



**FACULDADE IMED**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA CIVIL**  
**NÍVEL MESTRADO**

**RICARDO LUIS DEBONI**

**ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM**  
**CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de**  
**sensação térmica sazonal**

**Passo Fundo**

**2021**

RICARDO LUIS DEBONI

**ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de  
sensação térmica sazonal**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em STRICTO SENSU da Faculdade IMED.

Orientador: Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>.Elvira Maria Vieira Lantelme

Co-Orientador: Prof. Dr. Daniel Cóstola

Passo Fundo

2021

D287a DEBONI, Ricardo Luis

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o  
voto de sensação térmica sazonal /Ricardo Luis Deboni. – Passo Fundo,  
2021

234 f.

Orientadora: Elvira Maria Vieira Lantelme.

Coorientador: Daniel Cóstola

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade IMED,  
Programa de pós-graduação stricto sensu em engenharia civil, 2021.

1. Conforto Térmico. 2. Simulação computacional.3. Voto sazonal. 4.  
Condicionamento Artificial. I.Lantelme, Elvira Maria Vieira, orient. II.  
Cóstola,Daniel, coorient. III. Título

CDU: 624

---

CIP - Catalogação na PublicaçãoElaborado pelo Sistema de Geração  
Automática da UFRJ com os dados fornecidospelo(a) autor(a), sob a  
responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/628

Autor: Ricardo Luis Deboni

Título: ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de  
sensação térmica sazonal

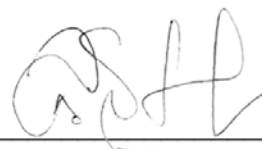
Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação *Stricto Sensu* –  
Mestrado em Engenharia Civil – da  
IMED, como requisito para a obtenção  
do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Passo Fundo, RS, 14 de abril de 2021.



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elvira Maria Vieira Lantelme (PPGEC-IMED) – Presidente



---

Dr<sup>a</sup>. Angélica Segovia Walsh García – Membro



---

Dr<sup>a</sup>. Luciana Oliveira Fernandes – Membro

A minha esposa **Linessa** e ao meu filho **Afonso**, pelo constante incentivo, amparo, apoio incondicional, dedicação e compreensão.

Aos meus pais, **Vilma** e **Joao Afonso** (*in memoriam*) que desde sempre me incentivaram a estudar e desenvolver.

A meus **Irmãos**, que indiretamente me fortaleceram para realizar esse sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Daniel que, mesmo a distância, me auxiliou, coordenou, orientou, acompanhou e se dedicou a me ajudar a chegar ao êxito.

A professora Luciana, que foi a minha primeira orientadora e inspiração para seguir este projeto.

Aos meus professores do mestrado que auxiliaram na compreensão e conclusão dos resultados.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense (IFSul), que proporcionou um afastamento me liberando de minhas atividades laborais, podendo me dedicar a este projeto.

“O homem que trabalha somente pelo que recebe, não merece ser pago pelo que faz.”

Abraham Lincoln

## RESUMO

Utilizar a energia de maneira racional é importante para atingirmos a meta da sustentabilidade. Considerando o aumento crescente da população brasileira e, conseqüentemente, o aumento do consumo de energia para aclimatar os ambientes, faz-se necessário que ocorra uma evolução nos métodos de projeto e técnicas construtivas para edificações mais eficientes. O objetivo principal do presente trabalho é comparar os votos sazonais com os resultados de desconforto apresentado pelas simulações geradas pelo ESP-r e a determinação de uma correlação. Essa correlação se baseou nos resultados das simulações e nas respostas dadas a um questionário aplicado na cidade de Passo Fundo, onde as residências estão implantadas. Por meio do software, foram simulados 13 apartamentos em diversos pontos da cidade, considerando seus entornos e orientação solar, além de sombreamentos causados por outras edificações, os usos, operação das esquadrias externas, conseqüentemente e o uso de ventilação natural. Foram analisadas as situações inverno e verão, representando os extremos sofridos na cidade. A ventilação natural foi considerada de grande ajuda para controle da temperatura interna. A pesquisa se baseou em duas possibilidades, uma com a ventilação cruzada por toda edificação e a segunda com as esquadrias externas fechadas, com isso pode-se determinar a temperatura operativa interna com o uso ou não das aberturas externas para controle da temperatura. Utilizando somente os apartamentos tipo deste banco de dados não foi possível correlacionar os graus-hora de resfriamento e aquecimento dos recintos com os dados de votos sazonais presentes na base de dados. Este resultado é fortemente afetado pela ausência de dados relativos à operação das unidades habitacionais simuladas. Futuros estudos devem abordar os aspectos operacionais em conjunto com os dados dos votos sazonal.

**Palavras-chave:** Simulação computacional. Conforto ambiental. ESP-r. S-TSV. Voto sazonal.



## ABSTRACT

Using energy in a rational way is a important to reach the goal of sustainability. Considering the growth of Brazilian population and, as a consequence, the increase of energy consumption to acclimatize internal areas, it's necessary to pursue improvements in project methods and construction techniques for more efficient buildings. The aim of this work is to compare the seasonable thermal sensation votes with the results of discomfort presented by the simulations generated by the ESP-r and to determine a correlation between them. This correlation was based on the answers given to a questionnaire applied in Passo Fundo, the city where the residences are located. Through the software, 13 apartments were simulated in different locations in the city, considering their surroundings and solar access, in addition to shading caused by other buildings, the purpose of the space, operation of external frames and consequently, the use of natural ventilation. Winter and summer situations were analyzed, presenting the extreme conditions that may occur in the city. Natural ventilation was considered a great aid to control internal temperature. The research was based in two possibilities, the first one with cross-ventilation throughout the whole building and the second one with closed external frames, so it was possible to determine internal operational temperature with and without the use of open external frames to control the temperature. Analyzing only the standard apartments of this database it was not possible to correlate the cooling and heating degree-hours of the areas with the seasonable votes in the database. This result is strongly affected by the lack of data about the operation of the simulated residential units. Future studies may approach the operational aspects in set with the seasonable votes data.

**Key-words:** Computer simulation. Environmental comfort. ESP-r. S-TSV. Seasonal vote.

## LISTA DE IMAGENS

|   |     |
|---|-----|
| Imagem 1 – Sistema adotado para determinar a melhor solução .....       | 34  |
| Imagem 2- Exemplos de edificações e modelo adotado .....                | 37  |
| Imagem 3- Diagrama de funcionamento da otimização .....                 | 41  |
| Imagem 4- Modelo adotado.....   | 42  |
| Imagem 5- Localização das cidades estudadas.....                        | 45  |
| Imagem 6 - Planta baixa estudada, dimensões em metros .....             | 46  |
| Imagem 7- Vista e Planta Baixa da edificação simulada.....              | 54  |
| Imagem 8– Cidade de Passo Fundo com a localização residências .....     | 72  |
| Imagem 9– Exemplo de ventilação com as aberturas externas abertas ..... | 90  |
| Imagem 10 – Localização da edificação 003 .....                         | 118 |
| Imagem 11 – Planta baixa técnica do caso 003.....                       | 120 |
| Imagem 12 – Localização da edificação 008 .....                         | 127 |
| Imagem 13 - Planta baixa técnica do caso 008.....                       | 130 |
| Imagem 14 - localização da edificação 015 .....                         | 136 |
| Imagem 15 - Planta baixa técnica do caso 015.....                       | 139 |
| Imagem 16 - localização da edificação 043 .....                         | 146 |
| Imagem 17 - Planta baixa técnica do caso 043.....                       | 148 |
| Imagem 18 - Localização da edificação 047 .....                         | 155 |
| Imagem 19 – Planta baixa técnica do caso 047 .....                      | 157 |
| Imagem 20 - Localização da edificação 047 .....                         | 164 |
| Imagem 21 – Planta baixa técnica do caso 003.....                       | 167 |
| Imagem 22 - Localização da edificação 090 .....                         | 173 |
| Imagem 23 – Planta baixa técnica do caso 090 .....                      | 175 |
| Imagem 24 - Localização da edificação 047 .....                         | 181 |
| Imagem 25 – Planta baixa técnica do caso 095.....                       | 183 |
| Imagem 26 - Localização da edificação 047 .....                         | 190 |
| Imagem 27 – Planta baixa técnica do caso 100.....                       | 192 |
| Imagem 28 - Localização da edificação 047 .....                         | 199 |
| Imagem 29 – Planta baixa técnica do caso 108.....                       | 202 |
| Imagem 30 - Localização da edificação 119 .....                         | 209 |
| Imagem 31 – Planta baixa técnica do caso 119.....                       | 211 |
| Imagem 32 - Localização da edificação 128 .....                         | 216 |

|   |     |
|---|-----|
| Imagem 33 – Planta baixa técnica do caso 128..... | 219 |
| Imagem 34 - Localização da edificação 047 .....   | 225 |
| Imagem 35 – Planta baixa técnica do caso 133..... | 228 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |     |
|---|-----|
| Gráfico 1 - Comparativo entre modelos e graus-hora de resfriamento .....                            | 35  |
| Gráfico 2– Trocas de ar x horas em conforto térmico .....   | 38  |
| Gráfico 3 - PPD x PMV .....   | 51  |
| Gráfico 4– Temperaturas externas do arquivo climático para os dias 11/01 e<br>12/01 .....           | 55  |
| Gráfico 5– Temperatura operacional aceitável sem HVAC .....   | 59  |
| Gráfico 6– Temperatura do ar em Campinas, em janeiro .....  | 61  |
| Gráfico 7– Relação de votos de STS-V .....  | 63  |
| Gráfico 8- Comparação das características meteorológicas, entre São<br>Francisco e Passo Fundo..... | 65  |
| Gráfico 9- Comparação das características meteorológicas, entre Passo<br>Fundo e Lisboa.....        | 66  |
| Gráfico 10 - Tipos de residências pesquisadas.....  | 69  |
| Gráfico 11– S-TSV no momento da pesquisa .....  | 70  |
| Gráfico 12- Panorama geral quanto à transmitância e tamanho das aberturas<br>.....                  | 71  |
| Gráfico 13– Comparativo das temperaturas máximas na cidade de Passo<br>Fundo .....                  | 76  |
| Gráfico 14– Temperaturas externa do arquivo climático para o inverno .....                          | 77  |
| Gráfico 15- Temperaturas externa do arquivo climático para o verão .....                            | 78  |
| Gráfico 16– Geração de calor por ocupação nos dias úteis.....                                       | 81  |
| Gráfico 17- Geração de calor por ocupação nos sábados .....   | 81  |
| Gráfico 18- Geração de calor por ocupação aos Domingos e Feriados .....                             | 81  |
| Gráfico 19 – Padrão de geração de calor por uso da iluminação .....                                 | 83  |
| Gráfico 20– Ganho de calor por ocupação nos dias úteis.....   | 86  |
| Gráfico 21– Ganho de calor por equipamentos nos dias úteis.....                                     | 86  |
| Gráfico 22– Comparação do S-TSV para noites e dias, no inverno e verão...94                         |     |
| Gráfico 23– Amplitude de temperatura na cidade .....  | 94  |
| Gráfico 24– Exemplo do resultado da simulação .....   | 95  |
| Gráfico 25– S-TSV dos banheiros em todos os casos.....  | 97  |
| Gráfico 26– Comparação entre graus-hora.....  | 99  |
| Gráfico 27 – Exemplo de temperatura do quarto em um dia de verão.....                               | 122 |

|   |     |
|---|-----|
| Gráfico 28 – Temperatura interna da sala no dia 08/01 .....           | 124 |
| Gráfico 29 – Exemplo de temperatura do quarto em um dia de verão..... | 132 |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 1 - Resumo das alternativas .....  | 35  |
| Tabela 2– Modelos Criados.....  | 39  |
| Tabela 3 - Síntese dos modelos .....  | 40  |
| Tabela 4- Variáveis.....  | 42  |
| Tabela 5- Design ótimo para aquecimento e resfriamento do modelo .....              | 44  |
| Tabela 6- Dados climáticos das cidades .....  | 46  |
| Tabela 7 - Estratégias passivas .....   | 48  |
| Tabela 8 – Escalas de sensações conforme o voto .....                               | 50  |
| Tabela 9 – Métodos propostos pela ISO (2005) e EN 15251 (2007) .....                | 52  |
| Tabela 10– Cálculo dos graus-hora .....   | 56  |
| Tabela 11– Compilado de equações para determinação da temperatura<br>neutra .....   | 57  |
| Tabela 12– Campos fornecidos na base de dados voltados ao usuário.....              | 73  |
| Tabela 13 - Campos fornecidos na base de dados voltados ao ambiente.....            | 73  |
| Tabela 14– Ganho de calor interno por Ocupação, Iluminação e<br>Equipamentos .....  | 80  |
| Tabela 16– Ganhos por ocupação nos diferentes dias da semana na cozinha<br>.....    | 84  |
| Tabela 17– Taxa de infiltração da cozinha.....                                      | 87  |
| Tabela 18 – Resumo comparativo entre os dados simulados e o S-TSV caso<br>090 ..... | 92  |
| Tabela 19 – Resumo comparativo entre os dados simulados e o S-TSV caso<br>003 ..... | 93  |
| Tabela 20 – S-TSV de todos os casos .....   | 96  |
| Tabela 21 - Resumo comparativo entre os dados simulados e o S-TSV caso<br>008 ..... | 100 |
| Tabela 22 – resultado da simulação caso 003 .....                                   | 121 |
| Tabela 23 - Resultado revisto da simulação caso 003.....                            | 125 |
| Tabela 24 – resultado da simulação caso 008 .....                                   | 131 |
| Tabela 25 - Resultado revisto da simulação caso 008.....                            | 134 |
| Tabela 26 - resultado da simulação caso 015.....                                    | 141 |
| Tabela 27 - Resultado revisto da simulação caso 015.....                            | 144 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 28 - Resultado da simulação caso 043 .....         | 150 |
| Tabela 29 - Resultado revisto da simulação caso 043 ..... | 153 |
| Tabela 30 - resultado da simulação caso 047 .....         | 159 |
| Tabela 31 - Resultado revisto da simulação caso 047 ..... | 161 |
| Tabela 32 - resultado da simulação caso 050 .....         | 168 |
| Tabela 33 - Resultado revisto da simulação caso 050 ..... | 171 |
| Tabela 34 - resultado da simulação caso 090 .....         | 177 |
| Tabela 35 - Resultado revisto da simulação caso 090 ..... | 179 |
| Tabela 36 - resultado da simulação caso 095 .....         | 185 |
| Tabela 37 - Resultado revisto da simulação caso 095 ..... | 188 |
| Tabela 38 - resultado da simulação caso 100 .....         | 194 |
| Tabela 39 - Resultado revisto da simulação caso 100 ..... | 197 |
| Tabela 40 - resultado da simulação caso 108 .....         | 204 |
| Tabela 41 - Resultado revisto da simulação caso 108 ..... | 207 |
| Tabela 42 - resultado da simulação caso 119 .....         | 212 |
| Tabela 43 - Resultado revisto da simulação caso 119 ..... | 214 |
| Tabela 44 - resultado da simulação caso 128 .....         | 220 |
| Tabela 45 - Resultado revisto da simulação caso 128 ..... | 223 |
| Tabela 46 - resultado da simulação caso 133 .....         | 229 |
| Tabela 47 - Resultado revisto da simulação caso 133 ..... | 232 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Equação 1 - Indicador de graus-hora de resfriamento .....     | 35 |
| Equação 2 - Limite superior de conforto térmico .....         | 47 |
| Equação 3- Horas de conforto anual .....                      | 47 |
| Equação 4– fórmula para determinação do PMV .....             | 53 |
| Equação 5– fórmula para determinação do PPD .....             | 53 |
| Equação 6– Graus-Hora resfriamento .....                      | 56 |
| Equação 7– Graus-Hora aquecimento .....                       | 56 |
| Equação 8- Limite superior de aceitabilidade de 80% [°C]..... | 58 |
| Equação 9- Limite inferior de aceitabilidade de 80% [°C]..... | 58 |
| Equação 10– Temperatura operativa de conforto .....           | 60 |



## SUMARIO

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b>  | <b>27</b> |
| 1.1          | JUSTIFICATIVA  | 27        |
| 1.2          | OBJETIVOS  | 29        |
| <b>1.2.1</b> | <b>Objetivo geral</b>  | <b>29</b> |
| <b>1.2.2</b> | <b>Objetivos específicos</b>   | <b>29</b> |
| <b>2</b>     | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>   | <b>30</b> |
| 2.1          | CONSUMO ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES NO BRASIL                                 | 30        |
| 2.2          | SIMULAÇÃO PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS SEM CONDICIONAMENTO | 33        |
| 2.3          | INDICADORES DE DESEMPENHO BASEADOS NA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA               | 49        |
| <b>2.3.1</b> | <b>Determinação do índice PMV e PPD</b>                                      | <b>50</b> |
| <b>2.3.2</b> | <b>Avaliação do conforto usando simulação dinâmica em longo prazo</b>        | <b>51</b> |
| <b>2.3.3</b> | <b>Graus-hora</b>  | <b>54</b> |
| <b>2.3.4</b> | <b>Conforto Adaptativo</b>   | <b>56</b> |
| 2.4          | VOTO DE SENSAÇÃO TÉRMICA SAZONAL (S-TSV)                                     | 60        |
| <b>2.4.1</b> | <b>Resultados de campo na cidade de Campinas</b>                             | <b>62</b> |
| 2.5          | ABERTURA DAS ESQUADRIAS EXTERNAS   | 64        |
| 2.6          | ALIMENTOS E TEMPO DE COZIMENTO   | 66        |
| <b>2.6.1</b> | <b>Tempo de cozimento</b>  | <b>66</b> |
| <b>2.6.2</b> | <b>Geração de calor</b>  | <b>67</b> |
| 2.7          | CORTINAS E PERSIANAS INTERNAS  | 67        |
| <b>3</b>     | <b>MÉTODO</b>  | <b>68</b> |
| 3.1          | BASE DE DADOS  | 68        |
| 3.2          | SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS NÃO CONDICIONADOS            | 74        |
| 3.3          | ARQUIVO CLIMÁTICO  | 75        |
| 3.4          | FONTES DE DADOS DE CONSTRUÇÃO  | 78        |
| 3.5          | SOMBREAMENTO EXTERNO   | 79        |

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
| 3.6          | PROTEÇÕES INTERNAS  | 79         |
| 3.7          | GANHOS DE CALOR INTERNO   | 79         |
| <b>3.7.1</b> | <b>Ocupação, Iluminação e Equipamentos</b>                        | <b>79</b>  |
| <b>3.7.2</b> | <b>Ganho calor interno por Equipamentos</b>                       | <b>83</b>  |
| <b>3.7.3</b> | <b>Tempo de cozimento</b>   | <b>83</b>  |
| <b>3.7.4</b> | <b>Geração de calor</b>   | <b>84</b>  |
| <b>3.7.5</b> | <b>Ganho de calor interno</b>                                     | <b>84</b>  |
| 3.8          | ABERTURA DAS ESQUADRIAS EXTERNAS                                  | 87         |
| 3.9          | COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES COM OS<br>DADOS DE S-TSV | 88         |
| <b>3.9.1</b> | <b>Coeficiente de determinação</b>                                | <b>88</b>  |
| 3.10         | RESUMO DO MÉTODO  | 89         |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS</b>   | <b>91</b>  |
| 4.1          | EXEMPLO DE CASO ONDE S-TSV E SIMULAÇÃO ESTÃO<br>ALINHADOS         | 91         |
| 4.2          | EXEMPLO DE CASO ONDE S-TSV E SIMULAÇÃO NÃO ESTÃO<br>ALINHADOS     | 92         |
| 4.3          | ANALISE DA RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA EXTERNA E O<br>S-TSV       | 93         |
| 4.4          | ANALISE DO S-TSV EM RELAÇÃO A OPERAÇÃO DAS<br>ESQUADRIAS EXTERNAS | 95         |
| 4.5          | ANALISE SOBRE A ADAPTAÇÃO DO VOTO SAZONAL                         | 96         |
| 4.6          | ANALISE SOBRE A SENSIBILIDADE DO BANHEIRO                         | 97         |
| 4.7          | ANALISE DE RECINTOS ANÁLOGOS DE PERMANÊNCIA<br>PROLONGADA         | 98         |
| 4.8          | ANALISE DO HORÁRIO DE USO E SEUS IMPACTOS                         | 98         |
| 4.9          | ANALISE DO USO DE TOTAIS E SUBTOTAIS                              | 99         |
| <b>5</b>     | <b>CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS</b>                                | <b>101</b> |
| 5.1          | CONCLUSÃO   | 101        |
| 5.2          | ESTUDOS FUTUROS   | 103        |
| <b>6</b>     | <b>REFERÊNCIAS</b>  | <b>104</b> |
|              | <b>APÊNDICE A.- RELATÓRIO DO CASO 003</b>                         | <b>118</b> |
| A.1          | RESIDENTES  | 118        |
| A.2          | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                                     | 118        |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| A.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 119        |
| <b>A.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>119</b> |
| A.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 119        |
| <b>A.3.02</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>119</b> |
| A.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 119        |
| <b>A.3.03</b>                             | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>119</b> |
| A.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 119        |
| <b>A.3.04</b>                             | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>119</b> |
| A.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 119        |
| A.4                                       | PLANTA BAIXA  | 120        |
| A.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 120        |
| <b>A.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>120</b> |
| <b>A.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>121</b> |
| <b>A.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>123</b> |
| <b>A.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>125</b> |
| A.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 125        |
| <b>APÊNDICE B.- RELATÓRIO DO CASO 008</b> |   | <b>127</b> |
| B.1                                       | RESIDENTES  | 127        |
| B.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 127        |
| B.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 128        |
| <b>B.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>128</b> |
| B.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 128        |
| <b>B.3.02</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>128</b> |
| B.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 128        |
| <b>B.3.03</b>                             | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>129</b> |
| B.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 129        |
| <b>B.3.04</b>                             | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>129</b> |
| B.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 129        |
| B.4                                       | PLANTA BAIXA  | 130        |
| B.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 130        |
| <b>B.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>130</b> |
| <b>B.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>131</b> |
| <b>B.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>133</b> |
| <b>B.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>134</b> |

|               |   |            |
|---------------|---|------------|
| B.6           | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 134        |
|               | <b>APÊNDICE C.- RELATÓRIO DO CASO 015</b>           | <b>136</b> |
| C.1           | RESIDENTES  | 136        |
| C.2           | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 136        |
| C.3           | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 137        |
| <b>C.3.01</b> | <b>Sala de estar</b>                                | <b>137</b> |
| C.3.01.01     | Quanto às aberturas                                 | 137        |
| <b>C.3.02</b> | <b>Cozinha</b>                                      | <b>137</b> |
| C.3.02.01     | Quanto às aberturas                                 | 137        |
| <b>C.3.03</b> | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>137</b> |
| C.3.03.01     | Quanto às aberturas                                 | 137        |
| <b>C.3.04</b> | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>137</b> |
| C.3.04.01     | Quanto às aberturas                                 | 138        |
| C.4           | PLANTA BAIXA  | 139        |
| C.5           | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 139        |
| <b>C.5.01</b> | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>139</b> |
| <b>C.5.02</b> | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>141</b> |
| <b>C.5.03</b> | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>142</b> |
| <b>C.5.04</b> | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>143</b> |
| C.6           | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 144        |
|               | <b>APÊNDICE D.- RELATÓRIO DO CASO 043</b>           | <b>146</b> |
| D.1           | RESIDENTES  | 146        |
| D.2           | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 146        |
| D.3           | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 147        |
| <b>D.3.01</b> | <b>Sala de estar</b>                                | <b>147</b> |
| D.3.01.01     | Quanto às aberturas                                 | 147        |
| <b>D.3.02</b> | <b>Cozinha</b>                                      | <b>147</b> |
| D.3.02.01     | Quanto às aberturas                                 | 147        |
| <b>D.3.03</b> | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>147</b> |
| D.3.03.01     | Quanto às aberturas                                 | 147        |
| <b>D.3.04</b> | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>147</b> |
| D.3.04.01     | Quanto às aberturas                                 | 148        |
| D.4           | PLANTA BAIXA  | 148        |
| D.5           | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 148        |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| <b>D.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>148</b> |
| <b>D.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>150</b> |
| <b>D.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>151</b> |
| <b>D.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>152</b> |
| D.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 153        |
| <b>APÊNDICE E.- RELATÓRIO DO CASO 047</b> |   | <b>155</b> |
| E.1                                       | RESIDENTES  | 155        |
| E.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 155        |
| E.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 156        |
| <b>E.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>156</b> |
| E.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 156        |
| <b>E.3.02</b>                             | <b>Quarto 2</b>                                     | <b>156</b> |
| E.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 156        |
| <b>E.3.03</b>                             | <b>Banheiro 2</b>                                   | <b>156</b> |
| E.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 156        |
| <b>E.3.04</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>156</b> |
| E.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 157        |
| E.4                                       | PLANTA BAIXA  | 157        |
| E.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 158        |
| <b>E.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>158</b> |
| <b>E.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>159</b> |
| <b>E.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>160</b> |
| <b>E.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>160</b> |
| E.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 162        |
| <b>APÊNDICE F.- RELATÓRIO DO CASO 050</b> |   | <b>164</b> |
| F.1                                       | RESIDENTES  | 164        |
| F.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 164        |
| F.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 165        |
| <b>F.3.01</b>                             | <b>Quarto 2</b>                                     | <b>165</b> |
| F.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 165        |
| <b>F.3.02</b>                             | <b>Sala de estar - segundo ambiente</b>             | <b>165</b> |
| F.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 165        |
| <b>F.3.03</b>                             | <b>Banheiro 2</b>                                   | <b>165</b> |
| F.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 165        |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| <b>F.3.04</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>166</b> |
| F.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 166        |
| F.4                                       | PLANTA BAIXA  | 167        |
| F.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 167        |
| <b>F.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>167</b> |
| <b>F.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>168</b> |
| <b>F.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>169</b> |
| <b>F.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>170</b> |
| F.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 171        |
| <b>APÊNDICE G.- RELATÓRIO DO CASO 090</b> |   | <b>173</b> |
| G.1                                       | RESIDENTES  | 173        |
| G.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 173        |
| G.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 174        |
| <b>G.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>174</b> |
| G.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 174        |
| <b>G.3.02</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>174</b> |
| G.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 174        |
| <b>G.3.03</b>                             | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>174</b> |
| G.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 174        |
| <b>G.3.04</b>                             | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>175</b> |
| G.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 175        |
| G.4                                       | PLANTA BAIXA  | 175        |
| G.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 175        |
| <b>G.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>175</b> |
| <b>G.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>177</b> |
| <b>G.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>178</b> |
| <b>G.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>178</b> |
| G.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 179        |
| <b>APÊNDICE H.- RELATÓRIO DO CASO 095</b> |   | <b>181</b> |
| H.1                                       | RESIDENTES  | 181        |
| H.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 181        |
| H.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 182        |
| <b>H.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>182</b> |
| H.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 182        |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| <b>H.3.02</b>                             | <b>Quarto 2</b>                                     | <b>182</b> |
| H.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 182        |
| <b>H.3.03</b>                             | <b>Banheiro 2</b>                                   | <b>182</b> |
| H.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 182        |
| <b>H.3.04</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>183</b> |
| H.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 183        |
| H.4                                       | PLANTA BAIXA  | 183        |
| H.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 183        |
| <b>H.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>183</b> |
| <b>H.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>185</b> |
| <b>H.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>186</b> |
| <b>H.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>187</b> |
| H.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 188        |
| <b>APÊNDICE I.- RELATÓRIO DO CASO 100</b> |   | <b>190</b> |
| I.1                                       | RESIDENTES  | 190        |
| I.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 190        |
| I.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 191        |
| <b>I.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>191</b> |
| I.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 191        |
| <b>I.3.02</b>                             | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>191</b> |
| I.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 191        |
| <b>I.3.03</b>                             | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>191</b> |
| I.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 191        |
| <b>I.3.04</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>192</b> |
| I.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 192        |
| I.4                                       | PLANTA BAIXA  | 192        |
| I.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 193        |
| <b>I.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>193</b> |
| <b>I.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>194</b> |
| <b>I.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>195</b> |
| <b>I.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>196</b> |
| I.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 197        |
| <b>APÊNDICE J.- RELATÓRIO DO CASO 108</b> |   | <b>199</b> |
| J.1                                       | RESIDENTES  | 199        |

|               |   |            |
|---------------|---|------------|
| J.2           | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 199        |
| J.3           | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 200        |
| <b>J.3.01</b> | <b>Sala de estar</b>                                | <b>200</b> |
| J.3.01.01     | Quanto às aberturas                                 | 200        |
| <b>J.3.02</b> | <b>Cozinha</b>                                      | <b>200</b> |
| J.3.02.01     | Quanto às aberturas                                 | 200        |
| <b>J.3.03</b> | <b>Quarto 2</b>                                     | <b>200</b> |
| J.3.03.01     | Quanto às aberturas                                 | 201        |
| <b>J.3.04</b> | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>201</b> |
| J.3.04.01     | Quanto às aberturas                                 | 201        |
| J.4           | PLANTA BAIXA  | 202        |
| J.5           | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 202        |
| <b>J.5.01</b> | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>202</b> |
| <b>J.5.02</b> | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>204</b> |
| <b>J.5.03</b> | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>205</b> |
| <b>J.5.04</b> | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>206</b> |
| J.6           | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 207        |
|               | <b>APÊNDICE K.- RELATÓRIO DO CASO 119</b>           | <b>209</b> |
| K.1           | RESIDENTES  | 209        |
| K.2           | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 209        |
| K.3           | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 210        |
| <b>K.3.01</b> | <b>Sala de estar</b>                                | <b>210</b> |
| K.3.01.01     | Quanto às aberturas                                 | 210        |
| <b>K.3.02</b> | <b>Cozinha</b>                                      | <b>210</b> |
| K.3.02.01     | Quanto às aberturas                                 | 210        |
| <b>K.3.03</b> | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>210</b> |
| K.3.03.01     | Quanto às aberturas                                 | 210        |
| <b>K.3.04</b> | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>210</b> |
| K.3.04.01     | Quanto às aberturas                                 | 211        |
| K.4           | PLANTA BAIXA  | 211        |
| K.5           | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 211        |
| <b>K.5.01</b> | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>211</b> |
| <b>K.5.02</b> | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>212</b> |
| <b>K.5.03</b> | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>213</b> |



|   |   |            |
|---|---|------------|
| <b>K.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>213</b> |
| K.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 214        |
| <b>APÊNDICE L.- RELATÓRIO DO CASO 128</b> |   | <b>216</b> |
| L.1                                       | RESIDENTES  | 216        |
| L.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 216        |
| L.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 217        |
| <b>L.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>217</b> |
| L.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 217        |
| <b>L.3.02</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>217</b> |
| L.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 217        |
| <b>L.3.03</b>                             | <b>Quarto 1</b>                                     | <b>217</b> |
| L.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 217        |
| <b>L.3.04</b>                             | <b>Banheiro 1</b>                                   | <b>218</b> |
| L.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 218        |
| L.4                                       | PLANTA BAIXA  | 219        |
| L.5                                       | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 219        |
| <b>L.5.01</b>                             | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>219</b> |
| <b>L.5.02</b>                             | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>220</b> |
| <b>L.5.03</b>                             | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>221</b> |
| <b>L.5.04</b>                             | <b>Revedo o dado da simulação na sala</b>           | <b>222</b> |
| L.6                                       | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 223        |
| <b>APÊNDICE M.- RELATÓRIO DO CASO 133</b> |   | <b>225</b> |
| M.1                                       | RESIDENTES  | 225        |
| M.2                                       | QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO                       | 225        |
| M.3                                       | QUANTO AOS AMBIENTES                                | 226        |
| <b>M.3.01</b>                             | <b>Sala de estar</b>                                | <b>226</b> |
| M.3.01.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 226        |
| <b>M.3.02</b>                             | <b>Quarto 2</b>                                     | <b>226</b> |
| M.3.02.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 226        |
| <b>M.3.03</b>                             | <b>Banheiro 2</b>                                   | <b>226</b> |
| M.3.03.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 227        |
| <b>M.3.04</b>                             | <b>Cozinha</b>                                      | <b>227</b> |
| M.3.04.01                                 | Quanto às aberturas                                 | 227        |
| M.4                                       | PLANTA BAIXA  | 228        |

|               |   |            |
|---------------|---|------------|
| M.5           | COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO                | 228        |
| <b>M.5.01</b> | <b>Com relação aos votos.</b>                       | <b>228</b> |
| <b>M.5.02</b> | <b>Com relação à simulação</b>                      | <b>229</b> |
| <b>M.5.03</b> | <b>Com relação à simulação comparada com o voto</b> | <b>230</b> |
| <b>M.5.04</b> | <b>Reverendo o dado da simulação na sala</b>        | <b>231</b> |
| M.6           | CONCLUSÕES DESTE CASO                               | 232        |

## LISTA DE SIGLAS

|           |  |
|-----------|--|
| ABNT      | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                     |
| ANTAC     | Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído                     |
| ASHRAE    | American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers     |
| BEN       | Balanço Energético Nacional  |
| CMD_COMP  | Comprimento da parede  |
| CMD_CONTP | Condição de contorno da parede   |
| Ct        | Capacidade Térmica   |
| EE        | Eficiência Energética  |
| ENCE      | Etiqueta Nacional de Conservação de Energia                                  |
| EPE       | Empresa de Pesquisa Energética   |
| HVAC      | Heating Ventilation and Air Conditioner                                      |
| IBGE      | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                              |
| INMETRO   | Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial        |
| ISO       | International Organization for Standardization                               |
| LABEEE    | Laboratório de Eficiência Energética em Edificações                          |
| MCT       | Ministério de Estado da Ciências, Tecnologia, Inovação e Comunicações        |
| MDIC      | Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior                 |
| MME       | Ministério de Minas e Energia  |
| NBR       | Normas Brasileiras de Regulação  |
| PBE       | Programa Brasileiro de Etiquetagem   |
| PMV       | Predicted Mean Vote - Voto Médio Predito                                     |
| PPD       | Predicted Percentage of Dissatisfied - Porcentagem prevista de insatisfeitos |
| PROCEL    | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica                         |
| S-TSV     | Sazonal Thermal Sensation Vote   |
| U         | Transmitância Térmica  |
| ZB        | Zona Bioclimática  |

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A qualidade de vida está fortemente ligada ao consumo de energia. (ABEBAW, 2007; ONOJA; IDOKO, 2012; SPALDING-FECHER; WINKLER; MWAKASONDA, 2005). A produção de energia em países dependentes da agricultura é suficiente comparado à demanda de seus residentes e ao custo (ALI; RAHUT; IMTIAZ, 2019), mas existem nações que estão sofrendo com a falta de energia (ALI; RAHUT; IMTIAZ, 2019; PIETROSEMOLI; RODRÍGUEZ-MONROY, 2019; NGOMA et al., 2018; LI; SONG; LIU, 2014).

