

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

**Caroline Freire dos Santos**

Análise do conforto térmico no interior de residências na  
Comunidade Jardim Colombo – SP

*Versão corrigida*

São Paulo/SP

2022

**Caroline Freire dos Santos**

Análise do conforto térmico na Comunidade Jardim  
Colombo - SP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Geografia sob a orientação do Prof. Dr. Emerson Galvani e coorientação do Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo.

São Paulo/SP

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

Santos, Caroline

S237a      Análise do conforto térmico no interior de residências na Comunidade Jardim Colombo - SP / Caroline Santos; orientador Emerson Galvani - São Paulo, 2022.

148 f.

Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

SANTOS, Caroline Freire dos. **Análise do conforto térmico no interior de residências na Comunidade Jardim Colombo – SP.** Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Geografia Física.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr Emerson Galvani (Presidente/Orientador)

Instituição: FFLCH – Universidade de São Paulo

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Leonardo Monteiro

Instituição: FAU – Universidade de São Paulo (USP)

Assinatura \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Lígia Vizeo Barrozo

Instituição: FFLCH – Universidade de São Paulo

Assinatura \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Instituição: FCT – Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Assinatura \_\_\_\_\_



Dedico esse trabalho aos moradores da  
Comunidade Jardim Colombo.

## **AGRADECIMENTOS**

Seria inviável ter desenvolvido essa pesquisa sozinha. Sou imensamente grata pelas pessoas incríveis que tenho em minha vida que me ajudaram direta e indiretamente a realizar esse trabalho.

Dentre elas, primeiramente agradeço do fundo do meu coração o apoio dos meus pais durante não apenas esses anos de pesquisa, mas na minha vida inteira. Vocês são sensacionais! São a fortaleza para onde eu corri sempre que precisei e onde eu sempre sou acolhida com muito amor. Obrigada por tanto!

Agradeço ao meu irmão pelo apoio durante todos esses anos de pesquisa.

Agradeço a Vovó Maria que sempre incentivou os filhos e netos a estudar tudo o que ela sempre quis e nunca pôde. A senhora é um exemplo e inspiração não só para minha vida acadêmica, mas para todos os aspectos da minha vida.

Meu orientador, Prof. Dr. Emerson Galvani, merecia umas 2 páginas de agradecimentos por toda ajuda, paciência e fofura que sempre teve comigo durante esses anos! Obrigada por topar minhas ideias malucas e acreditar em mim. Obrigada por além de ser meu orientador, ter esse coração gigante que é sua característica marcante! Sou infinitamente grata por ter a oportunidade de trabalhar com você durante os últimos 6 anos!

Agradeço imensamente ao meu co-orientador Prof. Dr. João Paulo por ter sempre me ajudado com a melhor das disposições. Muito obrigada por se dispor em vir em meu auxílio em especial com a parte de modelagem.

Não tem como deixar de agradecer minha grande amiga e companheira de trabalhos de campo, Francilene! Além de permitir que os equipamentos fossem instalados na sua sala durante um ano, foi comigo instalar e retirar os demais equipamentos nas outras casas durante um ano inteiro. Uma amiga leal que subiu e desceu comigo os morros da comunidade Jardim Colombo, e ainda

cozinhou para mim quando eu mais precisava! Não sei nem como agradecer tamanha ajuda!

Agradeço imensamente também a Graça, que muito bondosamente me permitiu instalar os equipamentos em sua sala e “invadi-la” várias vezes para retirá-los ou instala-los novamente.

Agradeço a Edna e a Nicole que ficaram com dó de uma mestranda batendo em sua porta perguntando se podia instalar equipamentos em sua casa. Obrigada por ter aceitado fazer parte da nossa pesquisa!

Agradeço ao Rogério (“Roger”) que tem sido uma pessoa essencial na minha vida acadêmica desde a graduação. O mais maravilhoso técnico de laboratório que sempre vestiu a camisa das minhas pesquisas e me ajudou das maneiras mais práticas possíveis! Como sou grata por sempre poder contar com você, Roger!!

Agradeço de coração ao meu querido amigo Guilherme com quem sempre pude compartilhar as angústias e alegrias da pós graduação.

Agradeço ao queridíssimo Caio, amigo de longa data, com quem compartilhei ótimos momentos durante a graduação, Pós-Graduação e agora a vida em sala de aula.

Agradeço a Denise, que tem sido uma amiga querida e uma ótima companhia durante as monitorias nas aulas da graduação.

Agradeço ao meu amigo Alex pela parceria e ajuda nas disciplinas da Pós-Graduação e também na vida profissional.

Agradeço a Bruna, minha amiga “climatológica”, com quem sempre tive uma linda troca de conhecimentos que variavam de conhecimentos científicos a ocorridos do dia a dia na pós graduação.

Agradeço aos meus maiores presentes da graduação, Letícia, Helen e Jun, por serem amigos tão queridos, apoiadores e sempre estarem presentes na minha vida, mesmo que fisicamente distantes.

Agradeço a Dra. Renata de Vecchi pela prestimosa ajuda com a aplicação dos índices.

Agradeço a Dra. Vera, minha querida psicóloga que me manteve mentalmente saudável e positiva durante a pesquisa.

Enfim, sou imensamente grata ao Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo por me dar a oportunidade de aprender tanto.

Agradeço a CAPES pelo financiamento, sem o qual a realização desta pesquisa não teria sido possível.

## RESUMO

SANTOS, Caroline Freire dos. Análise do conforto térmico na Comunidade Jardim Colombo -SP. 2021. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Partindo do pressuposto de que há uma relação direta entre os elementos construtivos de uma habitação e o conforto térmico, o presente estudo buscou analisa-lo nos principais padrões construtivos presentes na comunidade Jardim Colombo, localizada no município de São Paulo. Ela foi baseada na coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, assim como dados de temperatura radiante média ao longo do ano de 2019. Com esses dados, foram aplicados os índices Temperatura Efetiva, Voto Médio Predito (PMV) e o modelo proposto pela norma ASHRAE 55 para ambientes naturalmente ventilados. Os padrões construtivos escolhidos foram os três mais presentes na Comunidade Jardim Colombo, sendo a Casa 1 construída em alvenaria, a Casa 2 também em alvenaria, porém em uma edificação com condições precárias de ventilação e radiação solar, Casa 3 com telha de fibrocimento e forro de PVC e a Casa 4 funcionando como padrão comparativo por se localizar fora da comunidade, porém no mesmo bairro. A partir dos dados foi realizada a análise sazonal e episódica. A partir delas, concluímos que a Casa 3 foi a que apresentou as maiores temperaturas do ar e a maior amplitude térmica. A Casa 2 foi a residência com a mais elevada umidade relativa do ar. Pelo índice TE, as casas 1 e 4 foram as consideradas termicamente confortáveis pelo período mais longo. Para o índice PMV a Casa 2 foi a que apresentou a maior quantidade de medições classificadas como neutras e, essa mesma casa foi a que se manteve por mais longo período dentro dos limites do conforto térmico pelo modelo da ASHRAE 55.

**Palavras-chave:** neutralidade térmica; elementos climáticos; habitação de favela.

## ABSTRACT

SANTOS, Caroline Freire dos. Analysis of thermal comfort in the Jardim Colombo Community - SP. 2021. 148f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Assuming that there is a direct relationship between the constructive elements of a dwelling and thermal comfort, the present study sought to analyze it in the main constructive patterns present in the Jardim Colombo community, located in the city of São Paulo. It was based on the collection of temperature and relative humidity data, as well as average radiant temperature data throughout the year 2019. With these data, the Effective Temperature, Predicted Mean Vote (PMV) and the model proposed by the ASHRAE 55 standard for naturally ventilated environments were applied. The construction standards chosen were the three most present in the Jardim Colombo Community, with House 1 built in masonry, House 2 also in masonry, but in a building with precarious conditions of ventilation and solar radiation, House 3 with fiber cement tile and ceiling of PVC and Casa 4 functioning as a comparative standard for being located outside the community, but in the same neighborhood. From the data, seasonal and episodic analysis was performed. From them, we concluded that House 3 was the one with the highest air temperatures and the highest thermal amplitude. House 2 was the residence with the highest relative humidity. According to the TE index, houses 1 and 4 were considered thermally comfortable for the longest period. For the PMV index, House 2 was the one with the highest number of measurements classified as neutral, and this same house was the one that remained within the limits of thermal comfort for the longest period by the ASHRAE 55 model.

**Keywords:** thermal neutrality; climatic elements; slum housing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização da comunidade Jardim Colombo no contexto do estado de São Paulo.....	30
Figura 2 - Mapa de localização das favelas no município de São Paulo Fonte: Elaborado pela autora. Fonte: IBGE, 2018.....	34
Figura 3- Comunidade Jardim Colombo. Foto registrada pela autora no dia 19/09/2018. ....	38
Figura 4 - Entrada para a comunidade Jardim Colombo pela Av Giovanni Gronchi. Foto registrada pela autora no dia 29/09/2019.....	39
Figura 5- Datalogger digital modelo HT500. Fonte: foto registrada pela autora em 05/05/2019. ....	53
Figura 6- Termômetro de globo negro utilizado nas residências. Fonte: foto registrada pela autora em 18/01/2019.....	54
Figura 7- Estrutura básica de um termômetro de globo. Fonte: AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997.....	55
Figura 8- Termômetro de globo negro digital da marca Instrutherm. Fonte: foto registrada pela autora no dia 25/11/2021. ....	56
Figura 9- Descrição dos materiais estudados por Coelho et al. (2013).	57
Figura 10- Foto da EMA do Departamento de Geografia da USP. Fonte: foto registrada pela autora no dia 25/11/2021. ....	58
Figura 11- Gráfico do modelo adaptativo da ASHRAE 55 (adaptado pela autora). Fonte: ASHRAE 55, 2013. ....	67
Figura 12- Figura esquemática de disposição dos cômodos na Casa 1.70	
Figura 14- Sala e cozinha da Casa 1.....	71

Figura 13- vista da parte interna da Casa 1 para a mesa e a porta do banheiro ao fundo. ....	71
Figura 15- Amostra do material utilizado para a construção da Casa 1.	72
Figura 16- Corredor de acesso à Casa 1 .....	72
Figura 17- Figura esquemática de disposição dos cômodos na Casa 2.	74
Figura 19- Corredor de acesso às casas dos andares superiores. ....	75
Figura 18- Ambiente de cozinha da casa 2.....	75
Figura 20- Ambiente de sala e cozinha da casa 2. ....	75
Figura 21- Vista da única janela presente na casa 2. ....	76
Figura 23- Vão existente entre a edificação da Casa 2 e a edificação vizinha.....	76
Figura 22- Entrada do edifício em que se localiza a casa 2. ....	76
Figura 24- Figura esquemática do ambiente em que foi instalado o equipamento na Casa 3. ....	79
Figura 25- Cozinha da Casa 3. ....	80
Figura 26- Portão de entrada da casa 3.....	80
Figura 27- Placas de fibrocimento que cobrem a casa 3. ....	81
Figura 28- Local de instalação dos equipamentos na casa 3.....	81
Figura 29- Vista de uma das janelas da casa 3. ....	81
Figura 30- Figura esquemática de disposição dos cômodos no piso térreo da Casa 4. ....	83



Figura 32- Local de instalação dos equipamentos na casa 4.....	84
Figura 31- Vista da rua da casa 4. ....	84
Figura 34- Cozinha da casa 4.....	85
Figura 33- Sala da casa 4.....	85
Figura 35- Gráfico da temperatura mínima do ar de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. Fonte: elaborado pela autora.....	89
Figura 36- Gráfico da temperatura máxima do ar de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. Fonte: elaborado pela autora. ....	89
Figura 37- Gráfico da temperatura média do ar de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. Fonte: elaborado pela autora. ....	89
Figura 40- Gráfico da umidade relativa do ar média durante o período de janeiro a dezembro de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	91
Figura 39- Gráfico da umidade relativa do ar mínima durante o período de janeiro a dezembro de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	91
Figura 38-Gráfico da umidade relativa do ar máxima durante o período de janeiro a dezembro de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	91
Figura 44- Gráfico de porcentagem do total de medições do índice TE na Casa 1. Fonte: elaborado pela autora. ....	93
Figura 41- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 4. Fonte: elaborado pela autora. ....	93
Figura 42- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 3. Fonte: elaborado pela autora. ....	93
Figura 43- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 2. Fonte: elaborado pela autora. ....	93

Figura 46- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 3 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora. .....	95
Figura 47- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 2 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora. .....	95
Figura 45- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 4 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora. .....	95
Figura 48- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 1 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora. .....	95
Figura 50- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 1. Fonte: elaborado pela autora. ....	97
Figura 49- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 2. Fonte: elaborado pela autora. ....	97
Figura 51- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 4. Fonte: elaborado pela autora. ....	97
Figura 52- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 3. Fonte: elaborado pela autora. ....	97
Figura 53- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 1. Fonte: elaborado pela autora. ....	100
Figura 54- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 4. Fonte: elaborado pela autora. ....	100
Figura 55- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 3. Fonte: elaborado pela autora. ....	100

Figura 56- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 2. Fonte: elaborado pela autora. ....	100
Figura 57- Gráfico de temperatura do ar no inverno de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	102
Figura 58- Gráfico de temperatura do ar na primavera de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	102
Figura 59- Gráfico de temperatura do ar no outono de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	102
Figura 60- Gráfico de temperatura do ar no verão de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	102
Figura 61- Gráfico da média do índice TE variando com as estações do ano de 2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	106
Figura 64- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante o inverno. Fonte: elaborado pela autora. ....	108
Figura 63- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante o outono. Fonte: elaborado pela autora. ....	108
Figura 65- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante o verão. Fonte: elaborado pela autora. ....	108
Figura 62- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante a primavera. Fonte: elaborado pela autora. ....	108
Figura 68- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 3- Forro de PVC para o verão. Fonte: elaborado pela autora. ....	110
Figura 69- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2- Subsolo para o verão. Fonte: elaborado pela autora. ....	110

Figura 66- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1-Alvenaria para o verão. Fonte: elaborado pela autora. ....	110
Figura 67- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4-Externa para o verão. Fonte: elaborado pela autora. ....	110
Figura 73- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1-Alvenaria para outono. Fonte: elaborado pela autora. ....	112
Figura 71- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2-Subsolo para outono. Fonte: elaborado pela autora. ....	112
Figura 70- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4-Externa para outono. Fonte: elaborado pela autora. ....	112
Figura 72- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2-Forro de PVC para outono. Fonte: elaborado pela autora. ....	112
Figura 74- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4-Externa para o inverno. Fonte: elaborado pela autora. ....	114
Figura 75- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 3-Forro de PVC para o inverno. Fonte: elaborado pela autora. ....	114
Figura 77- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2-Subsolo para o inverno. Fonte: elaborado pela autora. ....	114
Figura 76- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1-Alvenaria para o inverno. Fonte: elaborado pela autora. ....	114
Figura 78- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4-Externa para a primavera. Fonte: elaborado pela autora. ....	116
Figura 79- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 3-Forro de PVC para a primavera. Fonte: elaborado pela autora. ....	116

Figura 80- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2-Subsolo para a primavera. Fonte: elaborado pela autora.....	116
Figura 81- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1-Alvenaria para a primavera. Fonte: elaborado pela autora.....	116
Figura 82- Gráfico de temperatura do ar média no dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	120
Figura 83- Gráfico de temperatura do ar média no dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	120
Figura 84- Gráfico da umidade relativa do ar média no dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	122
Figura 85- Gráfico da umidade relativa do ar média no dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	122
Figura 86- Gráfico da média do índice TE para o dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	124
Figura 87- Gráfico da média do índice TE para o dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora. ....	124
Figura 88- Gráfico do índice PMV para o dia 08/07/2019. Fonte: Elaborado pela autora.....	126
Figura 89- Gráfico do índice PMV para o dia 03/02/2019. Fonte: Elaborado pela autora.....	126
Figura 90- Gráfico do modelo adaptativo da ASHRAE 55 para o dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora.....	128
Figura 91- Gráfico do modelo adaptativo da ASHRAE 55 para o dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora.....	128

Figura 92- Carta sinóptica do dia 03/02/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021 .....	130
Figura 93- Imagem de satélite GOES de 03/02/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021.....	130
Figura 94- Carta sinóptica do dia 08/07/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021. .....	132
Figura 95- Imagem de satélite GOES de 08/07/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021.....	132

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Faixas interpretativas do índice de Temperatura Efetiva (TE) (MISSENARD,1933 apud GOBO, 2017) .....	60
Tabela 2- Faixas interpretativas do índice de Temperatura Efetiva (TE) (MONTEIRO, 2018) .....	61
Tabela 3- Escala ASHRAE (HUMPHREYS; HANCOCK, 2007). Traduzido e adaptado pela autora.....	62
Tabela 4-Diferenças entre os métodos propostos pela ASHRAE 55.....	65
Tabela 5- Padrões construtivos estudados. ....	86
Tabela 6- Comparação entre a temperatura do ar média, máxima e mínima das casas 1, 2, 3 e 4 no ano de 2019. ....	88
Tabela 7- Comparação entre a UR do ar média, máxima e mínima das casas 1, 2, 3 e 4.....	90
Tabela 8- Comparação entre o índice TE durante o verão nas casas 1, 2, 3 e 4.....	103
Tabela 9- Comparação entre o índice TE durante o outono nas casas 1, 2, 3 e 4.....	104
Tabela 10- Comparação entre o índice TE durante o inverno nas casas 1, 2, 3 e 4.....	104
Tabela 11- Comparação entre o índice TE durante a primavera nas casas 1, 2, 3 e 4.....	105
Tabela 12- Temperatura do ar média, máxima e mínima nas casas em estudo.....	119

Tabela 13- Comparação entre as médias de temperatura do ar, umidade relativa do ar, PMV e TE pelo teste T. Fonte: trabalho de campo.....134



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	24
2.	OBJETIVO.....	29
3.	ÁREA DE ESTUDO .....	29
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO SOCIAL .....	33
3.1.1	As favelas em São Paulo .....	33
3.1.2	A favela Jardim Colombo .....	36
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO .....	40
3.2.1	Relevo e hidrografia .....	40
3.2.2	Clima.....	41
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	42
4.1	CONFORTO TÉRMICO.....	42
4.2	CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES FECHADOS .....	45
4.3	TEMPERATURA DO AR .....	50
4.4	UMIDADE RELATIVA DO AR.....	50
4.5	TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA (TRM) .....	52
5.	MÉTODO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	52
5.1	INSTRUMENTOS DE MEDIDAS.....	53
5.2	TRM .....	58
5.3	DADOS .....	59
5.4	ÍNDICES.....	59
5.4.1	Índice de Temperatura Efetiva (TE).....	59

5.4.2 Índice Voto Médio Predito (PMV) .....	61
5.5 MODELAGEM BIOCLIMÁTICA .....	63
5.6 MODELO ADAPTATIVO DA ASHRAE 55 .....	64
5.7 IMAGENS DE SATÉLITE E CARTAS SINÓPTICAS .....	68
5.8 DESCRIÇÃO DOS PADRÕES CONSTRUTIVOS .....	68
5.8.1 Casa 1- Alvenaria.....	68
5.8.2 Casa 2- Subsolo.....	73
5.8.3 Casa 3- Forro de PVC.....	77
5.8.4 Casa 4- Externa .....	82
6. RESULTADOS .....	86
6.1 ANÁLISE DA TEMPERATURA DO AR .....	86
6.2 ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR.....	90
6.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA (TE) COM AS FAIXAS DE CONFORTO POR MISSENARD.....	92
6.4 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA (TE) COM AS FAIXAS DE CONFORTO POR MONTEIRO (2018) .....	94
6.5 PMV .....	96
6.6 ANÁLISE DO MODELO ADAPTATIVO (ASHRAE 55) .....	98
6.7 ANÁLISE SAZONAL.....	101
6.7.1 Temperatura do ar.....	101
6.7.2. TE .....	103
6.7.3 PMV .....	107
6.7.4 Método adaptativo ASHRAE 55 .....	109
6.7.4.2 Outono.....	111

6.8 ANÁLISE EPISÓDICA .....	117
6.8.1 Temperatura do ar.....	117
6.8.2 Umidade relativa do ar .....	121
6.8.4 Índice TE .....	123
6.8.5 Índice PMV.....	125
6.8.6 Modelo adaptativo ASHRAE 55.....	127
6.8.7 Imagem de Satélite e carta sinóptica.....	129
6.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	133
7. DISCUSSÃO DE POSSÍVEIS AÇÕES PRÁTICAS COM O INTUITO DE MELHORAR O CONFORTO TÉRMICO NAS RESIDÊNCIAS DA COMUNIDADE JARDIM COLOMBO .....	134
8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	136
9. BIBLIOGRAFIA.....	139

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O ambiente urbano é, por definição, complexo e dinâmico (SANT'ANNA NETO, 2011). De acordo com a UN-Habitat (2016) o mundo tem experimentado aumentos marcantes no número de habitantes urbanos, passando de uma média anual de 57 milhões entre 1999 e 2000, para 77 milhões entre 2010 e 2015. Em países subdesenvolvidos, 881 milhões de residentes urbanos moravam em favelas no ano de 2016, ademais, 21% da população urbana na América Latina residia em favelas.

A cidade em si é considerada por Santos (2005) uma criadora de pobreza, principalmente devido a dois fatores: primeiro é porque serve como suporte para o atual modelo econômico e, segundo por sua estrutura física que faz os habitantes das periferias serem ainda mais pobres. A cidade então funcionaria como um polo de pobreza, sendo um lugar com força e capacidade de atrair pessoas, que muitas vezes acabam por morar em condições sub-humanas.

É bastante comum encontrar em cidades grandes, áreas amplas, arborizadas, bem cuidadas e vigiadas ao lado de áreas muitas vezes consideradas “degradadas” em que vivem grande parte da população com menor renda, geralmente habitando espaços conhecidos como favelas (CARLOS, 2007).

Da população urbana brasileira, 22,3% vivem em favelas (UN-Habitat; 2016). Essas favelas são bolsões de pobreza, na maior parte das vezes privados de serviços públicos e associados a posse informal da terra (BRUECKNER; MATION; NADALIN, 2019). Devido a insegurança pelo medo do despejo e devido a própria pobreza em si, explicam a natureza mínima da maior parte das habitações de favela, que muitas vezes consiste em barracos construídos com materiais abandonados (BRUECKNER; MATION; NADALIN, 2019).

Ao mesmo tempo que o sedentarismo fez com que as populações urbanas se fixassem, promovendo as inúmeras atividades civilizatórias decorrentes desse processo, também se tornou uma armadilha no sentido das

relações entre sociedade e natureza, especialmente no tópico de fragilidade dos ambientes urbanos quando impostos a eles eventos naturais extremos. Por se fixarem permanentemente em áreas urbanas, sem a possibilidade de mudar a cidade de lugar, faz com que repensemos a relação entre a sociedade e a natureza em busca de processos e relações adaptativas que permitem a adaptação dos humanos de forma mais estável e menos suscetível aos riscos (SANT'ANNA NETO, 2011).

Apesar de os seres humanos partirem de uma base sensorial comum, as pessoas têm noções de mundo diferentes, e a cultura é um fator determinante para isso. Todavia, essa criação de mundos vai além da cultura, pois envolve aspectos subjetivos e pessoais como a experiência espacial e os valores ambientais (TUAN, 1980).

A produção do espaço urbano segue a lógica da reprodução capitalista, e como consequência gera espaços segregados que estão longe de reproduzir as condições ideais que respeite e se adapte as condições ambientais e naturais. Portanto, é de se esperar que essa contradição resulte em impactos sensíveis aos diferentes grupos sociais, mas que altera de modo desigual a sociedade ali instalada, agravando ainda mais as disparidades sociais. Espaços desiguais potencializam os efeitos do clima, que também se manifestam de maneira desigual (SANT'ANNA NETO, 2011). Essa segregação do espaço acaba por legitimar as condições de exclusão dos melhores espaços de moradia aos grupos desprovidos de capital e recursos sociais (FANTE; DUBREUIL, 2020).

Como consequência da produção capitalista do espaço e a segregação socioespacial, o processo de saúde-doença da população pode ser alterado em virtude da capacidade diferenciada de adaptação humana associadas as relações socioeconômicas, pelo padrão construtivo das moradias, exposição a poluição e aos efeitos do clima e do tempo (ALEIXO; SANT'ANNA NETO, 2017).

A UN-Habitat (2016) revela que geralmente, os habitantes de favela<sup>1</sup> não são reconhecidos pelos governos, enfrentam ampla discriminação, além de ter acesso restrito a terra e segurança. Soma-se a isso, estarem em constante risco de despejo, alta exposição a doenças e vulnerabilidade frente as mudanças climáticas e desastres naturais.

As variações do clima sempre tiveram um impacto direto na dispersão e mobilidade dos assentamentos humanos. Atualmente por não termos capacidade de lidar com grandes catástrofes, devido a limitações econômicas, políticas e mesmo tecnológicas, a sociedade optou por se resignar e aceitar a vulnerabilidade diante de eventos de grade magnitude, como ondas de calor. Assim, as cidades ao mesmo tempo que criam o ideal de “lugar das oportunidades” também se transformam em uma armadilha ambiental (SANT’ANNA NETO, 2011).

Além das condições econômicas presentes no capitalismo, outros fatores também interferem nas diferentes vulnerabilidades dos grupos sociais frente a vulnerabilidade urbana, de acordo com Fante e Dubreuil (2020). Entre esses fatores estão: recursos que para se precaverem e lidarem com os impactos, o padrão construtivo das habitações, materiais utilizados e locais em que habitam questões culturais que podem influenciar em uma maior ou menor adaptação, capacidade política que deveria legislar a favor dos agentes sociais e o comportamento social individualizado (FANTE; DUBREUIL, 2020). Sant’Anna Neto (2011), ainda ressalta que a elevada amplitude térmica diuturna é uma das configurações climáticas que afetam a economia e a qualidade de vida de diferentes grupos sociais.

Aleixo e Sant’Anna (2017) apontam que o clima é um fator a ser considerado na relação entre seres humanos e doenças, mas é necessária a integração das escalas de fenômenos, ou seja, devem ser considerados os

---

<sup>1</sup> Entendemos neste trabalho como favela a “ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia – públicos ou privados – para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas com restrição à ocupação” (IBGE, 2010).

fenômenos locais através da medição de atributos climáticos em campo, ainda que sejam específicos do local, juntamente com a escala regional, que inclui a sazonalidade, os ciclos naturais e os padrões atmosféricos, juntamente com a escala global e a atuação dos sistemas atmosféricos.

De acordo com Frota e Schiffer (2001) o ser humano apresenta melhores condições de vida e saúde quando seu organismo funciona sem ser submetido a estresse, o que inclui o estresse térmico. Tanto em casos de percepção de frio quanto de calor, é necessário um esforço adicional que pode comprometer o rendimento no trabalho e, em alguns casos extremos, ocasionar perda total da capacidade de trabalho ou problemas de saúde. O calor e o frio extremos têm grande impacto sobre a saúde humana, sendo os idosos os mais sensíveis a temperaturas extremas (GOLDEN *et al.*, 2008).

Os estudos de conforto térmico também mostram que o estar confortável ou não variam com as experiências sensoriais e espaciais específicas de cada indivíduo (MALLICK, 1996). Todavia, a relevância de estudarmos a questão ambiental no meio urbano se dá, em grande parte, por esta afetar direta ou indiretamente a qualidade de vida dos habitantes (ZAVATTINI, 2004).

Muitas pessoas perceberam que o organismo sofria com as alterações meteorológicas, como por exemplo, sentiam dores em cicatrizes, fraturas antigas e doenças com sintomas que podem ser afetados pelos tipos de tempo, geralmente doenças respiratórias (RUOSSO, 2012).

A situação pode ser ainda mais complexa quando tratamos de ambientes fechados, como residências. O ambiente interno é geralmente o espaço em que os seres humanos passam mais tempo (NAZAROFF, 2013). Estudos mostram que o aquecimento da cidade pode influenciar o conforto de prédios e residências, sendo que a temperatura interna pode ser até 50% mais elevada do que a temperatura externa. Esse fato ressalta a importância dos estudos de conforto em ambientes fechados (LUNDGREN KOWNACKI *et al.*, 2019).

Em um estudo microclimático realizado na comunidade Paraisópolis, foram observadas elevadas amplitudes térmicas nos ambientes externos da

favela, quando comparados aos internos (SILVA; RIBEIRO, 2005). Esse fato corrobora que, de acordo com Tarifa e Armani (2001), as favelas são Unidades Climáticas extremas e locais onde são impostas a trabalhadores e operários condições que podem acarretar consequências a saúde humana como a asma, bronquite e pneumonia.

De acordo com uma pesquisa realizada no Quênia, crianças que vivem em favelas têm um índice de mortalidade maior por doenças respiratórias do que crianças que vivem em outras partes da cidade. Também encontraram uma correlação entre as doenças respiratórias e a poluição das favelas urbanas (EGONDI; ETTARH; KYOBUTUNGI, 2018).

Em um estudo realizado em um quarto sem ventilação as medições mostraram que a quantidade de CO<sub>2</sub> estava acima do recomendado durante a noite toda. Para casos assim de ambientes fechados, a ventilação tem máxima importância não só para o conforto térmico, mas também para a qualidade do ar (GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK, 2019). Esse excesso de CO<sub>2</sub> em ambientes em que as pessoas passam várias horas durante o dia, como quartos, é relevante, pois afeta não só a qualidade do sono, mas também a qualidade de vida de seus habitantes (BEKÖ et al., 2010).

Aleixo e Sant'Anna (2017) verificaram que existe uma lacuna de conhecimento em estudos que relacionam o clima com a saúde humana e as interações com o conforto térmico. Essa relação deve ser considerada como sendo um resultado da produção social do espaço, uma vez que, devido a vulnerabilidade os agentes sociais que moram nas comunidades tem menor capacidade de resiliência. Alguns dos efeitos do desconforto térmico no sistema termodinâmico podem ser doenças psico-sociais, doenças respiratórias, doenças cardiovasculares, e baixo desempenho físico (SANT'ANNA NETO, 2011). Portanto, a lacuna da presente pesquisa é analisar o ambiente interno das residências e compara-lo entre os padrões construtivos presentes na área de estudo com uma residência fora da comunidade.



## **2. OBJETIVO**

Essa pesquisa teve como objetivo geral analisar o conforto térmico nos padrões construtivos presentes na comunidade Jardim Colombo – SP baseado na coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, assim como dados de temperatura radiante média ao longo do ano de 2019.

Os objetivos específicos consistiram em:

- Averiguar os resultados de conforto térmico a partir do Índice de Temperatura Efetiva (TE) para as faixas de conforto propostas por Missenard e Monteiro, do Índice Voto Médio Preditado (PMV) e do modelo para ambientes ventilados naturalmente proposto pela ASHRAE 55 para cada uma das residências;
- Analisar a existência de variação sazonal de conforto térmico nas habitações e sua relação com os padrões construtivos;
- Compreender o conforto térmico das residências durante eventos episódicos referentes ao verão e ao inverno.

## **3. ÁREA DE ESTUDO**

Essa pesquisa tomou como base uma área específica dentro do município de São Paulo: a comunidade Jardim Colombo (Figura 1). A escolha do local se justifica por ser um local de significativa familiaridade e proximidade com a residência da autora. Para entender os mecanismos sociais e físicos de funcionamento de tal comunidade, é preciso primeiramente analisar do que se trata uma favela.

## Mapa de Localização da Comunidade Jardim Colombo - São Paulo

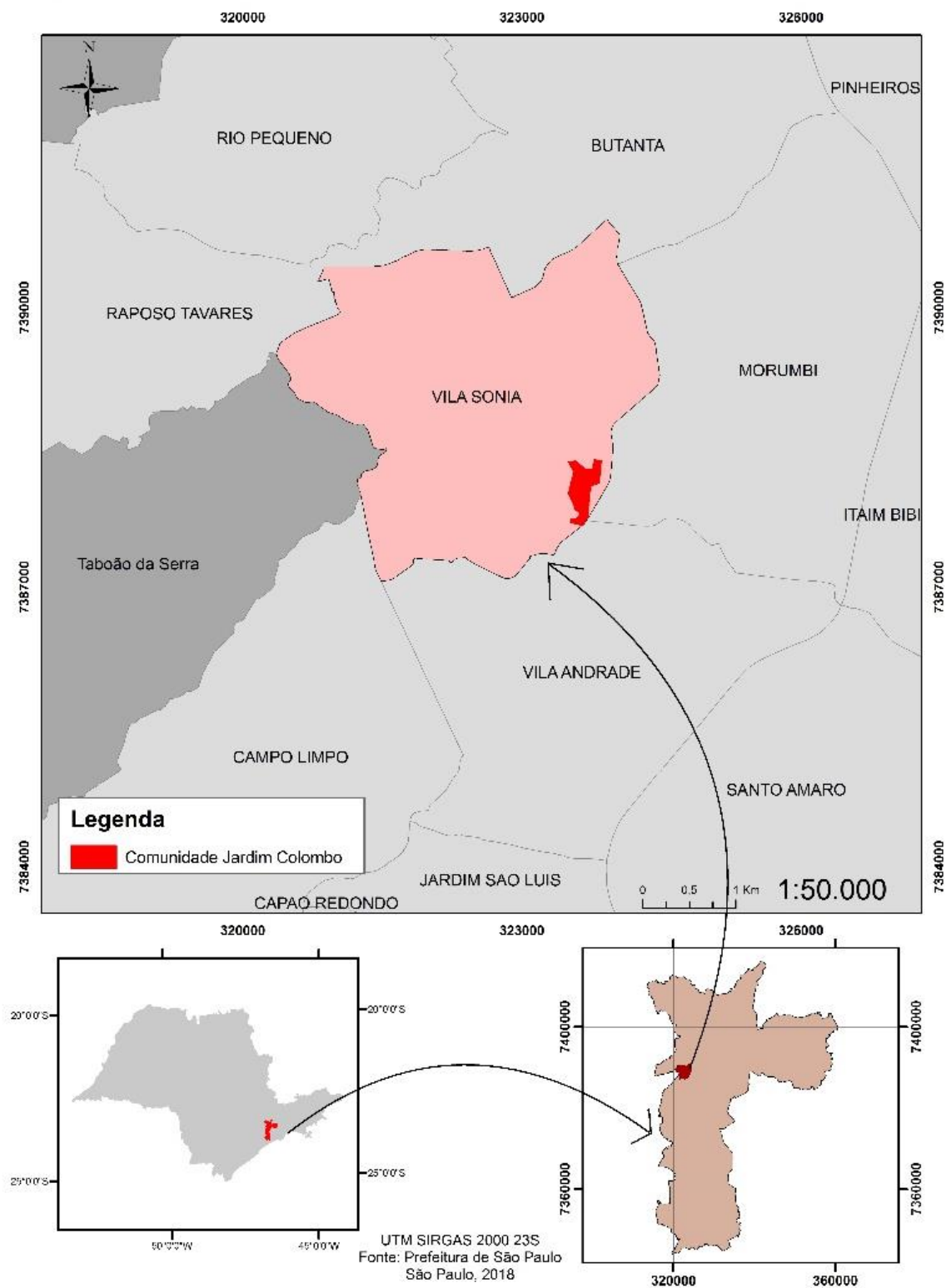


Figura 1- Mapa de localização da comunidade Jardim Colombo no contexto do estado de São Paulo

Durante a segunda metade do século XX, muitos imigrantes afluíram de áreas rurais em direção às cidades em busca de melhores condições de vida. Esses migrantes se assentaram em áreas periféricas ou em áreas que não estavam ocupadas, geralmente em terrenos íngremes e com risco de deslizamento de terra ou terrenos suscetíveis a enchentes (BRUECKNER; MATION; NADALIN, 2019).

O aumento do número de favelas se tornou um problema socioeconômico, gerando níveis extremos de desigualdade e violência. Porém há de se considerar que graças a capacidade de mobilização e negociação política da comunidade, algumas favelas têm recebido a instalação de infraestrutura urbana. O paradoxo dessa situação é de que as favelas em sua maioria continuam além do alcance do governo, não atendendo a legislação de uso da terra e sem a devida regularização fundiária e, como consequência, não pagando os devidos impostos, apesar do fornecimento de alguns serviços urbanos (BRUECKNER; MATION; NADALIN, 2019). Na comunidade Jardim Colombo, por exemplo, na grande maioria das residências há presença de água e energia elétrica. A mesma pesquisa ainda aponta que é mais comum encontrar favelas com piores condições, em locais periféricos, ou seja, distantes do centro da cidade (BRUECKNER; MATION; NADALIN, 2019).

No contexto das favelas brasileiras, morar em uma favela é uma forma de ocupar uma boa localização dentro da cidade, com acesso mais fácil e uma maior chance de mobilidade ascendente, que pode compensar as desvantagens de se morar em uma favela (BRUECKNER; MATION; NADALIN, 2019). É o que ocorre para muitos moradores da comunidade Jardim Colombo, que estão localizados próximos a vias de grande circulação com acesso a meios de transporte como ônibus e a linha amarela do metrô.

Uma pesquisa realizada em favelas brasileiras mostrou que distritos com favela tem uma renda familiar média de 1,6 mil reais mensais, enquanto distritos sem a presença das comunidades tem uma renda familiar média de 3,5 mil, ou seja, mais do que o dobro. Além da renda, o analfabetismo segue a

mesma proporção, sendo o dobro em distritos com favela (BRUECKNER; MATION; NADALIN, 2019).

O IBGE (2010) classifica as “favelas” ou “comunidades” como aglomerados subnormais<sup>2</sup>. Para ser caracterizado como tal, deve haver no mínimo 51 residências que ocupam de forma desordenada e densa uma propriedade alheia, pública ou privada, e que não tem acesso a serviços públicos básicos.

Para Feler e Henderson (2010) setores de habitação informal são caracterizados por construções de baixa qualidade, insegurança de posse e, mais criticamente, por corte nos serviços urbanos básicos, o que torna as condições de vida nesses lugares desagradáveis, cara e trazendo riscos a saúde.

Os autores defendem que a falta de infraestrutura nas favelas muitas vezes pode ter um caráter proposital por parte do estado, pois este muitas vezes tem os recursos necessários para a implementação de serviços urbanos e mesmo assim não o faz. Isso pode ser visto como uma estratégia pois, por perpetuar condições precárias, acabam por inibir a vinda de migrantes propensos a ocupar essas áreas (FELER; HENDERSON, 2011).

Para a Organização das Nações Unidas a favela é uma unidade habitacional de baixa qualidade, acesso inadequado a água potável e ao saneamento básico e alta densidade construída. O estudo realizado pela ONU mostrou que as favelas vão além de casas insalubres, falta de saneamento básico e não existência de direitos humanos, as favelas são uma disfunção da sociedade urbana onde as desigualdades não são apenas toleradas, mas a sua disseminação é permitida (ONU, 2007).

O município de São Paulo (2010) define favela como:

---

<sup>2</sup> Aglomerados subnormais compreendem diversos tipos de assentamentos irregulares existentes no País, como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, ressacas, mocambos, palafitas, entre outros (IBGE, 2010)

“núcleos habitacionais precários formados a partir da ocupação irregular de terrenos públicos ou particulares onde se apresentam associados problemas da posse da terra com elevado grau de carências: de infraestrutura urbana, serviços públicos e renda pessoal dos moradores.” (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2010)

Essa classificação municipal foi criada apenas no ano de 1980 (PASTERNAK; D'OTTAVIANO, 2016). Até então, favelas não eram classificadas nem eram consideradas partes integrantes da cidade de São Paulo. Como consequência dessa posição extralegal, disseminava-se a ideia de que esses assentamentos irregulares eram provisórios e iriam desaparecer, o que era utilizado como justificativa para o não investimento público (ROLNIK, 1997).

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO SOCIAL

#### 3.1.1 As favelas em São Paulo

Metrópoles brasileiras como São Paulo que abrigam seus milhões de habitantes, conforme Santos (1994), são consideradas um polo de pobreza, ou seja, um lugar com força e capacidade de atrair pessoas de baixa renda, ainda que em situações sub-humanas. Mesmo com o investimento de grande quantidade de dinheiro público, as diferentes classes sociais convivem nesse espaço que oferece infraestrutura urbana insuficiente, com mobilidade precária centro-periferia, pouca acessibilidade a moradia, falta de manutenção urbana e falta de saneamento básico e ambiental (BUENO, 2000).

