geminação das habitações, a composição é de concreto com incorporação de ar e espessura de 13cm.

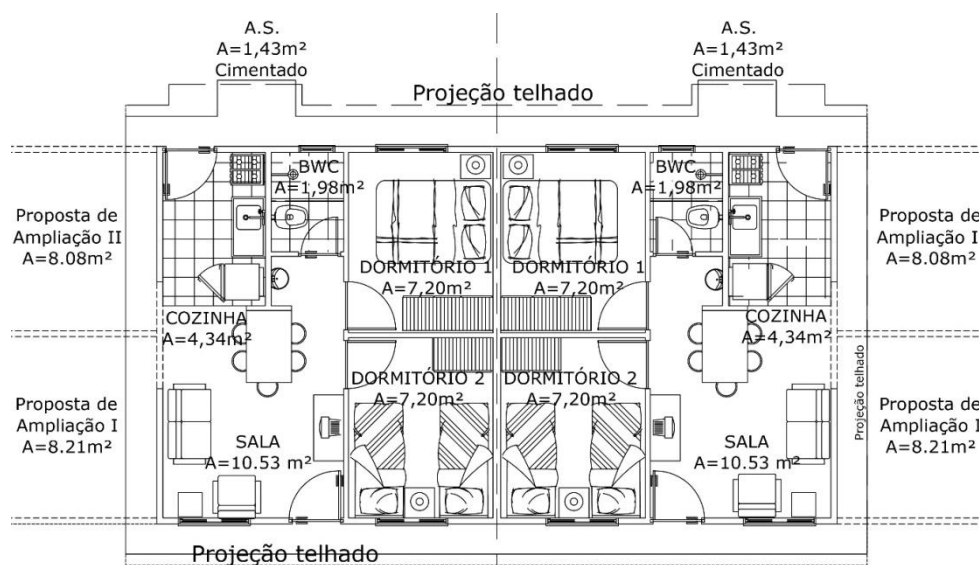
A cobertura é composta por uma estrutura de treliça em madeira e revestida por telhas cerâmicas de 1cm de espessura. O forro é composto de PVC e tem espessura de 1cm. Sobre a área de forro, foi executada uma placa de poliestireno expandido de 1,5cm de espessura.

Na região do piso, os dormitórios, sala e circulação possuem acabamento liso, já o banheiro e cozinha são revestidos por material cerâmico. As janelas são de ferro pintadas na cor branca, possuindo folhas de correr na sala, nos dormitórios com venezianas e basculante na janela do banheiro.

As portas externas são de ferro e vidro, pintadas na cor branca. Já as portas internas são compostas de madeira semi-oca. A figura a seguir apresenta o modelo de habitação geminada do Residencial Zilda Arns, possuindo variação do modelo especificado por uma pintura externa de cor amarela:

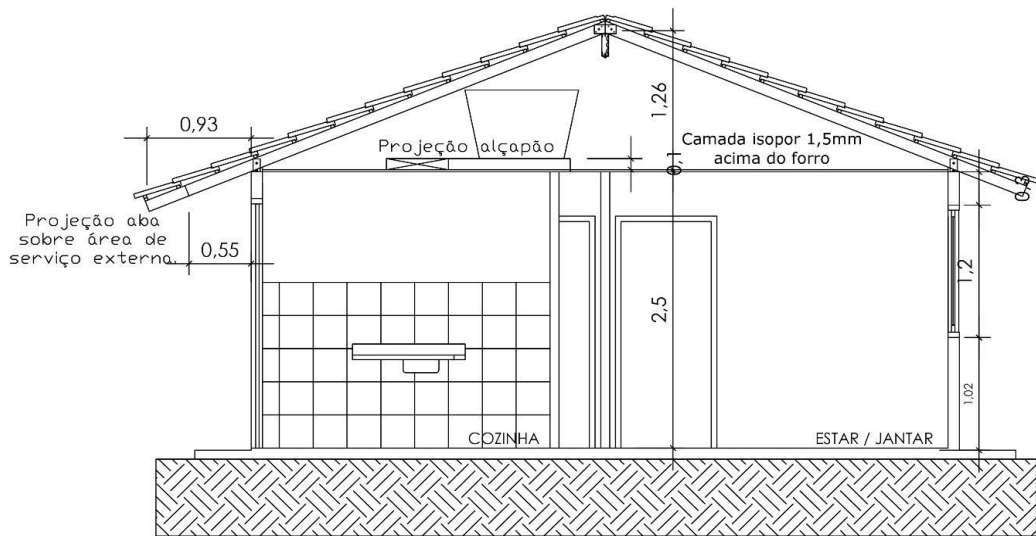
No caso das unidades do conjunto Zilda Arns, o banheiro e a cozinha são unidos por uma parede hidráulica, não existindo uma área de serviço externa com mobiliário. A área útil de cada unidade é de 35,45 m². As figuras a seguir apresentam a tipologia construída no residencial:

Figura 12 - Modelo das unidades habitacionais geminadas do residencial Zilda Arns



Fonte: Prefeitura de Santa Maria. Adaptado pela autora, 2019.

Figura 13 - Corte das HIS do residencial Zilda Arns



CORTE AA

Fonte: Prefeitura de Santa Maria. Adaptado pela autora, 2019.

4.1.2.2 Residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola

De acordo com o trabalho de final de graduação elaborado por Cas (2017), o padrão construtivo das habitações do residencial Leonel Brizola são bastante semelhantes ao do conjunto Zilda Arns, sendo melhor diferenciados pela posição do e dimensão do banheiro.

O Residencial Dom Ivo Lorscheiter foi inaugurado em 2014 com quinhentas e setenta e oito unidades habitacionais e está inserido no bairro Diácono João Luiz Pozzobom. As habitações foram implantadas cada uma em lotes de 8,25 metros de largura e são geminadas pela parede dos dormitórios.

Composta de sala, cozinha, dormitório 1, dormitório 2, banheiro e área de serviço, área útil da unidade é de 36,04 m², possuindo uma versão de mesma área e dimensionamento para Portadores de Necessidades Especiais (PNE). A tipologia construtiva se apresenta de maneira idêntica ao do residencial Leonel Brizola, sendo descrita no texto de forma unitária.

O conjunto habitacional Leonel Brizola foi entregue em 2016 com trezentos e sessenta e duas unidades habitacionais. A fundação das habitações também é do tipo radier. As paredes são de concreto armado e fibras de aço com espessura de 10cm.

Na geminação das duas habitações, as paredes são duplas e possuem uma espessura de 15cm, 2cm a mais que no conjunto anterior. As esquadrias externas são compostas por chapas de aço dobradas. As portas internas são de madeira e a cobertura é composta de telhas cerâmicas e estrutura de treliça de madeira. O forro também é de PVC como no outro residencial e possui espessura de 1cm.

Em todas as áreas de piso dos ambientes internos o revestimento é feito por material cerâmico. No banheiro, cozinha e área de serviço foram executadas as mesmas áreas de revestimento azulejado que no residencial Zilda Arns.

O diferencial em relação à tipologia do conjunto anterior é a disposição de um sistema de aquecimento de água para os chuveiros, composto por uma placa de energia fotovoltaica instalada sobre o telhado e aquecendo o boiler sob a caixa d'água.

A figura a seguir apresentam as tipologias implantadas nos residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola:

Figura 14 - Modelo de HIS dos residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola



Fonte: Prefeitura de Santa Maria. Adaptado pela autora, 2019.

4.1.3 Orientações Solares Existentes

Diante das diretrizes determinadas na metodologia, a principal se trata da análise do nível de conforto térmico em habitações de interesse social de orientações solares diferentes. Tanto para a etapa de entrevistas quanto para a realização das simulações computacionais, o fator orientação solar foi o critério principal da presente pesquisa.

A referência para a determinação da orientação solar se deu pela fachada da entrada principal das unidades. A frente da habitação também foi escolhida como referência da orientação solar por apresentar o maior número de aberturas de ambientes de permanência prolongada: dormitório da frente, sala/cozinha.

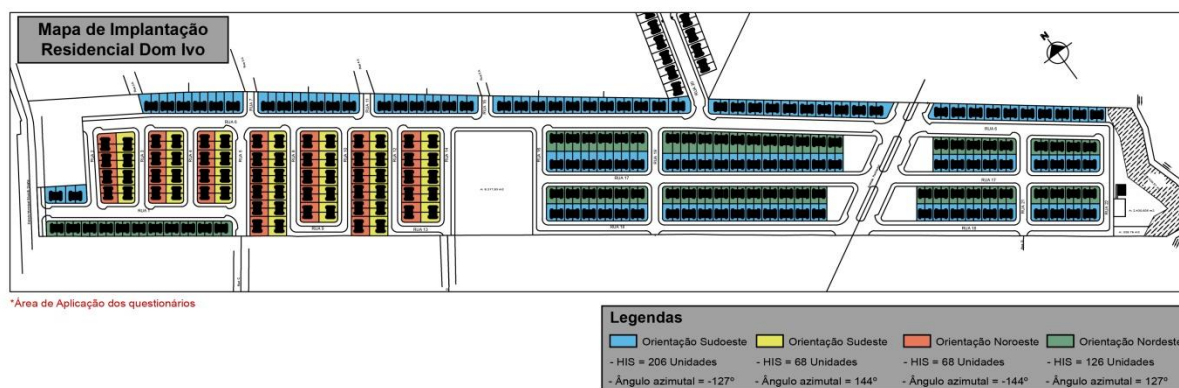
As figuras a seguir apresentam a implantação das HIS, assim como o quantitativo presente no mapa e o respectivo ângulo azimutal de cada orientação:

Figura 15 - Mapa de Implantação do Residencial Zilda Arns



Fonte: Prefeitura de Santa Maria, 2019. Adaptado pela autora

Figura 16 - Mapa de Implantação do Residencial Dom Ivo



Fonte: Prefeitura de Santa Maria, 2019. Adaptado pela autora

Figura 17 - Mapa de Implantação do Residencial Leonel Brizola



Fonte: Prefeitura de Santa Maria, 2019. Adaptado pela autora

O mapeamento acima apresenta as diferentes orientações solares das habitações existentes nos três conjuntos. Os números das unidades que aparecem nas figuras acima tiveram como base as plantas técnicas disponibilizadas pela

Prefeitura de Santa Maria (2019). Sobretudo, em trabalhos científicos e sites oficiais, os números totais de edificações apresentam algumas variações.

Os seguintes dados têm como objetivo fornecer informações sobre a disposição das unidades para a simulação computacional através do ângulo azimutal. Busca-se, da mesma forma, demonstrar a representatividade da pesquisa ao investigar o nível de conforto térmico no seguinte quantitativo de unidades.

Para o residencial Zilda Arns, as habitações de Orientação Sudoeste representam 13% do número total de residências. As unidades de maior quantitativo no conjunto foram as de Orientação Sudeste, referentes a 37,2% do todo. O segundo maior número de HIS foi de Orientação Noroeste, apresentando 36,8% das unidades. Por último, com o mesmo quantitativo da primeira, a Orientação Nordeste é referente a 13% das habitações.

No residencial Dom Ivo, as unidades de Orientação Sudoeste representaram o maior número, com 44,4% do total. As Orientações Sudeste e Noroeste possuem o mesmo quantitativo de habitações, sendo cada uma delas 14,4%. Já a Orientação Nordeste apresentam 27,16% do número total de unidades do residencial.

Em relação às habitações do residencial Leonel Brizola, as de Orientação Sudoeste correspondem a 15,15%. As HIS de Orientação Sudeste possuem maior representatividade, sendo 43,94% do total. As unidades de Orientação Noroeste significam 34,35% da totalidade. E, finalmente, as de Orientação Nordeste são referentes a somente 6,57% das habitações do conjunto.

4.2 ENTREVISTAS

O desenvolvimento da seguinte etapa da pesquisa permitiu aos seus investigadores a produção de conhecimento mais voltado para o estudo do usuário. Através de uma abordagem participativa dos moradores das HIS estudadas, buscou-se adquirir suas perspectivas ao se analisar o nível de conforto térmico no pós-ocupacional, identificando também problemáticas decorrentes de desconforto por frio ou calor nas unidades.

Dentre as estratégias utilizadas, a aplicação de questionários em um formato qualitativo permitiu a visualização da percepção do usuário em relação ao conforto térmico de ambientes de permanência prolongada e na edificação como um todo. Foi identificado, conseqüentemente, quais ambientes apresentaram maior conforto ou desconforto em diferentes estações do ano.

Além da análise feita por ambiente, foi levada em consideração a orientação solar de cada unidade habitacional, verificando quais fachadas apresentaram maiores problemas de conforto térmico.

Para que houvesse multiplicidade de tipos de orientações solares nas UHs estudadas, foram escolhidos conjuntos de habitações de interesse social que apresentassem tipologias construtivas semelhantes e um número expressivo de unidades. Dessa forma, a pesquisa buscou relevância ao trazer resultados dos níveis de conforto térmico sobre uma quantidade significativa de moradores.

Para a definição do grau de conforto percebido pelos usuários, foi utilizado a escala de Fanger, apresentada na revisão bibliográfica. O método aplicado por Ole Fanger, no ano de 1972, buscava associar o calor perdido pela pele devido à área superficial do corpo, o calor interno gerado por processos metabólicos e a temperatura média da pele.

O intuito do experimento era obter um método que pudesse prever a sensação e o grau de desconforto térmico das pessoas, sujeitas a condicionantes moderadas e determinar quais condições térmicas são mais aceitáveis para o bem-estar humano (COUTINHO, 2014).

A figura a seguir apresenta a escala determinada por Fanger para mensurar diferentes sensações de conforto:

Figura 18 - Escala de sensação térmica

Escala	Sensação
(-3)	Muito frio
(-2)	Frio
(-1)	Levemente frio
(0)	Neutro
(1)	Levemente quente
(2)	Quente
(3)	Muito quente

Fonte: ASHRAE (2013); ISO7730 (2005).

A partir de questionários-piloto aplicados no desenvolvimento do pré-projeto, pode-se analisar aspectos mais relevantes para a realização de um questionário definitivo, apresentando a melhor abordagem possível para os usuários. Desta forma, a objetividade das perguntas e a extensão do formulário foram pontos relevantes.

Tais preocupações permitiram que houvesse um número considerável de alternativas sem que o modelo se tornasse cansativo ou que trouxesse ambiguidades, dificultando o entendimento dos respondentes. Teve-se como premissa também o tempo de aplicação, para que o modelo não se tornasse muito longo e diminuísse o interesse dos entrevistados.

O corpo do formulário é constituído por 10 perguntas objetivas (Anexo A), trazendo como elemento principal as sensações térmicas nas estações de maior variação: verão e inverno. As perguntas principais foram direcionadas aos ambientes considerados pelo RTQ-R como de permanência prolongada. Assim, na tipologia construtiva das HIS estudadas, as questões abordavam o nível de conforto térmico da sala e da cozinha (consideradas pelos usuários como ambientes integrados), dormitório da frente e dormitório dos fundos.

Houve uma etapa teste de aplicação dos questionários que foi realizada de forma presencial e antes da pandemia, em fevereiro de 2020, obtendo uma participação significativa por parte dos moradores. As imagens apresentadas no

trabalho são provenientes da etapa piloto e, em sua maioria, são referentes aos tipos de habitações dos residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola.

Figura 19 - Habitação Onde Houve Aplicação da Etapa Teste dos Questionários



Fonte: Autora, 2020.

Figura 20 - Habitação Onde Houve Aplicação da Etapa Teste dos Questionários



Fonte: Autora, 2020.

Após a consolidação do formato do questionário, o modelo definitivo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Maria, uma vez que o estudo envolve seres humanos, sob número CAAE 36375620.8.0000.5346. Logo, com a devida autorização, os questionários definitivos começaram a ser aplicados no inverno de 2020.

Por conta da pandemia e do período de isolamento ocasionado pela Covid-19, a aplicação dos questionários, tanto para o período de inverno quanto para o verão, se deu de maneira virtual. Para ter acesso ao contato de telefone dos moradores, líderes comunitários dos conjuntos habitacionais foram comunicados sobre a realização e o intuito da pesquisa, assim como também foram apresentados os documentos referentes à aprovação no Comitê de Ética da universidade.

Após o contato com os moradores por meio de aplicativo de mensagens, as entrevistas foram realizadas de maneira online, em contato direto com os respondentes, para que qualquer dúvida fosse solucionada de imediato. Para evitar possíveis enganos com os residentes, inicialmente era perguntado se os entrevistados residiam na Habitação Minha Casa Minha Vida com o padrão relacionado ao do estudo de caso.

4.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Diante das normativas que buscam aperfeiçoar medidas de conforto térmico em habitações, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) recomenda como método de avaliação a simulação computacional. A experimentação por meio de simulações permite prever condições térmicas mais adequadas para a obtenção de conforto dos usuários das edificações projetadas ou mesmo estimar o nível de conforto apresentado pela edificação em questão.

4.3.1 Definição do *Software* e Parâmetros Normativos

A partir das estratégias adotadas para a obtenção do nível de conforto térmico do presente trabalho, o processo de simulação foi realizado através de *softwares* que pudessem estimar quais os índices de conforto em desconforto ao longo das 8.760 horas/ano.

Além dos parâmetros construtivos para a modelagem das HIS, o processo exigiu igualmente a calibração e inserção de dados de rotina e comportamento do usuário. A aplicação do arquivo climático de acordo com o formato interpretado pelo programa apresentou a base necessária com as informações específicas sobre o clima em que o estudo de caso está inserido.

Para que um programa seja apto a uma simulação adequada de edifícios, de acordo com o RTQ-R (INMETRO, 2012), é necessário que o mesmo forneça dados de saída sobre o consumo de energia da edificação simulada, sendo também verificado conforme os testes apresentados pela *ASHRAE*, 2014.

A partir dos parâmetros estabelecidos pelo regulamento, além da modelagem das 8.760 horas por ano, é necessário modelar variações horárias de ocupação, assim como a potência de iluminação e dos equipamentos elétricos.

São considerados também os aspectos da rede de ventilação natural e artificial, como condicionadores de ar. É realizada a definição de forma separada de cada dia da semana e dos feriados existentes no local do estudo de caso. Realiza-se também a modelagem de efeitos de inércia térmica e de multi-zonas térmicas.

Frente às demais exigências para o programa de simulação, é também necessário que o mesmo possua a capacidade de simular as estratégias bioclimáticas empregadas no projeto.

Da mesma, é preciso determinar a capacidade devidamente solicitada pelo sistema de condicionamento, assim como também produzir relatórios com os horários de trocas de ar e infiltrações de acordo com parâmetros normativos. Como aspecto final das exigências para o programa de simulação, deve-se produzir relatórios horários do uso final de energia (INMETRO, 2012, p.64).

Para os requisitos dos arquivos climáticos, é trazido pelo Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais RTQ-R (INMETRO, 2012) as especificações a serem atendidas, sendo elas:

- fornecer valores horários para todos os parâmetros relevantes requeridos pelo programa de simulação, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar;
- os dados climáticos devem ser representativos da Zona Bioclimática onde o projeto sob avaliação será locado e, caso o local do projeto não possua arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma região próxima que possua características climáticas semelhantes;
- devem ser utilizados arquivos climáticos disponibilizados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (www.eere.energy.gov) ou os arquivos climáticos publicados no sítio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios, em formatos tais como TRY e TMY (INMETRO, 2012, p.64).

Diante das informações levantadas, tem-se como metodologia escolhida a estratégia de simulação computacional por meio do *software Energy Plus* versão 8.7, vinculado ao *plugin Euclid*. Através das respectivas ferramentas computacionais, foi possível cumprir uma das etapas metodológicas estabelecidas, estimando através de simulações qual o nível de conforto térmico em habitações de interesse social, tendo como variável o fator de orientação solar das mesmas.

A partir de plantas arquitetônicas das habitações do estudo de caso fornecidas pela Prefeitura de Santa Maria (2020), foi possível realizar a modelagem das duas tipologias existentes nos três residenciais através do programa *Google SketchUp Make 2017*, sendo esta a versão gratuita disponibilizada pela plataforma provedora do *software*.

Demais configurações de modelagem, como criação de zonas térmicas, grupos de sombreamento e configuração de aberturas foram realizadas através do *plugin Euclid* versão 0.9.3. A extensão, também fornecida de maneira gratuita e vinculada ao *Google SketchUp Make 2017*, facilita a criação e modificação da

geometria para edifícios no qual se tem intuito de analisar parâmetros como ganhos e perdas energéticas.

O *plugin Euclid* faz parte do *Legacy OpenStudio*, que teve sua extensão desenvolvida originalmente pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL). Por conta do NREL não fazer mais parte do *Legacy OpenStudio*, a plataforma *Big Ladder Software* adquiriu manutenção do *plugin*, sendo retirado o nome referente ao *OpenStudio* e renomeado de *Euclid*.

Assim como o programa precursor, o *plugin Euclid* continua a realizar leituras e escritas através da geometria do programa *EnergyPlus*, apresentado ainda no mesmo formato denominado Input Data File (IDF). Para a base de tutoriais e instruções técnicas referentes ao *plugin*, é possível obter mais informações no documento *Legacy OpenStudio User Guide*, o manual de instruções de criação da extensão (BIG LADDER SOFTWARE, 2020).

Outro programa utilizado no processo de simulação computacional é o *software Energy Plus*. Desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE). A princípio, outros programas como *Building Loads Analysis and System* (BLAST) e DOE-2 eram utilizados como ferramenta de simulação, sobretudo, datados do fim da década de 1970 até os primeiros anos de 1980.

O primeiro programa (BLAST) realizava análises energéticas e o segundo contribuiu para a produção de parâmetros existentes na ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerator and Air Conditioning Engineers*)(OLIVEIRA, 2012).

A plataforma do programa *EnergyPlus* possui um sistema híbrido composto de um formato modular e estruturado a partir da base dos seus dois programas antecessores. As operações de funcionamento do software são baseadas no processo de entrada e saída de arquivos de texto.

A análise termoenergética do programa tem como base a definição e caracterização da edificação, desde os aspectos físicos aos sistemas mecânicos que compõem o todo (DOE, 2014). De acordo com Oliveira (2012), em relação a demais *softwares* da área, é possível obter dados de saída mais precisos para ambientes não condicionados.

A partir dos dados de saída apresentados pelo programa, é possível adquirir informações referentes ao conforto do usuário. São calculados no *software* os processos de resfriamento e aquecimento da edificação, logo, são também disponibilizados resultados sobre o consumo energético (CRAWLEY et al., 2008).

A apresentação da seguinte base de dados faz com que o programa se torne a ferramenta adequada para a obtenção dos dados referentes à pesquisa sobre o nível de conforto térmico nas HIS do estudo de caso, sendo possível realizar as variações de orientação solar das unidades através do ângulo azimutal presente nas configurações do programa.

4.3.2 Módulos e Gerência de Simulação do Programa *Energyplus*

Ao se detalhar as condicionantes que fazem parte do sistema de balanço energético do *software*, percebe-se que os módulos existentes se dividem em três tipos diferentes.

A partir das bases bibliográficas referentes ao programa, é trazido por Crawley (2000), que dentre os módulos apresentados, o primeiro é responsável por coordenar o balanço de calor presente em superfícies, assimilando dados sobre os modelos de céu, luz natural, sombreamento, janelas com vidros, e a estimativa das funções de transferência por condução.

No segundo módulo é apresentado o balanço de calor através do ar, abrangendo os aspectos de ventilação natural e condicionamento artificial da edificação em questão. Já o terceiro módulo é referente ao ensaio dos sistemas existentes no edifício, relacionando a modelagem aos fluxos de ar e zonas térmicas em questão.

Dentre as dificuldades encontradas inicialmente na utilização do programa, uma delas é o uso da plataforma gráfica, baseada na interface de programação computacional, a inserção de dados acontece de maneira pura, evitando erros de espaçamentos ou pontuações nas unidades de medida.

Ao realizar o processo de modelagem pelo programa *SketchUp Make 2017*, o desenho das geometrias da edificação tais como paredes, portas, janelas, coberturas e até mesmo beirais são facilitados por não exigir, preliminarmente, a inserção das espessuras das superfícies modeladas, sendo realizada em etapas posteriores na programação do arquivo IDF, já na plataforma do programa *EnergyPlus*.

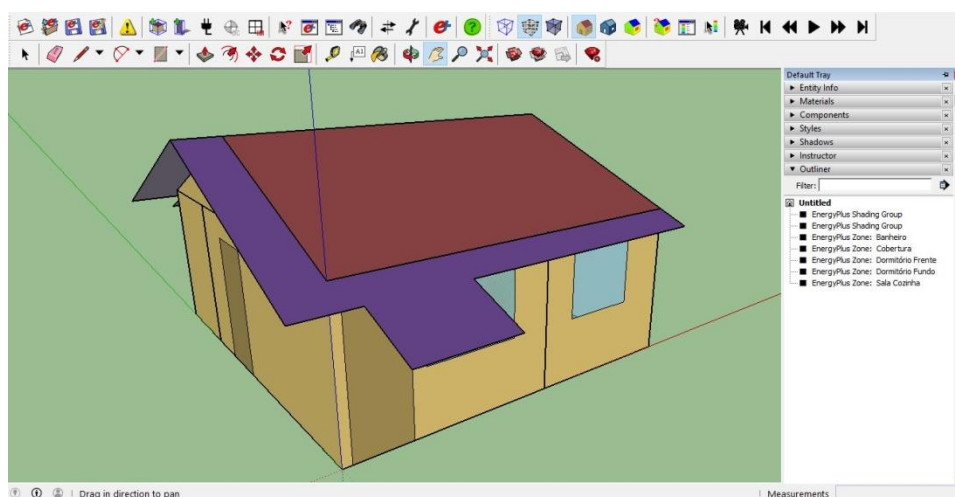
Para o processo de configuração das envoltórias, relacionando as que estão no meio interno ou externo à edificação e quais elementos influenciam em seus ganhos térmicos, como ventilação natural, o *plugin Euclid* versão 0.9.3 traz

ferramentas capazes de assimilar as particularidades de cada superfície da modelagem, assim como também criar zonas térmicas.

A linguagem da interface da extensão é de fácil utilização, ícones de interpretação simplificada trazem funções básicas como abrir ou salvar arquivos em diferentes formatos, realizar simulações teste para a verificação de possíveis erros de modelagem, gerar superfícies de sombreamento, determinar propriedades das superfícies modeladas e também assimilar a geometria de diferentes faces.