Utilizar a energia de maneira racional é importante para atingirmos a meta da sustentabilidade, para reduzir o consumo de energia, são necessárias estratégias proativas de consciência ambiental (SELES et al., 2019). As empresas consumidoras de energia elétrica são separadas por dois tipos: as reativas, que fazem alterações mínimas para se adequar aos regulamentos e leis, e as proativas, que adotam a eficiência para reduzir impactos, ou seja, para consumir menos recursos do meio ambiente (GONZÁLEZ-BENITO, 2005).

No Brasil, com a redução do volume das chuvas crescente, ocasionou a utilização das reservas de água para geração de energia, aliada ao aumento do consumo que triplicou nos últimos 12 anos, desencadearam alguns problemas para a sociedade. Um deles foi o “apagão” ocorrido no país, que acarretou a redução do crescimento da economia, aumento do desemprego, da inflação e baixa arrecadação de impostos, efeitos esses foram causados pela privação de energia à população (TOLMASQUIM, 2000).

Este contexto energético é agravado pelo baixo desempenho térmico das edificações brasileiras (BODACH; HAMHABER, 2010; TRIANA; LAMBERTS; SASSI, 2015). Não são somente os produtos de programas governamentais de habitação social que fazem parte do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) como o Minha Casa Minha Vida (MCMV) ou o Programa de Arrendamento Residencial (PAR), que apresentam problemas de desempenho, muitas Unidades Habitacionais (UH) construídas para o mercado de médio ou alto padrão também não possuem estratégias de melhor adaptação da edificação ao clima local. Este fato faz com que

ocorra cada vez mais a procura por condicionamento artificial dos espaços de moradia ou trabalho. Como uma tentativa de melhorar o ambiente construído, seus usuários fazem o uso de condicionantes de ambientes (HVAC) (EPE, 2018).

É, portanto, essencial que o consumo de energia deva ser minimizado pela eficiência energética do ambiente construído (AMBIENTE, 2005; CARLO, 2008; GOLBEMBERG; MOREIRA, 2005; ZOMER; RÜTHER, 2007). Edificações com melhor conforto térmico utilizam menos energia para acondicionamento artificial e desta maneira reduzem o impacto ambiental causado pelas usinas de geração de energia (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012). Atualmente existem simulações com programas de computador que permitem estimar o nível de eficiência das edificações construídas e ajudar a identificar estratégias de projeto e de especificação de materiais para melhorar o conforto térmico dos habitantes e reduzir o consumo de energia em projetos novos ou reformas (CRAWLEY et al., 2001; CRAWLEY et al., 2008; HERNANDEZ NETO; FIORELLI, 2008; MASOSO; GROBLER, 2010; SAILOR, 2008; SELVARAJ et al., 2019; XU; XIAO; LI, 2020).

As simulações usam métricas baseadas na frequência de ocorrência de condições de desconforto para a determinação da análise de conforto do usuário. As medições por meio de frequência do conforto térmico de um edifício ou recinto é um processo complexo e oneroso, necessitando de pessoal treinado e de uma reserva de tempo para poder ser executado de maneira correta. Uma nova técnica de avaliação in loco foi introduzida por Cóstola et al. (2019) e utilizada por Dall'agnol (2019) e Stefenon (2019) para obter dados estimados de desempenho térmico de edifícios não condicionados. Trata-se do S-TSV (voto de sensação térmica sazonal).

O S-TSV é rápido e fácil de determinar, podendo ser aplicado por pessoas com o mínimo de conhecimento sobre conforto térmico além de necessitar de pouco tempo para o levantamento de dados. Esses dados de S-TSV foram analisados por Dall'agnol (2019), porém não existe estudo anterior comparando o S-TSV coletado com resultados de simulações computacionais. Existem dados de S-TSV e da construção (geometria, materiais) levantados em edificações residenciais no município de Passo Fundo.

Passo Fundo é uma cidade de porte médio, localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, a 687m acima do nível do mar, tendo uma densidade demográfica de 235,92 hab/km<sup>2</sup>, clima temperado com característica subtropical

úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano e tem estações bem definidas. A cidade conta com uma vegetação predominante de campos abertos, composta por matas nativas provenientes da Floresta Subtropical. O clima é predominante subtropical úmido com chuvas bem distribuídas por todo o ano (PASSO FUNDO, 2020).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Comparar o S-TSV (voto de sensação térmica sazonal) com os graus-hora de desconforto, obtido pela simulação de residências sem o uso de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC).

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a correlação entre o S-TSV e diferentes métricas obtidas por meio de simulação (tais como graus-hora de desconforto, desconforto máximo, número de horas de desconforto).
- b) Construir um modelo entre as métricas da simulação e o voto sazonal que permita estimar tais votos usando o resultado da simulação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONSUMO ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES NO BRASIL

A energia consumida pela população global tem uma tendência de crescimento de um terço até 2035, comparando com o consumo atual. Este aumento está sendo impulsionado pela China, a Índia e o Oriente Médio, que respondem por aproximadamente 60% do aumento, devido a vários fatores, porém o mais importante é o crescimento econômico gradual (EIA, 2012).

O Brasil está na oitava posição mundial em consumo de energia, segundo a pesquisa de U.S. Energy Information Administration. Este fato foi ocasionado pelo crescimento do setor da construção, da população, aumento das horas trabalhadas dentro das edificações e maior exigência do nível de conforto pelos habitantes de imóveis (EIA, 2012).

As mudanças climáticas também contribuem para um desequilíbrio no consumo energético, pois influenciam no aumento das médias de temperaturas e nos baixos índices pluviométricos, afetando o volume de água dos reservatórios das Usinas hidrelétricas. Com o aumento da temperatura externa, juntamente com a má eficiência do envelope das edificações, os usuários passaram a utilizar mais os métodos artificiais de resfriamento do ambiente, aumentando assim o consumo de energia, o que provocou o apagão de 2001 em várias cidades (OLIVEIRA; SOUZA; DA SILVA, 2017).

Com o aumento excessivo do consumo de energia, em 2015 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estipulou o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que passou a vir expresso nas contas de consumo de energia das residências. Esse sistema de bandeiras apresenta-se em três modalidades: verde, amarela e vermelha, análogas ao sistema semafórico. Cada modalidade apresenta um grau de custo para a geração de energia, sendo que a bandeira verde indica condições favoráveis de geração sem nenhum acréscimo ao consumidor (ANEEL, 2019).

Como enfatizam Triana; Lamberts e Sassi (2015), 46,4% da energia primária do Brasil são geradas por matérias renováveis, tais como: hidrelétrica (13%), madeira (9,5%) e cana-de-açúcar (19,1%). A capacidade de geração térmica de energia teve um aumento de 41,2% entre os anos de 2006 a 2010 devido ao

aumento do consumo da população. As residências correspondem a aproximadamente 50% deste aumento.

Segundo Sartori e Calmon (2019), o Brasil segue a tendência mundial: a pegada de carbono é a maior do setor residencial onde 30% a 40% da energia são consumidos pelos edifícios, sendo destes 21,2% utilizados em residências. Este consumo motivou o desenvolvimento de padrões de construção mais eficientes, aumentando a inércia dos fechamentos externos, esquadrias mais herméticas e melhores materiais, posicionamento das aberturas para melhor uso da ventilação natural entre outros.

Para a International Energy Agency (IEA), a meta dos países membros é estabilizar ou reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> pelas edificações, indiretamente ou diretamente, em 38% até 2050. Os países que se comprometeram a fazer este acordo são: Austrália; Áustria; Bélgica; Canadá; Tchêquia; Dinamarca; Estônia; Finlândia; França; Alemanha; Grécia; Hungria; Irlanda; Itália; Japão; Coreia; Luxemburgo; México; Nova Zelândia; Noruega; Polônia; Portugal; República Eslovaca; Espanha; Suécia; Suíça; Holanda; Peru; Reino Unido e Estados Unidos, além dos países associados: Brasil; China; Índia; Indonésia; Marrocos; Cingapura; África do Sul e Tailândia.

No Brasil, o balanço 2015-2018 da Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI) informa que o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) foi responsável pela gestão, execução e acompanhamento de vários programas, entre eles o Programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV), que entregou 5,31 milhões de unidades habitacionais (UH) (SDI, 2018). Ao final deste mesmo período foram investidos R\$168,8 bilhões somente na região sul do país. Este valor correspondeu à construção e entrega de 810.252 UH, mais 176.201 UH em construção.

O governo tem financiado habitações térreas isoladas ou geminadas e edificações de 4 a 5 pavimentos em formato de H, que se espalharam por todo o território nacional. Estas tipologias de edificação tem boa viabilidade econômica, porém desprezam a eficiência térmica (FAGUNDES, 2014). Apesar do consumo de energia para condicionamento das edificações ser elevado, o governo apresentou, somente, um plano de aumento da taxa tarifária do consumo de energia.

Segundo OLIVEIRA et al. (2015), a correta adaptação ao clima local da residência pode reduzir o consumo de energia. Geralmente são observados os



requisitos mínimos estabelecidos pelas normas, porém estes não são suficientes para a condição de conforto e diminuição do uso de HVAC. No Brasil, muitas edificações são condicionadas artificialmente e mesmo assim não atingem condições de conforto térmico, pois os condicionantes climáticos como velocidade do vento, temperatura externa, temperatura radiante, umidade do ar e direção do vento não foram considerados no projeto.

Nas edificações novas ou reformas, é recomendado seguir normas e utilizar estratégias bioclimáticas para reduzir o consumo energético com condicionamento artificial. Nas edificações existentes é possível “remodelação ou modernização de sistemas construtivos por meio da inclusão de novas tecnologias e conceitos para aumentar o valor e a vida útil da propriedade, adaptar-se a um novo uso e melhorar a eficiência operacional e energética” (ABNT, 2013). Esta adaptação é uma das formas de reduzir o consumo de energia.

No Brasil, a busca por habitação evolui em uma escala considerável, e a previsão que continue neste ritmo nos próximos anos, conseqüentemente, este crescimento afeta o consumo de energia diretamente (TUBELO et al., 2018). A previsão de crescimento do setor é de aproximadamente 4,3% ao ano até 2023, se forem consideradas as atividades ligadas à construção, tais como: extração, produção e transporte, o consumo do setor ultrapassa os 22% da energia gerada. (TUBELO, RODRIGUES e GILLOTT, 2014). Do consumo total de energia por uma edificação, 20% é utilizado para climatizar o ambiente, ou seja, aquecer ou resfriar. Mesmo que a maioria das residências não disponha de HVAC, é esperado que com o aumento da renda e do padrão de vida, os habitantes venham a adquirir estes sistemas (TUBELO, RODRIGUES e GILLOTT, 2014).

No Brasil, o setor da construção é conhecido pelo alto uso de recursos naturais e consumo de energia, tanto na extração quanto no uso final, o que causa um impacto negativo para o meio ambiente. O setor é responsável por 40% das emissões de CO<sup>2</sup> e pelo uso de 40% dos recursos naturais. É esperado que entre os anos 2012 e 2040 ocorra um crescimento de 1,6% ao ano do consumo de energia (NAJJAR et al., 2019). A nível mundial, a eletricidade é a principal fonte de energia, com um consumo de 61% no ano de 2012 e previsto um aumento de 75% até o ano de 2040. É urgente aplicar estratégias de construção que reduzam impactos,

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
edificações mais eficientes e sistemas renováveis de geração de energia (NAJJAR  
et al., 2019).

## 2.2 SIMULAÇÃO PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS SEM CONDICIONAMENTO

Simular o ambiente construído é uma ferramenta para estimar como uma edificação irá se comportar termicamente, com uso de ventilação natural ou não, desta maneira pode-se melhorar o projeto e as estratégias para desempenho térmico. Faz-se possível a simulação computacional através de programas de computador, mesmo não sendo a realidade do ambiente projetado ou construído, sendo o mais perto que podemos representar (CARLO E LAMBERTS 2010). Os programas de computador utilizados nas simulações estão em constante evolução, as variáveis e dados climáticos utilizados estão sempre sendo atualizados, aumentando assim a precisão das simulações realizadas pelos mesmos. (HENSEN; LAMBERTS, 2011).

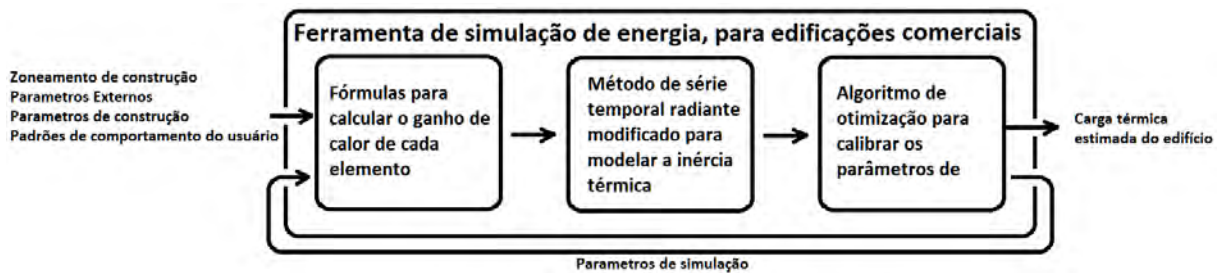
As pesquisas que estudam eficiência energética utilizam programas de computador e estão tentando gerar um algoritmo para reduzir o tempo para encontrar a melhor configuração de forma que o ambiente seja o mais eficiente possível, ou seja, gerar o melhor conforto consumindo a menor quantidade de energia.

Ceballos-Fuentealba, et al. (2019) realizam simulações em edifícios existentes residenciais, com o intuito de oferecer uma base para determinar a adaptação ideal e o volume de consumo de energia recuperado, os autores criaram um sistema para determinar uma equação (Imagem 1) para facilitar a determinação de desempenho. Na Imagem 1, podemos perceber que os parâmetros da simulação retornam como dado para inserir na equação. Esta por sua vez recebe as variáveis externas e geram os dados para o método de modelagem da inércia térmica. Após a modelagem da inércia, o sistema de otimização do algoritmo recebe os dados do passo anterior e resulta na melhor configuração geométrica e gera mais dados para a ferramenta.

## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Imagem 1 – Sistema adotado para determinar a melhor solução



Fonte: Ceballos-Fuentealba, et al. (2019).

Por fim, os autores chegaram a conclusão que o algoritmo mostrou-se eficiente para as diferentes estações do ano, porém depende dos dados de estimativa de ganho solar, determinante para a precisão dos resultados. O sistema foi comparado com a simulação do edifício em um programa, podendo acarretar em erros de saídas de dados, pois foram desconsideradas as sombras ocasionadas pelos edifícios lindeiros e a degradação do sistema de isolamento (CEBALLOS-FUENTEALBA, et al. 2019).

O algoritmo é complexo, o que representa um desafio para sua utilização em ampla escala além de conter vários fatores que não são levados em consideração e podem afetar drasticamente o resultado final, tais como o ambiente exposto, velocidade real do vento, temperatura radiante de edificações lindeiras e atualização dos equipamentos utilizados para equipamentos mais eficientes. A otimização do sistema adotado mostrou-se importante porque reduz o tempo de trabalho, através de um sistema de retroalimentação do algoritmo criado.

O estudo realizado por Oliveira, Sakiyama e Miranda (2017), considerando a reforma como de grande importância para os projetos de arquitetura com condicionantes passivos para melhorar o desempenho. O objetivo principal foi avaliar a influência ocasionada pela dimensão e posição das esquadrias externas, comparando com as métricas de conforto térmico.

Os autores criaram um projeto composto por dois ambientes distintos, denominado por eles como Flat, habitado por um único morador. O plug-in adotado para a simulação foi o ArchSim diretamente ligado ao EnergyPlus, sendo que as informações e resultados foram obtidos pelo Grasshopper.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 1 - Resumo das alternativas

| Modelo | Posição das Janelas | Percentual de área de ventilação em relação ao piso (%) |
|--------|---------------------|---|
| 1      | Norte – Sul         | 10; 20; 40  |
| 2      | Leste – Oeste       | 10; 20; 40  |
| 3      | Sul – Oeste         | 10; 20; 40  |
| 4      | Norte - Leste       | 10; 20; 40  |
| 5      | Leste – Sul         | 10; 20; 40  |
| 6      | Norte - Oeste       | 10; 20; 40  |

Fonte: Oliveira, Sakiyama e Miranda (2017).

Conforme a Tabela 1 foram simulados três percentuais de abertura em seis orientações distintas. Após a simulação dos modelos em suas diferentes posições, foram calculados os Graus-Hora de resfriamento para cada modelo, segundo a Equação 1, gerando o Gráfico 1.

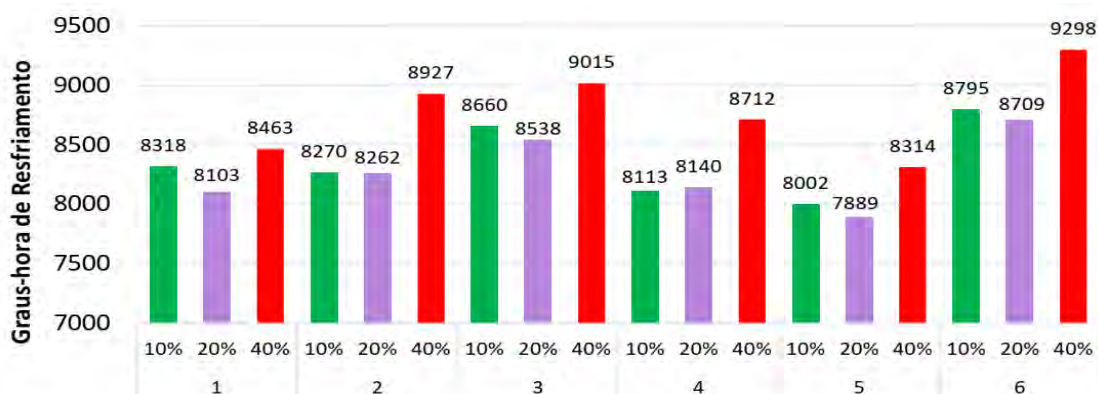
Equação 1 - Indicador de graus-hora de resfriamento

$$Gh_{Resf} = \sum T_{op} - 26^{\circ}\text{C}$$

Fonte: Oliveira, Sakiyama e Miranda (2017).

A Equação 1 apresentada no RTQ-R Simulação (BRASIL, 2014), onde o indicativo é resultante do somatório da temperatura operativa do ambiente que forem superiores a temperatura máxima de conforto, ou seja, 26°C.

Gráfico 1 - Comparativo entre modelos e graus-hora de resfriamento



Fonte: Oliveira, Sakiyama e Miranda (2017).

Como podemos perceber no Gráfico 1, a melhor opção encontrada pela simulação não foi a de maior abertura e nem a ventilação cruzada em 180°. A

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

melhor opção foi à ventilação Leste-Sul, com aberturas de 20% da área do piso. Fato que pode ser determinado por conta do ângulo de incidência e velocidade dos ventos ocorrentes na cidade estudada. Estudando a disposição e tamanhos das aberturas podem reduzir as horas de resfriamento de 9.298h (modelo seis com 40% de aberturas) para 7.889h (modelo cinco com 20% de tamanho das aberturas). Essa foi uma redução de aproximadamente 15%.

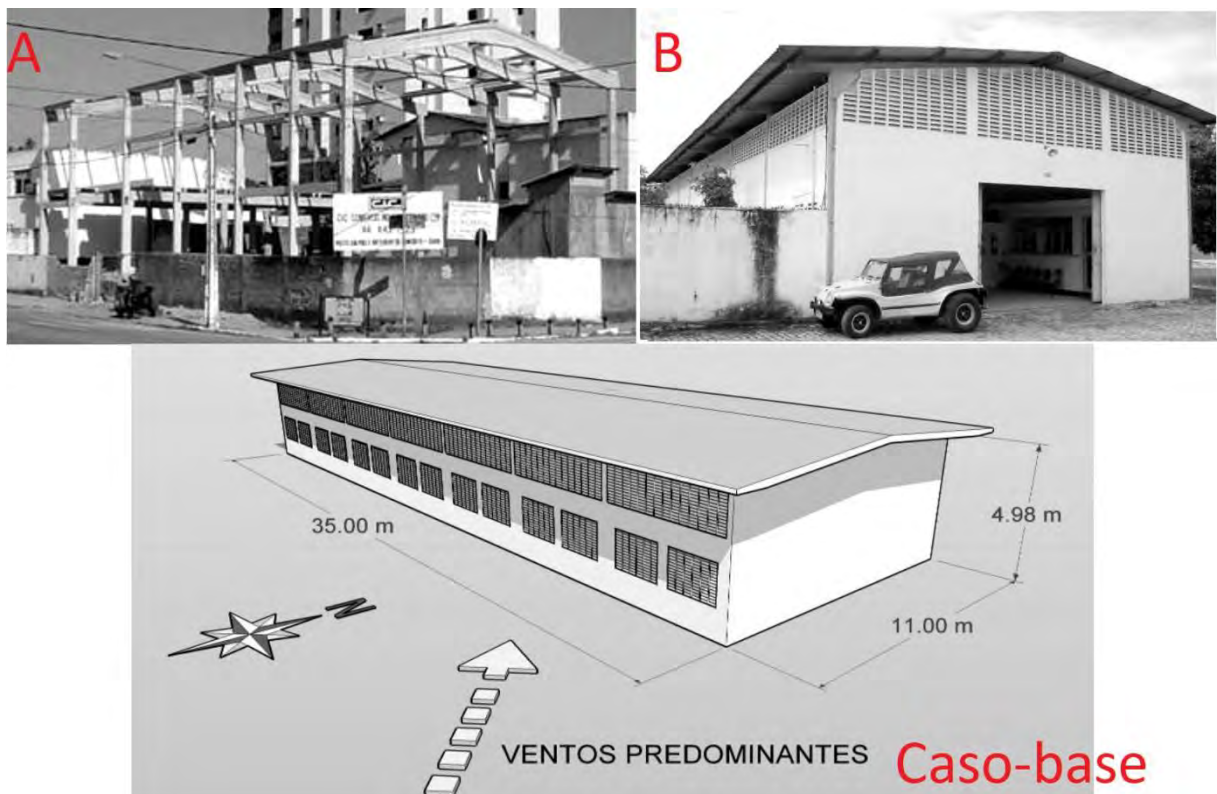
A simulação foi decisiva para determinar que somente a ventilação natural não seria suficiente para manter o ambiente confortável para o usuário, devendo-se adotar mais mecanismos para alcançar as diretrizes da ISO 7730, para a cidade de Teófilo Otoni – MG (OLIVEIRA, SAKIYAMA e MIRANDA, 2017).

Os autores Trindade, Pedrini e Duarte (2010), como os autores supracitados, simularam o uso da ventilação natural para atingir as métricas de conforto em edificações comerciais tipo galpão, com pé direito duplo, que utilizam cobogós como ventilação natural (Imagem 2). No estudo não foi adotada a ISO 7730 e sim os parâmetros de conforto propostos por Oliveira (2006).

## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Imagem 2- Exemplos de edificações e modelo adotado



Fonte: Trindade, Pedrini e Duarte (2010), adaptado pelo Autor (2021).

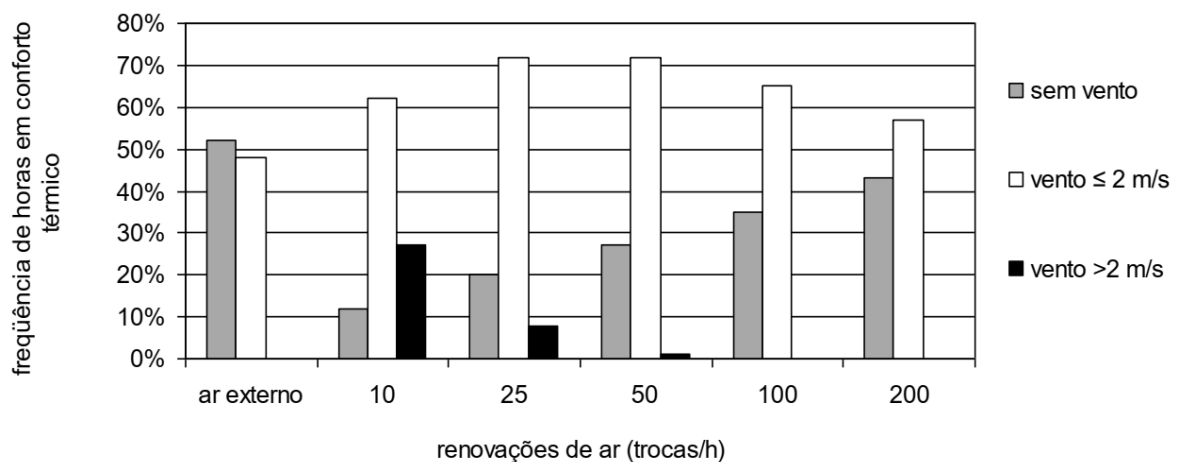
Para a simulação foram consideradas as variáveis tais como: a orientação do eixo longitudinal, dimensões dos pilares, beirais, aberturas e número de módulos que compõem a edificação (TRINDADE, PEDRINI e DUARTE, 2010).

A utilização de cobogós resultou em uma ventilação eficiente para o volume de ar perto do forro, porém ruim para renovação do ar na altura de uso do ambiente. O mesmo ocorreu com o uso de venezianas nas aberturas baixas, por estas direcionarem o fluxo de ar para cima, prejudicando a entrada de ar em nível dos usuários. Para melhorar a renovação do ar, os autores propõem o aumento da área das aberturas inferiores e a manutenção dos elementos vazados superiores (TRINDADE, PEDRINI e DUARTE, 2010).

## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Gráfico 2– Trocas de ar x horas em conforto térmico



Fonte: Trindade, Pedrini e Duarte (2010).

O aumento das aberturas ou aumento da velocidade do ar, não resulta em um ganho com mesma proporção. O conforto é diretamente afetado pelas renovações de ar, assim a velocidade do vento é determinante para que o ambiente se mantenha dentro dos padrões. Como podemos perceber na Gráfico 2, ventos superiores a 2m/s não são eficazes para a manutenção da temperatura, ocorre uma saída muito mais rápido que o ganho de calor, o mesmo ocorre com a ausência de vento (TRINDADE, PEDRINI e DUARTE, 2010).

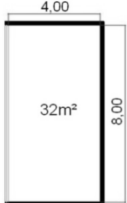
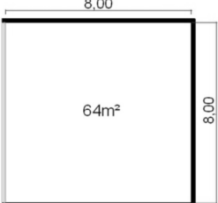
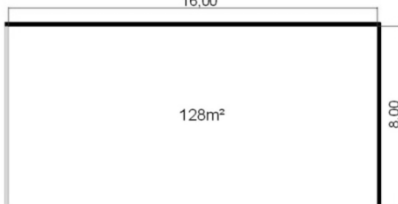
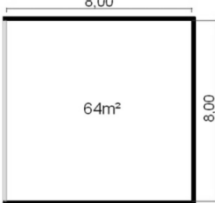
Focada no contraponto das simulações a pesquisa de Didoné e Pereira (2010), coloca em questão o uso de energia para iluminação dos ambientes e sua relação com a eficiência energética das edificações comerciais. Foram utilizados os programas EnergyPlus e Daysim. O primeiro calcula e determina o consumo energético que o ambiente terá ao utilizar o sistema de iluminação e o segundo analisa a iluminação natural e determina quando será necessário o uso de iluminação artificial.

Foram criados quatro modelos, conforme a Tabela 2, sendo três com pé-direito de 2,70m e o modelo quatro com pé-direito de 3,50m, este, sendo os autores, para simular a influência das aberturas mais altas (DIDONÉ e PEREIRA, 2010).

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 2– Modelos Criados

| Modelo   | Profundidade (m)  | Altura (m)        |
|----------|---|-------------------|
| Modelo 1 |  <p>4,00<br/>32m<sup>2</sup><br/>8,00<br/>PLANTA BAIXA<br/>sem escala</p>    | Pé-direito = 2,70 |
| Modelo 2 |  <p>8,00<br/>64m<sup>2</sup><br/>8,00<br/>PLANTA BAIXA<br/>sem escala</p>    |                   |
| Modelo 3 |  <p>16,00<br/>128m<sup>2</sup><br/>8,00<br/>PLANTA BAIXA<br/>sem escala</p> |                   |
| Modelo 4 |  <p>8,00<br/>64m<sup>2</sup><br/>8,00<br/>PLANTA BAIXA<br/>sem escala</p>  |                   |

Fonte: Didoné e Pereira (2010)

Após a modelagem dos ambientes, conforme Tabela 2 foram construídos 72 (setenta e dois) modelos e realizadas 572 simulações, 288 em cada programa (DIDONÉ e PEREIRA, 2010).



Tabela 3 - Síntese dos modelos

| Modelos  | Profundidade (m) | Pé-direito (m) | PAF %          | FS           | Proteção solar |              | Orientação                     |
|----------|------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|--------------------------------|
|          |                  |                |                |              | AHS (graus)    | AVS (graus)  |                                |
| Modelo 1 | 4                | 2,70           | 25             | 0,82<br>0,23 | 0<br>45<br>0   | 0<br>0<br>45 | Norte<br>Sul<br>Leste<br>Oeste |
| Modelo 2 | 8                |                | 50             |              |                |              |                                |
| Modelo 3 | 16               |                | 75             |              |                |              |                                |
| Modelo 4 | 8                | 3,50           | 20<br>40<br>60 |              |                |              |                                |

Fonte: Didoné e Pereira (2010)

Como podemos perceber, foram usados três índices percentuais de abertura da fachada (PAF) para cada modelo, além do fator solar (FS) e ângulos de sombreamento vertical (AVS) e horizontal (AHS).

Após estas definições simularam-se cada modelo três vezes, uma somente no EnergyPlus, a segunda vez no Daysim e a terceira com o resultado da segunda, novamente no EnergyPlus (DIDONÉ e PEREIRA, 2010).

O uso de ambos os programas demonstra uma redução do consumo de energia, visto que, o programa Daysim considera a iluminação como foco base, gerando melhores resultados e em concomitância com o EnergyPlus gerou uma simulação mais condizente com a realidade. Outro fator que influenciou nos resultados é a geometria do ambiente, quando bem planejado e orientado gera um ganho de luz natural minimizando o consumo de iluminação artificial (DIDONÉ e PEREIRA, 2010).

Entretanto, como visto na literatura e comprovado através de simulações, neste trabalho inclusive, até o ano de 2010 o EnergyPlus tem apresentado limitações na simulação de iluminação natural. Os valores de iluminância tendem a ser superestimados e interferem na predição do consumo energético total.

O objetivo dos autores foi desenvolver um algoritmo para otimização do processo de simulação utilizado em um programa de computador. Este algoritmo deve estar vinculado ao programa e evoluir gradativamente (BRE e FACHINOTTIA, 2017).

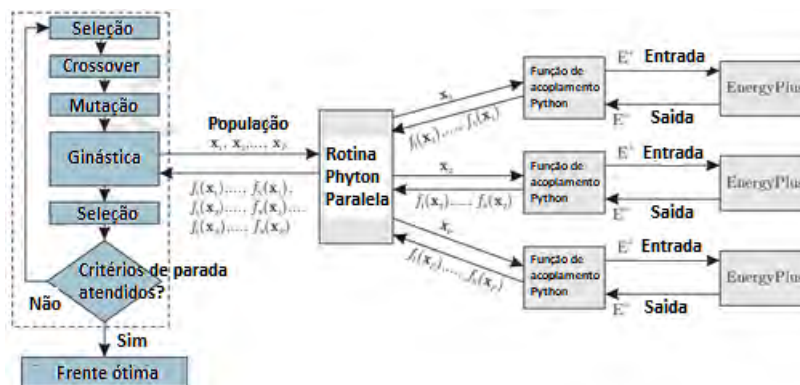
ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Durante o processo de projeto os profissionais devem objetivar a arquitetura dos ambientes e os limites de conforto. Bre e Fachinottia (2017) utilizaram o EnergyPlus para determinar um algoritmo com o objetivo de aperfeiçoar essa multitarefa.

Para poder reduzir o consumo, os autores recomendam que sejam avaliados vários projetos com diversos materiais de construção e métodos. As variáveis, geralmente, se correlacionam, porém não de forma linear. Este método pode ser replicado manualmente quando usamos poucas incógnitas alteráveis, mas se torna trabalhoso quando o número se torna maior. Para facilitar, acoplam-se as simulações a um sistema de otimização, ou seja, um algoritmo que gera todas as variáveis e simulam elas de forma que o profissional receba os resultados (BRE e FACHINOTTIA, 2017).

Vários autores fazem uso desse mecanismo para estudar o impacto que o ambiente externo causa sobre o interno. Todo o projeto que visa à eficiência energética deve considerar a ventilação natural, minimizando o uso de condicionadores de ar, reduzindo o impacto ambiental e, conseqüentemente, reduzindo o consumo de energia. Para todas essas variáveis o resultado é o projeto arquitetônico aprimorado (BRE e FACHINOTTIA, 2017).

Imagem 3- Diagrama de funcionamento da otimização



Fonte: Bre e Fachinottia (2017)

Podemos verificar o funcionamento do sistema na Imagem 3 onde temos as variáveis que são atribuídas no EnergyPlus e o retorno alimenta o algoritmo, modificando-o até resultar em um projeto ideal (BRE e FACHINOTTIA, 2017).

## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Os autores utilizaram uma residência padrão para o estudo de caso, sendo essa com algumas características: paredes externas e internas de cerâmica oca revestida de argamassa, vidros de 3mm, 30% de fração de área para ventilação natural e 25% de sombreamento, cobertura em telhas cerâmicas com uma camada de ar e forro de concreto, conforme Imagem 4 (BRE e FACHINOTTIA, 2017).

Imagem 4- Modelo adotado



Fonte: Bre e Fachinottia (2017)

As variáveis inseridas ao modelo são as listadas na Tabela 4.