Como consequência, o ambiente construído tem pouca qualidade ambiental e muito desconforto para um local que é o habitat principal do ser humano. Prova disso é que as favelas, ou comunidades, são locais que abrigam 11% da população urbana do município de São Paulo (BUENO, 2000).

A região metropolitana de São Paulo tem a maior concentração de favela do Brasil, sendo que as cidades de São Paulo, Guarulhos, Osasco e Diadema somam 938 favelas, sendo 25% do total do Brasil. Ademais, a mudança que ocorreu nos materiais de construção, juntamente com a falta de espaço vago mesmo no interior das favelas, mudou a paisagem das favelas

horizontais e de madeira típica dos anos 1960 (PASTERNAK; D'OTTAVIANO, 2016).

### Localização das Favelas do Município de São Paulo

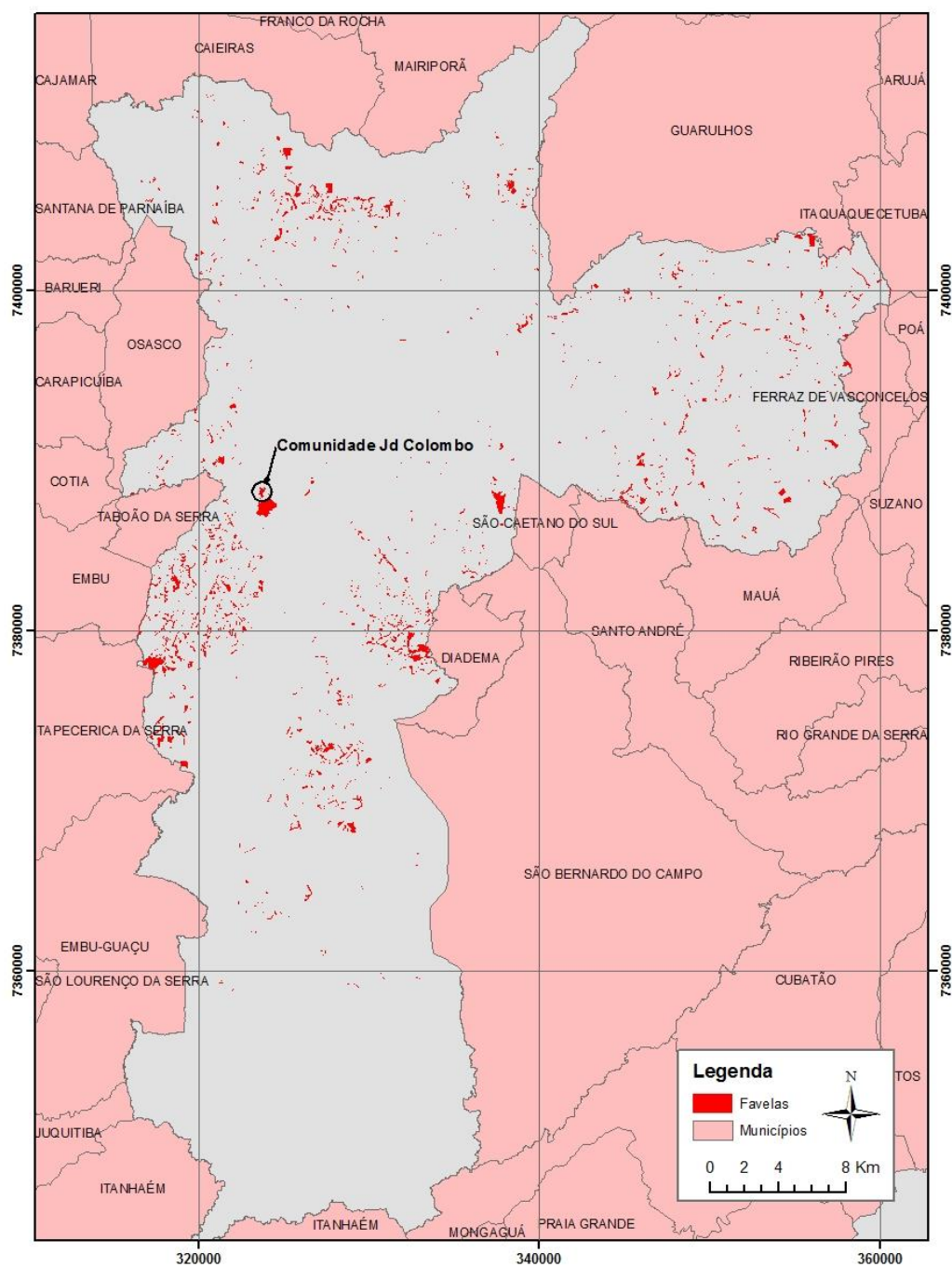


Figura 2 - Mapa de localização das favelas no município de São Paulo Fonte:  
Elaborado pela autora. Fonte: IBGE, 2018.

Entre os anos 1960 e 1970 as favelas eram em sua maioria de madeira e com materiais provisórios e precários, porém, a partir de 1980, com a instalação de luz, água encanada, e algumas vezes saneamento, as residências perderam seu caráter provisório. Então a comunidade passa a ter uma nova relação com o meio em que vive, com maior identidade e consolidação (PIZARRO, 2016). Os anos 1970 coincidem também com uma época de grande aumento de assentamentos ilegais em metrópoles e também cidades médias (BUENO, 2000).

A formação de uma favela sempre se manifesta de maneira coletiva, daí o nome “comunidade” ou “núcleo habitacional”, dado muitas vezes para substituir a palavra favela (BUENO, 2000).

Uma característica marcante do ambiente de favela é a sua capacidade de construção e reconstrução. Uma edificação se verticaliza cada vez que a família aumenta de tamanho, por exemplo. Ou ainda, quando o pavimento inferior é alugado para um mercadinho, salão de beleza, e a laje é utilizada para fazer churrascos e estender a roupa (PIZARRO, 2016).

De acordo com Rolnik (1997) a favela não se enquadra nas previsões da lei e é uma forma de apropriação do território baseada no critério de utilização e não de aquisição registrada, que é a base fundamental da propriedade. Para a autora, permanece até o hoje o sentimento de repulsa por esse desvio de direito, de modo que o dito “favelado” é passado como “marginal”, mesmo que os moradores da favela não sejam criminosos.

Atualmente, não é a escrituração que traz o sentimento de pertencimento aos moradores da favela; é o processo histórico de posse do terreno que faz com que o morador seja o “dono” da propriedade, mesmo sem documento. E, mais atual ainda é processo em que esse “dono” utilize a casa como mercadoria, reproduzindo práticas imobiliárias (NORONHA, 2018).

Com o passar dos anos a favela deixou de ser um lugar exclusivamente de barracos de madeira e deu lugar a casas feitas com alvenaria, com telha de amianto ou fibrocimento, demonstrando assim que as residências não tinham mais um caráter provisório (SILVA; RIBEIRO, 2005). Na Região Metropolitana

de São Paulo, em 85% dos domicílios em aglomerados subnormais não há nenhum espaçamento entre as residências (PASTERNAK; D'OTTAVIANO, 2016).

A morfologia da favela é determinada principalmente pela necessidade de acesso a recursos naturais como radiação solar, ventilação e drenagem (LEJANO; DEL BIANCO, 2018). Na maioria das vezes elas estão localizadas em áreas que foram rejeitadas pelos empreendimentos legais. Isso quer dizer que geralmente elas estão em “terrenos de alta declividade, próximas aos córregos, beira de rodovias e ferrovias, áreas essas que representam as piores condições para a ocupação humana” (SILVA; RIBEIRO, 2005). Porém, a existência de uma favela tem como consequência direta a desvalorização da região ao seu entorno (BUENO, 2000).

Durante a ocupação da área é muito comum que a vegetação que ali se encontrava seja totalmente removida e que a impermeabilidade do solo seja extremamente alta, já que os lotes são totalmente construídos. Esses fatores quando unidos ao ordenamento espontâneo e muito denso, com ruas irregulares e estreitas, colocam em risco a salubridade da área. E ainda acarretam como consequências a falta de ventilação, ausência de insolação e a precariedade das construções, características que estão muitas vezes associadas a doenças (SILVA; RIBEIRO, 2005).

### **3.1.2 A favela Jardim Colombo**

Localizada entre as zonas sul e oeste do município de São Paulo, a comunidade Jardim Colombo começou a se desenvolver no final da década de 1970 devido a diversas obras próximas a avenida Giovanni Gronchi. Durante as obras na avenida, diversos alojamentos foram instalados nas áreas adjacentes para abrigar os funcionários. Porém, após a retirada da construtora, alguns operários e suas famílias passaram a ocupar os alojamentos, dando início a ocupação da área municipal que daria origem a favela Jardim Colombo (LIMA, 2018).

A comunidade Jardim Colombo é classificada pela Lei de Zoneamento do município de São Paulo (16.402/16) como uma das Zonas Especiais de



Interesse Social - 1 (ZEIS 1), ou seja, zona com presença de favelas ou loteamento irregulares, que já estão regularizadas, ou em processo de regularização.

A classificação de áreas da cidade como ZEIS tem como objetivo ampliar o acesso à habitação para famílias com baixa renda e é uma tentativa de regularização urbanística e fundiária de assentamentos precários (SAMORA; GEDDO, 2013).

O Art. 45 da Lei nº 16.050/14 referente ao Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo, define ZEIS 1 como:

“ZEIS 1 são áreas caracterizadas pela presença de favelas, loteamentos irregulares e empreendimentos habitacionais de interesse social, e assentamentos habitacionais populares, habitados predominantemente por população de baixa renda, onde haja interesse público em manter a população moradora e promover a regularização fundiária e urbanística, recuperação ambiental e produção de Habitação de Interesse Social” (São Paulo, 2014, p.39)

A favela Jardim Colombo encontra-se inserida no distrito da Vila Sônia, zona sudoeste do município de São Paulo. Para a autora Gohn (2010), a favela faz parte do que ela chama de “bairro-região do Morumbi”. Ela defende que o avanço dos empreendimentos imobiliários na região fez com que a denominação “Morumbi” se expandisse geograficamente para além de sua área original.

Nos anos 1970, essa região recebeu migrantes que vinham para trabalhar na construção civil dos bairros de Moema, Campo Belo, Brooklin, Vila Mariana, Pinheiros e Jardins e servia como dormitório para os trabalhadores. Na atualidade, essas áreas de população média e baixa renda perderam lugar para as camadas mais nobres. Os habitantes de baixa renda ocuparam as brechas e lá ainda permanecem como enclaves (GOHN, 2010).

Mais especificamente o distrito da Vila Sônia é um bairro tradicional, de colonização japonesa, até mesmo possuindo uma avenida que se chama Imigrante Japonês (GOHN, 2010). Na Vila Sônia, observa-se um grande parcelamento do solo e a predominância de camadas médias. Contudo, a tendência tem sido a da transformação do padrão médio para prédios de alto

padrão, devido ao encarecimento de outras áreas do Morumbi e à chegada do metrô. O que existe atualmente é um padrão misto, em que a mudança entre o alto padrão e o médio, ou até mesmo o popular, é bastante brusca. A principal via de circulação do distrito é a Av. Francisco Morato que está em processo de modificação de seu perfil em vários trechos, com o lançamento de altas torres de apartamentos para moradia, perto das estações do metrô, e abertura de lojas de redes de grandes supermercados (GOHN, 2010).

De acordo com o levantamento feito pelo IBGE e pela Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano (2002), a Vila Sônia apresenta uma porcentagem de 15,6% de domicílios em aglomerados subnormais e 84,4% de domicílios normais. Em comparação, o distrito vizinho – Vila Andrade – possui 64,7% de aglomerados subnormais, destacando que este é o distrito em que se localiza a Paraisópolis, comunidade muito próxima a Jardim Colombo (Figura 3).



Figura 3- Comunidade Jardim Colombo. Na figura é possível observamos a enorme discrepância social em que está inserida a população residente da comunidade. Foto registrada pela autora no dia 19/09/2018.

A área que hoje corresponde à comunidade Jardim Colombo foi ocupada na década de 70, e nos anos 2000 se estendia em uma área de 14 hectares (14.000 km<sup>2</sup>). Os dados do censo de 2010 mostram que o número de

residências em aglomerados subnormais no distrito da Vila Sônia era de 6.508 (IBGE, 2010). Essas áreas são marcadas pela ausência dos instrumentos viabilizados pelo poder público, onde moradias precárias foram traçadas em terrenos irregulares, sem asfalto ou saneamento básico. Em 2016 a Prefeitura de São Paulo contabilizou um total de 3.244 domicílios na favela Jardim Colombo.



Figura 4 - Entrada para a comunidade Jardim Colombo pela Av Giovanni Gronchi. Foto registrada pela autora no dia 29/09/2019.

Os trabalhos de campo realizados na comunidade mostraram que a comunidade Jardim Colombo tem declives e aclives bem acentuados e neles foram construídas habitações com diversos andares, chamadas por muitos de “prédios”. Com aluguéis mais baratos, que variam de R\$300,00 a R\$400,00, essas casas são as consideradas as menos valorizadas da favela.

Também foi possível observar na vivência com os moradores da favela, que habitam na comunidade uma ampla variedade de profissionais: operadores de caixa, cabeleireiras, manicures, professores, faxineiros, enfermeiras,

pedreiros, porteiros, motoristas de peruas escolares, repositores de alimentos, auxiliares de manutenção, entre muitas outras. São pessoas que migraram de estados como, Pernambuco, Ceará, Bahia, Maranhão, entre outros, sendo a grande maioria advinda da região nordeste.

Além das características sociais, também devem ser considerados aspectos da caracterização do meio físico que influenciam nas condições de vida da população residente da Comunidade Jardim Colombo, como o relevo a hidrografia e o clima. Estes serão descritos na próxima sessão.

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

### 3.2.1 Relevo e hidrografia

O município de São Paulo como um todo apresenta um substrato que é composto principalmente por rochas cristalinas com idade do pré cambriano, situados em montes, morrotes e serras. Aparecem também sedimentos terciários, localizados em colinas, e sedimentos mais recentes do período quaternário situados nas planícies aluvionares (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2004).

A comunidade Jardim Colombo está inserida em uma rocha granítica. É importante salientar isso, pois em geral, essas rochas constituem áreas desfavoráveis a ocupação humana por apresentarem declividades elevadas e serem suscetíveis a erosão. Portanto, quando essas áreas são ocupadas, são frequentes as ocorrências de escorregamentos e inundações (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2004). O terreno pertencente à comunidade Jardim Colombo integra a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, juntamente com a maior parte do município de São Paulo e outros 35 municípios na região. Essa bacia corresponde a 5.900km<sup>2</sup> de área drenada pelo Rio Tietê, a partir das nascentes localizadas no município de Salesópolis. Apresenta um regime bastante complexo em decorrência das alterações que sofreu com a construção de barragens, remoção da cobertura vegetal, retificação do canal, entre outros (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2004).

Os cursos d'água de maior relevância que passam pela cidade de São Paulo são os rios: Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Aricanduva e Embu-Guaçu. É

de destaque também que o município abriga quase a totalidade do reservatório Guarapiranga e parte do Billings (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2004).

### 3.2.2 Clima

O clima da região sudeste é marcado pela diversificação climática. As estações do ano geralmente são bem-marcadas, sendo uma região de transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. É ainda uma região cujo regime de chuvas é tipicamente de ritmo tropical, sendo bem irrigada com chuvas. Todavia, sua distribuição é desigual ao longo do espaço e do ano (NIMER, 1989).

Localizada a uma latitude aproximada de 23°36'S e longitude 46°43'W, bem próxima ao Trópico de Capricórnio, a cidade de São Paulo apresenta uma realidade climática de transição entre os Climas Tropicais Úmidos de Altitude, com um período seco bem definido e os climas subtropicais, permanentemente úmidos. Uma das principais características climáticas dessa “transição zonal é a alternância de estações” (TARIFA; ARMANI, 2001, p.35), sendo uma quente e úmida e outra fria e seca, somado a variações bruscas do ritmo e da sucessão dos tipos de tempo.

Ao classificar o clima do município de São Paulo, Tarifa e Armani (2001) delimitam Unidades Climáticas Urbanas em três níveis: o primeiro engloba toda a mancha urbana da metrópole, a segunda estaria associada aos padrões de uso do solo, e o terceiro seria do habitar, viver e trabalhar da população, com predominância de ambientes microclimáticos (TARIFA; ARMANI, 2001).

A classificação feita pelos autores homogeneiza as relações entre os *controles climáticos urbanos*, sendo alguns deles: uso do solo, fluxo de veículos, densidade populacional, densidade das edificações, áreas verdes, represas e emissão de poluentes; e os *atributos climáticos*, que são: temperatura do ar, umidade, radiação solar, pluviosidade, ventilação, entre outros.

A área de estudo desta pesquisa está incluída no local classificado como “Unidade Climática Urbana Central”. Ela é onde se encontra o núcleo da

metrópole e onde ocorrem as maiores transformações de energia e poluição advindas da urbanização. Isso causa uma mudança no balanço de radiação solar e altera a composição dele pela liberação de grandes quantidades de calor antropogênico. Apesar disso, essa unidade central é a que concentra a maior parte dos bairros verdes, parques e universidades (TARIFA; ARMANI, 2001).

Em um zoneamento bioclimático constituído para a região sudeste brasileira, foi constatado que o período de maior probabilidade de ocorrer desconforto térmico vai de novembro a abril. Todavia, podem ser observados níveis de conforto fora dos padrões em decorrência de elevadas temperaturas e umidades relativas (OLIVEIRA *et al*, 2006).

A análise feita através de imagens termais detectou nos limites da zona sul e oeste de São Paulo – região onde se encontra o objeto de estudo desta pesquisa – diversas residências cujos telhados apresentaram temperaturas superiores a 31°C às 10h00min. Acrescenta-se ainda que tanto os efeitos quanto os danos causados a saúde devem ser avaliados de modo diferenciado para cada classe, ou segmento de classe, sendo elas, crianças, idosos e desnutridos (TARIFA; ARMANI, 2001).

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 CONFORTO TÉRMICO**

Na Grécia e na Roma antiga já havia preocupações em como o homem e suas construções podem afetar o clima. Hipócrates foi um dos primeiros a sistematizar seus pensamentos da então possível correlação entre mudanças no clima e as construções humanas. Ele propôs uma relação entre os hábitos das pessoas e as características dos lugares com as condições climáticas do ambiente. Por exemplo, para esse filósofo paisagens férteis produziam indivíduos mais “moles”, enquanto os ambientes menos frutíferos produziram pessoas mais “heroicas”. Para Hipócrates, pessoas que viviam no que chamamos hoje de Irã e Iraque eram mais “moles” do que os gregos porque eles viveriam em um clima mais “suave” (STEHR; STORCH, 2010).

Ainda falando das origens dos primeiros pensadores que se preocuparam com a questão do conforto térmico, chegamos em Sócrates no ano de 400 A.C. Ele já tinha preocupações com sustentabilidade climática das casas e como construí-las com o melhor conforto térmico possível (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

Durante a revolução industrial a preocupação com o conforto térmico também não era uma prática comum, já que não havia ferramentas de controle. Porém, foi apenas em 1905 que se realizou o primeiro estudo de conforto térmico por Haldane. Na Inglaterra as pesquisas eram motivadas pela higiene industrial que queriam melhorar o ambiente e as condições de trabalho dos operários. Foi durante a segunda guerra mundial que as pesquisas acadêmicas aumentaram de número e diversas disciplinas passaram a se envolver com o conforto térmico, dentre elas a engenharia, medicina, geografia, climatologia e arquitetura. O corpo humano é uma fonte constante de calor. Esse calor metabólico pode ser dividido em basal, quando é referente a processos biológicos, que são contínuos e inconscientes, ou em muscular quando se refere ao trabalho, que é uma ação consciente e controlável. Esse calor produzido pelo corpo é transferido para o ambiente, ou ocorre uma mudança na temperatura corporal (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

Uma das possíveis definições de conforto térmico é a situação em que a pessoa não prefere um ambiente mais quente e nem mais frio (SANTAMOURIS; ASIMAKOPOULOS, 1996). Com uma definição similar, a ASHRAE (1981) definiu conforto térmico como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve um indivíduo, sendo assim um conceito bastante subjetivo.

O estado de conforto é dado por diversos fatores, e entre eles há alguns que não podem ser mensurados, como o bem-estar psicológico. Nas características quantificáveis, o conforto é relacionado à temperatura do ar, umidade, velocidade do vento, radiação, entre outros. Somam-se a esses fatores características pessoais como a vestimenta e a atividade física (MALLICK, 1996).

O desconforto térmico pode afetar o desempenho cognitivo do ser humano. Os fatores que podem afetar o sistema termorregulador são vários: tipo da tarefa executada, tempo de exposição, nível de aclimação, entre outros. De acordo com Hancock e Vasmatazidis (2003), duas tendências podem ser identificadas. A primeira é que o estresse térmico depende muito do nível cognitivo da tarefa executada. O segundo é que pode ser estabelecida uma relação entre o estresse térmico e a temperatura corporal profunda.

Em relação a percepção climática, um estudo realizado em Santa Cruz do Sul (RS) mostrou que a maioria das pessoas entrevistadas sente que a cada ano que passa a cidade fica mais abafada, mais quente, e com climas extremos: invernos mais rigorosos e verões mais quentes. As pessoas advindas do meio rural também notaram que o meio urbano é mais quente que seu ambiente de origem (RUOSSO, 2012).

Sette e Ribeiro (2011) apontam que o clima pode ser um dos fatores desencadeadores que agravam problemas a saúde através de seus atributos, como a temperatura do ar, umidade, precipitação, ventos, pressão atmosférica etc. todavia, ressaltam também que não podemos colocar o clima como o principal nem o único fator responsável pelo desenvolvimento das enfermidades. Deve-se analisar todo um conjunto de fatores que compõem a realidade e que, junto as características físicas, biológicas, econômicas, sociais, entre outras, o clima também pode se tornar um fator de risco a saúde. Dependendo dos hábitos e estilo de vida da população, o clima também pode ser um agravante para algumas enfermidades. Ou seja, o clima é apenas um fator dentro de múltiplos que são responsáveis pela ocorrência das doenças (ALEIXO; SANT'ANNA, 2017). Assim, o conforto térmico surge como um elemento chave para a intervenção do espaço urbano.

Eventos conhecidos como ondas de calor podem afetar diretamente o conforto térmico da população, além de poderem trazer riscos à saúde. Existem muitas definições de onda de calor, porém a Organização Meteorológica Mundial (OMM) a define como um período de pelo menos seis dias consecutivos em que a temperatura do ar é 5°C mais elevada do que a média do período em análise. Outra definição é utilizada pelo Painel



Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em que deverá considerar cinco dias ou mais consecutivos com temperatura do ar mais elevada do que a média (DE OLIVEIRA, DE ASSIS, FERREIRA, 2018).

Durante o final do mês de janeiro e começo de fevereiro de 2019, o município de São Paulo passou por um período de 5 dias consecutivos com temperaturas máximas superiores a 34°C. Usando a definição meteorológica do termo onda de calor, podemos dizer que durante esses dias São Paulo estava sob o efeito desse fenômeno. Para a definição utilizada pelo IPCC, esse período também pode ser considerado uma onda de calor, pois a média de janeiro de 2019 foi de 24,6°C. Todavia, pela metodologia da OMM, que leva em consideração seis dias ou mais, esse período não poderia ser classificado como onda de calor. Esses eventos climáticos extremos quando somados às construções precárias, com pouca ventilação e isolamento térmico, resultam em vulnerabilidade climática (ROSEGHINI; TREVIZANI, 2021).

#### 4.2 CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES FECHADOS

As técnicas atuais de ventilação e difusão do ar geralmente não foram pensadas de maneira que levem em consideração o conforto térmico e economia de energia em ambientes fechados (IOANAUDREA et al., 2016). As construções devem ser pensadas de modo a prover um bom ambiente interno, apto para os afazeres de seus habitantes, para que estes possam utilizar sua total capacidade. Os espaços fechados devem satisfazer ainda os seus ocupantes condições ótimas de conforto térmico, conforto visual, acústico e uma boa qualidade do ar. O objetivo da construção seria assim atingido com um “ambiente saudável” (SANTAMOURIS; ASIMAKOPOULOS, 1996).

Há uma relação direta entre os elementos construtivos de uma habitação e o conforto térmico, sendo que quando a construção é adequada, propicia conforto térmico a seus habitantes. Todavia, também é preciso analisar as condições climáticas que podem causar estresse térmico (CELUPPI; MEIRELLES; CYMROT, 2017). Por exemplo, em um estudo realizado em um sistema de refúgio em minas de carvão concluiu-se que para manter o conforto térmico mínimo, deveria diminuir a temperatura em 2°C a cada aumento de 10% da umidade relativa (LI et al., 2019).

Em áreas de alta vulnerabilidade, como a comunidade Jardim Colombo, predominam áreas construídas com materiais de baixo custo como o fibrocimento que tendem a aumentar o desconforto térmico devido as diversas adaptações que o organismo deve realizar por causa da grande amplitude térmica sofrida ao longo do dia (ALEIXO; SANT'ANNA NETO, 2017). Aqueles que vivem em habitações carentes de uma estrutura adequada estão mais expostos aos extremos térmicos por períodos mais longos do que outras casas com maior isolamento térmico (ROSEGHINI; TREVIZANI, 2021).

Em uma pesquisa realizada em habitações de favela no município de São Paulo apurou que habitações construídas com madeira e com cobertura de fibrocimento foram as que apresentaram menor inércia térmica quando comparadas com as demais residências em estudo (UTIMURA, 2011). Também mostrou que a habitação com maior isolamento térmico e inércia foi em uma casa de alvenaria com cobertura de laje, similar a Casa 4- Externa dessa pesquisa.

Durante o verão, todas as quatro residências analisadas por Utimura (2011) apresentaram desconforto para o calor e umidade durante a maior parte das horas do dia. Durante o inverno, houve o desconforto frio e úmido, porém predominaram as medições de conforto, especialmente nas horas mais quentes do dia.

Os extremos térmicos que comumente aparecem em ambiente de favela, de acordo com o estudo de Utimura (2011), não ocorreram fora dela. A autora, portanto, conseguiu enxergar dois ritmos distintos influenciando o conforto térmico em habitações de favela: um contrastante nas habitações mais precárias de favela e outro marcado pelas melhores condições das habitações fora comunidade, com menores amplitudes.

Em um estudo de conforto térmico em habitações realizado na cidade de Presidente Prudente averiguou que coberturas de fibrocimento podem aumentar em até 10°C a temperatura entre o ar e o material. Essa cobertura, quando somada a falta de vegetação e grande porcentagem de área construída por lote resultaram em elevadas temperaturas no interior das residências, gerando estresse térmico para os moradores (IKEFUTI; AMORIM, 2018).

Pode-se dizer que uma população especialmente vulnerável ao desconforto térmico são os idosos (SATO; GONÇALVES; MONETEIRO, 2014). Em uma pesquisa realizada em unidades residenciais para idosos mostrou que o conforto térmico avaliado a partir do índice adaptativo proposto pela ASHRAE 55 o verão apresentou mais desconforto térmico do que o inverno (SATO; GONÇALVES; MONETEIRO, 2014). Todavia, com a aplicação dos questionários foi demonstrado que a população idosa estava em discordância com os resultados do índice. Esse fato ocorre devido a defasagem no tempo de resposta do sistema termorregulatório dos idosos (SATO; GONÇALVES; MONETEIRO, 2014).

Um elemento essencial para a análise do conforto térmico em ambientes construídos é a cobertura. Ela tende a apresentar um ganho de calor em função de suas características físicas e da utilização dos materiais. Os materiais mais utilizados para cobertura na comunidade Jardim Colombo é o fibrocimento. Ferreira e Prado (2003) compararam o fibrocimento com a cerâmica vermelha e branca e mostraram que o fibrocimento envelhecido apresenta um albedo de 0,3 e uma temperatura superficial que chegou a 47,1°C. Na pesquisa realizada, a diferença entre a temperatura do ar e a do material chegou a 10,3°C.

Uma pesquisa com diferentes tipos de cobertura concluiu que as telhas feitas de barro são as que oferecem o melhor conforto térmico, seguida pelas telhas de alumínio e as térmicas (SEVEGNANI; GHELFI FILHO; SILVA, 1994). As telhas de cimento amianto simples não tiveram um bom desempenho térmico, corroborando o encontrado por Ferreira e Prado (2003).

Outro material amplamente utilizado em residências no bairro da Vila Sônia é a cerâmica vermelha e a branca. Estudos apontaram que esses materiais conseguiram atingir temperaturas superficiais inferiores a temperatura do ar, tendo albedo e refletância altos e sendo considerados “materiais frios” (FERREIRA; PRADO, 2003). Os autores ressaltam também que esse tipo de material começa a se auto pagar a partir do momento de instalação, pois reduzem a necessidade de sistemas de resfriamento.

No interior de São Paulo, os dias de primavera e verão costumam ter dias com temperaturas diurnas que variam de 30 a 35°C, que quando acrescidas ao calor armazenado e produzido pelas coberturas de fibrocimento, pode facilmente superar os 45°C. Esse tipo de situação expõe a população, especialmente os idosos, a situações de insalubridade que muitas vezes se manifestam através de enfermidades no sistema circulatório. Podemos concluir assim que o clima se manifesta como um importante fator de qualidade de vida e justiça social (SANT'ANNA, 2011).

Para a arquitetura, o conforto térmico de uma habitação depende de diversos fatores, entre eles estão: orientação, insolação do edifício, condições de implantação, ventilação, materiais opacos e transparentes e as trocas de calor que ocorrem entre eles, entre outros. É a conjuntura de desses e outros fatores que condicionam o desempenho térmico da habitação (MARQUES; REGOLÃO; CHAVTAL, 2017).

Para o ambiente de trabalho, Haghghat e Donnini (1999) perceberam que havia uma correlação entre o conforto térmico e a satisfação dos trabalhadores, sendo que a maioria tinha preferência por ambientes em que eles tivessem a percepção de movimento do ar.

Existem normas brasileiras que tratam do desempenho térmico de edificações habitacionais, que ajudam a entender o desempenho térmico desejado independentemente do padrão construtivo. Uma delas é a norma NBR 15575 que tem como objetivo atender as necessidades dos usuários nos quesitos relativos à segurança, a habitabilidade, que inclui o conforto térmico, e a sustentabilidade. Também existe a RTQ-R - Regulamento técnico da qualidade, feita para averiguar o nível de eficiência energética de edificações residenciais, sendo essas uni ou multi familiares (CHVATAL, 2014).

Um estudo de temperatura de superfície concluiu que favelas maiores estão mais expostas a elevadas temperaturas do que as favelas de menor porte. As localidades mais quentes em área urbana vistas por sensoriamento remoto coincidem com a presença de favelas, confirmando que estas estão expostas a calor excessivo quando comparados aos arredores (WANG et al., 2019).

A ventilação também é um aspecto importante a ser considerado no conforto térmico de residências. O papel principal da ventilação é de garantir uma boa qualidade do ar através da remoção ou diluição de poluentes. Quando se trata de ambientes fechados e residenciais os poluentes podem ser de origem dos próprios moradores, de atividades como cozinhar e limpar a casa, de materiais de construção e de equipamentos e móveis. A qualidade do ar fora dos padrões pode levar a problemas de mofo, afetando a saúde dos habitantes (NIELS BERGSØE *et al.*, 2011).

Um estudo realizado em casas dinamarquesas revelou que os quartos são geralmente os locais de pior qualidade do ar dentro de uma casa e com os maiores índices de umidade relativa. Os resultados mostraram medidas de melhor qualidade do ar e menos umidade pelas casa que seguem os padrões impostos pela legislação (NIELS BERGSØE *et al.*, 2011).

É possível também obter uma correlação entre crianças desnutridas e tipos de construções precárias. Um estudo constatou que as condições precárias de moradia podem estar associadas ao déficit nutricional de crianças. (DE JESUS *et al.*, 2014).

Todos esses fatores ajudam a compreender a importância de se considerar a climatologia e o conforto térmico no planejamento urbano. Eliasson (1999) concluiu que alguns dos obstáculos a aplicação da climatologia no planejamento urbano incluem a falta de comunicação entre os climatólogos e os diferentes agentes do planejamento, além de conflito de interesses, limitações econômicas, falta de conhecimento, reduzida prioridade atribuída aos aspectos climáticos entre outros. Todavia, a climatologia é um elemento fundamental no planejamento de edifícios individuais e o espaço arredor.

A geografia do clima deve buscar, de acordo com Aleixo e Sant'Anna (2017), analisar o tempo, o clima e o espaço como elementos integrados para assim, colaborarem com o planejamento, construção e edificação de uma cidade saudável que promove a saúde e o bem-estar.

### 4.3 TEMPERATURA DO AR

A expressão temperatura do ar utilizada nessa pesquisa está relacionada a temperatura dominante em um ponto da atmosfera próximo a superfície em que está localizado o sensor, sempre sendo medidos em graus Celsius. Ela é a medida do calor sensível armazenado no ar (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A temperatura do ar tem uma variação temporal que depende da trajetória anual e diária do Sol, já que é ele que define a quantidade de energia disponível na atmosfera para seu aquecimento. O período da manhã é caracterizado por estar em aquecimento, que começa com o nascer do Sol. Mesmo que o Sol esteja mais elevado no horizonte 12h00min é por volta das 14h00min que ocorre a temperatura máxima (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A situação se inverte na transição da tarde para a noite. A perda de energia resulta em um rebaixamento da temperatura do ar, sendo que a mínima ocorre momentos antes do nascer do Sol. Esse padrão pode ser alterado pela nebulosidade, pelo vento ou pela chegada de uma frente fria (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; VAREJÃO-SILVA, 2002).

A temperatura do ar também se altera seguindo um padrão anual ou sazonal. Existe uma correlação direta entre a energia recebida do Sol e a temperatura do ar. Por exemplo, as temperaturas mais reduzidas ocorrem um ou dois meses após o mínimo de energia solar ter acontecido (VAREJÃO-SILVA, 2002). As latitudes mais baixas, em que a variação da altura solar é reduzida, geralmente tem como característica fracas amplitudes térmicas anuais (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

### 4.4 UMIDADE RELATIVA DO AR

O conhecimento da quantidade de vapor no ar é importante para diversos fins. Por exemplo, a umidade ambiente é um dos fatores que condicionam o desenvolvimento de agentes patógenos que afetam plantas cultivadas, sendo que a própria transpiração vegetal depende da quantidade de vapor adjacente (VAREJÃO-SILVA, 2002).

É também um dos fatores que, de acordo com Varejão-Silva (2002) é muito utilizado para definir o conforto térmico de humanos e animais. Além de ser um fator de constante controle na boa manutenção na armazenagem de diversos produtos (VAREJÃO-SILVA, 2002).

A umidade relativa (UR) é um dos termos mais utilizados para representar a presença de vapor no ar. Ela representa uma proporção relativa do vapor presente no ar e o seu ponto de saturação. Ou seja, ela expressa a quantidade de vapor de água que está presente no ar em relação a quantidade máxima possível que poderia haver sob dada temperatura (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A UR é inversamente proporcional ao ponto de saturação de vapor e inversamente proporcional também à temperatura do ar, já que esta controla o teor de umidade máxima em um determinado volume (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

As mudanças que ocorrem no espaço urbano provocam que diferentes elementos climáticos que interferem no conforto térmico, como a UR, podem agravar os efeitos de ondas de calor (ARAÚJO, 2012). A UR é um elemento sempre presente na avaliação do conforto térmico humano. Em climas quentes, a UR elevada causa um aumento na temperatura superficial da pele além de diminuir a taxa de evaporação da pele, dificultando o resfriamento do corpo (JING et al., 2013). Ademais, experimentos de percepção mostraram que os indivíduos analisados se sentiram mais desconfortáveis com UR elevada (JING et al., 2013).

A influência da UR no conforto térmico, está intimamente relacionada a temperatura do ar do ambiente. Portanto um ar seco (UR de 0%) para ser totalmente saturado (UR de 100%), pode ser compensado com ajustes na temperatura (UTIMURA, 2010). Utimura (2010) encontrou elevada UR em todas as habitações que estudou, sendo que as mais elevadas, estiveram relacionadas a atuação da Massa Tropical Atlântica (MTA). O ambiente de favela também se mostrou mais propenso a manter e/ou produzir umidade em seu interior (SILVA; RIBEIRO, 2005).

#### 4.5 TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA (TRM)

A temperatura radiante média (TRM) é uma das principais medidas para a análise do conforto térmico. Esta é definida como “a temperatura uniforme de um invólucro imaginário no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no invólucro não uniforme real” (ISO, 1998). Ela é uma das variáveis mais importantes para a análise de conforto térmico, em especial para dias ensolarados (GOBO, 2017). A TRM tem relação com a temperatura de globo, com a velocidade do ar na altura do globo e com a temperatura do ar (RUAS, 1999).

O cálculo dessa variável é feito de forma que o globo, estando em equilíbrio térmico com o ambiente ao seu redor, tem o calor trocado por radiação com as superfícies circundantes igual ao trocado por convecção entre o globo e o ar. Portanto, ao se conhecer a temperatura superficial do globo, é possível determinar a TRM (RUAS, 1999).

### 5. MÉTODO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

“Não há ciência sem método científico” (LAKATOS; MARCONI, 2003, p.83). O método é entendido como um conjunto de atividades sistematizadas e racionais que permitem ao pesquisador alcançar seu objetivo. Ele ajuda o cientista a traçar o caminho a ser seguido, detectar erros e tomar decisões (LAKATOS; MARCONI, 2003).

O método indutivo, de acordo com Lakatos e Marconi (2003), permite que ao realizar uma pesquisa em uma determinada localização, seja possível criar premissas que se baseiam em informações do caso observado. Dessa informação, tomamos conclusões sobre casos não observados, assim, eles passam a ser induzidos. Isso parte do princípio de que sob as mesmas circunstâncias, as mesmas causas produzem os mesmos efeitos.

Para obter os dados base desta pesquisa, foi preciso a instalação de oito instrumentos em quatro residências diferentes. Serão descritos a seguir os procedimentos realizados, os instrumentos utilizados, os índices escolhidos e os padrões construtivos em análise.



## 5.1 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

Em cada uma das residências, foram instalados instrumentos de medição da temperatura, umidade relativa do ar e temperatura de globo negro. As medições ocorreram durante treze meses, para que assim possa ser demonstrada a tendência sazonal dos elementos climáticos e do conforto térmico.

O sensor utilizado para a medição da temperatura do ar e a umidade relativa foi o Datalogger Digital modelo HT 500. Esse sensor tem uma resolução e exatidão de 0,1% a 3% em medidas de umidade relativa e 0,1°C a 1,0°C para a temperatura do ar. O aparelho apresenta uma interface USB para o *download* dos dados no computador. A taxa de amostragem das medidas foi de 30 minutos.



Figura 5- Datalogger digital modelo HT500. Fonte: foto registrada pela autora em 05/05/2019.

Os equipamentos foram calibrados após finalizadas as medições. Foram obtidos 97 dados de calibração para cada datalogger. Estes demonstraram que a maior amplitude entre o datalogger de referência e os demais foi de 0,6°C, estando dentro do erro instrumental de até 1°C. Portanto, não houve a necessidade de ajustes de calibração nos dados coletados.

A temperatura de globo negro foi medida através de um termômetro de globo negro produzido artesanalmente e com baixo custo. Para a confecção do globo negro foi utilizada uma bóia de caixa d'água feita de latão que foi perfurada circularmente para ser inserido um Datalogger HT-500. Cuidados foram tomados para que o sensor ficasse próximo ao centro do globo. O sensor foi fixado no globo com massa para calafetar para garantir o isolamento dentro do globo. Eles foram pintados com tinta preta fosca, de acordo com o padrão. Os sensores foram fixados com uma linha de nylon na sala das residências analisadas, como pode ser observado na figura 6.