Na figura a seguir, são trazidas as ferramentas existentes no *plugin Euclid 0.9.3* e como o processo de modelagem está atrelado à plataforma do *SketchUp Make 2017*:

Figura 21 - Interface do programa SketchUp Make 2017 para a modelagem



Fonte: Autora (2021)

A estrutura das zonas térmicas criadas aparece na aba lateral, em uma janela branca. Para cada ambiente da edificação, existe uma zona térmica específica, sendo a mesma influenciada pelas especificidades do tipo de parede, de abertura ou mesmo orientação solar do respectivo ambiente.

Como referência dos pontos cardeais, o sentido do eixo verde, a partir da linha azul de origem o programa, é considerado como o Norte, se tornando a referência para a modelagem de fachadas. A marcação para a criação de zonas térmicas também é referenciada pela intercessão entre os eixos verde e azul do *SketchUp Make 2017*.

4.3.4 Arquivos Climáticos

Para o processo de simulação computacional, a inserção do arquivo climático é uma etapa base capaz de proporcionar a saída de dados de acordo com os parâmetros construtivos e de agenda configurados.

O tipo do arquivo climático a ser utilizado se encontra no formato *Energy Plus Weather File* (EPW). A formação do arquivo se dá por alimentação do banco de dados meteorológicos, de radiação solar e iluminância terrestre, tendo o formato separado por vírgulas.

Apesar de serem utilizados arquivos precisos para o método de simulação, existem casos em que a cidade em questão não possui arquivo climático, sobretudo, sendo empregado o arquivo de alguma cidade próxima que possua características climáticas semelhantes e esteja inserida na mesma zona bioclimática (OLIVEIRA, 2012).

Santa Maria apresenta seu próprio arquivo climático, sendo disponibilizado de maneira gratuita pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). A presença de registros climáticos referentes à cidade do estudo de caso permite que o processo de simulação forneça maior precisão de dados. Sobretudo, entende-se que as informações existentes se encontram em constante processo de revisão e atualização.

4.3.5 Modelagem das Tipologias Construtivas

No processo de modelagem das duas tipologias existentes nos três residenciais do estudo de caso, foi levado em consideração os dados das plantas fornecidos pela Prefeitura de Santa Maria (2019). Logo, na existência de possíveis discrepâncias entre os modelos executados e o projeto, as medidas da maquete respeitaram as informações dos desenhos técnicos.

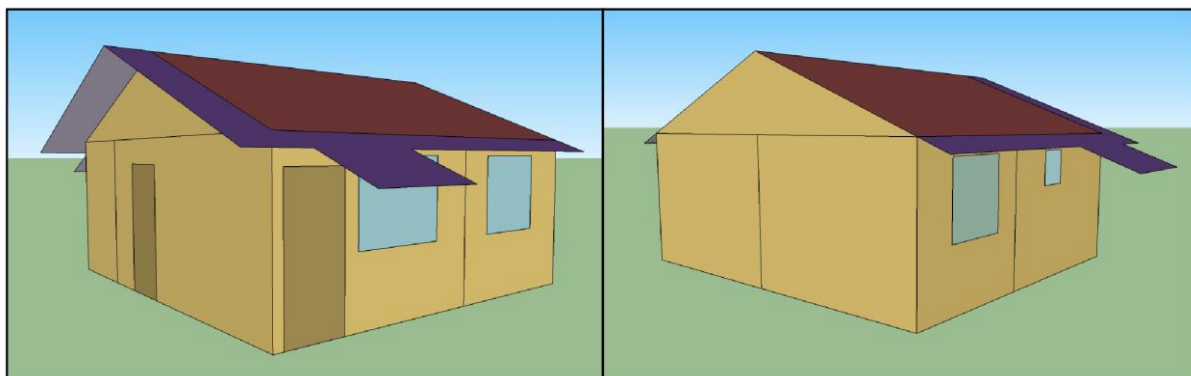
O modelo simulado apresenta em cada um dos ambientes uma zona térmica, sendo elas: sala/cozinha, dormitório da frente, dormitório dos fundos e banheiro. Para a cobertura, foi estabelecida igualmente uma zona térmica individual por haver trocas de calor com a respectiva envoltória.

Apesar de se tratar de habitações geminadas, a modelagem considerou para a saída de dados somente uma das unidades. Sobretudo, no processo de desenho, foram criadas as duas edificações juntas, para que os resultados não fossem

afetados por terem mais superfícies de paredes expostas ao meio externo, adulterando os resultados de conforto e desconforto.

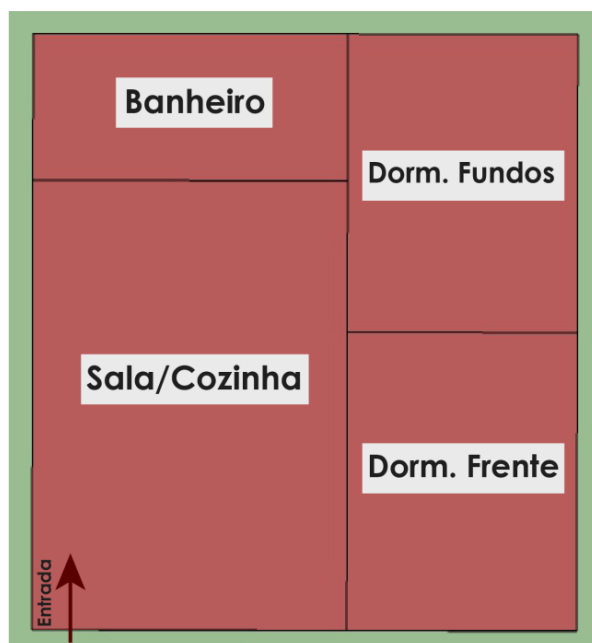
As imagens a seguir apresentam as duas modelagens das habitações com a parte geminada ocultada, sendo a primeira tipologia referente aos residenciais Leonel Brizola e Dom Ivo, e a segunda implantada no residencial Zilda Arns:

Figura 22 - Modelagem da Tipologia dos residenciais Leonel Brizola e Dom Ivo: à esquerda a parte frontal da residência e à direita os fundos da edificação



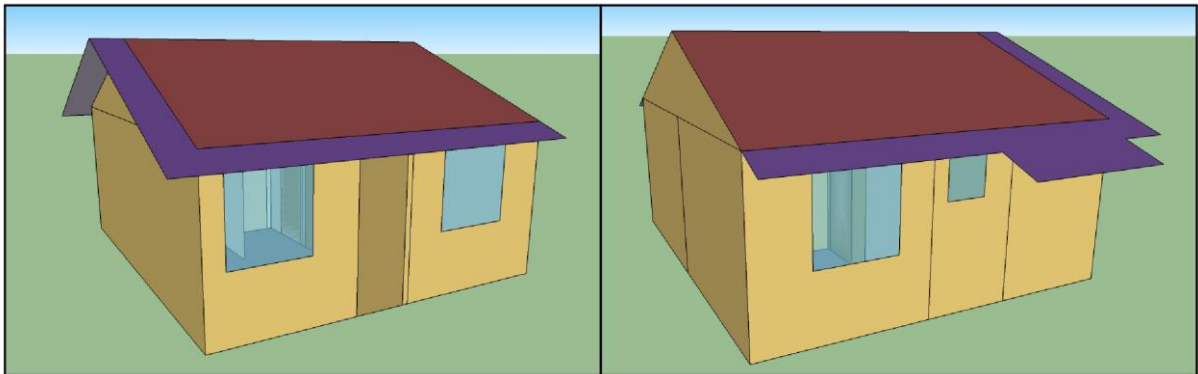
Fonte: Autora (2021)

Figura 23 - Zonas Térmicas da Tipologia dos residenciais Leonel Brizola e Dom Ivo



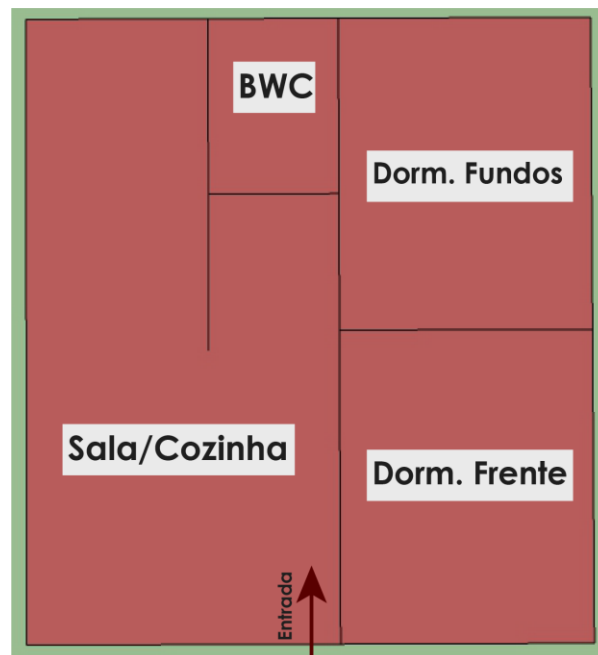
Fonte: Autora (2021)

Figura 24 - Modelagem da Tipologia do residencial Zilda Arns: à esquerda a parte frontal da residência e à direita os fundos da edificação



Fonte: Autora (2021)

Figura 25 - Zonas Térmicas da Tipologia dos residenciais



Fonte: Autora (2021)

4.3.6 Configurações de Uso e Ocupação

Dentre os ambientes das unidades habitacionais, considerou-se de acordo o RTQ-R (2014) como de permanência prolongada os dois dormitórios e a sala, respectivamente a área de TV, já que não existem divisórias que separam o ambiente da cozinha.

De acordo com a mesma normativa, para cada dormitório da UH (Unidade Habitacional), foram considerados dois ocupantes por ambiente, sendo a sala em

sua ocupação com índice de 100% utilizada por todos os residentes da unidade, ou seja, quatro ocupantes.

Apesar do período de pandemia alterar a rotina de ocupação e uso dos ambientes, foi considerado o que é trazido pelo regulamento. Os dados referentes ao padrão de ocupação são separados entre dias da semana e fins de semana, sendo organizado pelas 24 horas do dia. O percentual referente à ocupação total do cômodo corresponde a 100%, 50% para a metade e 0 quando desocupado.

Para a configuração de dias especiais no processo de simulação computacional, na aba do *Run Period* do *idf Editor* do programa *EnergyPlus* foram considerados feriados referentes à cidade de Santa Maria-RS.

Durante a organização da agenda de uso e ocupação dos ambientes, foram considerados os seguintes dados trazidos pela tabela 3.39 do RTQ-R:

Figura 26 - Tabela 3.39 Padrão de Ocupação para dias de semana e fins de semana

Hora	Dormitórios		Sala	
	Dia de Semana	Final de Semana	Dia de Semana	Final de Semana
	(%)	(%)	(%)	(%)
1h	100	100	0	0
2h	100	100	0	0
3h	100	100	0	0
4h	100	100	0	0
5h	100	100	0	0
6h	100	100	0	0
7h	100	100	0	0
8h	0	100	0	0
9h	0	100	0	0
10h	0	50	0	0
11h	0	0	0	25
12h	0	0	0	75
13h	0	0	0	0
14h	0	0	25	75
15h	0	0	25	50
16h	0	0	25	50
17h	0	0	25	50
18h	0	0	25	25
19h	0	0	100	25
20h	0	0	50	50
21h	50	50	50	50
22h	100	100	0	0
23h	100	100	0	0
24h	100	100	0	0

Fonte: Procel (2014)

Em relação ao uso dos ambientes pelos seus ocupantes nos cômodos de permanência prolongada, foram adotadas as taxas metabólicas para as principais atividades exercidas. Para a sala, considerou-se estar sentado assistindo TV e, para o quarto, dormindo ou descansando.

É referenciado pelo RTQ que os valores recomendados para as taxas metabólicas são baseados na ASHRAE *Handbook of Fundamentals* (2009), no qual a área de pele média considerada é de 1,80m².

Através da tabela 3.40 do regulamento, foi possível obter as seguintes taxas metabólicas das atividades mencionadas:

Figura 27 - Taxas metabólicas para cada atividade

<i>Ambiente</i>	<i>Atividade realizada</i>	<i>Calor produzido</i>	<i>Calor produzido para área de pele = 1,80 m²</i>
		<i>(W/m²)</i>	<i>(W)</i>
<i>Sala</i>	<i>Sentado ou assistindo TV</i>	60	108
<i>Dormitórios</i>	<i>Dormindo ou descansando</i>	45	81

Fonte: Procel (2014)

4.3.7 Sistema de Iluminação

Como mencionando anteriormente, os ambientes de permanência prolongada considerados na UH possuem maior influência nas agendas da simulação computacional. Semelhantemente à organização de uso e ocupação, são considerados dois padrões de operação do sistema de iluminação: um referente aos dias de semana e outro para os fins de semana.

Para o período diurno, em algumas horas específicas como o início da manhã o sistema será utilizado, especialmente nos dormitórios. No caso da sala o acionamento será feito em horários próximos ao meio dia e posteriormente próximo ao período do ocaso, por volta das 17h.

Os dados relacionados ao funcionamento do sistema também estão presentes no RTQ-R na tabela 3.41. Para a interpretação das operações de ligamento e desligamento, o índice 100% se refere quando as luzes estão sendo utilizadas. Para o valor de 0%, entende-se que o sistema está desligado. A seguir é apresentada a tabela utilizada como base das operações do sistema:

Figura 28 - Padrão de Uso da Iluminação

Hora	Dormitórios		Sala	
	Dia de Semana	Final de Semana	Dia de Semana	Final de Semana
	(%)	(%)	(%)	(%)
1h	0	0	0	0
2h	0	0	0	0
3h	0	0	0	0
4h	0	0	0	0
5h	0	0	0	0
6h	0	0	0	0
7h	100	0	0	0
8h	0	0	0	0
9h	0	100	0	0
10h	0	0	0	0
11h	0	0	0	100
12h	0	0	0	100
13h	0	0	0	0
14h	0	0	0	0
15h	0	0	0	0
16h	0	0	0	0
17h	0	0	100	100
18h	0	0	100	100
19h	0	0	100	100
20h	0	0	100	100
21h	100	100	100	100
22h	100	100	0	0
23h	0	0	0	0
24h	0	0	0	0

Fonte: Procel (2014)

Para os ambientes de permanência prolongada, é preciso considerar as densidades de potência instalada (DPI). Conforme as informações trazidas pelo RTQ-R, consta na tabela 3.42 do manual. Nos dormitórios o DPI possui o valor de 6 w/m². Já no caso da sala, o DPI é de 5 w/m².

Em relação à sala, deve-se especificar as cargas internas de equipamentos na simulação computacional. Para os dados presentes no regulamento, tem-se o período de potência de 24h do dia durante toda a simulação. O valor da potência corresponde à 1,5W/m².

4.3.8 Ganhos Internos

Na seguinte categoria, são considerados os dados anteriormente utilizados no uso e ocupação dos ambientes. Assim como apresentado na tabela 3.39 do RTQ-R, determina-se no seguinte item a ocupação máxima de 4 pessoas para a sala e 2 pessoas para cada um dos dormitórios.

Outro aspecto relacionado aos ganhos internos é o fator de fração radiante. O índice possui uma variação de 0,0 até 1,0, sendo utilizado para especificar o tipo de calor que está sendo emitido pelos ocupantes da zona térmica.

Após a especificação do fator, o número será multiplicado pelo total da energia sensível emitida pelas pessoas para dar a quantidade de radiação de longo comprimento de onda ganho pelos seres humanos na respectiva zona (BIG LADDER SOFTWARE, 2020).

Para a determinação do índice referente ao estudo de caso, teve-se como referência a ASHRAE 55 (2013). É definido pelo regulamento que o valor padrão a ser aplicado na categoria de *Fraction Radiant* é de 0,30.

4.3.9 Equipamentos Elétricos

Para definir os dados de simulação referentes aos equipamentos elétricos, é necessário compreender a configuração da Densidade de Carga Interna dos Equipamentos (DCI) e seus fatores de influência. No caso, foram pontuadas como determinantes as categorias de fração radiante e fração visível.

Na categorização dos equipamentos, considerou-se os que estariam em uso na sala. Para o dado da carga interna de equipamento, foi adotado a potência trazida pelo RTQ-R de 1,5 W/m².

Outro dado exigido pela simulação computacional é a fração radiante do equipamento elétrico da zona térmica. O índice é proveniente de parte da potência nominal que é transformada em calor.

Para a definição da fração radiante, são analisadas informações da ASHRAE (2009, p.18) referentes à condicionante. Nas circunstâncias do estudo de caso, para equipamentos que apresentam potência nominal abaixo de 1000W, o índice o fator radiante é de 0,25.

Tendo em vista os dados de equação que a fração radiante somado à fração latente e a possíveis perdas equivale a 1, determinou-se consecutivamente que o valor da fração latente é de 0,75.

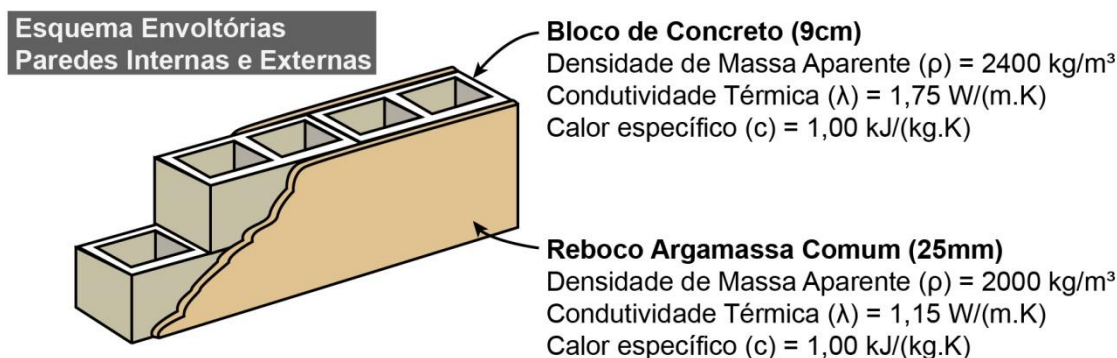
4.3.10 Definição de Materiais

Para a configuração dos materiais existentes na simulação, foi necessário analisar a composição das envoltórias que apresentam superfícies de contato com a irradiação solar e/ou possuem trocas térmicas com o meio.

Como parâmetro de dados, são analisadas as informações presentes na NBR 15.220 parte 2 (2004), referente ao desempenho térmico de edificações e métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.

Durante o processo de configuração dos materiais das envoltórias, verificou-se que a composição do estudo de caso faz parte da tipologia homogênea, quando ambos os lados são constituídos pelo mesmo material. A figura a seguir apresenta a composição das paredes internas e externas das unidades habitacionais com as propriedades térmicas de acordo com a NBR 15.220 - parte 2:

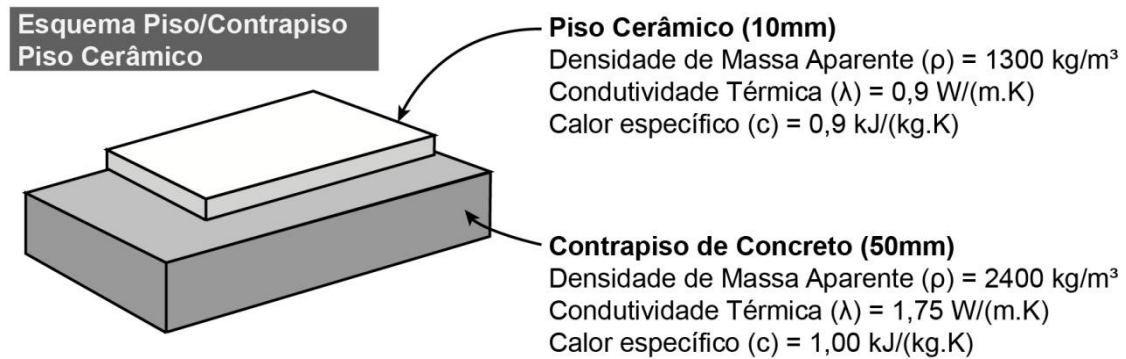
Figura 29 - Esquema Paredes Internas e Externas



Fonte: Autora (2021)

A definição das camadas de piso e contrapiso, forro, cobertura e materiais de esquadrias estão especificadas na caracterização das UHs no capítulo 4 do presente trabalho. Logo, foi possível verificar pela NBR 15.220 as demais propriedades que fizeram parte da simulação computacional. Para as propriedades do piso e contrapiso são determinados os índices abaixo:

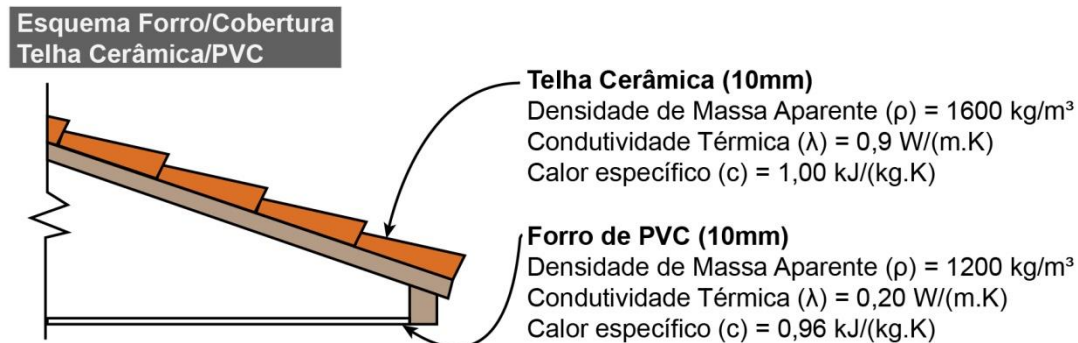
Figura 30 - Esquema Piso – Contrapiso



Fonte: Autora (2021)

Na caracterização da cobertura, foram especificados os materiais do telhado e do forro. Para o processo de modelagem, a inclinação da cobertura e espaçamento da câmara de ar entre os elementos apresentam aspectos significativos no ganho térmico por essa superfície. As propriedades térmicas dos materiais são representadas pelo seguinte esquema:

Figura 31 - Esquema de Cobertura – Forro



Fonte: Autora (2021)

Para as portas internas e externas da modelagem, são especificados dois materiais diferentes. Para as **portas externas**, a composição é de ferro fundido, com espessura do material de 3mm. A especificação das propriedades térmicas é apresentada pela NBR 15.220 da seguinte forma:

- Densidade de Massa Aparente (ρ) = 7800 kg/m³
- Condutividade Térmica (λ) = 55 W/(m.K)
- Calor específico (c) = 0,46 kJ/(kg.K);

As **portas internas** são especificadas como compostas de madeira semi-oca. A espessura da folha é de 5 centímetros. De acordo com as informações trazidas pela NBR, as propriedades térmicas dos materiais apresentam os índices a seguir:

- Densidade de Massa Aparente (ρ) = 500 kg/m³
- Condutividade Térmica (λ) = 0,15 W/(m.K)
- Calor específico (c) = 2,30 kJ/(kg.K);

4.3.11 Câmara de Ar dos Materiais

No caso de câmaras de ar que não apresentam ventilação natural, é determinado pela NBR 15.220 parte 2 (2004) os índices de resistência térmica de acordo com a direção dos fluxos de calor, largura e espessura dos materiais que possuem esse tipo de espaçamento interno.

Através das informações dos desenhos técnicos das unidades habitacionais do estudo de caso, é possível determinar em quais elementos a câmara de ar está presente.

Para a parte do forro de PVC, tem-se a tendência de fluxo térmico descendente, vindo de cima para baixo. Por se tratar de uma superfície de baixa emissividade hemisférica total ($\epsilon < 0,2$) e apresentar espessura menor que 1 cm, a resistência térmica da câmara de ar é de 0,29 m².K/W.

Nas paredes externas, compostas por blocos de concreto com espessura de 9 centímetros, considera-se a superfície como de alta emissividade hemisférica total ($\epsilon > 0,8$). Os fluxos de calor identificados possuem o sentido predominantemente horizontal. A espessura da câmara de ar apresenta largura superior a 5 cm, logo o índice de sua resistência térmica é de 0,17 m².K/W.

Por fim, as câmaras de ar existentes nas portas apresentam uma superfície de baixa emissividade ($\epsilon < 0,2$). A espessura da câmara de ar existente no material está entre 2 e 5 centímetros e a direção dos fluxos de calor tem sentido horizontal. Determinou-se então sua resistência térmica como de 0,37 m².K/W. A tabela abaixo apresenta a classificação dos elementos forro, parede e porta:

Figura 32 - Tabela B1 Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica R_{ar} $m^2 \cdot K/W$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
Superfície de alta emissividade $\varepsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 5,0$	0,17 Parede	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\varepsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29 Forro
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37 Porta	0,25	0,43
	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61

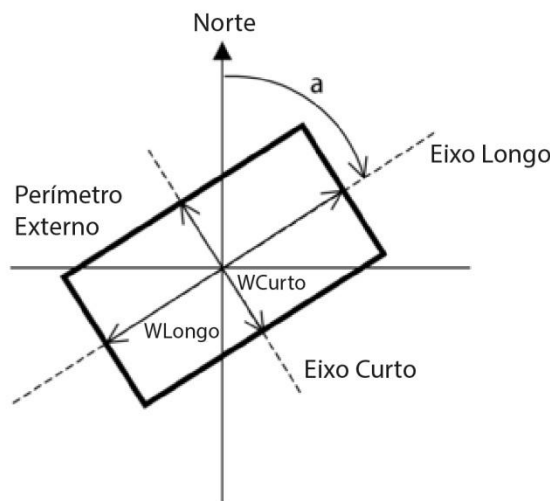
Fonte: NBR 15.220 parte 2. Adaptado pela autora (2021).

4.3.12 Ventilação Natural

Para a configuração do sistema de ventilação natural, verificou-se que a edificação se trata de uma *Low Rise*, no qual o edifício retangular possui a altura h menor que três vezes o comprimento e largura.

Ao ser especificado o ângulo azimutal da edificação, são inseridos os critérios de análise da presente pesquisa com variação das orientações de fachada. A aplicação do ângulo azimutal em zero, significa que a construção possui sua fachada principal direcionada ao norte. A figura a seguir apresenta o esquema do ângulo do azimute:

Figura 33 - Angulação da edificação e definição do azimute



Fonte: DeGraw (2020)

A partir do parâmetro presente na categoria *Schedule Compact*, pode-se estabelecer as agendas ao longo das 24 horas da ventilação natural. Para a determinação de quando as janelas seriam abertas, foi configurado o acionamento de abertura a partir de 20°C da temperatura interna de cada ambiente.