Tabela 4- Variáveis

| Variáveis | Descrição  | Mínimo           | Máximo                    | Passos                       | Nível |
|-----------|--|------------------|---------------------------|------------------------------|-------|
| $x_1$     | Azimute da construção                            | 0º               | 315º                      | 45º                          | 8     |
| $x_2$     | Tamanho de sombreamento da janela                | 25%              | 100%                      | 25%                          | 4     |
| $x_3$     | Absorção solar de paredes externas               | 0,3              | 0,9                       | 0,2                          | 4     |
| $x_4$     | Taxa de infiltração do Windows                   | $10^{-5}$ kg/s/m | $2 \times 10^{-2}$ kg/s/m | $6,67 \times 10^{-2}$ kg/s/m | 4     |
| $x_5$     | Taxa de infiltração de portas                    | $10^{-5}$ kg/s/m | $4 \times 10^{-2}$ kg/s/m | $6,67 \times 10^{-2}$ kg/s/m | 4     |
| $x_6$     | Fração da área da janela para ventilação natural | 10%              | 50%                       | 10%                          | 5     |
| $x_7$     | Largura da janela [nível]                        | 1                | 4                         | 1                            | 4     |

| Variáveis | Descrição        | Nível   |
|-----------|------------------|---|
| $x_8$     | Paredes externas | 1: Madeira com espaço de ar   |
|           |                  | 2: Camada oca de alvenaria com acabamento de argamassa                |
|           |                  | 3: Camadas ocas de alvenaria com isolamento e acabamento de argamassa |
|           |                  | 4: Madeira com isolamento e acabamento de gesso                       |
|           |                  | 5: Bloco de concreto com acabamento em cimento-gesso                  |

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

|     |                                |   |
|-----|--------------------------------|---|
|     |                                | 6: Bloco de concreto duplo com isolamento e acabamento em cimento-gesso |
|     |                                | 7: Concreto   |
| x9  | Tipo de telhado                | 1: Concreto com teto de gesso   |
|     |                                | 2: Tabela cerâmica de concreto e oco com teto de gesso                  |
|     |                                | 3: Telha cerâmica, espaço de ar e revestimento de madeira.              |
|     |                                | 4: Telha cerâmica, espaço de ar e revestimento de concreto.             |
|     |                                | 5: Telha cerâmica, espaço de ar, isolamento e revestimento de concreto. |
|     |                                | 6: Telha cerâmica, espaço de ar, isolamento e revestimento de madeira.  |
| x10 | Tipo de janela                 | 1: Único vidro transparente de 3 mm de espessura                        |
|     |                                | 2: Vidro simples de 6 mm de espessura                                   |
|     |                                | 3: Vidro duplo transparente de 3 mm de espessura com espaço de ar       |
|     |                                | 4: Vidro duplo transparente de 3 mm de espessura com espaço de ar       |
| x11 | Paredes internas               | 1: Madeira com espaço de ar   |
|     |                                | 2: Camada oca de alvenaria com acabamento de argamassa                  |
|     |                                | 3: Madeira com isolamento e acabamento de gesso                         |
|     |                                | 4: Bloco de concreto com acabamento em cimento-gesso                    |
|     |                                | 5: Concreto   |
| x12 | Tipo de piso do primeiro andar | 1: Concreto com piso de cerâmica  |
|     |                                | 2: Concreto com piso de madeira   |
|     |                                | 3: Isolamento, piso de concreto e cerâmico.                             |

Fonte: Bre e Fachinottia (2017) adaptado pelo Autor (2021)

Como podemos perceber, são muitas variáveis que resultam em 100.000.000 simulações que poderiam despende muito tempo para serem realizadas.

Ao todo os autores teriam mais de 100.000.000 de combinações possíveis, assim, caso não automatizarem poderiam despende meses para simular todas as situações e após esse período teriam que compilar os dados. Com a otimização do processo e as simulações no EnergyPlus, o resultado que melhora a eficiência energética da edificação, sem grandes alterações no arquitetônico, é o apresentado na Tabela 5 (BRE e FACHINOTTIA, 2017).

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 5- Design ótimo para aquecimento e resfriamento do modelo

| Variável de design                               | Ótimo   |
|--|---|
| Azimute da construção                            | 270° (Parede 4 com a face para o Norte)                                 |
| Tamanho de sombreamento da janela                | 100%  |
| Absorção solar de paredes externas               | 0,5   |
| Taxa de infiltração do Windows                   | 10-5 kg/s/m   |
| Taxa de infiltração de portas                    | 0,02 kg/s/m   |
| Fração da área da janela para ventilação natural | 50%   |
| Largura da janela [nível]                        | 3   |
| Paredes externas                                 | 6: Bloco de concreto duplo com isolamento e acabamento em cimento-gesso |
| Tipo de telhado                                  | 5: Telha cerâmica, espaço de ar, isolamento e revestimento de concreto. |
| Tipo de janela                                   | 4: Vidro duplo transparente de 3 mm de espessura com espaço de ar       |
| Paredes internas                                 | 5: Concreto   |
| Tipo de piso do primeiro andar                   | 1: Concreto com piso de cerâmica  |

Fonte: Bre e Fachinottia (2017)

Com as simulações e o algoritmo integrado foi possível uma redução de 95% horas de aquecimento e 99% horas de resfriamento, somente nos quartos foram constatados uma redução de 82% de energia de resfriamento. Outro objetivo alcançado é o tempo de simulação que, com a rotina, foi reduzido há algumas horas o trabalho de mais de uma semana (BRE e FACHINOTTIA, 2017).

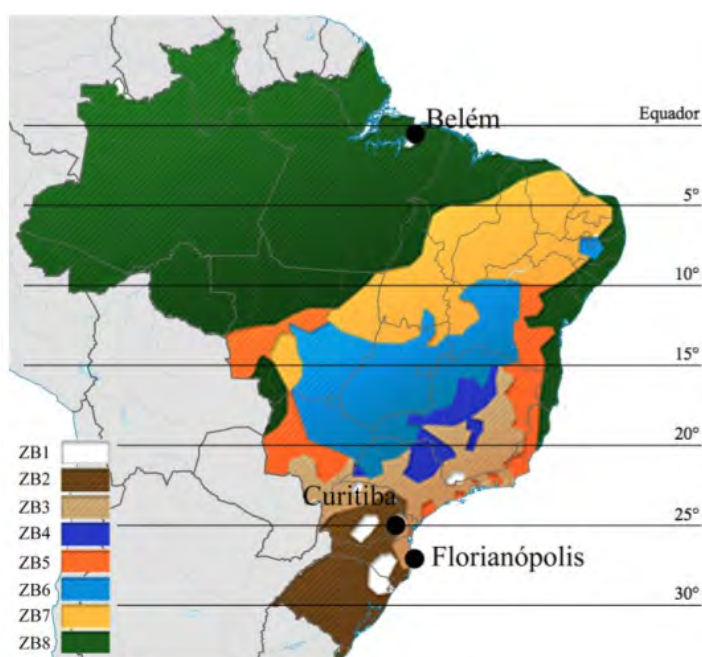
Este trabalho demonstra quantas opções temos para criar os ambientes internos, porém, ele estuda ambientes projetados no futuro em contrapartida desta dissertação que estuda ambientes em uso. Podemos perceber que a otimização e automatização de simulações é um item importante para o futuro.

Conforme ocorrem as mudanças climáticas as edificações futuramente precisaram de mais energia para manter-se aquecidas. Uma estimativa global desse aumento inicia no ano de 2020 onde se prevê um aumento entre 19% e 65%, a previsão para ao ano de 2080 é um aumento do consumo nas cidades mais quente estudadas de 112% a 185%, porém na cidade mais fria a redução, neste ano, estima-se em 94% (INVIDIATA e GHISI, 2016).

Com foco neste problema, as autoras fizeram uma pesquisa dividida em quatro partes: primeiro avaliaram e modificaram os dados climáticos, levando as temperaturas para os extremo (Tabela 6) de três cidades brasileiras distintas (Imagem 5), em sequencia avaliaram o desempenho térmico das edificações, após

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
foi feita a avaliação do desempenho energético e por último avaliaram o  
desempenho energético com uso de estratégias passivas (INVIDIATA e GHISI,  
2016).

Imagem 5- Localização das cidades estudadas



Fonte: Invidiata e Ghisi, 2016.

Pode-se perceber na Tabela 6 que as cidades escolhidas para a pesquisa são cidades dentro de três zonas climáticas distintas e facilmente reconhecidas, com climas e tipologias predominantes. Todas têm seus arquivos climáticos da década de 60. São capitais de seus estados e são densamente povoadas por populações flutuantes (turistas) ou residentes.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 6- Dados climáticos das cidades

| ZB – City           | Latitude and longitude   | Altitude (m) | Weather data file | Year | Dry bulb Temperature (°C) | Relative Humidity (%) | Global horizontal radiation (Wh/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|--------------------------|--------------|-------------------|------|---------------------------|-----------------------|--|
|                     |                          |              |                   |      | Annual Average            |                       |  |
| ZB1 – Curitiba      | 25°26'09"S<br>49°16'21"W | 935          | TRY               | 1963 | 16.4                      | 86.3                  | 196.7  |
| ZB3 – Florianópolis | 27°50'S<br>48°25'W       | 3            | TRY               | 1969 | 20.7                      | 85.1                  | 172.9  |
| ZB8 – Belém         | 1°27'21"S<br>48°30'14"W  | 10           | TRY               | 1962 | 26.0                      | 85.5                  | 230.0  |

Fonte: Invidiata e Ghisi, 2016.

O objeto de estudo escolhido foi um projeto de uma edificação de interesse social, térrea e isolada, típico do programa Minha Casa Minha Vida (Imagem 6). As Autoras analisaram somente uma orientação, a frente voltada ao norte. As paredes internas e externas têm uma espessura de 19cm, composta de blocos vazados de cerâmica e revestimento de argamassa em ambos os lados, cobertura de telhas cerâmicas e estrutura de madeira, forro em PVC, piso de cerâmica e contra piso de concreto com 5cm espessura. Aberturas de alumínio e vidros com 3mm de espessura (INVIDIATA e GHISI, 2016).

Imagem 6 - Planta baixa estudada, dimensões em metros



Fonte: Invidiata e Ghisi, 2016.

O programa de computador utilizado foi o EnergyPlus 8.4, aplicando dados climáticos atuais e futuros em cada cidade. Foi considerada a ocupação constante

de quatro pessoas, edificações ventiladas naturalmente e com uso de climatizadores somente nos quartos e sala de estar. Os limites adotados para o conforto estão entre 18° e 24°. O limite inferior não influencia, pois, conforme Lamberts et al (2013) caso o usuário sinta frio ele pode alterar sua vestimenta. O limite superior foi estimado conforme a Equação 2, onde  $t_{pma}$  é a temperatura média do ar externo, fornecido pelo artigo climático em °C, e  $U_{lim}$  é o limite da zona de conforto em °C (INVIDIATA e GHISI, 2016).

#### Equação 2 - Limite superior de conforto térmico

$$U_{lim} = 0,31 * t_{pma} + 21,3$$

Fonte: Invidiata e Ghisi, 2016.

O resultado da Equação 3 é o número de horas em que há conforto térmico dentro da casa, resultante do somatório das variáveis  $H_c$  que indica o número de horas que há conforto dentro da sala, quarto 1 e quarto 2 (INVIDIATA e GHISI, 2016).

#### Equação 3- Horas de conforto anual

$$H_{confort} = \sum \frac{(H_{cl} + H_{cb1} + H_{cb2})}{3}$$

Fonte: Invidiata e Ghisi, 2016.

As estratégias passivas implementadas nas edificações para simulação estão apresentadas na Tabela 7, foram aplicadas nas três cidades e nos quatro arquivos climáticos, os dados atuais, do ano de 2020, 2050 e 2080 (INVIDIATA e GHISI, 2016).



ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 7 - Estratégias passivas

| Estratégia passiva                              | Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K] |      | Capacidade térmica [kJ/m <sup>2</sup> .K] |      | Absorção solar [%] |      | Sombreamento [%] |
|---|---|------|---|------|--------------------|------|------------------|
|   | Parede                                      | Teto | Parede                                    | Teto | Parede             | Teto |                  |
| Baixa absorção das paredes externas             | 2,46  | 1,75 | 150                                       | 21   | 0,3                | 0,3  | 0%               |
| Persiana  | 2,46  | 1,75 | 150                                       | 21   | 0,5                | 0,5  | 100%             |
| Isolamento térmico (5cm EPS)                    | 0,60  | 0,59 | 157                                       | 25   | 0,5                | 0,5  | 0%               |
| Baixa absorção + persianas                      | 2,46  | 1,75 | 150                                       | 21   | 0,3                | 0,3  | 100%             |
| Baixa absorção + persianas + Isolamento térmico | 0,60  | 0,59 | 157                                       | 25   | 0,3                | 0,3  | 100%             |

Fonte: Invidiata e Ghisi, 2016.

Foi estimado um aumento da temperatura do ar externo, para o ano de 2080, 5,1%, 4,6% e 3,6% nas cidades de Belém, Curitiba e Florianópolis, respectivamente, além da diminuição da umidade relativa do ar em 14,3%, 6,2% e 1,6% em Belém, Curitiba e Florianópolis, respectivamente (INVIDIATA e GHISI, 2016).

O desconforto térmico interno, comparando o atual como a previsão para 2080, foi aumentado em 106%, 219% e 218% em Belém, Curitiba e Florianópolis, respectivamente. Isso indica um aumento do uso de energia para melhorar o conforto dentro da edificação (INVIDIATA e GHISI, 2016).

Na cidade de Belém, os usos das estratégias passivas não reduziram o desconforto, pois o ambiente externo estará muito quente e o uso de climatizadores é a única forma funcional (INVIDIATA e GHISI, 2016).

Em Curitiba os usos das estratégias reduziram de 39% para 12% o consumo de energia para aquecer e resfriar o ambiente, em comparação com a edificação sem uso de estratégias. Com o uso das estratégias, o aumento do consumo passará

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
de 136% para 45% comparado com o consumo atual da edificação (INVIDIATA e GHISI, 2016).

Florianópolis, juntamente com Curitiba, sofrerá um aumento do consumo de energia no montante de 185% sem o uso das estratégias, porém com o uso o aumento será de 95%. Comparando a casa com as cinco estratégias com a casa sem estratégias no ano de 2080 a redução de uso de energia será de 32% (INVIDIATA e GHISI, 2016).

As autoras demonstram que com o aquecimento global, a prioridade nas três zonas estudadas não será a construção de edifícios resistentes ao frio e sim edificações que utilizem menos energia para resfriamento. O uso de estratégias reduzirá o consumo eminente de energia (INVIDIATA e GHISI, 2016).

Mais um autor salienta a importância de mudar a forma de projetar as edificações, caso contrário iremos consumir cada vez mais energia para manter o conforto e qualidade do ambiente. Como cita Lamberts et al (2013), o limite superior de conforto térmico deve ser calculado, porém o limite inferior é fixo visto que o usuário pode alterar a sua vestimenta (clo) conforme a necessidade.

Como podemos perceber a influência da velocidade do ar sobre o conforto térmico, e conseqüentemente sobre o desempenho energético, é extremamente relevante, além do tamanho e posição das aberturas. Assim, para projetos mais eficientes, temos que levar em consideração as dimensões e posição das aberturas.

O foco desta pesquisa é o ambiente já em uso, portanto temos que levar em conta o tipo de janela e os horários em que é operada. O uso de indicadores de desempenho baseados na frequência de ocorrência é comumente utilizado. Tais indicadores são tratados na próxima seção.

### 2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO BASEADOS NA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA

Existem diversos indicadores de desempenho da construção que podem ser aplicados para determinar o estado de uma edificação. Dentre eles o desempenho do edifício, que é geralmente definido em seu consumo de energia anual, porém, muitos outros indicadores podem e devem ser adotados (WALSH; CÓSTOLA; LABAKI, 2018).

Em sequência estão apresentados alguns indicadores de conforto ambiental e eficiência energética das edificações. Esses indicadores não são facilmente medidos in loco, e não necessariamente correspondem à opinião dos usuários quanto à adequação dos ambientes. Como será apresentado no item 2.4, S-TSV se propõe a preencher essa lacuna.

### 2.3.1 Determinação do índice PMV e PPD

O índice PMV é baseado em quatro variáveis físicas e duas pessoais. As variáveis físicas são: a temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e temperatura média radiante. As variáveis pessoais são: a atividade física e vestimenta do usuário. Este índice define o grau de conforto que o usuário está sentindo conforme a Tabela 8 (ISO, 2005).

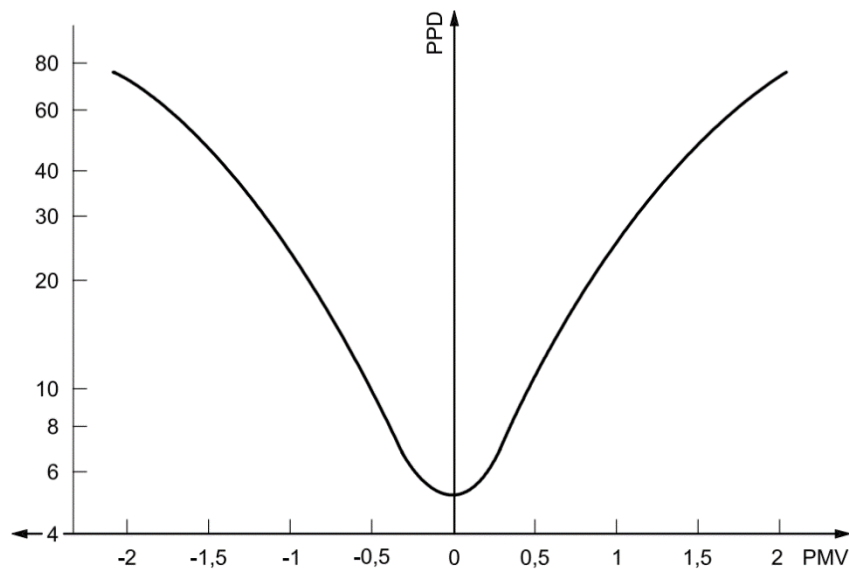
Tabela 8 – Escalas de sensações conforme o voto

| Escala de sete pontos | Sensação térmica |
|-----------------------|------------------|
| -3                    | Muito Frio       |
| -2                    | Frio             |
| -1                    | Levemente Frio   |
| 0                     | Neutro           |
| +1                    | Levemente Quente |
| +2                    | Quente           |
| +3                    | Muito Quente     |

Fonte: Autor (2021)

O PPD é o índice de pessoas insatisfeitas, resultado de uma equação baseada diretamente no PMV. Ela mede o índice de pessoas que votaram em Frio (-2), Muito Frio (-3), Quente (+2) ou Muito Quente (+3).

Gráfico 3 - PPD x PMV



Fonte: ISO (2005)

Podemos notar no Gráfico 3, mesmo quando a situação é determinada como neutra ou confortável, não abrange 100% da população, ou seja, ainda assim teremos aproximadamente 5% da população insatisfeita com a situação.

### 2.3.2 Avaliação do conforto usando simulação dinâmica em longo prazo

Uma grande quantidade de métodos estima o desconforto calculando a porcentagem de ocupação x tempo ou horas ocupadas, registrando as condições fora da zona de conforto adotada. Outro método soma os graus-hora fora da zona estipulada, conforme demonstrado no item 2.3.3 (CARLUCCI; PAGLIANO, 2012).

Os índices a longo prazo podem ser determinados a partir de medições ou de simulações. A norma ISO (2005), em seu anexo H, propõe cinco métodos diferentes para a avaliação do ambiente em longo prazo, todos os métodos são baseados no modelo de conforto de Fanger.

Fanger determinou que o grau de desconforto é baseado em uma escala de 7 pontos, onde o neutro fica ao centro e é considerado 0 (zero). Os maiores desconfortos estão nas extremidades e são considerados com o número 3 (três) positivo e negativo, para muito quente e muito frio, respectivamente. A norma não qualifica o melhor método para cada caso. A norma europeia EN 15251 (2007),

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
propôs três dos cinco métodos da ISO (2005). Os métodos propostos por ambas às  
normas são apresentados a seguir:

Tabela 9 – Métodos propostos pela ISO (2005) e EN 15251 (2007)

| Método | Norma                         | Descrição   |
|--------|-------------------------------|---|
| A      | ISO (2005)<br>EN 15251 (2007) | Cálculo do PMV, durante a ocupação do ambiente, está fora dos limites adotados de conforto segundo o modelo de Fanger.      |
| B      | ISO (2005)<br>EN 15251 (2007) | Baseado na temperatura operativa, é a soma dos graus-hora fora dos limites de conforto adotado, segundo o modelo de Fanger. |
| C      | ISO (2005)<br>EN 15251 (2007) | Tempo que o PMV ultrapassa os limites adotados de conforto, ponderando com o PPD calculado.                                 |
| D      | ISO (2005)                    | Determinado pelo PPD médio, determinado ao longo do tempo que o ambiente é ocupado.   |
| E      | ISO (2005)                    | Somatório do PPD ao longo do tempo da ocupação da edificação.   |

Fonte: Compilado pelo Autor (2021)

Silva, Ghisi e Lamberts (2016), basearam seu trabalho em ambientes comerciais, construíram um modelo que determina, considerando a baixa e alta velocidade do ar, o PMV (voto médio predito) e PPD (porcentagem prevista insatisfeita). Este modelo segue o método A (Tabela 9) proposto tanto pela norma ISO (2005) quanto pela EN 15251 (2007). Este modelo considerou as incertezas e taxas metabólicas como variáveis, além da velocidade do ar e vestimenta das pessoas. Chegando assim a um total de 37 índices de conforto para avaliar cada ambiente, denominado Zona pelos autores.

Os autores analisaram três saídas para cada simulação, PMV (voto médio predito) e PPD (porcentagem prevista insatisfeita) e SET (temperatura efetiva padrão). Também foi desconsiderados CLO acima de 1,0. Os limites para o estudo foi  $0,5 \leq CLO \leq 1$  e  $1,0 \leq MET \leq 1,2$  e a umidade fixa em 50%. Para a velocidade do ar, foram determinados que o mínimo seria 0,10m/s, assim as velocidades acima desse ponto seriam altas e abaixo baixas.

## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Para a simulação foi utilizado o programa EnergyPlus em um edifício de escritório como modelo (Imagem 7). Como podemos perceber na planta baixa, as zonas que interligam os ambientes, Z5, Z6 e Z7 não são condicionadas.

O cálculo do desempenho a longo prazo (anual) é feito utilizando uma abordagem que leva em consideração a frequência como item mais importante, somando as horas quando há desconforto no ambiente. Este desconforto é adotado levando em consideração algum modelo de conforto térmico e a ausência de HVAC. (ASHRAE, 2017; EN 15251, 2007; ISO, 2005; PEETERS et al., 2009).

Este método apresenta grandes vantagens, a metodologia baseada na frequência pode ser usada para locais específicos, interno e isolado das edificações, fornece dados em longo prazo, além de detalhes sobre o uso da edificação (CARLUCCI; PAGLIANO, 2012; CARLUCCI; PAGLIANO; SANGALLI, 2014).

### Equação 4– fórmula para determinação do PMV

$$PMV = \left[ 0.303 \times e^{(-0.036 \times M)} + 0.028 \right] \times \left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99 \times (M - W) - p_a] - 0.42 \times \\ [(M - W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) - 0.0014 \times M \times \\ (34 - TA) - 3.96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (TR + 273)^4] \\ - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - TA) \end{array} \right\}$$

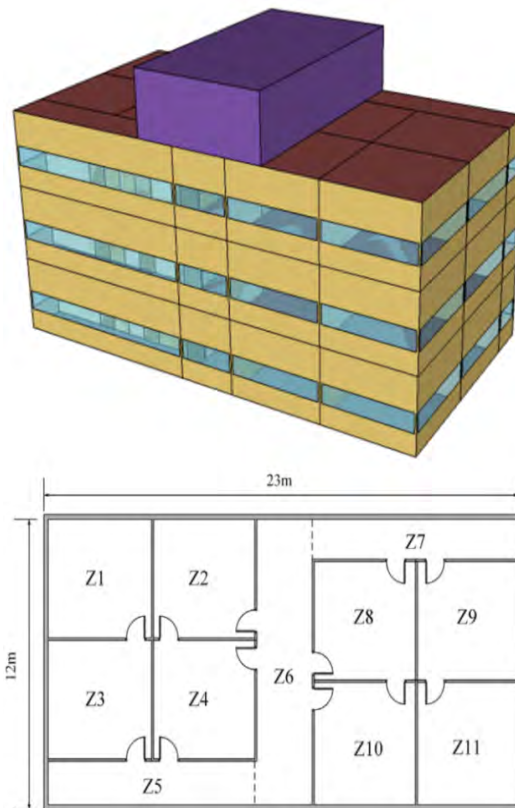
Fonte: Silva, Ghisi e Lamberts (2016)

### Equação 5– fórmula para determinação do PPD

$$PPD = 100 - 0.95 \times e^{(-0.03353 \times PMV^4 - 0.2179 \times PMV^2)}$$

Fonte: Silva, Ghisi e Lamberts (2016)

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
Imagem 7- Vista e Planta Baixa da edificação simulada



Fonte: Silva, Ghisi e Lamberts (2016) adaptado pelo Autor (2021).

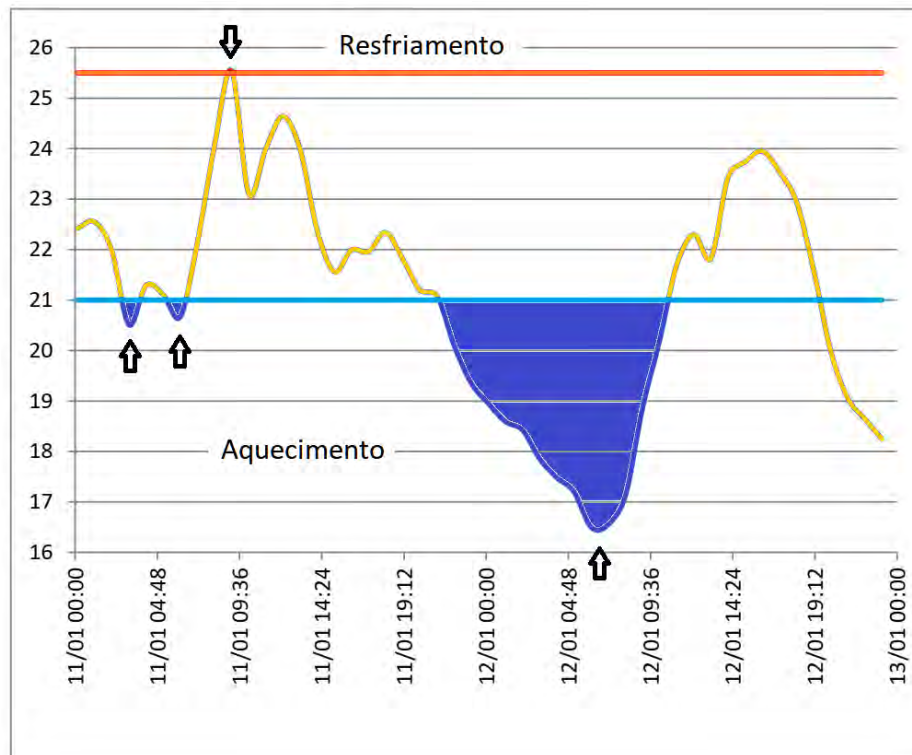
### 2.3.3 Graus-hora

Graus-hora é um parâmetro determinado pela diferença entre a temperatura horária e os limites estabelecidos. Este parâmetro fornece uma avaliação horária considerando a quantidade de graus fora da zona pré-estabelecida. Considerando um ambiente a ser estudado pode determinar quantas horas esse ambiente fica fora da zona de conforto.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Gráfico 4– Temperaturas externas do arquivo climático para os dias 11/01 e 12/01



Fonte: ESP-r adaptado pelo Autor (2021)

Este método é adotado pela PBE Edifica, em seu manual de aplicação do RTQ-R. conforme o Gráfico 4 baseado no arquivo climático utilizado e apresentado no Item 3.3, podemos perceber as temperaturas durante as horas do dia e verificar que em algumas horas estão fora dos limites estabelecidos. Assim este indicador demonstra numericamente o quanto está desconfortável.



comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

## Equação 6– Graus-Hora resfriamento

$$GrausHora_{resf} = \sum (T_h - 25,5^{\circ}\text{C})$$

Fonte: Matos (2007) adaptado pelo Autor (2021)

## Equação 7– Graus-Hora aquecimento

$$GrausHora_{aquec} = \sum (21^{\circ}\text{C} - T_h)$$

Fonte: Matos (2007) adaptado pelo Autor (2021)

Após a simulação de cada caso, o ESP-r gera um arquivo com a extensão “csv” (Valores Separados por Vírgula). Esses dados são tratados para preenchimento da Tabela 10.

Tabela 10– Cálculo dos graus-hora

| Turno                    | Amb.            | Graus-Hora |        |              |       |         |        |              |       | TOTAL<br>POR<br>AMBIENT<br>E |
|--------------------------|-----------------|------------|--------|--------------|-------|---------|--------|--------------|-------|------------------------------|
|                          |                 | Verão      |        |              |       | Inverno |        |              |       |                              |
|                          |                 | Resf.      | Aquec. | Subto<br>tal | S-TSV | Resf.   | Aquec. | Subtot<br>al | S-TSV |                              |
| Dia                      | Cozinha         |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | Sala            |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | Banho           |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | Quarto          |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | <b>Subtotal</b> |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
| Noite                    | Cozinha         |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | Sala            |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | Banho           |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | Quarto          |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
|                          | <b>Subtotal</b> |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
| <b>TOTAL</b>             |                 |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                 |            |        |              |       |         |        |              |       |                              |

Fonte: Autor (2021)

## 2.3.4 Conforto Adaptativo

Conforto adaptativo é um índice de conforto térmico de um ambiente interno considerando aspectos do entorno da edificação. É medido através de pesquisas de

campo, levantando as questões ambientais e a resposta humana. Desta forma o método visa reproduzir condições reais onde um dos parâmetros é fornecido por um indivíduo, por meio de interação com o meio.

Assim, o modelo adaptativo é um método onde os dados são obtidos in loco. O conforto é obtido segundo a adaptação humana à temperatura externa, ou seja, varia dependendo da estação ou temperatura externa. Assim, caso ocorra uma mudança climática, que influencie na condição de conforto, o usuário reage de maneira a manter-se confortável.

Pereira e Assis (2010) compilaram as equações para determinação da temperatura neutra, onde o ocupante não sente calor nem frio, considerando o método adaptativo. Na Tabela 11 as autoras apresentam a equação e a faixa de conforto definido para o método.

Tabela 11– Compilado de equações para determinação da temperatura neutra

| Autores                  | Equação  | Faixa de conforto  |
|--------------------------|--|--|
| Aluciems (1981)          | $T_n = 0,314 \cdot T + 17,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ | Sem definição  |
| Humphreys (1978)         | $T_n = 0,534 \cdot T + 12,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ | $T_n \pm 2$ a $3 \text{ } ^\circ\text{C}$ e em condições de umidade relativa elevada, $T_n \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$                      |
| Nicol e Humphreys (2002) | $T_n = 0,540 \cdot T + 13,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ | $T_n \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ em situações onde não há possibilidades de mudança de vestimenta, nível de atividade ou taxa de ventilação |
| De Dear e Brager (2002)  | $T_n = 0,310 \cdot T + 17,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ | $T_n \pm 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ (90% de aceitabilidade) e $T_n \pm 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ (80% de aceitabilidade)                  |

Legenda:

$T_n$ : temperatura de conforto ou de neutralidade;

$T$ : temperatura média mensal externa.

Fonte: Pereira e Assis (2010)

A norma ASHRAE (2017) define como conforto adaptativo o modelo que relaciona a temperatura externa (parâmetros meteorológicos ou climatológicos) com temperaturas internas (temperaturas de projeto ou limites aceitáveis de temperatura). A fórmula apresentada por De Dear e Brager (2002), apresentada na tabela acima na última linha, foi indicada para compor a ASHRAE como método alternativo da versão de 1998 e posteriormente incluída nas versões a partir do ano 2004.

O método proposto pela ASHRAE (2017) tem uma restrição, somente pode ser utilizado quando os ambientes atendem aos seguintes critérios: ausência de HVAC; taxas metabólicas entre 1,0met e 1,3met; índice de roupas entre 0,5clo e 1,0clo e temperatura externa superior a 10°C. Ele engloba os seguintes parâmetros:

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
isolamento das roupas, taxa metabólica, umidade do ar, velocidade do ar e desconforto térmico local.

No Gráfico 5 há uma relação linear que representa o intervalo de conforto correlacionando a temperatura operativa interna, que é a temperatura de um recinto imaginário totalmente negro onde uma pessoa faria a troca térmica por radiação e convecção na mesma medida, com a temperatura externa média. Essa correlação pode ser expressa na Equação 8 e Equação 9.

Equação 8- Limite superior de aceitabilidade de 80% [°C]

$$\text{Limite superior 80\% (}^\circ\text{C)} = 0,31 \underline{t_{pma(out)}} + 21,3$$

Fonte: ASHRAE (2017)

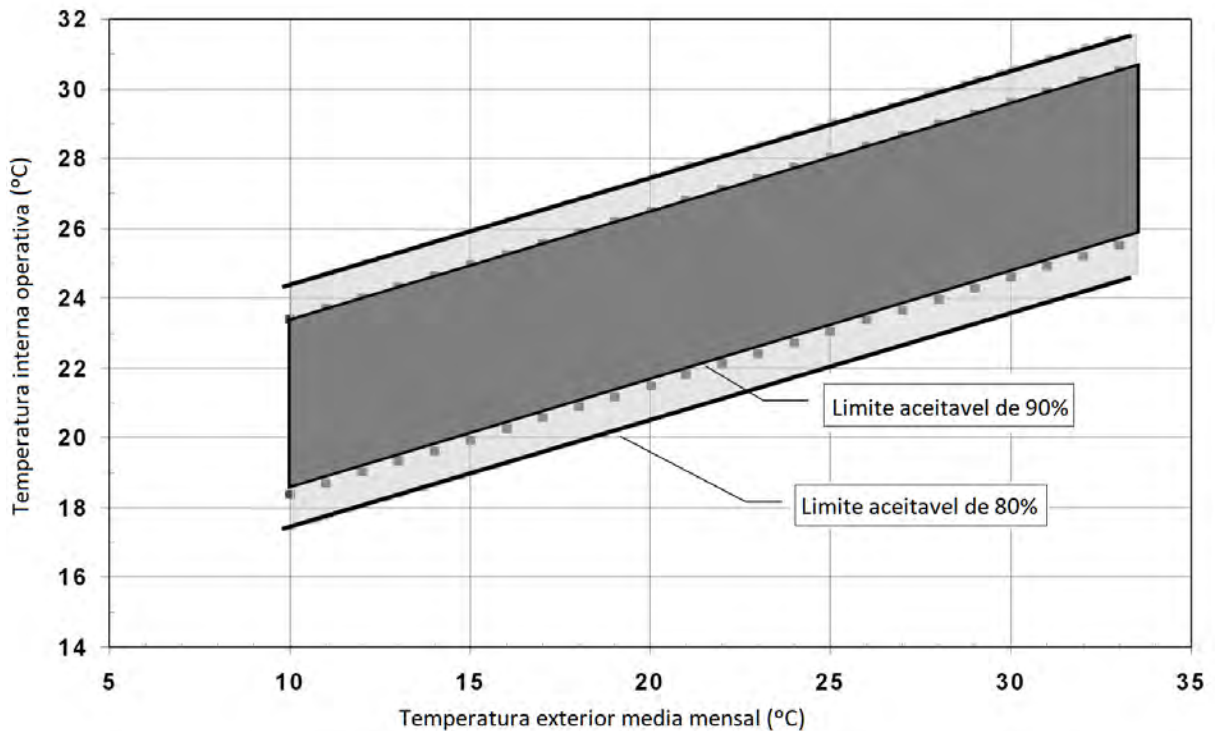
Equação 9- Limite inferior de aceitabilidade de 80% [°C]

$$\text{Limite inferior 80\% (}^\circ\text{C)} = 0,31 \underline{t_{pma(out)}} + 14,3$$

Fonte: ASHRAE (2017)

As equações têm relação direta com a temperatura média do ar externo predominante. Esta deve ser calculada fazendo uma média aritmética simples de todas as temperaturas externas, de, no mínimo, sete dias consecutivos e, no máximo, trinta dias consecutivos anteriores.