Figura 6- Termômetro de globo negro utilizado nas residências. Fonte: foto registrada pela autora em 18/01/2019.

O termômetro de globo negro é um bom equipamento para ser utilizado na medição do efeito combinado da temperatura do ar, radiação de onda longa e movimento do ar no estresse térmico humano. Além disso, ele é o instrumento mais utilizado para determinar a temperatura média radiante (APARICIO; SALMERÓN; RUIZ; SÁNCHEZ; BROTAS, 2016). Quando posicionado no ambiente a ser estudado, depois do equilíbrio ser atingido, o globo responderá com a radiação total das superfícies circundantes (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997). O tradicional, recomendado pela ISO, é feito

de cobre com aproximadamente 0,15 m de diâmetro e 0,0005 m de espessura, pintada externamente com duas camadas de tinta preta fosca para maximizar a absorção de radiação solar (COELHO *et al.*, 2013). Sua estrutura básica pode ser observada na figura 7.

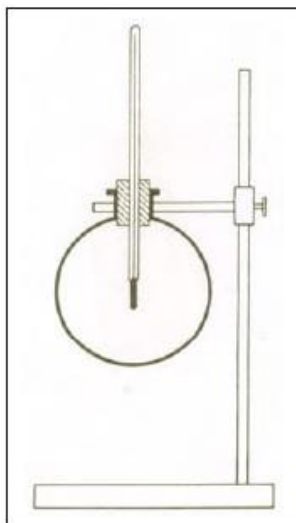


Figura 7- Estrutura básica de um termômetro de globo. Fonte: AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997.

Atualmente um termômetro de globo negro convencional, como o da figura 8, tem um custo elevado. Por isso, alguns estudos têm proposto alternativas viáveis e com menor custo. Aparicio, Salmerón, Ruiz, Sánchez e Brotas (2016) sugeriu o uso de um Arduino e um hardware com microcontroladores para a medição da temperatura de globo negro.



Figura 8- Termômetro de globo negro digital da marca Instrutherm. Fonte: foto registrada pela autora no dia 25/11/2021.

Em outro estudo, realizado por Coelho *et al* (2013), foram utilizados os seguintes materiais alternativos para a confecção do termômetro de globo: garrafa PET, caixa de leite, lata de refrigerante, bola de ping-pong, bola de natal, lata de leite em pó e luminária. Estes podem ser observados na figura 9. A partir da análise dos resultados concluiu-se que todos os materiais alternativos poderiam ser utilizados em substituição ao globo de cobre, no entanto é recomendável fazer uma correção de acordo com o material utilizado. Ademais, os globos confeccionados com garrafa de PET e de luminária foram os que apresentam valores de temperatura de globo negro mais próximo à temperatura do globo negro de cobre.



Tratamento	Descrição	Material	Dimensões (Altura x diâmetro (mm))
Testemunha	Globo de Cobre	Cobre	150 x 150
T1	Globo de Garrafa de PET	Politereftalato de etileno	170 x 103
T2	Globo de Caixa de Leite	Papelão aluminizado e plastificado	175 x 93 x 62
T3	Globo de Lata de refrigerante	Alumínio	124 x 65
T4	Globo de Bolinha de Ping-pong	Polimetil-metacrilato	40 x 40
T5	Globo de Bolinha de natal	Material não divulgado pelo fabricante	75 x 75
T6	Globo de Lata de leite em pó	Aço	120 x 110
T7	Globo de Luminaria	Polipropileno	150 x 150

Figura 9- Descrição dos materiais estudados por Coelho et al. (2013).

Tanto o datalogger quanto o termômetro de globo negro foram pendurados no teto com uma linha de *nylon*, no caso das casas 1 e 3, pendurado no batente do corredor com *nylon* na casa 2 e fixado em uma estante na casa 4. Não foi possível alcançar uma homogeneidade na localização dos instrumentos, por nossa área de estudo se tratar de residências particulares. Foram tomados os devidos cuidados para instalar os equipamentos de forma que os moradores não batessem neles e, ao mesmo tempo, não estivessem próximos demais da cobertura ou de alguma parede, fatores que poderiam interferir nos resultados das medições. A norma recomenda que globo fique no centro do ambiente, porém, por se tratar de residências de pessoas, nem sempre foi possível seguir essa recomendação.

Também foram utilizados dados provenientes da estação meteorológica automática (EMA) do Departamento de Geografia para ser realizada uma comparação entre os dados do interior das residências e do ambiente externo. A EMA é equipada com 9 sensores, sendo que os utilizados foram os de temperatura e umidade relativa do ar do modelo HMP 45C da Campbell. A EMA está localizada na área externa do prédio do Departamento de Geografia em área gramada, nas coordenadas 23°33'48"S 46°43'20"W, como é possível observar na figura 10.



Figura 10- Foto da EMA do Departamento de Geografia da USP. Fonte: foto registrada pela autora no dia 25/11/2021.

## 5.2 TRM

O termômetro de globo negro é o instrumento mais utilizado para a medição da TRM. Como ressaltado anteriormente, é considerada uma forma eficiente de se medir de forma combinada o efeito da temperatura do ar, a radiação de onda longa e o movimento do ar no estresse térmico humano (APARICIO; SALMERÓN; RUIZ; SÁNCHEZ; BROTAS, 2016).

A definição de temperatura radiante média de acordo com Matzarakis *et al.* (2010) é a temperatura uniforme de uma superfície esférica hipotética ao



redor de um ser humano que resultaria na mesma troca líquida de energia de radiação com o sujeito que o ambiente radiativo.

A TRM pode ser calculada com a temperatura de globo, temperatura do ar e velocidade do vento. Foi utilizada a seguinte equação disponível no trabalho de Aparicio, Salmerón, Ruiz, Sánchez e Brotas (2016) para o cálculo dessa variável:

#### Equação 1

$$TRM = [(Ta + 273)^4 + 0,25 * 10^8 / 0,95 * (|Tg - Ta| / D)^{1/4} (Tg - Ta)]^{1/4} - 273$$

Em que Ta é a temperatura do ar em °C, Tg é a temperatura do globo negro em °C e D é o diâmetro do globo em metros.

### 5.3 ANÁLISE DE DADOS PRIMÁRIOS

A partir dos instrumentos instalados foram obtidos 205.200 dados compreendendo temperatura do ar, umidade relativa e temperatura de globo negro das quatro residências em estudo. Todos esses dados foram computados e analisados através do programa Excel e a partir dele foram formulados gráficos e tabelas explanativas.

### 5.4 ÍNDICES

Para ser realizada a análise dos dados foram escolhidos os seguintes índices: Índice de Temperatura Efetiva, o Índice Voto Médio Predito o modelo adaptativo proposto pela norma ASHRAE 55 para ambientes naturalmente ventilados.

#### 5.4.1 Índice de Temperatura Efetiva (TE)

Esse índice empírico foi desenvolvido por Houghten e Yagloglou para a pesquisa da ASHVE Pittsburgh em 1923. Ele foi primeiramente apresentado como um conjunto de isolinhas de conforto em um quadro psicrométrico, ou uma escala de sensação térmica (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997). Esse índice é baseado no método indutivo-dedutivo (MONTEIRO, 2018).

A definição do índice de Temperatura Efetiva envolve a temperatura de bulbo seco em um invólucro uniforme a 50% de umidade relativa, e que produziria a mesma troca líquida de calor por radiação, convecção e evaporação para o ambiente. Assim, ele combina o efeito da temperatura do ar e da umidade (NAZARIAN et al., 2017).

Ele foi mundialmente utilizado, todavia estudos mais recentes mostram que ele superestima o efeito da umidade, especialmente em temperaturas mais reduzidas (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997).

Nos anos 1920, a Inglaterra enfrentava desafios relacionados à higiene industrial. Assim, o desenvolvimento desse índice teve como motivação um contexto de condições de trabalho precárias com necessidades de melhorias. Atualmente esse índice é utilizado por arquitetos e urbanistas em diversos projetos de planejamento urbano (GOBO, 2017).

O índice de Temperatura Efetiva, leva em conta as variáveis, temperatura do ar (T) em graus Celsius e umidade relativa (UR) relacionados na equação abaixo:

## Equação 2

$$TE = T - 0,4[(1 - UR/100)](T - 10)$$

O resultado obtido pela equação deve ser classificado em uma das faixas de conforto térmico de acordo com a tabela 1.

Tabela 1-Faixas interpretativas do índice de Temperatura Efetiva (TE)  
(MISSENARD,1933 apud GOBO, 2017)

TE (°C)	Classificação
< 1	Muito Frio
1 – 9	Frio
9 – 17	Frio moderado
17 – 21	Fresco
21 – 23	Confortável
23 – 27	Quente
> 27	Muito quente



Também foram utilizadas as faixas de conforto calibradas para o estado de São Paulo por Monteiro (2018) que podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2- Faixas interpretativas do índice de Temperatura Efetiva (TE) (MONTEIRO, 2018)

ET*	classificação	calibração	sensação	calibração*	sensação
> 27	muito quente	> 34,0	muito calor	> 33,0	muito calor
23 ~ 27	quente	28,0 ~ 34,0	calor	28,0 ~ 33,0	calor
21 ~ 23	confortável	26,0 ~ 28,0	pouco calor	25,0 ~ 28,0	pouco calor
17 ~ 21	fresco	21,0 ~ 26,0	neutra	23,0 ~ 25,0	neutra
9 ~ 17	frio moderado	17,0 ~ 21,0	pouco frio	17,0 ~ 23,0	pouco frio
1 ~ 9	frio	8,0 ~ 17,0	frio	11,0 ~ 17,0	frio
< 1	muito frio	< 8,0	muito frio	< 11,0	muito frio

#### 5.4.2 Índice Voto Médio Preditado (PMV)

É um índice baseado na equação de balanço térmico do corpo humano formulada por Fanger nos anos 1970. Muitas vezes chamada de “equação do conforto”, o que foi calculado por Fanger é, na verdade uma equação de balanço de calor, pois é organizada para dar um zero componente de armazenamento, que está relacionada ao conforto térmico através do índice PMV (AULICIEMS; SZOKOLAY, 1997). Essa equação envolve a geração interna de calor e as trocas de calor com o meio circundante (SILVA, 2009).

O PMV está relacionado ao Índice de Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas, ou *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD). É um modelo que foi calculado com uma amostra reduzida de pessoas em uma câmara climática controlada. No experimento, os parâmetros umidade relativa, vento, vestimenta e atividade física permaneceram constantes enquanto que a temperatura variou de 18,9°C a 32,2°C. Esse índice verifica o número de pessoas insatisfeitas em um ambiente térmico (KUCHEN et al., 2011).

Portanto, o valor do índice PMV é um valor estimado de uma média de voto de um painel com avaliadores para um determinado ambiente térmico. Fanger estabeleceu um modelo de correlação entre a percepção humana subjetiva, expresso pelo voto de conforto (em uma escala que varia de -3 em casos de muito frio, a 3 em casos de muito calor) e a diferença entre o calor gerado e liberado pelo corpo humano (SILVA, 2009).

A zona de conforto se localiza entre -0,5 e 0,5 na escala ASHRAE, e esta significa que a porcentagem previsível de pessoas insatisfeitas nessa faixa é inferior a 10%. Mesmo em zona considerada como de neutralidade térmica (PMV=0) a porcentagem de insatisfeitos é da ordem de 5% (SILVA, 2009).

A simplicidade da escala ASHRAE, que pode ser observada na tabela 3, não deve nos levar a supor que sua interpretação seja óbvia e seus resultados invariáveis. Estudos mostraram que a sensação demonstrada pela escala é um resultado não só da temperatura exterior, mas também da interior. Por exemplo, a maior parte das pessoas preferiram um ambiente interno mais quente que o “neutro” quando o ambiente externo é frio. Também apontaram que a preferência seria de um ambiente interno mais fresco quando a temperatura externa é elevada (HUMPHREYS; HANCOCK, 2007).

Tabela 3- Escala ASHRAE (HUMPHREYS; HANCOCK, 2007). Traduzido e adaptado pela autora.

<b>Descrição</b>	<b>Código</b>
Muito Quente	3
Quente	2
Ligeiramente Quente	1
Neutro	0
Ligeiramente Frio	-1
Frio	-2
Muito Frio	-3

Os estudos de Humphreys e Hancock (2007) mostraram que o estado de “neutralidade” nem sempre é o mesmo que estar confortável. O sentimento de conforto varia sistematicamente de pessoa para pessoa, com suas diferentes características no quesito conforto térmico. Nessa pesquisa os autores afirmaram que a sensação térmica desejada pelos entrevistados variou de acordo com a sensação que ela estava sentindo no momento. Então, se a pessoa estivesse sentindo frio, ele preferiria não um ambiente “levemente quente” e não “neutro”.

A neutralidade térmica é muitas vezes confundida com o conforto térmico, porém diversos autores diferenciam os dois termos (SOUSA; LEDER, 2019). A

norma da ASHRAE 55 (2010) a define como equivalente a uma condição em que o indivíduo não sinta frio e nem calor. Para Lamberts (2011) ela representa

“O estado físico no qual todo o calor gerado pelo organismo através do metabolismo seja trocado em igual proporção com o ambiente ao seu redor, não havendo nem acúmulo de calor e nem perda excessiva do mesmo, mantendo a temperatura corporal constante” (LAMBERTS, 2011, p. 5).

Portanto, para o autor, a neutralidade térmica é uma condição necessária, mas não suficiente para que o indivíduo esteja em conforto térmico. Por exemplo, uma pessoa exposta a radiação térmica pode estar neutra termicamente, porém, não estar em conforto térmico (LAMBERTS, 2011).

### 5.5 MODELAGEM BIOCLIMÁTICA

Para o cálculo do PMV foi utilizado o *software* Rayman. O objetivo desse modelo é calcular a densidade do fluxo de radiação, duração da luz solar, espaços de sombra e índices termofisiológicos que necessita de poucos inputs meteorológicos para o cálculo. Apesar de sua simplicidade, o Rayman provê uma boa simulação de resultados, utilizado em diversos estudos de climatologia aplicada (MATZARAKIS *et al.*, 2010).

Ao utilizarmos índices térmicos calculados pelo modelo Rayman, a percepção térmica dos usuários do local podem ser transformadas em valores numéricos. Esses resultados obtidos podem ser usados para configurar escalas para os índices de conforto. Eles são caracterizados por valores limiares variáveis que representam as diferentes adaptações e climatizações das pessoas e seu comportamento de atividade física e vestimenta (MATZARAKIS *et al.*, 2007).

No *software* há entradas de peso, altura, vestimenta, atividade metabólica, entre outros. Para a presente pesquisa foi realizada a média aritmética simples entre os pesos dos moradores que resultou em 68,3kg, dado que foi usado como entrada no *software*. O mesmo procedimento foi realizado com a altura, sendo o que o resultado obtido e utilizado foi de 1,63m. A vestimenta média utilizada pelos moradores equivale a 0,60 clo, que equivale a uma vestimenta de calça e blusa de manga curta (LAMBERTS; CANDIDO; DEAR; VECCHI,

2013), e a atividade metabólica foi de 80W que equivale a média de uma pessoa padrão para a área de estudo em repouso e atividade leve.

## 5.6 MODELO ADAPTATIVO DA ASHRAE 55

O conforto térmico depende também das condições de adaptação dos indivíduos, porque varia de acordo com o clima vivenciado que não é o mesmo para climas temperados e tropicais (ALEIXO; SANT'ANNA NETO, 2017).

O território nacional é em sua maioria classificado como quente e úmido e, nessas regiões a ventilação natural, juntamente com a proteção solar, são as estratégias bioclimáticas mais eficientes para promover o conforto térmico (CÂNDIDO; LAMBERTS; DEAR; BITTENCOURT; VECCHI, 2011).

A grande dimensão brasileira faz com que as condições climáticas sejam variadas e, portanto não é surpreendente que existam diferenças relativas ao conforto térmico. Por exemplo, a análise feita por Lima et al., (2019) mostrou que na região nordeste, o intervalo de conforto térmico pode variar de 26 a 31°C.

Portanto, se baseando em uma extensa revisão bibliográfica, Laberts et al. (2013) conclui que a ASHRAE 55 é a melhor inspiração para um padrão de conforto térmico mundialmente aceito. A partir dessa prerrogativa também foi utilizada a metodologia proposta pela ASHRAE 55 na presente pesquisa.

A ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) é uma associação global que tem como objetivo desenvolver o mercado de ar condicionado e refrigeração, além de ajudar a promover um mundo mais sustentável (ASHRAE, 2021).

Essa sociedade foi a responsável pela elaboração da norma ASHRAE 55 que explana sobre o modelo adaptativo, que teve sua primeira versão publicada em 1966 e vem desde então, sendo atualizada continuamente (LAMBERTS; CANDIDO; DEAR; VECCHI, 2013). O modelo da norma foi baseado em extensos trabalhos de campo (VECCHI *et al.*, 2014), e por ser atualizada constantemente e apresentar novos estudos e resultados na área de conforto térmico, é internacionalmente utilizada e aceita (VECCHI *et al.*, 2014).

A norma da ASHRAE 55 especifica o conforto térmico aceitável para adultos saudáveis em ambientes internos por mais de 15 minutos, para uma pressão atmosférica com altitude de até 3.000m (LAMBERTS; CANDIDO; DEAR; VECCHI, 2013). No modelo proposto para ambiente ventilados naturalmente, as temperaturas do ar interno aceitáveis são correlacionadas com a temperatura do ar média externa.

Todavia, Vecchi et al. (2014) mostrou que é possível que porcentagens significativas de conforto térmico possam ser encontradas fora dos limites de conforto desse índice no contexto brasileiro.

Diferentemente dos modelos baseados na equação de balanço de calor, que analisam a fisiologia térmica detalhadamente, assumindo condições de um ambiente estacionário e controlado, o método adaptativo investiga a relação dinâmica entre os ocupantes e seus ambientes baseados no princípio de que as pessoas tendem a reagir as mudanças que produzem desconforto, buscando modos de restaurar seu conforto. O modelo adaptativo prove maior flexibilidade ao combinar temperaturas internas ideais com o clima externo (DE DEAR; BRAGER, 1998). Os padrões adaptativos são, portanto, considerados mais adequados para apoiar o conforto em edifícios de baixa energia particularmente em edifícios com ventilação natural (DE DEAR; BRAGER, 1998). Na tabela 4 vemos as duas metodologias apresentadas na norma.

Tabela 4-Diferenças entre os métodos propostos pela ASHRAE 55.

<i>Métodos propostos pela ASHRAE 55</i>		
<b>Métodos</b>	<b>Características</b>	<b>Utilização</b>
Análítico (PMV)	Predizer a sensação térmica média de um grupo de pessoas e a respectiva porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente.	Qualquer tipo de ambiente (vetilado artificialmente ou não)
Adaptativo	Relaciona a temperatura de conforto interna em relação a temperatura do ar externo. Pressupõe que os indivíduos tendem a reagir as mudanças que produzem desconforto, buscando modos de restaurar seu conforto.	Edificações ventiladas naturalmente

A ASHRAE 55 foi baseada na ASHRAE RP-884, que analisou um conjunto de dados com variabilidade climática global e com mais de 20.000 entradas das variáveis de microclima interno e a sensação e preferência do ocupante (VECCHI *et al.*, 2014). Essa norma é amplamente adotada para avaliar o

conforto térmico em ambientes fechados com ventilação natural e é referência internacional quando se trata de conforto térmico. Um exemplo é o estudo realizado em quatro prédios de escritórios em Florianópolis-SC. A pesquisa concluiu que os usuários se adaptaram seguindo a teoria do conforto térmico adaptativo, ajustando a vestimenta e fazendo o uso da ventilação natural no caso dos edifícios de ventilação híbrida (RUPP; GHISI, 2019).

Para o cálculo do modelo adaptativo é necessário obter a *temperatura do ar externa média predominante (TPMout)* e a *temperatura operativa*. Ambos os fatores serão detalhados abaixo de acordo com o que diz a norma ASHRAE 55.

*TPMout*: esse fator é referente a média aritmética simples da temperatura do ar média diária dos últimos sete dias. Como os demais dados da pesquisa estão em escala de 30 minutos, a mesma TPMout foi aplicada a todas as medições daquele mesmo dia. Como a norma explicita, os dados de temperatura do ar externa foram obtidos na EMA mais próxima possível da área de estudo, no caso a EMA que se localiza nos arredores do prédio do Departamento de Geografia na Universidade de São Paulo a 7Km de distância da comunidade Jardim Colombo. Foi calculada a média ponderada dos últimos 7 dias de medição de temperatura do ar conforme consta em Lambert *et al.* (2013). Essa é uma aproximação bastante fiel a EN15251. A equação utilizada pode ser observada abaixo:

### Equação 3

$$T_{mpa(ext)} = 0,34T_{od-1} + 0,23T_{od-2} + 0,16T_{od-3} + 0,11T_{od-4} + 0,08T_{od-5} + 0,05T_{od-6} + 0,03T_{od-7}$$

Onde  $T_{mpa(ext)}$  é a temperatura média predominante do ar externo;  $T_{od-1}$  é a temperatura média do dia anterior ao dia em questão;  $T_{od-2}$  é a temperatura média do dia anterior ao dia anterior, e assim por diante.

*Temperatura operativa*: deve ser calculada através da média aritmética simples entre a TRM e a temperatura do ar na residência para cada uma das medições.

A partir dessas duas variáveis é possível plotar pontos no gráfico normativo e analisar o conforto de acordo com a Figura 11.

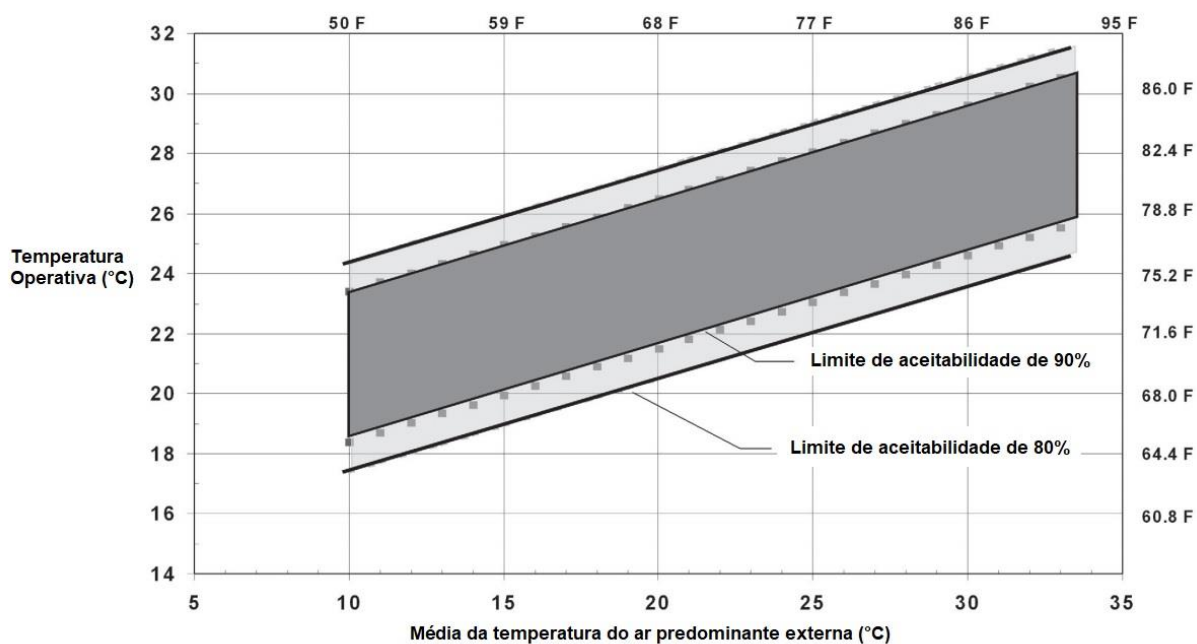


Figura 11- Gráfico do modelo adaptativo da ASHRAE 55 (adaptado pela autora). Fonte: ASHRAE 55, 2013.

Como é possível observar no gráfico da Figura 11, se a temperatura operativa for superior a 25°C, o modelo adaptativo permite um aumento de 1,2°C contanto que a velocidade do ar seja de 0,6m/s. Esse limite superior também pode ser acrescido em 1,8°C para uma velocidade do ar de 0,9m/s, ou ainda 2,2°C para uma velocidade do ar de 1,2m/s (LAMBERTS; CANDIDO; DEAR; VECCHI, 2013).

Na aplicação dessa metodologia, foram retirados dados de temperatura operativa e TPMout considerados discrepantes na Casa 4- Externa. Esses dados são equivalentes ao período de 10 de novembro de 2019, até o final das medições, no dia 31 de dezembro de 2019. É possível que possa ter ocorrido problema nas baterias do sensor de temperatura do ar com globo durante esse período, devido ao longo uso dos sensores ininterruptamente por um ano.

Para a aplicação de todas as metodologias para a análise sazonal, consideramos como verão o período entre 21/12 e 20/03, como outono as

datas de 20/03 até 21/06, como inverno 21/06 até 22/09 e como primavera, 22/09 até 21/12.

### 5.7 IMAGENS DE SATÉLITE E CARTAS SINÓPTICAS

Para a análise episódica, foram selecionadas duas imagens do satélite GOES - 16 e duas cartas sinópticas, todas sendo disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As datas escolhidas foram 02/03/2019 (verão) e 08/07/2019 (inverno), pois foram dias extremos de calor e de frio dentro do banco de dados.

A imagem de satélite escolhida foi a do canal 11 com  $8,5\mu$  no horário do meio dia. A carta sinóptica também é derivada das imagens do satélite GOES-16 e são disponibilizados diariamente.

### 5.8 DESCRIÇÃO DOS PADRÕES CONSTRUTIVOS

Para analisar a influência do microclima no condicionamento do ambiente das habitações representativas da comunidade Jardim Colombo, foram feitos trabalhos de campo para visitar as residências. Nesses campos verificamos que não há muita variação no padrão construtivo das habitações dentro da comunidade, sendo que elas apresentam um padrão construtivo semelhante, porém com especificidades. Partiu-se da premissa que a tecnologia e os materiais construtivos irão influenciar diretamente no conforto térmico do ambiente.

As casas em estudo receberam como nomenclatura: Casa 1- Alvenaria, Casa 2- Subsolo, Casa 3- Forro de PVC e Casa 4- Externa para facilitar a leitura e compreensão. Cada uma das casas foi detalhada a seguir:

#### 5.8.1 Casa 1- Alvenaria

Essa residência é ocupada por 3 moradores e se localiza na metade de uma das vertentes que compõem a comunidade. O número de pessoas em casa durante a manhã e tarde é de geralmente duas pessoas. A moradia é composta por uma sala integrada a cozinha com aproximadamente  $14m^2$ , dois quartos, um com  $8,5m^2$  e outro com  $7m^2$  e um banheiro. A área total da



residência é de aproximadamente 30m<sup>2</sup>. A casa apresenta 3 janelas e durante os trabalhos de campo a sensação térmica foi de frescor e boa ventilação.

Por estar em uma área elevada, as janelas e paredes recebem bastante radiação solar e ventilação. Há uma casa construída no andar de baixo, e duas casas acima da residência estudada. Por isso, a cobertura da Casa 1- Alvenaria é em alvenaria e equivale ao “chão” da casa acima dela. O corredor de acesso ao conjunto de residências mede 85cm e apenas uma pequena parcela dele recebe radiação solar.

O material utilizado na construção foi alvenaria, sendo que na parte interna há revestimento e na parte externa não. Essa é uma característica bastante presente nas residências da comunidade Jardim Colombo. Na figura 12 é possível observar o criqui da Casa 1- Alvenaria e nas figuras 13, 14, 15 e 16 fotos dos ambientes internos e externos da residência.



Figura 12- Figura esquemática de disposição dos cômodos na Casa 1.



Figura 13- vista da parte interna da Casa 1 para a mesa e a porta do banheiro ao fundo.



Figura 14- Sala e cozinha da Casa 1.





Figura 15 - Corredor de acesso à Casa 1.



Figura 16 - Amostra do material utilizado para a construção da Casa 1.

### 5.8.2 Casa 2- Subsolo

São duas pessoas que moram nessa residência. A casa fica ocupada pelas moradoras entre as 23h00min a as 11h00min do dia seguinte. Esta consiste em uma cozinha de aproximadamente 15m<sup>2</sup>, um quarto de 9m<sup>2</sup> e um banheiro de 2,5m<sup>2</sup>. Mãe e filha convivem nesse ambiente junto com outros moradores divididos em 5 residências no último andar do que pode ser considerado um “edifício”.

Essa construção bastante precária possui 5 andares, sendo que dois se encontram acima do nível da rua, e 3 abaixo. Isso é possível devido a declividade do terreno. A uma distância de poucos centímetros do edifício existem outras residências e prédios, fazendo com que a ventilação e iluminação, especialmente nos andares mais baixos, seja muito deficiente (figura 22). A construção foi feita com alvenaria com revestimento interno e sem revestimento externo. A cobertura também é em alvenaria em modelo similar ao da Casa 1- Alvenaria.

A residência apresenta sinais claros de excesso de umidade, especialmente nas paredes da cozinha próximas as torneiras (figuras 18 e 19). A sensação térmica do ambiente é de abafamento, com odores característicos de lugares marcados pela umidade. A radiação solar não atinge a residência em hora alguma do dia, em nenhuma das estações do ano. Mesmo tendo uma janela localizada no quarto, pela extrema proximidade com a edificação do lado, a Casa 2- Subsolo não recebe ventilação. Como apresentado na revisão bibliográfica, casos assim podem levar a problemas de mofo, como pode ser observado na figura19, afetando a saúde dos habitantes (NIELS BERGSØE *et al.*, 2011).

A construção em que a Casa 2- Subsolo se localiza já foi fechada pelo Corpo de Bombeiros pela justificativa de não possuir uma escadaria de emergência. Os moradores contam que após alguns meses foi instalada uma escada de emergência na outra extremidade do prédio que dá acesso a edificação vizinha (figura 20). Posteriormente o prédio foi reaberto. Na figura 17 é possível observar o croqui da residência.



Figura 17- Figura esquemática de disposição dos cômodos na Casa 2.





Figura 18 – Ambiente de sala e cozinha da casa 2.



Figura 19 - Ambiente de cozinha da casa 2.

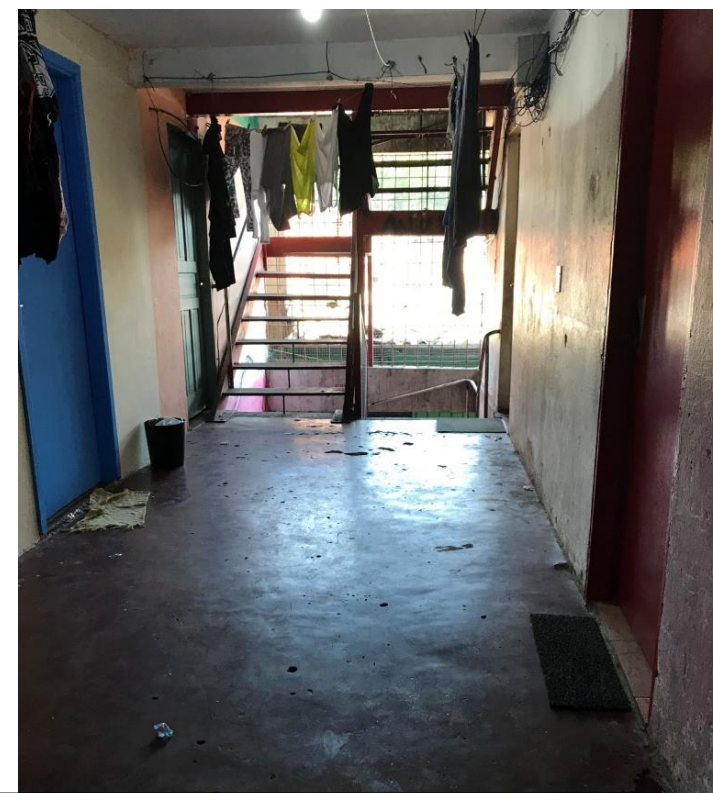


Figura 20 - Corredor de acesso às casas dos andares superiores.



Figura 21- Vão existente entre a edificação da Casa 2 e a edificação vizinha.



Figura 22- Vista da única janela presente na casa 2.



Figura 23 - Entrada do edifício em que se localiza a casa 2.



### 5.8.3 Casa 3- Forro de PVC

Na parte mais baixa e plana da comunidade se localiza a Casa 3- Forro de PVC. Nela residem 3 moradores. Durante a semana há diversos períodos em que a casa fica fechada pois seus habitantes estão no trabalho ou escola. Todavia, na hora do almoço ela é sempre movimentada e apresenta mais ventilação.

É uma residência espaçosa, com 11 cômodos, sendo que 5 deles são quartos, 2 são banheiros, 1 é sala, 1 é cozinha, um é quarto que funciona como dispensa e outro que serve como salão de beleza. Por motivos de privacidade, foi medido apenas o ambiente integrado de sala e cozinha em que foram instalados os equipamentos.

A residência é feita em alvenaria e, assim como as outras casas, apresenta revestimento apenas intenamente. A cobertura, no entanto, é diferente das outras. A cobertura externa foi feita com placas de fibrocimento e forrado na parte interna com PVC (policloreto de vinila), como é possível observar nas figuras 26 e 28. As placas onduladas de fibrocimento que foram utilizadas na cobertura são considerados elementos construtivos de baixo custo e possuem papel de destaque principalmente na autoconstrução. Geralmente sua escolha é feita baseada no baixo custo (COELHO; GOMES; DORNELLES, 2017).

O fibrocimento é um composto que usa como ligante o cimento Portland. Com o decorrer do tempo, as placas podem sofrer deterioração devido à exposição a agentes ambientais, como a chuva e radiação solar. Essa degradação do material, muitas vezes altera sua cor, e assim modificam sua absorvância solar<sup>3</sup>. Coelho, Gomes e Dornelles (2017) verificaram que placas de fibrocimento antigas e desgastadas interferem diretamente no conforto térmico da construção por absorverem grande parte da radiação recebida. Esse efeito pode ser observado na figura 27.

---

<sup>3</sup> Absortância solar corresponde ao quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

O PVC é formado majoritariamente pelo cloro, derivado da eletrólise sofrida pelo sal marinho e minoritariamente pelo eteno, que é derivado do petróleo. Ele apresenta grande aplicação na construção civil e é um polímero com característica antichama (INSTITUTO DO PVC, 2019).

O ambiente em que os instrumentos foram instalados é bem ventilado e apresenta quatro janelas em uma área de aproximadamente 40m<sup>2</sup> (figura 29). Todavia, de acordo com o relato dos moradores, é uma sala “tão insuportavelmente quente que nem ventilador dá conta”.



Figura 24- Figura esquemática do ambiente em que foi instalado o equipamento na Casa 3.



Figura 25 - Portão de entrada da casa 3.



Figura 26- Cozinha da Casa 3.



Figura 27 - Placas de fibrocimento que cobrem a casa 3.



Figura 28 - Local de instalação dos equipamentos na casa 3.



Figura 29 – Vista de uma das janelas da casa 3.



#### 5.8.4 Casa 4- Externa

A quarta residência a ser considerada, diferentemente das demais, não está localizada na comunidade Jardim Colombo. Ela é a residência de controle que se localiza a uma distância de 1,5 km (aproximadamente 5 minutos de carro) da comunidade e são pertencentes ao mesmo distrito.

No quesito padrão construtivo a habitação segue o padrão de alvenaria, com revestimento interno e externo e apresenta dois andares (figura 31). A cobertura foi feita com telhas de cerâmica vermelha. Ademais, a casa é habitada durante a maior parte do tempo por duas pessoas. A rotina dos moradores da casa permite com que haja alguém em casa na maior parte do tempo, portanto, ela permanece durante quase todo o dia com as janelas e portas internas abertas permitindo a circulação de ar.

O instrumento foi instalado na sala que tem 35 m<sup>2</sup>. Além da sala de estar, há uma cozinha, sala de jantar, dois quartos e um banheiro no primeiro andar (figuras 32, 33 e 34). No nível mais elevado, há uma sala de televisão, um quarto, um banheiro e um *closet*. A figura 30 representa um croqui do primeiro andar da residência.



Figura 30- Figura esquemática de disposição dos cômodos no piso térreo da Casa 4.



Figura 31 - Vista da rua da casa 4.

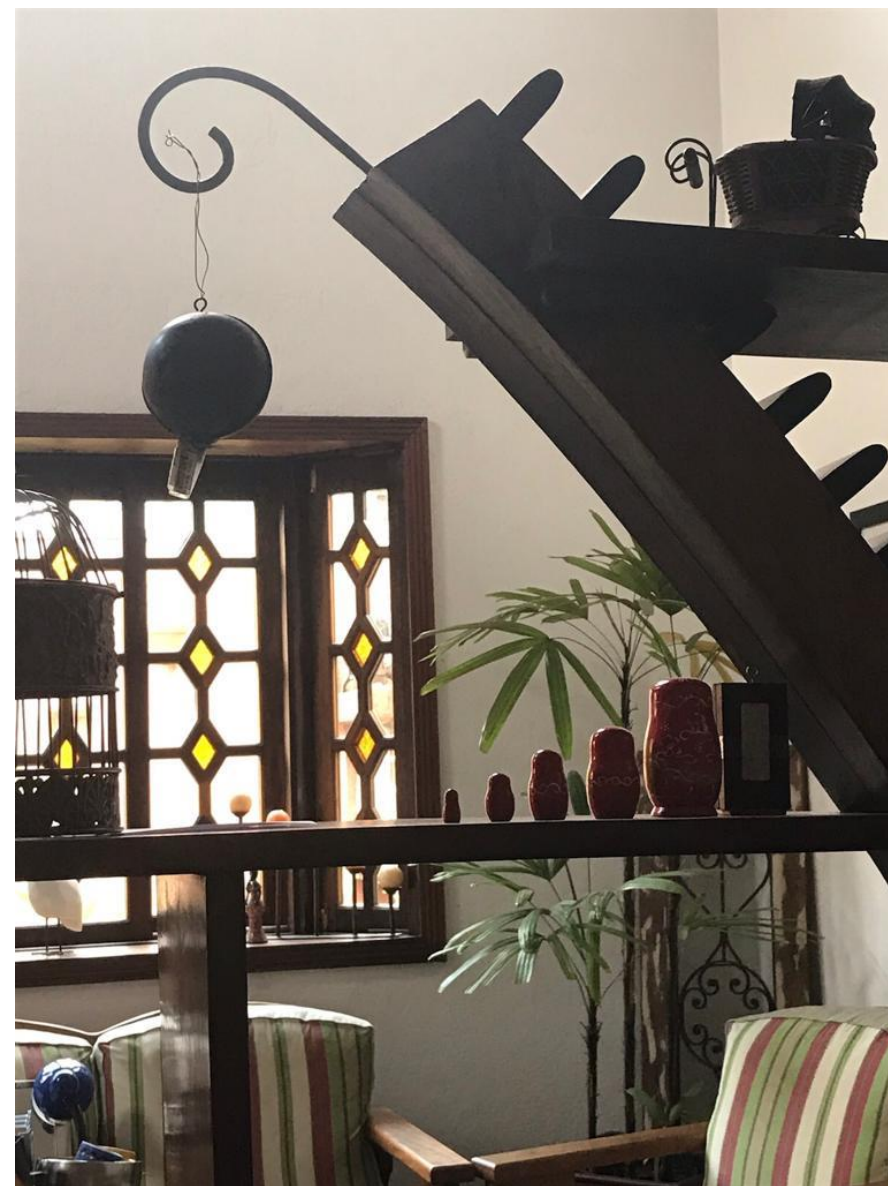


Figura 32 - Local de instalação dos equipamentos na casa 4





Figura 33 - Sala da casa 4.



Figura 34 - Cozinha da casa 4.

A tabela 5 apresenta a síntese dos padrões construtivos escolhidos:

Tabela 5- Padrões construtivos estudados.