4.3.13 Cálculo da Temperatura do Solo – *Slab*

Após as determinações existentes na operação de janelas, com base nas recomendações trazidas pelo RTQ-R (INMETRO, 2012), foi realizado o cálculo da temperatura do solo através do pré-processador existente no programa *EnergyPlus* denominado *Slab*. Os valores obtidos são referentes a temperatura média do solo ao longo de cada mês do ano, realizando a ponderação entre temperaturas externas e internas da habitação simulada.

Para a computação dos dados do *Slab*, determina-se o piso da edificação como uma superfície adiabática. Depois da seguinte alteração, são calculados os valores médios das temperaturas operativas nos diferentes meses do ano. Sequencialmente, o arquivo *Slabexample.idf* é modificado, inserindo através da formato bloco de notas as temperaturas obtidas pelas médias mensais. Após a realização das alterações, é inserido no pré-processador o novo modelo de *Slab*. Por fim, é realizada a simulação computacional, compatibilizando os dados de temperatura do solo obtidos.

4.3.14 Parâmetros de Saída

Para a determinação dos níveis de conforto da edificação, os dados de saída eram referentes às temperaturas operativas das zonas térmicas de cada ambiente da HIS. Como determinado na etapa de metodologia, a análise foi baseada nos valores obtidos dos ambientes de permanência prolongada.

Os resultados das simulações foram organizados em tabelas, levando em consideração os percentuais de conforto e desconforto com aceitabilidade de 80% do modelo adaptativo. Além dos valores obtidos para cada ambiente, foi realizada a média ponderada das áreas de cada cômodo, mensurado os percentuais de conforto e desconforto para a edificação como um todo.

5 ENTREVISTAS: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao se iniciar o presente capítulo, primeiramente é importante pontuar as dificuldades encontradas na aplicação dos questionários. Por conta de a metodologia ter sido definida sem o conhecimento de uma pandemia eminente, o processo de entrevistas visava o contato com os moradores. Logo, as medidas de distanciamento devido ao Coronavírus afetaram diretamente o processo de coleta e os resultados.

As etapas de aferição de temperatura e umidade relativa do ar no local de aplicação dos questionários também foram afetadas. Apesar de se tratar de uma sugestão da banca, o procedimento foi dificultado tanto pela falta de acesso aos instrumentos disponibilizados pela universidade, que se encontrava fechada no período de pandemia, quanto pelo distanciamento social, fazendo com que as aferições fossem inviabilizadas.

Como mencionado no capítulo da metodologia, durante as duas coletas, em setembro de 2020 e março de 2021, as entrevistas foram realizadas exclusivamente de maneira virtual. Por meio de líderes comunitários, houve a inserção da entrevistadora nos grupos dos residenciais em um aplicativo de mensagens.

Através desse primeiro contato, era apresentado aos moradores do que se tratava a pesquisa e do código de ética que envolvia os resultados. Apesar do anúncio do estudo, poucos moradores entraram em contato com a entrevistadora. Logo, teve-se que contatar diretamente os residentes para a aplicação dos questionários.

Em muitos dos casos, apesar das apresentações devidas da pesquisa e do modelo do formulário, muitos dos moradores não se sentiam seguros em responder ou mesmo bloqueavam o contato da entrevistadora. O maior envolvimento ocorreu por parte das mulheres, que afirmaram não ter identificado riscos ao responder às perguntas.

Para otimizar a quantidade de respondentes, o contato com os moradores era feito principalmente no horário após as 19h, quando o expediente de trabalho havia finalizado para grande parte dos respondentes. Ao longo do dia, a aplicação era feita

especialmente durante os fins de semana, já que a maioria dos entrevistados se encontrava em casa.

Portanto, os resultados apresentados a seguir são referentes aos quantitativo de moradores que se dispuseram a participar. A entrevistadora só cessou a aplicação de questionários quando o número de contatos dos grupos dos residenciais se esgotou.

Verificou-se durante as visitas que muitas habitações apresentaram mudança de uso ou mesmo adições de cômodos e alterações na fachada. Sobretudo, a etapa de simulação computacional trouxe em sua modelagem a habitação da maneira que foi entregue pelo Programa Minha Casa Minha Vida.

Para evitar discrepâncias nas respostas dos questionários, apesar dos poucos entrevistados, buscou-se filtrar a aplicação das entrevistas para moradores que não haviam feito muitas modificações nas unidades. A partir dessa medida, tentou-se trazer maior confiabilidade de dados.

5.1 PROCESSO DE APLICAÇÃO

Como determinado pela metodologia, a aplicação foi realizada nas estações de inverno e verão. A primeira coleta após a aprovação do Comitê de Ética da Universidade Feral de Santa Maria ocorreu no dia 05 de setembro de 2020, no período do inverno.

Apesar da ausência de respostas por grande parte dos indivíduos contatados, foi realizado um número significativo de entrevistas para a pesquisa durante os dois períodos de coleta.

De maneira a estimular a participação das pessoas em responder o questionário, durante a aplicação no verão de 2021 foi realizado um sorteio de duas cestas básicas entre todos os entrevistados, tendo em vista que o período de pandemia atenuou os índices de desemprego no país (IBGE, 2020).

Ao aplicar questionários durante datas com maiores índices de calor ou frio nas estações propostas, a etapa de entrevistas recebeu respostas positivas da população.

Muitos dos entrevistados apresentaram entusiasmo ao participar e evidenciaram problemas decorrentes nas habitações como a falta de isolamento térmico ou mesmo patologias construtivas, sendo relatada a presença de mofo nas unidades, especialmente em paredes das fachadas que recebiam pouca irradiação solar.

As entrevistas ocorreram durante um período de dez dias. Como mencionado pela entrevistadora, a aplicação foi finalizada após a interação com todos os contatos dos grupos do aplicativo de mensagens. As verificações de temperatura no período de aplicação foram feitas através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, nos dois períodos das entrevistas definitivas (setembro de 2020 e março de 2021) se teve como objetivo realizar quantidades parecidas de questionários para evitar disparidade na comparação dos dados. Muitos dos entrevistados responderam o questionário nos dois períodos de aplicação, proporcionando à pesquisa maior confiabilidade dos resultados.

Para o inverno, apesar das dificuldades de aplicação, foram obtidas um total de 39 entrevistas. Na execução das perguntas, buscou-se equiparar o número de entrevistados para cada um dos residenciais. Logo, como resultado de cada um dos conjuntos, obteve-se igualmente 13 entrevistas para o Zilda Arns, Dom Ivo e Leonel Brizola.

Entre os dias 05 e 15 de setembro, foram identificadas pela plataforma do INMET máximas de 25°C durante o dia e mínimas de 8°C, sobretudo no período da noite. A temperatura média do período de aplicação foi de 16,83°C. Entretanto, como a maior parte das entrevistas era realiza durante a noite, temperaturas mais frias prevaleceram durante a aplicação dos questionários.

Sobre as entrevistas no verão, as mesmas ocorreram entre os dias 12 e 20 de março de 2021. Pela mesma plataforma mencionada anteriormente, foram registradas as temperaturas do período de aplicação, apresentando máxima de 35°C e mínima de 13°C. A temperatura média dos dias de entrevistas foi de 23,22°C.

Apesar de a entrevistadora realizar o sorteio de 2 cestas básicas para estimular a participação dos moradores na aplicação do verão, o número de

entrevistados foi menor, sendo obtidos 32 questionários. O maior número de respostas foi do residencial Zilda Arns, com 12 participantes, sendo seguido dos conjuntos Dom Ivo e Leonel Brizola, cada um com 10 entrevistados.

Ao adquirir perspectivas variadas de um mesmo indivíduo, sobretudo em estações do ano opostas entre si, a pesquisa conseguiu abordar a influência do conforto térmico nas respostas, seguindo assim as premissas abordadas nos objetivos iniciais.

5.2 DADOS OBTIDOS NAS COLETAS

Durante a realização dos questionários, as perguntas eram direcionadas aos ambientes da edificação, indagando os participantes sobre a sensação térmica no verão e inverno em cômodos de permanência prolongada. Para a organização das respostas sobre cada estação, foram gerados dois esquemas por residencial: um relacionando os dados durante a coleta de inverno (realizada em setembro de 2020) e o outro no verão (feita em março de 2021).

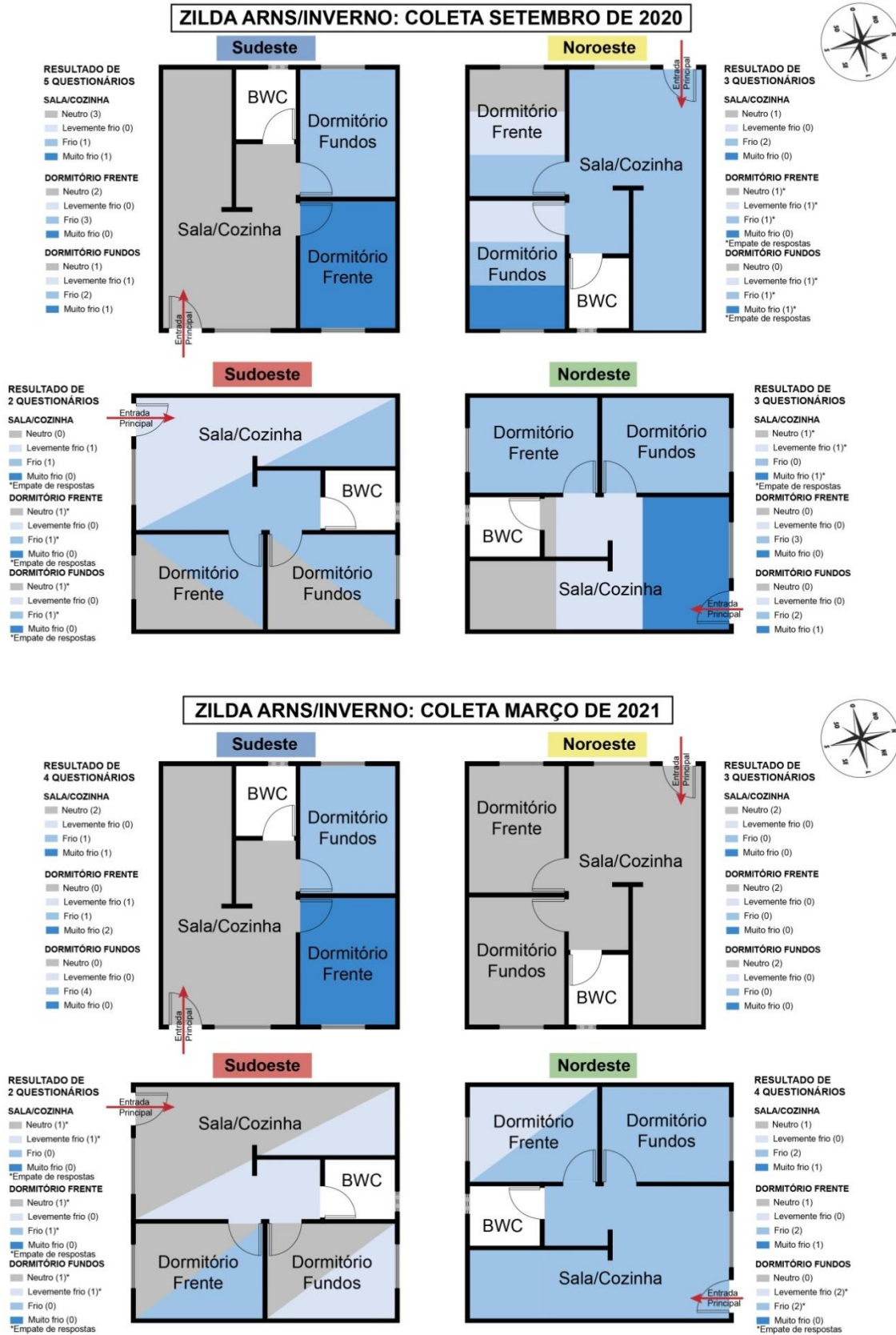
A partir da análise dos questionários, pode-se sintetizar os dados em organização de cores, diferenciando entre sensações de frio e calor durante o inverno e verão. Cada conjunto habitacional foi analisado individualmente, organizando as respostas de acordo com a orientação solar da fachada dos moradores respondentes.

Ao se elaborar o esquema gráfico dos resultados, buscou-se comparar as respostas obtidas durante o inverno e verão, investigando discrepâncias que mostrassem a influência da estação na sensação de conforto térmico em cada orientação solar.

Apesar de algumas diferenças existentes nas tipologias das habitações, a composição de materiais, dimensões gerais e disposição de aberturas são semelhantes entre si.

Os esquemas a seguir sintetizam as respostas dos dois períodos de coleta:

Figura 34 - Sensação Térmica Durante o Inverno nas HIS do Residencial Zilda Arns



Fonte: Autora (2021)

Nas habitações do conjunto Zilda Arns, assim como os demais residenciais de análise, foram percebidas variações entre as respostas obtidas na coleta durante o inverno de 2020 e verão de 2021.

Ao realizar a análise para cada um dos cômodos, as HIS que apresentam maior sensação de frio na sala/cozinha são as voltadas para nordeste, tendo maior ênfase dessa percepção durante a aplicação de questionários realizada em março de 2021.

Individualmente, é percebido para o dormitório da frente que as habitações de orientação sudeste apresentam um considerável número de respostas com sensação de frio ou muito frio, sendo, dentro todos os ambientes analisados, o que mais demonstrou esse tipo de desconforto. O perfil de respostas se manteve semelhante no período das duas coletas.

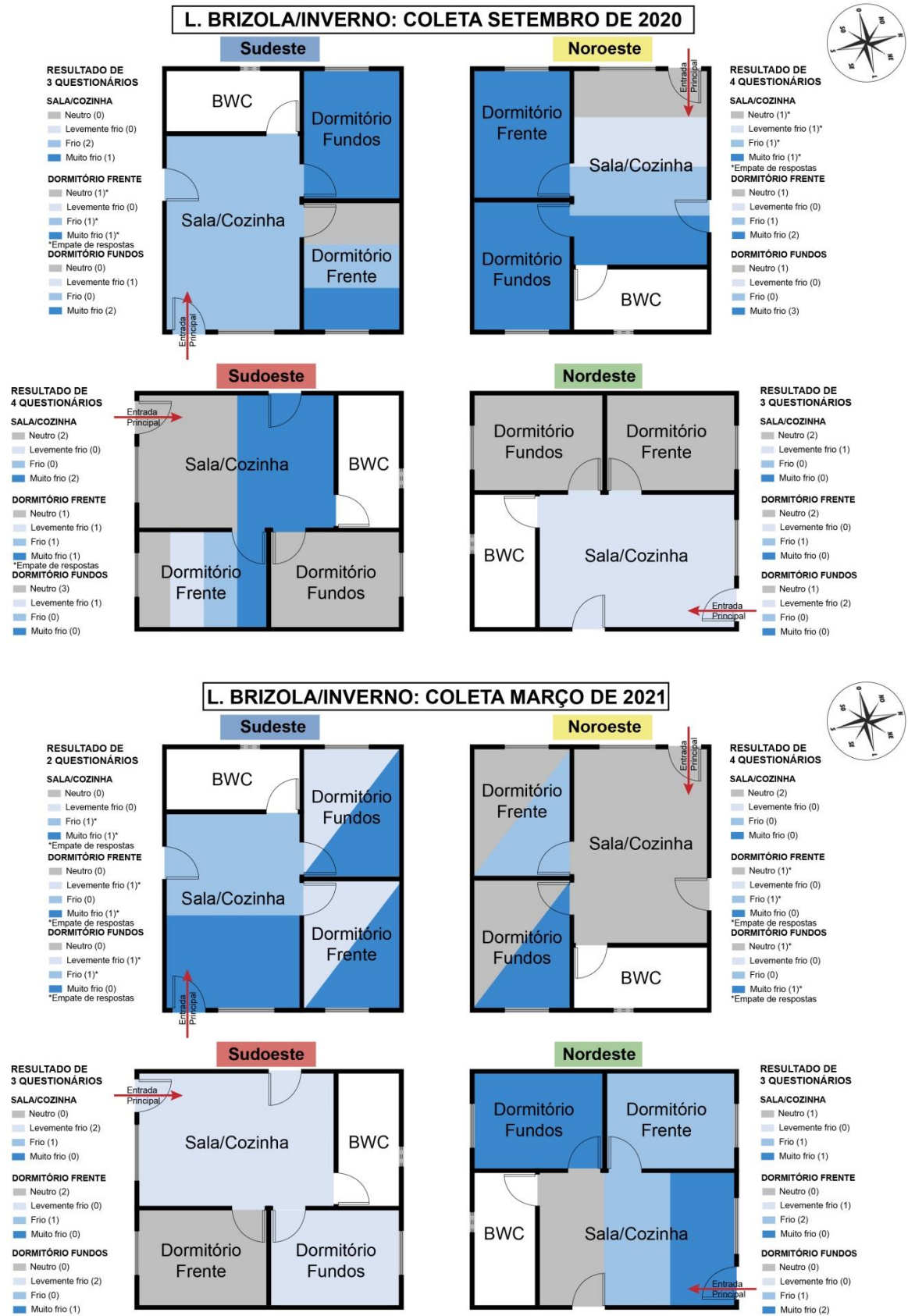
Em relação ao dormitório dos fundos, que apresentam orientação oposta aos demais ambientes, foi percebido menor desconforto por frio nas habitações do residencial Zilda Arns. Sobretudo, a orientação solar que demonstrou maior linearidade de respostas e sensação de frio foi das residências voltadas para sudeste.

Sobre o nível de conforto geral da edificação, as HIS de orientação sudoeste e noroeste, apresentaram maior neutralidade em todos os ambientes na coleta de verão, sendo reduzida a percepção de desconforto por frio.

No caso das moradias de orientação nordeste, durante a coleta de março de 2021, foi percebido maior desconforto por frio na sala/cozinha Já no caso das habitações voltadas para sudeste, não houve alterações nas respostas durante as duas coletas.

O esquema a seguir é referente às sensações térmicas das edificações do residencial Leonel Brizola durante o inverno, distribuindo os dados entre a coleta de setembro de 2020 e a de março de 2021:

Figura 35 – Sensação Térmica Durante o Inverno nas HIS do Residencial Leonel Brizola



Fonte: Autora (2021)

Sobre o residencial Leonel Brizola, ao levar em conta a linearidade de respostas durante os dois períodos de aplicação de questionários, a sala/cozinha apresentou maior desconforto por frio nas habitações voltadas para sudeste. Durante a coleta em março de 2021, percebe-se um leve aumento dessa sensação no ambiente analisado.

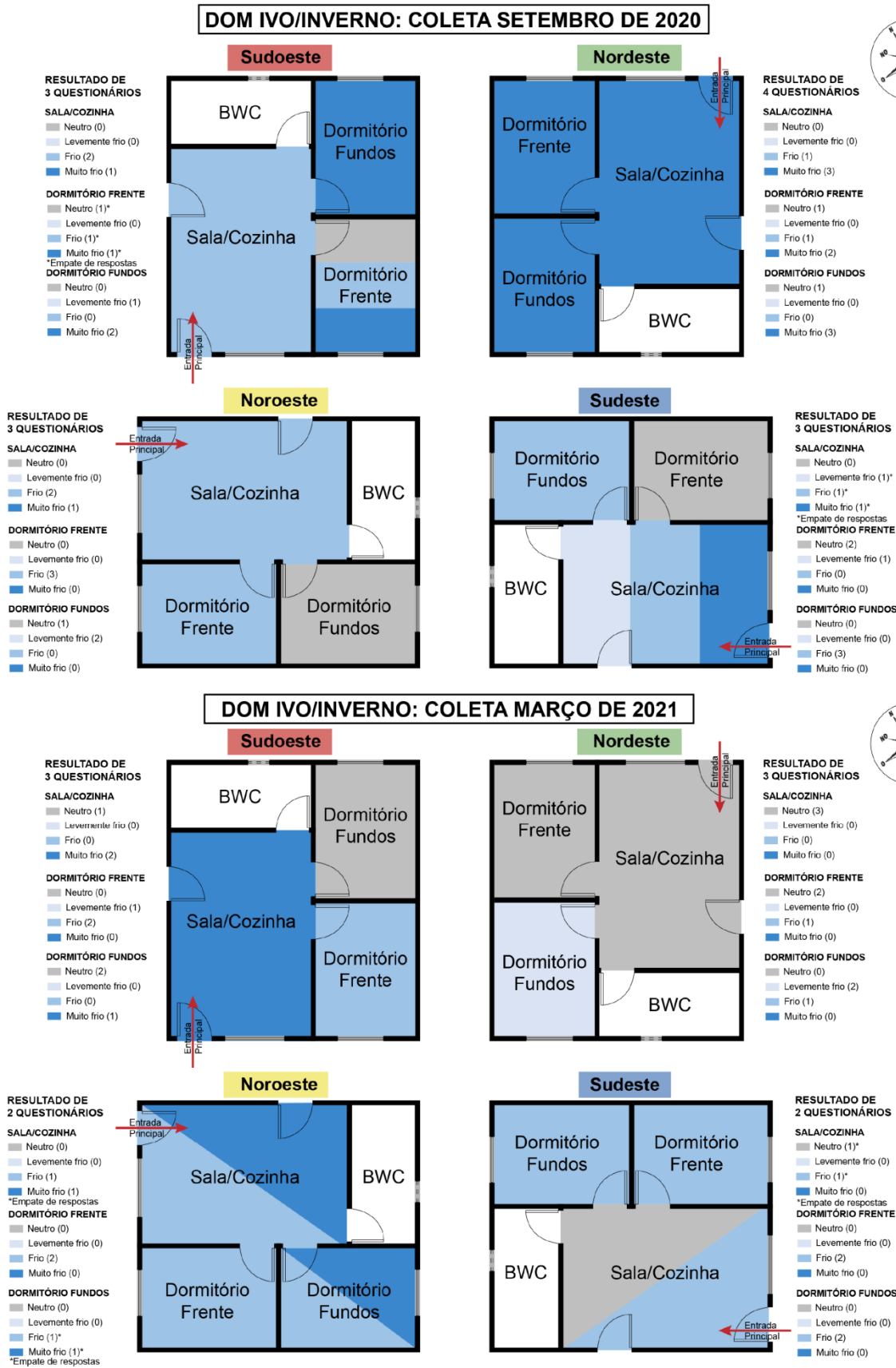
Em relação ao dormitório da frente, nas habitações de orientação noroeste foi percebida maior sensação de frio, sobretudo, nos dados das respostas de setembro de 2020. Em relação às demais disposições solares, as respostas apresentam discrepância e divisão entre alternativas.

No caso do dormitório dos fundos, as HIS voltadas para sudeste demonstraram dados mais significativos de desconforto por frio. Durante a coleta de setembro de 2020, os dados referentes a essa sensação térmica foram mais acentuados.

Ao analisar a relação geral de conforto das habitações, as de orientação noroeste e sudoeste demonstraram menor desconforto por frio em todos os cômodos de permanência prolongada em relação ao mesmo período de coleta.

A imagem a seguir esquematiza os dados sobre a sensação de inverno nas habitações do residencial Dom Ivo, separando as informações entre a coleta de setembro de 2020 e março de 2021:

Figura 36 - Sensação Térmica Durante o Inverno nas HIS do Residencial Dom Ivo



Nas residências do conjunto Dom Ivo, os dados apresentaram variações de acordo com a orientação solar e período de realização das entrevistas. Durante a aplicação de setembro de 2020, foi verificado que a sala/cozinha de orientação nordeste demonstra a maior relação de desconforto ao se comparar com as demais disposições solares. Já durante a coleta de março de 2021, essa relação é apresentada pelas HIS voltadas para sudoeste.

Sobre o dormitório da frente, a disposição sudeste também expressa a maior relação de desconforto por frio, sobretudo, nas entrevistas de setembro de 2020. Já na segunda coleta, percebe-se esse tipo de sensação mais considerável nas edificações de orientação noroeste.

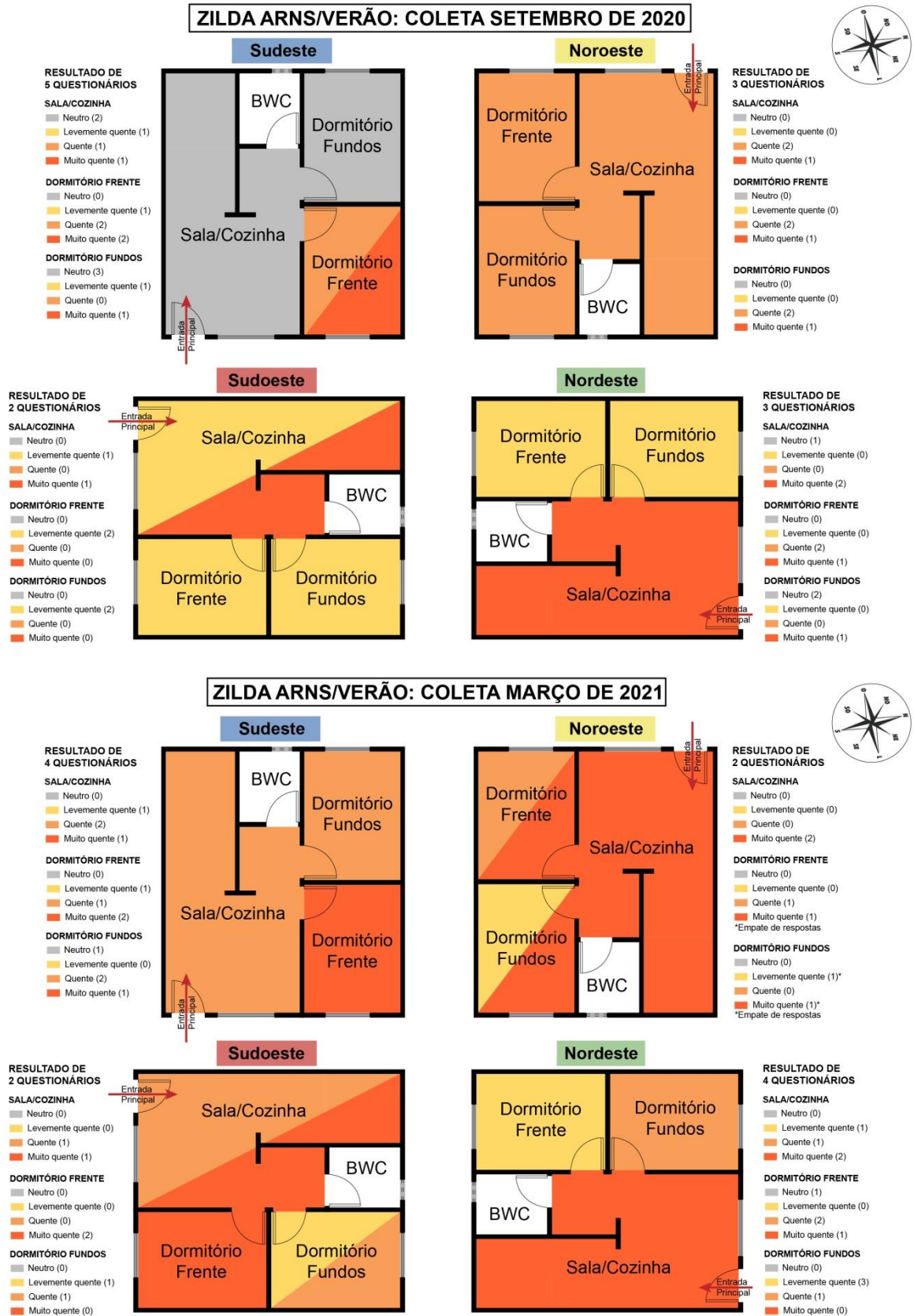
No dormitório dos fundos, que apresenta a orientação oposta aos demais ambientes, as disposições sudoeste e nordeste possuem igualmente respostas com altos níveis de desconforto por frio durante a coleta de setembro de 2020. Para os dados referentes a março de 2021, a orientação noroeste demonstra de maneira mais significativa esse tipo de relação.