Gráfico 5– Temperatura operacional aceitável sem HVAC



Fonte: ASHRAE (2017)

No Gráfico 5 a zona de conforto tem uma amplitude de 7°C ( $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$ ) para um padrão de 80% de aceitabilidade. Enquanto para a aceitabilidade de 90% a amplitude reduz para 5°C ( $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ )

A norma EN 15251, que tem critérios mais rígidos, foi baseada nas normas ISO 7730 e ASHRAE 55. O método adaptativo incluído pela norma serve para avaliação do conforto térmico e é válido nas seguintes condições: não pode ter HVAC, a temperatura interna é regulada pela abertura e fechamento de janelas, taxa metabólica entre 1,0met e 1,3met.

Para o cálculo da temperatura operativa de conforto, pela norma EN 15251, é usada a Equação 10, Onde:  $T_{oc}$  é a Temperatura operativa de conforto, expressada em °C e  $T_{mp}$  é a Temperatura média exterior ponderada expressa em °C.

### Equação 10– Temperatura operativa de conforto

$$T_{oc} = 0,33.T_{mp} + 18,8$$

Fonte: EN15251 (2007 apud CURADO, 2014).

A amplitude da zona de conforto pela EN 15251 é de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  para a aceitabilidade de 90% e  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  para um padrão de 80% de aceitabilidade.

## 2.4 VOTO DE SENSAÇÃO TÉRMICA SAZONAL (S-TSV)

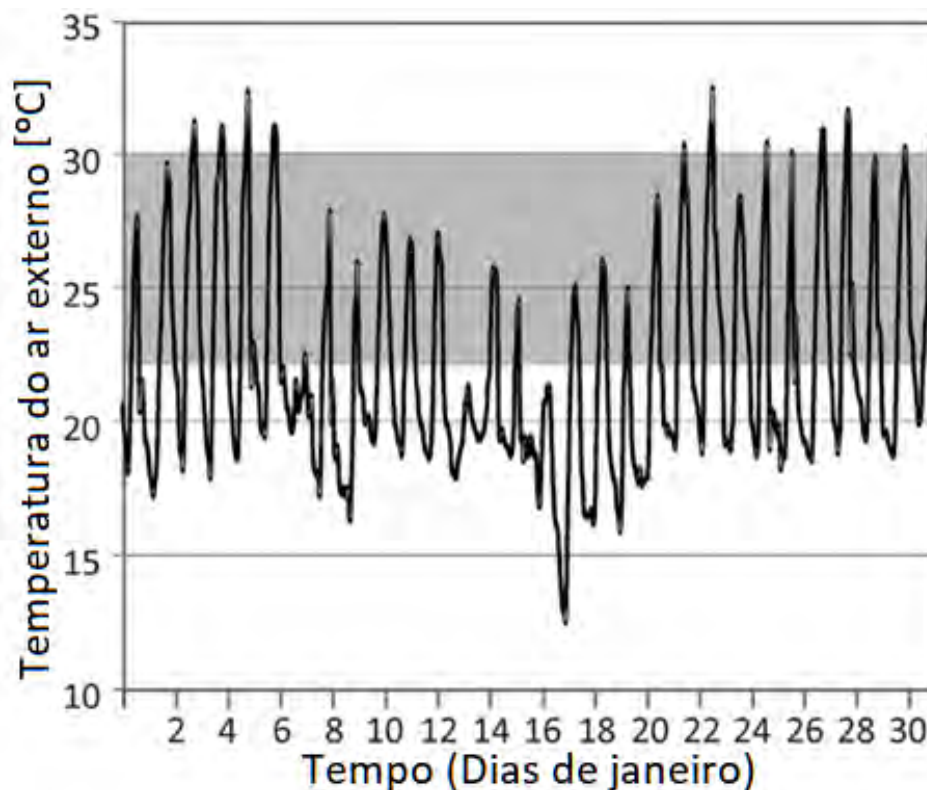
A métrica utilizada como comparação à simulação é proposta por Cóstola et al. (2019), e nomeado como Voto de Sensação Térmica Sazonal (Seasonal Thermal Sensation Vote, ou S-TSV). O S-TSV é composto pelos 7 pontos do Voto por Sensação Térmica (ISO, 2007), doravante denominado TSV, e uma forma clara que indica longos períodos de experiência com a edificação. O S-TSV é a sensação térmica sentida pelo usuário do ambiente a ser estudado, a longo prazo, podendo ser medido, como por exemplo, em uma estação definida (verão ou inverno). Com esta abordagem é possível obter informações sobre o ambiente em vários períodos distintos, com um questionário ou entrevista rápida (CÓSTOLA et al., 2019).

O método não é preciso, sendo influenciado por sensações e lembranças distorcidas dos entrevistados, porém é mais rápido e barato quando comparado a métodos que necessitem instalações de equipamentos para medidas em longo prazo. Não pode ser considerado indicador de conforto térmico, pois foi projetado para caracterizar o ambiente residencial ou edificação, isolando as questões ambientais ou a resposta térmica da pessoa (CÓSTOLA et al., 2019).

O S-TSV pode ser utilizado para determinar o desempenho do ambiente pesquisado em diferentes escalas de tempo, por exemplo: dia de verão ou noite de inverno, tarde de outono. No banco de dados utilizado neste trabalho, foram determinados 4 períodos distintos, dias e noites de inverno e verão. Isso foi definido, pois são os extremos de temperatura do ambiente.

O estudo-teste do método foi realizado na cidade de Campinas, localizada na região sudoeste do país, onde a zona de conforto foi determinada como Classe III pela EN 15251 e demarcada em cinza no Gráfico 6.

Gráfico 6– Temperatura do ar em Campinas, em janeiro



Fonte: Cóstola et al. (2019)

A pesquisa realizada em Campinas demonstrou que a pergunta inicial sobre o voto, no momento, regula e ensina ao entrevistado a responder o restante do questionamento. O questionário foi formulado para que as variáveis independentes, tais como o uso das janelas, calçados renda e a satisfação com a habitação, auxiliassem na identificação de obliquidades relacionadas a aspectos fisiológicos, comportamentais, sociológicos, econômicos e psicológicos (CÓSTOLA et al., 2019), ou seja, o questionário foi feito para que as variáveis não interfiram no resultado da pesquisa.

A abertura e fechamento das janelas, uma das variáveis independentes citadas acima, utilizam-se de sensores para monitorar ou utilização de diários, onde os usuários relatam o funcionamento da mesma. Outros estudos identificam fatores que determinam o fechamento ou abertura da esquadria, tal como chuvas, até modelos aleatórios de funcionamento que prevê o comportamento dos usuários.

A segunda variável independente estudada por Cóstola et al. (2019) em seu artigo de lançamento do S-TSV, é o uso de calçados dentro da residência. O não

uso de calçados, em climas quentes, ajuda a regular a temperatura corporal por condução da temperatura para pisos frios, tais como cerâmicos, concreto ou pedras naturais, onde há uma alta difusibilidade térmica, comparada a carpetes ou pisos de madeira (CÓSTOLA et al., 2019).

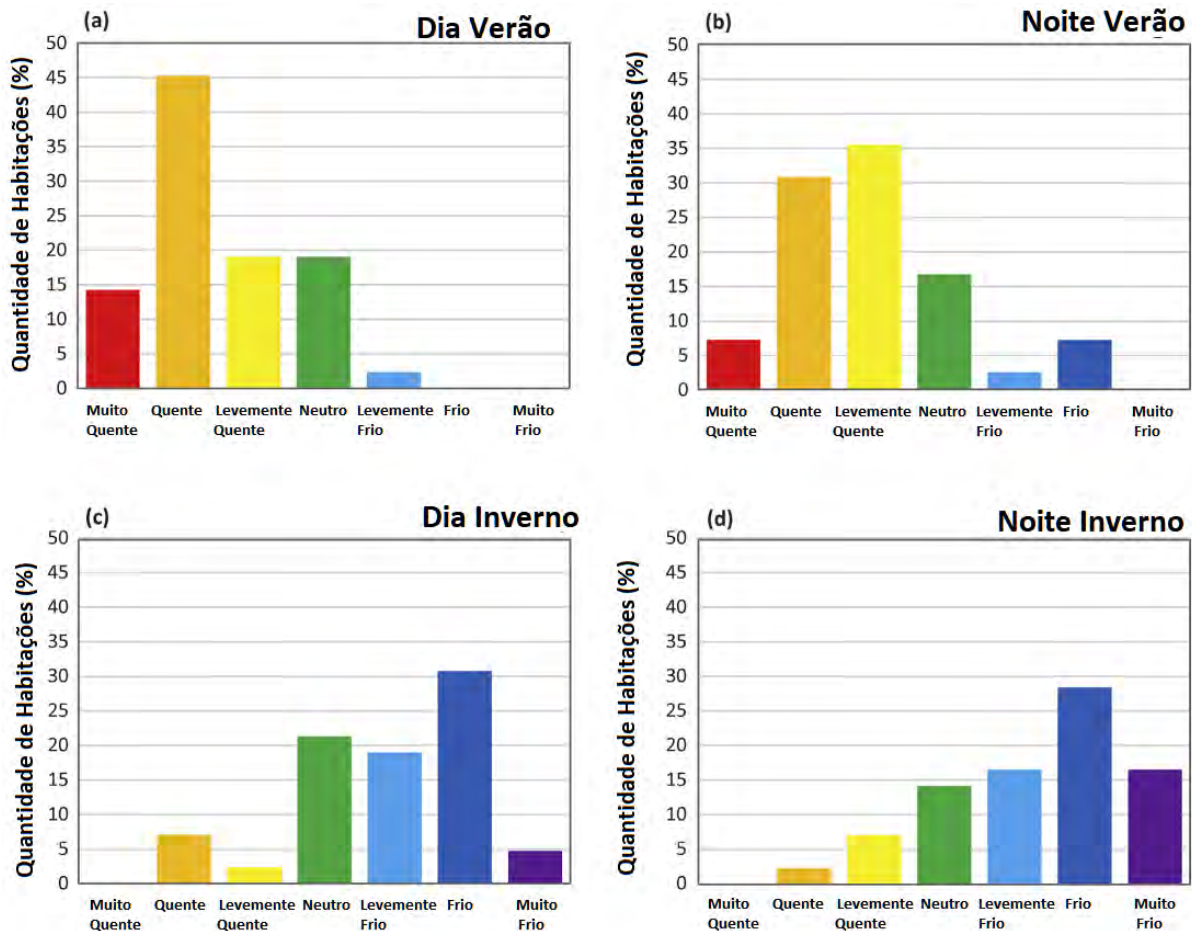
Em terceiro lugar, e não menos importante, foi questionado aos entrevistados sobre a renda, outra variável independente. No artigo de Cóstola et al. (2019) foi pesquisado em um bairro de classe médio-alta, assim não contemplando todas as faixas de renda do país. Assim mesmo, esta variável pode demonstrar se a renda desempenha um papel significativo para a eficiência energética da edificação.

A satisfação com a moradia é a próxima variável questionada. Os autores citam que há um escopo considerável de estudos sobre a satisfação do usuário com o ambiente que reside e a implicação sobre o conforto, podendo assim, um descontentamento com a edificação gerar um desconforto com o ambiente não causado pela temperatura e sim um fator externo.

#### 2.4.1 Resultados de campo na cidade de Campinas

Como podemos perceber no gráfico abaixo, foi utilizado gráfico com cores para melhorar a visualização das respostas ao questionamento do S-TSV, sendo definido pelos autores o padrão de cor utilizado vermelho, laranja, amarelo, verde azul claro, azul escuro e roxo como muito quente, quente, levemente quente, neutro, levemente frio, frio e muito frio, respectivamente.

Gráfico 7– Relação de votos de STS-V



Fonte: Cóstola et al. (2019) adaptado pelo autor (2021)

Nota-se que nos dias de verão predominam as respostas “quente” (+2 na escala de Fanger) e “muito quente” (+3) e nas noites de inverno as frias (-2). Outro fator importante destacado pelos autores é a facilidade de obter estes dados somente visualizando o resultado de um questionamento.

As respostas “quente” nas noites de inverno ou “levemente frio” nos dias de verão, são respostas fora dos padrões, o que demonstra que as questões fisiológicas, psicológicas ou particularidades construtivas devam ser questionadas junto para entender a sensação do usuário.



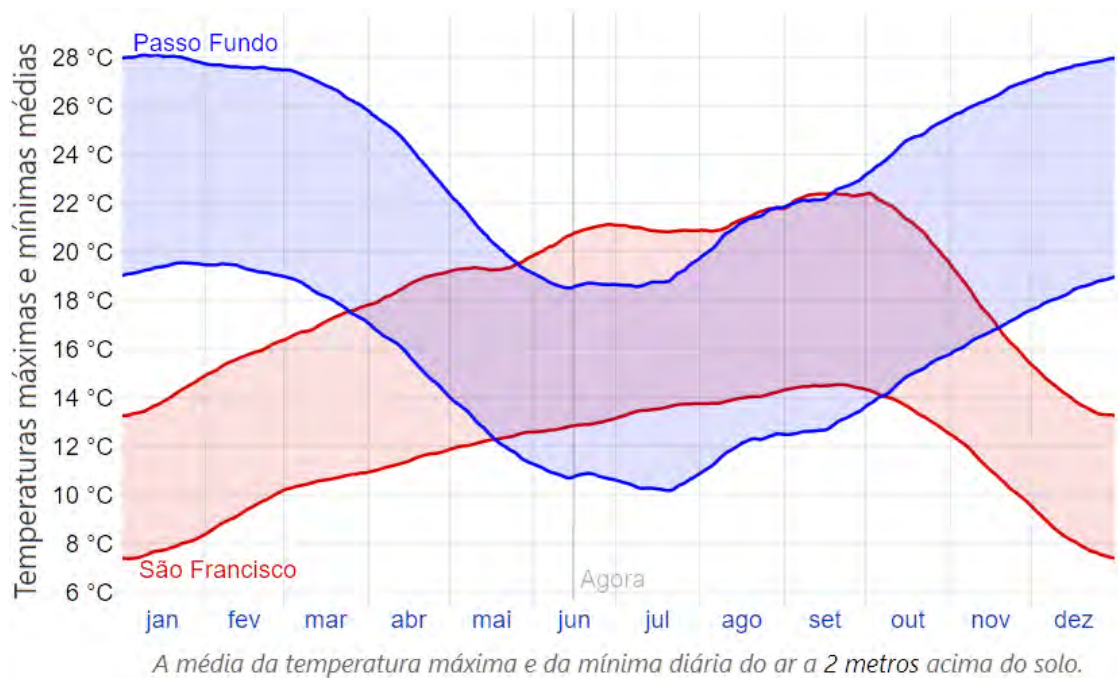
## 2.5 ABERTURA DAS ESQUADRIAS EXTERNAS

Abrir uma janela é a ação mais espontânea, além de ser simples, para controle do ambiente interno de uma residência. Hoes et al. (2009), demonstram que a abertura das janelas não tem grande influência no conforto ambiental interno quando o sistema de construção tem baixa capacidade térmica e grandes janelas ou aberturas para o exterior em contrapartida, o impacto ao conforto interno é fortemente influenciado pelos moradores quando as aberturas para o exterior são pequenas e a construção é executada com alta capacidade térmica.

A operação de abrir e fechar as esquadrias externas desempenha um papel fundamental no controle da temperatura e qualidade do ar interno de uma residência, além de proporcionar uma economia substancial, quando esses ambientes fazem uso de HVAC. A ventilação natural gera a maior economia de energia. Pode-se estimar essa redução do consumo de energia, para resfriamento ou aquecimento de um ambiente, superior a 30% (WANG; GREENBERG, 2015).

Wang e Greenberg (2015) estudaram a influência da abertura das janelas para a cidade de São Francisco, localizada ao norte da Califórnia nos Estados Unidos. Esta cidade apresenta um clima semelhante ao da cidade de Passo Fundo, foco deste trabalho, porém como estão em hemisférios diferentes. Como podemos perceber no Gráfico 8, as médias das duas cidades são muito parecidas, assim o estudo de Wang e Greenberg (2015) pode ser aplicado em ambas.

Gráfico 8- Comparação das características meteorológicas, entre São Francisco e Passo Fundo

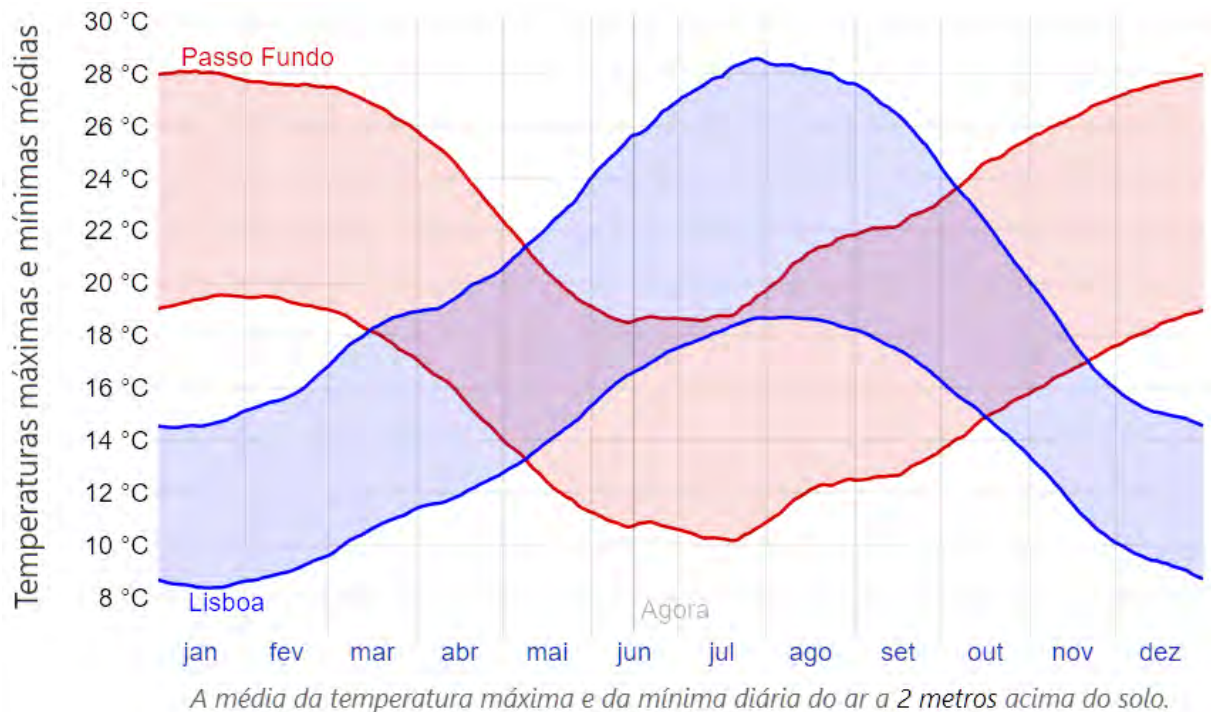


Fonte: Spark (2020)

De modo geral, a bibliografia de operação das janelas é voltada a estudos sobre edificações comerciais e não residenciais, mesmo estas representando o maior consumo entre as duas (FABI et al., 2013).

Segundo o estudo realizado por Tavares, Gonçalves e Bastos (2016), os residentes tendem a manter as esquadrias externas permanentemente fechadas durante o inverno, além de manter as proteções internas abertas durante o dia e fechadas durante a noite. Como podemos perceber no Gráfico 9, a média das temperaturas da cidade de Lisboa é muito parecida com a média das temperaturas de Passo Fundo, porém, como na cidade de São Francisco, Lisboa está localizada no hemisfério norte e as estações são contrárias à cidade em estudo neste trabalho.

Gráfico 9- Comparação das características meteorológicas, entre Passo Fundo e Lisboa



Fonte: Spark (2020)

## 2.6 ALIMENTOS E TEMPO DE COZIMENTO

Segundo a pesquisa realizada por Souza et al. (2013) os alimentos mais consumidos nas residências brasileiras são arroz, café e feijão, sendo que o arroz se encontra em 84,0% e o feijão em 72,8% dos domicílio pesquisados.

### 2.6.1 Tempo de cozimento

Considerando que o arroz e feijão estão em mais de 70% dos domicílios brasileiros, podemos determinar o tempo de cozimento destes como sendo da maioria dos domicílios. Assim, conforme Pereira et al (2004) o arroz, de todos os tipos, tem um tempo de cozimento médio de 22min e o feijão aproximadamente

30min, porém o tempo de cozimento varia muito pelo tempo de armazenamento do grão (COELHO et al., 2009).

### 2.6.2 Geração de calor

Considerando a pesquisa publicada pelo jornal Daily Mail (REPÓRTER, 2015), o tempo médio gasto por um cidadão Inglês para fazer o desjejum é de 8min, para o almoço é 13min e a janta 19min. No Brasil a situação não é diferente, ocupamos um tempo curto para nos alimentarmos (NUNES, 2011).

Em contrapartida, não pode ser minimizado o tempo de cozimento do alimento. Podemos determinar o tempo que leva para a preparação dos alimentos em 22min (0,367h) com 2 bocas do fogão ligados e 8min (0,133h) somente uma boca acesa, totalizando 0,5h de cozimento.

O consumo de gás é estimado em 0,225kg/h por boca do fogão; o GLP (gás liquefeito de petróleo) tem um calor específico de 11500kcal/kg (SINDIGÁS, 2008), gerando assim um total de 2587,5kcal/h por boca acesa em fogo médio. Cada kcal/h equivale a 1,163W, portanto, o volume de calor produzido por boca para cocção é de 3009,2W.

## 2.7 CORTINAS E PERSIANAS INTERNAS

O usuário pode interferir no desempenho de uma edificação, simplesmente operando as cortinas ou persianas. Porém, em todos os cenários simulados pela Schimania (2018), o uso de persianas reduziu o consumo de energia para resfriamento dos ambientes pesquisados e aumentou para aquecimento (SCHIMANIA, 2018).

Balvedi et al. (2018) estudou os residentes na cidade de Florianópolis considerando 3 perfis distintos para a simulação: perfil 1 com as persianas sempre fechadas; perfil 2 com persianas abertas quando o ambiente está ocupado; e perfil 3 com as persianas sempre fechadas. Observou-se que nos perfis 1 e 2, aumentou os graus-hora de resfriamento quando comparados ao perfil 3, onde ficam permanentemente fechadas. Entretanto essa distinção não se apresenta quando comparados os três perfis em relação aos graus-hora de aquecimento.

### **3 MÉTODO**

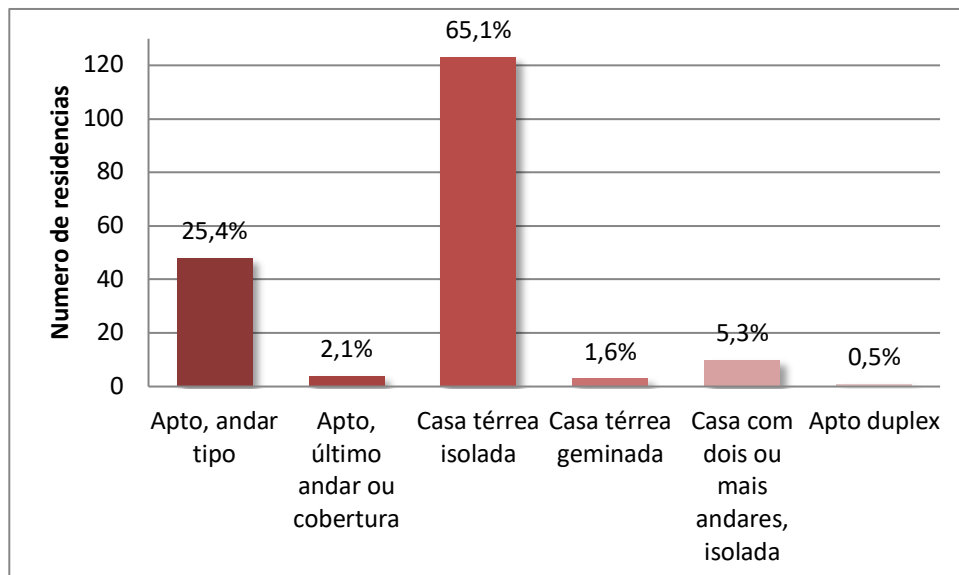
No presente capítulo serão descritas as etapas que serão realizadas no trabalho: organização da base de dados, simulação do desempenho energético de edifícios não condicionados e comparação dos resultados das simulações com os dados de S-TSV.

#### **3.1 BASE DE DADOS**

Esta pesquisa se baseou em um banco de dados publicados por Dall’Agnol (2019), coletados em uma pesquisa efetuada pela IMED, durante o segundo semestre de 2016, com residências da cidade de Passo Fundo – RS.

Ao todo foram pesquisadas 189 (cento e oitenta e nove) residências. Destas, como podemos ver no Gráfico 10, a maioria são casas isoladas ou apartamentos, o que corresponde a mais de 90% das residências pesquisadas. Serão utilizados somente dados correspondentes a apartamentos de andar tipo que corresponde a 25% das residências, essa tipologia favorece o estudo pois pode ser determinado com maior precisão as interferências sofridas pelos andares superiores e inferiores que teoricamente são os mesmos ambientes.

Gráfico 10 - Tipos de residências pesquisadas



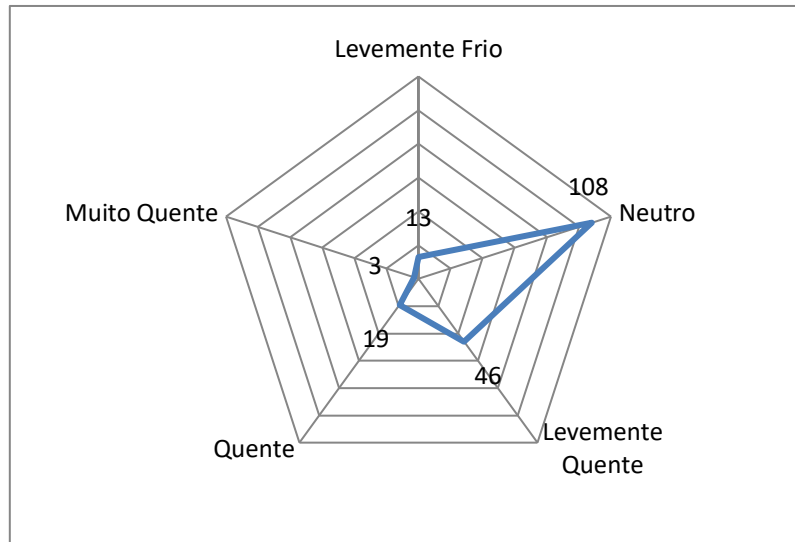
Fonte: Autor (2021)

A pesquisa foi realizada no mês de novembro de 2016. Considerando que a idade é um fator que influencia no conforto (BESTETTI, 2014; PAGNOSSIN; BURIOL; GRACIOLLI, 2001; VIEIRA et al., 2019), a média de idade dos entrevistados foi de 37 anos, o entrevistado mais velho tinha 88 anos e o mais novo 17 anos na época.

Outro fator importante é a sensação no momento da pesquisa, como podemos verificar no Gráfico 11, 22 entrevistados estavam fora da zona de conforto, ou seja, responderam que classificavam a sensação térmica como Quente ou Muito Quente.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

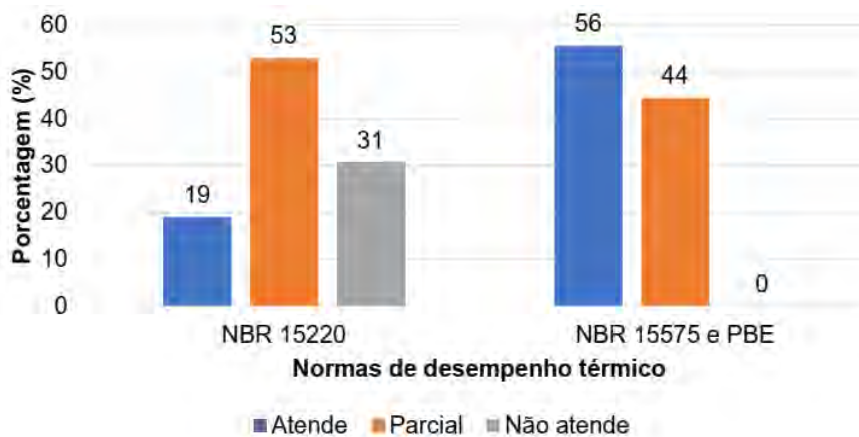
Gráfico 11– S-TSV no momento da pesquisa



Fonte: Autor (2021)

Durante a entrevista foram feitas uma série de perguntas, como por exemplo: “Como você classifica a sensação térmica na SALA DE ESTAR da sua casa em uma NOITE de VERÃO?”, onde o entrevistado tinha a escala de 7 pontos para responder. Foram feitas 4 perguntas para cada ambiente interno, noite e dia de verão, noite e dia de inverno, além de 4 perguntas para a edificação em forma geral e uma pergunta de como o entrevistado estava se sentindo no momento da entrevista. O resultado do último questionamento citado anteriormente está expresso no Gráfico 11– S-TSV no momento da pesquisa, onde podemos perceber que a maioria estava se sentindo confortável.

Gráfico 12- Panorama geral quanto à transmitância e tamanho das aberturas



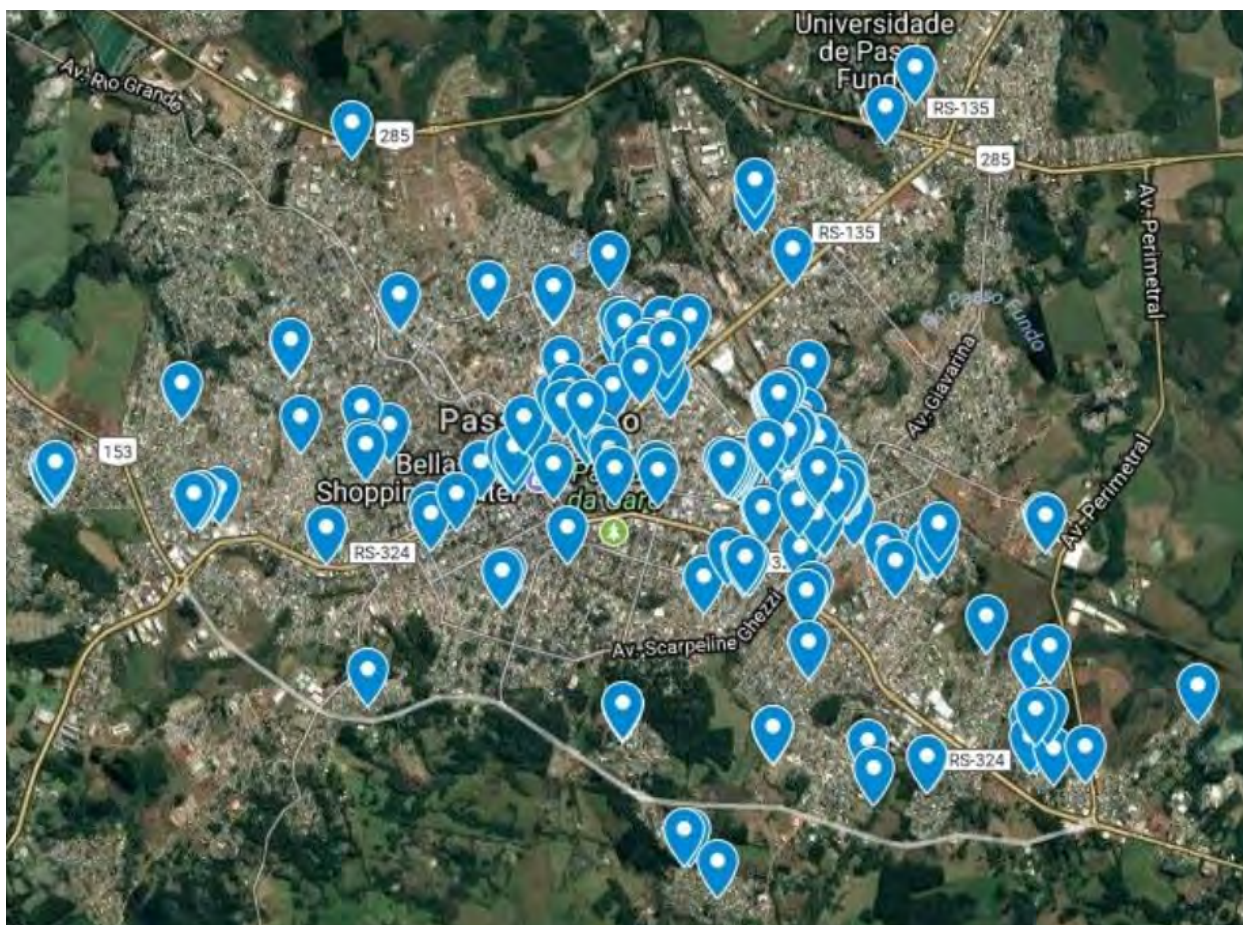
Fonte: Dall'Agnol (2019)

Segundo Dall'Agnol (2019), a composição do telhado não interfere na sensação térmica do usuário. Sobre o tamanho das janelas, 56% estão dentro dos padrões da norma NBR 15575 e do PBE, porém somente 20% se enquadram na NBR 15220. Outra definição concluída pelo autor é a porcentagem de residências fora dos padrões da NBR 15220, totalizando 1/3 das residências pesquisadas, se for comparado com os padrões da NBR 15575 ou PBE, todas atendem aos pré-requisitos de transmitância e tamanho das esquadrias, conforme gráfico acima, porém 31% não atendem a NBR 15220.

A maioria dos entrevistados relata que, nos ambientes de ocupação prolongada, o quarto é o local onde mais se sente frio. Dall'Agnol (2019) sugere que o tempo de permanência afeta a sensação do ocupante. 80% dos habitantes responderam que se sentem termicamente confortável mesmo com o tamanho da abertura ou transmitância térmica da parede estando fora dos padrões da NBR 15220 nas noites de verão, em contrapartida, 70% responderam que não se sentem confortáveis mesmo as aberturas e transmitância estando dentro dos padrões da NBR 15220 (Dall'Agnol, 2019).



ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
Imagem 8– Cidade de Passo Fundo com a localização residências



Fonte: Google Maps (2018 apud DALL'AGNOL 2019)

Em resumo, nem todas as casas pesquisadas atenderam aos padrões estipulados nas NBR ou PBE, mas isso não significou que o usuário não a sentisse desconfortável.

A base de dados pode ser separada em três partes, a primeira voltada ao usuário, seu estilo de vida e residentes da mesma moradia. A segunda voltada à edificação, onde foram coletados os dados dos votos, conforme demonstrado na Tabela 12. A terceira parte voltada ao ambiente, coletando dados de dimensões, orientação solar, tamanho das esquadrias e posicionamento delas.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 12– Campos fornecidos na base de dados voltados ao usuário

| USUÁRIO                                  |                      |                  |                    |
|--|----------------------|------------------|--------------------|
| ID DO IMÓVEL                             | DATA DA ENTREVISTA   |                  | HORA DA ENTREVISTA |
| TIPO DE IMÓVEL                           | ENDEREÇO             |                  | BAIRRO             |
| CIDADE                                   | ESTADO               |                  | PRETENSÃO DE AC    |
| IDADE                                    | NÚMERO DE RESIDENTES |                  |                    |
| EDIFICAÇÃO                               |                      |                  |                    |
| CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO GASTO DE ENERGIA |                      | VERÃO            | INVERNO            |
|  |                      | Baixo/Médio/Alto | Baixo/Médio/Alto   |
| TURNOS                                   | AMBIENTE             | VERÃO            | INVERNO            |
| DIA                                      | GERAL                | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | SALA                 | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | COZINHA              | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | QUARTO               | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | BANHO                | -3 a +3          | -3 a +3            |
| NOITE                                    | GERAL                | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | SALA                 | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | COZINHA              | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | QUARTO               | -3 a +3          | -3 a +3            |
|  | BANHO                | -3 a +3          | -3 a +3            |

Fonte: adaptado pelo Autor (2021)

A terceira parte é voltada às descrições de cada ambiente detalhadamente como veem na Tabela 13. Nesta parte temos a informação se há um ar-condicionado instalado no ambiente ou previsão de aquisição de um, e sua potencia.