Casa	Padrão construtivo	Percepção dos moradores
1	Construção em alvenaria, rebocada interna e externamente, com cobertura também em alvenaria	Casa com a cozinha, sala e um dos quartos bem arejados e com presença de umidade no banheiro e um dos quartos. Não há presença de ventilação cruzada em nenhum dos ambientes
2	Construção em edifício de alvenaria, rebocada interna, mas não externamente, cobertura em alvenaria	Casa com sinais claros de umidade excessiva, com pouquíssima ventilação e quase nada de incidência de radiação solar
3	Construção em alvenaria, rebocada interna, mas não externamente, com forro de PVC e telhado de fibrocimento	Casa ampla e com ventilação nos cômodos principais, mas há a percepção de muito calor e abafamento.
4	Construção em alvenaria, rebocada interna e externamente, com cobertura de cerâmica. Esta localizada fora da comunidade	Casa de classe média em bairro residencial com cômodos tendo ventilação cruzada

## 6. RESULTADOS

### 6.1 ANÁLISE DA TEMPERATURA DO AR

A temperatura média do ar teve uma variação diretamente relacionada a sazonalidade (figura 35). A casa 3 – Forro de PVC foi que permaneceu durante mais tempo (janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro, dezembro -2019 e janeiro 2020) com a temperatura média do ar mais elevada do que as demais casas. Nos meses de outono e inverno a Casa 2 – Subsolo superou as temperaturas médias do ar da Casa 3 – Forro PVC. É possível que essa inversão aconteça devido a elevada UR encontrada na Casa 2 – Subsolo.

A análise da temperatura máxima do ar mostrou que a Casa 3 – Forro PVC foi a que apresentou as temperaturas mais elevadas durante todo o ano de 2019 e início de 2020, sendo que o mês de fevereiro foi o que os instrumentos mediram 40,3°C no interior da casa (figura 36). Os menores valores de temperatura máxima aconteceram na Casa 4 - Externa entre os meses de maio a agosto e, na Casa 2 – Subsolo nos meses de janeiro a março e de setembro 2019 a fevereiro de 2020.

A Casa 2 – Subsolo foi a que manteve a temperatura mínima mais elevada durante os 14 meses de estudo. Assim como, no caso da análise de temperatura média do ar, esse fato pode acontecer devido ao elevado valor de UR encontrado na residência, gerando uma menor amplitude térmica. A Casa 3 – Forro de PVC tem o cenário oposto. Apresentou grandes amplitudes

térmicas, tendo as maiores temperaturas máximas do ar e as menores mínimas, como é possível observar na figura 37.

A Tabela 6 mostra que a temperatura do ar média mais elevada ocorreu na Casa 3- Forro de PVC, com 25,4°C, e a mínima foi na Casa 4- Externa. A temperatura máxima absoluta mais elevada também ocorreu na Casa 3- Forro de PVC com 40,3°C e a menor máxima na Casa 2- Subsolo com 30,5°C. A temperatura mínima mais elevada ocorreu na Casa 2- Subsolo com 19,2°C e a menor na Casa 3- Forro de PVC, com 11,4°C. Portanto, a Casa 3- Forro de PVC pode ser a residência considerada mais quente dentre as em análise e a Casa 4- Externa a residência mais fria durante o período estudado.

Essa amplitude térmica tão acentuada presente na Casa 3- Forro de PVC é um dos fatores citados por Fante e Dubreuil (2020) como contribuintes para a vulnerabilidade da população, além de acordo com Sant'Anna Neto (2017), afetar a qualidade de vida dos moradores. O material de baixo custo utilizado nessas construções tende a aumentar a amplitude térmica e conseqüentemente, piorar o conforto térmico.

A Casa 4- Externa apresenta cobertura de cerâmica vermelha, que de acordo com Ferreira e Prado (2003) atingem temperaturas superficiais menores do que os demais materiais, como as telhas de fibrocimento utilizadas na Casa 3- Forro de PVC e em diversas outras casas localizadas na Comunidade Jardim Colombo. Esse fato ajuda a explicar, juntamente com outros fatores, a temperatura média da Casa 4- Externa ser inferior as das demais residências em análise.

As casas localizadas dentro do ambiente de favela (casas 1, 2 e 3), foram as que apresentaram as maiores temperaturas médias, o que corrobora o exposto por Wang et al. (2019) que concluiu que as localidades mais quentes analisadas por sensoriamento remoto eram as áreas de favela, localidades que estão expostas a extremos de temperatura do ar.

Tabela 6- Comparação entre a temperatura do ar média, máxima e mínima das casas 1, 2, 3 e 4 no ano de 2019.

<b>Casas</b>	<b><i>Média (°C)</i></b>	<b><i>Máxima Absoluta (°C)</i></b>	<b><i>Mínima Absoluta (°C)</i></b>
Casa 1- Alvenaria	23,5	32,0	13,3
Casa 2 - Subsolo	24,7	30,5	19,2
Casa 3 - Forro de PVC	25,4	40,3	11,4
Casa 4 - Externa	22,8	35,2	12,7

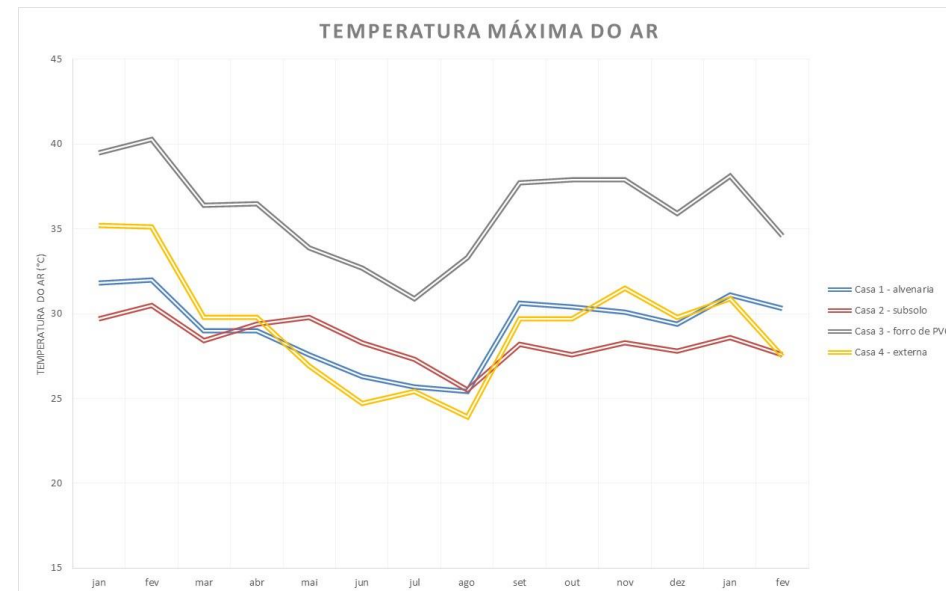
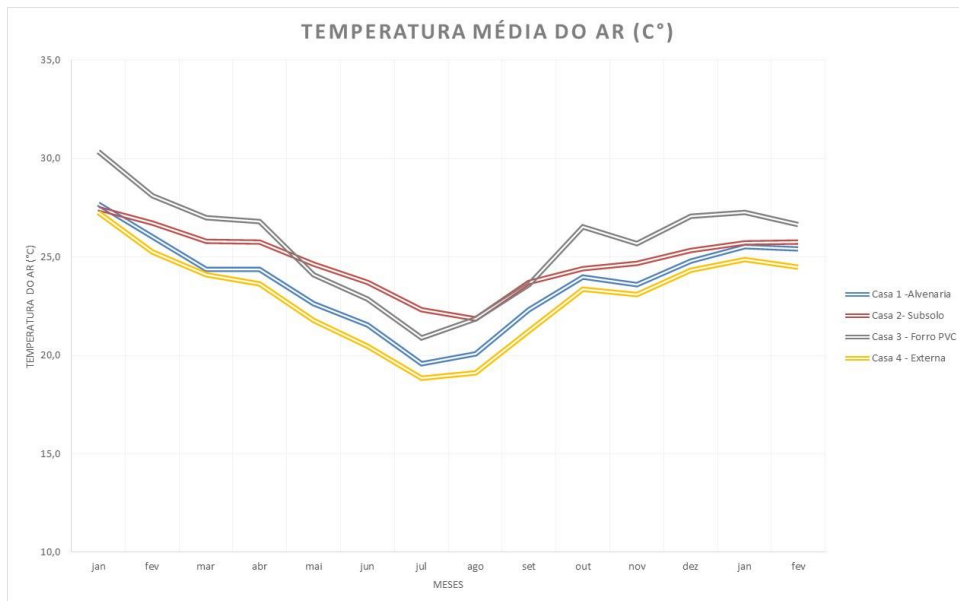


Figura 35- Gráfico da temperatura média do ar de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. Fonte: elaborado pela autora.

Figura 36- Gráfico da temperatura máxima do ar de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. Fonte: elaborado pela autora.

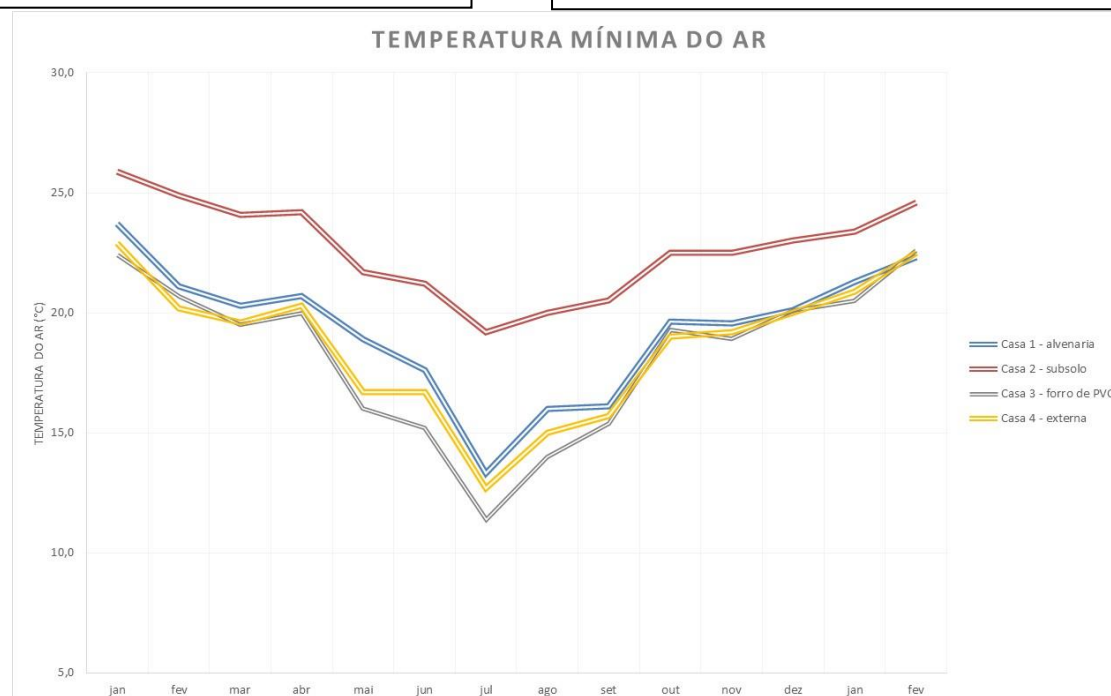


Figura 37- Gráfico da temperatura mínima do ar de janeiro de 2019 a fevereiro de 2020. Fonte: elaborado pela autora.

## 6.2 ANÁLISE DA UMIDADE RELATIVA DO AR

A UR média, máxima e mínima apresentou em comum que a Casa 2 – Subsolo foi a mais elevada durante todo o período em análise (figuras 38, 39 e 40). Os dados mostraram o que foi verificado durante os trabalhos de campo, elevados níveis de UR, condições típicas de um ambiente insalubre. A UR chegou a alcançar valores muito próximos a 100% durante o ano inteiro.

A casa 3 – forro de PVC teve a UR mínima mais reduzida durante todos os meses de estudo, tendo um desempenho similar na análise da UR média. Essa casa teve valores próximos a 20% de UR nos meses de fevereiro e setembro. O mês de março foi o que todas as residências apresentaram maiores valores de UR, com máximas absolutas variando de 85 a 90%. A UR dentro das residências não teve uma variação sazonal perceptível. A Casa 1 – Alvenaria e a Casa 4 – Externa tiveram desempenhos semelhantes na UR mínima e máxima.

A Tabela 7 mostra que a Casa 2- Subsolo foi a que teve a maior UR média, máxima e mínima, chegando a 100%. A Casa 3- Forro de PVC foi a que apresentou a menor média e menor mínima de UR, chegando a 22,6% no mês de julho. A menor máxima ocorreu na Casa 4- Externa. De acordo com (IOANAUDREA et al., 2016) muitas construções não foram planejadas pensando na ventilação, e uma possível consequência disso é essa elevada UR encontrada na análise, especialmente na Casa 2- Subsolo. Esses resultados também corroboram o encontrado por Silva e Ribeiro (2005) que mostraram que o ambiente de favela é mais propenso a produzir manter a umidade em seu interior

Tabela 7- Comparação entre a UR do ar média, máxima e mínima das casas 1, 2, 3 e 4.

<b>Casas</b>	<b>Média (%)</b>	<b>Máxima Absoluta (%)</b>	<b>Mínima Absoluta (%)</b>
Casa 1- Alvenaria	73,5	90,8	35,2
Casa 2 - Subsolo	88,1	100,0	54,1
Casa 3 - Forro de PVC	67,3	91,1	22,6
Casa 4 - Externa	73,3	89,3	33,0

Fonte: elaborado pela autora.

UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA

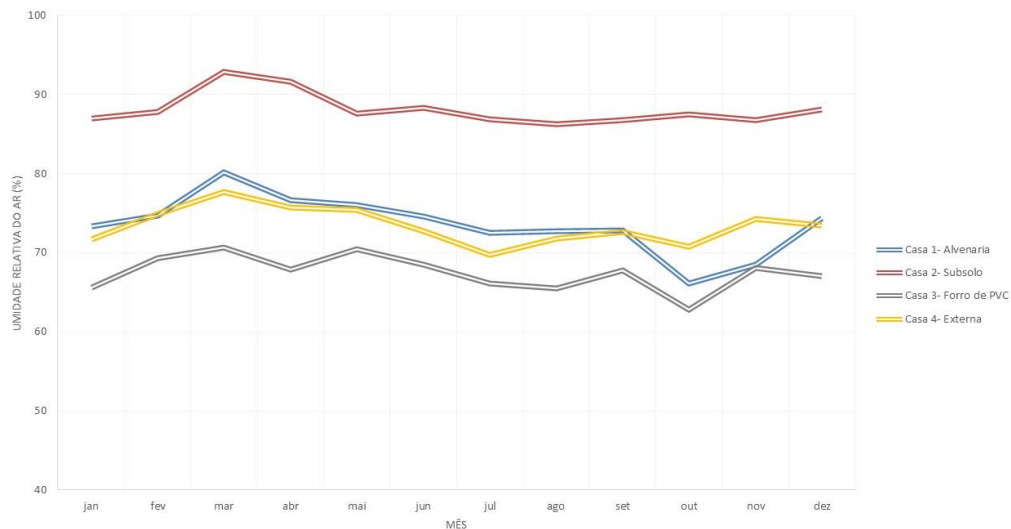


Figura 38- Gráfico da umidade relativa do ar média durante o período de janeiro a dezembro de 2019. Fonte: elaborado pela autora.

UMIDADE RELATIVA DO AR MÁXIMA

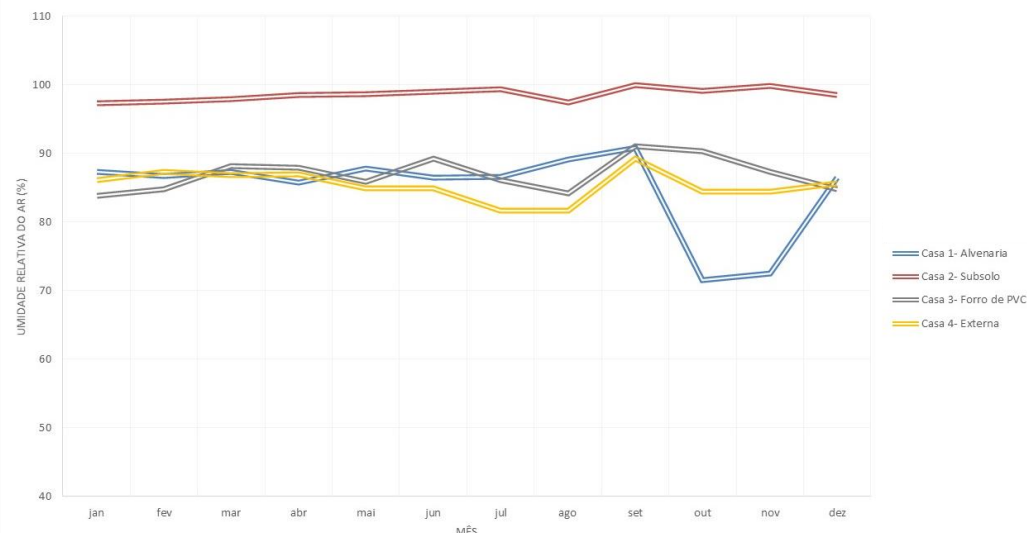


Figura 39- Gráfico da umidade relativa do ar máxima durante o período de janeiro a dezembro de 2019. Fonte: elaborado pela autora.

UMIDADE RELATIVA DO AR MÍNIMA

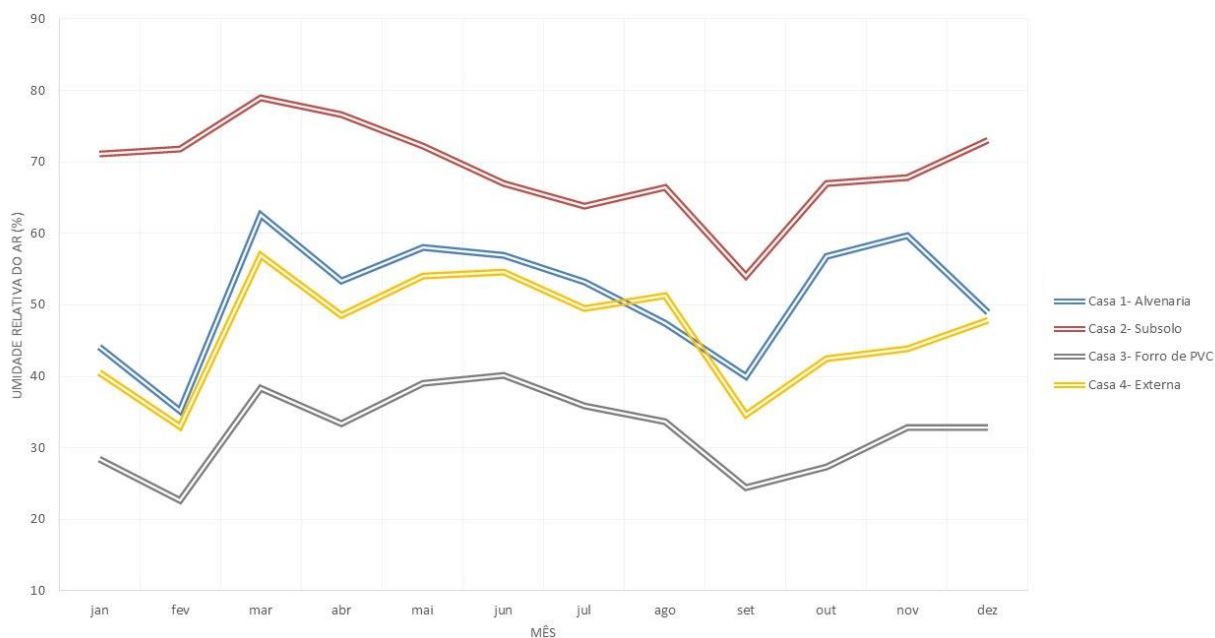


Figura 40- Gráfico da umidade relativa do ar mínima durante o período de janeiro a dezembro de 2019. Fonte: elaborado pela autora.

### 6.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA (TE) COM AS FAIXAS DE CONFORTO POR MISSENARD

O TE da Casa 1- Alvenaria mostra que a maior parte das medições (37%) foram classificadas como “quente”, 30% das medições ficaram na faixa do “confortável” e 28% na faixa do “fresco” (figura 41). Apenas 1% ficou na faixa do “muito quente” e 4% no “frio moderado”. Essa foi a casa que apresentou a maior porcentagem de medições na faixa do “confortável”.

A Casa 2- Subsolo teve 71% das medições classificadas como “quente”, sendo que a os demais 29% das medições foram divididos em 18% “confortável, 8% “fresco” e 3% “muito quente” (figura 42). De todas as residências em estudo, essa foi a que apresentou uma maior porcentagem de medições classificadas como “quente”. Essa casa não teve porcentagem significativa TE na faixa do “frio moderado”.

A Casa 3- Forro de PVC teve 41% das medições na faixa do “quente”, 20% no “confortável” e 20% no “fresco” e 5% de “frio moderado” (figura 43). Essa foi a casa com a maior porcentagem de medições na faixa do “muito quente”, 14%.

Com 34% de medições classificadas como “fresco”, a Casa 4- Externa é a que teve a maior porcentagem nessa faixa de conforto. Das demais, 29% ficaram na faixa do “confortável”, 29% na faixa do “quente”, 7% na faixa do “frio moderado” e 1% na faixa do “muito quente” (figura 44). De acordo com a análise da aplicação do TE, as casas que permaneceram mais tempo na faixa do confortável foram as casas 1- Alvenaria e casa 4- Externa. Esse resultado corrobora o exposto por Rosenghini e Trevizani (2021) que habitações de favela expõem a população de baixa renda a extremos térmicos por períodos mais longos do que as demais residências com um melhor isolamento térmico.



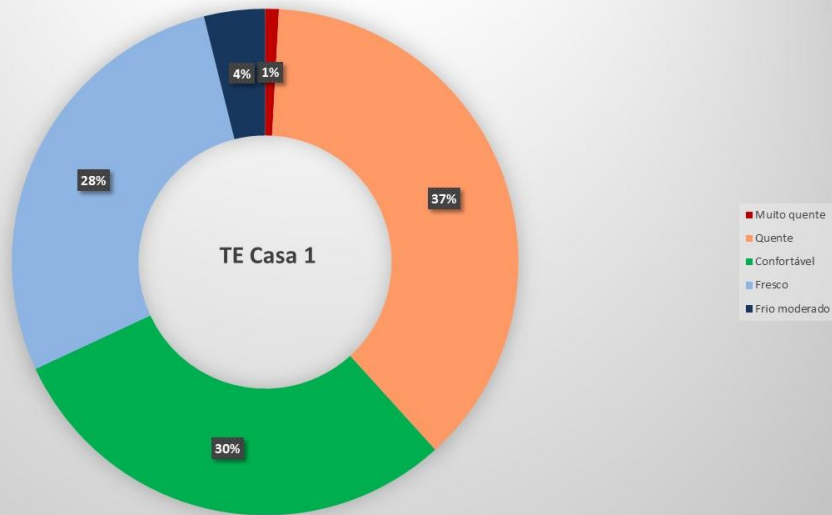


Figura 41- Gráfico de porcentagem do total de medições do índice TE na Casa 1.

Fonte: elaborado pela autora.

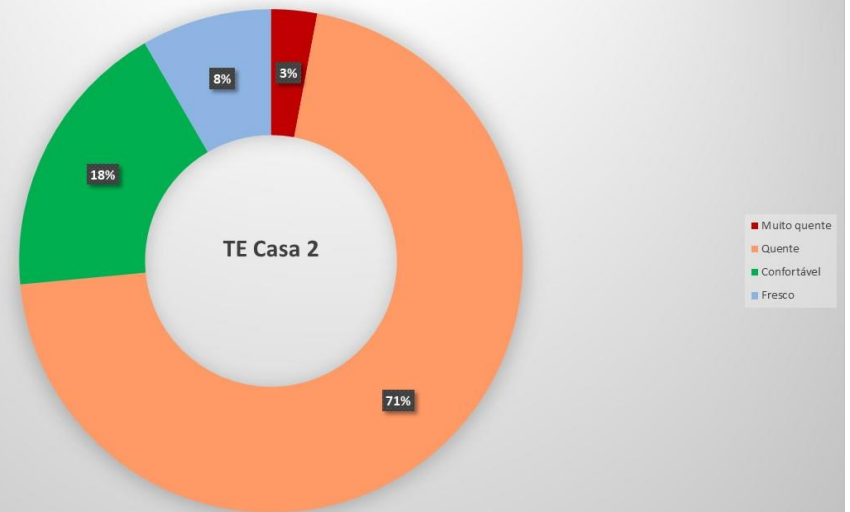


Figura 42- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 2. Fonte: elaborado pela

autora.

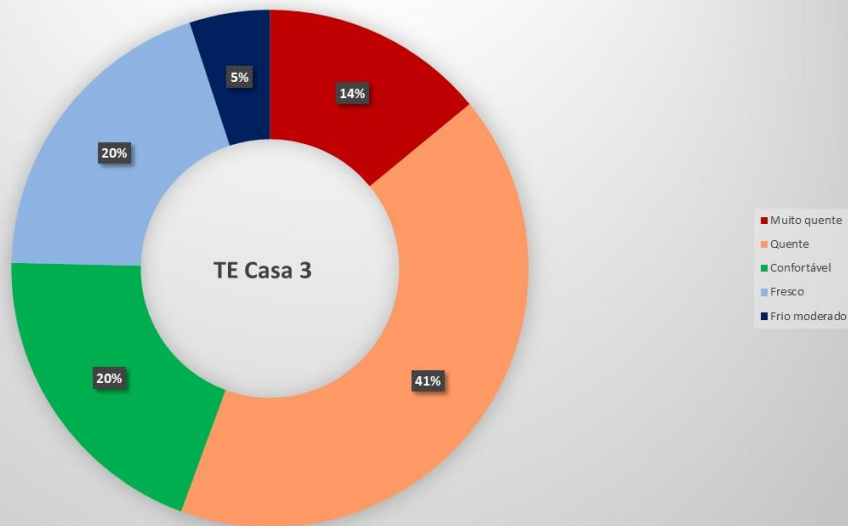


Figura 43- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 3. Fonte: elaborado pela

autora.

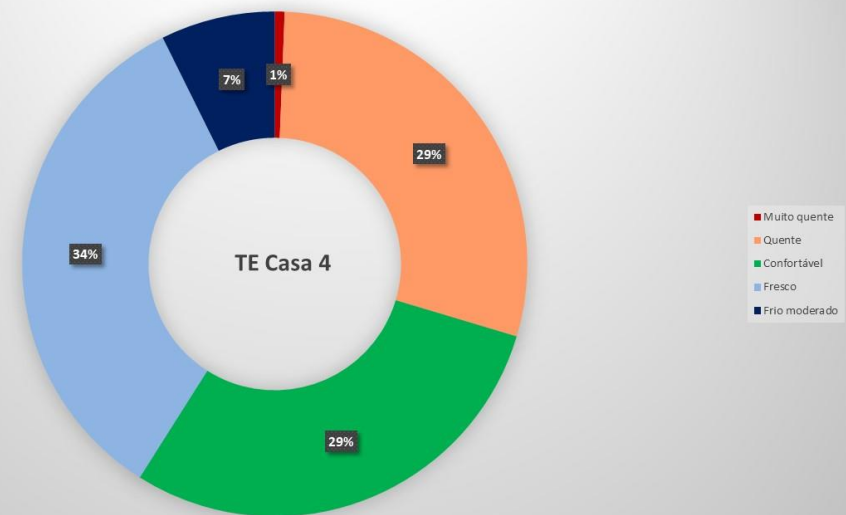


Figura 44- Gráfico de porcentagem do índice TE na Casa 4. Fonte: elaborado pela

autora.

#### 6.4 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA (TE) COM AS FAIXAS DE CONFORTO POR MONTEIRO (2018)

A casa que mais apresentou medições na faixa de neutralidade foi a Casa 4- Externa com 63% das medições com essa classificação (figura 48). A Casa 1- Alvenaria teve uma porcentagem similar, com 60% de medições em neutralidade (figura 45). Em relação a faixa de “calor”, a Casa 2- Subsolo apresentou a maior porcentagem dentre as casas avaliadas (31%), como mostra a figura 46. A Casa 1- Alvenaria foi a segunda com maior porcentagem (13%).

Dentro da faixa de conforto de “pouco calor” a Casa 2- Subsolo foi a que teve a maior porcentagem com 42% das medições. As demais casas tiveram porcentagens parecidas, variando de 23 a 26%. Na faixa de “pouco frio” a Casa 3- Forro de PVC foi a que teve a maior porcentagem, com 41% das medições. Isso se contrasta com os resultados do índice TE com a classificação proposta por Missenad, em que a mesma casa apresentou uma maior porcentagem de medições classificadas como “quente”. A Casa 2- Subsolo não teve medições classificadas como “pouco frio”, a Casa 1- Alvenaria teve 1% e a Casa 4, teve 7%.

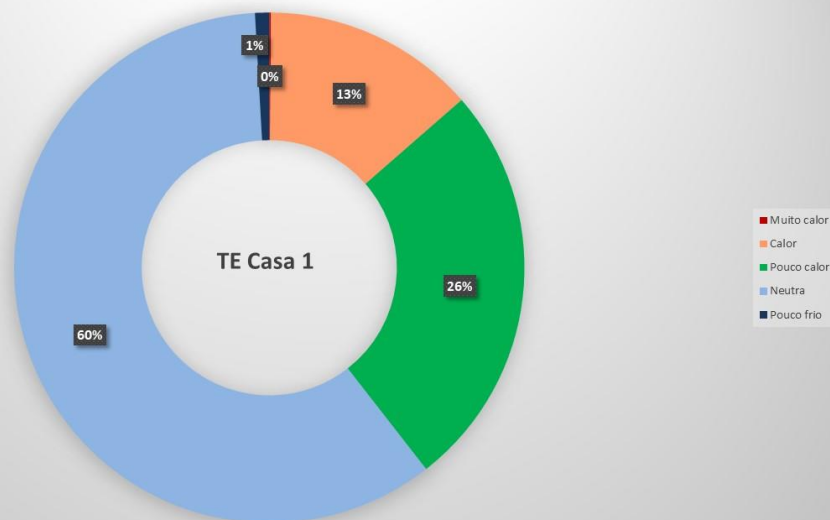


Figura 45- Gráfico de percentagem do índice TE na Casa 1 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora.

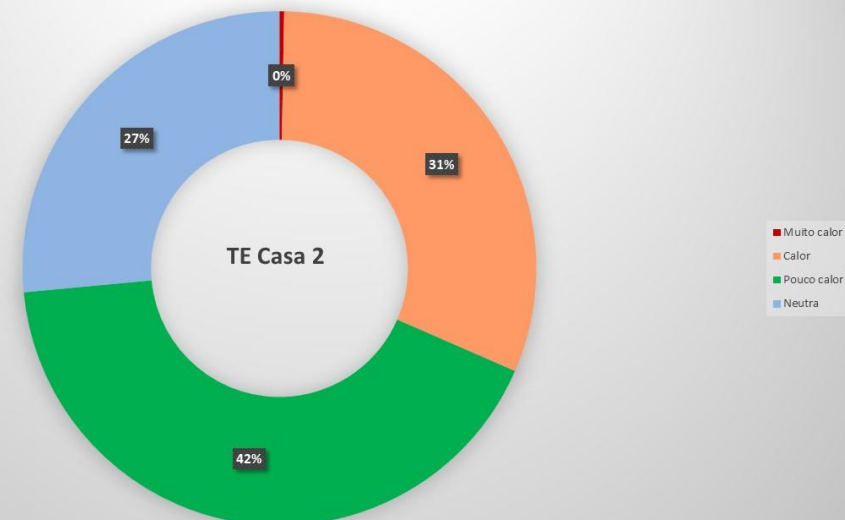


Figura 46- Gráfico de percentagem do índice TE na Casa 2 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora.

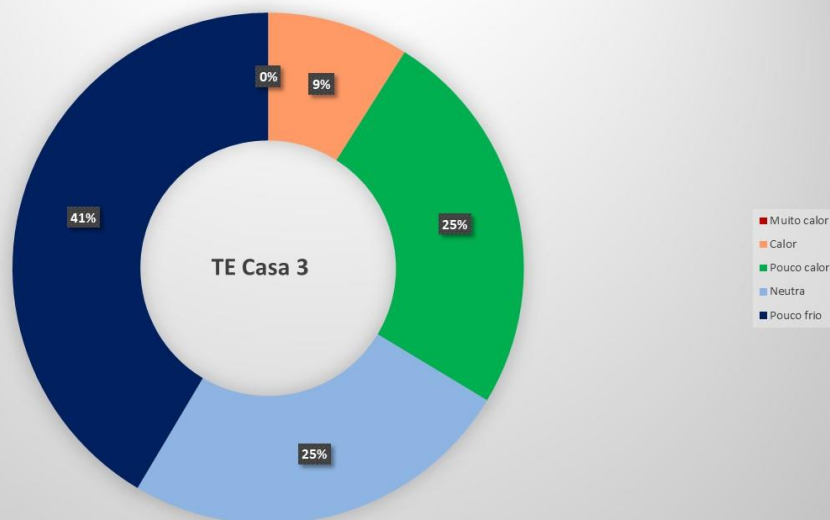


Figura 47- Gráfico de percentagem do índice TE na Casa 3 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora.

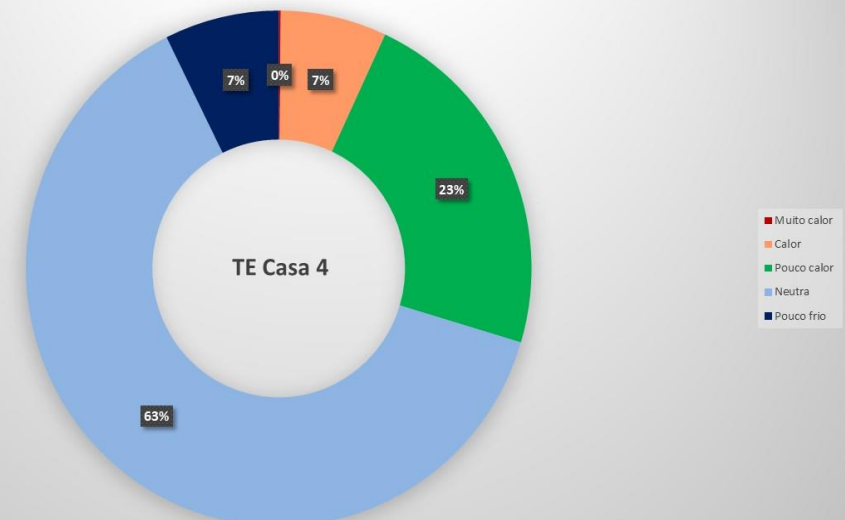


Figura 48- Gráfico de percentagem do índice TE na Casa 4 com as faixas de conforto propostas por Monteiro (2018). Fonte: elaborado pela autora.

## 6.5 PMV

Para esse índice observamos na figura 49 que a Casa 1- Alvenaria teve a maior parte de suas medições classificadas como “ligeiramente frio” (41%). As demais foram classificadas como “neutro”, com 31%, “frio” com 19% e “calor” com 9%. Essa foi a casa com a maior porcentagem de “ligeiramente frio” dentre todas as residências em análise.

A Casa 2- Subsolo teve mais da metade das medições classificadas como “neutra” (54%), como pode ser observado na figura 50. 33% das medições foram de “ligeiramente frio”, 7% de frio e 6% de “calor”. Essa foi a residência que apresentou a maior porcentagem de medições classificadas como “neutra” dentre todas em análise.

Foram encontradas medições classificadas em 7 faixas de conforto diferentes para a Casa 3- Forro de PVC (figura 51). A maior porcentagem se concentrou na classificação de “ligeiramente frio” com 31%. As demais foram de “neutro” com 28%, “frio” com 15%, “ligeiramente quente” com 11%, “muito frio” 9%, “quente” 5% e “muito quente” 1%. Em comparação com as demais residências, essa foi a que apresentou as maiores porcentagens nas faixas de conforto “ligeiramente quente”, “quente” e “muito quente”.

A maior parte das medições da Casa 4- Externa foram classificadas como “Ligeiramente frio” (figura 52). As demais 5 faixas de conforto que apareceram foram: 24% das medições como “neutro”, 21% como “frio”, 10% como “muito frio”, 8% como “ligeiramente quente” e 2% como quente. Essa foi a residência que apresentou a maior porcentagem de medições classificadas como “muito frio” dentre as em estudo.

Fazendo uma análise geral, todas as casas tiveram uma maior porcentagem de medições com desconforto para o frio do que para o calor. A Casa 4- Externa foi a que teve as maiores porcentagens de desconforto para o frio. As casas 1- Alvenaria e 2- Subsolo apresentaram medições classificadas em apenas 4 faixas de conforto térmico e as casas 3- Forro de PVC e 4- Externa tiveram 7 e 6 faixas, respectivamente, ou seja, essas últimas tiveram uma maior variedade de classificações de conforto térmico.

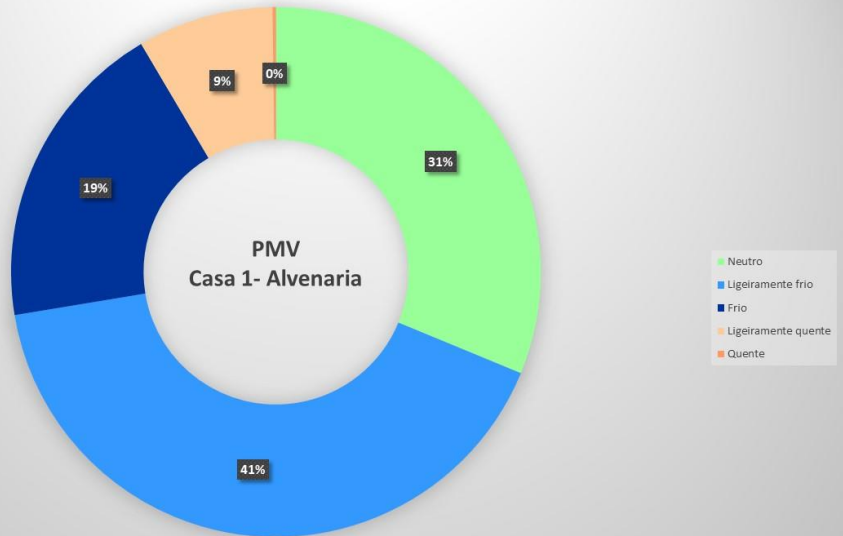


Figura 49- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 1. Fonte: elaborado pela autora.

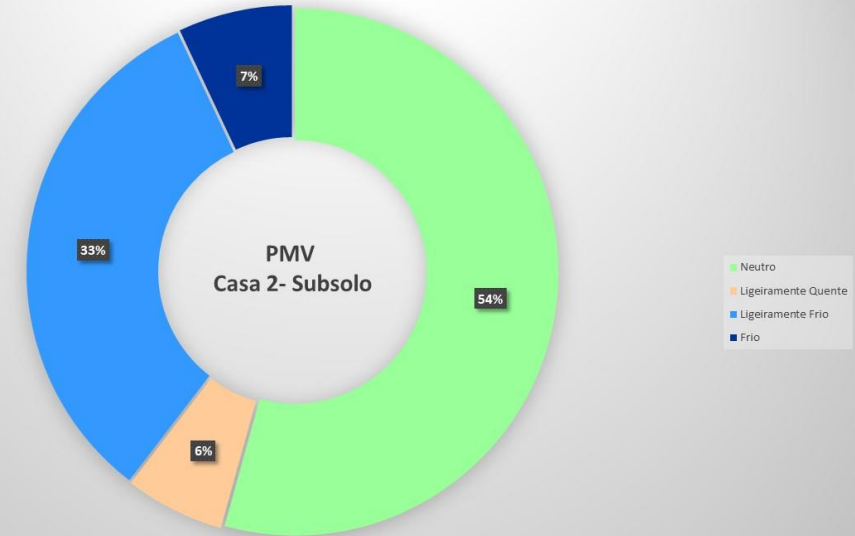


Figura 50- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 2. Fonte: elaborado pela autora.