A análise das edificações como um todo aponta que as disposições solares com maior neutralidade estavam voltadas para noroeste e sudeste. Contudo, é importante ressaltar que ao realizar as coletas em diferentes períodos do ano, são percebidas diferentes perfis de respostas e discrepâncias ao se tentar identificar as orientações com maiores ou menores níveis de desconforto térmico.

Ao realizar a comparação geral de dados dos questionários, nos residenciais Zilda Arns e Leonel Brizola, a orientação que demonstrou maior desconforto por frio, sobretudo na coleta de inverno, foi a sudeste. Já sobre o conjunto Dom Ivo, as habitações voltadas para nordeste representaram as que possuem maior relação desse tipo de desconforto.

Os esquemas a seguir realizam a comparação das respostas nas duas coletas sobre a sensação térmica das moradias durante o verão:

Figura 37 - Sensação Térmica Durante o Verão nas HIS do Residencial Zilda Arns



Fonte: Autora (2021)

Em relação à sensação térmica das habitações no verão, no conjunto Zilda Arns, foi apresentada uma menor relação de desconforto por calor na coleta de inverno e a percepção de ambientes mais quentes na aplicação durante o verão. Ao se analisar individualmente cada cômodo, a sala/cozinha demonstrou maior desconforto nas residências voltadas para nordeste, expressando continuidade nos resultados dos dois períodos de aplicação.

Sobre o dormitório da frente das unidades, os que possuíam orientação sudeste demonstraram maior linearidade nas respostas, sendo percebida uma maior relação de desconforto por calor que é intensificada nos dados da coleta de março de 2021.

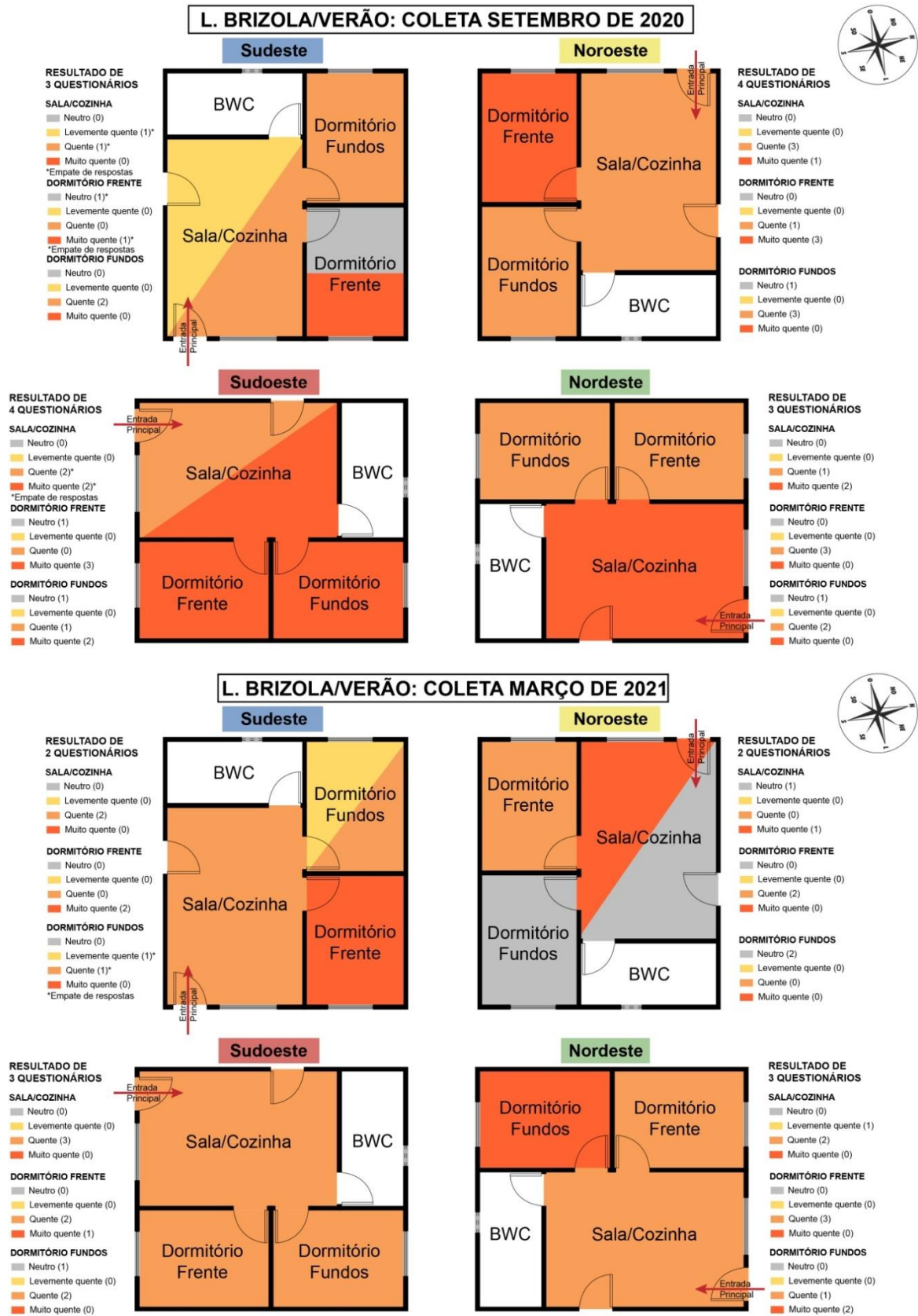
Ao realizar a comparação dos dados do dormitório dos fundos, é observado, de maneira generalizada, uma maior sensação de neutralidade em relação ao desconforto por calor no ambiente. Contudo, as habitações de orientação noroeste (ressaltando que o dormitório dos fundos apresenta disposição oposta), foram as que demonstraram maiores níveis de calor em ambos os períodos de coleta.

A análise das edificações como um todo indica que a orientação solar que expressou maior neutralidade e relação de conforto térmico foi a sudeste. Apesar de, durante a coleta de março de 2021 os dados tenderem à maiores sensações de calor, os índices de desconforto foram os menos significativos.

Quanto às orientações com maior relação de desconforto por calor, observando a habitação de maneira geral, foram as disposições noroeste e sudoeste. Embora os dados sejam mais intensificados durante a segunda coleta, nos dois períodos são percebidos níveis expressivos desse quesito.

A imagem a seguir apresenta as sensações térmicas nas HIS do residencial Leonel Brizola durante o verão. Como demonstrado nos esquemas anteriores, os dados são divididos entre os dois períodos de aplicação dos questionários:

Figura 38 - Sensação Térmica Durante o Verão nas HIS do Residencial Leonel Brizola



Fonte: Autora (2021)

Nas habitações do residencial Leonel Brizola, percebeu-se uma tendência oposta nas sensações térmicas dos moradores. As respostas da coleta de setembro de 2020 demonstraram maior relação de desconforto por calor em comparação à de março de 2021.

Ao observar os ambientes individualmente, na sala/cozinha a orientação solar com maior desconforto por calor está voltada para sudoeste. Contudo, foi percebido que outras disposições solares também apresentaram dados semelhantes, tais como a nordeste e noroeste.

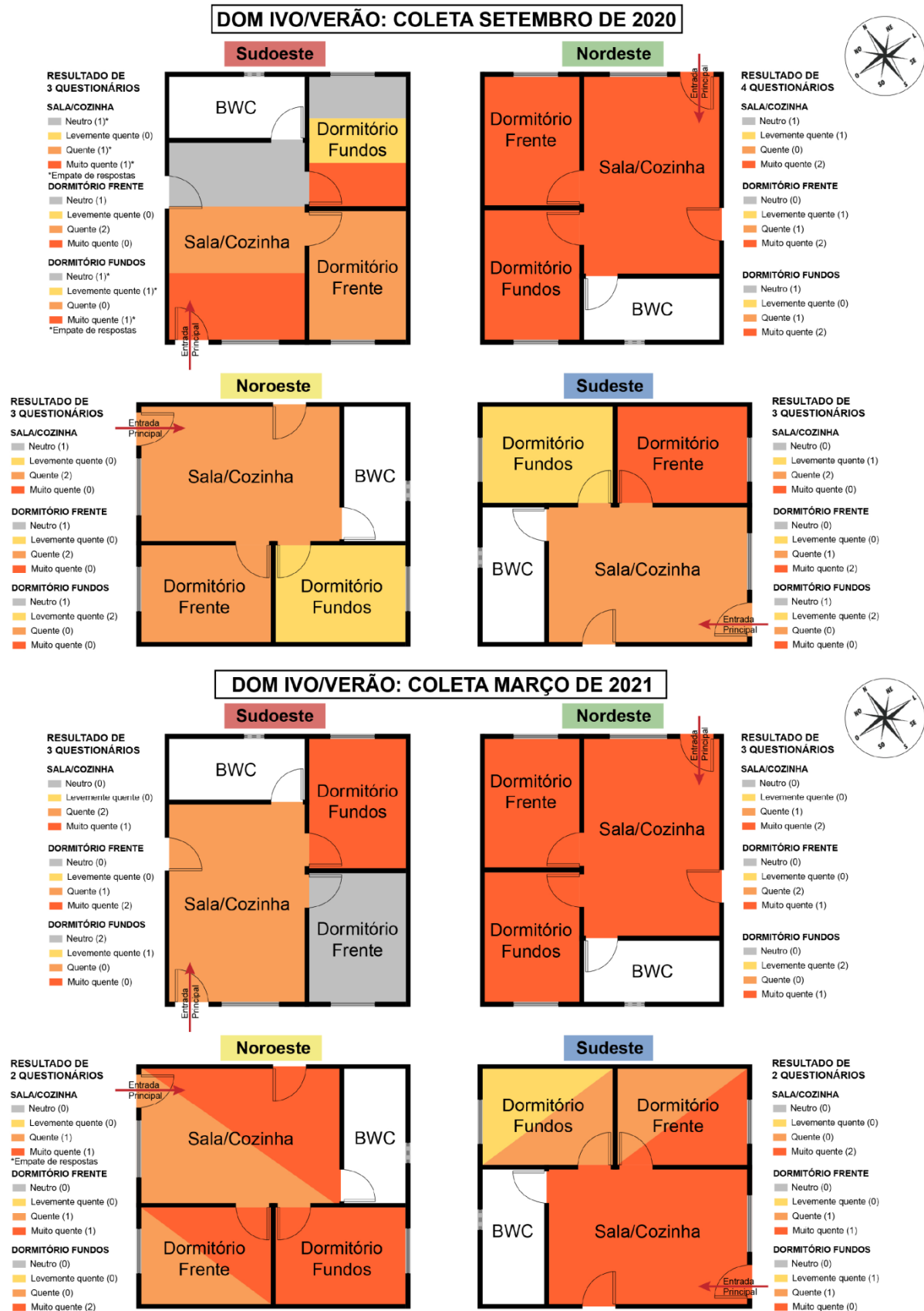
No dormitório da frente, as orientações sudoeste e sudeste demonstraram maiores níveis de calor, tendo em vista os dois períodos de aplicação de entrevistas. Apesar da esquematização dos dados, a leitura dos níveis de conforto é comprometida pela discrepância das respostas.

Em relação ao dormitório dos fundos, que apresenta um posicionamento oposto aos demais ambientes, nas habitações de orientação de fachada nordeste e sudoeste, foram detectados maiores índices de calor nas respostas dos entrevistados.

A análise geral da edificação e dos níveis de desconforto indica que as habitações voltadas para sudoeste e nordeste como as disposições com os piores resultados. Por outro lado, a orientação noroeste demonstrou maior neutralidade e relação de conforto durante os dois períodos de coleta.

O esquema a seguir traz a relação do residencial Dom Ivo e os dados obtidos durante setembro de 2020 e março de 2021 sobre a sensação térmica dos moradores durante o verão:

Figura 39 - Sensação Térmica Durante o Verão nas HIS do Residencial Dom Ivo



Fonte: Autora (2021)

No caso das habitações do residencial Dom Ivo, foi percebido o crescimento das sensações de calor durante a coleta de março de 2021. Apesar de algumas respostas não possuírem uma linearidade e aspecto incisivo na decisão da orientação solar com maior desconforto, os resultados foram relevantes para observar o nível do conforto térmico dos ambientes em diferentes períodos do ano.

Na sala/cozinha, foi observado que as edificações de orientação nordeste possuíam níveis expressivos de calor ao longo das duas coletas. Ao se comparar todas as disposições solares, percebe-se que este ambiente em relação aos demais possui um significativo desconforto por calor.

Ao se analisar o dormitório da frente, a orientação nordeste também possui índices maiores nesse quesito. De maneira secundária, as habitações voltadas para sudeste demonstram, igualmente, uma relação de desconforto por calor.

Sobre o dormitório dos fundos, com o direcionamento oposto aos outros ambientes, é detectada maior neutralidade e sensação de conforto. A disposição solar com os piores resultados foi a nordeste, demonstrando resultados semelhantes nos dois períodos de aplicação dos questionários.

Em relação à edificação como um todo, foi identificado que os maiores índices de neutralidade e conforto estão associados às orientações sudoeste e sudeste. Contudo, como foi observado pela análise individual dos ambientes, o pior resultado é apresentado pela disposição solar nordeste.

Durante o processo de verificação geral de dados, no residencial Zilda Arns, percebeu-se maior desconforto por calor nas habitações voltadas para sudoeste e noroeste, tendo resultados mais expressivos na coleta de verão. Para o conjunto Leonel Brizola, a orientação sudoeste apresentou a maior relação desse tipo de desconforto, igualmente, durante a aplicação de questionários no verão. Já no residencial Dom Ivo, as moradias voltadas para noroeste demonstraram maior desconforto por calor, também no mesmo período de coleta dos demais.

6 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguinte etapa da pesquisa constituiu a metodologia juntamente com a aplicação de questionários. O objetivo desta fase do trabalho era analisar os índices de conforto térmico obtidos pela simulação computacional tendo como referência o modelo adaptativo com aceitabilidade de 80%.

Parte dos parâmetros utilizados no processo de simulação teve como base dados presentes no Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-R) para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, tanto no que diz respeito à ocupação e uso de ambientes quanto à agenda do funcionamento de sistema de iluminação e equipamentos elétricos.

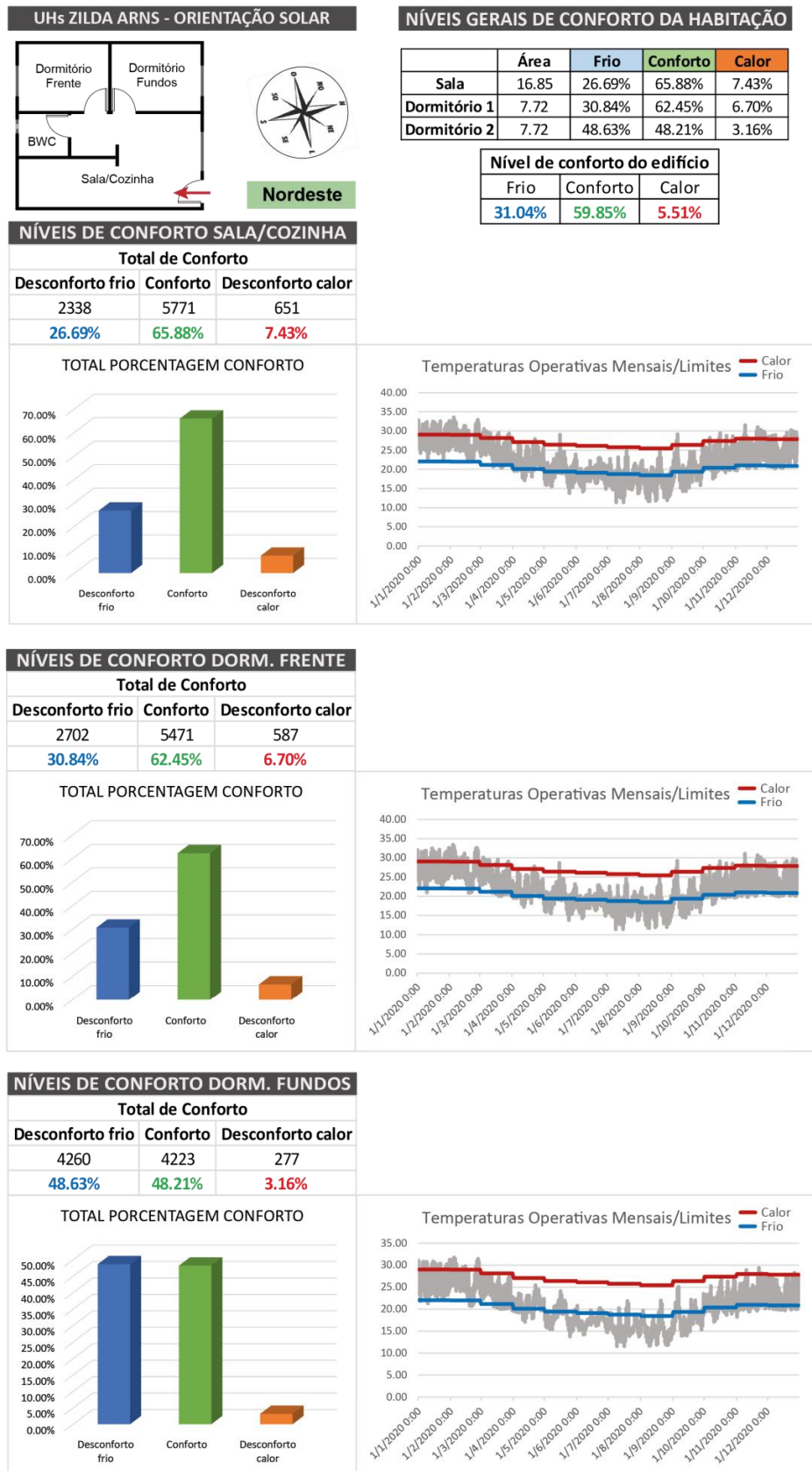
Para a caracterização dos materiais que constituem a simulação em questão, utilizou-se as definições presentes na NBR 15.220, que apresentam abordagens desde as características físicas dos materiais às configurações técnicas das resistências das câmaras de ar das camadas aplicadas. Apesar da atualização eminente de normas referentes ao processo de simulação computacional da NBR 15.575, até então, o presente trabalho buscou atender às exigências que estão em vigor e que já foram mencionadas no processo de qualificação do trabalho. Sobretudo, para pesquisas futuras, sugere-se que seja atendido o novo formato de normativas.

Ao associar a estratégia de entrevistas e simulação computacional, foi possível verificar variações e discrepâncias entre a percepção humana e a do *software*. Para a comparação dos dados obtidos durante a etapa de questionários e dos resultados das simulações, foram analisados os índices de conforto térmico de cada ambiente e do edifício como um todo.

No caso das simulações, os dados de saída são baseados na temperatura operativa ao longo do ano, sendo estabelecidos limites de frio e calor através do modelo adaptativo com aceitabilidade de 80%. A representação dos dados de saída consta no gráfico *Temperaturas Operativas Mensais/Limites*.

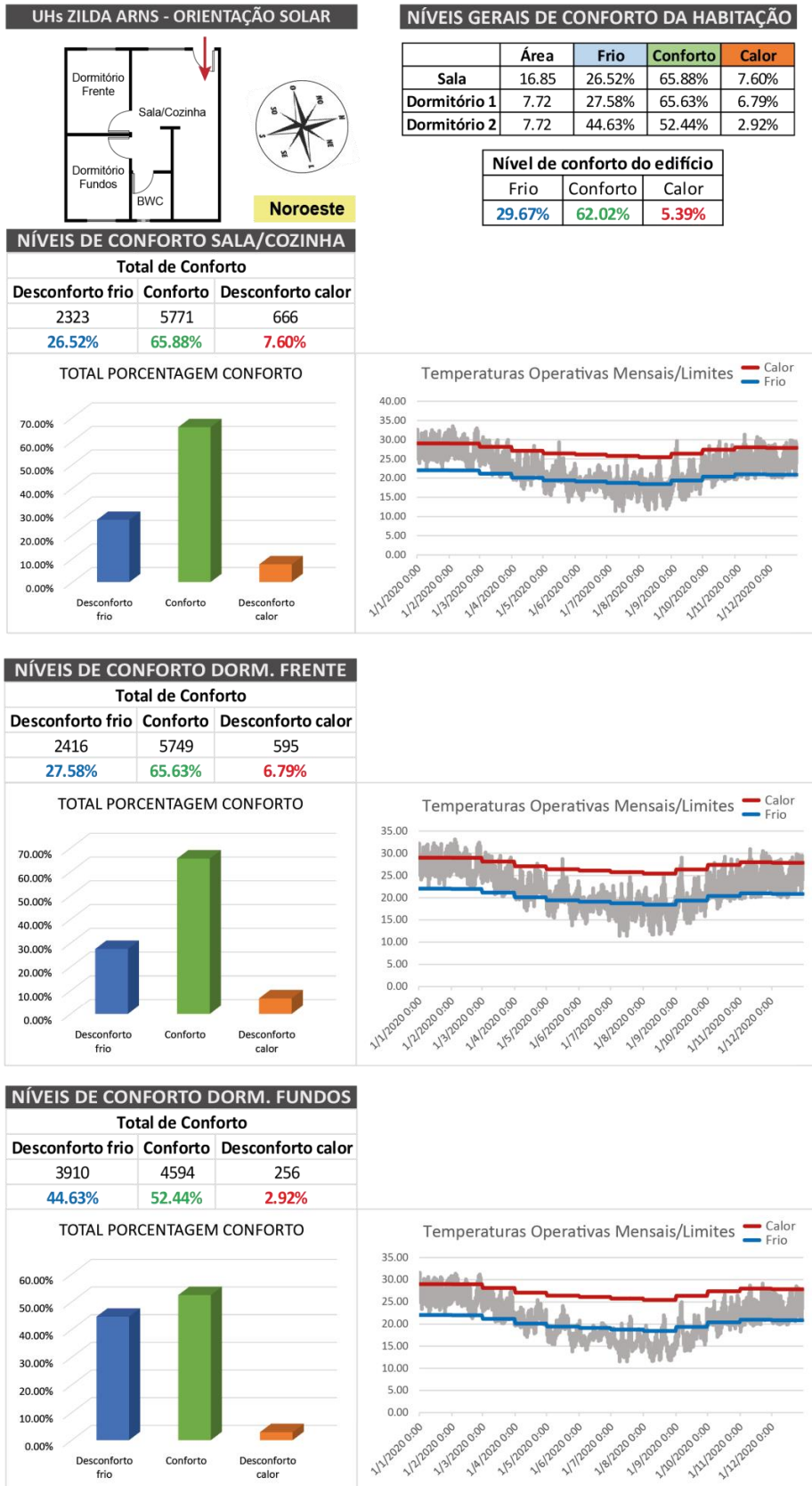
As tabelas a seguir trazem os resultados do residencial Zilda Arns através da simulação de quatro orientações solares diferentes:

Figura 40 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Nordeste



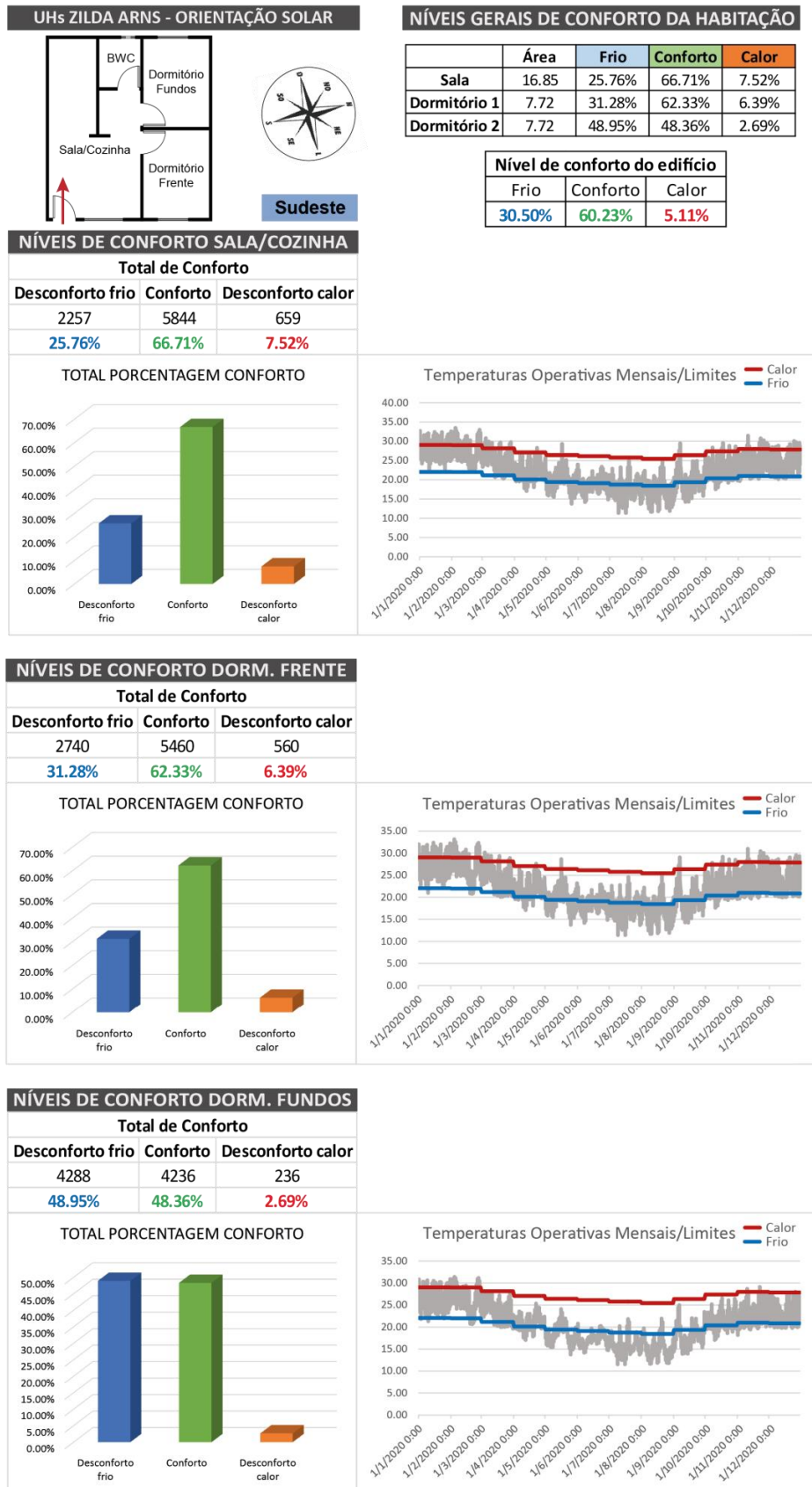
Fonte: Autora (2021)