Tabela 13 - Campos fornecidos na base de dados voltados ao ambiente

| AMBIENTE |                 |              |                  |                |
|----------|-----------------|--------------|------------------|----------------|
| CÔMODO   | O QUE HÁ ACIMA. |              | O QUE HÁ ABAIXO. |                |
|          | PISO            | TETO / FORRO | PAREDE INTERNA   | PAREDE EXTERNA |
| COR      | ✓               | ✓            | ✓                | -              |

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

|  |                  |                                     |                    |   |
|--|------------------|-------------------------------------|--------------------|---|
| ACABAMENTO   | ✓                | ✓                                   | -                  | - |
| COMPOSIÇÃO   | ✓                | ✓                                   | ✓                  | ✓ |
| VENTILAÇÃO   | -                | ✓                                   | -                  | - |
| TIPO DE TELHA  | AR CONDICIONADO  |                                     | PÉ DIREITO         |   |
| DESCRIÇÃO DO AMBIENTE  |                  |                                     |                    |   |
| PONTO CARDEAL LOCALIZADO DA PORTA DO AMBIENTE PARA DENTRO                                      |                  |                                     |                    |   |
| COMPRIMENTO DE CADA PAREDE (primeira à esquerda, as demais paredes seguem em sentido horário). |                  | CONDIÇÃO DE CONTORNO DE CADA PAREDE |                    |   |
| JANELA   |                  |                                     |                    |   |
| LOCALIZAÇÃO  | TIPO             |                                     | MATERIAL DA JANELA |   |
| VIDRO  | PROTEÇÃO INTERNA |                                     | OBSTRUÇÃO EXTERNA  |   |
| LARGURA  |                  | ALTURA                              |                    |   |
| Legenda  |                  |                                     |                    |   |
| ✓  |                  | Consta no banco de dados            |                    |   |
| -  |                  | Não consta no banco de dados        |                    |   |

Fonte: adaptado pelo Autor (2021)

### 3.2 SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS NÃO CONDICIONADOS

Existem vários programas validados segundo a ASHRAE. Estes programas fornecem um enfoque flexível além de permitir o uso de indicadores de desempenho térmico, como horas de desconforto, temperatura operacional, PMV, modelo de conforto térmico adaptativo entre outros (Silva, 2016). O programa recomendado pela norma de desempenho, ABNT NBR 15575-1, é o EnergyPlus, porém o programa escolhido para as simulações neste trabalho foi o ESP-r, programa de computador validado de acordo com a norma ASHRAE 140.

Criado em 1974, o ESP-r tem três objetivos básicos: 1- seja o mais real possível, seguindo os acontecimentos físicos da realidade; 2- suporte o detalhamento de projetos desde o início até sua conclusão e 3- realize simulações integradas (STRACHAN, 2000). Assim o programa simula o mundo real, tentando ser o mais fiel e rigoroso com os resultados, permitindo ao profissional abordar as complexas relações entre o material, o design e o controle das esquadrias e condicionadores de uma edificação. O programa transforma a construção, geometria e uso, em equações de transformações de massa e energia, essas são integradas entre si e geram a resposta às influências climáticas, do uso em si pelos ocupantes e do sistema de controle da edificação. O ESP-r tem sido amplamente utilizado como ferramenta de pesquisa na área de eficiência energética do edifício (CHOU; BUI, 2014; JAFFAL; INARD; GHIAUS, 2009; REINHART; DAVILA, 2016; SANCHEZ et al., 2014; STRACHAN; KOKOGIANNAKIS; MACDONALD, 2008; STRACHAN, 2000; WILDE, 2014).

O programa conta com uma vasta linha de pesquisa que podem fazer uso de suas simulações, essas pesquisas devem se encaixar em alguma dessas áreas: pesquisas de ruído, utilização da luz do dia, energia fotovoltaica, tecnologia de vidros, geração de energia, crescimento de fungos, simulação de fluidos, simulação integrada, avaliação de desempenho, validação de outros programas, turbinas eólicas com dutos, incerteza de modelagem, sistemas de controle, modelagem de fluxo de potência, HVAC, qualidade do ar interno, casas inteligentes e eficiência energética (STRACHAN, 2000). Este último é o foco deste trabalho.

Para iniciar uma simulação precisa criar um ambiente geometricamente, o ESP-r fornece dados de simulação com vários ambientes interligados ou não, porém a simulação pode ser executada em um único ambiente. Caso ocorra sombreamento no modelo, estes também podem ser atribuídos.

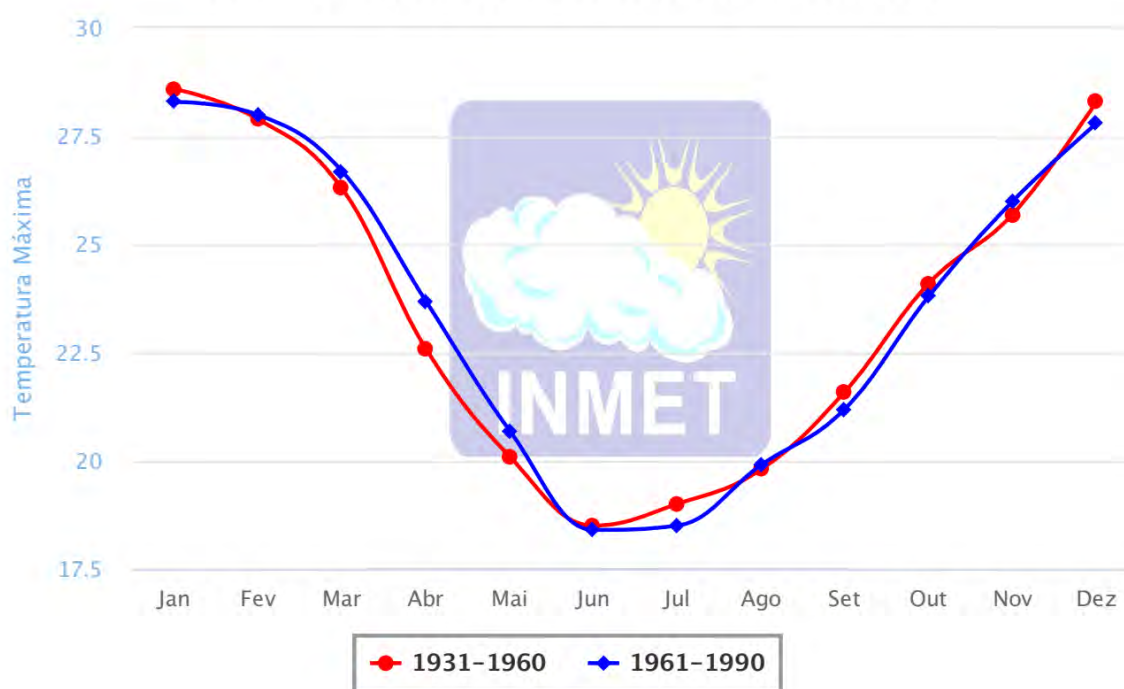
### 3.3 ARQUIVO CLIMÁTICO

O arquivo climático utilizado nesta dissertação faz parte de um conjunto de dados elaborado por Roriz (2020), que compilou um banco de dados climáticos e ajudou a criar o zoneamento bioclimático brasileiro. Este zoneamento é a base da

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal  
série de normas de desempenho (NBR 15575) e Desempenho térmico de  
edificações (NBR 15220).

O BDMET (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) foi criado em abril de 2010 pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O INMET representa o Brasil no OMM (Organização Meteorológica Mundial), por fazer parte desta organização, tem a responsabilidade de repassar as informações coletadas pelas estações metodológicas para o Sistema de Vigilância Meteorológica Mundial.

Gráfico 13– Comparativo das temperaturas máximas na cidade de Passo Fundo



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

Segundo a OMM os picos de temperatura são normais quando calculados para um período não menor que 30 anos para um determinado local. Padrões de clima normal quando ocorrem em sequência de três décadas consecutivas. Como podemos perceber no Gráfico 13, as temperaturas máximas atuantes na cidade nas décadas de 30 a 80 variam em torno de 28°C.

O arquivo climático construído por Roriz (2020) utilizou as variáveis fornecidas pelo INMET (Pressão atmosférica, temperatura do ar, ponto de orvalho, velocidade do vento, direção do vento, pluviosidade, irradiância global e temperatura do ar),

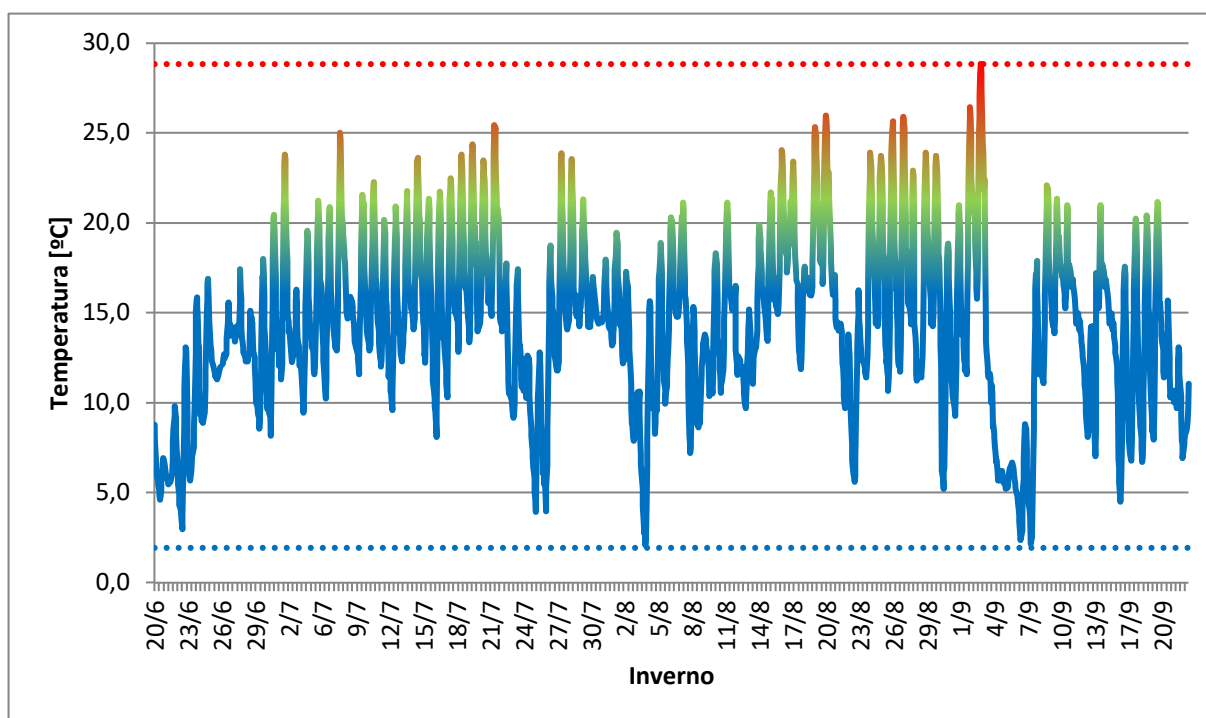
## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

foram calculadas as Irradiâncias e Luminância no Zênite e Iluminâncias e variáveis obtidas pelo programa de computador Weather Converter.

O arquivo climático utilizado foi resultado de um trabalho de coletar as temperaturas das horas de todos os anos que havia no banco de dados do INMET, excluindo as maiores e menores temperaturas de cada hora. A técnica utilizada por Roriz (2020) para a criação do arquivo climático utilizado nesta pesquisa é denominada TMY (Typical meteorological year) que em português se denomina Ano Meteorológico Típico. O TMY agrupa os dados reais medidos, que devem derivar de 10 ou mais anos, compilando de forma que o dado final não é resultado de uma média e sim da anulação de seus extremos. Assim a temperatura resultante, que não é a média da temperatura medida no determinado horário, é uma temperatura que não chega aos extremos do dia.

Gráfico 14– Temperaturas externa do arquivo climático para o inverno



Fonte: Autor (2021)

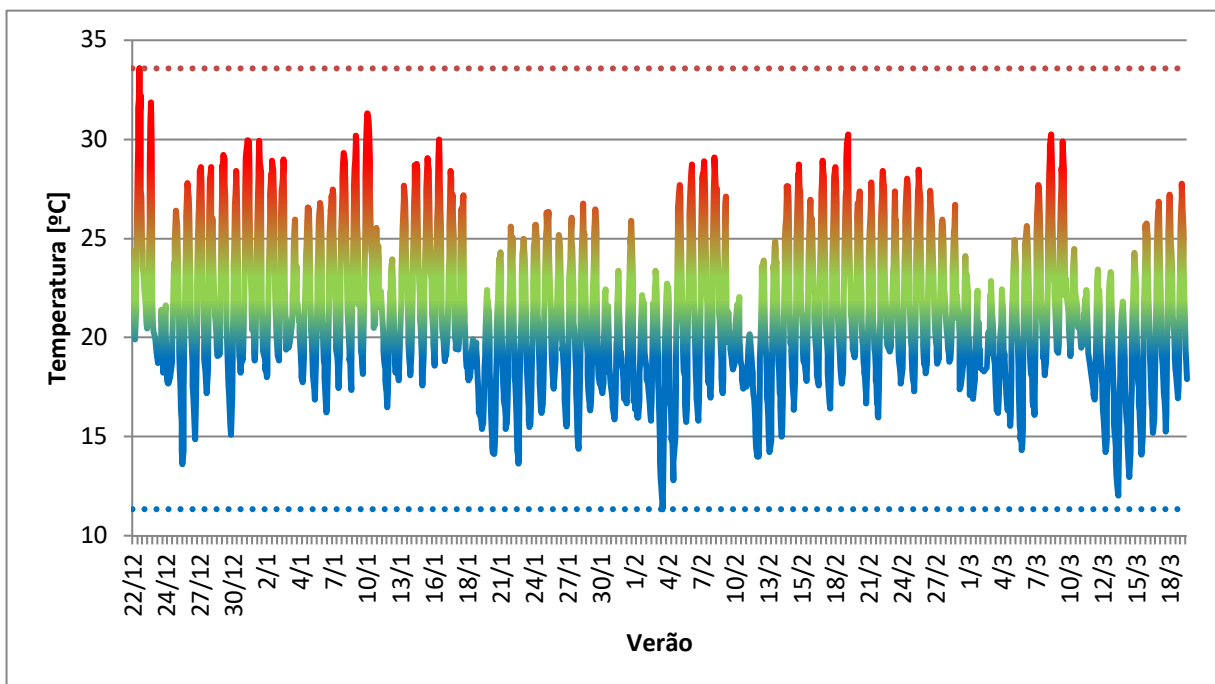
Como podemos perceber no Gráfico 14 e Gráfico 15, as temperaturas, tanto para inverno como para verão, tem uma amplitude bem generosa. A máxima temperatura medida para o verão foi de 33,6°C e a mínima para o inverno de 1,9°C.

## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

é de consenso que ocorreram temperaturas menores que a mínima e superiores que a máxima do arquivo, porém como a forma de construção do arquivo não visava os extremos da medição, ficou assim determinado às métricas.

Gráfico 15- Temperaturas externa do arquivo climático para o verão



Fonte: Autor (2021)

### 3.4 FONTES DE DADOS DE CONSTRUÇÃO

Utilizando a NBR 15220-2 (2005) foi possível construir o banco de dados de materiais no programa de computador ESP-r.

Durante a pesquisa in loco, o residente respondeu a três questionamentos simples: espessura, propriedade e composição das paredes, tanto internas quanto externas.

Com as especificações dos materiais e composições das paredes, forros e pisos internos, podem-se construir as composições das paredes, forros e pisos de cada ambiente com a finalidade de simular com a maior precisão possível com a realidade.

### 3.5 SOMBREAMENTO EXTERNO

Um dos itens verificados pelos pesquisadores de campo foi a obstrução da janela. O questionário tinha como padrão 14 respostas para essa pergunta, porém somente cinco situações foram citadas, são elas: muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros; brise horizontal fixo, ângulo de 30°; obstrução entre 5 e 15 metros de distância, obstrução entre 2 e 5 metros de distância e Sem obstrução.

### 3.6 PROTEÇÕES INTERNAS

Outro item verificado pelos pesquisadores foi a proteção interna das janelas. Assim, juntamente com as informações coletadas e disponíveis no banco de dados mencionadas anteriormente, foi determinado que tipo de proteção devesse ser usado para a simulação e a posição.

### 3.7 GANHOS DE CALOR INTERNO

Para o resultado da simulação ser o mais próximo da realidade, foi necessário a arbitragem dos ganhos pela ocupação, iluminação e equipamentos. Assim foi determinado o padrão de ocupação dos ambientes contidos no banco de dados, além de determinar o nível de atividade de cada ambiente.

#### 3.7.1 Ocupação, Iluminação e Equipamentos

O horário de sono da população é arduamente estudado, pois afeta a cognição podendo causar acidentes, além da falta de sono estar associada a problemas fisiológicos e problemas psiquiátricos das pessoas, conseqüentemente criando problemas na qualidade de vida do ser humano (LIMA; FRANCISCO; BARROS, 2012).

Segundo pesquisas, os brasileiros dormem 7h36m, em média (LIMA; FRANCISCO; BARROS, 2012; WALCH; COCHRAN; FORGER, 2016). Os brasileiros tendem a ir dormir em torno das 23h40m e despertam entre as 7h e



ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

7h:15m. Para esta pesquisa foi considerado o tempo de sono em 7h, considerando a pior situação para o aumento da permanência nos outros ambientes da residência além do quarto.

A ocupação segue o padrão baseado no Regulamento Brasileiro de Edifícios Residenciais (RTQ-R), onde o número de ocupantes é gerado segundo o banco de dados (Item 3.1). Conforme pesquisado pelo IBGE (2016), 61% dos brasileiros trabalham em torno de 44h semanais, divididos entre os dias úteis e 4h aos sábados, assim durante o horário de trabalho a residência não tem nenhum morador. A sala de estar é utilizada por todos os moradores, assim como a cozinha nos horários de preparo e consumo das refeições. O sistema de iluminação segue o padrão de ocupação. A quantidade de horas de uso e potência adotados de Sorgato, Mello Lamberts (2016).

Os ganhos de calor adotados estão expressos na tabela abaixo.

Tabela 14– Ganho de calor interno por Ocupação, Iluminação e Equipamentos

| Ambiente | Tempo   | Tipo de Ganho      |                    |                     |
|----------|---------|--------------------|--------------------|---------------------|
|          |         | Ocupação           | Iluminação         | Equipamento         |
|          | H / dia | W / m <sup>2</sup> | W / m <sup>2</sup> |                     |
| Cozinha  | 24      | 116                | 6                  | 54W                 |
| Sala     | 24      | 58                 | 6                  | 1,5W/m <sup>2</sup> |
| Banho    | 4       | 58                 | 6                  | 55W                 |
| Quarto   | 24      | 46                 | 5                  | 1,5W/m <sup>2</sup> |
| Fonte    |         | ISO 7730 (2005)    | RTQ-R (2014)       |                     |

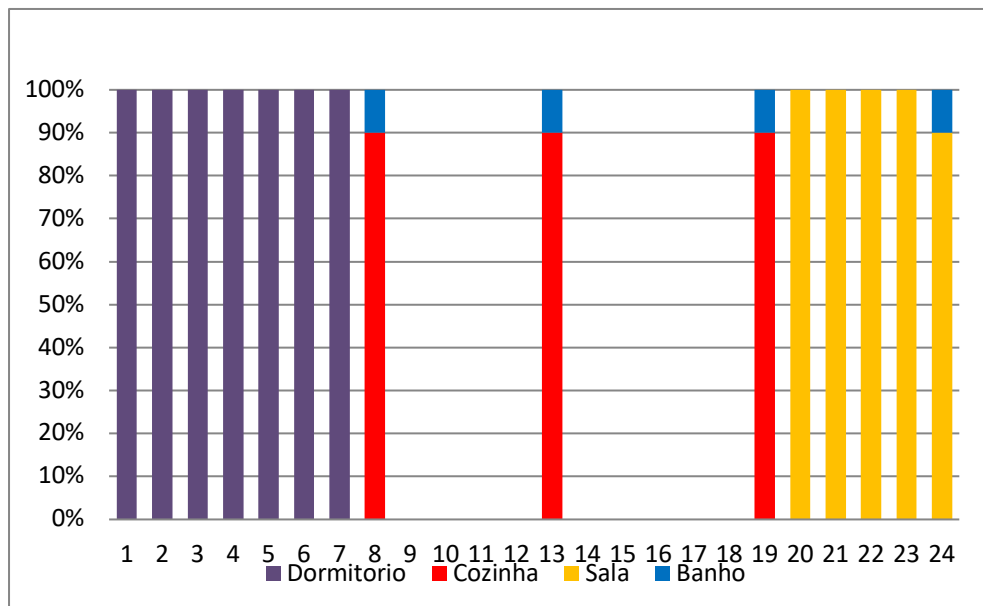
Fonte: Autor (2021)

Os dias para o ganho de calor por ocupação e iluminação foram separados segundo a seguinte classificação: Dias úteis, Sábados, Domingos e Feriados.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

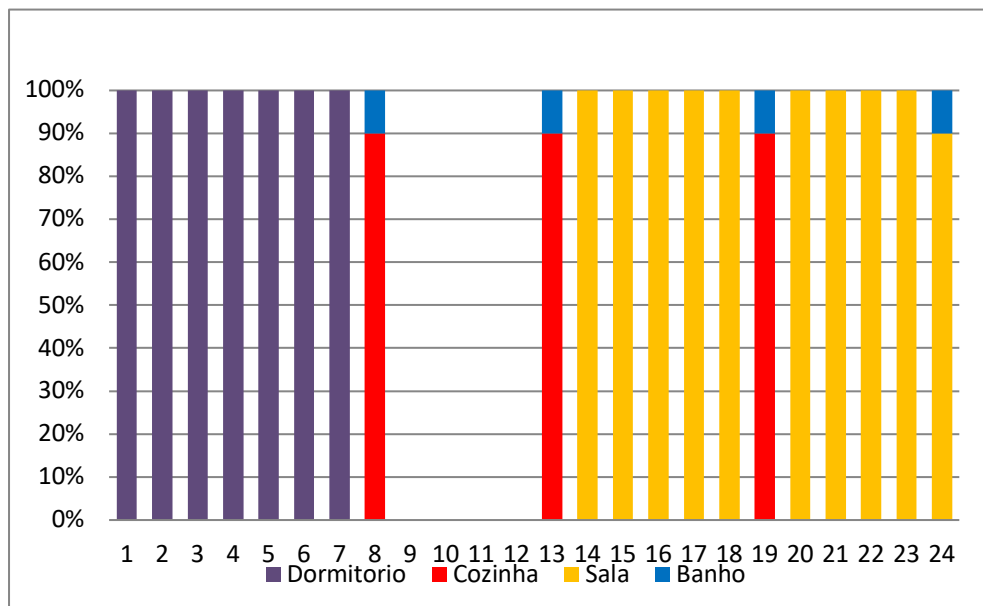
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Gráfico 16- Geração de calor por ocupação nos dias úteis



Fonte: Autor (2021)

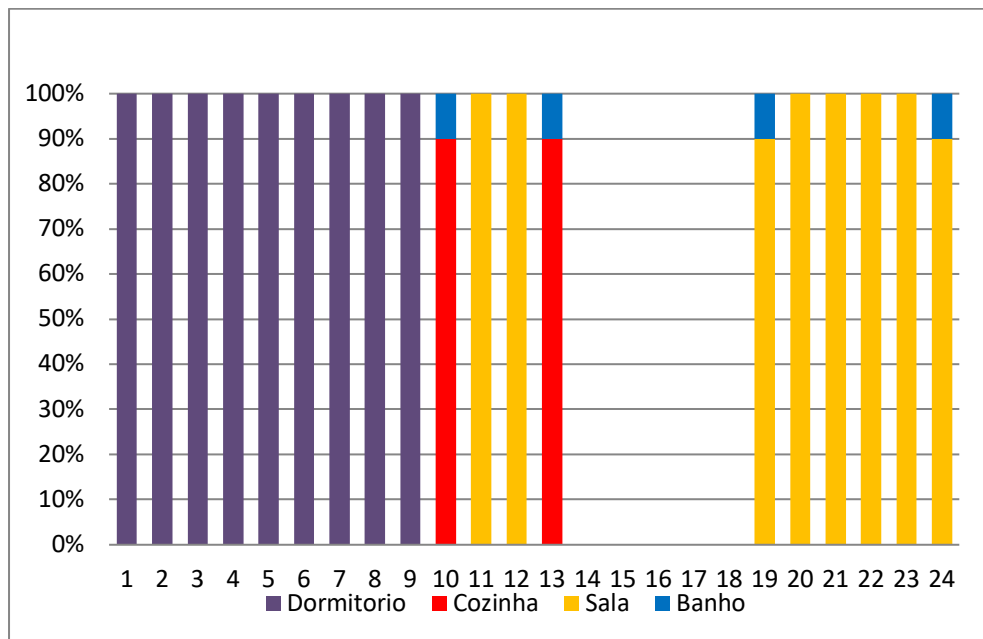
Gráfico 17- Geração de calor por ocupação nos sábados



Fonte: Autor (2021)

Gráfico 18- Geração de calor por ocupação aos Domingos e Feriados

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

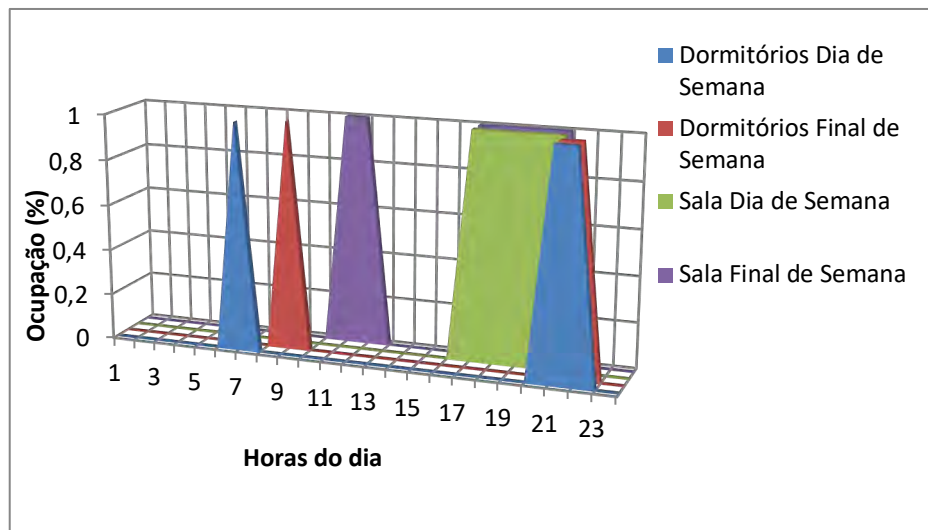


Fonte: Autor (2021)

Como podemos perceber nos gráficos acima, durante os dias úteis os residentes não permanecem dentro da residência no horário comercial e fazem as refeições em casa.

Para a iluminação foi adotado o valor de 5W/m<sup>2</sup> para os quartos e 6W/m<sup>2</sup> para o restante dos ambientes, conforme orientações do RTQ-R (BRASIL, 2014) e apresentado no Gráfico 19.

Gráfico 19 – Padrão de geração de calor por uso da iluminação



Fonte: Brasil (2014) adaptado pelo Autor (2021)

### 3.7.2 Ganho calor interno por Equipamentos

O RTQ-R (BRASIL, 2014) somente considera o ganho por equipamento de  $1,5\text{W}/\text{m}^2$  para a sala. Assim os outros ambientes foram adotados segundo a tabela 14.

### 3.7.3 Tempo de cozimento

Segundo a pesquisa realizada por Souza et al. (2013) os alimentos mais consumidos nas residências brasileiras são arroz, café e feijão, sendo que o arroz se encontra em 84,0% e o feijão em 72,8% dos domicílio pesquisados.

Considerando que o arroz e feijão estão em mais de 70% dos domicílios brasileiros, podemos determinar o tempo de cozimento destes como sendo da maioria dos domicílios. Assim, conforme Pereira et al (2004) o arroz, de todos os tipos, tem um tempo de cozimento médio de 22min e o feijão aproximadamente 30min, porém o tempo de cozimento varia muito pelo tempo de armazenamento do grão (COELHO et al., 2009).

### 3.7.4 Geração de calor

Considerando a pesquisa publicada pelo jornal Daily Mail (REPÓRTER, 2015), o tempo médio gasto por um cidadão Inglês para fazer o desjejum é de 8min, para o almoço é 13min e a janta 19min. No Brasil a situação não é diferente, ocupamos um tempo curto para nos alimentarmos (NUNES, 2011).

Em contrapartida, não pode ser minimizado o tempo de cozimento do alimento. Podemos determinar o tempo que leva para a preparação dos alimentos em 22min (0,367h) com 2 bocas do fogão ligados e 8min (0,133h) somente uma boca acesa, totalizando 0,5h de cozimento.

O consumo de gás é estimado em 0,225kg/h por boca do fogão; o GLP (gás liquefeito de petróleo) tem um calor específico de 11500kcal/kg (SINDIGÁS, 2008), gerando assim um total de 2587,5kcal/h por boca acesa em fogo médio. Cada kcal/h equivale a 1,163W, portanto, o volume de calor produzido por boca para cocção é de 3009,2W.

### 3.7.5 Ganho de calor interno

Foi utilizado, para cada ambiente, o padrão do programa ESP-r como ganho interno de calor, tendo como padrão uma cozinha residencial com café da manhã diversificado, considerando que o usuário ferva algumas chaleiras durante o dia, sem almoços e jantares durante a semana. A sala de jantar seria separada da cozinha.

Como podemos perceber há um ganho de iluminação no horário do café e janta. O que condiz com o aviso do programa que não é computado almoço durante os dias úteis, somente desjejum (das 7h às 8h) e jantar (das 18h às 20h), coincidentemente são os mesmos horários de aumento do ganho por equipamentos.

Tabela 15– Ganhos por ocupação nos diferentes dias da semana na cozinha

| Dia da semana | Ganho por | Unidade | Período |       | Sensível | Latente | Radiante | Convec |
|---------------|-----------|---------|---------|-------|----------|---------|----------|--------|
|               |           |         | Horas   |       | W        | W       | W        | W      |
| Dias úteis    | pessoas   | W       | 0:00    | 7:00  |          |         | 0.6      | 0.4    |
|               |           | W       | 7:00    | 8:00  | 30       | 30      | 0.6      | 0.4    |
|               |           | W       | 8:00    | 18:00 |          |         | 0.6      | 0.4    |
|               |           | W       | 18:00   | 19:00 | 50       | 50      | 0.6      | 0.4    |

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

|              |              |                  |       |       |      |     |     |     |
|--------------|--------------|------------------|-------|-------|------|-----|-----|-----|
|              | luzes        | W                | 19:00 | 0:00  |      |     | 0.6 | 0.4 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 0:00  | 7:00  |      |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 7:00  | 8:00  | 8    |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 8:00  | 18:00 |      |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 18:00 | 20:00 | 8    |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 20:00 | 0:00  | 1    |     | 0.3 | 0.7 |
|              | equipamentos | W                | 0:00  | 7:00  | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 7:00  | 8:00  | 325  | 300 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 8:00  | 12:00 | 160  | 160 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 12:00 | 13:00 | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 13:00 | 18:00 | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 18:00 | 19:00 | 832  | 800 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 19:00 | 0:00  | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
| Sábados      | pessoas      | W                | 0:00  | 8:00  |      |     | 0.6 | 0.4 |
|              |              | W                | 8:00  | 9:00  | 50   | 50  | 0.6 | 0.4 |
|              |              | W                | 9:00  | 19:00 |      |     | 0.6 | 0.4 |
|              |              | W                | 19:00 | 20:00 | 75   | 75  | 0.6 | 0.4 |
|              |              | W                | 20:00 | 0:00  |      |     | 0.6 | 0.4 |
|              | luzes        | W/m <sup>2</sup> | 0:00  | 8:00  |      |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 8:00  | 10:00 | 8    |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 10:00 | 18:00 |      |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 18:00 | 20:00 | 8    |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 20:00 | 0:00  | 1    |     | 0.3 | 0.7 |
|              | equipamentos | W                | 0:00  | 8:00  | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 8:00  | 9:00  | 325  | 300 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 9:00  | 12:00 | 160  | 160 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 12:00 | 13:00 | 325  | 300 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 13:00 | 18:00 | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 18:00 | 19:00 | 832  | 800 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 19:00 | 0:00  | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
|              | Domingos     | pessoas          | W     | 0:00  | 8:00 |     |     | 0.6 |
| W            |              |                  | 8:00  | 10:00 | 50   | 50  | 0.6 | 0.4 |
| W            |              |                  | 10:00 | 19:00 |      |     | 0.6 | 0.4 |
| W            |              |                  | 19:00 | 21:00 | 150  | 150 | 0.6 | 0.4 |
| W            |              |                  | 21:00 | 0:00  |      |     | 0.6 | 0.4 |
| luzes        |              | W/m <sup>2</sup> | 0:00  | 8:00  |      |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 8:00  | 10:00 | 8    |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 10:00 | 19:00 |      |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 19:00 | 21:00 | 8    |     | 0.3 | 0.7 |
|              |              | W/m <sup>2</sup> | 21:00 | 0:00  | 1    |     | 0.3 | 0.7 |
| equipamentos |              | W                | 0:00  | 9:00  | 32   | 20  | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 9:00  | 10:00 | 160  | 160 | 0.4 | 0.6 |
|              |              | W                | 10:00 | 11:00 | 320  | 300 | 0.4 | 0.6 |

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

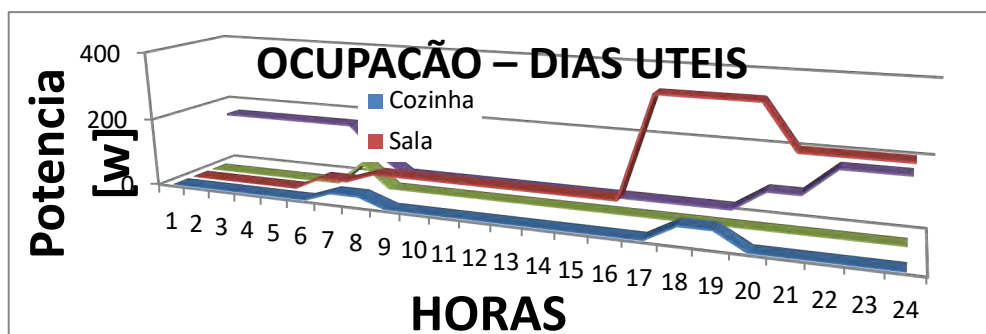
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

|          |              |                  |       |       |     |     |     |     |
|----------|--------------|------------------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
|          |              | W                | 11:00 | 18:00 | 32  | 20  | 0.4 | 0.6 |
|          |              | W                | 18:00 | 19:00 | 832 | 800 | 0.4 | 0.6 |
|          |              | W                | 19:00 | 0:00  | 32  | 20  | 0.4 | 0.6 |
| Feriados | peessoas     | W                | 0:00  | 0:00  | 0   | 0   | 0.6 | 0.4 |
|          | luzes        | W/m <sup>2</sup> | 0:00  | 0:00  | 1   | 0   | 0.3 | 0.7 |
|          | equipamentos | W                | 0:00  | 0:00  | 32  | 20  | 0.4 | 0.6 |

Fonte: Autor (2021)

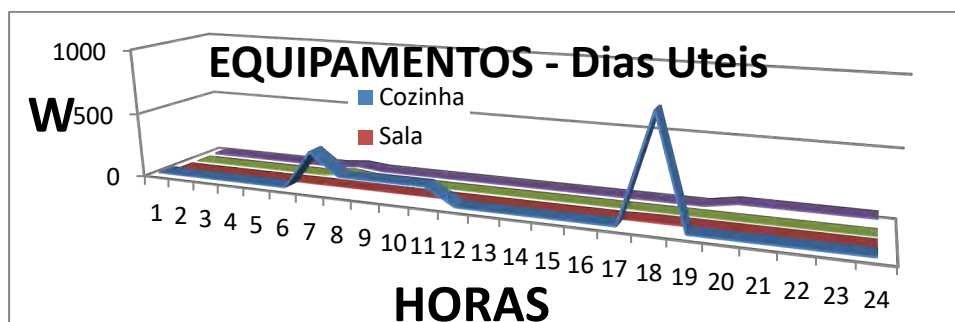
A Tabela 15 é melhor visualizada nos Gráfico 20 e Gráfico 21, onde pode-se perceber que o ganho de calor na cozinha ocorre no horário de desjejum, almoço e janta e na maior parte do tempo o ambiente não é ocupado, o ganho por cocção da cozinha foi abstraído desse gráfico pois como é um ganho representativo e muito superior aos outros, atrapalhou a visualização. Em contrapartida, o quarto tem um ganho de calor durante a noite, onde suporta a ocupação maior. O banheiro é considerado como uma ocupação diária rápida.