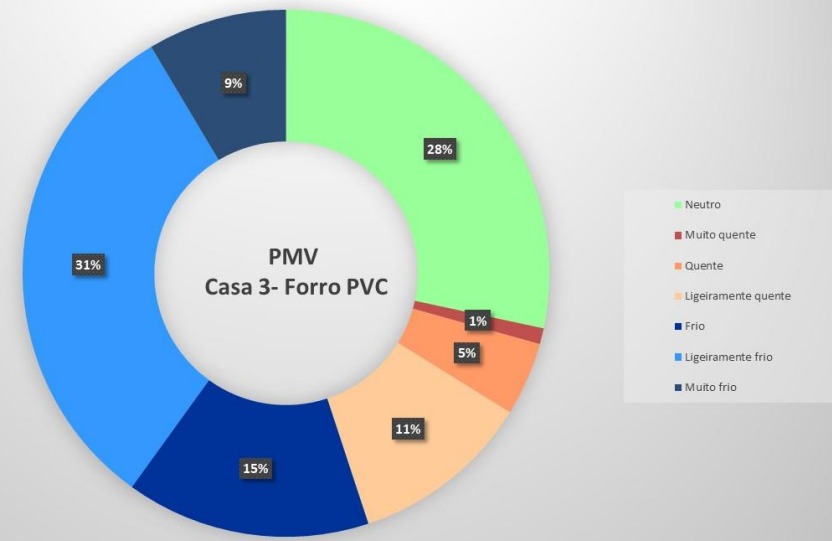


Figura 51- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 3. Fonte: elaborado pela autora.

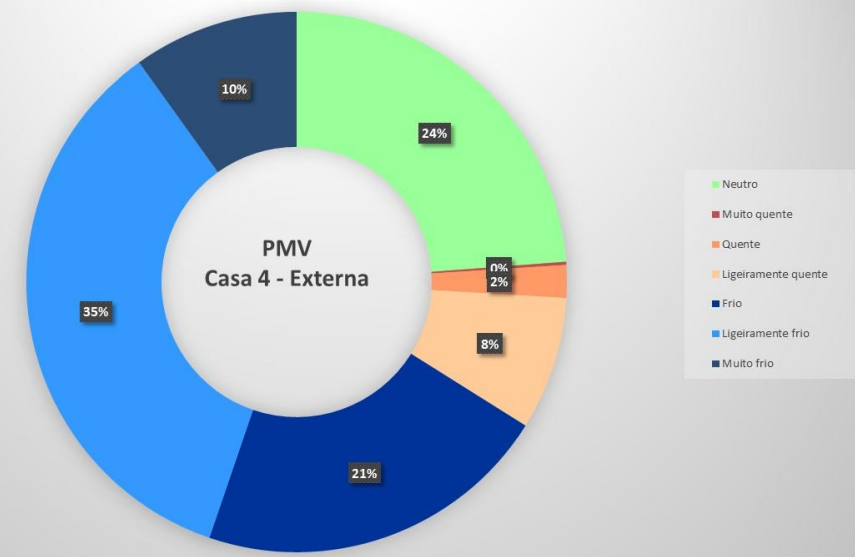


Figura 52- Gráfico de porcentagem do índice PMV na Casa 4. Fonte: elaborado pela autora.

## 6.6 ANÁLISE DO MODELO ADAPTATIVO (ASHRAE 55)

Na aplicação da metodologia da ASHRAE 55 para a Casa 1- Alvenaria foi possível observar que a maior parte das medições se encontraram dentro dos limites de conforto, porém houveram medições que extrapolaram os limites superiores, demonstrando um desconforto para calor, e os limites inferiores, demonstrando um desconforto para o frio (figura 53). Quando comparada com as demais casas, a Casa 1- Alvenaria só teve mais medições desconfortáveis do que a Casa 2- Subsolo e, portanto, teve menos desconforto do que as casas 3- Forro de PVC e 4- Externa.

O gráfico da casa 2- Subsolo revela que foram poucas as medições classificadas como desconfortáveis, porém dentre o desconforto para o frio e para o calor, a maior parte aparece no desconforto para o calor (figura 54). Em comparação com as demais casas, essa foi a que teve menos medições desconfortáveis. Esse resultado se diferenciou das demais metodologias utilizadas, como o PMV e o TE que mostraram a casa 2- Subsolo como sendo uma das casas mais desconfortáveis.

A casa que mais teve medições consideradas desconfortáveis pela metodologia ASHRAE 55 foi a casa 3- Forro de PVC (figura 55). Além de ser considerada a mais desconfortável, também foi a casa que com medições mais extremas de desconforto. A casa 3 – Forro de PVC foi uma das mais desconfortáveis, não somente de acordo com a metodologia ASHRAE 55, mas também nas demais metodologias empregadas.

A casa 4- Externa nessa metodologia teve mais um maior número de resultados desconfortáveis quando comparado as demais metodologias (figura 56). Ela também teve mais medições classificadas como desconfortáveis do que a casa 1- Alvenaria e a casa 2- Subsolo. Foram mais numerosas as medições de desconforto para o calor.

É possível que os dados da Casa 4- Externa ficaram mais desconfortáveis que os da Casa 2- Subsolo devido a forma de expressar os dados no gráfico deste modelo. A temperatura operativa é calculada pela média entre a temperatura do ar e a TRM que são considerados “estáveis” na Casa 2- Subsolo, enquanto que na Casa 4- Externa ela não esconde os dias

extremos que nem os demais índices e análises por serem feitos com a média. Também, nesse índice não se considera a UR do ar, elemento climático que nos demais índices, influencia o conforto térmico, em especial na Casa 2-Subsolo. Vale ressaltar que assim como salientado anteriormente, os dados da de temperatura de globo considerados discrepantes foram removidos na Casa 4- Externa, portando o seu período de medidas é menor nesse caso.

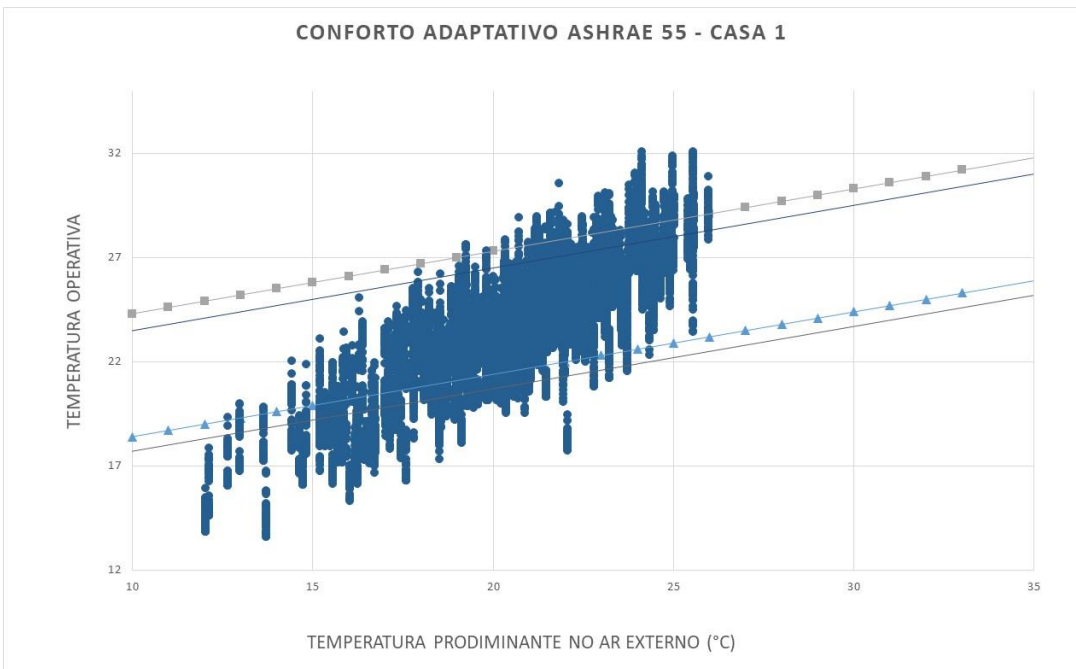


Figura 53- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 1. Fonte: elaborado pela autora.

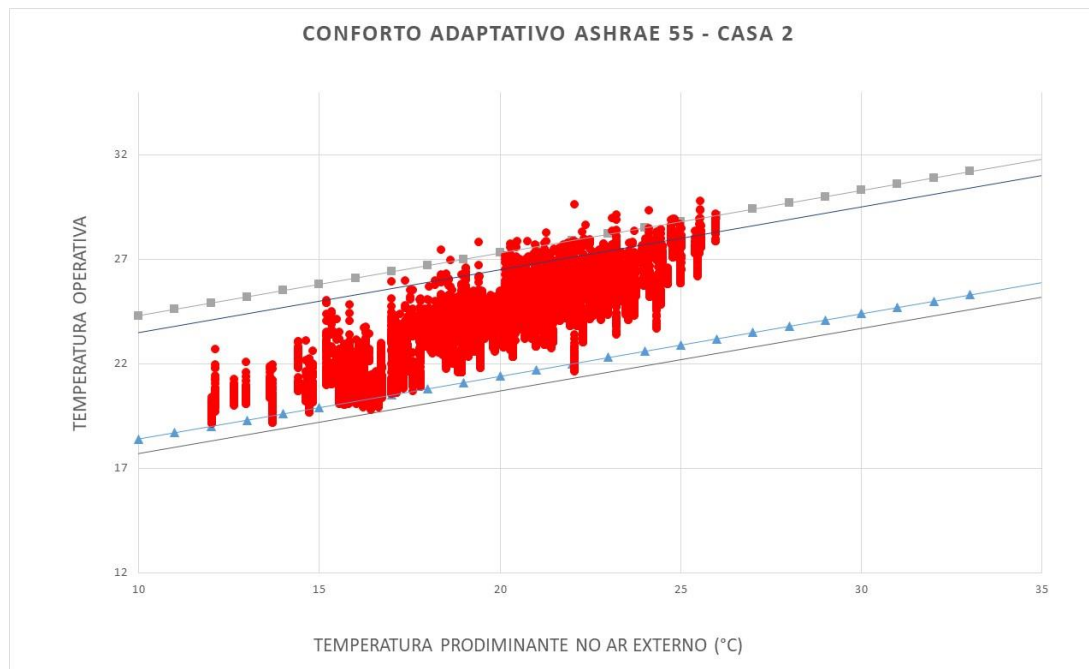


Figura 54- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 2. Fonte: elaborado pela autora.

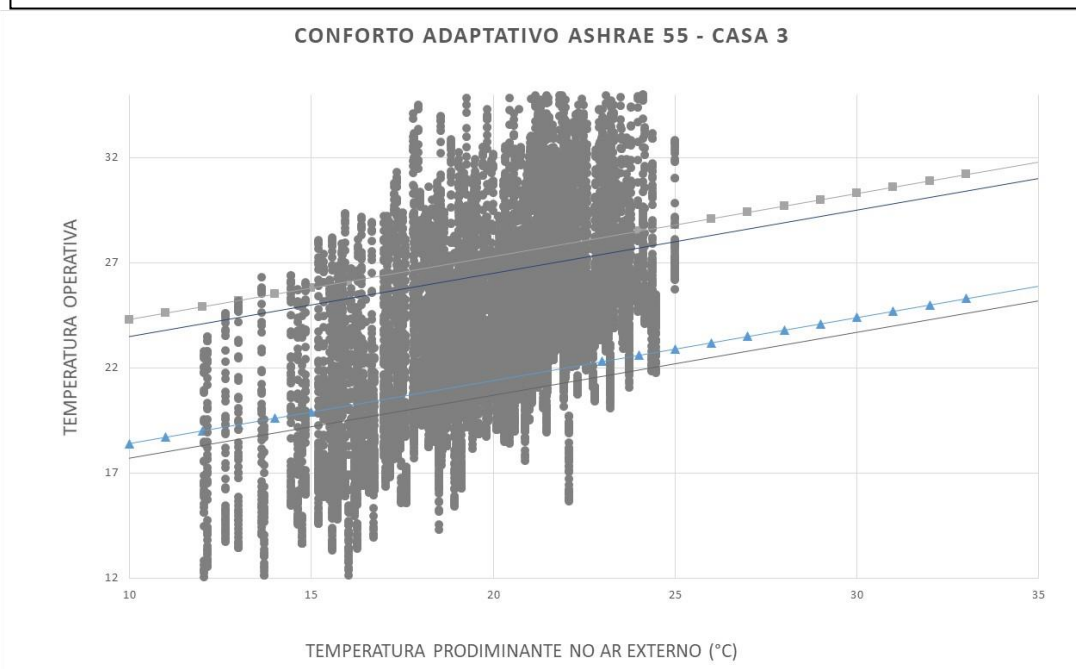


Figura 55- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 3. Fonte: elaborado pela autora.

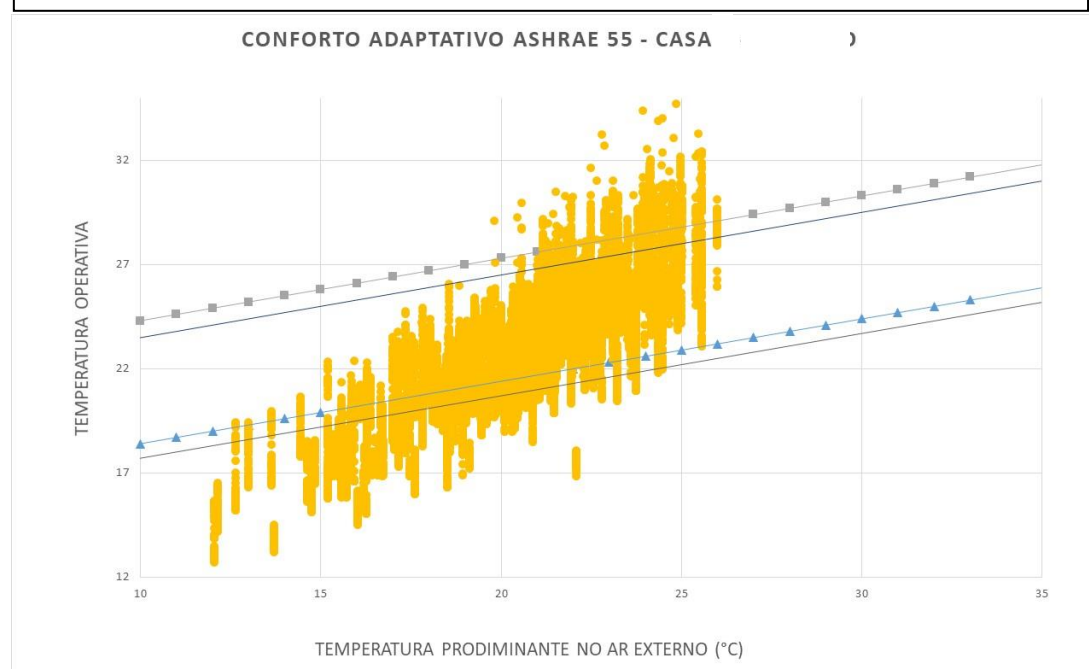


Figura 56- Gráfico de conforto adaptativo proposto pela ASHRAE 55 com dados da Casa 4. Fonte: elaborado pela autora.



## 6.7 ANÁLISE SAZONAL

Para essa análise foram considerados dados de cada elemento climático (temperatura do ar e UR), e índice de conforto térmico referente a cada estação do ano.

### 6.7.1 Temperatura do ar

A partir dos dados gráficos formulados com as temperaturas médias de cada estação do ano foi possível verificar que durante o verão, a Casa 3- Forro de PVC foi a que apresentou as maiores temperaturas do ar durante a maior parte do tempo sendo a mais elevada no dia 04 de fevereiro (figura 57). As menores temperaturas médias foram registradas na Casa 4 – Externa no dia 17 de fevereiro.

No outono os meses de março e abril apresentaram na Casa 3 – Forro PVC as temperaturas mais elevadas, porém em maio e junho, a Casa 2 - subsolo foi a com média de temperatura do ar mais elevada (figura 60). Durante o outono, a temperatura média máxima ocorreu no dia 03 de abril na Casa 3- forro de PVC. A temperatura média mínima, assim como no verão, ocorreu na Casa 4 – Externa.

As temperaturas mais elevadas no inverno ocorreram nas casas 3 – forro de PVC e 2 – subsolo (figura 58). É possível verificar que a temperatura média do ar na Casa 2 – subsolo não apresenta grandes variações, como no caso da Casa 3 – forro de PVC. A estabilidade térmica da Casa 2 - subsolo provavelmente está relacionada aos elevados valores de UR encontrados na residência.

Durante a primavera, a Casa 3- Forro de PVC apresentou as maiores médias de temperatura do ar e, a Casa 4- Externa foi a que teve as menores temperaturas do ar (figura 59). A Casa 1- Alvenaria teve um desempenho térmico similar ao da Casa 3- Forro de PVC.

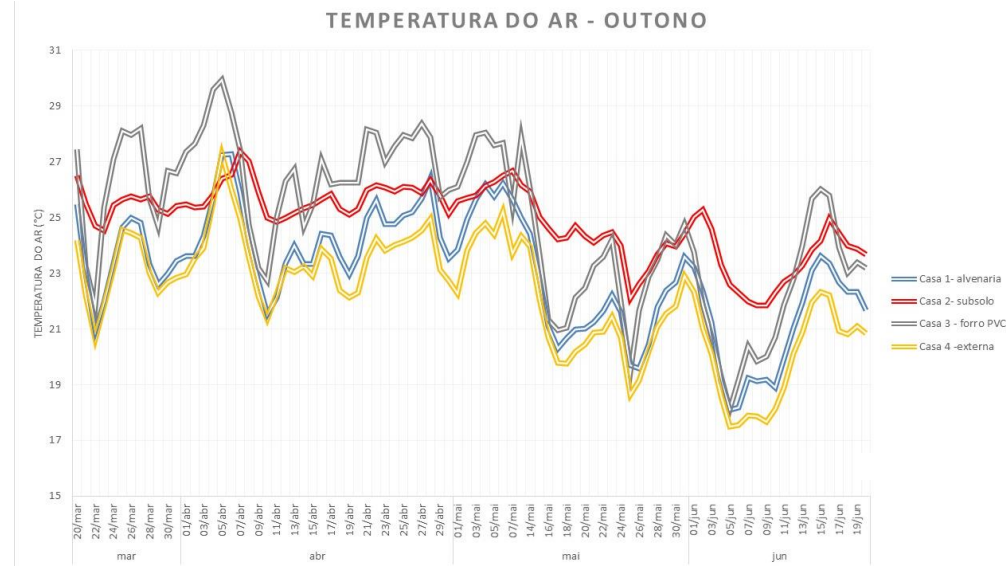
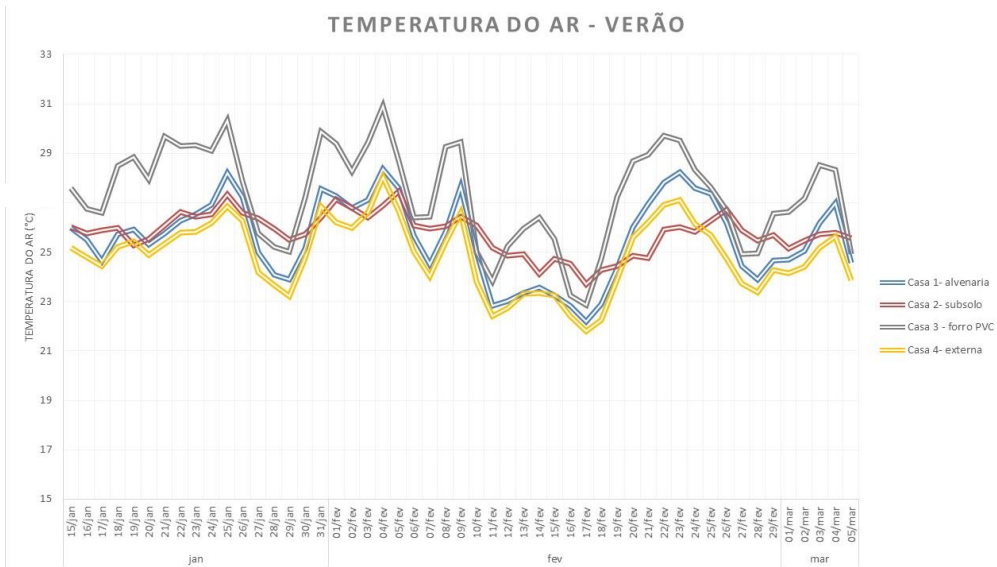


Figura 57- Gráfico de temperatura do ar no verão de 2019. Fonte: elaborado pela autora

Figura 58- Gráfico de temperatura do ar no outono de 2019. Fonte: elaborado pela autora

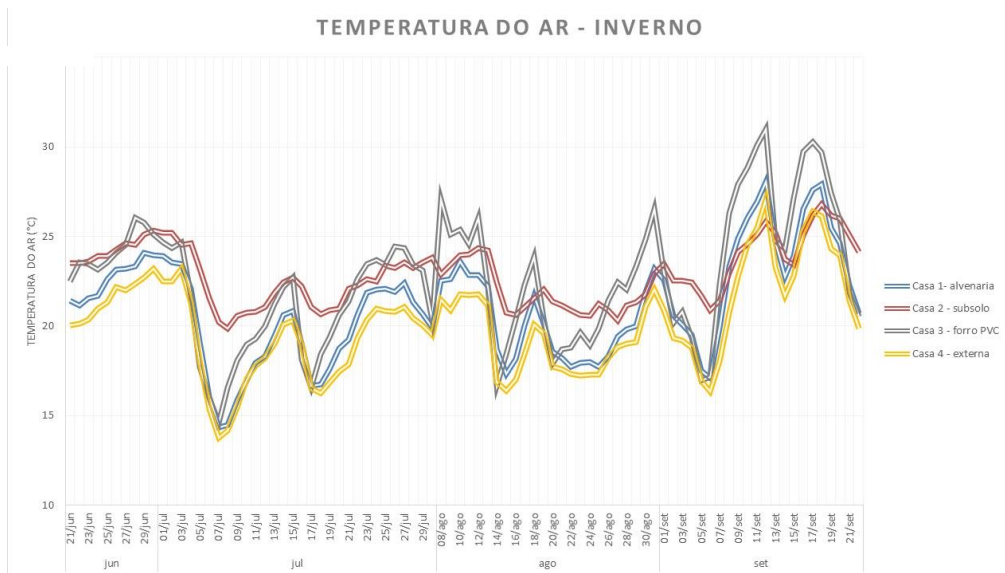


Figura 59- Gráfico de temperatura do ar no inverno de 2019. Fonte: elaborado pela autora.

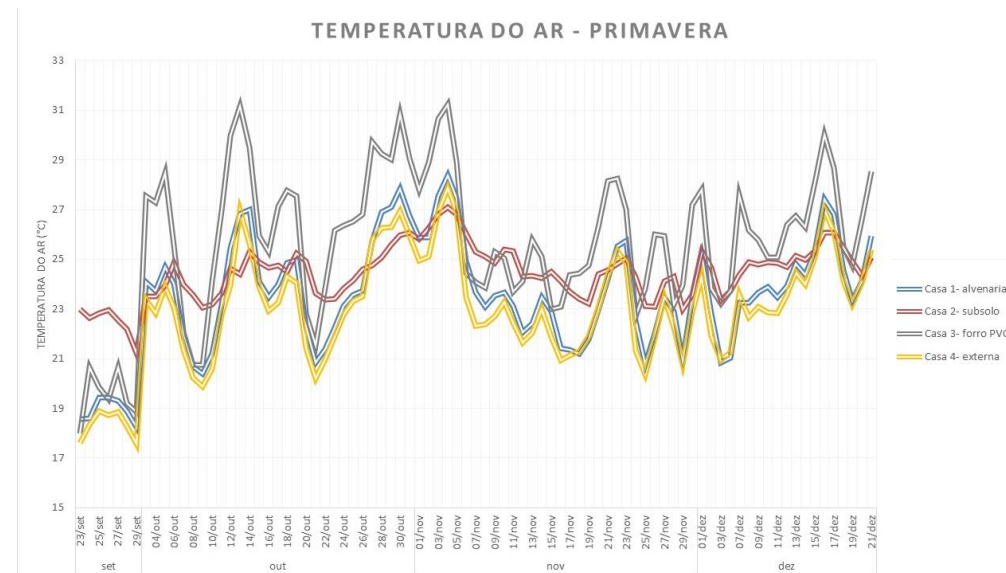


Figura 60- Gráfico de temperatura do ar na primavera de 2019. Fonte: elaborado pela autora.

### 6.7.2. TE

Durante o verão (Tabela 8) a Casa 3 - Forro de PVC foi a que teve a maior média e a maior máxima de TE chegando a 32,9°C. A mínima mais elevada ocorreu na Casa 2- Subsolo com 24,2°C. A menor média foi na Casa 4- Externa, assim como a menor mínima. A menor máxima ocorreu na Casa 1- Alvenaria.

Tabela 8- Comparação entre a média do índice TE durante o verão nas casas 1, 2, 3 e 4.

VERÃO				
TE /Casa	Casa 1- Alvenaria	Casa 2- Subsolo	Casa 3- Forro de PVC	Casa 4 - Externa
<i>Média</i>	24,6	26,1	26,2	24,2
<i>Máxima</i>	28,7	29,8	32,9	30,4
<i>Mínima</i>	20,2	24,2	19,9	19,5

Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com a tabela de classificação das faixas de conforto para o índice TE adaptada por MONTEIRO (2018) as máximas de todas as residências são classificadas como “calor”, todas as mínimas são classificadas como “pouco calor”. As médias da Casa 1- Alvenaria e Casa 4- Externa foram classificadas como “Neutro” e a das Casas 2- Subsolo e 3- Forro de PVC como “pouco calor”.

No outono, a Casa 2- Subsolo teve a maior média de TE, com 24,3°C, sendo que a Casa 3- Forro de PVC ficou com a segunda maior média com 22,9°C (tabela 9). Em relação a TE máxima, ocorreu na Casa 3- Forro de PVC, com 30,3°C, seguida pela Casa 2- Subsolo com 29,7°C. A Casa 4- Externa teve a menor TE média e a menor máxima. A Casa 3- Forro de PVC teve a TE mais reduzida com 14,8°C durante o outono. Podemos dizer com base nesses dados que a Casa 3 – Forro de PVC teve os extremos de conforto térmico, não tendo sido eficiente em fornecer um ambiente termicamente confortável para os seus habitantes.

Pela classificação das faixas de conforto térmico, a máxima das casas 1- Alvenaria e 4- Externa foram classificadas como estando com “pouco calor”. As máximas das casas 2- Subsolo e 3- Forro de PVC ficaram como “calor”. As médias das casas 1- Alvenaria, 3- Forro de PVC e 4- Externa são classificadas

como “pouco frio” enquanto a casa 2- Subsolo é classificada como “neutra”. Em relação a TE mínima, novamente as casas 1- Alvenaria, 3- Forro de PVC e 4- Externa são classificadas como “frio” enquanto a casa 2- Subsolo é classificada como “pouco frio”.

Tabela 9- Comparação entre a média do índice TE durante o outono nas casas 1, 2, 3 e 4.

OUTONO				
TE /Casa	Casa 1- Alvenaria	Casa 2- Subsolo	Casa 3- Forro de PVC	Casa 4 - Externa
<i>Média</i>	21,7	24,3	22,9	21,0
<i>Máxima</i>	26,9	29,7	30,3	26,6
<i>Mínima</i>	16,9	20,5	14,8	15,8

Fonte: elaborado pela autora.

Durante o inverno a média de TE da casa 2- Subsolo foi a mais elevada com 22,2°C e a casa 4 – Externa foi a que teve a menor média com TE de 18,8°C (tabela 10). A Casa 3- Forro de PVC teve a maior máxima com 30,0° e também a menor mínima, com 11,3°C, resultando em uma amplitude de 18,7°C. A Casa 2- Subsolo foi a que teve a menor amplitude entre a máxima durante o inverno e a mínima, sendo ela de 9,2°C, mostrando que não houve grande variação do índice nessa residência durante o inverno.

Todas as médias puderam ser classificadas como “pouco frio”. Em relação as mínimas de TE as casas 1- Alvenaria, 3- Forro de PVC e 4- Externa foram classificadas como “frio”, sendo que apenas a Casa 2- Subsolo estava na faixa do “pouco frio”. Em comparação com as máximas, a da Casa 4- Externa estava dentro da faixa do “neutro”, das casas 1- Alvenaria e 2- Subsolo “pouco calor e na casa 3- Forro de PVC, “calor”. É importante frisar que a Casa 3 – Forro de PVC foi a única no estudo a alcançar um conforto térmico classificado como “calor” mesmo na estação mais fria do ano.

Tabela 10- Comparação entre a média do índice TE durante o inverno nas casas 1, 2, 3 e 4.

INVERNO				
TE /Casa	Casa 1- Alvenaria	Casa 2- Subsolo	Casa 3- Forro de PVC	Casa 4 - Externa
<i>Média</i>	19,8	22,2	20,6	18,8
<i>Máxima</i>	26,6	27,5	30,0	24,8
<i>Mínima</i>	12,9	18,5	11,3	12,4

Fonte: elaborado pela autora.

Na primavera, a análise permitiu observar que a casa com a média mais elevada foi a Casa 2- Subsolo, com 23,8°C, e menor aconteceu na Casa 4- Externa, com 21,6°C, uma diferença de 2,2°C (tabela 11). A máxima mais elevada foi registrada na Casa 3- Forro de PVC com 30,9°C e a mais reduzida na Casa 4- Externa novamente, com 27,1°C. Em relação a TE mínima a mais elevada ocorreu na Casa 1- Alvenaria com 16,5°C e a mais reduzida ocorreu nas casas 2- Subsolo e 3- Forro de PVC, ambos com 15,4°C.

Durante a primavera, todas as médias foram classificadas como “pouco frio” pelas faixas de conforto térmico para o índice TE e as mínimas como “frio”. A máxima das casas 1- Alvenaria, 2- Subsolo e 4- Externa foram classificadas como “pouco calor”, enquanto a Casa 3- Forro de PVC foi classificada como “calor”.

Tabela 11- Comparação entre a média do índice TE durante a primavera nas casas 1, 2, 3 e 4.

PRIMAVERA				
TE /Casa	Casa 1- Alvenaria	Casa 2- Subsolo	Casa 3- Forro de PVC	Casa 4 - Externa
Média	21,9	23,8	23,4	21,6
Máxima	27,3	27,7	30,9	27,1
Mínima	16,5	15,4	15,4	16,1

Fonte: elaborado pela autora.

Na análise sazonal e na Figura 61 observamos que nas estações de transição e no inverno a Casa 2- Subsolo foi a que teve as maiores médias, porém não teve as máximas mais elevadas.

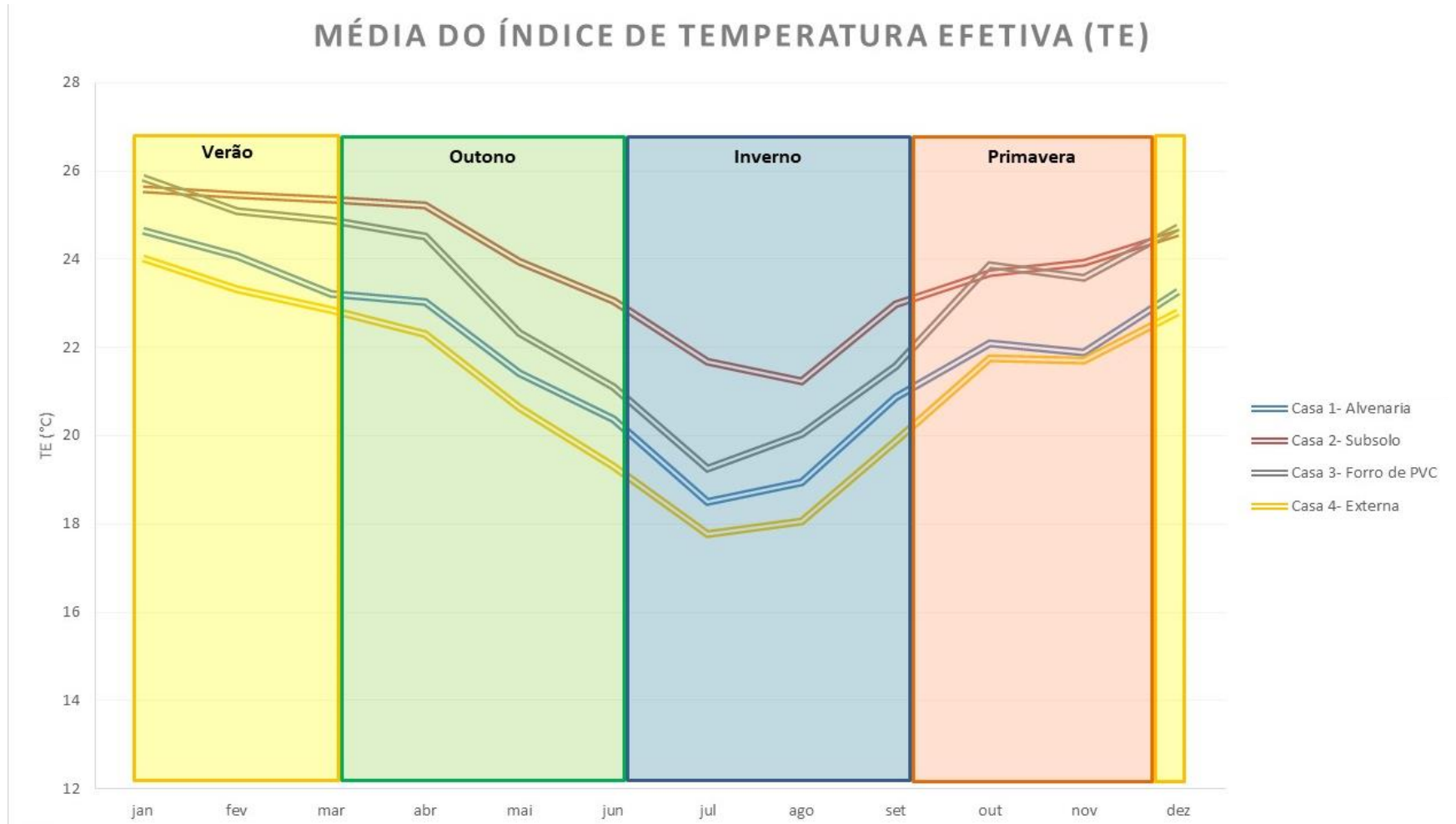


Figura 61- Gráfico da média do índice TE variando com as estações do ano de 2019. Fonte: elaborado pela autora.

### 6.7.3 PMV

Na análise do índice PMV o verão foi a estação em que as residências mais apresentaram desconforto para o calor, como mostra a figura 62. O período entre os dias 25/01 e 03/02 foram os que apresentaram maior desconforto para o calor em todas as residências. A Casa 1- Alvenaria foi a que apresentou maior desconforto durante esse período. Na primeira quinzena de março a Casa 3- Forro de PVC foi a que apresentou o maior desconforto para o calor. Nessa estação, a casa mais próxima a neutralidade térmica foi a Casa 4- Externa. Assim como mencionado nos procedimentos metodológicos, ressaltamos que os dados da Casa 3- Forro de PVC apenas aparecem na figura 62 a partir do mês de março por motivos de falha técnica do instrumento instalado na residência.

No outono, estação de transição, as casas mais se aproximaram da neutralidade térmica foram a Casa 1- Alvenaria e a Casa 4- Externa (figura 63). Porém na parte final do outono, a Casa 2- Subsolo foi a que teve maior proximidade com a neutralidade, sendo que as demais residências apresentaram um desconforto para o frio, especialmente entre os meses de maio e junho.

A Casa 2- Subsolo durante o inverno, quando comparada as demais residências, se manteve a mais próxima da neutralidade térmica, porém nessa estação todas as casas apresentaram desconforto para o frio (figura 64). As medições de desconforto para calor mais elevadas ocorreram na Casa 3- Forro de PVC. Os extremos de desconforto para o frio ocorreram nas casas 1- Alvenaria, 3- Forro de PVC e 4- Externa. A Casa 2- Subsolo foi a que apresentou menor amplitude de conforto térmico.

Na figura 65 é possível ver que a Casa 3- Forro de PVC foi a que teve os maiores extremos de desconforto para o calor durante a primavera. A Casa 4- Externa teve os maiores extremos de desconforto para o frio, nos meses de setembro e outubro, porém com medições muito próximas as das casas 1- Alvenaria e 3- Forro de PVC. Nessa estação, todas as casas apresentaram algum desconforto térmico para o calor e para o frio.



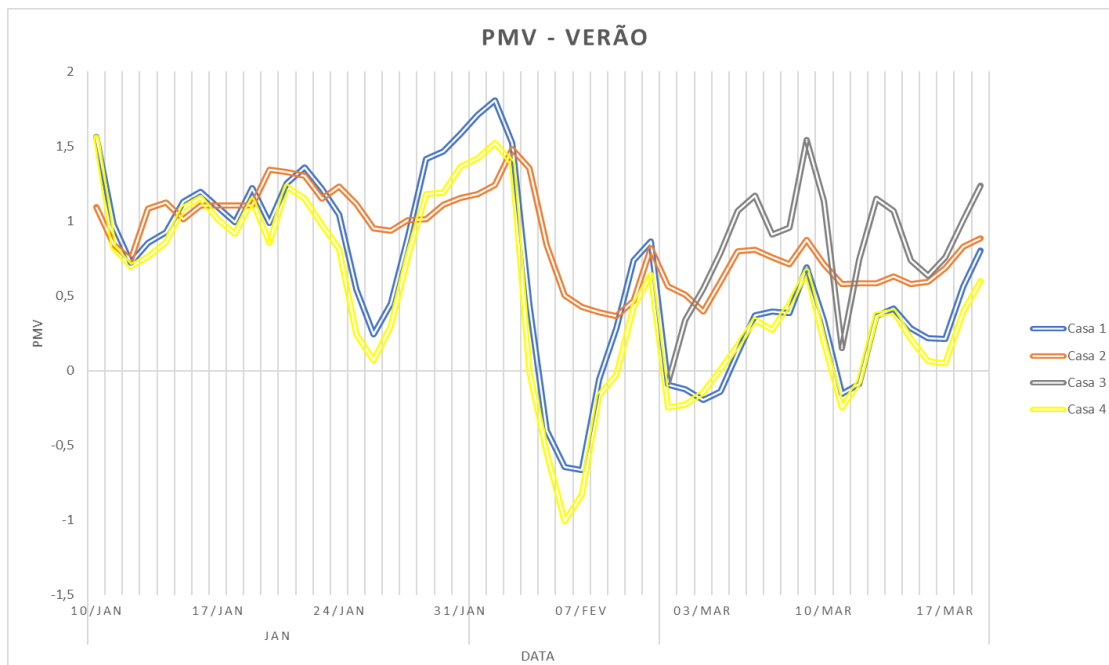


Figura 62- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante o verão. Fonte: elaborado pela autora.

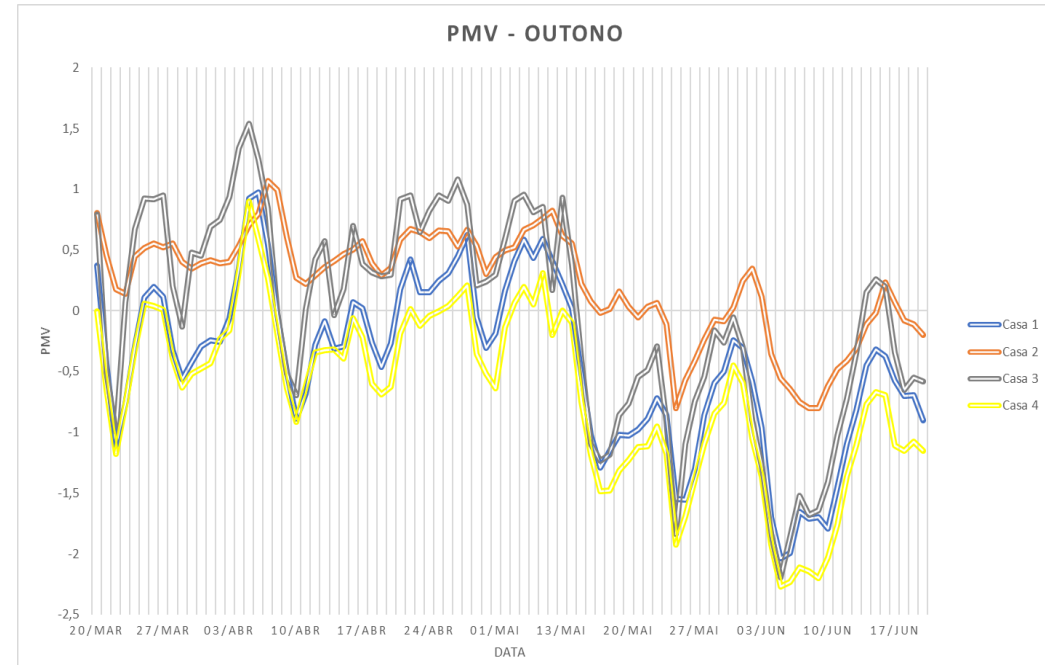


Figura 63- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante o outono. Fonte: elaborado pela autora.