Figura 41 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Noroeste



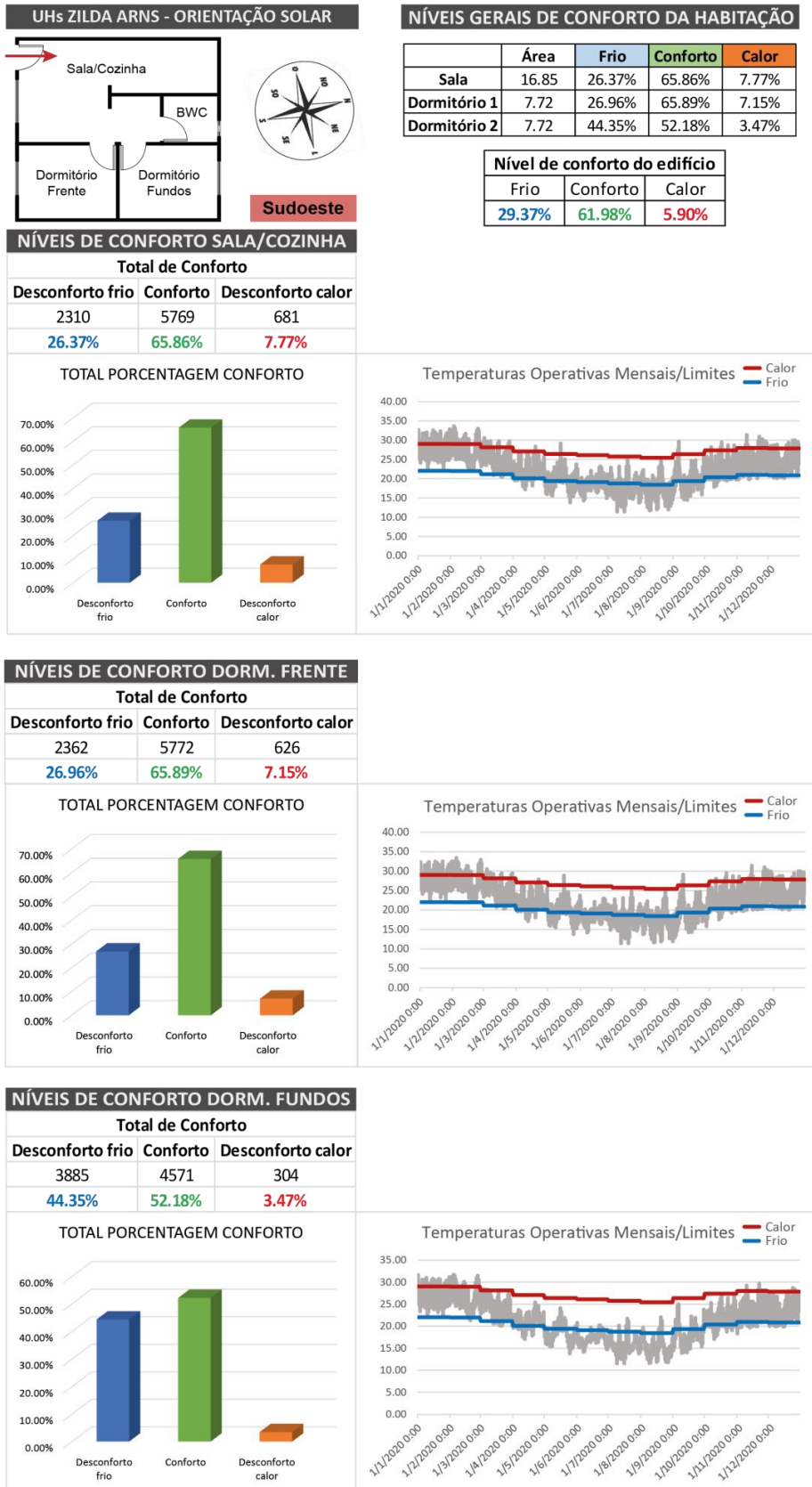
Fonte: Autora (2021)

Figura 42 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Sudeste



Fonte: Autora (2021)

Figura 43 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Zilda Arns – Orientação Sudoeste



Fonte: Autora (2021)

A partir dos dados apresentados, percebe-se que as HIS do residencial Zilda Arns possuem maiores índices de conforto térmico e menores relações de desconforto por frio ao se comparar os três conjuntos habitacionais. Sobretudo, o nível de desconforto é mais elevado no que diz respeito ao calor.

Apesar de a volumetria demonstrar semelhança na disposição dos ambientes em relação aos outros modelos dos demais residenciais, entre o hall do banheiro e a cozinha, existe uma parede que separa as áreas. A cobertura possui menores áreas de beiral, proporcionando menor sombreamento às envoltórias verticais. O ângulo de implantação das unidades também influenciou nos índices apresentados.

As habitações de orientação nordeste apresentaram os maiores índices de desconforto pelo frio se comparada às demais do residencial Zilda Arns, correspondendo a 31,04% das horas/ano. Em relação ao período de conforto dos ambientes, a sala/cozinha apresentou o maior percentual e o dormitório dos fundos a menor porcentagem nessa categoria.

Sobre os índices de desconforto por frio nas residências de orientação nordeste, a sala/cozinha demonstrou taxas inferiores se comparada aos outros cômodos. Já o dormitório dos fundos representou o maior percentual nesse quesito. Quanto ao desconforto por calor, a relação de dados é inversa, a sala/cozinha apresenta a maior porcentagem e o dormitório dos fundos a menor.

No caso das edificações voltadas para noroeste, foi detectado o maior nível de conforto do edifício se comparado a outras orientações solares, com fator de 62,02% das horas/ano. O ambiente com essa maior relação foi a sala/cozinha, sobretudo, com percentual significativamente próximo ao do dormitório da frente. O pior resultado se manifestou no dormitório dos fundos.

Relativo ao desconforto por frio, a sala/cozinha demonstrou as menores taxas, e o dormitório do fundo a maior porcentagem. Ao comparar ao desconforto por calor, as condições são opostas, demonstrando na sala/cozinha o maior índice e no dormitório dos fundos o menor.

As habitações de orientação sudeste foram as que apresentaram percentuais inferiores em relação ao desconforto por calor, sendo detectado em 5,11% das horas/ano. Igualmente às edificações voltadas para noroeste, os cômodos das HIS

sudeste apresentam o mesmo comportamento em relação ao desconforto por frio e calor.

Referente às moradias voltadas para sudoeste, foi detectado o menor percentual de desconforto por frio, de 29,37%, e o maior por calor, de 5,90%. O ambiente que demonstrou maior porcentagem de conforto foi o dormitório da frente e o pior índice desse aspecto se manifestou no dormitório dos fundos.

Sobre o desconforto por frio, a sala/cozinha representou a menor relação desse percentual, com o seguinte fator mais perceptível no dormitório dos fundos. Acerca do desconforto por calor, percebe-se a relação oposta de dados, tendo a sala/cozinha como o ambiente com o pior resultado e o dormitório dos fundos com o melhor.

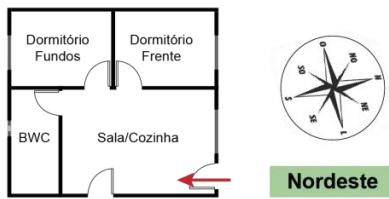
Ao realizar a comparação dos casos apresentados, percebe-se que a orientação noroeste no residencial Zilda Arns possui a melhor relação de conforto do edifício e a sudoeste a menor com desconforto pelo frio, apesar de ambas demonstrarem dados bastante aproximados.

Os piores dados, com menor conforto térmico e maior desconforto por frio foram apresentados pela orientação nordeste. Consecutivamente, os dados com maior desconforto por calor estão presentes na orientação sudoeste.

As imagens a seguir apresentam a associação dos resultados referentes às simulações computacionais do residencial Leonel Brizola:

Figura 44 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Nordeste

UHs LEONEL BRIZOLA - ORIENTAÇÃO SOLAR



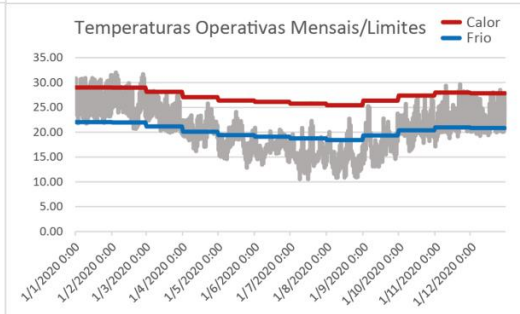
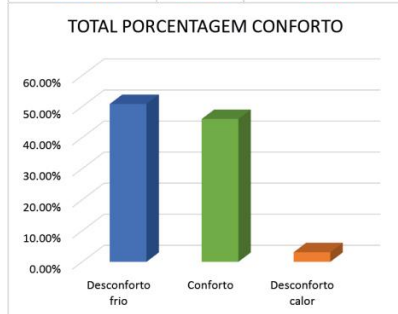
NÍVEIS GERAIS DE CONFORTO DA HABITAÇÃO

	Área	Frio	Conforto	Calor
Sala	16.76	50.86%	46.03%	3.12%
Dormitório 1	8.13	27.21%	65.90%	6.88%
Dormitório 2	8.13	31.19%	62.55%	6.27%

Nível de conforto do edifício		
Frio	Conforto	Calor
37.14%	53.48%	4.20%

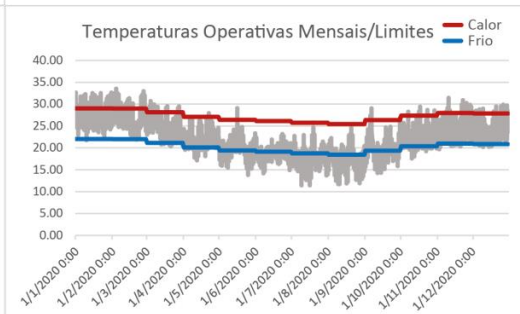
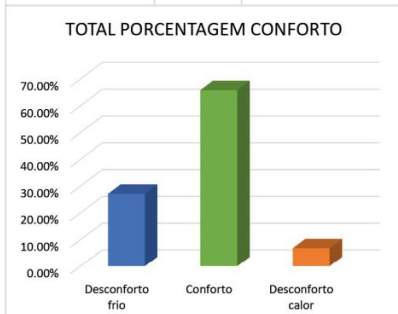
NÍVEIS DE CONFORTO SALA/COZINHA

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
4455	4032	273
50.86%	46.03%	3.12%



NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FRENTE

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
2384	5773	603
27.21%	65.90%	6.88%



NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FUNDOS

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
2732	5479	549
31.19%	62.55%	6.27%

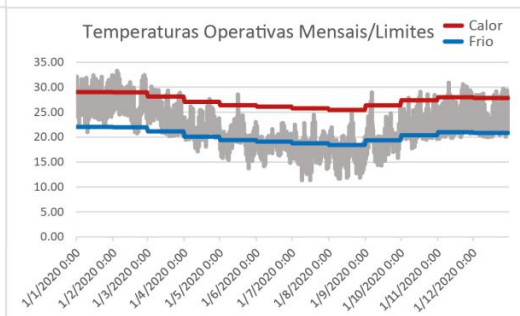
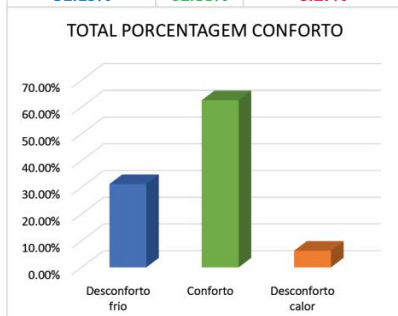
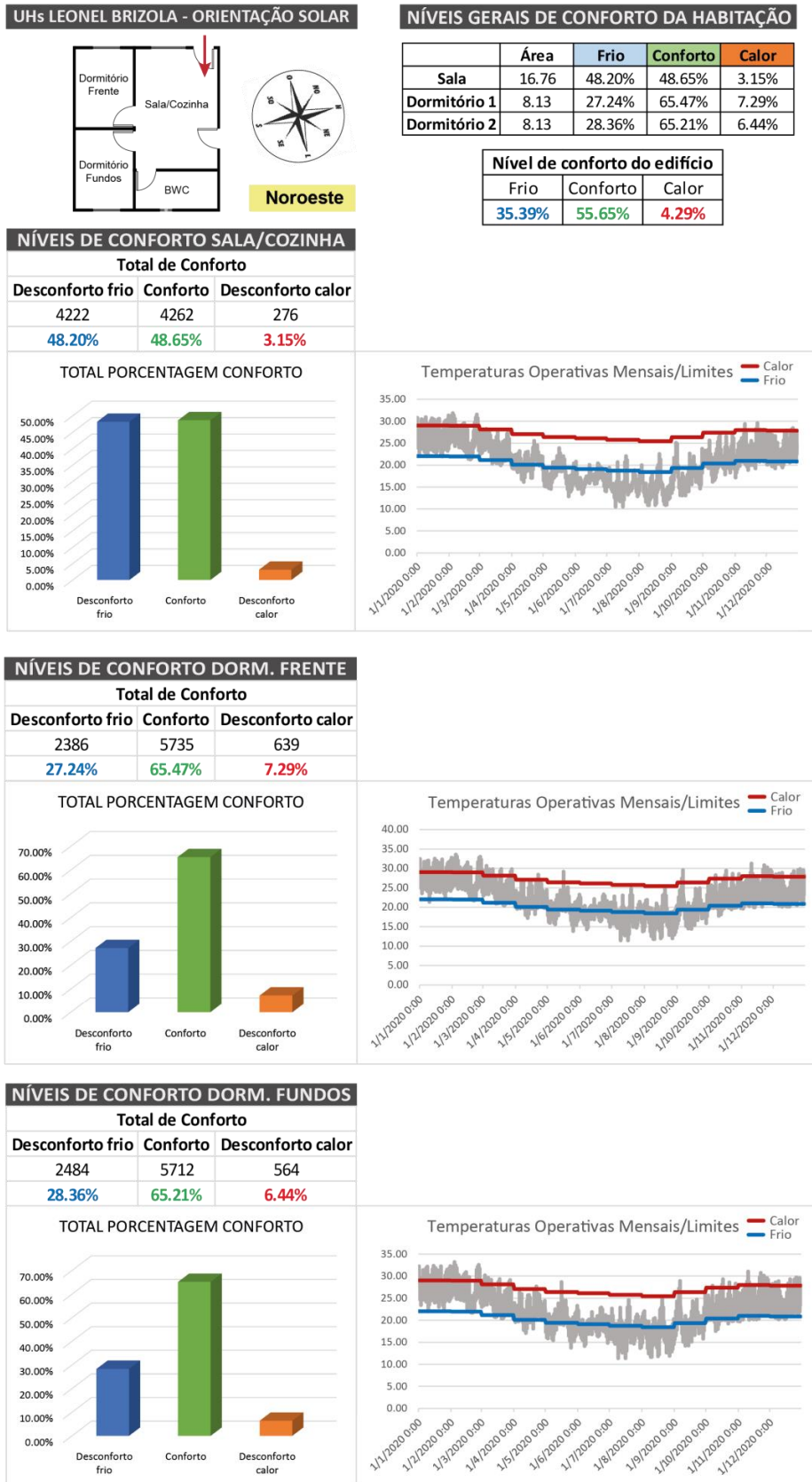
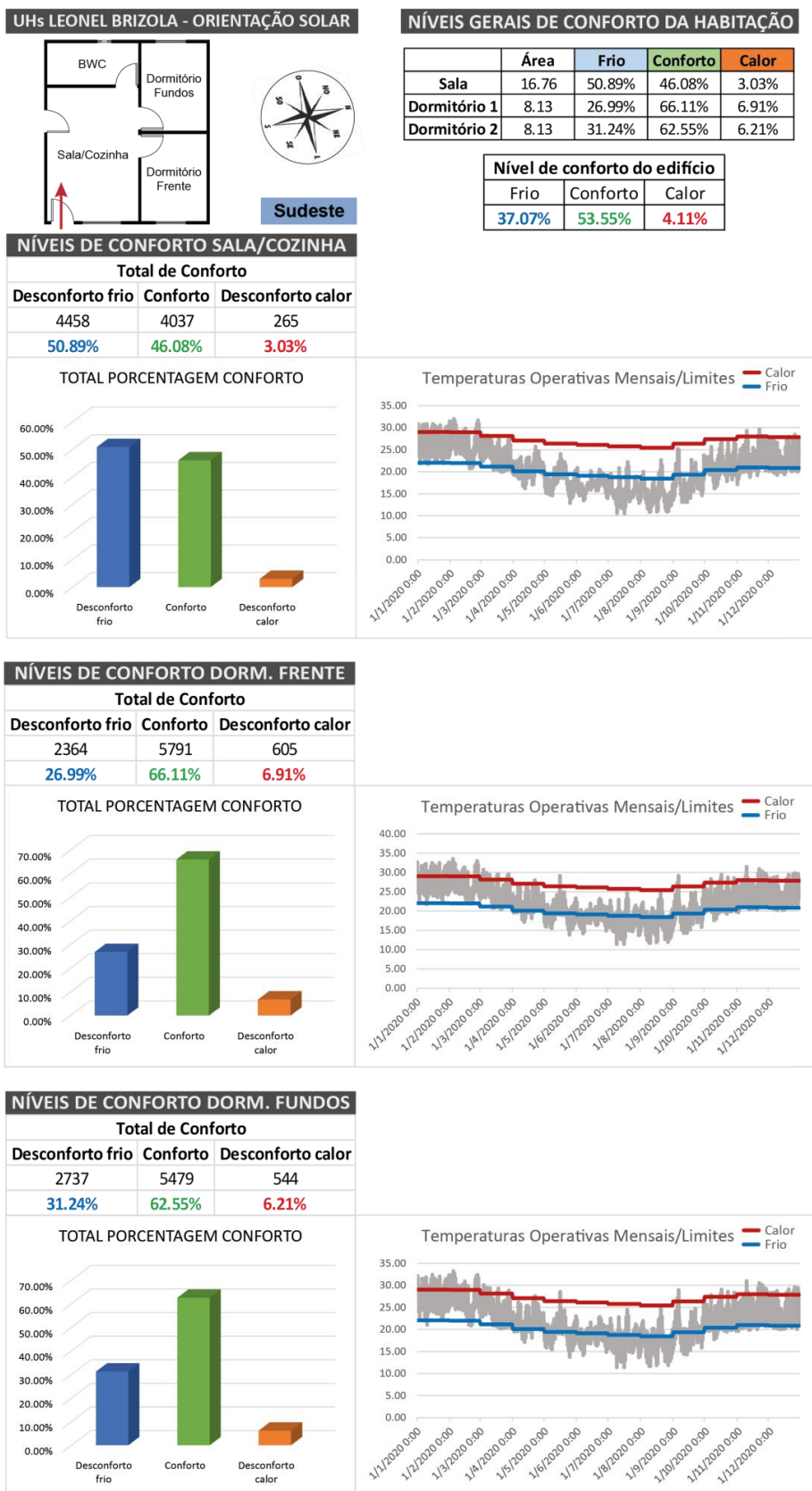


Figura 45 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Noroeste



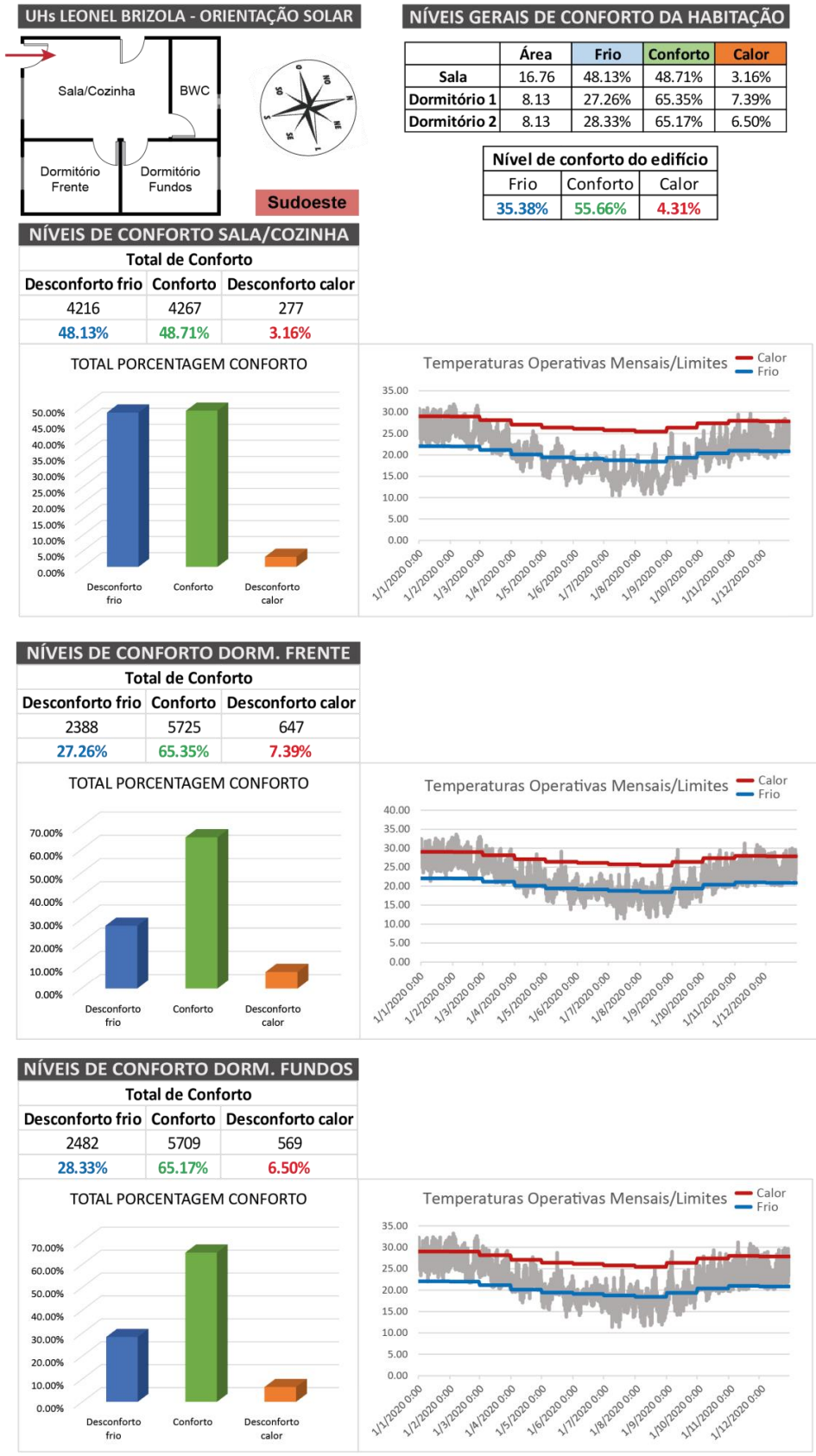
Fonte: Autora (2021)

Figura 46 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Sudeste



Fonte: Autora (2021)

Figura 47 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Leonel Brizola – Orientação Sudoeste



Fonte: Autora (2021)

Ao se comparar os resultados do residencial Leonel Brizola com os apresentados anteriormente, percebe-se o aumento significativo dos índices de desconforto por frio. Nas habitações voltadas para nordeste, teve-se a maior relação desse índice se comparadas às demais orientações, representando 37,14% das horas/ano.

No caso das taxas de conforto apresentadas pela orientação nordeste, o ambiente com o melhor resultado foi o dormitório da frente. O cômodo com o índice inferior nesse quesito foi a sala/cozinha. Sobre o desconforto por frio, o dormitório da frente possui o menor percentual, ao contrário da sala/cozinha, que demonstrou o nível mais elevado. A respeito do desconforto por calor, percebe-se uma situação oposta, tendo o dormitório da frente com o maior índice e a sala/cozinha com o nível mais baixo nesse aspecto.

Nas habitações de orientação noroeste, juntamente com a sudoeste, tem-se a maior porcentagem de conforto do edifício, sendo equivalente a 55,65% das horas/ano. O comportamento térmico dessas edificações apresenta um perfil semelhante às residências voltadas para nordeste. O dormitório da frente representou o ambiente com maior índice de conforto, tendo a sala/cozinha com o pior resultado nesse quesito. Em relação ao desconforto por frio, igualmente, tem-se o dormitório da frente com o menor percentual e a sala/cozinha com o maior. Sobre as taxas de desconforto por calor, o dormitório da frente demonstrou a maior porcentagem e a sala cozinha a menor.

As edificações voltadas para sudeste apresentaram o menor índice de desconforto por calor, correspondendo a 4,11% das horas/ano. Assim, como nas demais orientações do residencial Leonel Brizola já mencionadas, é verificado um padrão idêntico de conforto e desconforto nos ambientes.

Para as habitações de orientação sudoeste, foi detectado um índice de conforto do edifício de 55,65%, índice próximo aos resultados de edificações voltadas para noroeste. Verificou-se também o menor desconforto por frio, com taxa de 35,38% das horas ano. Sobretudo, o desconforto por calor foi maior nessa orientação, representando 4,31%.