Gráfico 20– Ganho de calor por ocupação nos dias úteis



Fonte: Autor (2020)

Gráfico 21– Ganho de calor por equipamentos nos dias úteis



Fonte: Autor (2021)

O programa tem por padrão a infiltração proveniente de fora do ambiente, Tabela 16 da cozinha do modelo. Não foi computada a ventilação do ambiente, prevendo que o mesmo permaneça com a janela fechada a maior parte do tempo. Os outros ambientes seguem o mesmo padrão, quando há aberturas para o exterior.

Tabela 16– Taxa de infiltração da cozinha

| Dia da semana | Período | Infiltração       | Ventilação        |
|---------------|---------|-------------------|-------------------|
|               | h       | m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s |
| Dias úteis    | 0 as 24 | 0,0043            | 0                 |
| Sábados       | 0 as 24 | 0,0043            | 0                 |
| Domingos      | 0 as 24 | 0,0043            | 0                 |
| Feriados      | 0 as 24 | 0,0043            | 0                 |

Fonte: Autor (2021)

### 3.8 ABERTURA DAS ESQUADRIAS EXTERNAS

Para a abertura das esquadrias externas foi adotado alguns critérios conforme item 2.7, além das horas que a janela está aberta, deve-se definir o quanto cada esquadria pode ser aberta para fornecer ventilação natural ao ambiente interno. No banco de dados há informações sobre o tipo de janela e, conseqüentemente, a porcentagem de abertura das mesmas.

Assim, foi considerado que quando há a presença de algum residente no ambiente, a esquadria será aberta e fechada quando o mesmo deixar o ambiente, assim como a iluminação, durante o verão e permanentemente fechada ao inverno.



### 3.9 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES COM OS DADOS DE S-TSV

O banco de dados (item 3.1) apresenta o S-TSV dos moradores para cada ambiente estudado. Além dos ambientes, o entrevistado falou o voto da residência em geral e um voto no momento da entrevista. Assim podemos entender a sensação que o entrevistado tem em cada ambiente.

Para efeitos de comparação, foi definido que o “dia” é o período entre o nascer do sol ao por. Assim foi definida a duração do dia no verão e no inverno como a média do nascer e pôr do sol gerado pelo site do Instituto de Informática da UFRGS (BORGES, 2020). Foi realizada uma média de horário de nascer e pôr do sol durante o ano e determinado que o dia inicia às 6h e termina às 18h, quando inicia a noite. O limite de conforto determinado para a temperatura operativa da residência, e considerando as atividades leves, ou seja, abaixo de  $70\text{W/m}^2$ , é para o inverno entre  $21^\circ\text{C}$  e  $23^\circ\text{C}$ , e para o verão de  $23,5^\circ\text{C}$  e  $25,5^\circ\text{C}$ . Assim os limites estabelecidos para aquecimento foram de  $21^\circ\text{C}$  (Equação 6) e para resfriamento de  $25,5^\circ\text{C}$  (Equação 7). Estes valores são baseados no anexo A da ISO (2005).

Os resultados das simulações dos casos (Graus-Hora) serão calculados para cada hora do dia, durante o período definido como verão e inverno. E serão comparados com cada um dos dados de S-TSV obtidos do banco de dados. Os Graus-Hora são separados em aquecimento e resfriamento, além de ser separado e comparado com cada ambiente e como a residência como um todo.

Para definição de Inverno e Verão, foi adotado o solstício de verão, que inicia dia 21/12 e termina em 20/3, e solstício de inverno, que tem início dia 20/06 e termina em 23/09. Como a pesquisa se baseou em questionamentos sobre dia e noite, e inverno e verão, foram desconsiderados resultados para a primavera e outono.

#### 3.9.1 Coeficiente de determinação

Para a determinação do quão próximo está o resultado da simulação em comparação ao voto obtido no banco de dados, foi usado o R-quadrado, que representa numericamente o quão próximo pode estar à linha de tendência obtida.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Quanto mais próximo de 1 (um) o R-quadrado estiver, mais fiel estará à equação obtida pela linha de tendência do gráfico entre o voto e a simulação, e, conseqüentemente, quanto mais próximo a 0 (zero), menos fiel estará o resultado.

### 3.10 RESUMO DO MÉTODO

Os dados foram separados pela tipologia, utilizando o tipo que tinha a maior representatividade, apartamentos de um pavimento de andar tipo, excluindo os apartamentos que são coberturas. Os apartamentos tipo compunham 48 casos, representando aproximadamente 25% do total de entrevistas. Foram descartados os ambientes, e conseqüentemente, a residência inteira, quando apresentava algum problema com a coleta de dados, tais como ambiente sem janelas, geometria improvável entre outros, restando 13 residências. Para cada residência foram desenhados os ambientes que a compunham e gerada a geometria presumível do todo e seu entorno.

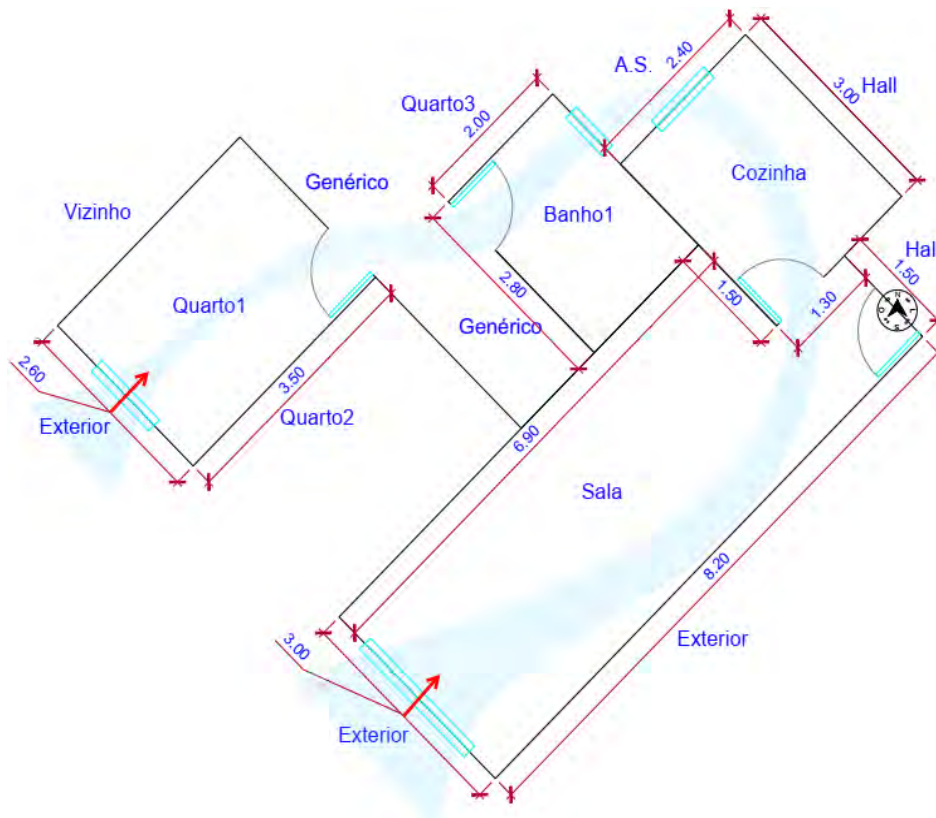
Dentro do ESP-r foram criados os materiais, baseados na NBR 15220 e suas partes. Após esse processo, ainda dentro do programa, foi criado o banco de dados de construções com os materiais e dimensões conforme as entrevistas. De posse da geometria e métodos construtivos foi criado os ambientes e atribuído às condições de contorno e composição das paredes.

Após a criação de cada ambiente foi definido a ventilação. Que por sua vez foi considerada em duas etapas: a primeira onde todas as aberturas estão abertas e a passagem de ar entre os cômodos é possibilitada (conforme Imagem 9), em uma segunda etapa a ventilação externa é fechada (Imagem 9 porém com as aberturas externas fechadas, indicadas pela seta vermelha na imagem). Com isso é gerado dois bancos de dados de temperatura para cada ambiente. Esses dados foram comparados com os limites de conforto estipulados anteriormente. Se algum dos dados obtidos pela simulação estiver dentro do limite de conforto, este é usado como temperatura operacional do ambiente, caso nenhum dos dois valores estiverem dentro dos limites, é comparado a menor diferença entre a simulação e os limites. Esse método foi adotado pois exemplifica o melhor uso da ventilação natural para reduzir o desconforto do ambiente estudado.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Para determinar a temperatura de operação resultante para cada ambiente foi comparado às temperaturas com o limite de conforto e adotado a temperatura que estiver dentro dos limites. Caso ambas as temperaturas resultantes da simulação estivessem fora dos limites de conforto, foi diminuído o limite mais próximo à temperatura e determinado qual dos resultados está mais próximo da temperatura de conforto. Com auxílio de uma planilha eletrônica, foi gerado o volume de graus-hora de desconforto, diminuindo a temperatura operativa resultante do limite de conforto estipulado.

Imagem 9– Exemplo de ventilação com as aberturas externas abertas



Fonte: Autor (2021)

## 4 RESULTADOS

Esta pesquisa buscou evoluir em um método de determinação do conforto baseado nas experiências vividas dos usuários dentro dos ambientes de permanência prolongada, extraídas e registradas através de um questionário compilado em um banco de dados.

O método não se mostrou eficaz como se esperava, não foi possível achar a correlação. No banco de dados de S-TSV utilizado, as respostas parecem ter discrepâncias, como por exemplo, os usuários davam o mesmo voto para diversos ambientes. O levantamento das edificações e coleta dos votos para este tipo de pesquisa teria que ser mais detalhada e minuciosa.

Foram feitos vários testes de simulações considerando ganhos por ventilação, uso, equipamentos, além de ganhos por radiação. Todos estes aspectos são influenciados, direta ou indiretamente, pela inércia dos diferentes tipos de construções encontrados no banco de dados. Um fato curioso é que as janelas, em sua grande maioria, utilizavam vidros transparentes de 4mm de espessura, não foram computados no banco de dados para essa tipologia vidros fantasia ou canelados ou de maior espessura.

Para cada caso foi criado uma rede de fluxo de ar entre os ambientes que eram interligados, e nos ambientes que havia conexão com área externa este fluxo de ar possibilita a troca de calor entre eles. Em um primeiro momento essa rede era atuante e gerava um banco de resultados para cada ambiente. Em segundo momento a troca de calor entre o ambiente externo e interno era desligada.

Com os dois bancos de resultados foram compilados de forma a determinar a temperatura operante de cada ambiente, minimizando a amplitude de temperatura oferecida pelo ambiente externo, criando a operação de abertura das janelas ideal.

### 4.1 EXEMPLO DE CASO ONDE S-TSV E SIMULAÇÃO ESTÃO ALINHADOS

Quando comparado à simulação com o voto apresentado pelo morador do caso 90 podemos perceber que o modo operante das aberturas externas, para obter a ventilação natural, coincide com o método simulado. Podemos perceber que os ambientes como a cozinha, onde durante o dia é considerada um ambiente quente

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

(+2) e a noite é levemente fria (-1), condizente como o clima da cidade onde as noites são mais frias que os dias, tanto no verão quanto no inverno.

Tabela 17 – Resumo comparativo entre os dados simulados e o S-TSV caso 090

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [090] |             |                  |              |           |                  |                |                  |              |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|--------------|-----------|------------------|----------------|------------------|--------------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |             |                  |              |           | Inverno [96dias] |                |                  |              |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec.      | Graus-hora / dia | Sub-Total    | S-TSV     | Resf.            | Aquec.         | Graus-hora / dia | Sub-Total    | S-TSV     |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 365              | - 27        | 4,1              | 338          | +2        | 11               | - 1.171        | - 13,2           | - 1.160      | -2        | - 822              |
|                          | Sala             | 385              | - 15        | 4,3              | 370          | +2        | 4                | - 1.189        | - 13,4           | - 1.185      | -2        | - 815              |
|                          | Cozinha          | 621              | - 2         | 7,0              | 619          | +2        | 2                | - 1.114        | - 12,5           | - 1.112      | -2        | - 493              |
|                          | Quarto           | 293              | - 34        | 3,3              | 259          | -1        | 6                | - 1.229        | - 13,8           | - 1.223      | -1        | - 964              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | <b>1.664</b>     | <b>- 78</b> |                  | <b>1.742</b> | <b>+2</b> | <b>23</b>        | <b>- 4.703</b> |                  | <b>4.726</b> | <b>-2</b> | <b>6.468</b>       |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 332              | -           | 3,7              | 332          | +2        | -                | - 592          | - 6,7            | - 592        | -2        | - 260              |
|                          | Sala             | 520              | -           | 5,8              | 520          | -1        | -                | - 530          | - 6,0            | - 530        | -2        | - 10               |
|                          | Cozinha          | 728              | -           | 8,2              | 728          | -1        | -                | - 540          | - 6,1            | - 540        | -2        | - 188              |
|                          | Quarto           | 206              | - 6         | 2,3              | 200          | -1        | -                | - 577          | - 6,5            | - 577        | -1        | - 377              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | <b>1.786</b>     | <b>- 6</b>  |                  | <b>1.792</b> | <b>-1</b> | <b>-</b>         | <b>- 2.239</b> |                  | <b>2.239</b> | <b>-2</b> | <b>4.031</b>       |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | <b>3.450</b>     | <b>- 84</b> |                  | <b>3.534</b> |           | <b>23</b>        | <b>- 6.942</b> |                  | <b>6.965</b> |           | <b>10.499</b>      |

Fonte: Autor (2021)

#### 4.2 EXEMPLO DE CASO ONDE S-TSV E SIMULAÇÃO NÃO ESTÃO ALINHADOS

No caso número 3, após simulação, compilação e análise dos dados do horário revisto, percebeu-se que há uma necessidade de aquecimento da edificação em ambas as estações, tanto de dia quanto a noite. Ao analisarmos os votos do usuário sobre os ambientes nota-se que a grande maioria recebeu votos de levemente frio (-1). No verão o usuário votou que sua casa no geral era quente (+2), no entanto na avaliação de cada ambiente votou em todos como levemente frios (-1), mostrando uma contradição de dados, levantando a hipótese de que o questionário não foi devidamente preenchido ou respondido. Isso pode se perceber no resumo da simulação confrontado pelo relatório de votos do caso 003 (tabela abaixo)

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 18 – Resumo comparativo entre os dados simulados e o S-TSV caso 003

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [003] |        |                  |           |           |                  |        |                  |           |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |        |                  |           |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |                    |
| Dia                      | Banho            | 94               | - 375  | - 4,2            | - 281     | -1        | -                | - 638  | - 7,2            | - 638     | -2        | - 919              |
|                          | Sala             | 257              | - 502  | - 5,6            | - 245     | -1        | -                | - 846  | - 9,5            | - 846     | -1        | - 1.091            |
|                          | Cozinha          | 59               | - 237  | - 2,7            | - 178     | -1        | 1                | - 906  | - 10,2           | - 905     | -1        | - 1.083            |
|                          | Quarto           | 138              | - 320  | - 3,6            | - 182     | -1        | -                | -1.033 | - 11,6           | - 1.033   | -1        | - 1.215            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 548              | -1.434 |                  | - 886     | <b>+2</b> | 1                | -3.423 |                  | - 3.422   | <b>-1</b> | - 4.308            |
| Noite                    | Banho            | 39               | - 406  | - 4,6            | - 367     | -1        | 1                | - 573  | - 6,4            | - 572     | -2        | - 939              |
|                          | Sala             | 118              | - 841  | - 9,4            | - 723     | -1        | 1                | - 686  | - 7,7            | - 685     | -1        | - 1.408            |
|                          | Cozinha          | 81               | - 129  | - 1,4            | - 48      | -1        | -                | - 849  | - 9,5            | - 849     | -1        | - 897              |
|                          | Quarto           | 83               | - 276  | - 3,1            | - 193     | -1        | -                | - 898  | - 10,1           | - 898     | -1        | - 1.091            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 321              | -1.652 |                  | - 1.331   | <b>+2</b> | 2                | -3.006 |                  | - 3.004   | <b>-1</b> | - 4.335            |
| <b>TOTAL</b>             |                  |                  |        |                  |           |           |                  |        |                  |           |           |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 869              | -3.086           |        | - 2.217          |           | 3         | -6.429           |        | - 6.426          |           | - 8.643   |                    |

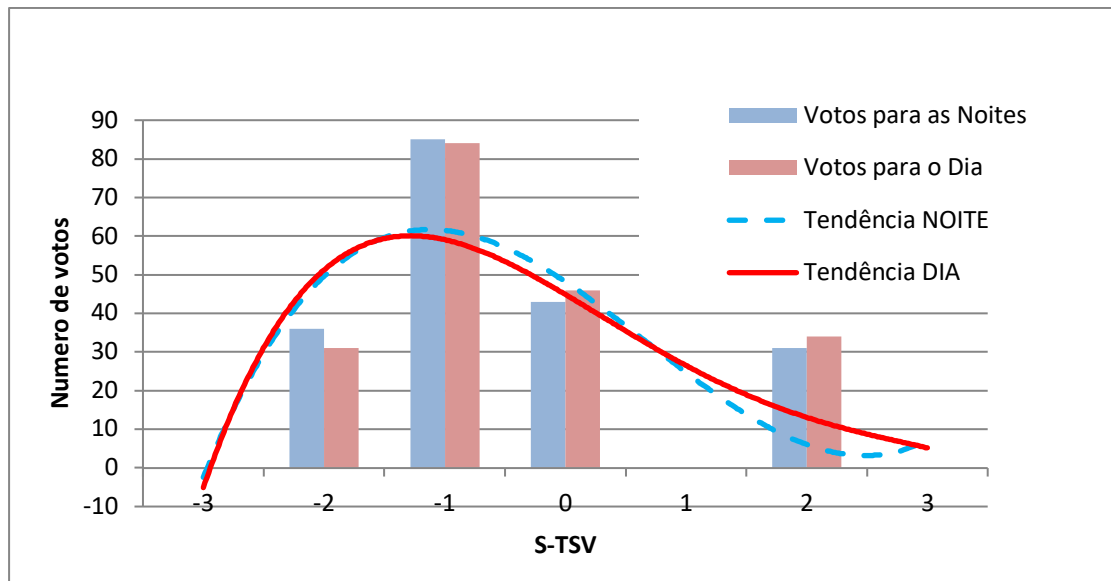
Fonte: Autor (2021)

As próximas seções mostram os resultados dos demais relatórios, estes estão no apêndice, após as bibliografias usadas nesta dissertação.

#### 4.3 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA EXTERNA E O S-TSV

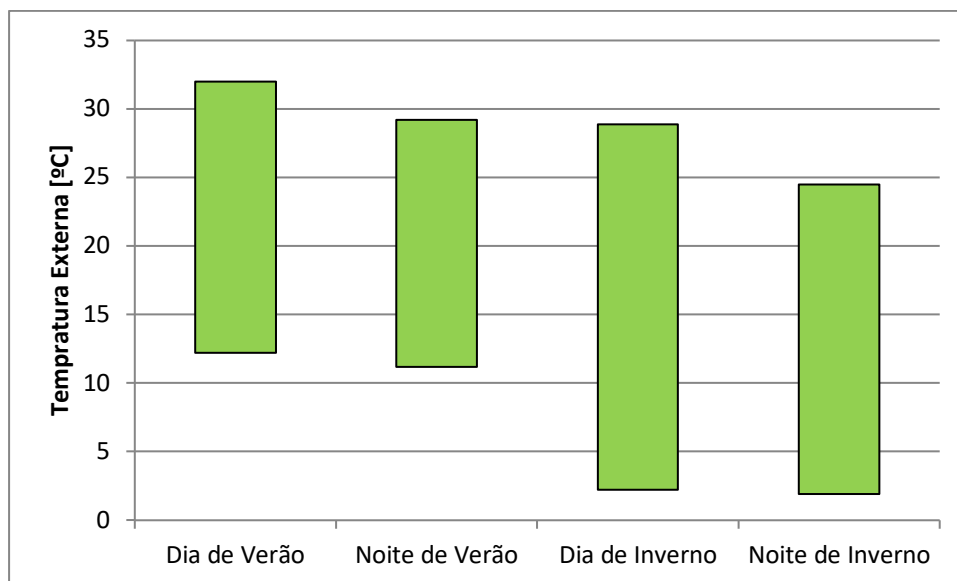
Durante a pesquisa pode-se perceber que a tendência (Gráfico 22) de S-TSV, tanto no verão quanto inverno, tem uma convergência entre si, o que contradiz sobre a temperatura externa que há uma variação de 11°C a 29°C durante as noites de verão e entre 1°C e 24°C nas noites de inverno, o que evidencia que o voto não é influenciado pela temperatura externa, como podemos notar no gráfico abaixo (Gráfico 23).

Gráfico 22– Comparação do S-TSV para noites e dias, no inverno e verão



Fonte: Autor (2021)

Gráfico 23– Amplitude de temperatura na cidade



Fonte: Autor (2021)

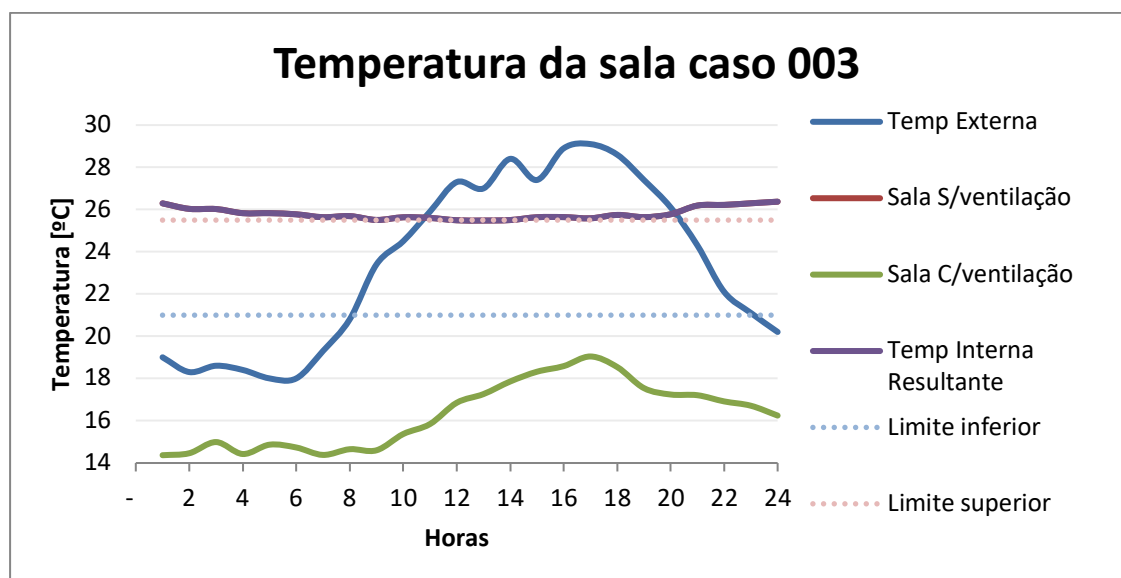
Considerando o número de votos para as noites, tanto verão quanto inverno, nota-se que a maioria se concentra em levemente frio (-1), comparados com a temperatura média da noite de verão e inverno que resultam em 18,9°C e 12,7°C, respectivamente, podemos observar que os usuários não sentem a diferença de aproximadamente 6°C suficiente para mudar seu voto.

#### 4.4 ANÁLISE DO S-TSV EM RELAÇÃO A OPERAÇÃO DAS ESQUADRIAS EXTERNAS

Como não há dados na pesquisa sobre a operação das janelas e cortinas, foram estimadas duas situações: a janela está totalmente aberta ou totalmente fechada. Assim podemos perceber que a abertura das esquadrias externas tem como aumentar ou reduzir a temperatura interna.

A operação das aberturas e cortinas tem uma enorme influência sobre o ambiente interno, o efeito produzido depende muito das circunstâncias, uso e operação. Como ocorre em resfriamento/aquecimento passivo, a velocidade que ocorre é baseada na velocidade e direção do vento além da diferença entre a temperatura interna e externa. Assim a previsão de conforto se torna incerta por depender de variáveis estocásticas da ventilação natural. Outrossim, dependemos do armazenamento da temperatura interna para melhoria da qualidade do conforto.

Gráfico 24– Exemplo do resultado da simulação



Fonte: Autor (2021)

Como se pode perceber a temperatura externa neste dia de verão oscila entre 18°C e 29°C, enquanto a temperatura interna há duas variações.

A variação da temperatura da sala, apresentada no gráfico pelas cores verde e vermelha, diferem somente pelo ganho proveniente da ventilação. Assim podemos perceber que a temperatura da sala sem ventilação não há uma perda de calor



ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

grande quando comparada a perda com a ventilação. Porém a sala com ventilação (linha vermelha) sofre com uma amplitude maior, passando parte do dia abaixo de 21°C (limite inferior) e parte do dia acima de 25,5°C (limite superior). Quando observado a sala que não há ventilação, a tendência é permanecer próximo ao limite superior, pois não há ventilação para ajudar a reduzir a temperatura interna. Portanto a ventilação se mostrou essencial para a manutenção do conforto dos ambientes.

#### 4.5 ANÁLISE SOBRE A ADAPTAÇÃO DO VOTO SAZONAL

O S-TSV é adaptativo, comprovado pelo fato que o mesmo voto, em alguns casos, é fornecido para dia ou noite, tanto no inverno quanto verão, com graus-hora/dia de aquecimento e resfriamento, em outros o voto noturno é mais quente que o diurno. Isso é um forte indício que os residentes se adaptam ao ambiente. Por ser adaptativo, pode ser usado noutras tipologias de edificações residenciais.

Tabela 19 – S-TSV de todos os casos

| AMBIENTE   | Dia/Noite | Estação | CASOS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------|-----------|---------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            |           |         | 003   | 008 | 015 | 043 | 047 | 050 | 090 | 095 | 100 | 108 | 119 | 128 | 133 |
| BANHO DV   | Dia       | Verão   | -1    | -1  | -1  | +2  | 0   | 0   | +2  | -1  | -1  | -1  | +2  | 0   | -1  |
| BANHO NV   | Noite     | Verão   | -1    | -1  | 0   | -1  | 0   | 0   | +2  | 0   | -1  | -1  | +2  | 0   | 0   |
| BANHO DI   | Dia       | Inverno | -2    | -1  | -2  | -2  | -1  | 0   | -2  | -2  | -1  | -1  | -1  | -1  | -1  |
| BANHO NI   | Noite     | Inverno | -2    | -1  | -2  | -1  | -1  | 0   | -2  | -1  | -1  | -1  | -1  | -1  | -1  |
| SALA DV    | Dia       | Verão   | -1    | -1  | -1  | +2  | 0   | +2  | +2  | 0   | -1  | +2  | +2  | 0   | +2  |
| SALA NV    | Noite     | Verão   | -1    | +2  | -1  | -1  | 0   | +2  | -1  | -1  | -1  | 0   | +2  | 0   | -1  |
| SALA DI    | Dia       | Inverno | -1    | 0   | -2  | -2  | -1  | -2  | -2  | -1  | -1  | -2  | -1  | 0   | 0   |
| SALA NI    | Noite     | Inverno | -1    | -1  | -2  | -1  | -2  | -2  | -2  | -1  | -1  | -2  | -1  | 0   | 0   |
| COZINHA DV | Dia       | Verão   | -1    | -1  | 0   | +2  | -1  | 0   | +2  | 0   | 0   | +2  | +2  | 0   | 0   |
| COZINHA NV | Noite     | Verão   | -1    | +2  | 0   | -1  | -1  | 0   | -1  | -1  | 0   | 0   | +2  | 0   | 0   |
| COZINHA DI | Dia       | Inverno | -1    | 0   | -2  | -2  | -1  | 0   | -2  | -2  | -1  | -2  | -1  | 0   | -1  |
| COZINHA NI | Noite     | Inverno | -1    | -1  | -2  | -1  | -1  | 0   | -2  | -2  | -1  | -1  | -1  | 0   | -1  |
| QUARTO DV  | Dia       | Verão   | -1    | -1  | +2  | -1  | 0   | +2  | -1  | +2  | +2  | +2  | +2  | 0   | +2  |
| QUARTO NV  | Noite     | Verão   | -1    | +2  | -1  | -1  | 0   | +2  | -1  | +2  | +2  | +2  | +2  | 0   | +2  |
| QUARTO DI  | Dia       | Inverno | -1    | 0   | -2  | -2  | -1  | -2  | -1  | -2  | -1  | -2  | -1  | 0   | 0   |
| QUARTO NI  | Noite     | Inverno | -1    | -2  | -2  | -1  | -1  | -2  | -1  | -2  | -1  | -2  | -1  | -1  | -1  |

Fonte: Autor (2021)

Fato esse pode ser comprovado quando feita uma ANOVA entre os votos e o horário (dia ou noite), resultando em um fator P de 0,379, valor muito superior a

#### ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

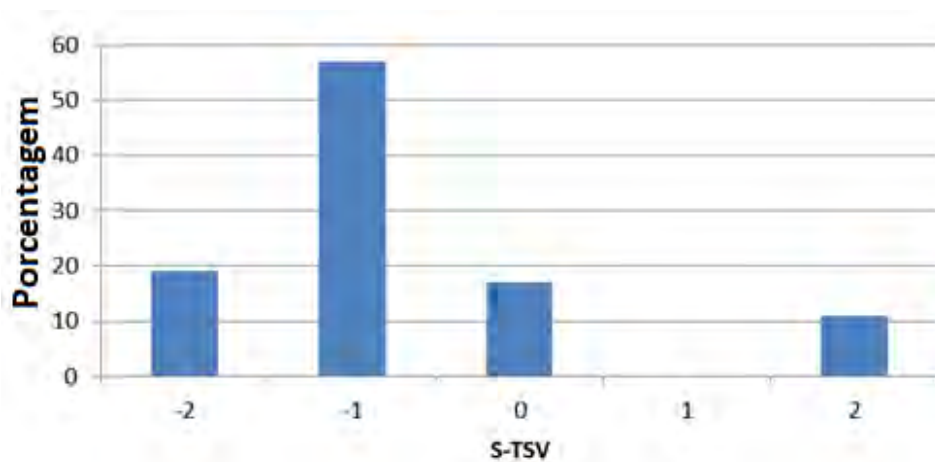
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

0,05, o que indica uma interação muito baixa entre esses dados. Além disso, o  $R^2$  resultou em 0,38%, ou seja, muito aquém do esperado. Quando comparados estatisticamente o voto com a estação, o resultado é um fator P de 0 (zero), o que indica uma interação muito forte entre essas duas variáveis, mesmo com um  $R^2$  de 34,79%, muito abaixo dos 80% esperados.

#### 4.6 ANÁLISE SOBRE A SENSIBILIDADE DO BANHEIRO

Dall’Agnol (2019) sugere que o tempo de permanência afeta a sensação do ocupante, assim o banheiro é um ambiente de uso intermitente. O banheiro, em todos os casos, é um ambiente com revestimento cerâmico em suas paredes internas, além de deter as menores janelas, e um dos poucos ambientes que não havia janelas abertas para o exterior. As janelas dos banheiros são menores quando comparadas com a área de piso em relação aos outros ambientes do apartamento.

Gráfico 25– S-TSV dos banheiros em todos os casos



Fonte: Autor (2021)

O uso, ambiente do banheiro, vestimenta, entre outros fatores, indicam que este é um ambiente especial e deve ser tratado diferente do restante dos ambientes. Normalmente o banheiro é projetado para um uso específico, há uma geração de calor e umidade em um ambiente menor que os outros desta pesquisa, a geração de calor é intensa e a geração de umidade também, isso interfere na sensação dentro desse ambiente tornando único e o tratamento como um ambiente igual à sala ou cozinha não é recomendável.