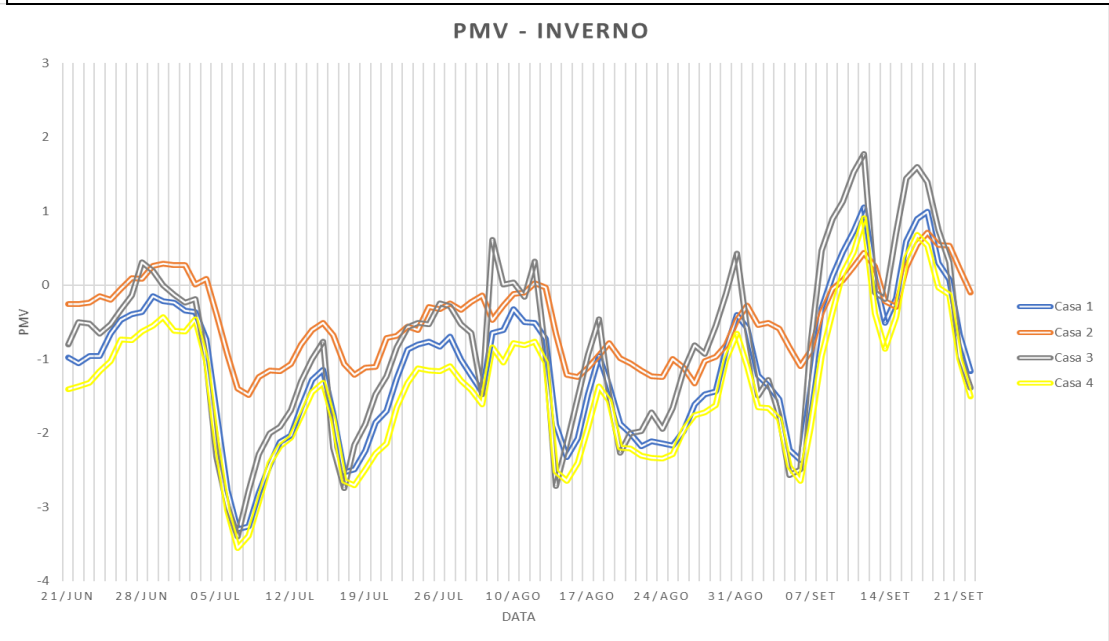


Figura 64- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante o inverno. Fonte: elaborado pela autora.

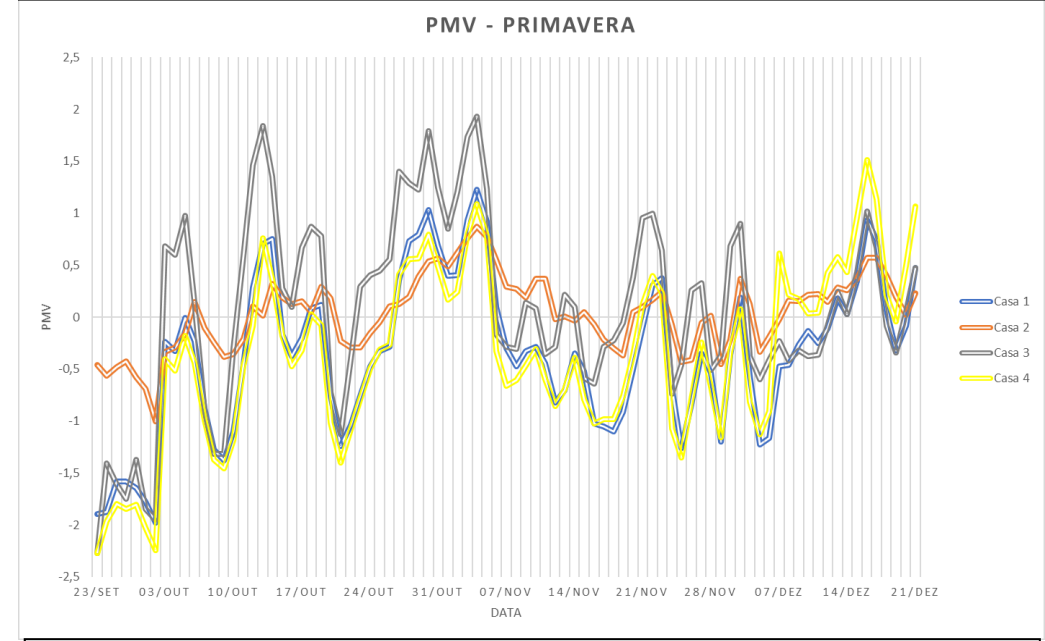


Figura 65- Gráfico do índice PMV das casas 1, 2, 3 e 4 durante a primavera. Fonte: elaborado pela autora.



## **6.7.4 Método adaptativo ASHRAE 55**

### **6.7.4.1 Verão**

A casa 2- Subsolo foi a que teve o maior número de medições classificadas como confortáveis durante o verão, porém as apresentou próxima a faixa de limite de conforto, com uma tendência de desconforto para o calor (figura 67). A Casa 1- Alvenaria teve a maior parte das medições dentro dos limites de conforto térmico, mas algumas das medições apresentaram desconforto para o calor (figura 66).

A Casa 3- Forro de PVC, quando comparada as demais residências, foi a que apresentou o maior número de medições desconfortáveis para o calor, apresentando também os valores mais elevados de desconforto (figura 68). A Casa 4- Externa teve uma maioria de dados dentro do limite do conforto térmico, todavia apresentou diversas medições de desconforto para o calor (figura 69). Portanto, é possível dizer que para o modelo adaptativo da ASHRAE 55 a casa mais confortável durante o verão foi a Casa 2- Subsolo e a mais desconfortável foi a Casa 3- Forro de PVC. Para o verão, todas as residências apresentaram dados de desconforto para o calor, corroborando o encontrado por Utimura (2011), que encontrou nessa mesma estação do ano, desconforto para o calor e umidade em todas as residências em análise.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA - VERÃO

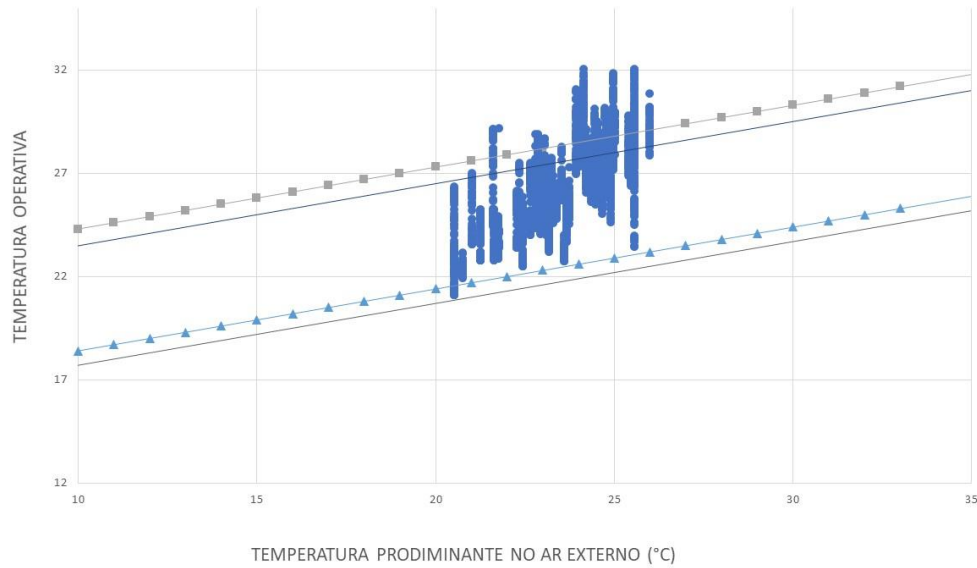


Figura 66- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1- Alvenaria para o verão. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 2 - VERÃO

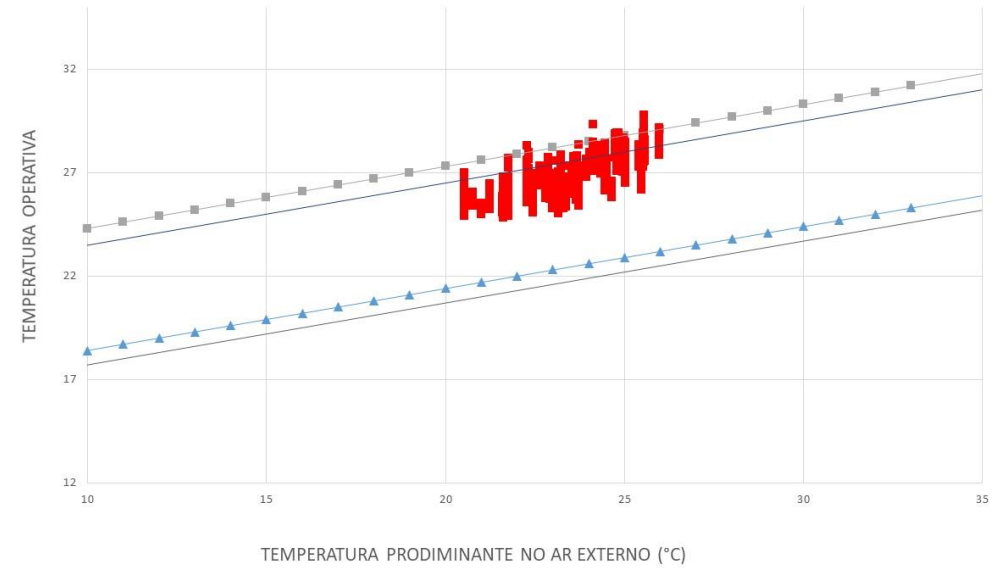


Figura 67- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2- Subsolo para o verão. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 3 - VERÃO

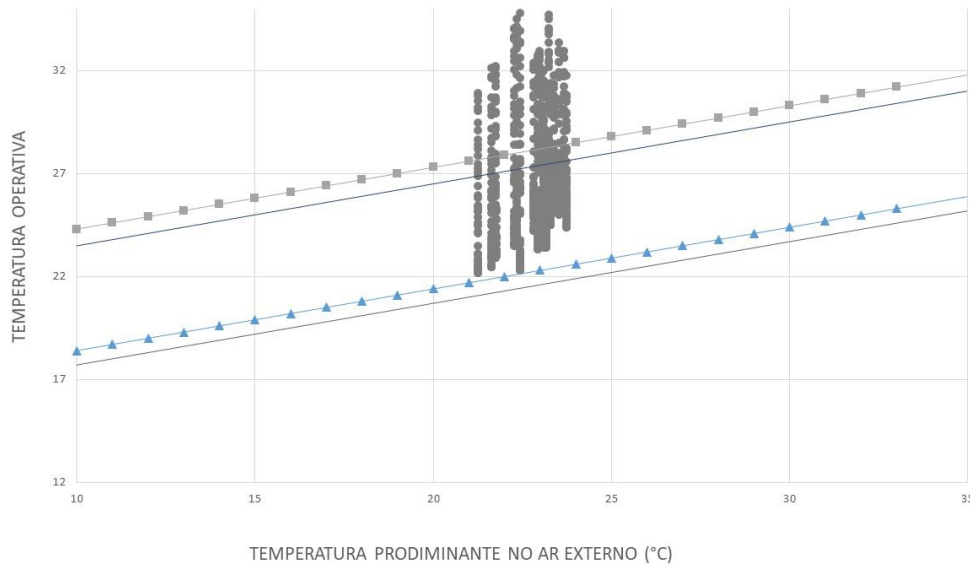


Figura 68- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 3- Forro de PVC para o verão. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 4 - VERÃO

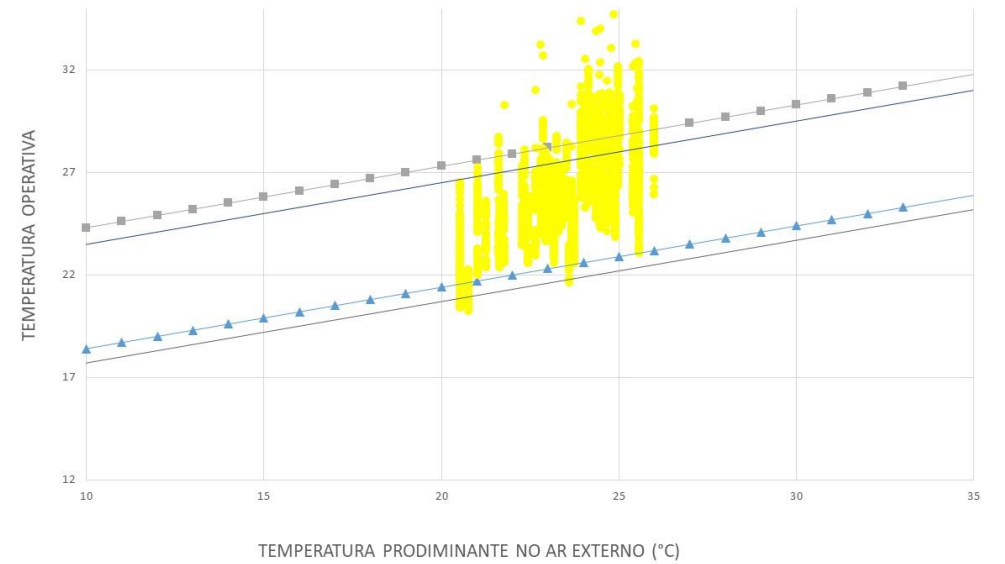


Figura 69- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4- Externa para o verão. Fonte: elaborado pela autora.

#### 6.7.4.2 Outono

Durante o outono, a Casa 1- Alvenaria teve uma maioria de classificação dentro dos limites do conforto térmico, com algumas medições estando fora, com desconforto para o frio (figura 70). A Casa 2- Subsolo teve quase todas as suas medições classificadas como confortáveis no outono, com poucas medições estando desconfortáveis para o calor (figura 71).

A Casa 3- Forro de PVC, assim como no verão, foi a que apresentou o maior número de dados fora dos limites de conforto propostos pela metodologia, com desconforto tanto para o calor como para o frio (figura 72). Mesmo com medições desconfortáveis para o frio e calor, a Casa 4- Externa teve a maioria de seus dados classificadas dentro do limite do confortável (figura 73). Pode-se dizer então que a casa mais confortável no outono é, assim como no verão, a Casa 2- Subsolo e a casa mais desconfortável é Casa 3- Forro de PVC.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 1 - OUTONO

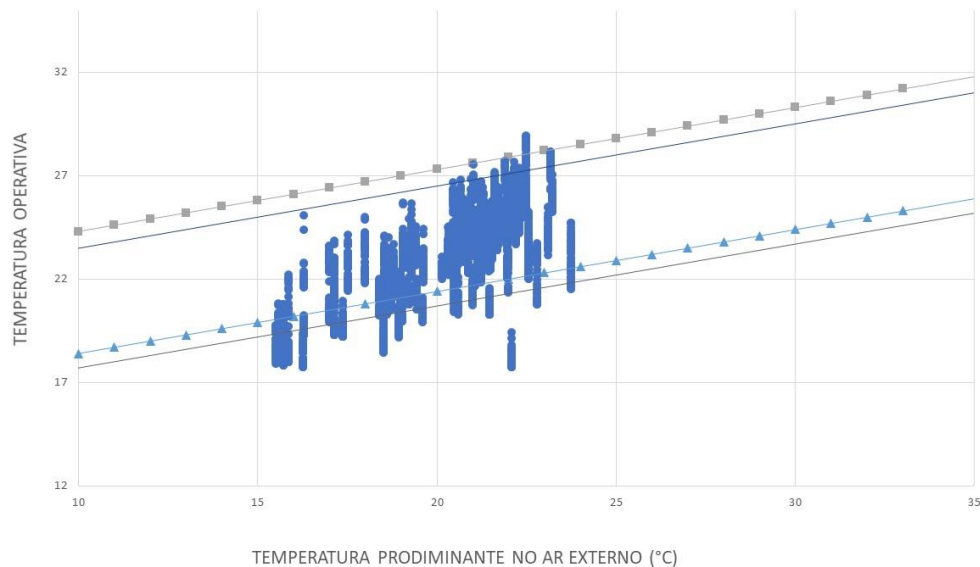


Figura 70- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1- Alvenaria para outono. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 2 - OUTONO

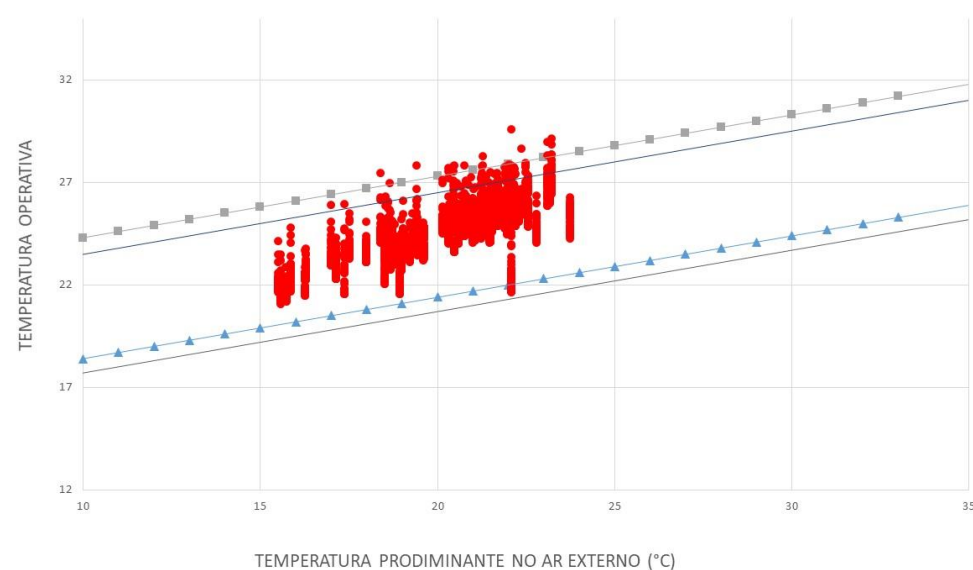


Figura 71- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2- Subsolo para outono. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 3 - OUTONO

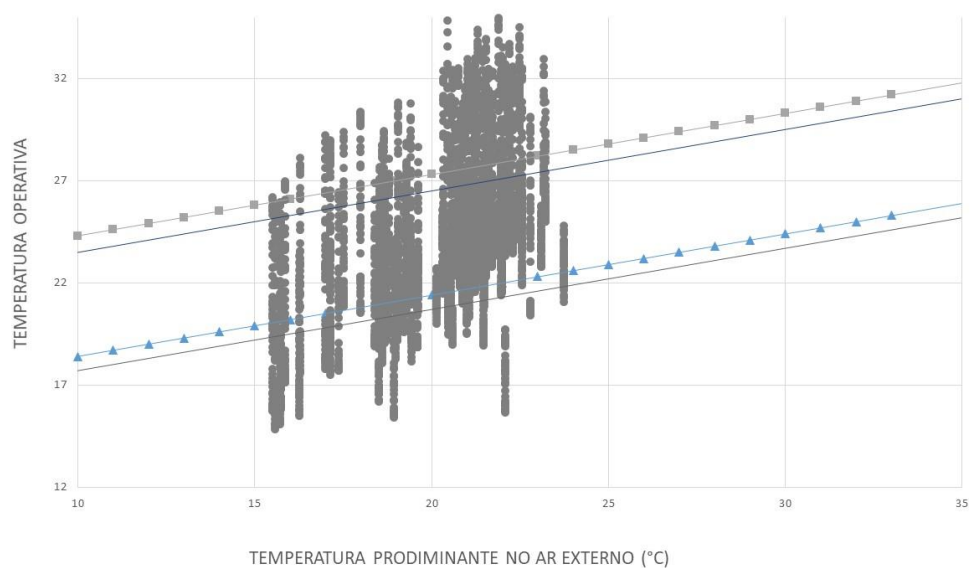


Figura 72- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2- Forro de PVC para outono. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 4 - OUTONO

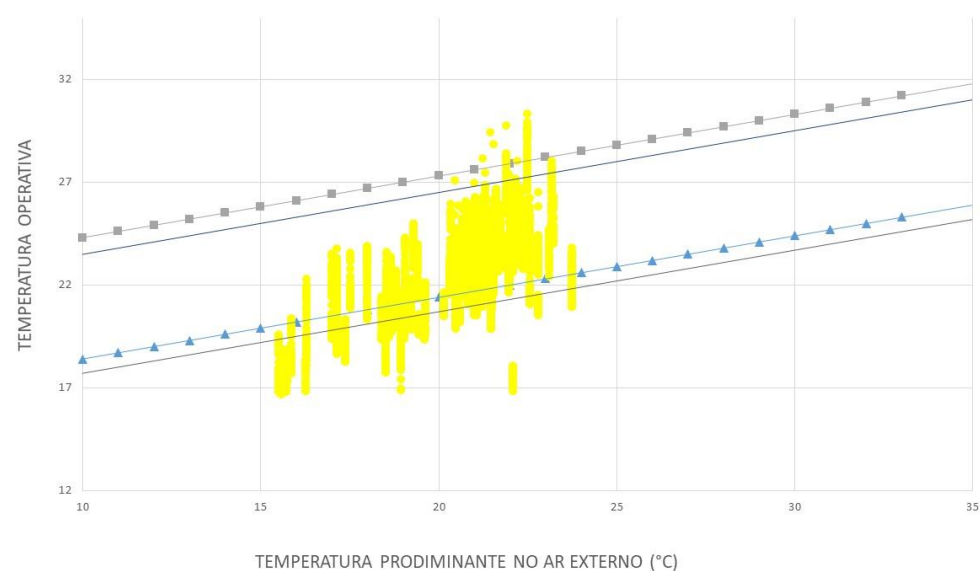


Figura 73- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4- Externa para outono. Fonte: elaborado pela autora.

#### 6.7.4.3 Inverno

No inverno, a Casa 1- Alvenaria apresentou poucas medições fora do limite do confortável para o calor, também ocorreu o desconforto para o frio, porém a maior parte das medições se estiveram dentro do limite do conforto térmico (figura 74). A Casa 2- Subsolo teve todas as suas medições dentro dos limites de conforto térmico propostas pelo índice (figura 75).

A Casa 3- Forro de PVC teve no inverno um desempenho similar as demais estações do ano com dados espalhados, estando em grande quantidade fora dos limites de conforto térmico, tanto para o calor, como para o frio (figura 76). A Casa 4- Externa também teve medições com desconforto tanto para o calor, como pra o frio, porém as com desconforto para o frio foram mais numerosas (Figura 77). Ainda assim, a maior quantidade de medições foi classificada como confortável. Novamente, a casa mais confortável durante o inverno foi a Casa 2- Subsolo e a casa mais desconfortável foi a Casa 3- Forro de PVC. Essa casa corrobora o encontrado por Utimura (2011) que encontrou durante o inverno casas no ambiente de favela em que houve desconforto para o frio, porém predominaram as condições de conforto térmico. As demais residências diferem desses resultados, tendo uma grande quantidade de dados fora dos limites de conforto.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 1 - INVERNO

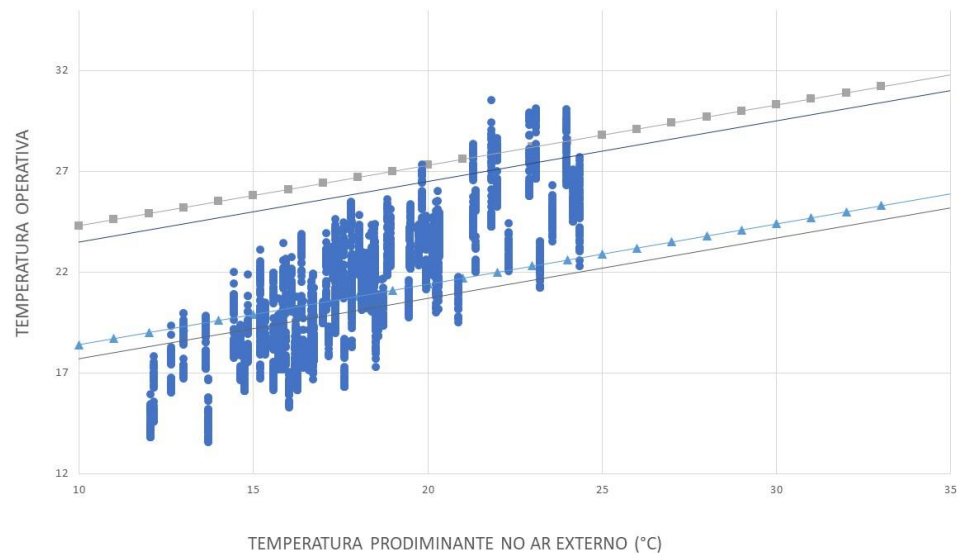


Figura 74- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1- Alvenaria para o inverno. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 2 - INVERNO

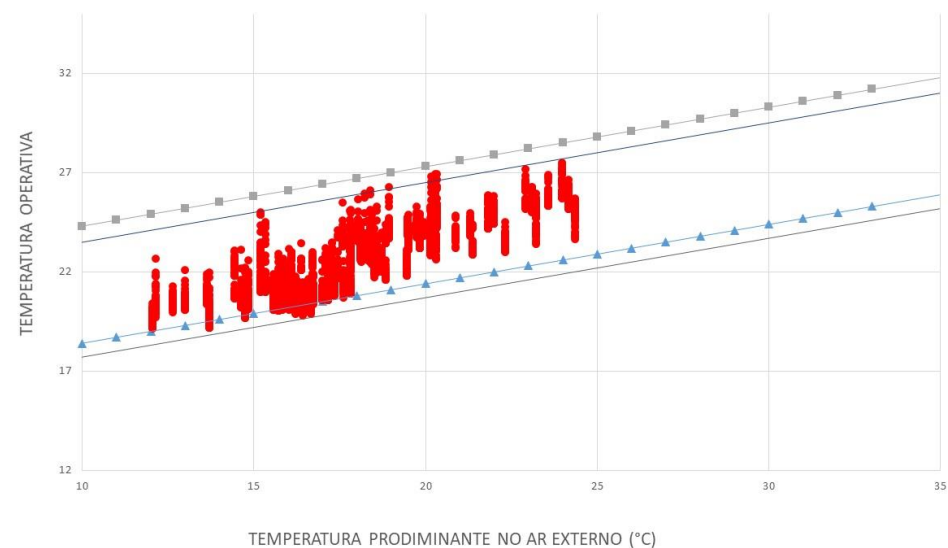


Figura 75- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2- Subsolo para o inverno. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 3 - INVERNO

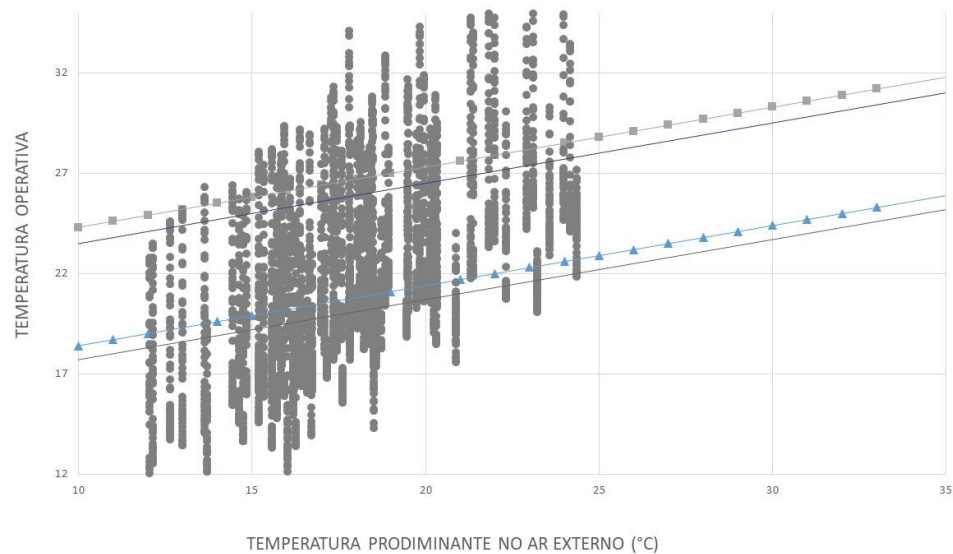


Figura 76- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 3- Forro de PVC para o inverno. Fonte: elaborado pela autora

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 4 - INVERNO

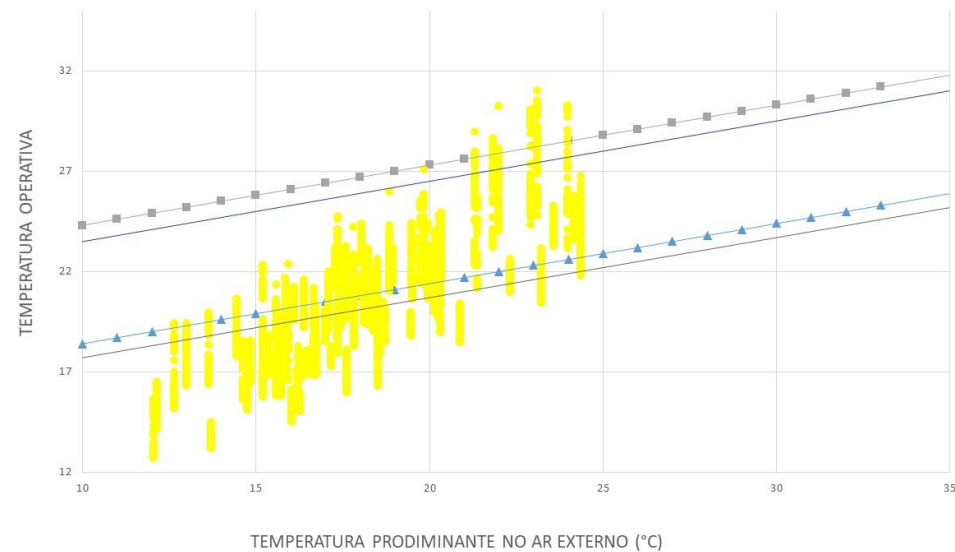


Figura 77- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4- Externa para o inverno. Fonte: elaborado pela autora.

#### 6.7.4.4 Primavera

Quando comparado as demais estações do ano, as estações de transição (outono e primavera) foram as que as casas em análise apresentam maior conforto térmico. A Casa 1- Alvenaria, teve seus resultados bastante concentrados dentro dos limites do conforto térmico, com poucas medições classificadas como desconfortáveis para o frio e para o calor (figura 78). A Casa 2-Subsolo, assim como no inverno, não apresentou nenhuma medição classificada como desconfortável (figura 79).

A Casa 3- Forro de PVC apresentou uma grande quantidade de medições fora dos limites de conforto e com desconforto para o calor. Foram poucas as que estavam fora do limite inferior e muitas ficaram dentro do limite do confortável (figura 80). A Casa 4- Externa teve nessa estação do ano um de seus melhores desempenhos com poucas medições de desconforto para o calor e para o frio e numerosas dentro dos limites superior e inferior (figura 81). Assim como nas demais estações do ano, a Casa 2- Subsolo foi a que teve os melhores resultados de conforto térmico e Casa 3- Forro de PVC foi a com os piores resultados. A análise sazonal corrobora o encontrado por Oliveira et al. (2016), mostrando que a maior probabilidade de desconforto por calor ocorre nas estações de primavera e verão.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 1 - PRIMAVERA

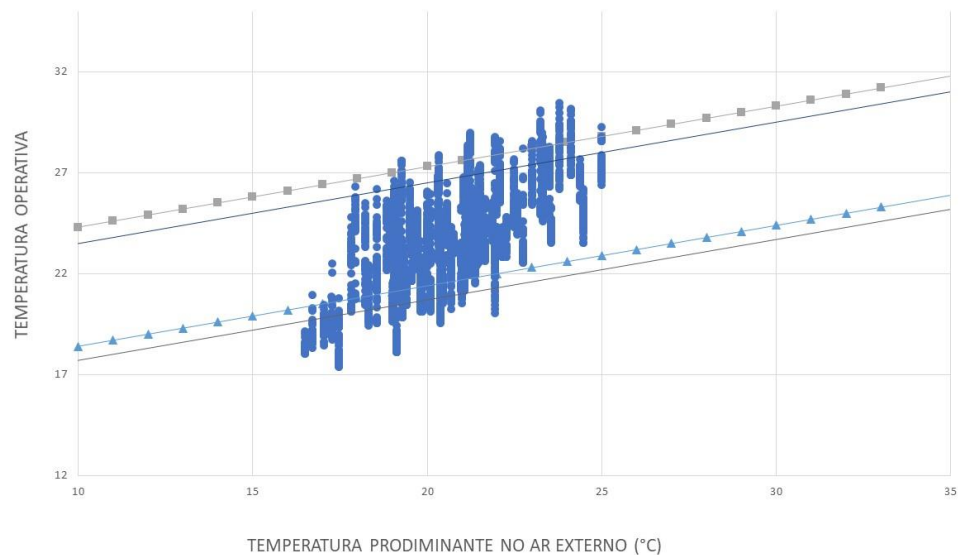


Figura 78- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 1- Alvenaria para a primavera. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 2 - PRIMAVERA

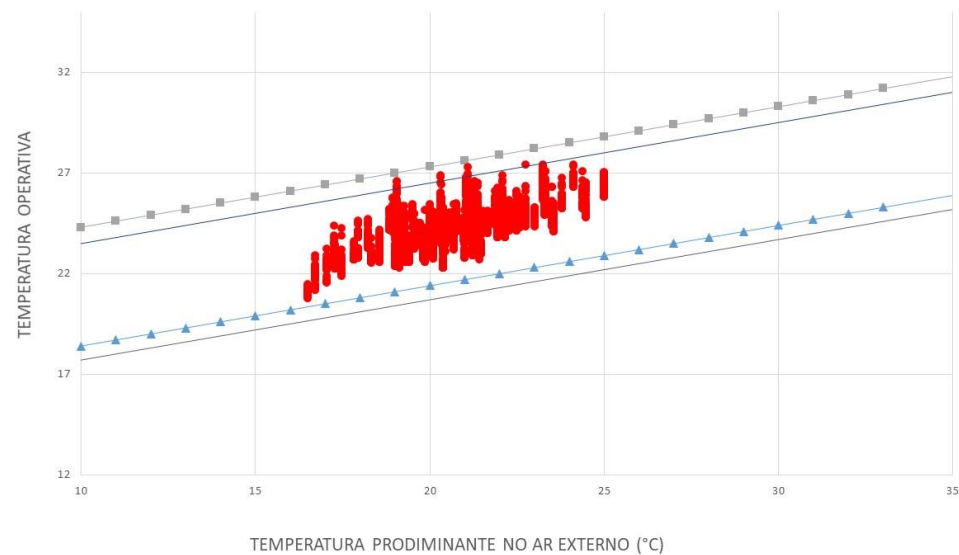


Figura 79- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 2- Subsolo para a primavera. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 3 - PRIMAVERA

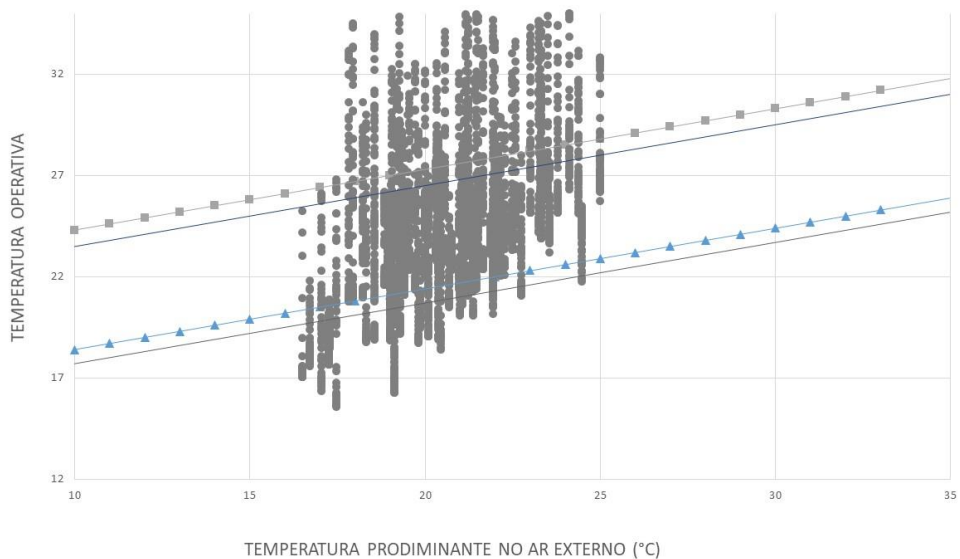


Figura 80- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 3- Forro de PVC para a primavera. Fonte: elaborado pela autora.

CONFORTO ADAPTATIVO ASHRAE 55 - CASA 4 - PRIMAVERA

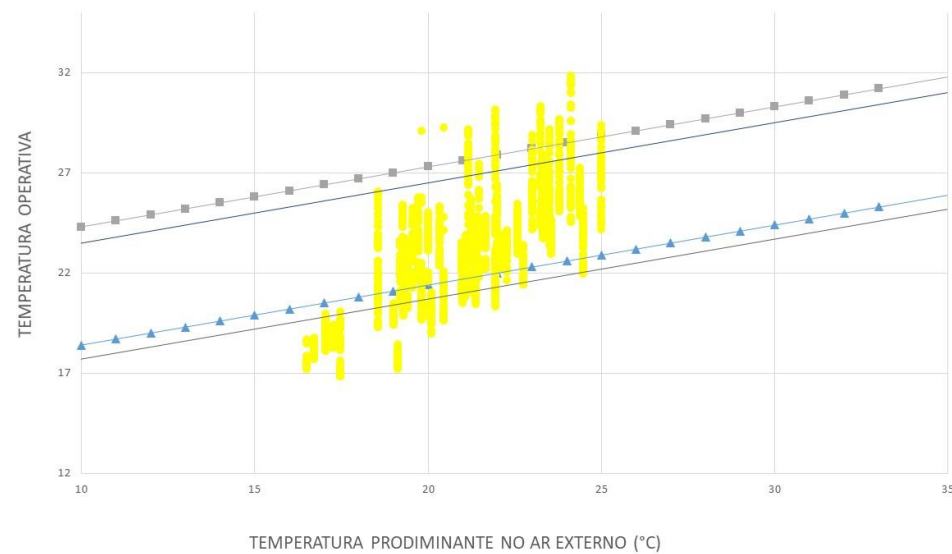


Figura 81- Gráfico de conforto adaptativo da ASHRAE 55 da Casa 4- Externa para a primavera. Fonte: elaborado pela autora.



## 6.8 ANÁLISE EPISÓDICA

Para essa análise foram selecionados um dia do verão (03/02/2019) e um dia do inverno (08/07/2019) para uma análise mais detalhada do desempenho da temperatura do ar, umidade relativa do ar e TE, PMV e modelo adaptativo da ASHRAE 55.