Apesar da variação de orientação solar das unidades, no residencial Leonel Brizola foi percebida uma tendência idêntica no comportamento térmico dos

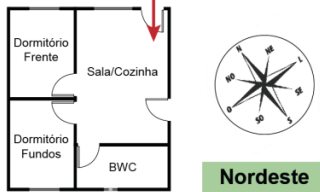
ambientes estudados. Nas quatro orientações, o dormitório da frente apresentou a maior relação de conforto, o menor desconforto por frio e o pior nível no calor. A sala/cozinha, demonstrou relações oposta, tendo o pior resultado no percentual de conforto e desconforto por frio, com a melhor relação aos níveis de calor.

Diante dos resultados apresentados, é identificado que as orientações com melhores resultados sobre o conforto e menor desconforto por frio são a noroeste e sudoeste. Já os dados de maior desconforto por frio são das habitações voltadas para nordeste.

As imagens a seguir trazem os resultados da simulação computacional das orientações solares do residencial Dom Ivo:

Figura 48 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Nordeste

UHs DOM IVO - ORIENTAÇÃO SOLAR



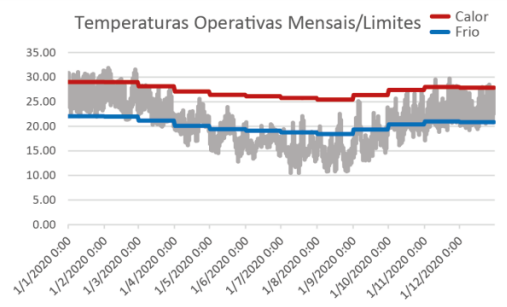
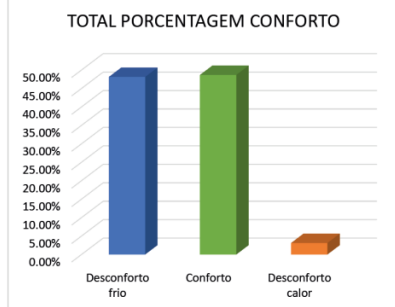
NÍVEIS GERAIS DE CONFORTO DA HABITAÇÃO

	Área (m ²)	Frio	Conforto	Calor
Sala	16.76	48.15%	48.70%	3.15%
Dormitório 1	8.13	27.31%	65.34%	7.35%
Dormitório 2	8.13	28.22%	65.26%	6.52%

Nível de conforto do edifício		
Frio	Conforto	Calor
35.36%	55.67%	4.30%

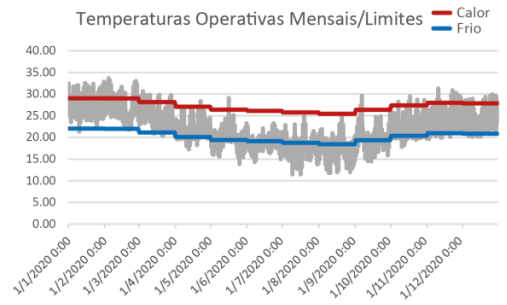
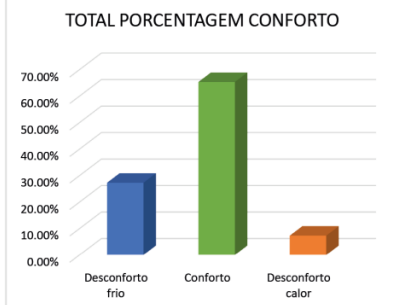
NÍVEIS DE CONFORTO SALA/COZINHA

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
4218	4266	276
48.15%	48.70%	3.15%



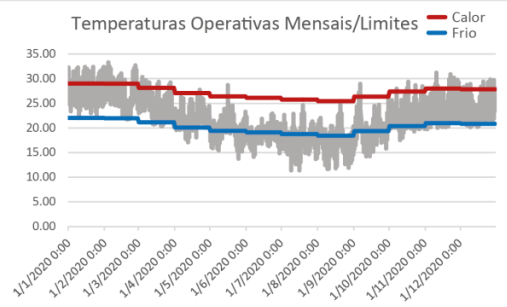
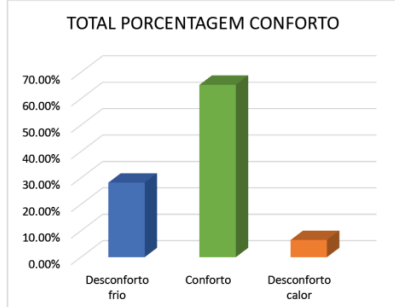
NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FRENTE

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
2392	5724	644
27.31%	65.34%	7.35%



NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FUNDOS

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
2472	5717	571
28.22%	65.26%	6.52%



Fonte: Autora (2021)

Figura 49 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Noroeste

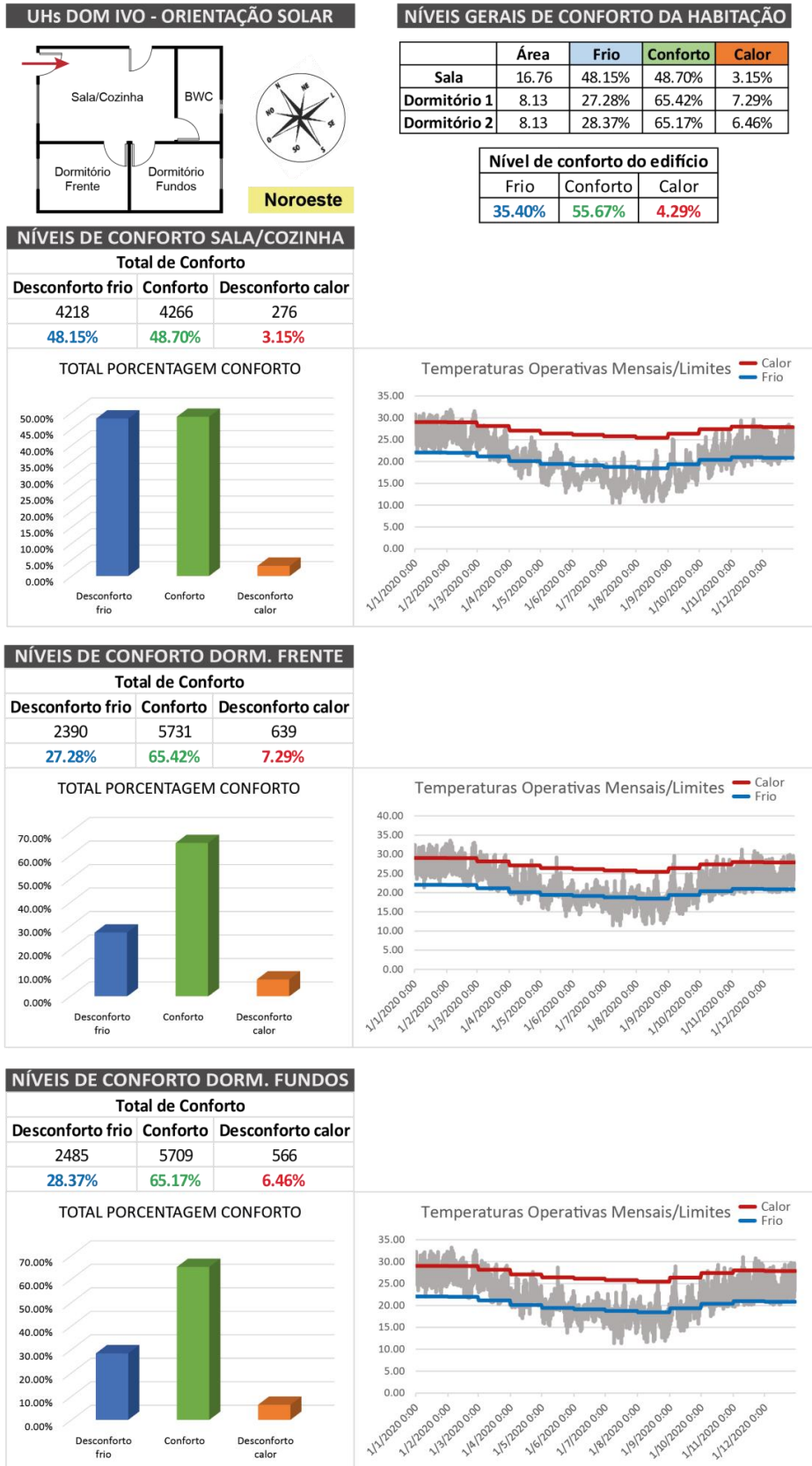
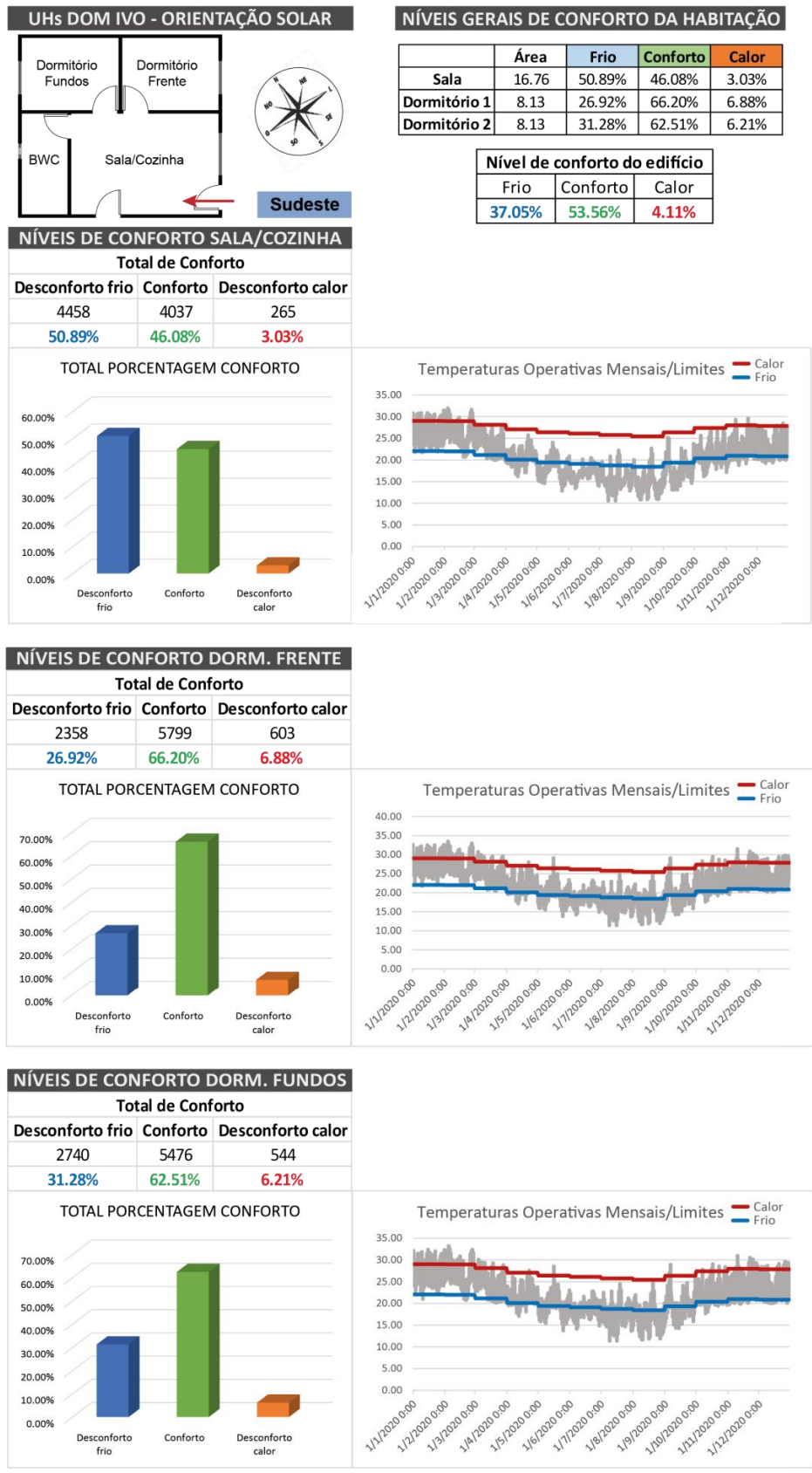
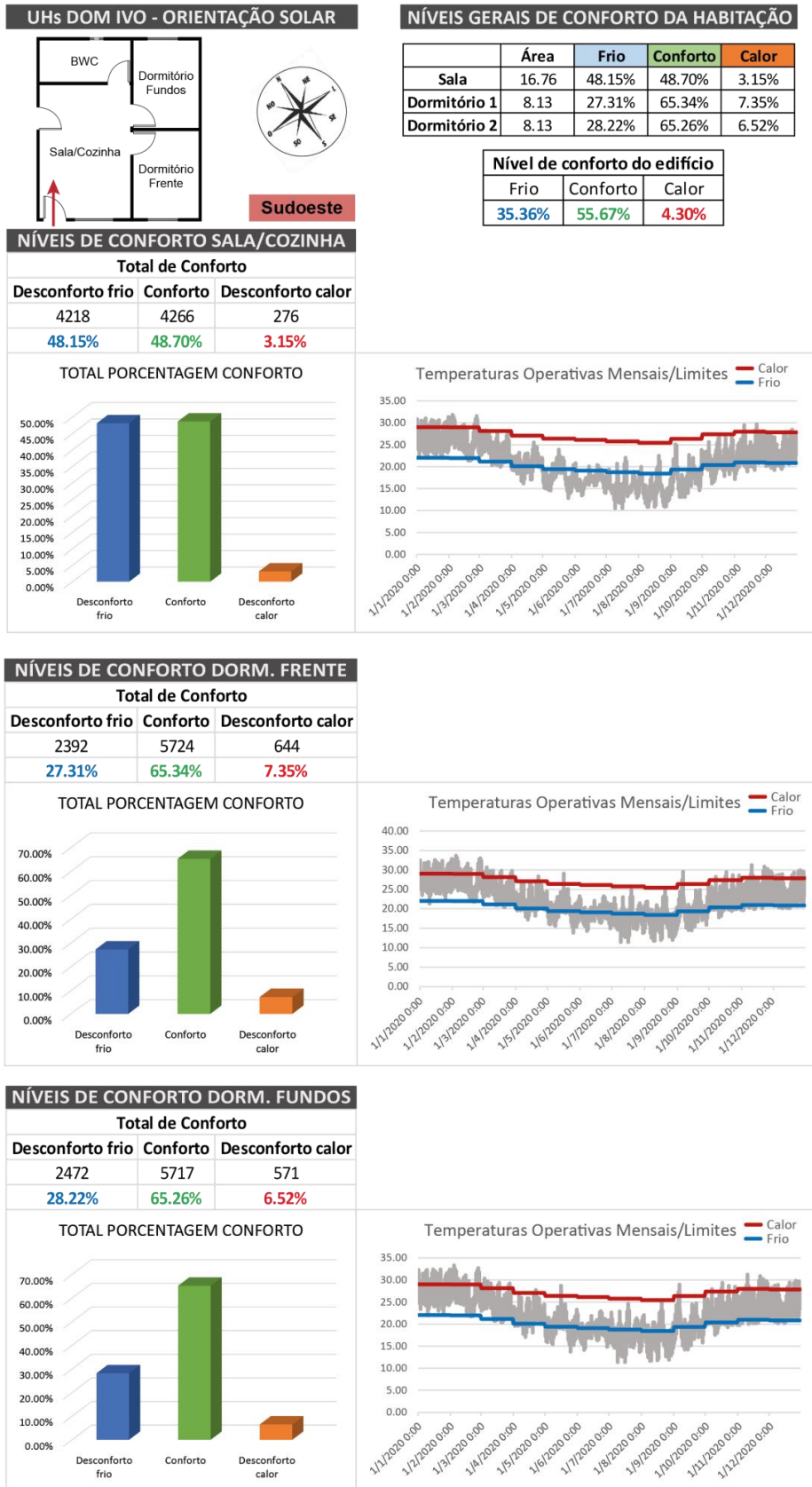


Figura 50 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Sudeste



Fonte: Autora (2021)

Figura 51 - Níveis de Conforto das HIS do Residencial Dom Ivo – Orientação Sudoeste



Fonte: Autora (2021)

No residencial Dom Ivo, é percebido nas habitações de orientação nordeste um dos maiores índices de conforto geral da edificação, com 55,67% das horas/ano nessa condição. Da mesma forma, é percebido nessa disposição solar o maior desconforto por calor. Assim como nas residências do conjunto Leonel Brizola, existe um perfil de maior conforto no dormitório da frente. Os piores resultados estão relacionados à sala/cozinha, com a maior taxa de desconforto por frio. Por outro lado, o dormitório da frente possui percentual mais alto de desconforto por calor.

Em relação à orientação noroeste, é apresentado um percentual de conforto idêntico à disposição solar anterior. Igualmente, foi percebida a relação de maior conforto nos dormitórios da frente, com índices semelhantes em relação ao dos fundos. Já na sala, foi detectado maior desconforto por frio e menor conforto ao longo do ano.

Nas habitações voltadas para sudeste, encontrou-se o maior desconforto por frio se comparado às demais orientações solares do residencial Dom Ivo. Inversamente proporcional, na mesma comparação, foi identificado o menor desconforto por calor na disposição sudeste. Sobre o desconforto em cada um dos cômodos analisados, é seguido o padrão idêntico das outras orientações solares, com os piores resultados de desconforto por frio relacionados à sala/cozinha, e os dados com maior conforto no dormitório da frente.

No caso das edificações de orientação sudoeste, foram detectados diferentes aspectos no comportamento térmico. Percebeu-se um dos maiores níveis de conforto geral da edificação, com 55,67% das horas ano nessa condição. Da mesma forma, foi detectado o menor índice de desconforto por frio, tendo como decorrência a taxa mais alta de desconforto por calor.

Logo, ao relacionar os resultados apresentados por cada uma das orientações, foi verificado que as disposições solares com menores níveis de desconforto, sobretudo por frio, foram as habitações voltadas para nordeste e sudoeste.

O capítulo a seguir relaciona os resultados obtidos por ambos os métodos, analisando como o método de questionários e simulações podem contribuir para o estudo do conforto térmico das habitações do estudo de caso.

7 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS

A partir da aplicação de uma abordagem multimétodos na produção da presente pesquisa, foi possível obter diferentes perspectivas de resultados dentro de um único estudo. Da mesma forma, foi verificado que a percepção do usuário possui influências significativas do meio e do momento em que os questionários foram aplicados. Já as simulações, apesar de demonstrarem de maneira objetiva as relações de conforto, são isentas dos detalhes da relação pós-ocupacional do usuário com a edificação.

Sobretudo, a partir do seguinte trabalho, buscou-se preencher parte das lacunas de conhecimento referentes ao conforto térmico de habitações de interesse social. Para isso, através da compatibilização de dados de diferentes metodologias, foi possível a visualização dos maiores pontos de relevância de cada método aplicado.

Para a etapa de questionários, percebe-se a influência da estação no momento de aplicação dos questionários. Apesar de se tratar de uma pesquisa virtual, muitos dos entrevistados participaram nas duas etapas de coleta, logo, pode-se perceber como a percepção de um mesmo indivíduo pode ser alterada.

No processo de análise dos dados dos questionários, foram observadas quais respostas apresentaram maior consistência de dados, como também se as informações coletadas apresentavam discrepâncias ou não.

Assim como os resultados das simulações, organizou-se as respostas demonstrando qual orientação solar apresentava maior índice de conforto, menor desconforto por frio e menor desconforto por calor.

De maneira a enfatizar os piores resultados, também foram organizadas as informações que apresentaram o menor índice de conforto, maior desconforto por frio e por calor.

A tabela a seguir apresenta os dados dos questionários com os índices gerais dos edifícios em relação aos melhores e piores resultados apontados pelos usuários, tendo em vista que parte dos resultados também apresentam uma tendência de discrepância:

Quadro 4 – Sintetização da Sensação Geral de Conforto dos Usuários no Edifício

		Maior Índice Geral de Conforto	Menor Desconforto por Frio	Menor Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Sudoeste	Resultados Discrepantes	Sudeste
Zilda Arns		Noroeste	Sudoeste	Sudeste
Leonel Brizola		Noroeste	Sudoeste	Sudeste
		Menor Índice Geral de Conforto	Maior Desconforto por Frio	Maior Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Nordeste	Resultados Discrepantes	Nordeste
Zilda Arns		Nordeste	Sudeste	Noroeste/Sudoeste
Leonel Brizola		Nordeste	Resultados Discrepantes	Resultados Discrepantes

Fonte: Autora, 2021.

Diante da análise dos índices gerais, foi possível perceber que os maiores índices de conforto estão relacionados às orientações sudoeste e noroeste. Seus aspectos de melhor adaptabilidade ao clima estão associados aos menores níveis de desconforto por frio, ponto que ocasiona maior incômodo térmico em relação ao ano todo.

O pior resultado no índice geral de conforto está ligado à orientação solar nordeste, apresentando pouca incidência solar nos horários mais quentes do dia. Sobre a orientação com maior desconforto por frio, na maioria dos residenciais, os resultados se apresentaram discrepantes, pois esse tipo de desconforto era acentuado durante a coleta do inverno, gerando dados inconsistentes.

A relação de menor desconforto por calor e maior desconforto por frio está associada à orientação sudeste. A partir de uma visualização isolada de cada cômodo da habitação, pode-se verificar quais ambientes apresentam maior desconforto nas estações analisadas:

Quadro 5 – Sintetização dos Dados da Sala/Cozinha dos Questionários

Resultados para Sala/Cozinha		Maior Índice de Conforto	Menor Desconforto por Frio	Menor Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Noroeste	Resultados Discrepantes	Sudoeste
Zilda Arns		Sudeste	Sudeste	Sudeste
Leonel Brizola		Sudoeste	Sudoeste	Sudeste
		Menor Índice de Conforto	Maior Desconforto por Frio	Maior Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Nordeste	Resultados Discrepantes	Nordeste
Zilda Arns		Nordeste	Nordeste	Nordeste
Leonel Brizola		Nordeste	Sudeste	Sudoeste

Fonte: Autora, 2021.

Quadro 6 – Sintetização dos Dados do Dormitório da Frente dos Questionários

Resultados para Dorm. Frente		Maior Índice de Conforto	Menor Desconforto por Frio	Menor Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Sudoeste	Sudeste	Sudoeste
Zilda Arns		Nordeste	Sudoeste/Noroeste	Nordeste
Leonel Brizola		Nordeste	Nordeste	Nordeste
		Menor Índice de Conforto	Maior Desconforto por Frio	Maior Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Nordeste	Resultados Discrepantes	Nordeste
Zilda Arns		Sudeste	Sudeste	Sudeste
Leonel Brizola		Sudeste	Sudeste	Sudeste

Fonte: Autora, 2021.

Quadro 7 – Sintetização dos Dados do Dormitório do Fundo dos Questionários

Resultados para Dorm. Fundos		Maior Índice de Conforto	Menor Desconforto por Frio	Menor Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Sudoeste	Sudeste	Sudeste
Zilda Arns		Sudoeste	Sudoeste	Nordeste
Leonel Brizola		Sudoeste	Sudoeste	Noroeste
		Menor Índice de Conforto	Maior Desconforto por Frio	Maior Desconforto Calor
Dom Ivo	Orientação	Nordeste	Resultados Discrepantes	Nordeste
Zilda Arns		Resultados Discrepantes	Resultados Discrepantes	Noroeste
Leonel Brizola		Sudeste	Sudeste	Sudoeste/Nordeste

Fonte: Autora, 2021.

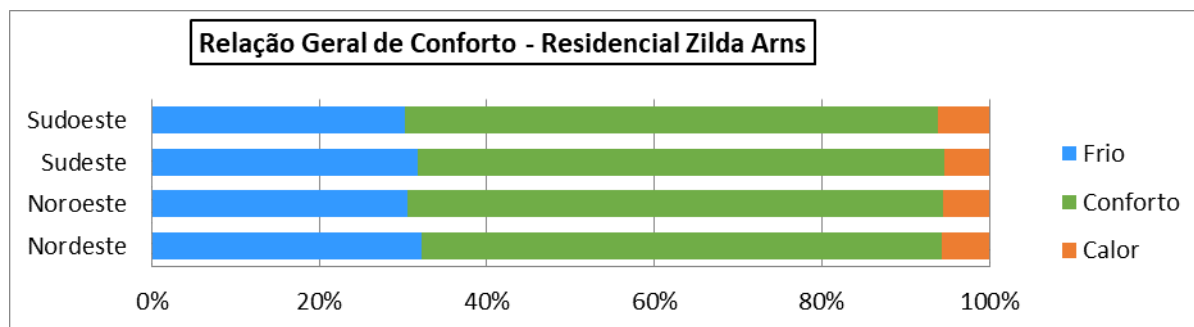
A partir da sintetização dos resultados da sala/cozinha, percebeu-se descontinuidade nos resultados em relação ao maior índice de conforto. Nos casos mais problemáticos, a orientação nordeste demonstrou na análise tanto maiores desconforto por frio quanto por calor.

Sobre o dormitório da frente, apesar de ter as aberturas direcionadas para a mesma fachada da sala/cozinha, os resultados apresentados foram diferentes. A orientação nordeste se demonstrou maiores níveis de conforto, já a sudeste com níveis inferiores, representando de maneira generalizada desconfortos por frio e calor nas coletas.

Em relação ao dormitório dos fundos, a orientação com maiores índices de conforto foi a sudoeste, tanto nos menores índices de frio quanto de calor. Para a determinação dos maiores níveis de desconforto por frio, os resultados se apresentaram discrepantes e inconclusivos ao se comparar as duas coletas. Sobre o maior desconforto por calor, os dados tenderam para a orientação nordeste. Sobretudo, os resultados não apresentam uma predominância significativa.