#### 4.7 ANÁLISE DE RECINTOS ANÁLOGOS DE PERMANÊNCIA PROLONGADA

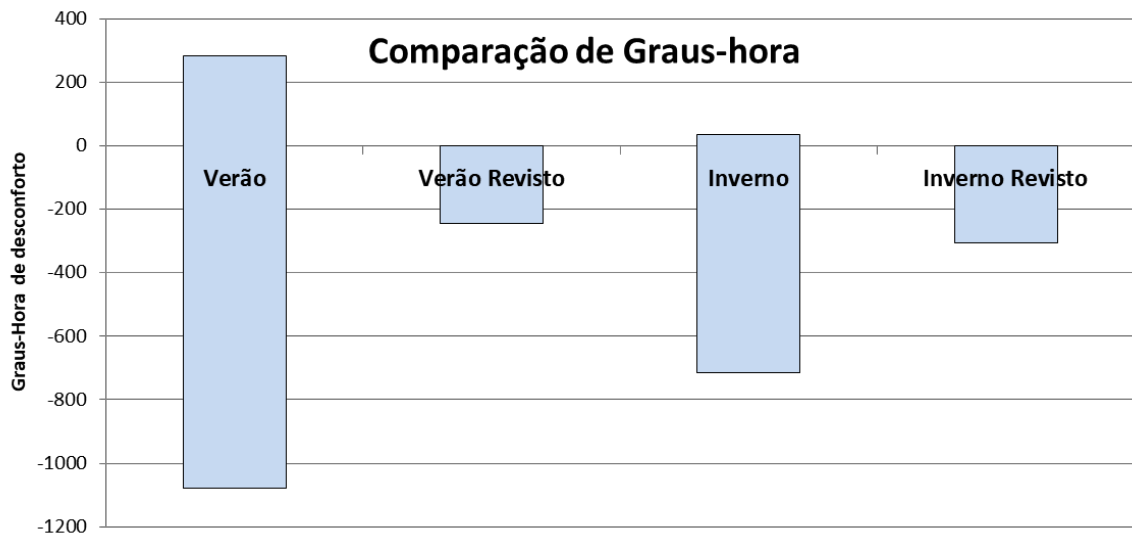
O uso, vestimenta, atividade física, tamanho das aberturas externas, ventilação, quantidade de equipamentos, umidade, volume do ambiente e operação da sala e quarto são muito semelhantes, assim pode-se perceber que os votos determinados para esses ambientes são particularmente análogos, porém, o horário de uso são diferentes. Assim podemos perceber que ambientes semelhantes podem receber o mesmo tratamento durante a simulação, alterando o horário de uso, que apresentaram resultados próximos.

#### 4.8 ANÁLISE DO HORÁRIO DE USO E SEUS IMPACTOS

Durante os primeiros tratamentos dos resultados das simulações, onde era previsto o uso da sala pelas 24h correspondentes ao dia, os valores de graus-hora ficaram muito dispersos. Como não há uma frequência de uso desses ambientes durante as madrugadas, foram desconsiderados os graus-hora das 23h da noite até às 7h do dia seguinte. Esse tratamento diferenciado foi expandido para a cozinha e banheiro, considerando a mesma premissa de não usual sua operação/uso durante as madrugadas. Com isso, os valores de graus-hora se aproximaram muito do S-TSV fornecido para o ambiente.

Ao focar a análise no início da noite se demonstra mais condizente com o uso dos ambientes. No exemplo apresentado no gráfico abaixo, onde o caso 015 foi selecionado ao acaso, nota-se uma redução nas horas de 82% de desconforto no verão e 59% no inverno na sala à noite. Considerando que o voto para esse ambiente foi de levemente frio (-1) no verão e frio (-2) no inverno, os valores se aproximam mais dos votos, indicando que o uso dos ambientes ocorre neste intervalo de tempo. Os outros estudos seguem a mesma redução.

Gráfico 26– Comparação entre graus-hora



Fonte: Autor (2021)

Este mesmo método de rever os horários de uso dos ambientes foi utilizado por Negreiros (2010), assim pode-se determinar que a maior parte da perda de calor ocorre entre as 23h e 7h do dia seguinte.

#### 4.9 ANÁLISE DO USO DE TOTAIS E SUBTOTAIS

Quando geramos os dados da simulação, percebemos que temos graus-hora de resfriamento e aquecimentos distintos. Tendo uma amplitude entre eles de forma que um ambiente pode ter 100 graus-hora de resfriamento e 99 graus-hora de aquecimento, o que resultaria em um total de 1 grau-hora de resfriamento. Isso mascararia o fato de ter 199 graus-hora de desconforto no total. Assim podemos determinar que o resultado da simulação tivesse que ser avaliado como desconforto simplesmente e não mais como resfriamento e aquecimento separados. Mesmo assim os resultados devem ser apresentados de forma distinta para que possamos trabalhar neles de forma independente ou de forma absoluta.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Tabela 20 - Resumo comparativo entre os dados simulados e o S-TSV caso 008

| Turno                        | Ambiente         | Graus-Hora [008] |        |                         |           |       |         |        |                         |           |          | TOTAL<br>POR<br>AMBIENTE |
|------------------------------|------------------|------------------|--------|-------------------------|-----------|-------|---------|--------|-------------------------|-----------|----------|--------------------------|
|                              |                  | Verão            |        |                         |           |       | Inverno |        |                         |           |          |                          |
|                              |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-<br>hora /<br>dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.   | Aquec. | Graus-<br>hora /<br>dia | Sub-Total | S-TSV    |                          |
| Dia                          | Banho            | 274              | - 195  | 3.1                     | 79        | -1    | 32      | -1,394 | - 15.7                  | - 1,362   | -1       | - 1,283                  |
|                              | Sala             | 626              | - 289  | 7.0                     | 337       | -1    | 4       | -1,585 | - 17.8                  | - 1,581   | 0        | - 1,244                  |
|                              | Cozinha          | 373              | - 301  | 4.2                     | 72        | -1    | 8       | - 917  | - 10.3                  | - 909     | 0        | - 837                    |
|                              | Quarto           | 336              | - 295  | 3.8                     | 41        | -1    | -       | -1,468 | - 16.5                  | - 1,468   | 0        | - 1,427                  |
|                              | <b>Sub-Total</b> | 1,609            | -1,080 |                         | 529       | -1    | 44      | -5,364 |                         | - 5,320   | -1       | - 4,791                  |
| Noite                        | Banho            | 177              | - 231  | - 2.6                   | 54        | -1    | 2       | -1,335 | - 15.0                  | - 1,333   | -1       | - 1,387                  |
|                              | Sala             | 355              | - 626  | - 7.0                   | 271       | +2    | 19      | -1,231 | - 13.8                  | - 1,212   | -1       | - 1,483                  |
|                              | Cozinha          | 249              | - 434  | - 4.9                   | 185       | +2    | 13      | - 784  | - 8.8                   | - 771     | -1       | - 956                    |
|                              | Quarto           | 185              | - 483  | - 5.4                   | 298       | +2    | 4       | -1,259 | - 14.1                  | - 1,255   | -2       | - 1,553                  |
|                              | <b>Sub-Total</b> | 966              | -1,774 |                         | 808       | +2    | 38      | -4,609 |                         | - 4,571   | -1       | - 5,379                  |
| <b>TOTAL</b>                 |                  |                  |        |                         |           |       |         |        |                         |           |          |                          |
| <b>TOTAL POR<br/>ESTAÇÃO</b> | 2,575            | -2,854           |        | 5,429                   |           | 82    | -9,973  |        | 10,055                  |           | - 10,170 |                          |

Fonte: Autor (2021)

Como podemos perceber na tabela acima, olhando somente o subtotal do banheiro em um dia de verão, temos 79 graus-hora de desconforto, o que não seria significativo quando comparado com as graus-hora do inverno para o mesmo ambiente, porem quando usados ambos os dados, resfriamento e aquecimento, notamos que há um desconforto na ordem de 469 graus-hora, muito superior ao subtotal.

## 5 CONCLUSÃO E ESTUDOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSÃO

Esta pesquisa utilizou um banco de dados de apartamentos situados na cidade de Passo Fundo, interior do estado do Rio Grande do Sul, região norte do estado. Foram selecionados os 13 apartamentos tipo de um pavimento, com exceção de coberturas ou duplex, que não apresentaram alguma deficiência que impediria de serem simulados. Todos os casos selecionados foram simulados com as mesmas premissas, alterando conforme os dados obtidos de obstruções de janelas externas e sombreamento das edificações.

Diante desses resultados podemos concluir que:

- A análise da temperatura externa e o voto indicam que o S-TSV não é influenciado pela temperatura externa, fato esse pode ser concluído quando ocorre uma mudança da temperatura externa em aproximadamente 6°C não afeta o voto para os ambientes.
- A operação das esquadrias externas, responsáveis pela ventilação natural dos ambientes e trocas de ar, não estava presente no banco de dados original, porém foram simulados duas situações, a primeira com as esquadrias abertas e a segunda com as esquadrias fechadas. Após a simulação foi constatado que a operação das esquadrias externas tem uma grande influência sobre o conforto interno, sendo esse um dos grandes pilares de determinação da temperatura interna.
- Quando comparados às temperaturas do verão e inverno da cidade percebe-se que há uma variação grande de temperatura, tanto em relação as estações quanto comparados o dia com a noite. Assim, percebe-se que o voto não sofre essa variação na mesma magnitude, determinando assim que o voto sazonal é adaptativo.
- De todos os ambientes estudados, o banheiro é o único ambiente que tem sua construção, seu uso e vestimentas diferenciadas, quando comparados aos outros ambientes. Assim, pode-se determinar que os banheiros apresentam menores sensibilidade ao voto quanto a mudança de temperatura.

#### ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

- Os quartos e salas se mostraram semelhantes entre si, tanto quanto ao seu uso quanto a atividade executada dentro dos ambientes. Fato esse comprovado pelos votos dos residentes que, em sua maioria, são análogos entre esses ambientes.
- Quando simulado a primeira etapa, foram determinados que os ambientes estivessem com sua ocupação completa, conforme indicado no banco de dados, em todas as horas do dia, não demonstrando a realidade da maioria dos ambientes de uma residência. Quando revisto os horários de uso, pode-se perceber que os ambientes, principalmente na parte da noite, sofrem um aumento de graus-hora de desconforto, porém neste horário não ocorre um uso constante dos ambientes. Assim pode-se determinar que o horário de uso dos ambientes afeta a quantidade de graus-hora de aquecimento ou resfriamento.
- Os dados compilados mostraram que nos ambientes ocorre uma alternância entre resfriamento e aquecimento durante o dia e noite. Quando somados esses dados, camuflavam a grandeza de desconforto, pois o graus-hora de aquecimento resultavam em um valor negativo, ou seja que a temperatura de simulação estava abaixo do mínimo estipulado como conforto para o ambiente, e o resfriamento resultava em um valor positivo. Quando somados os Sub-Totais, ocorre uma subtração entre eles. Assim foi utilizado o valor de maior relevância, este revela maior o desconforto do ambiente.

Considerando as respostas fornecidas pelos residentes, que muitas vezes foram às mesmas tanto para inverno quanto verão, não foi possível encontrar uma correlação entre a simulação e o voto sazonal.

A correlação entre a simulação e o voto, ocorreria de forma mais eficaz se a condução da entrevista fosse feita pela pessoa que fará a simulação, assim poderia refazer algumas perguntas de forma a obter mais dados necessários à simulação tais como: operação das janelas, horário de sombreamento, padrão de vestimenta das pessoas, faixa etária dos ocupantes e horário de uso dos ambientes.

## 5.2 ESTUDOS FUTUROS

No processo de desenvolvimento desta pesquisa, vários aspectos foram levantados e pesquisas adicionais surgiram, forçando adotar alguns critérios. Assim surgem sugestões para pesquisas futuras:

- Pesquisar as horas de sono de uma pessoa adulta, entre 18 e 50 anos de idade, brasileiro;
- Operação das janelas durante a estadia dentro dos ambientes.
- Uso de vestimenta;
- Operação e uso das cozinhas e banheiros.



## 6 REFERÊNCIAS

ABEBAW, Degnet. Household Determinants of Fuelwood Choice in Urban Ethiopia: A Case Study of Jimma Town. **The Journal Of Developing Areas**, [s. L.], v. 41, p.117-126, jan. 2007. [Www.jstor.org/stable/40376161](http://www.jstor.org/stable/40376161).

ALI, Akhter; RAHUT, Dil Bahadur; IMTIAZ, Muhammad. Effects of Pakistan's energy crisis on farm households. **Utilities Policy**, [s.l.], v. 59, p.100930-100937, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jup.2019.100930>.

AMBIENTE, Ministério do Meio. **CONSUMO SUSTENTÁVEL MANUAL**. 2005. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/\\_arquivos/consumo\\_sustentavel.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/consumo_sustentavel.pdf). Acesso em: 03 mar. 2020.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE STANDARD 55-2017**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: Ashrae, 2017. 66 p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE STANDARD 62.1-2013**: Ventilation for acceptable indoor air quality.. Atlanta: Ashrae, 2013.

ANTAC - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (Santa Catarina) (ed.). **Arquivos climáticos INMET**. 2012. Labee. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>. Acesso em: 01 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 34 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 30 p.

- ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:**  
Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 71 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:**  
Edificações habitacionais — Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 31 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:**  
Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 42 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:**  
Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 63 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:**  
Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 73 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:**  
Edificações habitacionais — Desempenho Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 32 p.
- BALVEDI, Bruna Faitão et al. Identificação de perfis de comportamento do usuário para edificações residenciais multifamiliares e naturalmente ventiladas em Florianópolis. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 149-160, set. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000300273>.
- BESTETTI, Maria Luisa Trindade. Ambiência: espaço físico e comportamento. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.601-610, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-9823.2014.13083>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17-03-00601.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2020.
- BODACH, Susanne; HAMHABER, J.. Energy efficiency in social housing: opportunities and barriers from a case study in Brazil. : Opportunities and barriers from a case study in Brazil. **Energy Policy**, [s.l.], v. 38, n. 12, p. 7898-7910, dez. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.009>.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

BORGES, Roberto Cabral de Mello. **Cálculo do nascer e Por do Sol**. Instituto de Informática - UFRGS. Disponível em: <https://www.inf.ufrgs.br/~cabral/NascerPorSolAno.html>. Acesso em: 11 mar. 2020.

BRASIL. Edison Alves Portela Junior. Eletrobras (org.). **Manual para Aplicação da RTQ Residencial**. 2014. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/manuais>. Acesso em: 19 maio 2020.

BRASIL. Epe - Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energias. **Balanco Energético Nacional**. 2018. Ano base 2017. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

BRE, Facundo; FACHINOTTI, Víctor D.. A computational multi-objective optimization method to improve energy efficiency and thermal comfort in dwellings. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 154, p.283-294, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.002>.

CARLO, Joyce Correna. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais**. 2008. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis Sc, 2008. Disponível em: [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE\\_Joyce\\_Correna\\_Carlo.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Joyce_Correna_Carlo.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2016.

CARLUCCI, Salvatore; PAGLIANO, Lorenzo. A review of indices for the long-term evaluation of the general thermal comfort conditions in buildings. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 53, p.194-205, out. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.06.015>.

CARLUCCI, Salvatore; PAGLIANO, Lorenzo; SANGALLI, Andrea. Statistical analysis of the ranking capability of long-term thermal discomfort indices and their adoption in optimization processes to support building design. **Building And Environment**, [s.l.], v. 75, p.114-131, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.017>.

CEBALLOS-FUENTEALBA, Irlanda et al. A simulation and optimisation methodology for choosing energy efficiency measures in non-residential buildings.

**Applied Energy**, [s.l.], v. 256, p.113953-113962, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113953>.

CHOU, Jui-sheng; BUI, Dac-khuong. Modeling heating and cooling loads by artificial intelligence for energy-efficient building design. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 82, p.437-446, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.036>.

COELHO, Silvia Renata Machado et al. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 33, n. 2, p. 539-544, abr. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542009000200028>.

CÓSTOLA, D. et al. Seasonal Thermal Sensation Vote – An indicator for long-term energy performance of dwellings with no HVAC systems. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 187, p.64-76, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.01.049>.

CRAWLEY, Drury B. et al. Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. **Building And Environment**, [s.l.], v. 43, n. 4, p.661-673, abr. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.027>.

CRAWLEY, Drury B. et al. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.319-331, abr. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7788\(00\)00114-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0378-7788(00)00114-6).

DALL'AGNOL, André. **ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL ATRAVÉS DO INDICADOR “VOTO DE SENSÇÃO TÉRMICA SAZONAL”**. 2019. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Imed, Passo Fundo, 2019.

ENCAC, 12., 2013, Brasília. **AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE ÍNDICES DE CONFORTO ADAPTATIVO PARA O CASO BRASILEIRO**. Brasília: Si, 2013. 10 p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/292976581\\_AVALIACAO\\_DA\\_APLICABILIDADE\\_DE\\_INDICES\\_DE\\_CONFORT](https://www.researchgate.net/publication/292976581_AVALIACAO_DA_APLICABILIDADE_DE_INDICES_DE_CONFORT). Acesso em: 15 mar. 2020.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 15251:2007**: Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics. Bruxelas: Cen, 2007.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

FABI, Valentina et al. A methodology for modelling energy-related human behaviour: application to window opening behaviour in residential buildings. **Building Simulation**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 415-427, 19 abr. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12273-013-0119-6>.

GOLBEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. Política energética no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 55, p.215-228, set. 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142005000300015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000300015). Acesso em: 03 mar. 2020.

GONZÁLEZ-BENITO, Javier; GONZÁLEZ-BENITO, Óscar. Environmental proactivity and business performance: an empirical analysis. **Omega**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.1-15, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2004.03.002>.

GOOGLE. **Google Maps**. 2021. Disponível em: <https://www.google.com.br>. Acesso em: 19 jan. 2021.

HERNANDEZ NETO, Alberto; FIORELLI, Flávio Augusto Sanzovo. Comparison between detailed model simulation and artificial neural network for forecasting building energy consumption. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 40, n. 12, p.2169-2176, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.06.013>.

HOES, P. et al. User behavior in whole building simulation. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 41, n. 3, p. 295-302, mar. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.09.008>.

IBGE (org.). **Horas trabalhadas**. 2016. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/trabalho/horas-trabalhadas.html>. Acesso em: 10 jun. 2020.

IMED (Passo Fundo) (org.). **Arquivamento de dados do programa de Engenharia Civil**. Passo Fundo: Imed, 2017.

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 3 ed. Geneva: Si, 2005. 60 p.

INVIDIATA, Andrea; GHISI, Enedir. Impact of climate change on heating and cooling energy demand in houses in Brazil. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 130, p.20-32, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.067>.

JAFFAL, Issa; INARD, Christian; GHIAUS, Christian. Fast method to predict building heating demand based on the design of experiments. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 41, n. 6, p.669-677, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.01.006>.

JEFFERSON, Michael. Sustainable energy development: performance and prospects. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 31, n. 5, p.571-582, abr. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2005.09.002>.

LAMBERTS, Roberto et al. **Towards a Brazilian Standard on Thermal Comfort**. Florianópolis: Cnpq, 2013. 123 p. Research Report. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/RP\\_Towards\\_a\\_Brazilian\\_Standard\\_Complete\\_Version.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Towards_a_Brazilian_Standard_Complete_Version.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2020.

LI, Fangyi; SONG, Zhouying; LIU, Weidong. China's energy consumption under the global economic crisis: Decomposition and sectoral analysis. **Energy Policy**, [s.l.], v. 64, p.193-202, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.014>.

LIMA, Margareth Guimarães; FRANCISCO, Priscila Maria S. Bergamo; BARROS, Marilisa Berti de Azevedo. Sleep duration pattern and chronic diseases in Brazilian adults (ISACAMP, 2008/09). **Sleep Medicine**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 139-144, fev. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sleep.2011.07.011>.

MASOSO, O.t.; GROBLER, L.j.. The dark side of occupants' behaviour on building energy use. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 42, n. 2, p.173-177, fev. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.009>.

MATOS, Michele. **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO DESEMPENHO TÉRMICO DE RESIDÊNCIAS EM FLORIANÓPOLIS UTILIZANDO A VENTILAÇÃO**. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MELO, A.p. et al. Development and analysis of a metamodel to represent the thermal behavior of naturally ventilated an. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 112, p.209-221, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.12.021>.

MOCARQUER, Sebastian et al. Balance of power. Ieee **Power And Energy Magazine**, [s.l.], v. 7, n. 5, p.26-35, set. 2009. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mpe.2009.933417>.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

MONTEIRO, Leonardo Marques; ALUCCI, Marcia Peinado. Modelo adaptativo de conforto para avaliação in loco de espaços urbanos abertos. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.61-79, mar. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212012000100005>.

NEGREIROS, Bianca de Abreu. **ANÁLISE DE MÉTODOS DE PREDIÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO DE HABITAÇÃO EM CLIMA QUENTE-ÚMIDO COM CONDICIONAMENTO PASSIVO**. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/12352/1/An%c3%a1liseM%c3%a9todosPredicao\\_Negreiros\\_2010.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/12352/1/An%c3%a1liseM%c3%a9todosPredicao_Negreiros_2010.pdf). Acesso em: 19 fev. 2021.

NGOMA, Robert et al. How households adapted their energy use during the Zambian energy crisis. **Energy For Sustainable Development**, [s.l.], v. 44, p.125-138, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2018.03.007>.

NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael; ROAF, Susan. **Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice**. Routledge: Earthscan, 2012.

NUNES, Renata (ed.). **Só 40 minutos para alimentação**. 2011. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/so-40-minutos-para-alimentacao-1.573540>. Acesso em: 02 ago. 2020.

OLIVEIRA, Alexandre Gomes de. **Proposta de método para avaliação do desempenho térmico de residências unifamiliares em clima quente e úmido**. 2006. 201 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12295/1/PropostaM%C3%A9todoAvaliacao\\_Oliveira\\_2006.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12295/1/PropostaM%C3%A9todoAvaliacao_Oliveira_2006.pdf). Acesso em: 23 set. 2019.

OLIVEIRA, Camila Cordeiro de; SAKIYAMA, Nayara Rodrigues Marques; MIRANDA, Layane Ventura de. DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR NATURALMENTE VENTILADA PARA O CLIMA DE TEÓFILO OTONI-MG. Reec - **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.57-72, 15 abr. 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i2.42940>.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

OLIVEIRA, Raquel Diniz et al. Thermal Comfort for users according to the Brazilian Housing Buildings Performance Standards. **Energy Procedia**: 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Belo Horizonte Mg, v. 78, p.2923-2928, 2015.

ONOJA, Anthony Ojonimi; IDOKO, Ojochenemi. Econometric Analysis of Factors Influencing Fuel Wood Demand in Rural and Peri-Urban Farm Households of Kogi State. Consilience: **The Journal Of Sustainable Development**, [s.i.], v. 8, p.115-127, jan. 2012.

PAGNOSSIN, Elaine Medianeira; BURIOLO, Galileo Adeli; GRACIOLLI, Michele de Araujo. **INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO CONFORTO TÉRMICO HUMANO: BASES BIOFÍSICAS**. 2001. Disponível em: <https://www.periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/803/747>. Acesso em: 11 mar. 2020.

PASSO Fundo Clima. 2021. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-sul/passo-fundo-3821/>. Acesso em: 22 jan. 2021.

PASSO FUNDO. Secretaria de Turismo. Prefeitura Municipal de Passo Fundo (comp.). **Características Físicas**. Disponível em: <http://www.pmpf.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=325>. Acesso em: 19 maio 2020.

PEETERS, Leen et al. Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. **Applied Energy**, [s.l.], v. 86, n. 5, p.772-780, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261908001785>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PEREIRA, Iraci Miranda; ASSIS, Eleonora Sad de. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.31-51, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212010000100002>.

PEREIRA, Iraci Miranda; ASSIS, Eleonora Sad de. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.31-51, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212010000100002>.



ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

PEREIRA, José Almeida et al. COMPARAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, CULINÁRIAS E NUTRICIONAIS EM VARIEDADES DE ARROZ BRANCO E VERMELHO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 222, p. 243-248, 14 dez. 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1069/pdf>. Acesso em: 21 jul. 2020.

PIETROSEMOLI, Licia; RODRÍGUEZ-MONROY, Carlos. The Venezuelan energy crisis: Renewable energies in the transition towards sustainability. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 105, p.415-426, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.014>.

RAZMJOO, A. Armin; SUMPER, Andreas; DAVARPANAH, Afshin. Development of sustainable energy indexes by the utilization of new indicators: A comparative study. **Energy Reports**, [s.l.], v. 5, p.375-383, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egy.2019.03.006>.

RAZMJOO, Ali et al. Techno-economic evaluation of standalone hybrid solar-wind systems for small residential districts in the central desert of Iran. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, [s.l.], v. 36, n. 4, p.1194-1207, 26 jan. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ep.12554>.

REINHART, Christoph F.; DAVILA, Carlos Cerezo. Urban building energy modeling – A review of a nascent field. **Building And Environment**, [s.l.], v. 97, p.196-202, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.12.001>.

REPORTER, Daily Mail (org.). **It really is fast food: brits take just 41 minutes a day to wolf down breakfast, lunch and dinner because we're so busy.** Brits take just 41 minutes a day to wolf down breakfast, lunch and dinner because we're so busy. 2015. Disponível em: <https://www.dailymail.co.uk/health/article-2967559/It-really-fast-food-Brits-just-41-minutes-day-wolf-breakfast-lunch-dinner-busy.html>. Acesso em: 02 ago. 2020.

RORIZ, Maurício (comp.). **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros.** Maurício Roriz. Disponível em: [http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre\\_os\\_arquivos\\_EPW.pdf](http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre_os_arquivos_EPW.pdf). Acesso em: 15 mar. 2020.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

SAILOR, D.j.. A green roof model for building energy simulation programs. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 40, n. 8, p.1466-1478, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.02.001>.

SANCHEZ, D. Garcia et al. Application of sensitivity analysis in building energy simulations: Combining first- and second-order elementary effects methods. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 68, p.741-750, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.048>.

SCHIMANIA, Naiara Karin. **SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO AMBIENTAL AUTOMATIZADO EM MODO MISTO PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA ZONA BIOCLIMÁTICA BRASILEIRA 2**. 2018. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15764/DIS\\_PPGEC\\_2018\\_SCHIMANIA\\_K\\_NAIARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15764/DIS_PPGEC_2018_SCHIMANIA_K_NAIARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 26 jul. 2020.

SELES, Bruno Michel Roman Pais et al. Do Environmental Practices Improve Business Performance Even in an Economic Crisis? Extending the Win-Win Perspective. **Ecological Economics**, [s.l.], v. 163, p.189-204, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.04.013>.

SELVARAJ, Prabhakaran et al. Investigation of semi-transparent dye-sensitized solar cells for fenestration integration. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 141, p.516-525, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.146>.

SILVA, Arthur Santos; GHISI, EneDir; LAMBERTS, Roberto. Performance evaluation of long-term thermal comfort indices in building simulation according to ASHRAE Standard 55. **Building And Environment**, [s.l.], v. 102, p.95-115, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.004>.

SINDIGÁS (Rio de Janeiro). Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo (org.). **Gás LP NO BRASIL**. 2008. Disponível em: [http://www.sindigas.org.br/Download/Arquivo/cartilha1\\_635313421814303927.pdf](http://www.sindigas.org.br/Download/Arquivo/cartilha1_635313421814303927.pdf). Acesso em: 24 jul. 2020.

SORGATO, M.j.; MELO, A.p.; LAMBERTS, R.. The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 133, p. 1-13, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.059>.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

SOUZA, Amanda de M. et al. Alimentos mais consumidos no Brasil: inquérito nacional de alimentação 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, [S.L.], v. 47, n. 1, p. 190-199, fev. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89102013000700005>.

SPALDING-FECHER, Randall; WINKLER, Harald; MWAKASONDA, Stanford. Energy and the World Summit on Sustainable Development: what next?. **Energy Policy**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.99-112, jan. 2005. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0301-4215\(03\)00203-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0301-4215(03)00203-9).

SPARK, Weather (org.). **Comparação das características meteorológicas médias em São Francisco e Passo Fundo**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/compare/y/557~29618/Compara%C3%A7%C3%A3o-das-caracter%C3%ADsticas-meteorol%C3%B3gicas-m%C3%A9dias-em-S%C3%A3o-Francisco-e-Passo-Fundo>. Acesso em: 15 jun. 2020.

STEFENON, Júlia Henrich. **CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE ESCOLAS DA REDE ESTADUAL DE PASSOFUNDO/RS**. 2019. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Imed, Passo Fundo, 2019. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/J%C3%A9lia%20HENRICH%20STEFENON.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2020.

STRACHAN, P.a.; KOKOGIANNAKIS, G.; MACDONALD, I.a.. History and development of validation with the ESP-r simulation program. **Building And Environment**, [s.l.], v. 43, n. 4, p.601-609, abr. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.025>.

STRACHAN, Paul (comp.). **ESP-r: summary of validation studies. Summary of Validation Studies**. 2000. Disponível em: <http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/validation.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2020.

TAVARES, Márcia Cristina Pereira; GONÇALVES, Hélder José Perdigão; BASTOS, Jorge Novais Telles de Faria Corrêa. Desempenho termo-energético de edifícios residenciais em clima temperado. **Pós. Revista do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Fauusp**, [s.l.], v. 23, n. 41, p. 140, 30 dez. 2016. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v23i41p140-164>.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P.. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its. **Energy Policy**, [s.l.], v. 87, p. 524-541, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.041>.

TRINDADE, Sileno Cirne; PEDRINI, Aldomar; DUARTE, Raimundo Nonato Calazans. Métodos de aplicação da simulação computacional em edifícios naturalmente ventilados no clima quente e úmido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.37-58, dez. 2010.

TUBELO, Renata et al. Cost-effective envelope optimisation for social housing in Brazil's moderate climates zones. **Building And Environment**, Nottingham Uk, v. 133, p.213-227, 2018.

VIEIRA, Elamara Marama Araujo et al. Comportamento de modelos adaptativos de conforto térmico frente ao modelo de Fanger em intensivistas adaptados ao clima tropical. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.479-490, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100233>.

VIEIRA, Elamara Marama Araujo et al. Comportamento de modelos adaptativos de conforto térmico frente ao modelo de Fanger em intensivistas adaptados ao clima tropical. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.479-490, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100233>.

VIEIRA, Elamara Marama de Araujo et al. Prioridade perceptiva e critérios de satisfação de atributos ambientais em Unidades de Terapia Intensiva. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.181-194, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000100300>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212019000100181&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212019000100181&script=sci_arttext). Acesso em: 11 mar. 2020.

WALCH, Olivia J.; COCHRAN, Amy; FORGER, Daniel B.. A global quantification of “normal” sleep schedules using smartphone data. **Science Advances**, [s.l.], v. 2, n. 5, p. 1-7, maio 2016. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1501705>.

WALSH, Angélica; CÓSTOLA, Daniel; LABAKI, Lucila Chebel. Performance-based validation of climatic zoning for building energy efficiency applications.

**Applied Energy**, [s.l.], v. 212, p.416-427, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.044>.

WANG, Liping; GREENBERG, Steve. Window operation and impacts on building energy consumption. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 92, p. 313-321, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.060>.

WILDE, Pieter de. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 41, p.40-49, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.009>.

XU, Xiaoxiao; XIAO, Bing; LI, Clyde Zhengdao. Critical factors of electricity consumption in residential buildings: An analysis from the point of occupant characteristics view. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 256, p.120423-120424, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120423>.

ZOMER, Clarissa Debiazi; RÜTHER, Ricardo. **A Arquitetura eficiente como um meio de economia energética atuando no gerenciamento pelo lado da de.** 2007. Conference: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído At: Fortaleza, CE. Disponível em: [http://fotovoltica.ufsc.br/Teses/Tese\\_Clarissa\\_Debiazi\\_Zomer.pdf](http://fotovoltica.ufsc.br/Teses/Tese_Clarissa_Debiazi_Zomer.pdf). Acesso em: 03 mar. 2020.

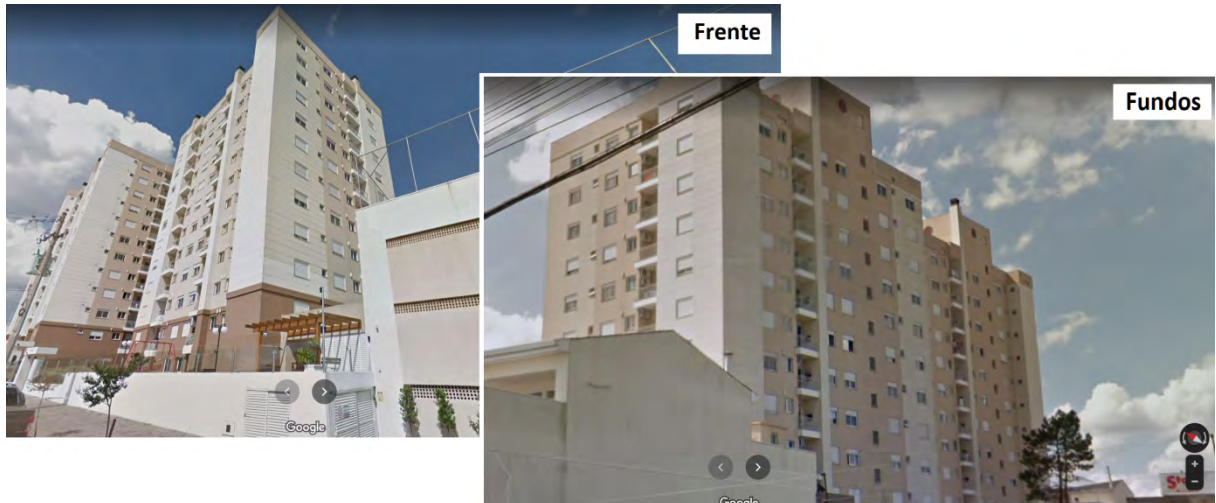
ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:  
comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A.- RELATÓRIO DO CASO 003

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 10 – Localização da edificação 003



Fonte: Google (2021)

### A.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 2 pessoas residentes fixos.

### A.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 18cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.787W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 18cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.787W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### A.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### A.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmico e forro em laje de concreto maciça.

##### A.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de PVC e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor clara. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um brise horizontal fixo, ângulo de 30°.

#### A.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### A.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de PVC e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### A.3.03 QUARTO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### A.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de PVC e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### A.3.04 BANHEIRO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

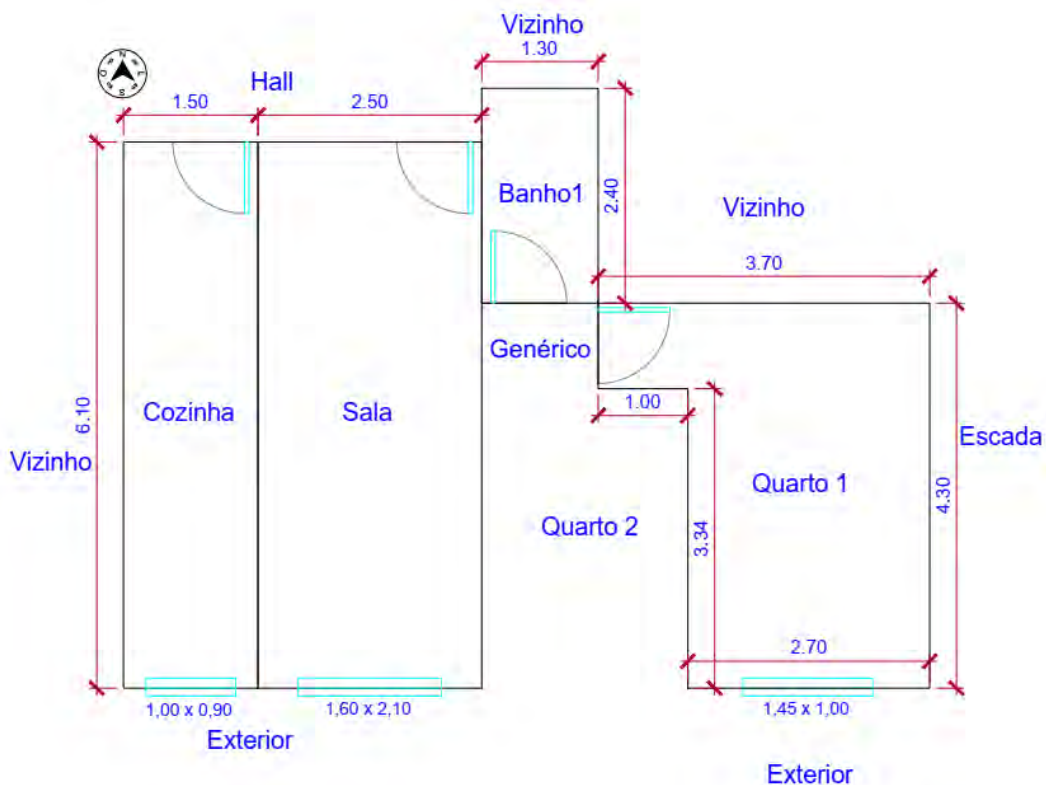
##### A.3.04.01 Quanto às aberturas

Não há janelas computadas para este ambiente.