### 6.8.1 Temperatura do ar

A análise dos dados de temperatura do ar na data de verão mostrou que a Casa 3- Forro de PVC foi a que demonstrou as mais elevadas temperaturas durante a maior parte do dia (Figura 82). A casa atingiu a temperatura máxima de 36,4°C às 13h30min. Neste mesmo horário as demais residências se encontravam próximas aos 30°C. A temperatura mínima dentre as casas analisadas aconteceu na Casa 4- Externa com 25,3°C no período das 22h30min às 23h00min. Das 10h00min às 13h00min a EMA apresentou temperaturas do ar semelhantes as das casas em estudo. Porém, nos demais horários, teve temperaturas inferiores, com mínima de 21,5°C às 4h30min.

Na análise do dia de inverno, é possível observar que a Casa 2- Subsolo foi a que permaneceu com as temperaturas do ar mais elevadas durante 18 horas do dia, sendo superada pela Casa 3- Forro de PVC durante o período das 11h30min até as 17h30min (Figura 83). A temperatura máxima e mínima foi registrada na Casa 3- Forro de PVC, sendo a máxima de 23,9°C às 13h30min e a mínima de 11,4°C às 7h00min, ou seja, a casa apresentou uma amplitude térmica de 12,5°C.

A temperatura máxima durante o verão e o inverno ocorreu na Casa 3- Forro de PVC, sendo a primeira de 36,4°C e a segunda de 23,9°C (Tabela 12). A temperatura média mais elevada no verão também ocorreu na Casa 3- Forro de PVC, porém, durante o inverno a Casa 2- Subsolo foi a que apresentou a maior média. Em relação as temperaturas mínimas, a Casa 2- Subsolo teve a mais elevada durante o inverno e o verão. Na Casa 4- Externa foram medidas as mais reduzidas temperaturas média e mínima durante o verão e a menor média e máxima durante o inverno, apresentando assim o melhor isolamento térmico dentre as casas analisadas.

O horário de maior aquecimento da Casa 3- Forro de PVC durante o inverno e o verão foi às 13h30min. A temperatura mínima no verão ocorreu na Casa 4- Externa as 22h30min. A temperatura mínima aconteceu na Casa 3- Forro de PVC aproximadamente às 7h00min. É relevante que a EMA atingiu o máximo de temperatura do ar as 11h30min no verão, ou seja, 2h00min antes do que no ambiente fechado da Casa 3- Forro de PVC.

A Casa 3- Forro de PVC foi a que teve a média de temperatura do ar mais elevada durante o verão com 30,5°C e a Casa 4- Externa teve a menor média com 28,8°C (tabela 2). No dia de inverno, a Casa 2- Subsolo teve a maior média de temperatura do ar com 19,9°C e a Casa 4- Externa teve a menor com 14,2°C.

De acordo com Sant'Anna Neto (2011) dias de verão costumam ter temperaturas elevadas como no dia de verão em análise, chegando facilmente aos 35°C. Quando esse calor é somado ao calor das coberturas de fibrocimento, a temperatura interna pode chegar a 45°C. Isso corrobora as elevadas temperaturas encontradas especialmente na Casa 3- Forro de PVC que apresenta uma cobertura escurecida feita do material citado.

Tabela 12- Temperatura do ar média, máxima e mínima nas casas em estudo.

<b>Casas</b>	Temperatura (°C) - <b>Verão</b>			Temperatura (°C) - <b>Inverno</b>		
	<b>Média</b>	<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>	<b>Média</b>	<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>
Casa 1- Alvenaria	29,1	28,0	30,6	14,5	13,7	15,8
Casa 2- Subsolo	28,9	28,6	30,5	19,9	19,2	20,6
Casa 3- Forro de PVC	30,5	27,9	36,4	16,6	11,4	23,9
Casa 4 - Externa	28,8	25,8	31,7	14,2	12,7	15,4

Fonte: Trabalho de campo

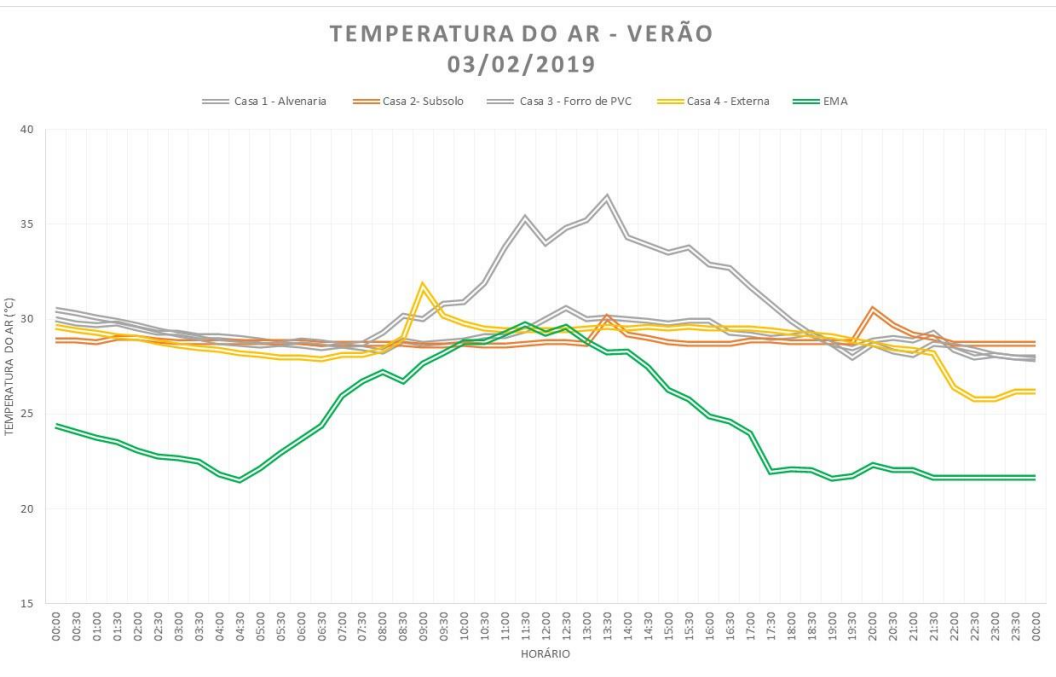


Figura 82- Gráfico de temperatura do ar média no dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora.

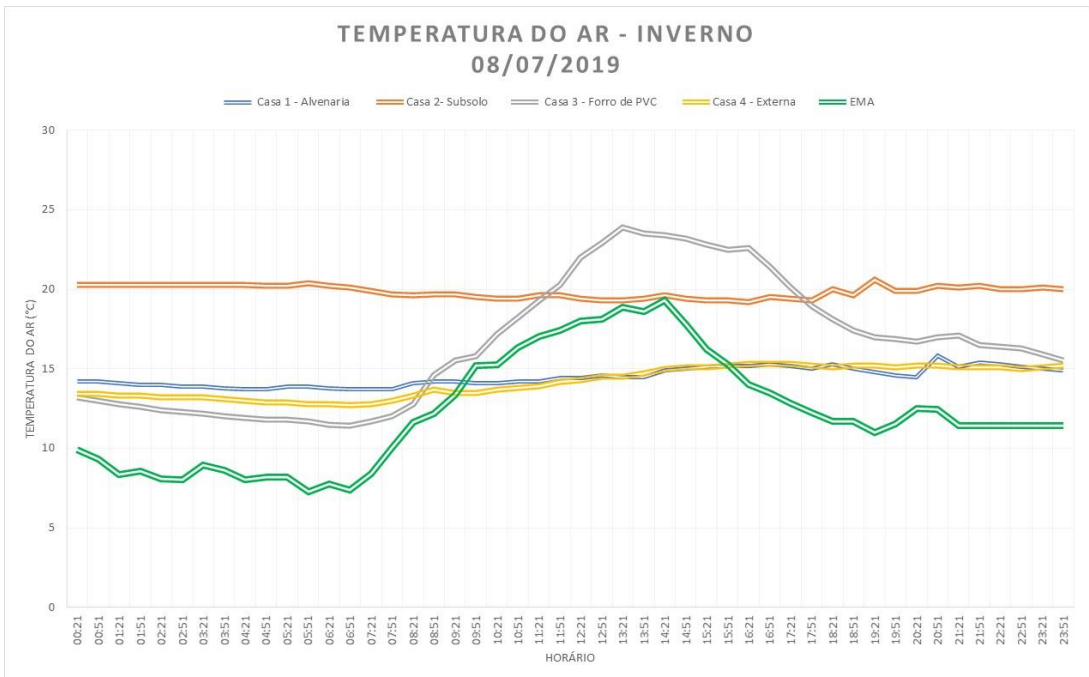


Figura 83- Gráfico de temperatura do ar média no dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora.

### 6.8.2 Umidade relativa do ar

Durante o dia de verão, de madrugada até as 6h30min, a EMA teve a UR mais elevada, alcançando 96% as 5h00min (figura 84). Dentre as residências, a UR mais elevada ocorreu na Casa 2 – Subsolo durante todas as horas do dia, sendo a UR máxima de 92% as 20h00min. A UR mínima ocorreu na EMA às 18h00min com 23%. A residência com menor UR foi a Casa 3- Forro PVC sendo que esta ocorreu as 13h30min com 47,3%. As casas 1- Alvenaria e 4- Externa tiveram desempenhos semelhantes.

No dia de inverno, até as 8h00min, a maior UR estava na EMA, variando de 88 até 97% (figura 85). Na comparação entre as residências, assim como no dia de verão, a Casa 2- Subsolo foi a que apresentou as maiores URs, com máxima de 94,2% as 18h30min. A menor UR entre as residências ocorreu na Casa 3 – Forro PVC com 51,6% as 14h30min. A EMA foi a que apresentou a maior amplitude higríca variando de 97 a 41%, ou seja, uma amplitude de 56%. A Casa 2- Subsolo se manteve estável, tendo a menor amplitude higríca.

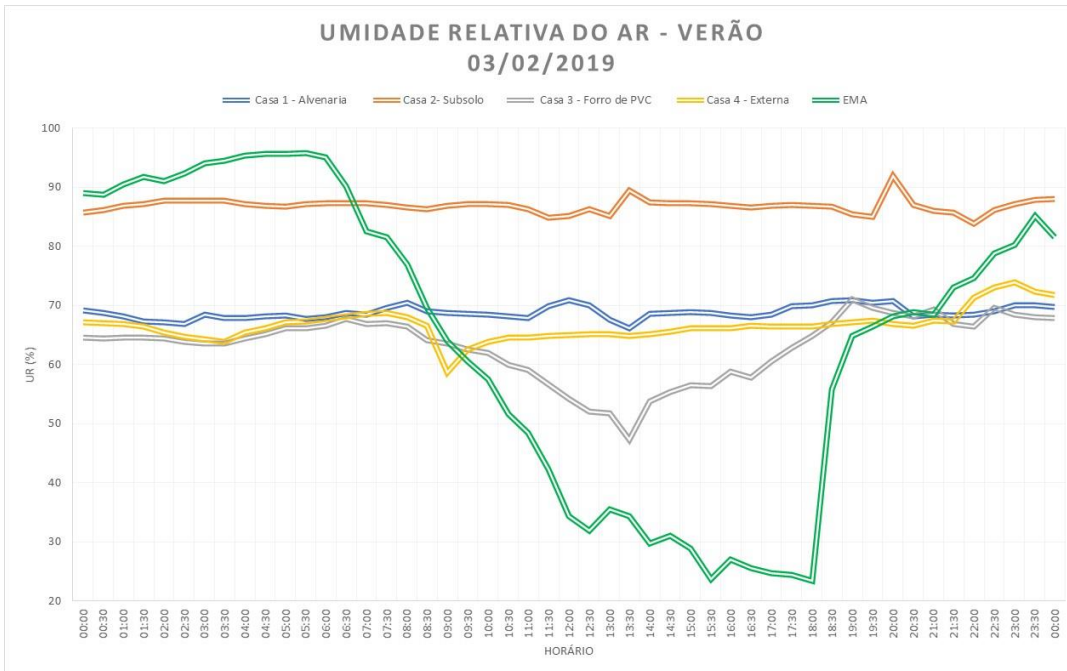


Figura 84- Gráfico da umidade relativa do ar média no dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora.

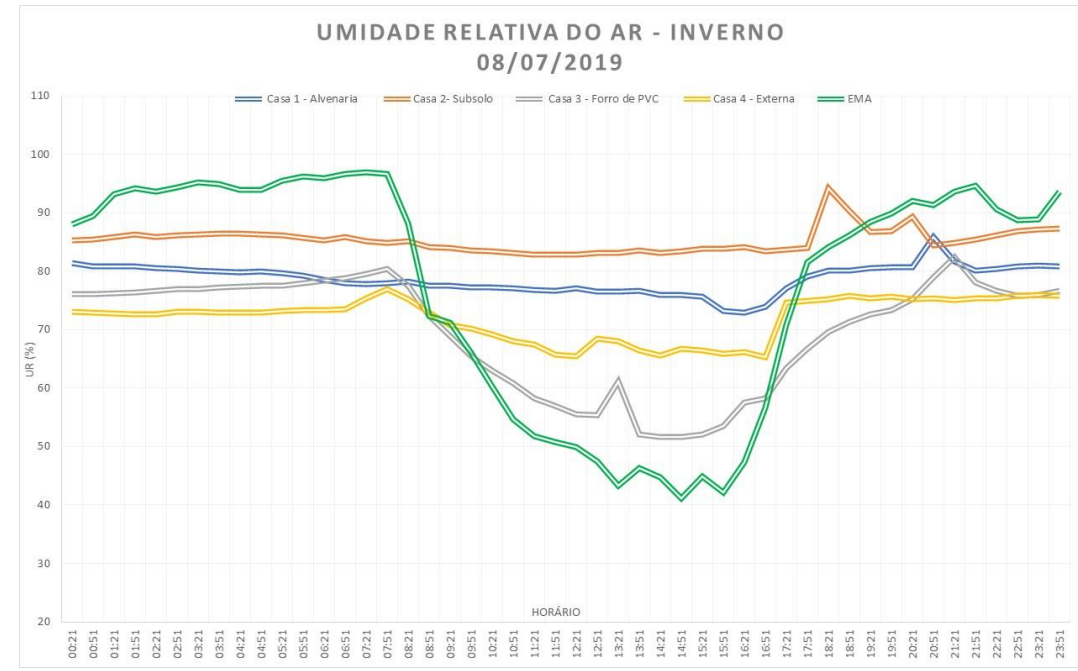


Figura 85- Gráfico da umidade relativa do ar média no dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora.

#### 6.8.4 Índice TE

Na figura 87 podemos observar no dia de inverno com a ação da massa polar na cidade de São Paulo, o conforto térmico pelo índice TE mostrou que as casas 1, 3 e 4 permaneceram a maior parte do dia na faixa do “frio”. Todavia, a Casa 3- Forro de PVC foi a residência que alcançou o TE mais elevado, classificado como “pouco frio” com 21,7°C as 13h30min, permanecendo das 10h30min às 20h00min nessa faixa de conforto. Essa também foi a residência que teve a maior amplitude. A Casa 2- Subsolo se manteve durante o dia todo na faixa do “pouco frio”. Durante a manhã a EMA se encontrava na faixa do “muito frio”, alcançando nas horas mais quentes do dia a faixa do “pouco frio”.

Durante o dia de verão, as residências se mantiveram entre as faixas do neutro e do calor, sendo que a Casa 3- Forro de PVC registrou o TE mais elevado com 31°C (figura 86). Essa casa também foi a que permaneceu durante mais tempo na faixa do “calor”. O horário máximo de TE foi 12h30min na Casa 3- Forro de PVC. O TE mínimo dentre as residências foi medido na Casa 4- Externa, classificado como “neutro” as 6h00min. A EMA variou de “neutro” na madrugada, chegando a pouco calor as 8h00min e se mantendo na faixa “pouco frio” das 15h00min até meia noite.

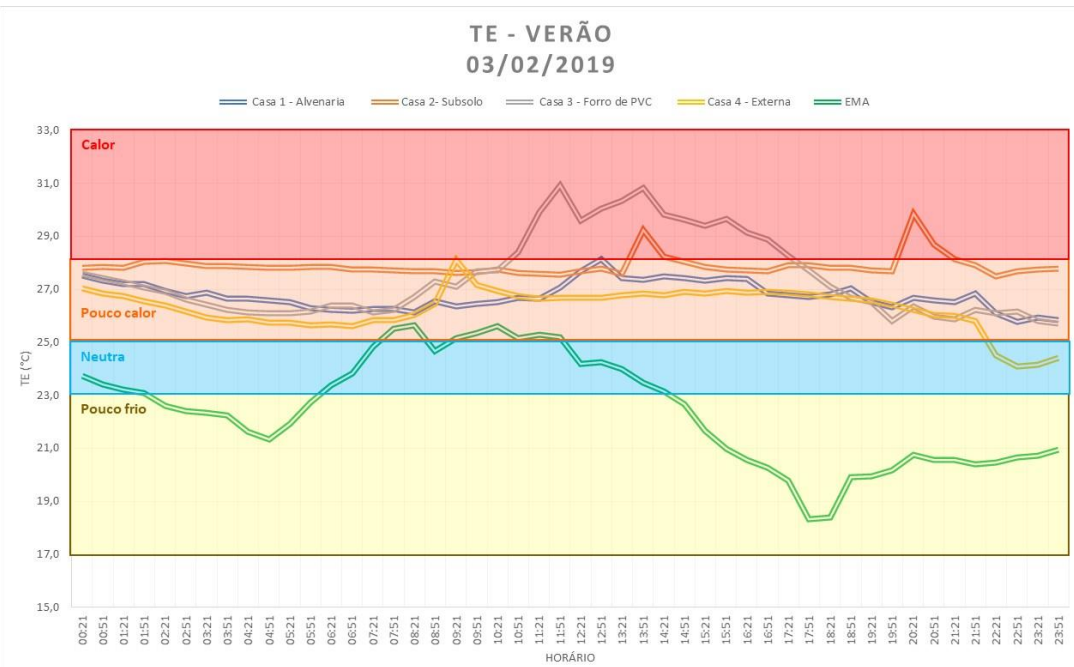


Figura 86- Gráfico da média do índice TE para o dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora.

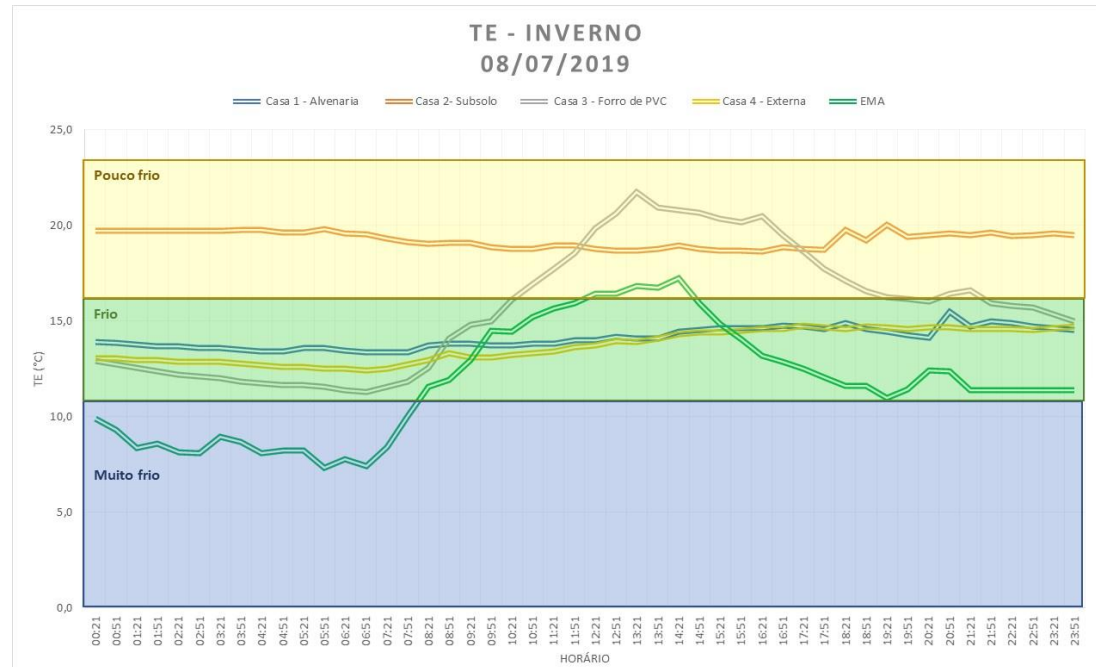


Figura 87- Gráfico da média do índice TE para o dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora.



### 6.8.5 Índice PMV

No PMV, devido a falhas na mensuração da temperatura de globo a Casa 3- Forro de PVC não apresentou dados para o dia de verão. É possível observar na figura 89 que no dia de verão a Casa 2- Subsolo foi a única que atingiu a classificação de conforto “quente” as 12h30min. A Casa 4- Externa foi a que teve mais medições próximas ao “neutro” e a Casa 2- Subsolo teve poucas variações de conforto térmico durante o dia, tendo as medições classificadas entre o “ligeiramente quente” e o “quente”.

No dia 08/07/2019, a Casa 3- Forro de PVC apresentou uma grande amplitude, tendo no começo do dia uma classificação de “muito frio” e alcançando o “ligeiramente frio” nas horas mais quentes do dia (figura 88). Assim como no verão, a Casa 2- Subsolo durante o inverno apresentou pequena amplitude, mantendo a classificação de “ligeiramente frio” durante o dia todo. As casas 1- Alvenaria e 4- Externa tiveram desempenhos semelhantes com a classificação de “muito frio”.

Para o Índice PMV durante o dia de inverno casa que mais se aproximou da neutralidade na maior parte do tempo foi a Casa 2- Subsolo, porém a Casa 3- Forro de PVC apresentou maior proximidade a neutralidade térmica das 12h00min às 18h00min. Todas as casas apresentaram desconforto para o frio. No dia de verão a casa que mais se aproximou da neutralidade foi a Casa 4- Externa, especialmente entre as 2h00min e as 8h30min e após as 19h30min. No período da tarde a casa mais confortável foi a 2- Subsolo.

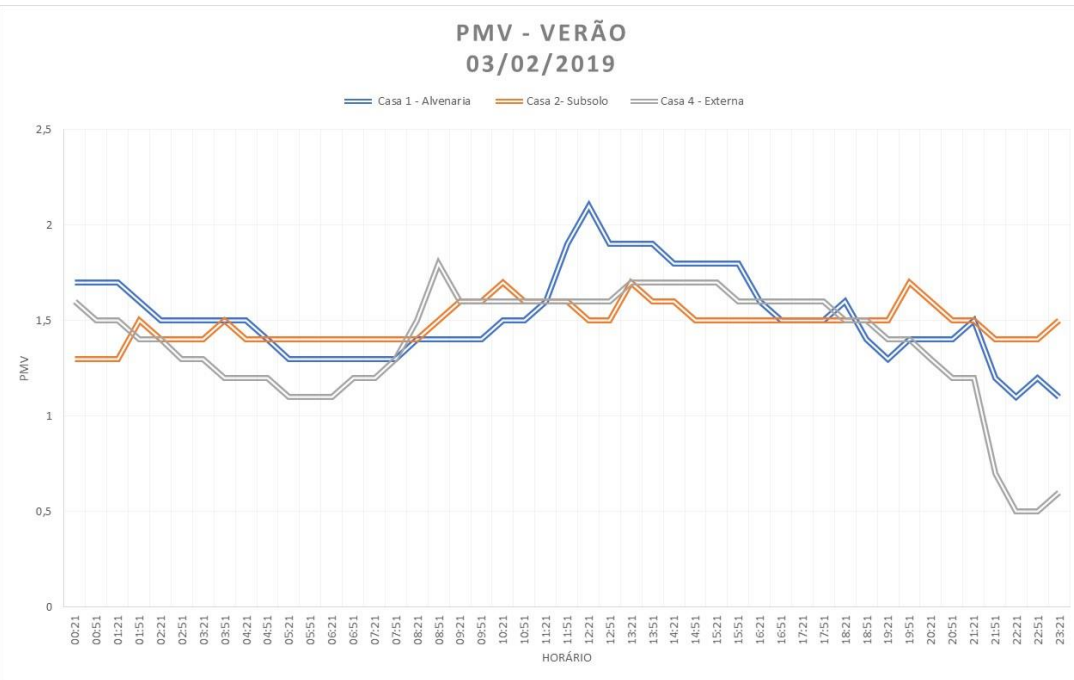


Figura 88- Gráfico do índice PMV para o dia 03/02/2019. Fonte: Elaborado pela autora.

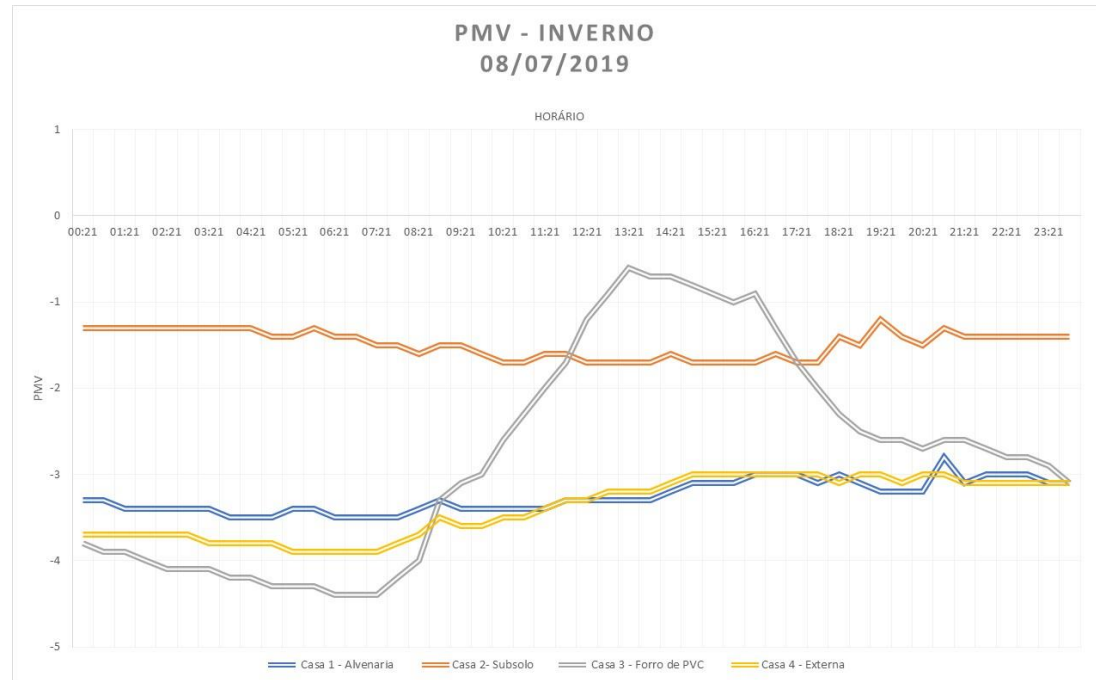


Figura 89- Gráfico do índice PMV para o dia 08/07/2019. Fonte: Elaborado pela autora

### **6.8.6 Modelo adaptativo ASHRAE 55**

A partir do modelo adaptativo proposto pelo método ASHRAE 55 é possível observar que no dia de verão, a Casa 1- Alvenaria foi a que teve a medição mais longe da zona de conforto, estando desconfortável para o calor (figura 90). A Casa 4- Externa teve medições dentro da zona do confortável e medições desconfortáveis de calor. A Casa 2- Subsolo teve a maior parte das medições na zona de limite entre o confortável e o desconfortável para o calor.

No dia de inverno todas as medições da Casa 4-Externa apresentaram desconforto para o frio (figura 91). Porém, foi na Casa 3- Forro de PVC que aconteceu a medição mais afastada dos limites inferiores de conforto térmico. Todavia, essa mesma casa teve também diversas medições que ficaram dentro dos limites de conforto térmico. A Casa 2- Subsolo apresentou condições dentro da faixa de conforto próxima ao limite de conforto para o frio. Os dados da Casa 1- Alvenaria ficaram todos fora dos limites de conforto proposto por esse método.

Portanto, para a análise episódica de aplicação do método adaptativo proposto pela ASHRAE 55 a Casa 2- Subsolo foi a que apresentou a menor amplitude de conforto térmico e teve mais medições dentro da faixa do considerado confortável. É importante ressaltar que esse método não leva em seu cálculo a UR, sendo esse um dos fatores principais que levam ao desconforto da Casa 2- Subsolo.

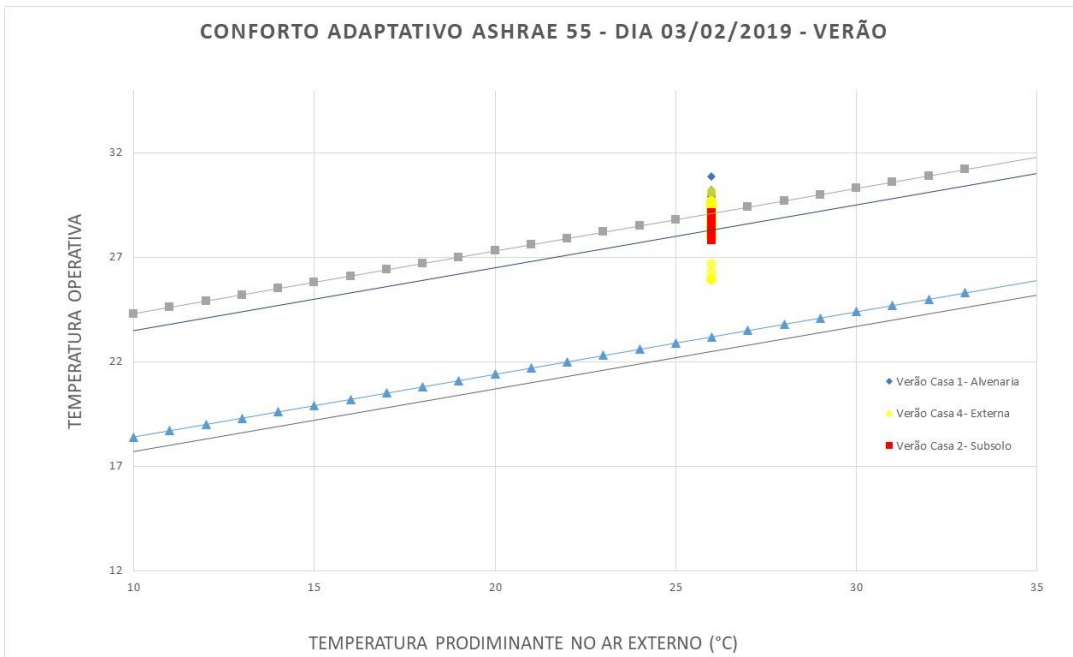


Figura 90- Gráfico do modelo adaptativo da ASHRAE 55 para o dia 03/02/2019. Fonte: elaborado pela autora

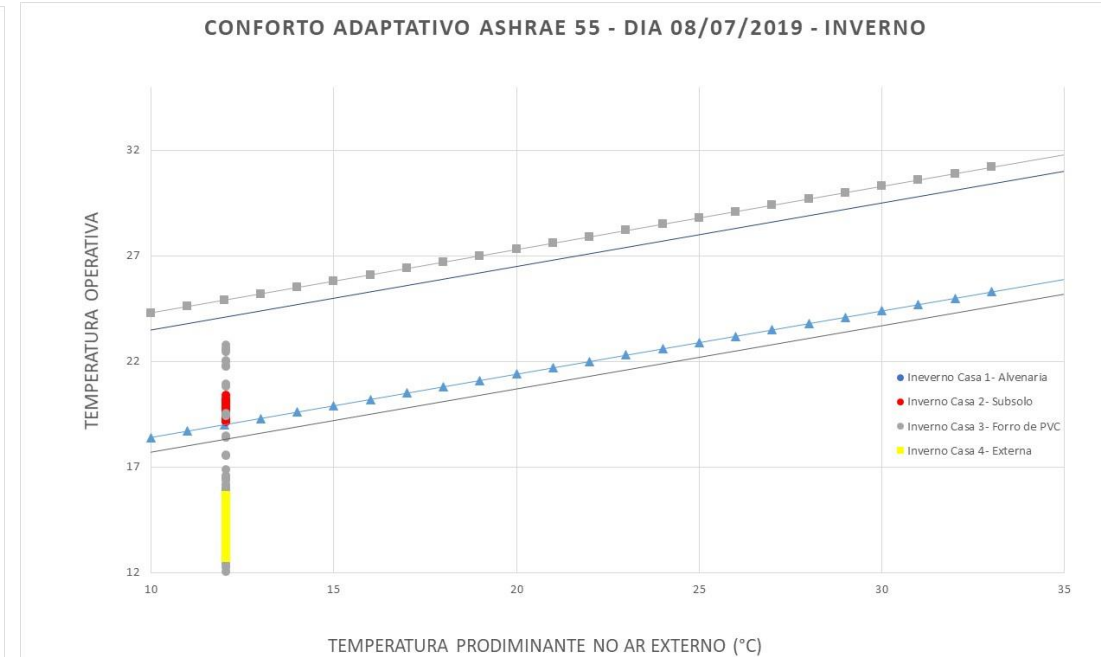


Figura 91- Gráfico do modelo adaptativo da ASHRAE 55 para o dia 08/07/2019. Fonte: elaborado pela autora.

### **6.8.7 Imagem de Satélite e carta sinóptica**

Foram selecionadas imagens de satélite e carta sinóptica dos dias em análise para efeito comparativo entre as escalas microclimática e zonal. Na carta e imagem de satélite do dia 03/02/2019 (verão), havia uma frente fria atuando desde a Província de Santa Fé, na Argentina, passando pelo Rio Grande do Sul e Oceano Atlântico adjacente associada a uma baixa pressão (figuras 92 e 93). Em São Paulo, centro-sul de Minas Gerais e no sul do Rio de Janeiro aumentaram as instabilidades e houve condição para pancadas de chuva acompanhadas de raios a partir do período da tarde, porém apenas ocorreu uma precipitação de 0,6mm. Com o avanço da frente fria e o estabelecimento da alta pós-frontal, intensificou-se as condições para chuvas frequentes na região.

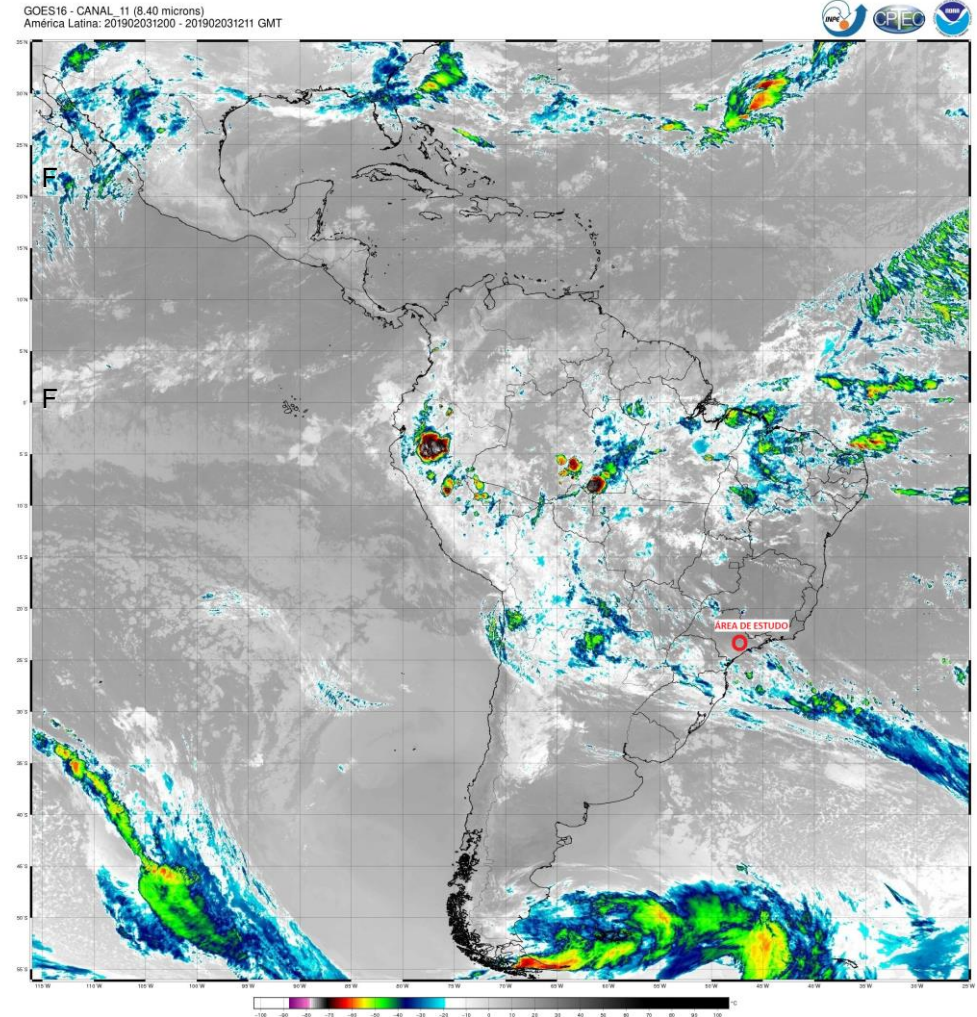
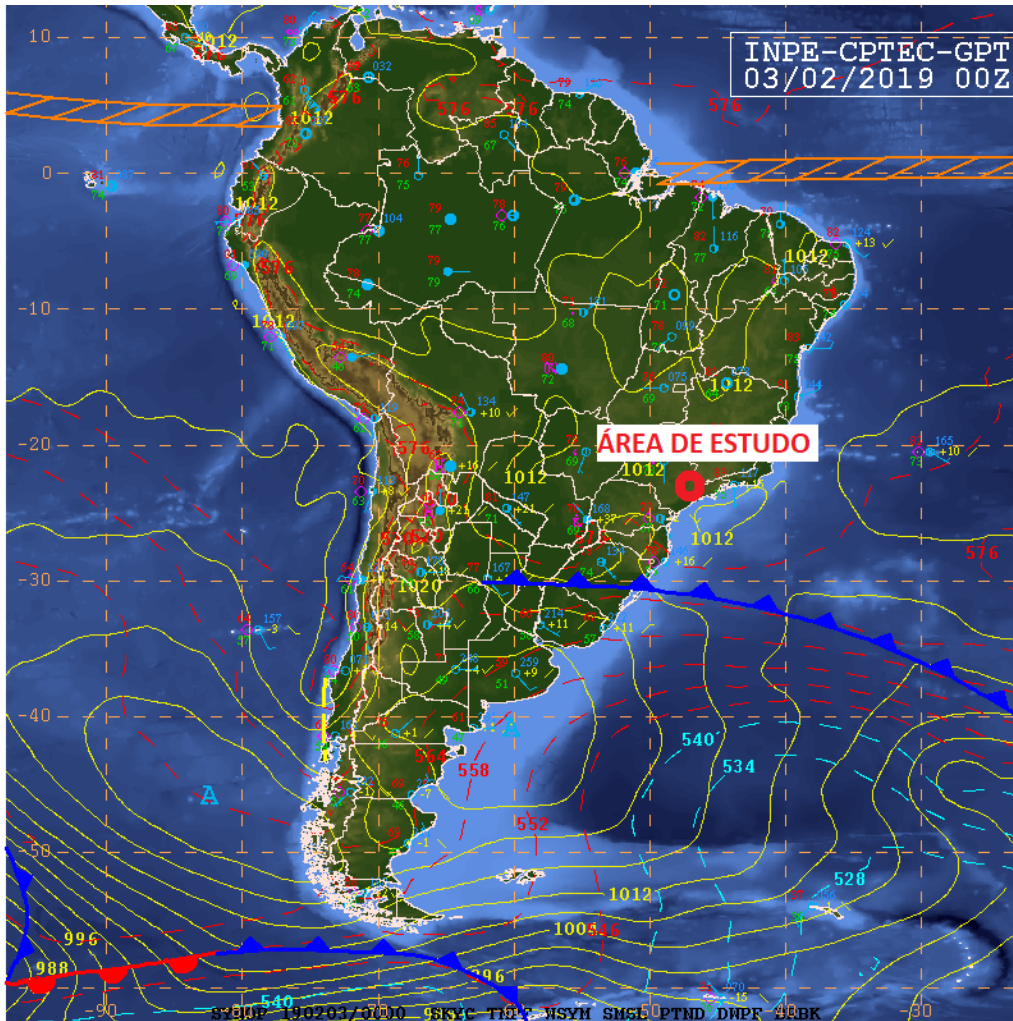


Figura 92- Carta sinóptica do dia 03/02/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021

Figura 93- Imagem de satélite GOES de 03/02/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021.