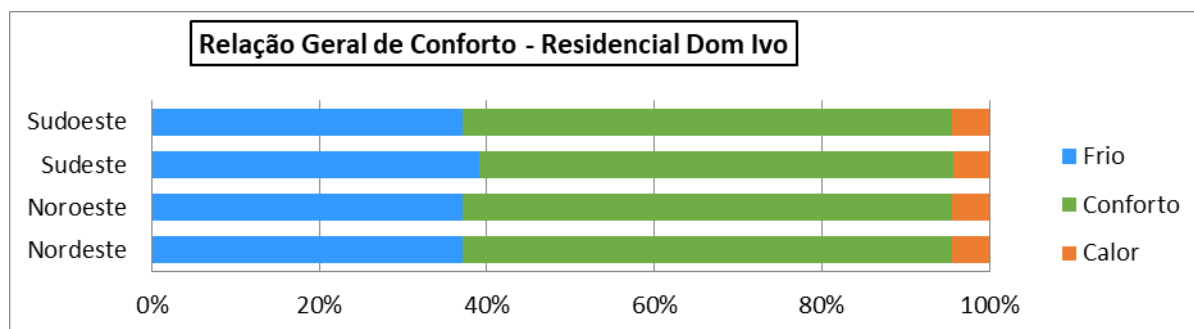
No caso do resultado das simulações, a relação geral de conforto térmico da edificação faz a ponderação das áreas dos cômodos e relaciona os índices de conforto e desconforto nos ambientes de permanência prolongada. Os gráficos a seguir realizam a comparação entre os residenciais e seus respectivos níveis de conforto alcançados adotando o modelo adaptativo com aceitabilidade de 80%:

Figura 52 - Gráfico 1: Relação Geral de Conforto – Residencial Zilda Arns



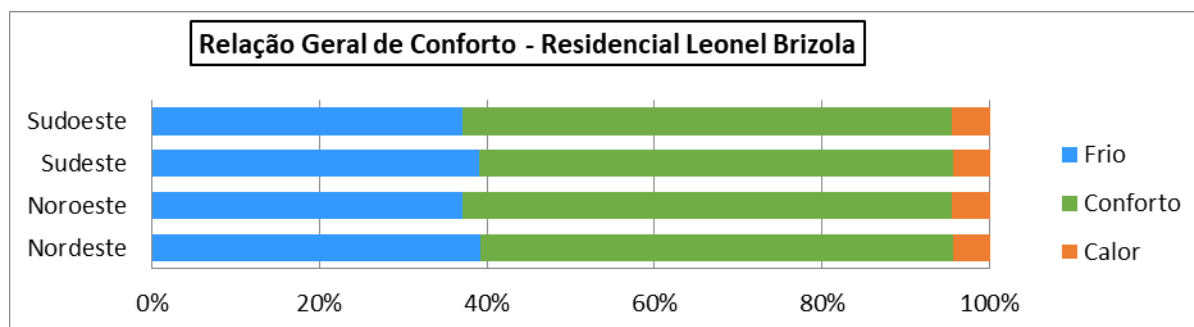
Fonte: Autora, 2021.

Figura 53 - Gráfico 2: Relação Geral de Conforto – Residencial Dom Ivo



Fonte: Autora, 2021.

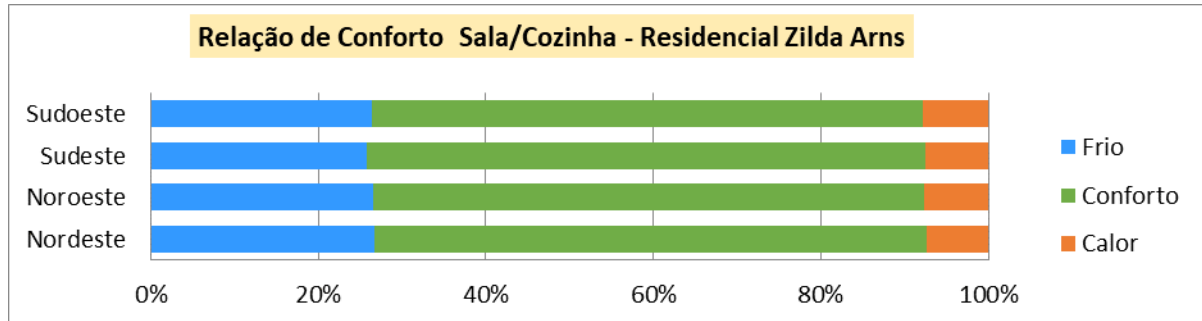
Figura 54 - Gráfico 3: Relação Geral de Conforto – Residencial Leonel Brizola



Fonte: Autora, 2021.

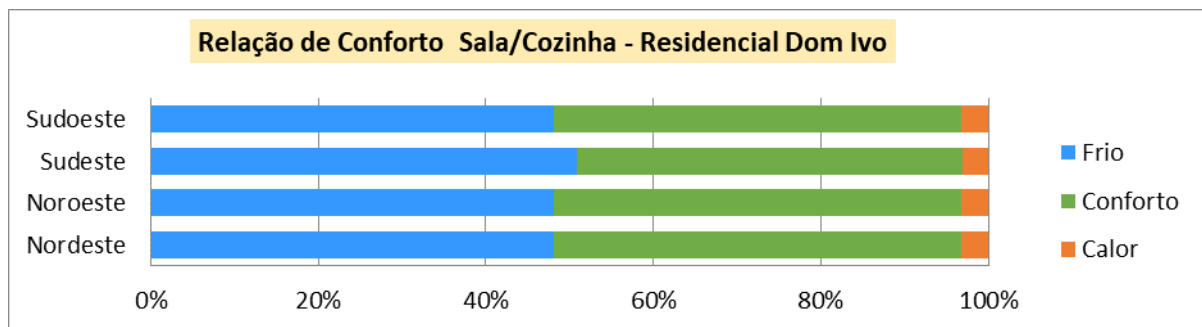
Já a análise fragmentada de cada ambiente considerou, igualmente, os ambientes de permanência prolongada, sendo representado pelos gráficos a seguir:

Figura 55 - Gráfico 4: Relação de Conforto Sala/Cozinha – Residencial Zilda Arns



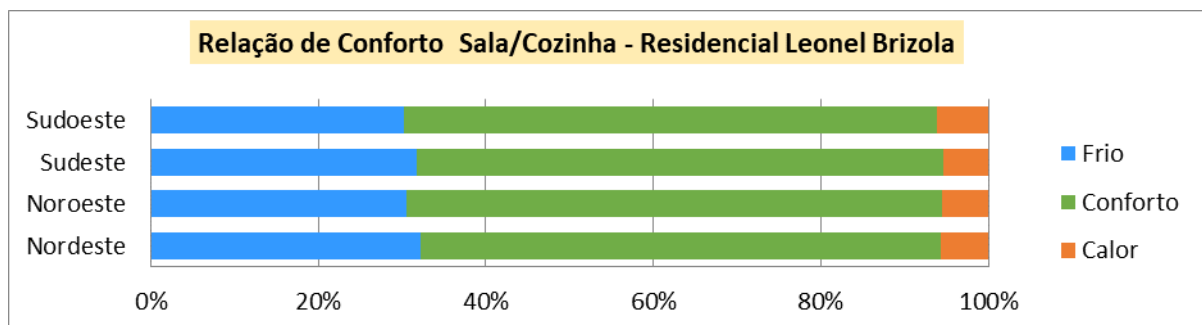
Fonte: Autora, 2021.

Figura 56 - Gráfico 5: Relação de Conforto Sala/Cozinha – Residencial Dom Ivo



Fonte: Autora, 2021.

Figura 57 - Gráfico 6: Relação de Conforto Sala/Cozinha – Residencial Leonel Brizola

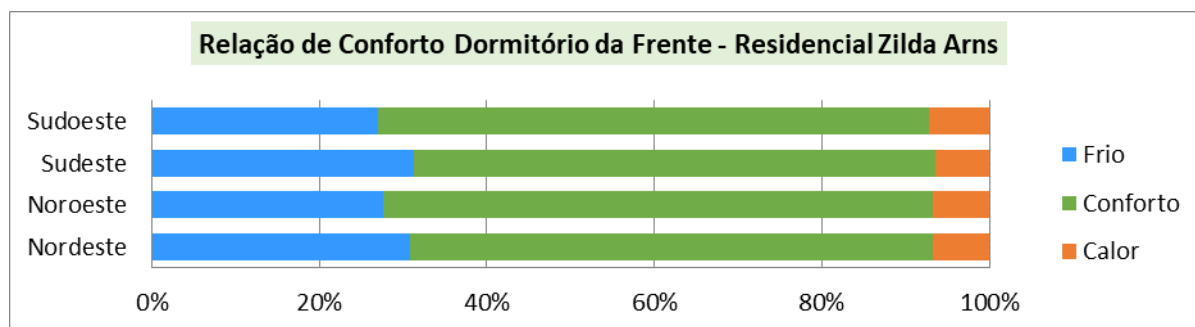


Fonte: Autora, 2021.

No caso da sala/cozinha, no residencial Zilda Arns a orientação que apresenta o menor índice de conforto e mais desconforto por frio é a nordeste. Para o residencial Dom Ivo, a orientação sudeste possui o mesmo aspecto. Assim como para o conjunto Leonel Brizola, a orientação nordeste também apresenta os piores

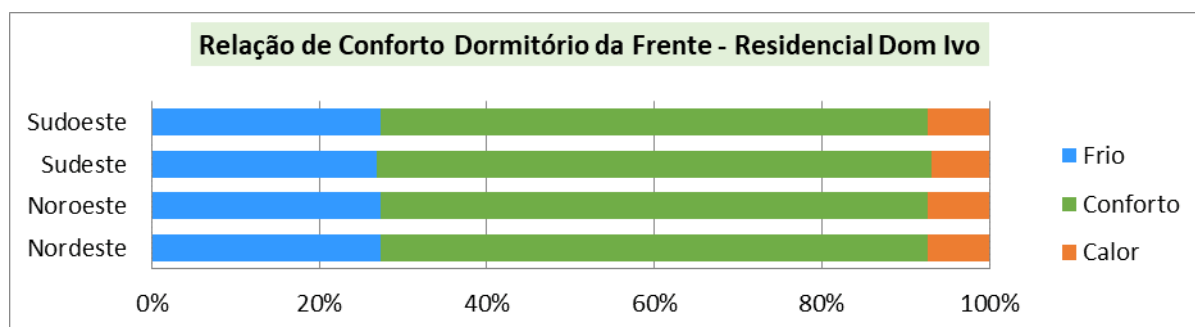
índices na sala/cozinha em relação conforto geral e desconforto por frio. Sobre o dormitório da frente, são apresentados maiores índices de conforto nos três residenciais. Os gráficos a seguir apresentam a comparação dos resultados entre as orientações:

Figura 58 - Gráfico 7: Relação de Conforto Dormitório da Frente – Residencial Zilda Arns



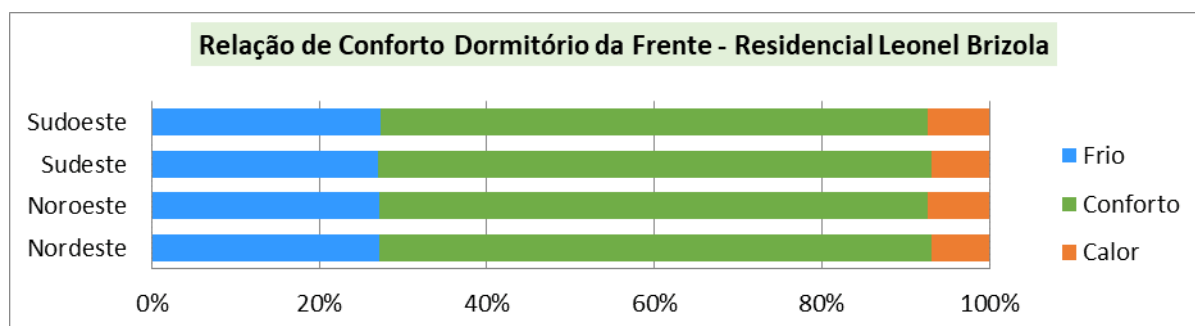
Fonte: Autora, 2021.

Figura 59 - Gráfico 8: Relação de Conforto Dormitório da Frente – Residencial Dom Ivo



Fonte: Autora, 2021.

Figura 60 - Gráfico 9: Relação de Conforto Dormitório da Frente – Residencial Leonel Brizola



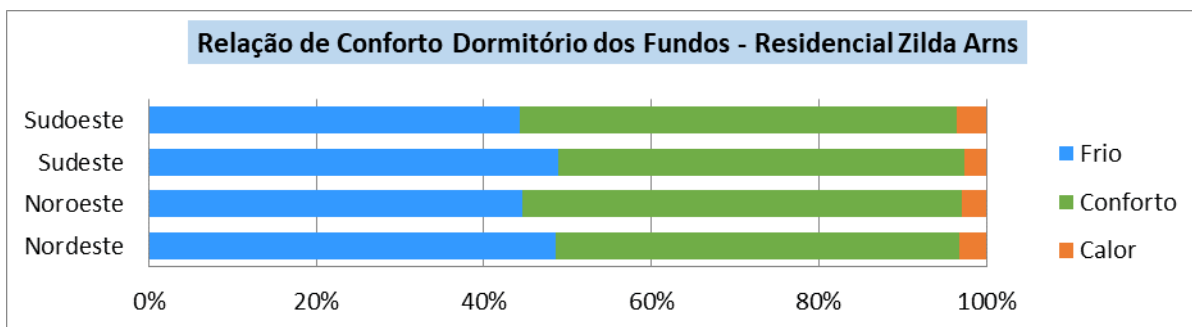
Fonte: Autora, 2021.

Para os resultados do residencial Zilda Arns sobre o dormitório da frente, a orientação com o índice mais baixo de conforto e maior desconforto por frio é o

sudeste. No residencial Dom Ivo, tanto as orientações nordeste quanto sudoeste apresentaram níveis idênticos e inferiores em relação ao conforto e desconforto por frio. Para o residencial Leonel Brizola, os piores dados são da orientação sudoeste.

Os resultados a seguir são referentes ao dormitório dos fundos:

Figura 61 - Gráfico 10: Relação de Conforto Dormitório dos Fundos – Residencial Zilda Arns



Fonte: Autora, 2021.

Figura 62 - Gráfico 11 – Relação de Conforto Dormitório dos Fundos – Residencial Dom Ivo

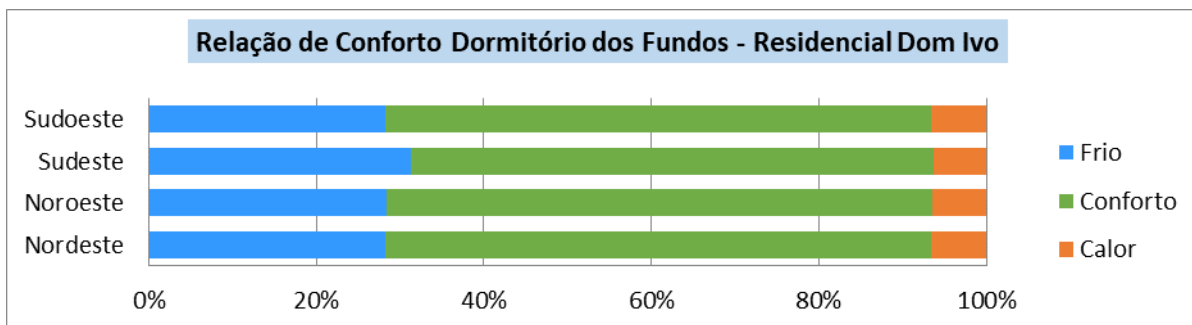
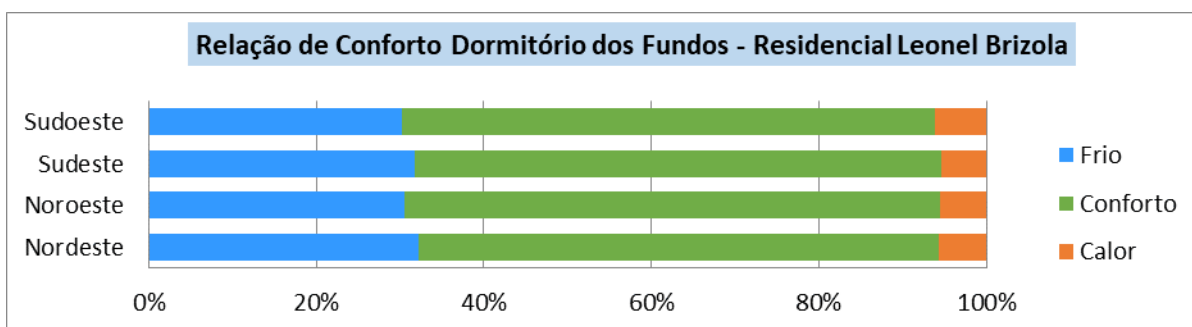


Figura 63 - Gráfico 12: Relação de Conforto Dormitório dos Fundos – Residencial Leonel Brizola



Fonte: Autora, 2021.

Sobre os dados do dormitório dos fundos no residencial Zilda Arns, a orientação com os piores resultados de desconforto por frio e conforto térmico está

associada à sudeste. Para os residenciais Dom Ivo e Leonel Brizola, a mesma orientação também apresenta níveis inferiores para os seguintes aspectos.

Ao relacionar os resultados obtidos pelo método de entrevistas e simulação computacional, é percebido que as habitações com orientação nordeste e sudeste apresentam índices mais expressivos de desconforto por frio. Sobretudo, as edificações com maior relação geral de conforto estão associadas às edificações voltadas para noroeste e sudoeste.

A respeito do desconforto por calor, os questionários apresentam dados discrepantes em relação às simulações. É apontado que as orientações com respostas associadas a “quente/muito quente” são, em sua maioria associadas à disposição nordeste e sudeste, tanto na análise geral da edificação quanto no estudo individual por cômodo.

Referente aos resultados das simulações, tendo em vista todas as orientações dos três conjuntos habitacionais, o maior desconforto por calor se manifesta nas edificações de orientação sudoeste. Apesar de alguns casos a disposição solar noroeste possuir níveis semelhantes, as residências voltadas para sudoeste apresentam dados mais expressivos.

7.1 PROPOSTA DE MODELO COM SOLUÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO

De maneira a atenuar os problemas de desconforto nas unidades, sobretudo pelo frio, foram feitas simulações com soluções para otimizar os resultados apresentados. Como estudo para este aperfeiçoamento, foi escolhida a HIS do residencial Dom Ivo de orientação sudeste por apresentar um dos piores resultados de conforto em comparação a todas as unidades simuladas.

Em relação às soluções escolhidas, as modificações estiveram associadas às envoltórias da edificação. Foi proposta uma pintura específica tendo como base a análise de absorções na tese de Donelles (2008). A cor pérola possuía índices que não afetavam diretamente o desconforto por calor e reduziam a relação de frio na UH no inverno, tendo seu índice de $\alpha = 0,416$.

Para a alteração do material da envoltória, foi realizada uma simulação substituindo a parede de concreto moldado *in loco* por bloco cerâmico de 10 cm.

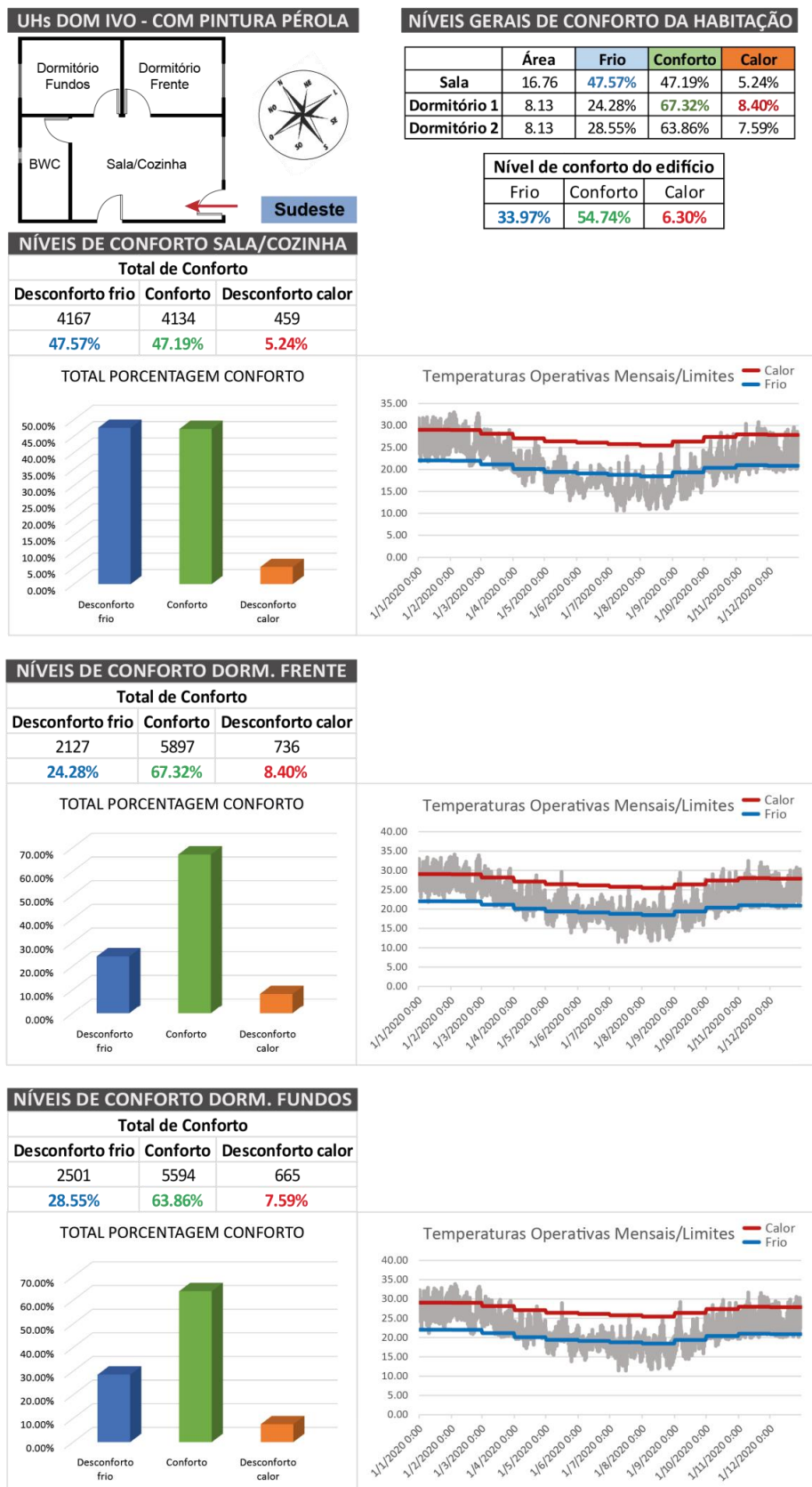
Apesar de existirem opções que oferecem maior resistência térmica, o objetivo das soluções era não aumentar significativamente o custo da habitação.

Prosseguindo as modificações relacionadas às envoltórias, foi proposta a substituição da telha cerâmica de 1 cm de espessura pela telha metálica de 1 mm em duas folhas com adição entre as chapas de poliuretano de 4 cm. Para a seguinte solução, foi possível obter melhores resultados no desconforto por calor. Contudo, não foram adicionados diferentes forros ou lajes, mantendo o existente das habitações de PVC e sua respectiva câmara de ar.

Com intuito de comparar a otimização dos materiais da envoltória, foi realizada uma simulação com cada solução isolada e posteriormente com a associação das três estratégias de conforto. Através das simulações, pode-se comparar alguns dos elementos da edificação que interferem significativamente nos níveis de conforto térmico.

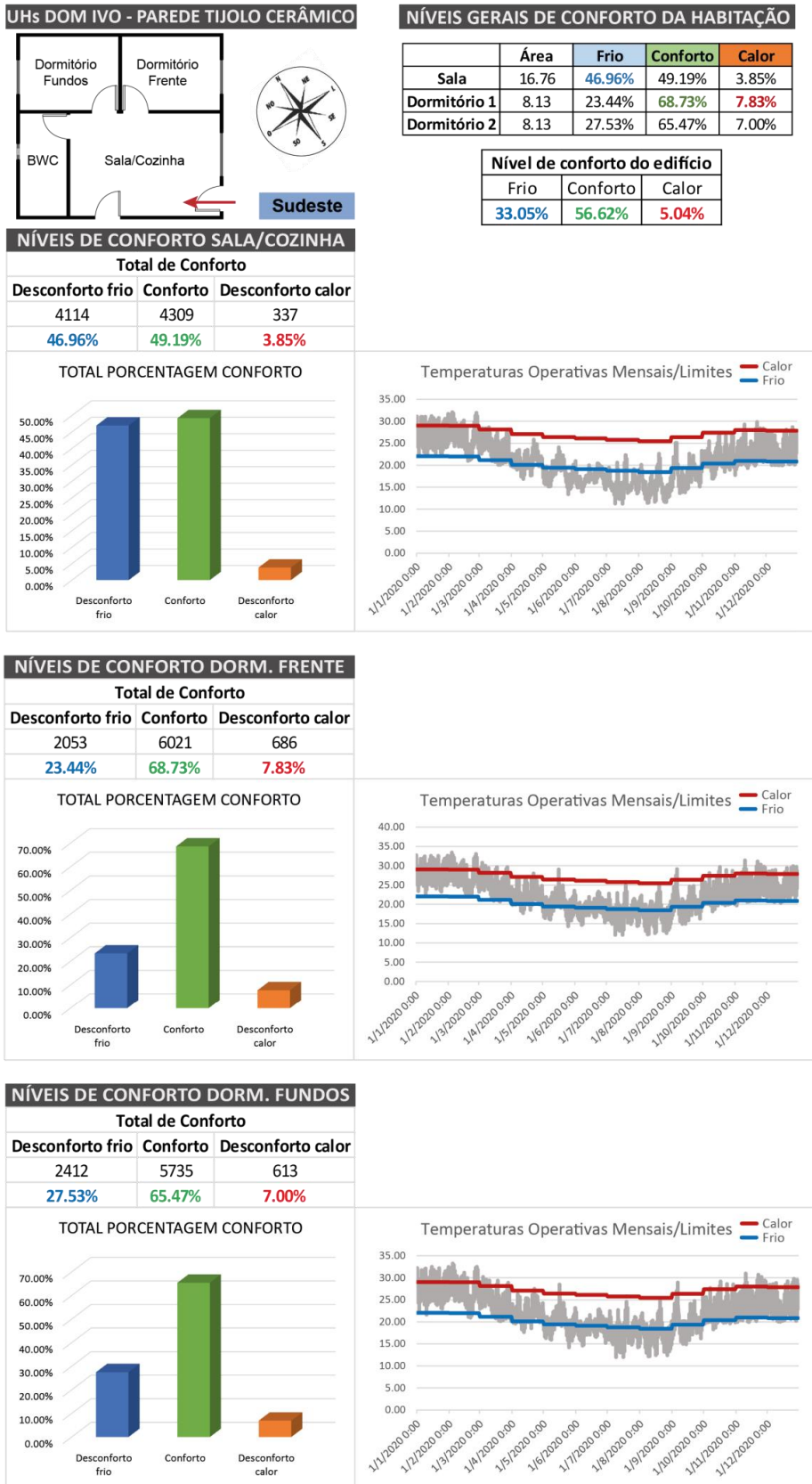
Ao comparar os resultados das soluções construtivas, os dados de saída foram as temperaturas operativas da edificação como um todo e de seus ambientes individualmente, tendo como base o modelo adaptativo com aceitabilidade de 80%. Os resultados são apresentados a seguir:

Figura 64 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Alteração da Pintura