A partir das imagens do dia 08/07/2019 de inverno (figuras 94 e 95) foi possível observar que no Sudeste, a madrugada e início da manhã foi bem fria com mínima em torno dos 7°C em SP, 13°C no RJ, 4°C no Vale do Paraíba de SP, -1,2°C em Campos do Jordão na Serra da Mantiqueira em SP, e próxima aos 5°C no sul de MG. Essa friagem também alcançou outras regiões do Brasil, influenciando as temperaturas até mesmo dos estados da região norte. Essa massa de ar frio influenciou o comportamento da temperatura do ar na EMA e nas 4 residências em estudo, com uma situação de tempo atmosférico pós frontal. Sendo assim, a circulação zonal determina os padrões de conforto e desconforto suprimindo os aspectos construtivos e de nível microclimático.



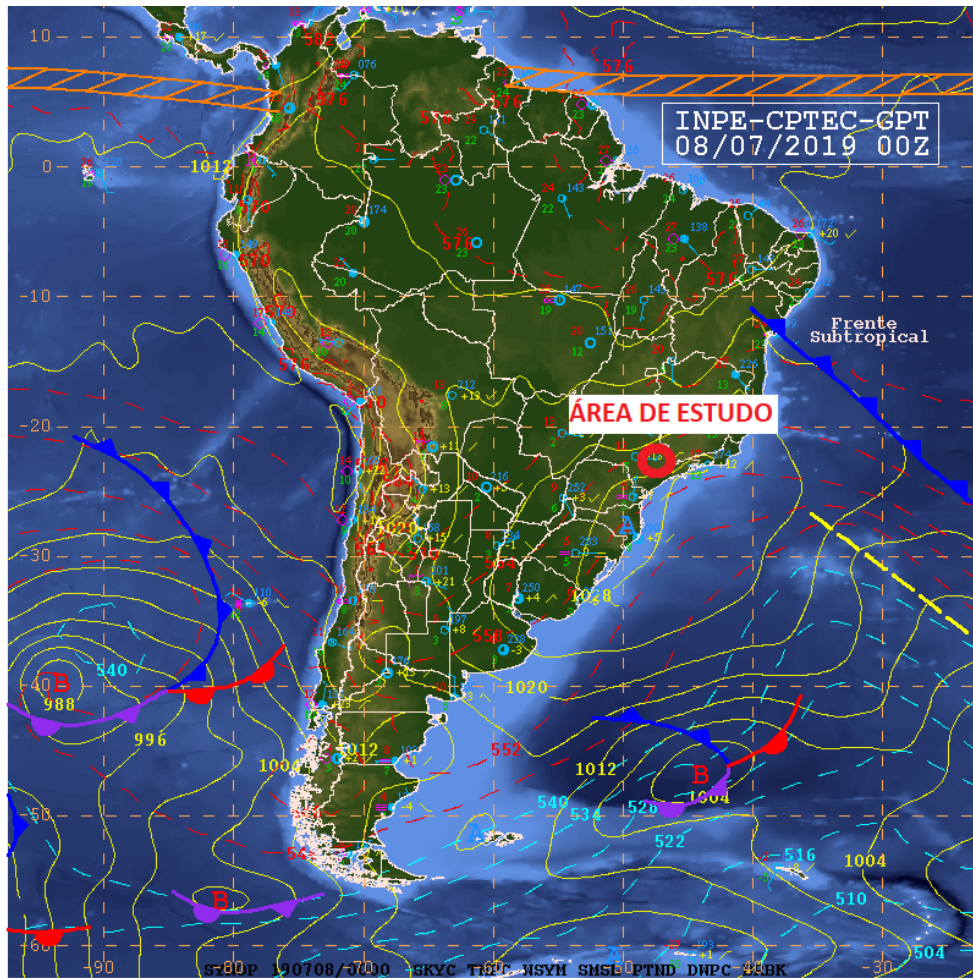


Figura 94- Carta sinótica do dia 08/07/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021.

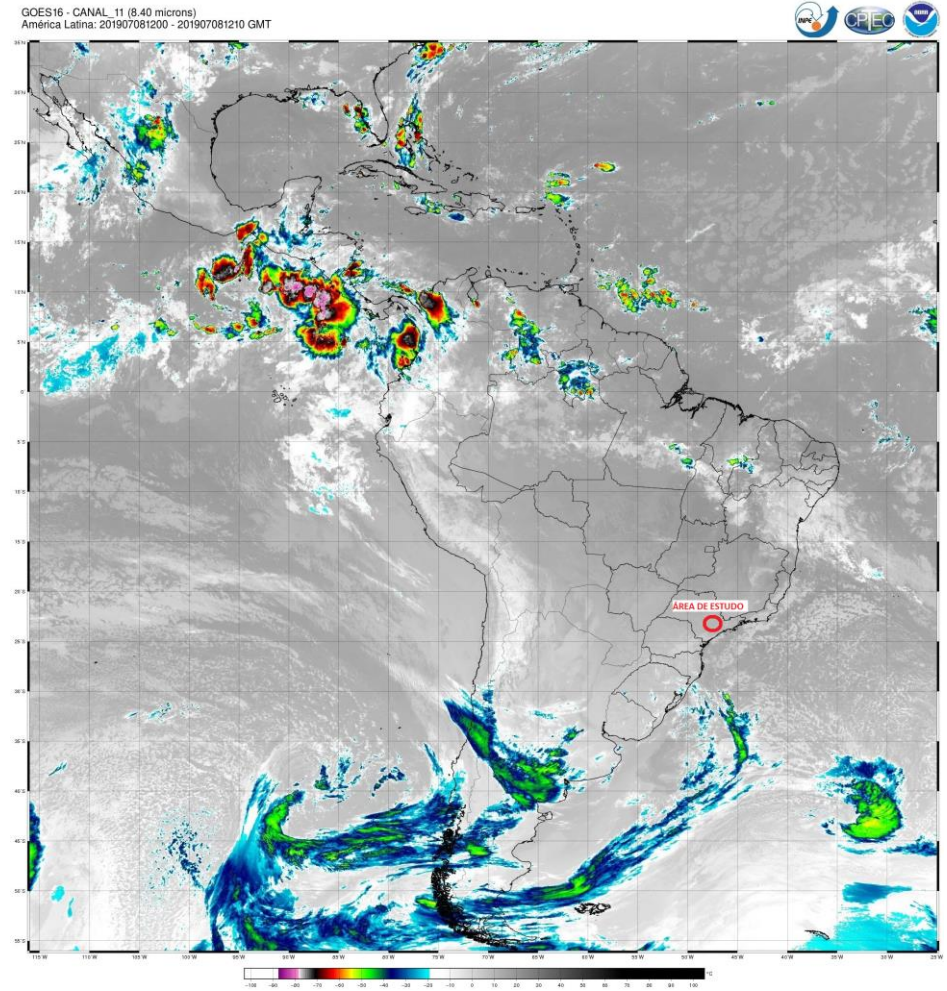


Figura 95- Imagem de satélite GOES de 08/07/2019. Fonte: CPTEC Inpe, 2021.



## 6.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de temperatura do ar, umidade relativa, o índice TE e o PMV apresentaram uma distribuição normal. Para fins de comparação estatística, foi aplicado o teste T de Student. Esse teste é utilizado para a comparação de média entre dois grupos com dados intervalares. Essa comparação torna possível analisarmos se os dados das casas em estudo são estatisticamente similares ou diferentes. De acordo com Livingston (2004) o desafio estatístico para o qual o teste t de student é utilizado envolve determinar se as médias de dois grupos são significativamente diferentes. Apenas a análise da média não é suficiente para determinar essa diferença.

Quanto maior for o valor de T, maior é a probabilidade das médias serem significativamente diferentes, ou em outras palavras, quanto menor for o valor de T, mais significativamente semelhantes as médias serão.

Antes de aplicarmos o teste T, foi aplicado o teste F para verificar as variâncias. Verificou-se que as variâncias entre as variáveis se provaram estatisticamente diferentes a partir do teste F. Foi tomado o nível de significância de 99% ( $\alpha=0,01$ ).

A hipótese nula, ou zero, consistiu nas duas médias comparadas serem iguais e a hipótese 1 está correta caso as médias comparadas sejam significativamente diferentes.

A estatística foi calculada com a utilização do programa Excel. A partir de um nível de significância de 99% ( $\alpha = 0,01$ ), foram realizadas comparações da média entre todas as residências. A tabela 6 mostra os resultados dessas comparações para todos os parâmetros de análise. A partir da tabela fica claro que em todos os casos foram encontradas diferenças significativas, demonstrando que os dados das médias entre as casas são significativamente diferentes.

Em destaque na tabela 13 estão os valores máximos e mínimos da estatística T para cada parâmetro comparativo. No caso da comparação das médias no parâmetro TE, as casas 2- Subsolo e 4- Externa foram as que

apresentaram as diferenças mais significativas, e as casas 1- Alvenaria e 4- Externa as que apresentaram as diferenças menos significativas.

<i>Comparação entre as médias das casas (99% de significância)</i>							
Índice/Elemento climático	Casas	1 e 2	1 e 3	1 e 4	2 e 3	2 e 4	3 e 4
TE	<i>Estatística T</i>	-80,79	-36,59	<b>22,41</b>	25,24	<b>106,25</b>	55,65
PMV	<i>Estatística T</i>	-50,34	-15,12	<b>-8,22</b>	23,19	<b>-54,51</b>	-21,22
TAR	<i>Estatística T</i>	-44,14	-45,35	-21,03	<b>-18,82</b>	<b>-68,97</b>	-61,63
UR	<i>Estatística T</i>	<b>-228,68</b>	60,80	<b>-3,15</b>	224,79	-224,45	57,53

Tabela 13- Comparação entre as médias de temperatura do ar, umidade relativa do ar, PMV e TE pelo teste T. Fonte: trabalho de campo.

As casas 2- Subsolo e 4- Externa foram as que apresentaram maiores disparidades em três dos quatro parâmetros analisados, mostrando que as essas foram as casas com maior diferença entre suas médias, tanto em medidas de índice de conforto térmico, como no caso da temperatura do ar.

No caso das casas 1- Alvenaria e 4- Externa, foram as médias que apresentam as menores diferenças, demonstrando que nos parâmetros dos índices de conforto térmico e de UR, essas foram as casas com médias mais semelhantes.

## **7. DISCUSSÃO DE POSSÍVEIS AÇÕES PRÁTICAS COM O INTUITO DE MELHORAR O CONFORTO TÉRMICO NAS RESIDÊNCIAS DA COMUNIDADE JARDIM COLOMBO**

É importante salientar que esta proposta não é fazer um manual de “o que fazer se sua casa é quente demais”, pois isso seria um tanto quanto simplista. Todavia, a ideia aqui é de trazer uma reflexão de ações que poderiam, de alguma forma, amenizar a situação de desconforto nas residências analisadas.

As medidas geralmente utilizadas para amenizar a sensação de desconforto podem ser empregadas de maneira inadequada. Um exemplo disso é o que acontece no Rio de Janeiro com o excesso da utilização de condicionamento artificial, que juntamente com a falta de manutenção, pode influenciar nas atividades diárias das pessoas no aspecto comportamental e emocional (ALEIXO; SANT’ANNA, 2017). Os autores analisam que a relação

do homem com a moradia é fraternal e, por isso materiais adequados ao clima tropical, que apresentem isolamento térmico e ventilação adequada, deveriam ser subsidiados.

De acordo com Pizarro (2014), arquiteto que estudou intervenções para a melhoria da comunidade Paraisópolis, a instalação de infraestruturas que tenham um caráter emergencial pode ajudar alguns casos, porém pode não ser efetiva em escala maiores. A intervenção em favelas significa saber lidar com o dinamismo de múltiplos interesses: coletivos, individuais e dos moradores. Uma das propostas do autor seria garantir padrões mínimos de incidência de radiação solar para atender os requisitos de salubridade das residências.

Essa é uma proposição bastante interessante e relevante, todavia, os casos estudados nesta pesquisa estão em escalas distintas. Aqui buscaremos intervenções específicas e mais facilmente concretizáveis, avaliando a necessidade de cada residência no quesito conforto térmico.

Para as situações de muito desconforto para o calor na Casa 3- Forro de PVC, uma possível ajuda seria a dispersão de água na cobertura da telha de fibrocimento. Essa medida teve um resultado satisfatório, reduzindo a temperatura em pelo menos 8°C nos estudos realizados por Cohen, Stanhill e Fuchsem (1983). Todavia, é uma medida meramente paliativa e com custos elevados, além do desperdício de água para manter o sistema operando.

Um estudo realizado no interior de São Paulo mostrou que o telhado de fibrocimento quando pintado de branco na superfície externa, apresenta um desempenho térmico semelhante ao telhado de cerâmica (CASTRO *et al.*, 2017). As cores claras apresentam uma maior refletância, mesmo nem sempre isso representando um albedo elevado (FERREIRA; PRADO, 2003). Tanto a refletância como o albedo dos materiais tendem a diminuir com a idade e o tempo de utilização. Como no caso da Casa 3- Forro de PVC as telhas de fibrocimento estão escurecidas, tendo uma cor que varia de cinza escuro para o preto, outra possível medida seria pintar as telhas da cor branca. Desse modo, aumentaria a refletância da cobertura e assim, diminuiria sua temperatura superficial.

Peglow *et al.* (2016) mostrou em um estudo de simulação que a mudança da cor da cobertura para o branco aumentou o conforto do ambiente em até 4% em uma escola de educação infantil na região sul do Brasil. Também Durante, Jaudy, Callejas e Rosseti (2019) analisaram o desempenho térmico de Habitações de Interesse Social em Cuiabá e compararam algumas medidas de intervenção para a melhora do desempenho térmico. Dentre elas, a que apresentou o melhor resultado térmico foi pintar as telhas de barro de cores claras, diminuindo a absorvância do material.

Levando todos esses estudos em consideração, uma possível intervenção realística na Casa 3- Forro de PVC poderia envolver a pintura da telha de fibrocimento ali presente na cor branca. Tal ação poderia melhorar as condições de conforto térmico na residência especialmente em dias de extremo calor conforme indicado por Castro *et al.* (2017) e Peglow (2016).

## **8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Essa pesquisa teve como objetivo analisar o conforto térmico no interior de residências com diferentes padrões construtivos. A partir da análise dos resultados foi possível concluir que:

- A Casa 1- Alvenaria foi a que apresentou o maior número de medições confortáveis para o índice TE com as faixas de conforto propostas por Monteiro. Também, foi a residência que apresentou o PMV mais elevado.
- A Casa 2- Subsolo foi a que apresentou a maior UR, com medições frequentes de UR entre 90 e 100%. As condições de construção da residência ajudam a explicar esse fato que ocorre devido a falta de ventilação juntamente com a falta de insolação por ter um recuo suficiente para a construção ao lado. Também apresentou a maior quantidade de medições classificadas como neutras para o PMV. Durante o inverno, essa foi a única casa que não ficou desconfortável para o frio. Essa residência com teve o maior desconforto para o calor de acordo com os dados do índice TE e as faixas de conforto de Monteiro. Todavia, para o PMV, foi a que apresentou a maior

porcentagem de medições classificadas como neutras. O modelo adaptativo da ASHRAE 55 para ambientes naturalmente ventilados não se mostrou eficaz para a avaliação da Casa 2- Subsolo, pois desconsiderou a grande insalubridade devido ao excesso de umidade presente na residência, avaliando-a assim como uma casa termicamente confortável.

- A Casa 3- Forro de PVC foi a que apresentou as maiores amplitudes térmicas. É possível que ela seja causada devido ao tipo de cobertura, com telha de fibrocimento escurecida, a outros materiais de baixo custo utilizados na construção e ao elevado grau de insolação que a residência recebe durante o dia. Também foi a que teve menor UR mínima e média, também com a maior amplitude. Esse fato está associado a relação de inversa proporcionalidade existente entre a UR e a temperatura do ar. Pelo índice TE e as faixas de conforto propostas por Missenard, para o PMV e para o modelo da ASHRAE 55, essa foi a casa com maior desconforto para o calor, sendo que no último o desconforto ocorreu tanto para o calor como para o frio.
- A Casa 4- Externa foi a que apresentou a maior porcentagem de neutralidade térmica no índice TE (para ambas faixas de conforto), porém, foi a que apresentou o maior desconforto para o frio de acordo com o PMV.
- As casas que se localizam na favela (1, 2 e 3) se mostraram mais quentes do que a residência localizada fora desse ambiente (Casa 4- Externa).
- Na análise sazonal da temperatura da temperatura do ar, a estação mais quente em todas as residências foi o verão e a mais fria foi o inverno. A estação com maior desconforto para o calor no índice TE foi o verão e a estação com maior desconforto para o frio foi o inverno. Foi possível observar uma variação sazonal do conforto também para o índice PMV, em que as maiores ocorrências de desconforto para o calor ocorreram no verão e início da primavera e

a maior ocorrência de desconforto para o frio ocorreu durante o inverno. Para o modelo adaptativo da ASHRAE 55 todas as casas apresentaram desconforto para o calor no verão. No inverno, a Casa 2- Subsolo foi a única que não apresentou desconforto para o frio nem para o calor.

- Na análise episódica do dia de verão, a Casa 3- Forro de PVC alcançou a temperatura do ar mais elevada e a Casa 4- Externa, a mais reduzida. No dia de inverno, a temperatura do ar mais elevada e a mais reduzida ocorreram na Casa 3- Forro de PVC, mostrando a elevada amplitude térmica encontrada nessa residência. A Casa 3- Forro de PVC apresentou o TE mais desconfortável para o calor para o dia de verão e mais desconfortável para o frio durante a manhã do dia de inverno. No dia de inverno, pelo índice PMV, todas as casas apresentaram desconforto para o frio. No dia de verão as casas tiveram desempenhos térmicos semelhantes, sendo que a Casa 1- Alvenaria foi a que alcançou o PMV mais elevado.
- Como o foco da presente pesquisa está centrado no conforto térmico, não foi possível se aprofundar no conceito de vulnerabilidade climática. Para que essa análise seja realizada de maneira adequada são necessários maiores estudos, possivelmente incluindo a realização de entrevistas e a aplicação de questionários.
- Essa pesquisa trouxe como avanço uma análise com dados primários coletados no interior de residências em uma favela no município de São Paulo. O acesso a esses dados se provou muitas vezes difícil, já que os trabalhos de campo incluíam instalação e retirada dos instrumentos diversas vezes durante o ano em casas onde os moradores se encontravam em suas residências apenas por poucas horas por dia, podendo essa atividade se apresentar como um incômodo aos moradores. Mesmo com esses desafios, foram coletados dados durante o período de 12 meses nas quatro residências propostas. Portanto, essa pesquisa traz uma

contribuição importante para os estudos de conforto térmico em ambientes de favela.

## 9. BIBLIOGRAFIA

ALEIXO, N. C. R.; Sant'Anna Neto J. L. CLIMA E SAÚDE: DIÁLOGOS GEOGRÁFICOS/ Climate and Health: Geographic Dialogues. **REVISTA GEONORTE**, v. 8, n. 30, p. 78-103, 22 dez. 2017.

APARICIO, Pablo; SALMERÓN, José Manuel; RUIZ, Álvaro; SÁNCHEZ, Francisco José; BROTAS, Luisa. The globe thermometer in comfort and environmental studies in buildings. **Revista de La Construcción**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 57-66, dez. 2016. Pontificia Universidad Católica de Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-915x2016000300006>.

ARAÚJO, R. R. O conforto térmico e as implicações na saúde: uma abordagem preliminar sobre os seus efeitos na população urbana de São Luís-Maranhão. **Caderno de Pesquisa**, São Luís, v. 19, n. 3, set./dez. 2012.

ASHRAE. Handbook of fundamentals. Atlanta, GA: American Society of Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers - ASHRAE, 1981. 967p.

AULICIEMS, A., Psycho-physical criteria for global thermal zones of building design, in: Biometeorology 8, Part 2, Suppl. Int. J. Biomet. 26 (1982) 69–86.

AULICIEMS, A.; SZOKOLAY, S. V. **Thermal Comfort**. PLEA Notes, Brisbane (Australia). PLEA: Passive and low energy architecture, Department of Architecture, University of Queensland, 1997.

BEKÖ, G.; LUND, T.; NORS, F.; TOFTUM, J.; CLAUSEN, G. Ventilation rates in the bedrooms of 500 Danish children. **Building and Environment**, v. 45, n. 10, p. 2289–2295, 1 out. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310001216>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

BRUECKNER, J. K.; MATION, L.; NADALIN, V. G. Slums in Brazil: Where are they located, who lives in them, and do they 'squeeze' the formal housing market? **Journal of Housing Economics**, v. 44, p. 48–60, 1 jun. 2019.

BUENO, L. M. Projeto e favela: metodologia para projetos de urbanização. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, n. 9, p. 68-86, 19 jun. 2000.

CÂNDIDO, Christhina; LAMBERTS, Roberto; DEAR, Richard de; BITTENCOURT, Leonardo; VECCHI, Renata de. Towards a Brazilian standard

for naturally ventilated buildings: guidelines for thermal and air movement acceptability. *Building Research & Information*, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 145-153, abr. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2011.557858>.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. *O Espaço Urbano: Novos Escritos sobre a Cidade*. São Paulo: FFLCH, 2007, 123p.

CASTRO, Ariane C. de et al. THERMAL EFFICIENCY OF DIFFERENT COVERAGE MATERIALS IN REDUCED MODELS OF ANIMAL HUSBANDRY FACILITIES: A CASE STUDY. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 403-413, June 2017. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162017000300403&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162017000300403&lng=en&nrm=iso)>. access on 05 Jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n3p403-413/2017>.

CELUPPI, MARIA C.; MEIRELLES, CÉLIA R. M.; CYMROT, R. Habitação ribeirinha no Amazonas: o conforto por meio do design de componentes e de estratégias bioclimáticas. *FÓRUM HABITAR*, v. 4, 2017.

CHVATAL, Karin Maria Soares. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, Dec. 2014. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212014000400009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000400009&lng=en&nrm=iso)>. access on 06 Nov. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400009>.

COELHO, Thamys da Conceição Costa; GOMES, Carlos Eduardo Marmorato; DORNELLES, Kelen Almeida. Desempenho térmico e absorção solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. *Ambiente Construído*, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 147-161, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100129>.

COELHO, R.B.; DE PAULA, M.O.; RAMIREZ, M.A.; CAETANO S. P.; VIEIRA, D. F. D. Estudo de materiais alternativos empregados na confecção do termômetro de globo negro utilizado para cálculo de ITGU e CTR. *REVENG - Engenharia na agricultura*, v. 21, n. 6, p. 597-604, 2013.

COHEN, Y.; STANHILL, G.; FUCHS, M. An experimental comparison of evaporative cooling in a naturally ventilated glasshouse due to wetting the outer roof and inner crop soil surfaces. *Agricultural Meteorology*, v. 28, n. 3, p. 239-251, 1 mar. 1983. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002157183900298>>. Acesso em: 27 set. 2019.



CPTEC Inpe, 2021. Disponível em <http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>. Acesso em 02 out. 2021.

DE DEAR, R.J. and BRAGER, G.S. (1998) Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. *ASHRAE Transactions*, 104, 145-167.

DE JESUS, G. M., *et al.* "Nutritional deficit in children in a major city of the interior of the state of Bahia, Brazil/Deficit nutricional em crianças de uma cidade de grande porte do interior da Bahia, Brasil." *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 19, no. 5, 2014, p. 1581+. *Gale Academic Onefile*, <https://link.gale.com/apps/doc/A372251412/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=67b11280>. Accessed 4 Nov. 2019.

DE OLIVEIRA, Daiane Evangelista; DE ASSIS, Débora Couto; FERREIRA, Cássia de Castro Martins. DINÂMICA CLIMÁTICA REGIONAL EM MUNICÍPIOS DA ZONA DA MATA, CAMPO DAS VERTENTES E SUL E SUDOESTE DE MINAS GERAIS: AS ONDAS DE CALOR E FRIO. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], nov. 2018. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/61039/36768>>. Acesso em: 21 dez. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i0.61039>.

DURANTE, Luciane Cleonice; JAUDY, Luis Fernando Rachid; CALLEJAS, Ivan J. A.; ROSSETI, Karyna de Andrade C. Conservação de energia em habitação de interesse social: um estudo aplicado ao sistema de cobertura. *Brazilian Journal Of Development*, [S.L.], v. 5, n. 10, p. 21226-21243, 2019. *Brazilian Journal of Development*. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n10-282>.

D'IPPOLITI, D., MICHELOZZI, P., Marino, C. *et al.* The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the Euro HEAT project. *Environ Health* **9**, 37 (2010) doi:10.1186/1476-069X-9-37.

EGONDI, T.; ETTARH, R.; KYOBUTUNGI, C. N. N. and J. R. Exposure to Outdoor Particles (PM2.5) and Associated Child Morbidity and Mortality in Socially Deprived Neighborhoods of Nairobi, Kenya. *Atmosphere*, v. 9(9), p. 351, 2018.

ELIASSON, Ingegard. The use of climate knowledge in urban planning. **Landscape And Urban Planning**, Goteborg, v. 48, n. 1, p. 31-44, nov. 1999.

FANTE, Karime Pechutti; DUBREUIL, Vincent. A vulnerabilidade a episódios de calor á luz da geografia do clima: o acesso ao meio técnico e a seletividade das medidas adaptativas. In: SANT'ANNA NETO, João Lima. **Clima, Sociedade e Território**. Jundiaí: Paco Editorial, 2020. p. 91-110.

FELER, L.; HENDERSON, J. V. Exclusionary policies in urban development: Under-servicing migrant households in Brazilian cities. **Journal of Urban**

**Economics**, v. 69, n. 3, p. 253–272, maio 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0094119010000707>>.

FERREIRA, F. L.; PRADO, R. T. A.. Medição do albedo e análise da sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. In: **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. São Paulo, EPUSP, 2003.

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

GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK, K. Indoor Air Quality in the Bedroom of a Single-Family House—A Case Study. **Proceedings**, v. 16, n. 1, p. 38, 8 jul. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2504-3900/16/1/38>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

GOBO, João Paulo Assis. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto humano**: da escala local à regional. 2017. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/T.8.2018.tde-23022018-094537. Acesso em: 2019-10-22

GOHN, Maria da Glória. Morumbi: o contraditório bairro-região de São Paulo. **Cad. CRH**, Salvador, v. 23, n. 59, p. 267-281, Aug. 2010. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-49792010000200005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-49792010000200005&lng=en&nrm=iso)>. access on 14 Aug. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-49792010000200005>.

GOLDEN, J.S; HARTZ, D.; BRAZEL, A.; LUBER, G.; PHELAN, P. A biometeorology study of climate and heat-related morbidity in Phoenix from 2001 to 2006. **Int J Biometeorol**. 2008 52(6):471–480. doi: 10.1007/s00484-007-0142-3.

HAGHIGHAT, Fariborz; DONNINI, Giovanna. Impact of psycho-social factors on perception of the indoor air environment studies in 01 o.ce buildings. **Building And Environment**, Montreal, v. 39, n. 1, p. 479-503, jan. 1999.

HANCOCK. P. A; VASMATZIDIS. I. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge, **International Journal of Hyperthermia**, 19:3, 355-372, 2003. DOI: [10.1080/0265673021000054630](https://doi.org/10.1080/0265673021000054630)

HUMPHREYS, M. A.; HANCOCK, M. Do people like to feel ‘neutral’?: Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale. **Energy and Buildings**, v. 39, n. 7, p. 867–874, 1 jul. 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877880700059X>>. Acesso em: 24 out. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IKEFUTI, Priscilla Venâncio; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. O conforto e o desconforto térmico em bairros com diferentes padrões de construções em Presidente Prudente/SP. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S.L.], p. 15, 14 ago. 2018. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236499427542>.

INSTITUTO DO PVC. *O que é PVC?* São Paulo, 2019. Disponível em: <https://pvc.org.br/o-que-e-pvc>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7726, Ergonomics of the Thermal Environment, Instruments for Measuring Physical Quantities. Geneva: International Standard Organization, v. 1998, n. Second edition 1998-11-01, p. 51, 1998.

IOANAUDREA; CROITORU, C.; NASTASE, I.; CRUTESCU, R.; BADESCU, V. Thermal Comfort in a Romanian Passive House. Preliminary Results. **Energy Procedia**, v. 85, p. 575–583, 1 jan. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215029124>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

JING, Shenglan; LI, Baizhan; TAN, Meilan; LIU, Hong. Impact of Relative Humidity on Thermal Comfort in a Warm Environment. **Indoor And Built Environment**, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 598-607, 12 set. 2012. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1420326x12447614>.

KUCHEN, Ernesto et al . Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritório na Alemanha. **Ambient. constr. (Online)**, Porto Alegre , v. 11, n. 3, p. 39-53, Sept. 2011 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212011000300004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000300004&lng=en&nrm=iso)>. access on 25 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212011000300004>.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. Fundamentos de metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAMBERTS et al. Conforto e Stress térmico. Laboratório de eficiência energética em edificações, 2011

LAMBERTS, Roberto; CANDIDO, Christhina; DEAR, Richard de; VECCHI, Renata de. Towards a Brazilian Standard on Thermal Comfort. Florianópolis: Cnpq, 2013. 123 p. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/node/406>. Acesso em: 12 nov. 2021.

LEJANO, R. P.; DEL BIANCO, C. The logic of informality: Pattern and process in a São Paulo favela. **Geoforum**, v. 91, p. 195–205, maio 2018. Disponível

em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718518300824>>.

LI, J.; YANG, L.; SONG, T.; QI, R. Research on the Effects of the High Temperature and Humidity Environment on Human Comfort in Coal Mine Emergency Refuge System. **Safety**, v. 5, n. 2, p. 28, 7 maio 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2313-576X/5/2/28>>.

LIMA, Reinaldo dos Santos. Os desafios da responsabilidade social empresarial na relação com o empowerment comunitario: um estudo de caso da favela do Jardim Colombo, na cidade de São Paulo. 2008. 150 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/252019>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

LIVINGSTON, Edward H. Who was student and why do we care so much about his t-test?1. **Journal Of Surgical Research**, [S.L.], v. 118, n. 1, p. 58-65, maio 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2004.02.003>.

LUNDGREN KOWNACKI, K.; GAO, C.; KUKLANE, K.; WIERZBICKA, A. Heat Stress in Indoor Environments of Scandinavian Urban Areas: A Literature Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 4, p. 560, 15 fev. 2019. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1660-4601/16/4/560>>.

MALLICK, F.H. Thermal comfort and building design in the tropical climates. *Energy and Buildings*, 23(3), 161-167, 1996.

MARQUES, T. H. T.; REGOLÃO, R.; CHVATAL, K. M. S. Aplicação de ferramentas simplificadas de projeto voltadas ao desempenho térmico em uma habitação de interesse social. SBQP, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

MATZARAKIS, A., Rutz, F. & Mayer, H. **Int J Biometeorol** (2010) 54: 131. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0>

MATZARAKIS, A., Rutz, F. & Mayer, H. **Int J Biometeorol** (2007) 51: 323. <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia – Noções Básicas e Climas do Brasil. Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, Leonardo Marques. Conforto térmico em espaços urbanos abertos: verificações modelares como aportes à exploração de abordagens. 2018. Tese (Livre Docência em Desempenho Térmico, Acústico e Luminoso e Eficiência Energética de Edificações) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/T.16.2018.tde-26112020-184250. Acesso em: 2021-10-05.

NAZARIAN, N.; FAN, J.; SIN, T.; NORFORD, L.; KLEISSL, J. Predicting

outdoor thermal comfort in urban environments: A 3D numerical model for standard effective temperature. **Urban Climate**, v. 20, p. 251–267, 1 jun. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095517300354>>. Acesso em: 22 out. 2019.

NAZAROFF, W. W. Exploring the consequences of climate change for indoor air quality. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 1, p. 015022, 1 mar. 2013. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1748-9326/8/i=1/a=015022?key=crossref.c45749d2c1f59959e075a4489e059b67>>.

NIELS BERGSØE; KASPER JENSEN; JESPER NORGAARD;; RASMUS JUSTESEN; V. MAILBOX; Investigation on Moisture and Indoor Environment in Eight Danish Houses. **9th Nordic Symposium on Building Physics - NSB 2011**, v. 3, p. 1127–1134, 2011.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p. 2ed.

NORONHA, Nayara Silva de. Contradições na organização do espaço habitacional de uma favela paulistana. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 6, p. 1056-1072, out. 2018. ISSN 1982-3134. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/77398/74145>>. Acesso em: 13 Ago. 2019.

OLIVEIRA, L. M. F. de et al . Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal , v. 26, n. 3, p. 823-831, Dec. 2006 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162006000300020&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000300020&lng=en&nrm=iso)>. access on 01 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000300020>.

PASTERNAK, Suzana; D'OTTAVIANO, Camila. Squatter settlements in Brazil and in São Paulo: improvements in the analyzes from the 2010 Census Territorial Reading. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 18, n. 35, p. 75-100, Apr. 2016. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2236-99962016000100075&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-99962016000100075&lng=en&nrm=iso)>. Access on 09 Aug. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2016-3504>.

PEGLOW, Jaqueline; RITTER, Viviane; RONCA, Amanda; PEREIRA, Renata; CUNHA, Eduardo; RHEINGANTZ, Paulo. AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO INFANTIL EM PELOTAS/RS – ZB2. **XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 1354-1369, set. 2016.

PIZARRO, E. Sistema de espaços livres e espacialidades da esfera pública em favela: os casos de Paraisópolis, da Linha e do Nove em São Paulo. **Paisagem e Ambiente**, n. 38, p. 183-208, 19 dez. 2016.

PIZARRO, Eduardo Pimentel. **Interstícios e interfaces urbanos como oportunidades latentes**: o caso da Favela de Paraisópolis, São Paulo. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. doi:10.11606/D.16.2014.tde-19122014-155950. Acesso em: 2021-11-11.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. GEO Cidade de São Paulo: panorama do meio ambiente urbano. São Paulo: SVMA, 2004.

ROLNIK, Raquel. A cidade e a lei: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo. São Paulo: Studio Nobel; Fapesp, 1997.

ROSEGHINI, Wilson Flavio Feltrim; TREVIZANI, Gabriela Rocha. ANÁLISE DA TEMPERATURA INTERNA DE HABITAÇÕES EM AGLOMERADOS SUBNORMAIS DURANTE O INVERNO EM CURITIBA - PARANÁ. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 29, n. 1, p. 159-176, jul. 2021. Disponível em: file:///C:/Users/Rafael/Downloads/15150-49186-1-PB.pdf. Acesso em: 09 nov. 2021.

RUOSO, D. A percepção climática da população urbana de Santa Cruz do Sul/RS. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 25, jul. 2012. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/28004/18634>>. Acesso em: 04 out. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v25i0.28004>.

RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Assessment of predictive models of thermal comfort in offices in the Brazilian subtropical climate. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 91-107, jun. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/857VjxQGctvsDmxX6CfwMNq/?lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2021.

SAMORA, Patricia Rodrigues; GEDDO, João Pedro Dalva. SIMULAÇÃO URBANA COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DAS ZEIS 3: O PROGRAMA URBANSIME AS DIFICULDADES DA MODELAGEM NO CONTEXTO URBANO DE SÃO PAULO. **Oculum Ensaios**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 279-290, dez. 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3517/351732217008.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021

SANTAMOURIS, M.;ASIMAKOPOULOS, D. Passive cooling of buildings. L. James & James Science Publishers; 1996.

SANT'ANNA NETO, J.L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 7, v. 8, p. 45-60, 2011.

SANTOS, Milton. A Urbanização Brasileira. São Paulo: EDUSP, 2005.



SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Municipal de Habitação. **Plano Nacional de Habitação**. São Paulo: Secretaria Municipal de Habitação, 2010, p.09.

SÃO PAULO. Lei municipal 16.050/2014. Disponível em: < [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/2014-07-31 - lei 16050 - plano diretor estrategico 1428507821.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/2014-07-31-lei_16050-plano_diretor_estrategico_1428507821.pdf)> Acesso em 24 de setembro de 2019.

SATO, André Eiji; GONÇALVES, Fabio Luiz Teixeira; MONTEIRO, Leonardo. Resiliência as mudanças climáticas: conforto térmico de idosos em unidades residenciais. **XV Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, Maceió- AL**, 14 nov. 2014.

SETTE, D. M.; ROBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. INTERFACEHS. **Revista de saúde, meio ambiente e sustentabilidade**. Volume 6, nº 2, agosto de 2011.

SILVA, M. C. G. Virtual Laboratories for a Course about Indoor Environmental Quality. **International Journal of On-Line Engineering**, Especial Issue on Engineering Technologies in Learning, Nov. 2009.

SILVA, Edelci Nunes da; RIBEIRO, Helena. Alterações da temperatura em ambientes externos de favela e desconforto térmico. **Rev Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 663-670, jul. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/hvJbNSKZFXLWt87K33ptkQf/?lang=pt&format=pdf> . Acesso em: 11 nov. 2021.

SOUSA, M. C. B. de; LEDER, S. M. Reflexões sobre terminologias utilizadas para definir o conforto térmico humano. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019028, 2019. ISSN 1980-6809 DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653185>

STEHR, N., & von STORCH, H. *Climate and society: Climate as resource, climate as risk*. Singapore: World Scientific Publishing, 2010.

TARIFA, J.R; ARMANI, G. Os climas urbanos. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Org.). Os climas na cidade de São Paulo – Teoria e Prática. Revista GEOUSP – Coleção Novos Caminhos, nº 4. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia – FFLCH/USP, 2001.

TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Org.). Os climas na cidade de São Paulo – Teoria e Prática. Revista GEOUSP – Coleção Novos Caminhos, nº 4. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia – FFLCH/USP, 2001.

TUAN, Yi-Fu. Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. Tradução prefácio e notas: Livia de Oliveira. São Paulo: DIFEL, 1980.

United Nations-Habitat, 2016. World Cities Report. United Nations: Nairob.

UN-Habitat (2016a). World cities report 2016: Urbanisation and development: Emerging futures. Nairobi: UN-Habitat.

UN-HABITAT. (2007). State of world's cities 2006-2007. London: Earthscan. Acessado em 20 de setembro de 2019, de [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/11292101\\_alt.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/11292101_alt.pdf)

UTIMURA, Isabel. Conforto térmico em habitações de favelas e possíveis correlações com sintomas respiratórios: o caso do Assentamento Futuro Melhor - SP. 2010. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/T.8.2011.tde-06072011-091727. Acesso em: 2021-11-09.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Brasília: INMET, 2002. (INMET – Instituto Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

WANG, J. et al. The exposure of slums to high temperature: Morphology-based local scale thermal patterns. **Science of The Total Environment**, v. 650, p. 1805–1817, 10 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718337811>>. Acesso em: 11 jun. 2019.

ZAVATTINI, João Afonso. Estudos do clima no Brasil. 1ª.ed. Campinas (SP): Editora Alínea, 2004, v.1. 398p.



**ENTREGA DO EXEMPLAR CORRIGIDO DA**  
**DISSERTAÇÃO/TESE**

**Termo de Anuência do (a) orientador (a)**

**Nome do (a) aluno (a): Caroline Freire dos Santos**

**Data da defesa: 21/02/2022**

**Nome do Prof. (a) orientador (a): Prof. Dr. Emerson Galvani**

Nos termos da legislação vigente, declaro **ESTAR CIENTE** do conteúdo deste **EXEMPLAR CORRIGIDO** elaborado em atenção às sugestões dos membros da comissão Julgadora na sessão de defesa do trabalho, manifestando-me **plenamente favorável** ao seu encaminhamento ao Sistema Janus e publicação no **Portal Digital de Teses da USP.**

São Paulo, 20/04/2022



---

*(Assinatura do (a) orientador (a))*