Fonte: Autora (2021)

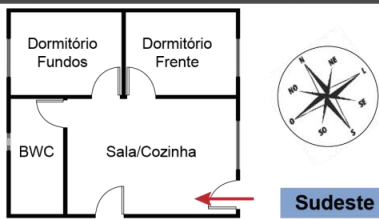
Figura 65 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Parede de Tijolo Cerâmico



Fonte: Autora (2021)

Figura 66 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Telha Metálica e Poliuretano

UHs DOM IVO - TELHA METÁLICA+POLIURETANO



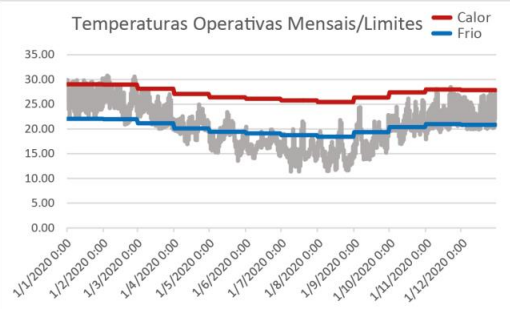
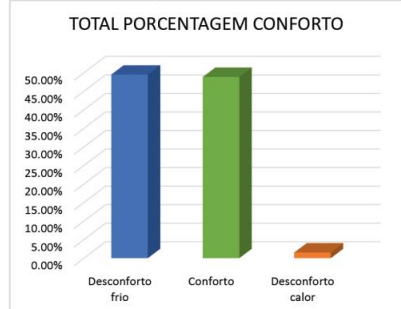
NÍVEIS GERAIS DE CONFORTO DA HABITAÇÃO

	Área	Frio	Conforto	Calor
Sala	16.76	49.55%	48.89%	1.55%
Dormitório 1	8.13	24.79%	69.63%	5.57%
Dormitório 2	8.13	29.16%	66.04%	4.81%

Nível de conforto do edifício		
Frio	Conforto	Calor
34.94%	56.67%	2.37%

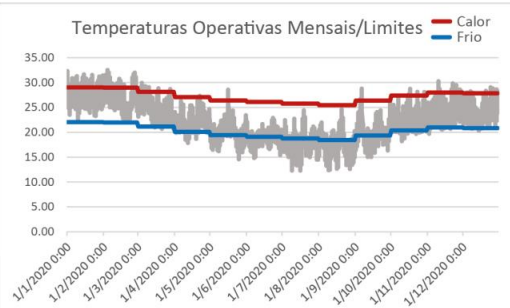
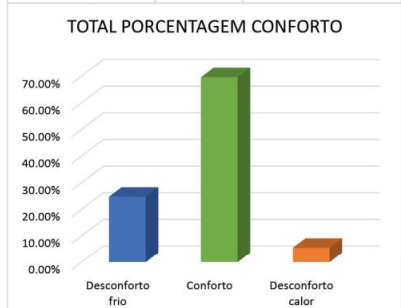
NÍVEIS DE CONFORTO SALA/COZINHA

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
4341	4283	136
49.55%	48.89%	1.55%



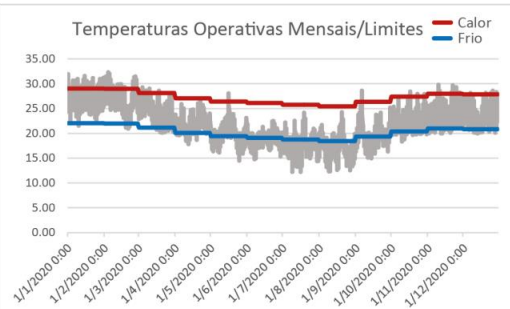
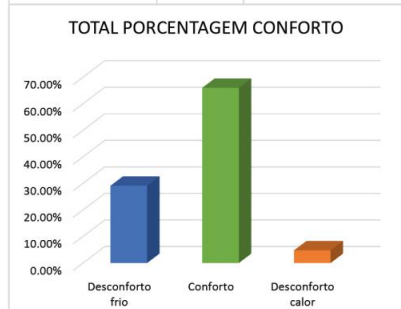
NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FRENTE

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
2172	6100	488
24.79%	69.63%	5.57%



NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FUNDOS

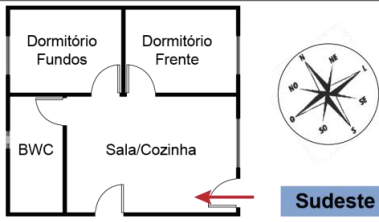
Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
2554	5785	421
29.16%	66.04%	4.81%



Fonte: Autora (2021)

Figura 67 - Níveis de Conforto da HIS Orientação Sudeste com Todas as Modificações

UHs DOM IVO - COM TODAS AS MODIFICAÇÕES



NÍVEIS GERAIS DE CONFORTO DA HABITAÇÃO

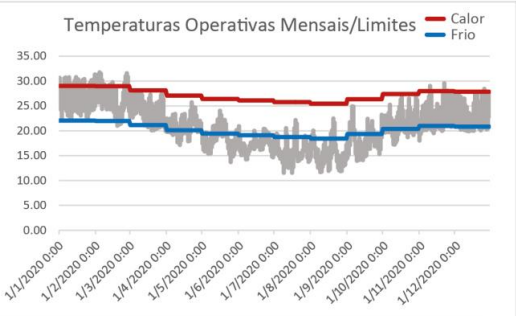
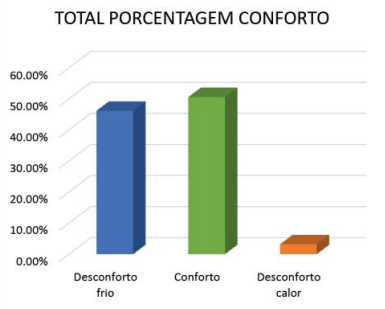
	Área	Frio	Conforto	Calor
Sala	16.76	46.19%	50.59%	3.22%
Dormitório 1	8.13	21.96%	70.62%	7.42%
Dormitório 2	8.13	26.20%	67.18%	6.62%

Nível de conforto do edifício

Frio	Conforto	Calor
31.65%	58.19%	4.39%

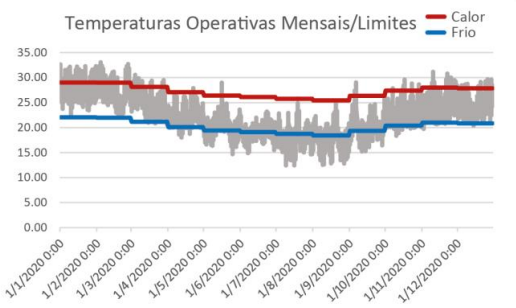
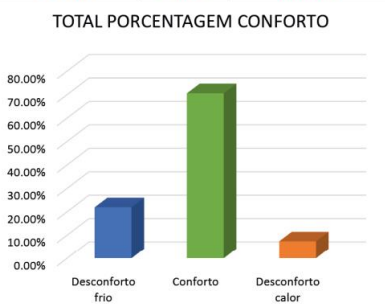
NÍVEIS DE CONFORTO SALA/COZINHA

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
4046	4432	282
46.19%	50.59%	3.22%



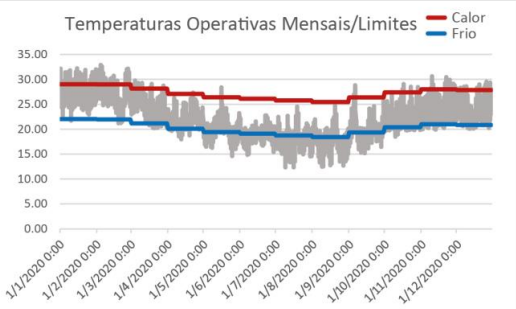
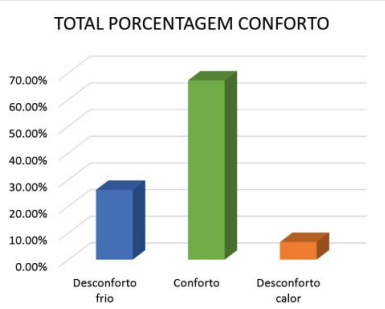
NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FRENTE

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
1924	6186	650
21.96%	70.62%	7.42%



NÍVEIS DE CONFORTO DORM. FUNDOS

Total de Conforto		
Desconforto frio	Conforto	Desconforto calor
2295	5885	580
26.20%	67.18%	6.62%

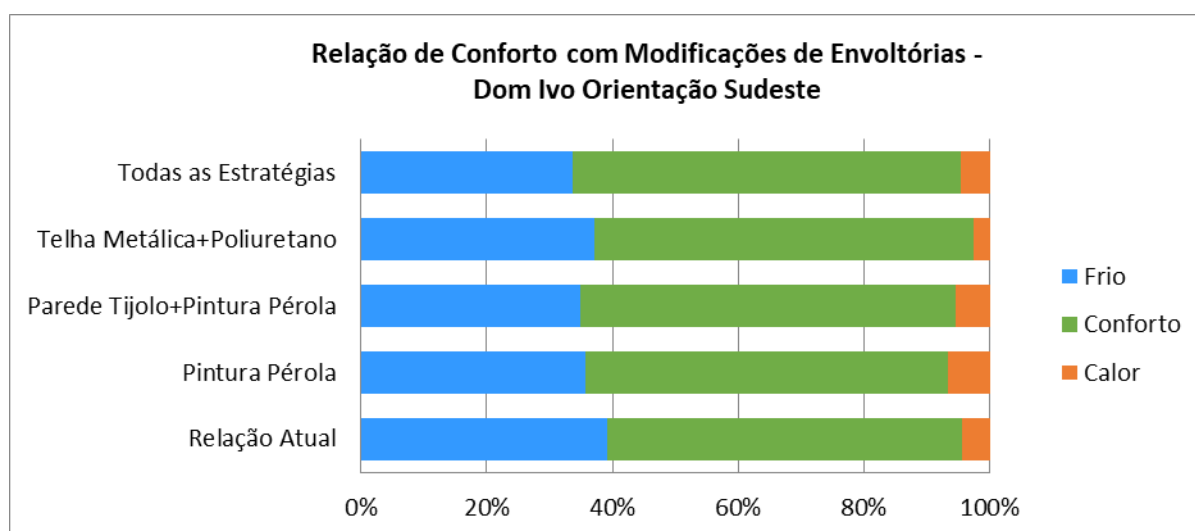


Fonte: Autora (2021)

A partir dos resultados obtidos, é possível perceber como modificações simples puderam atenuar as problemáticas de desconforto térmico nas habitações. Unicamente com a pintura pérola foi possível atenuar o desconforto por frio de maneira significativa. A utilização de outro material de envoltória também apresentou contribuições positivas para a melhoria desse aspecto.

Apesar do aperfeiçoamento dos níveis de conforto e redução de desconforto por frio, somente com a utilização de isolamento térmico, sobretudo na cobertura da edificação, pode-se atenuar igualmente os índices de calor. O gráfico a seguir apresenta uma comparação geral entre cada uma das modificações:

Figura 68 - Gráfico 13: Relação de Conforto com Modificações de Envoltórias



Fonte: Autora, 2021.

Logo, pode-se considerar através das simulações que a combinação de diferentes estratégias tem a capacidade de otimizar tanto as relações de conforto em períodos de mais frio quanto de maior calor.

Elementos construtivos como pintura e material de paredes com maior resistência térmica podem auxiliar na redução de desconforto por frio. Já na cobertura, a aplicação de materiais isolantes pode contribuir na redução do calor excessivo durante estações de temperaturas mais elevadas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos objetivos gerais e específicos da pesquisa e aplicação de métodos de propostos, pode-se perceber a relação do nível de conforto térmico nos modelos de habitação de interesse social estudados. Igualmente, foi possível detectar a influência da orientação solar na sensação de conforto dos usuários, tendo dados mais expressivos através do método de simulações.

No processo da aplicação de questionários de caráter qualitativo, é perceptível a interferência da estação vigente nas respostas dos moradores sobre as sensações térmicas nos ambientes de permanência prolongada da habitação. Entretanto, apesar de divergências em alguns dos resultados, o processo de entrevistas conseguiu detectar quais tipos de orientações das edificações proporcionam maior relação de conforto com seus usuários, sendo predominantemente associadas às residências voltadas para sudoeste.

É preciso destacar que a escolha de semanas de frio mais intenso para a coleta de inverno e temperaturas mais altas para a de verão influenciou diretamente no perfil de respostas em cada uma das estações de aplicação. Verificou-se que em dois dos três residenciais analisados, na coleta de setembro de 2020, os moradores relatavam mais desconforto por frio no inverno e sentiam uma menor sensação de calor no verão. Já nas entrevistas realizadas em março de 2021, foi percebido um padrão oposto nos questionários, tendo maiores níveis de desconforto por calor no verão e menor sensação de frio no inverno.

A delimitação da utilização do método de entrevistas é percebida, essencialmente, no que diz respeito ao nível de conforto geral da edificação, tendo em vista que ao se comparar resultados das duas coletas, muitas respostas apresentaram discrepância e ausência de linearidade, dificultando a determinação da pergunta de pesquisa do presente trabalho. Além desse aspecto, parte dos moradores alegou não utilizar ou não frequentar regularmente alguns dos cômodos nos quais as perguntas eram direcionadas, fornecendo dados incertos sobre a sensação de conforto no ambiente perguntado.

Contudo, apesar das dificuldades encontradas pelo método, identificou-se que, em grande parte das habitações os maiores níveis de desconforto por frio estavam presentes nas unidades voltadas para sudeste e nordeste. Mesmo no

dormitório dos fundos, que possuía disposição solar oposta, foi detectada essa relação.

Sobre o desconforto por calor, a análise dos dois períodos de coleta permitiu identificar maiores níveis dessa sensação térmica nas edificações de orientação noroeste e sudoeste. Apesar da predominância desse aspecto nas disposições solares mencionadas, a etapa de questionários permitiu visualizar que não existem diferenças expressivas dos níveis de conforto entre as demais orientações.

Em relação às simulações computacionais, foi percebido de maneira mais evidente as orientações solares das habitações que apresentaram maiores índices de conforto ao longo do ano. Os resultados identificaram que a tipologia implantada no residencial Zilda Arns possui menores relações de desconforto, sobretudo, por frio.

O modelo das unidades do conjunto Leonel Brizola e Dom Ivo demonstrou maior sensação de frio, sobretudo na sala/cozinha. Ao se comparar os três residenciais do estudo de caso, as orientações que apresentaram os melhores resultados foram das habitações voltadas para noroeste e sudoeste. Apesar de se constatar maior desconforto por calor, a relação de frio na edificação com essa orientação diminui significativamente nas horas/ano.

No caso das HIS dos residenciais voltadas para nordeste e sudeste, foram detectados níveis significativos de desconforto por frio em todos os ambientes, com maior relação dessa sensação no dormitório dos fundos. A ausência de incidência solar em determinados períodos do dia nas paredes condicionou essas habitações ao aumento desse tipo de desconforto.

O fato de as unidades serem geminadas também foi um dos aspectos que ocasionou uma maior restrição na disposição de aberturas dos ambientes, muitas vezes limitando as fenestraçãoes a receberem incidência solar em pouco ou nenhum horário do dia ao longo do ano.

Logo, a partir dos dados apresentados, verificou-se que as habitações de interesse social apresentam níveis insuficientes de conforto térmico para seus usuários. Apesar de nos questionários ser evidenciado o desconforto por calor, a ausência de isolamento térmico das unidades compromete o bem-estar dos usuários predominantemente no inverno e nas meias estações.

Através da adaptação do modelo de habitação com soluções de conforto térmico, alterando aspectos construtivos de baixo custo como pintura e materiais de

envoltórias horizontais e verticais, tem-se mudanças perceptivas em relação ao índice de conforto e redução de desconforto por frio e calor.

A partir da escolha do objeto de estudo, o presente trabalho teve como intuito estudar o nível de conforto térmico de habitações de interesse social. Diante das informações discutidas na revisão bibliográfica, tem-se a crise de moradia como um problema vigente no Brasil ao longo de várias décadas. Para atenuação da questão habitacional, programas governamentais recorrem à replicabilidade das unidades, fator que compromete a qualidade das mesmas.

Através do papel social da arquitetura, é preciso discutir, tanto na academia quanto fora dela, a qualidade do conforto térmico fornecido por essas habitações. Além de enfrentar os desafios de sustento com baixa renda, os moradores precisam de residências que forneçam melhores índices de conforto, reduzindo possíveis custos com equipamentos de resfriamento e aquecimento.

8.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para próximos trabalhos que abordarem o mesmo tema, é sugerido que no método de simulação computacional seja considerado a unidade isolada (sem geminação), recomendando na tipologia estudada diferentes posicionamentos de aberturas, sobretudo de janelas, para análise de possíveis melhorias dos níveis de conforto térmico pela ventilação.

No caso das propostas de adaptações nas habitações, indica-se que sejam testadas diferentes soluções de baixo custo que possam, da mesma forma, reduzir os períodos de desconforto por frio e calor nas HIS.

Em relação às normativas existentes, recomenda-se a realização do método de simulação de acordo com a atualização da NBR 15.575 (versão 2021). Logo, será possível obter dados mais precisos sobre o consumo de energia através de novos parâmetros dos equipamentos elétricos.

REFERÊNCIAS

ASHRAE55. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc. Atlanta, GA, USA, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.220-1**: desempenho térmico de edificações: Parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15.220-2**: Desempenho térmico de edificações: Parte 2: métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15.220-3**: Desempenho térmico de edificações: Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15220-4**: Desempenho térmico de edificações: Parte 4: medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 15.575**: edifícios residenciais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ANDRADE, E. S. J. **Síntese histórica das políticas habitacionais no Brasil (1964 a 2010): avanços de antigas propostas e retorno a velhas práticas**. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR. Rio de Janeiro, 2010. Anais... Rio de Janeiro: ANPUR / UFRJ, 2010.

BALVEDI, B. F. et al. **Identificação de perfis de comportamento do usuário para edificações residenciais multifamiliares e naturalmente ventiladas em Florianópolis**. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 149-160, 2018.

BIG LADDER SOFTWARE. **Euclid**, c2020. Página Inicial. Disponível em: <https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/> Acesso em 06 de junho de 2021.

BONDUKI, Nabil. **Origens da Habitação Social no Brasil**. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CARVALHO, Paula Pereira. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2 brasileira**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

CAS, Larissa Vasconcellos. **A qualidade das habitações sociais frente à ABNT NBR-15.575-1/2013 referente aos requisitos da funcionalidade e a acessibilidade**. 2017. 90 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

CHOWDHURY, A. A.; RASUL, M. G.; KHAN, M. M. **Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate**. In: Applied Energy, v. 85, p. 449-462, 2008.

CRAWLEY, D.B. et al. *Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs*. **Elsevier**. Building and Environment 43.2008.34344 p. 661-673

CRAWLEY, D.B; LAWRIE, L.K., PEDERSEN, C.O; WINKELMANN, F.C. *EnergyPlus: Energy Simulation Program*, **ASHRAE Journal**, Vol. 42, No. 4, 2000. p. 49-56.

COSTA, L. P. da. Habitação e cidadania. **A vila operária do IAPI: Porto Alegre 1940/1950**. 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

COUTINHO, Brenda Rodrigues. **Avaliação De Conforto Térmico Em Ambientes Naturalmente Ventilados: Um Exemplo Em Restaurante Universitário**. 2014. 170 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, Campinas, 2014.

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

DeGraw, Jason. Long Axis of Building fields on Airflow Network: Simulation Control. **Unmet Hours**, United States, September 3th, 2020. Disponível em: <https://unmethours.com/question/47106/long-axis-of-building-fields-on-airflow-network-simulation-control/> Acesso em 22 de julho de 2021.

DOE. *Department of energy.US.* Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/buildings/building-energy-modeling> Acesso em 06 de junho de 2021.

DOERFLER, M. A.; KRUEGER, E. L. **Avaliação dos Impactos Termo-Energéticos da Orientação Solar em Habitação de Interesse Social na Zona Bioclimática 01.** In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC / UFAL, 2014.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FANGER, P. O. **Thermal comfort analysis and application in environment engineering.** New York: McGraw-Hill. 1970.

FERREIRA, C. C., PEREIRA, I. M. **Avaliação do Desempenho Térmico de Habitação de Interesse Social de acordo com a NBR 15575, para as Diversas Zonas Bioclimáticas.** In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: ANTAC / UFJF, 2012.

FERREIRA, C. C., PEREIRA, I. M. **Avaliação dos Impactos da ABNT 15575 no Conforto Térmico e no Consumo de Energias nas Novas Edificações Habitacionais Brasileiras.** In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC / UFAL, 2014.

FLORES, Michelle Gomes. **Geração da Base Climática de Santa Maria-RS para Análise de desempenho térmico e eficiência energética de edificações.** 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GRIGOLETTI, G. C.; ROTTA, R.; MULLER, S. **Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações de Interesse Social Unifamiliares em Santa Maria – RS.** In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela. Anais... Canela: ANTAC, 2010.

GRIGOLETTI, Giane de Campos; SATTler, Miguel Aloysio. **Método de avaliação global de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social para Porto Alegre – RS – Brasil.** In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 101-114, 2010.

GRIGOLETTI, Giane de Campos. **Método de avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social para Porto Alegre – RS**. 2007. 238 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007, p. 1-36-221-228-230.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **RTQ-R: Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais**. Brasília, DF, 2012.

Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acesso em 13 de abril de 2020.

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. D. S. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575 / 2013). **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89–101, 2014.

LABAKI, Lucila Chebel. Métodos de pesquisa em conforto ambiental. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2011. Notas de aula.

LAMBERTS, R. et al. 2005. **Apostila de Desempenho Térmico de Edificações** - Apostila da disciplina ECV. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. Disponível em: <http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/147.pdf>. Acesso em 28 de nov. de 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Ed. ProLivros, São Paulo, 2014.

LAY, M. C. D.; REIS, A. T. L. **O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 99-119, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300007>

LINCK, Gabriela Inês. **Avaliação Do Desempenho Higrotérmico De Habitações De Interesse Social Em Santa Maria/RS**. 2013. 259 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MARICATO, E. **Habitação e cidade: espaço & debate**. 5. ed. São Paulo: Atual, 1999.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional**, EPE, 2021. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/anuario/EPEFactSheetAnuario.pdf> Acesso em 18 de agosto de 2021.

OLIVEIRA, R. H. S.; RODRIGUES, S. G. **Análise da climatização do ambiente de desempenho estudantil**. In: Encontro de Tecnologia – Uniube, 2019, Uberaba. Anais... Uberaba: Uniube, 2019.

MORAES, Bruna Demétrio. **Comparação de Custos de Unidades Habitacionais de Interesse Social Produzidas por Sistemas Construtivos Convencional e Paredes de Concreto**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

OLIVEIRA, L.S. **Avaliação dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos da NBR 15220-3, para a habitação de interesse social, da zona bioclimática 2**. 2012. 171f. Dissertação apresentada na Universidade Federal de Pelotas. PROGRAU, Pelotas, RS.

ONGARATTO, D. R. L. et al. 2018. **Estratégias Bioclimáticas para a Cidade de Santa Maria**. In: 10º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – SIEPE, 2018, Santana do Livramento. Anais... Santana do Livramento: Unipampa, 2018.

Prefeitura Municipal de Santa Maria. Disponível em: <https://www.santamaria.rs.gov.br/>. Acesso em 19 de abril de 2020.

POUEY, Juliana Al-Alam. **Projeto de Edificação Residencial Unifamiliar para Zona Bioclimática 2 com Avaliação Termo Energética por Simulação Computacional**. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

QAHTAN, A. M. **Thermal performance of a double-skin façade exposed to direct solar radiation in the tropical climate of Malaysia: A case study**. Elsevier, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100419>

QUEIRÓZ, Gabriel Ramos de; GRIGOLETTI, Giane de Campos; SANTOS, Joaquim César Pizzutti dos. **Interoperabilidade entre os programas AutoDesk Revit e EnergyPlus para simulação térmica de edificações**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019005, jan. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652852>. Acesso em 02 dez. 2019. doi:<https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652852>

RUAS, Álvaro Cesar. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. 1. ed. São Paulo: Fundacentro, 1999. v. 1. 94 p. a

SERRA, G. G. **Post-occupancy evaluation at the urban scale in Brazil**. In: PREISER, W. F. (Ed.). *Building evaluation*. Nova York: Plenum Press, 1989. p. 307-315. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-3722-3_23 Acesso em 27 de set. de 2019

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. 225 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006.

TEIXEIRA, Manuel C. **A Construção da Cidade Brasileira**. Lisboa: Livros Horizonte, 2004.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. **Desafios e Potencialidades de Abordagens Integradas no Ciclo de Vida para Projeto de Edificações com Foco no Desempenho Termoenergético e nas Mudanças Climáticas**. In: *Energy and Buildings*, v. 158, p. 1379-1392, 2018.

ANEXO A



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ARQUITETURA, URBANISMO E PAISAGISMO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

QUESTIONÁRIO SOBRE A PERCEPÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE
INTERESSE SOCIAL – SANTA MARIA, RS

Local:	Data:	Hora:
Entrevistado (a):		
Orientação Solar da Entrada:		
1. Registro de dados pessoais		
Sexo: <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Não-Binário	Idade:	
Nº de moradores:	Peso:	Altura:
2. Preferência térmica <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Ameno <input type="checkbox"/> Calor		
I. Qual o ambiente mais utilizado da residência?		
<input type="checkbox"/> Estar/Jantar <input type="checkbox"/> Cozinha <input type="checkbox"/> Dormitório frente <input type="checkbox"/> Dormitório Fundo		
II. Em uma escala de conforto térmico, avalie a Sala de Estar/Jantar durante o verão:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
III. Em uma escala de conforto térmico, avalie a Sala de Estar/Jantar durante o inverno:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
IV. Em uma escala de conforto térmico, avalie a Cozinha durante o verão:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
V. Em uma escala de conforto térmico, avalie a Cozinha durante o inverno:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
VI. Em uma escala de conforto térmico, avalie o Dormitório Frente durante o verão:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
VII. Em uma escala de conforto térmico, avalie o Dormitório Frente durante o inverno:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
VIII. Em uma escala de conforto térmico, avalie o Dormitório Fundo durante o verão:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
IX. Em uma escala de conforto térmico, avalie o Dormitório Fundo durante o inverno:		
<input type="checkbox"/> Muito quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Levemente quente Observações:		
<input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente Frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Muito frio		
X. Em períodos de frio e calor mais intensos, são utilizados aparelhos de aquecimento e resfriamento artificial? Se sim, cite quais são.		
<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim Aparelhos:		