#### A.4 PLANTA BAIXA

Imagem 11 – Planta baixa técnica do caso 003



Fonte: Autor (2021)

#### A.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

##### A.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

Em todas as estações o voto foi de levemente frio (-1), igualmente nas horas do dia, o que indica um apartamento fresco no verão e não muito frio no inverno. A única exceção é o voto -2 (frio) no banho inverno (tanto dia quanto noite) o que pode estar associado ao uso e vestimenta.

O apartamento tem aberturas na fachada sul, o que é compatível com os votos de verão. No inverno, os ganhos solares são reduzidos devido à orientação, o que indica que o voto é relaciona com outros fatores. O inverno em Passo Fundo apresenta temperaturas baixas, o que indica que o apartamento deve ser operado de maneira adequada para apresentar este voto de S-TSV, já que os votos são bastante superiores aos de outras unidades descritas nessa pesquisa. O nível de isolamento térmico das paredes atende a NBR15220 e NBR15575.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

A pouca variação de temperatura entre os ambientes pode estar relacionada com as áreas de fachada externa, área de abertura e orientação, que são similares em todos os ambientes. Isso indicaria que as variações no ganho de calor interno (magnitude e variação temporal) não são determinante do desempenho no caso desta unidade.

O fato do ambiente ter desempenho idêntico de dia à de noite é peculiar, e pode ser atribuído a inércia, que impede altas temperaturas durante o dia no verão e temperaturas muito baixa a noite no inverno.

O voto da habitação como um todo no verão não é alinhado com o dos cômodos. É curioso que o entrevistado tenha declarado que todos os ambientes são levemente frios em dias de verão (-1), mas que a unidade como um todo é quente (2). No inverno o voto é compatível entre a habitação como um todo e os cômodos.

Tabela 21 – resultado da simulação caso 003

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [003] |               |                  |                |           |                  |               |                  |                |           |                | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|----------------|-----------|------------------|---------------|------------------|----------------|-----------|----------------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |               |                  |                |           | Inverno [96dias] |               |                  |                |           |                |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec.        | Graus-hora / dia | Sub-Total      | S-TSV     | Resf.            | Aquec.        | Graus-hora / dia | Sub-Total      | S-TSV     |                |                    |
| Dia                      | Banho            | 94               | - 375         | - 4,2            | - 281          | -1        | -                | - 638         | - 7,2            | - 638          | -2        | - 919          |                    |
|                          | Sala             | 257              | - 502         | - 5,6            | - 245          | -1        | -                | - 846         | - 9,5            | - 846          | -1        | - 1.091        |                    |
|                          | Cozinha          | 59               | - 237         | - 2,7            | - 178          | -1        | 1                | - 906         | - 10,2           | - 905          | -1        | - 1.083        |                    |
|                          | Quarto           | 138              | - 320         | - 3,6            | - 182          | -1        | -                | -1.033        | - 11,6           | - 1.033        | -1        | - 1.215        |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | <b>548</b>       | <b>-1.434</b> |                  | <b>- 886</b>   | <b>+2</b> | <b>1</b>         | <b>-3.423</b> |                  | <b>- 3.422</b> | <b>-1</b> | <b>- 4.308</b> |                    |
| Noite                    | Banho            | 39               | - 406         | - 4,6            | - 367          | -1        | 1                | - 573         | - 6,4            | - 572          | -2        | - 939          |                    |
|                          | Sala             | 118              | - 841         | - 9,4            | - 723          | -1        | 1                | - 686         | - 7,7            | - 685          | -1        | - 1.408        |                    |
|                          | Cozinha          | 81               | - 129         | - 1,4            | - 48           | -1        | -                | - 849         | - 9,5            | - 849          | -1        | - 897          |                    |
|                          | Quarto           | 83               | - 276         | - 3,1            | - 193          | -1        | -                | - 898         | - 10,1           | - 898          | -1        | - 1.091        |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | <b>321</b>       | <b>-1.652</b> |                  | <b>- 1.331</b> | <b>+2</b> | <b>2</b>         | <b>-3.006</b> |                  | <b>- 3.004</b> | <b>-1</b> | <b>- 4.335</b> |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | <b>869</b>       | <b>-3.086</b> |                  | <b>- 2.217</b> |           | <b>3</b>         | <b>-6.429</b> |                  | <b>- 6.426</b> |           | <b>- 8.643</b> |                    |

Fonte: Autor (2021)

#### A.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

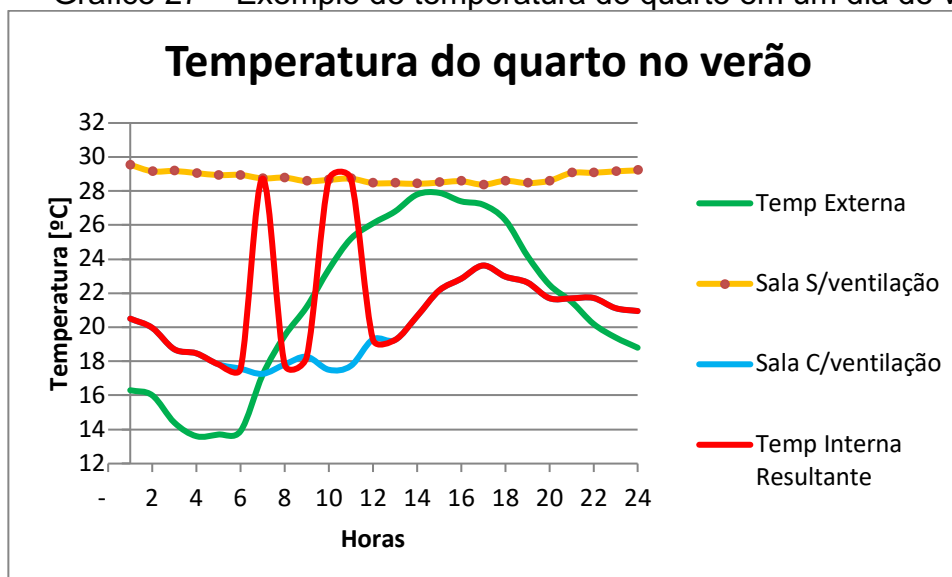
No quarto, durante o dia no verão, a simulação apresenta a menor quantidade de graus-hora de desconforto, o que indica uma habitação bem projetada e operada, já que varias outras habitações desta pesquisa apresentam votos de calor em dias

## ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

de verão no quarto. Considerando o quarto, sala e cozinha como os ambientes de maior permanência e de uso similar tem um total de 1059 graus-hora de desconforto total; em média 353 graus-hora por ambiente, divididos ao longo dos 89 dias do verão terão 4 graus-hora/dia de resfriamento. Considerando que a temperatura base para cálculo dos graus-hora de resfriamento é de 21°C, isso indica temperaturas de 20°C por 4 horas ou de 17°C por uma hora. Considerando que a temperatura média externa de pico no verão é de aprox. 28°C (PASSO... 2021), essa edificação tem desempenho excelente. Isso se deve a inercia, pouca exposição ao meio externo e uso adequado das aberturas e sombreamento das edificações lindeiras.

Gráfico 27 – Exemplo de temperatura do quarto em um dia de verão



Fonte: Autor (2021)

A noite no quarto é menos fria, menos horas de aquecimento. Isso indica que ganhos de calor à noite tornam o quarto mais quente do que durante o dia. Isso é consistente com os dados de entrada da simulação, que tem ganhos internos devido à ocupação no período da noite.

O comportamento térmico dos outros cômodos é parecido no verão, com pequena ocorrência de graus-resfriamento durante o verão, tanto no dia como na noite. Apresenta pequenas variações entre o dia e noite, às vezes com noites mais frias (banheiro e sala) e outras com noites mais quentes (quarto – já discutido - e cozinha – que tem mais dificuldade de perder calor devido à menor área de abertura e parede em comparação com a sala).

No inverno, os ambientes apresentam durante o dia graus-hora de resfriamento entre 170% e 382% maiores que os apresentados durante o dia de verão, o que é consistente com o menor ganho solar e com as temperaturas externas mais baixas.

A temperatura externa média é aprox. 20°C menor no inverno do que no verão, o que reflete no número de graus-hora de aquecimento.

O quarto, segundo a simulação, têm 1033 graus-hora de aquecimento no dia de inverno, considerando que o inverno tem em média 96 dias, resulta-se em uma média de 10,8 graus-horas por dia de aquecimento. Dividido por 12 horas do dia, o que é cerca de 1 grau ao longo de 12 horas.

Considerando a posição solar da abertura e a diferença externa de temperatura (20°C menor no inverno) podemos perceber que a inércia das paredes externas do ambiente auxilia o quarto manter a temperatura durante as noites.

#### A.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

O voto apresentado de levemente frio (-1) em quase todas as situações e recintos. Os resultados das simulações mostram necessidade de aquecimento entre 1,4 a 10,8 graus hora por dia. Como o voto não apresenta variação é inadequado traçar correlações. Contudo, é possível concluir que, no caso dessa habitação, valores entre 1,4 e 10,8 graus-hora/dia, independente da estação e do período do dia, estão associados a o voto sazonal de levemente frio na percepção deste usuário.

Quando analisamos verão e inverno separadamente fazendo uma correlação do graus-hora de aquecimento (valor muito superior ao resfriamento), podemos dividir os valores de aquecimento no verão da sala, 502 e 841 respectivamente, pelos 89 dias de duração do verão, resultando em 5,6 e 9,4. Vemos que no verão o voto sazonal de levemente frio e os graus-hora/dia noturno do dia é 5,6 e 9,4 durante a noite. Isso indica que o aumento de cerca de 4 graus-hora/dia, nos ambientes críticos, não é suficiente para alterar o voto sazonal.

Se analisarmos o inverno em relação ao verão, onde o número de graus-hora de aquecimento é 0,8 a 6,6 vezes maior de desconforto, porém o voto permanece inalterado. Isso pode refletir que o voto sazonal é dependente das condições

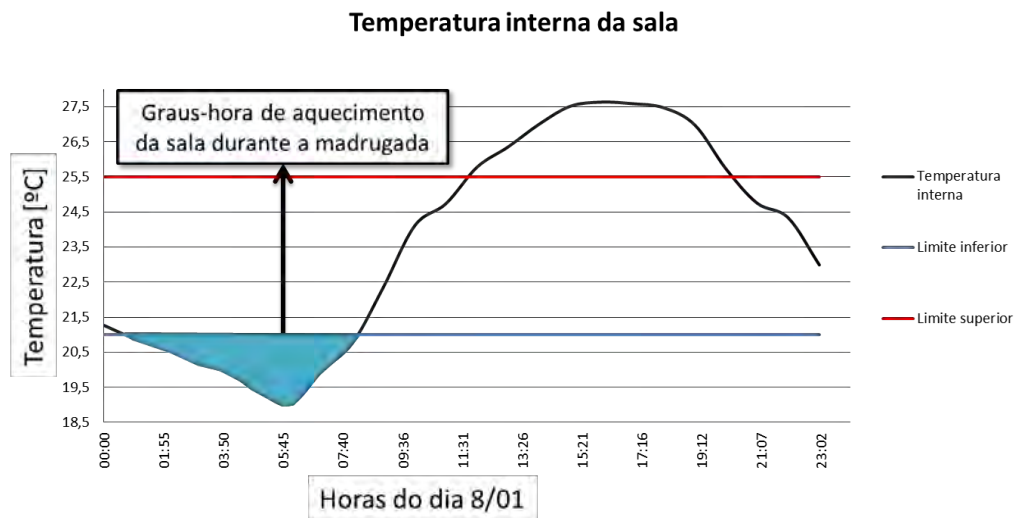
ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

climáticas externas, sugerindo um grau de adaptação ou de revisão das expectativas de conforto.

Casos particulares, o voto sazonal na sala no verão não muda do dia pra a noite, a despeito da grande variação no número de graus-hora (502 para 841). Isso pode ser devido ao fato de ninguém usar a sala no meio da madrugada, onde se concentram as maiores ocorrências de graus-hora de aquecimento.

Gráfico 28 – Temperatura interna da sala no dia 08/01



Fonte: Autor (2021)

Considerando o dado relativo ao início da noite na sala (entre 18 e 23 da noite), temos 173 graus-horas de resfriamento. Isso pode indicar que a análise do voto sazonal em relação aos graus-hora deve usar apenas o período do começo da noite na sala.

O voto no banho muda do verão (-1) para o inverno (-2), a despeito da relativamente pequena diferença em graus-hora (aprox.. 170%). Isso pode indicar que as relações entre graus-hora e voto sazonal devem ser feita por ambiente, já que cada ambiente tem um uso específico que pode afetar o voto sazonal, ou pelo menos o banheiro deve ser tratado separadamente.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

A.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Tabela 22 - Resultado revisto da simulação caso 003

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [003] |        |                  |           |           |                  |        |                  |           |           |         | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|---------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |        |                  |           |           |         |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |         |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 80               | - 206  | - 2,3            | - 126     | -1        | -                | - 521  | - 5,4            | - 521     | -2        | - 647   |                    |
|                          | Sala             | 198              | - 227  | - 2,6            | - 29      | -1        | -                | - 693  | - 7,2            | - 693     | -1        | - 722   |                    |
|                          | Cozinha          | 58               | - 151  | - 1,7            | - 93      | -1        | 1                | - 741  | - 7,7            | - 740     | -1        | - 833   |                    |
|                          | Quarto           | 124              | - 186  | - 2,1            | - 62      | -1        | -                | - 856  | - 8,9            | - 856     | -1        | - 918   |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 460              | - 770  |                  | - 310     | <b>+2</b> | 1                | -2.811 |                  | - 2.810   | <b>-1</b> | - 3.120 |                    |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 38               | - 63   | - 0,7            | - 25      | -1        | -                | - 261  | - 2,7            | - 261     | -2        | - 286   |                    |
|                          | Sala             | 43               | - 173  | - 1,9            | - 130     | -1        | 1                | - 300  | - 3,1            | - 299     | -1        | - 429   |                    |
|                          | Cozinha          | 65               | - 10   | - 0,1            | - 55      | -1        | -                | - 420  | - 4,4            | - 420     | -1        | - 365   |                    |
|                          | Quarto           | 76               | - 33   | - 0,4            | - 43      | -1        | -                | - 431  | - 4,5            | - 431     | -1        | - 388   |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 222              | - 279  |                  | - 57      | <b>+2</b> | 1                | -1.412 |                  | - 1.411   | <b>-1</b> | - 1.468 |                    |
| <b>TOTAL</b>             |                  |                  |        |                  |           |           |                  |        |                  |           |           |         |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 682              | -1.049 |                  | - 367     |           | 2                | -4.223 |                  | - 4.221   |           | - 4.588 |                    |

Fonte: Autor (2021)

A.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser levemente fresco no verão, tanto de dia como de noite;
- É possível um apartamento levemente frio no inverno em passo fundo, tanto noite como dia, nos ambientes de permanência prolongada;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 0,1 a 1,9 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 3,1 a 4,5 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 6,4 a 7,9 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 1,4 a 1,5 (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL:

comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

## APÊNDICE B.- RELATÓRIO DO CASO 008

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 12 – Localização da edificação 008



Fonte: Google (2021)

### B.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 4 pessoas residentes fixos.

### B.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.



128 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### B.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### B.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e forro em gesso.

##### B.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor clara. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância.

A segunda janela do ambiente é composta por abertura sem caixilho e vidro. A porcentagem de abertura de até 100%. Tem uma obstrução entre 2 e 5 metros de distância.

#### B.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

##### B.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor conta com uma proteção interna de persiana de aletas. A porcentagem de abertura de até 50%.

129 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

### B.3.03 BANHEIRO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

#### B.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância.

### B.3.04 QUARTO 1

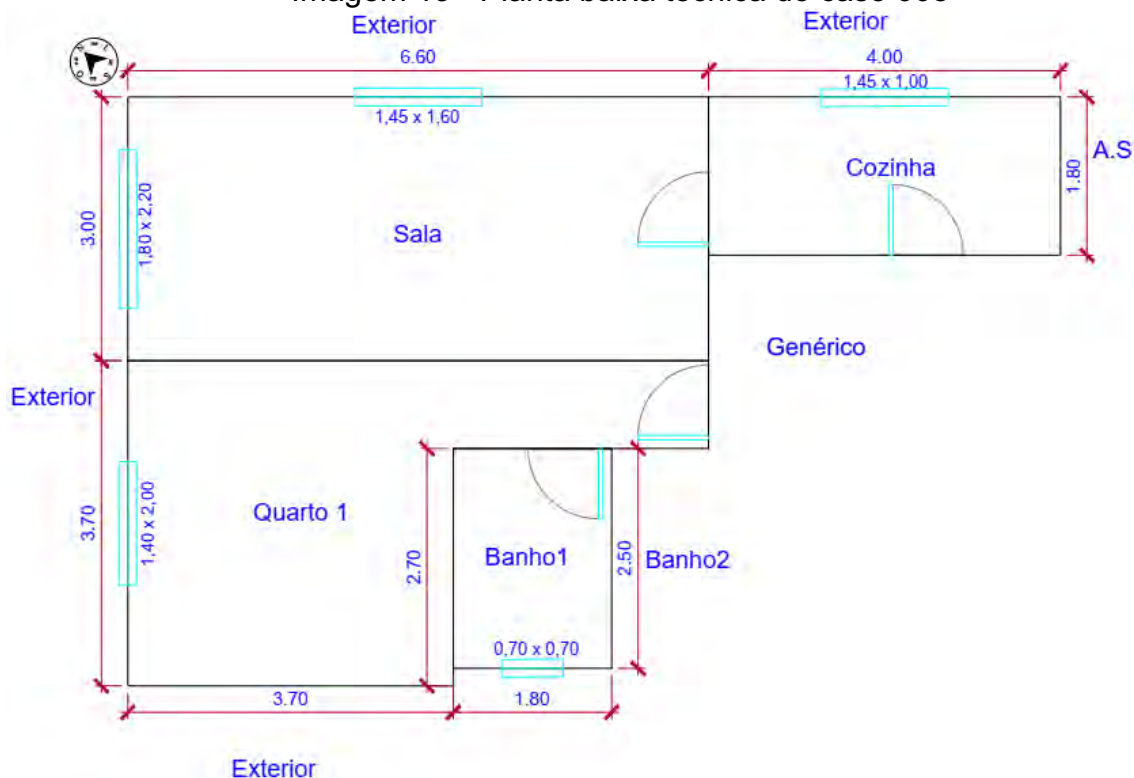
Apresenta acabamento do piso em piso laminado e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

#### B.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor A porcentagem de abertura de até 50%.

## B.4 PLANTA BAIXA

Imagem 13 - Planta baixa técnica do caso 008



Fonte: Autor (2021)

## B.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

### B.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

Durante o dia no verão a percepção do residente indica uma residência levemente fria, enquanto no inverno é neutra. O banheiro tem um voto constante de -1 o que indica pode estar associado ao uso e vestimenta.

À noite no verão os votos indicam um ambiente quente, com exceção do banheiro, considerando que o apartamento tem aberturas para 3 direções diferentes, nordeste, noroeste e sudoeste, o que é compatível com o ganho de calor e os votos de verão. O inverno em Passo Fundo apresenta temperaturas baixas, o que indica que o apartamento deve ser operado com de maneira adequada para apresentar este voto de S-TSV, já que os votos apresentam um aquecimento do ambiente nos

131 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

dias de inverno comparados com os dias de verão. O nível de isolamento térmico das paredes atende com a NBR15220 e NBR15575.

A grande variação entre os ambientes pode estar relacionada com as áreas de fachada externa, área de abertura e orientação, que são opostas em todos os ambientes. Isso indicaria que as variações no ganho de calor interno (magnitude e variação temporal) não são determinante do desempenho no caso desta unidade.

O voto da habitação como um todo, tanto no inverno quanto no verão, é alinhado com o dos cômodos.

Tabela 23 – resultado da simulação caso 008

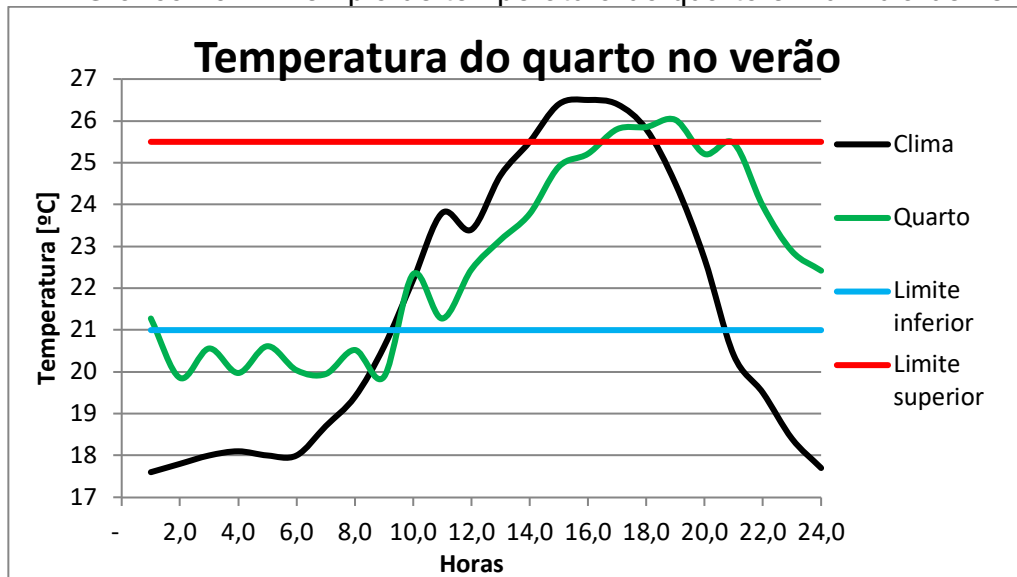
| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [008] |        |                  |           |       |         |        |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|---------|--------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão            |        |                  |           |       | Inverno |        |                  |           |       |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.   | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia                      | Banho            | 274              | - 195  | 3,1              | 79        | -1    | 32      | -1.394 | - 15,7           | - 1.362   | -1    | - 1.283            |
|                          | Sala             | 626              | - 289  | 7,0              | 337       | -1    | 4       | -1.585 | - 17,8           | - 1.581   | 0     | - 1.244            |
|                          | Cozinha          | 373              | - 301  | 4,2              | 72        | -1    | 8       | - 917  | - 10,3           | - 909     | 0     | - 837              |
|                          | Quarto           | 336              | - 295  | 3,8              | 41        | -1    | -       | -1.468 | - 16,5           | - 1.468   | 0     | - 1.427            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.609            | -1.080 |                  | 529       | -1    | 44      | -5.364 |                  | - 5.320   | -1    | - 4.791            |
| Noite                    | Banho            | 177              | - 231  | - 2,6            | - 54      | -1    | 2       | -1.335 | - 15,0           | - 1.333   | -1    | - 1.387            |
|                          | Sala             | 355              | - 626  | - 7,0            | - 271     | +2    | 19      | -1.231 | - 13,8           | - 1.212   | -1    | - 1.483            |
|                          | Cozinha          | 249              | - 434  | - 4,9            | - 185     | +2    | 13      | - 784  | - 8,8            | - 771     | -1    | - 956              |
|                          | Quarto           | 185              | - 483  | - 5,4            | - 298     | +2    | 4       | -1.259 | - 14,1           | - 1.255   | -2    | - 1.553            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 966              | -1.774 |                  | - 808     | +2    | 38      | -4.609 |                  | - 4.571   | -1    | - 5.379            |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.575            | -2.854 |                  | 5.429     |       | 82      | -9.973 |                  | 10.055    |       | - 10.170           |

Fonte: Autor (2021)

### B.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

No quarto, durante o dia no verão, a simulação apresenta a menor quantidade de graus-hora de desconforto, o que indica uma habitação bem projetada e operada. Desconsiderando o banheiro, como ambiente de permanência, tem um total de 1335 graus-hora de aquecimento e 885 graus-hora de resfriamento, resultando em um total de 2220 graus-hora, em media 740graus hora de desconforto para cada ambiente durante o dia de verão, divididos ao longo dos 89dias do verão teremos 8,3graus-hora/dia de desconforto.

Gráfico 29 – Exemplo de temperatura do quarto em um dia de verão



Fonte: Autor (2021)

À noite o quarto é mais frio, condizendo com o temperatura do clima externo, menor ganho de calor. Isso indica que ganhos de calor à noite tornam o quarto mais quente do que durante o dia. Isso é consistente com os dados de entrada da simulação, que tem ganhos internos devido à ocupação no período da noite.

O comportamento dos cômodos é parecido tanto no verão quanto no inverno, há uma redução do ganho de calor externo e, conseqüentemente, um aumento dos graus-horas de desconforto. Enquanto no verão a diferença entre o dia e a noite seja um aumento entre 110% a 200% dos graus-hora de resfriamento, no inverno a quantidade de graus-hora de resfriamento se mantém constante durante dia e noite.

Essa variação de resfriamento e aquecimento no verão ocorre pelas grandes áreas de abertura e pela baixa inercia térmica das paredes internas.

O quarto, no inverno, necessita um total de 1468graus-hora de aquecimento, se dividir isso por 96 dias de duração do inverno, temos um total de 16,5graus-hora/dia, dividido por 12 horas do dia, teremos 1,4grau ao longo de 12 horas do dia, ou seja, seria o mesmo que durante o dia a temperatura interna do quarto seja 19,6°C, 1,4 a menos que o limite inferior de conforto, 21°C.

Considerando a posição solar da abertura e a diferença externa de temperatura (20°C menor no inverno) podemos perceber que a falta de inercia das

133 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

paredes externas do ambiente auxilia a residência a perder boa parte da  
temperatura durante as noites.

### B.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

Considerando os votos do banho, tanto de dia quanto a noite e tanto no verão  
quanto no inverno, é -1, o resultado das simulações mostra necessidade de  
aquecimento na ordem de -15 graus-hora/dia no inverno e -2,6 graus-hora /dia no  
verão a noite. Na visão deste usuário, temperaturas entre +7,0 e -10,3 graus-hora/dia  
correspondem a um voto de levemente frio a neutro. Se considerarmos o quarto  
durante o dia e noite de inverno, a simulação demonstra uma necessidade de 16,5 a  
14,1 graus-hora/dia, enquanto o voto foi de 0 e -2, respectivamente. O que podemos  
perceber que fatores externos podem interferir no voto.

Casos particulares, o voto sazonal no verão é levemente frio e a simulação  
indica que precisa de resfriamento, enquanto à noite a simulação demonstra que os  
ambientes necessitam de aquecimento e o voto foi +2. Isso pode ser devido ao fato  
de ninguém usar a maior parte da residência durante a madrugada, onde se  
concentram as maiores ocorrências de graus-hora de aquecimento.

Considerando o dado relativo ao início da noite na sala (entre 18 e 23 da  
noite), a sala passa da necessidade de -7,0 graus-hora/dia para 1,8 graus-hora/dia,  
demonstrando que o voto noturno é mais condizente com o valor corrigido.

A sala e o quarto têm dados similares, diferente da cozinha, fato esse  
proveniente da posição solar e tamanho das aberturas.

B.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Tabela 24 - Resultado revisto da simulação caso 008

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [008] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 238              | - 92   | 2,7              | 146       | -1    | 32               | - 1.101 | - 12,4           | - 1.069   | -1    | - 923              |
|                          | Sala             | 523              | - 131  | 5,9              | 392       | -1    | 4                | - 1.222 | - 13,7           | - 1.218   | 0     | - 826              |
|                          | Cozinha          | 289              | - 152  | 3,2              | 137       | -1    | 8                | - 729   | - 8,2            | - 721     | 0     | - 584              |
|                          | Quarto           | 277              | - 130  | 3,1              | 147       | -1    | -                | - 1.218 | - 13,7           | - 1.218   | 0     | - 1.071            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.327            | - 505  |                  | 822       | -1    | 44               | - 4.270 |                  | - 4.226   | -1    | - 3.404            |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 142              | - 29   | 1,6              | 113       | -1    | -                | - 613   | - 6,9            | - 613     | -1    | - 500              |
|                          | Sala             | 113              | - 156  | - 1,8            | 43        | +2    | 14               | - 424   | - 4,8            | - 410     | -1    | - 453              |
|                          | Cozinha          | 150              | - 78   | 1,7              | 72        | +2    | 8                | - 331   | - 3,7            | - 323     | -1    | - 251              |
|                          | Quarto           | 88               | - 93   | - 1,0            | 5         | +2    | 1                | - 597   | - 6,7            | - 596     | -2    | - 601              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 493              | - 356  |                  | 137       | +2    | 23               | - 1.965 |                  | - 1.942   | -1    | - 1.805            |
|                          |                  | <b>TOTAL</b>     |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 1.820            | - 861  |                  | 959       |       | 67               | - 6.235 |                  | - 6.168   |       | - 5.209            |

Fonte: Autor (2021)

B.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser levemente fresco no verão de dia e levemente quente à noite;
- É possível um apartamento ser neutro durante o dia do inverno e levemente frio a noite de inverno em Passo Fundo, nos ambientes de permanência prolongada;
- As simulações mostram que, para noites de inverno, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 3.7 a 6.9 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de neutro (0) para valores de 8,2 a 13,7 de aquecimento (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 3,1 a 5,9 de resfriamento (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.

135 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora, tendo valores de 2,7 de resfriamento a 12,4 de aquecimento relacionado a votos de levemente frio (-1). É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendo usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.



## APÊNDICE C.- RELATÓRIO DO CASO 015

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 14 - localização da edificação 015



Fonte: Google (2021)

### C.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 2 pessoas residentes fixos.

### C.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### C.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### C.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e forro em laje de concreto maciça.

##### C.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de abertura sem caixilho e vidro, caixilho de e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 100%. Tem uma obstrução entre 2 e 5 metros de distância.

#### C.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### C.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo com película clara (verde, cinza clara). A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 2 e 5 metros de distância.

#### C.3.03 BANHEIRO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### C.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de abertura sem caixilho e vidro, caixilho de e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 75%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância.

#### C.3.04 QUARTO 1

Apresenta acabamento do piso em piso laminado e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

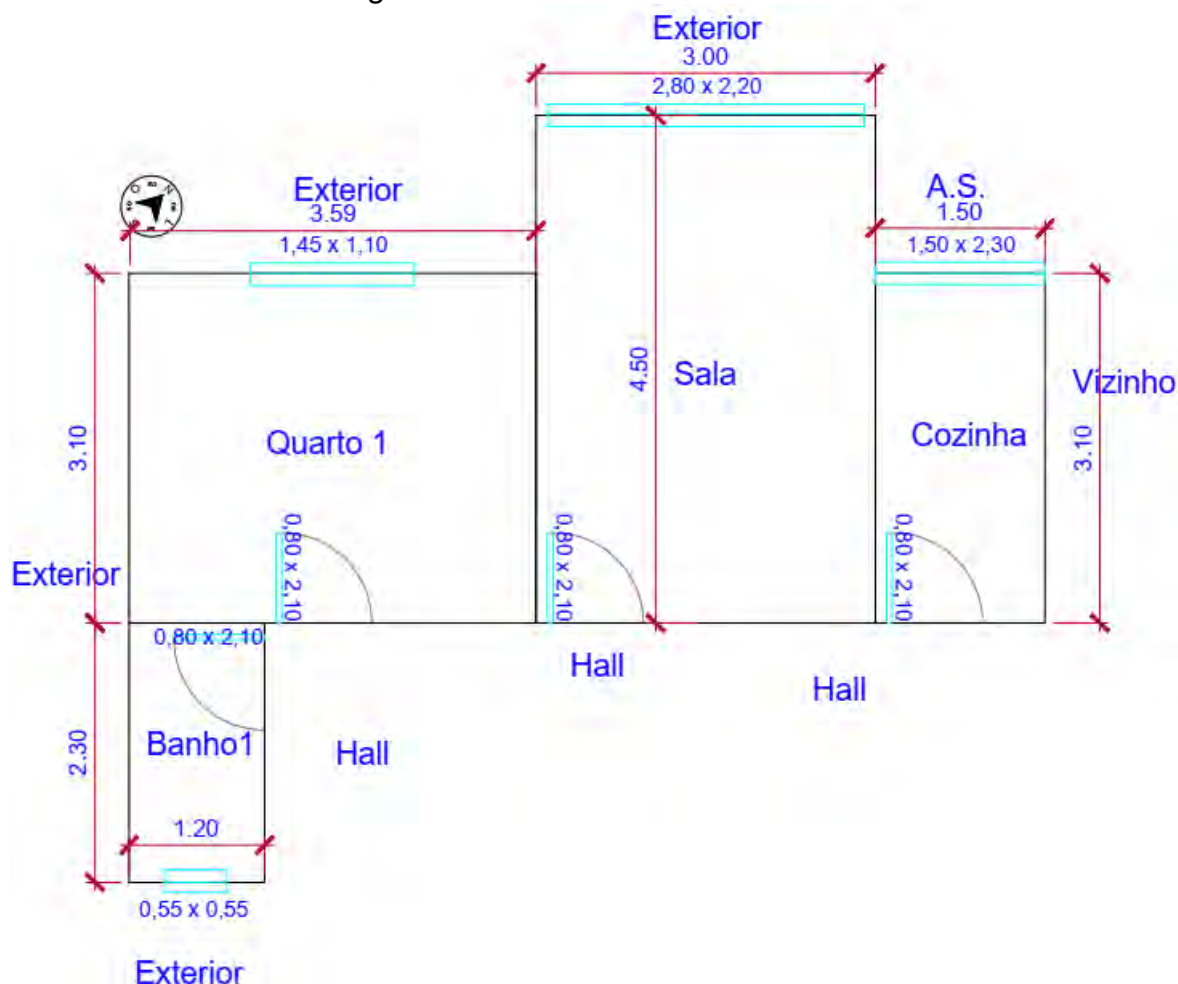
138 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

#### C.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância.

#### C.4 PLANTA BAIXA

Imagem 15 - Planta baixa técnica do caso 015



Fonte: autor (2021)

#### C.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

##### C.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

Durante o dia de verão o voto para o banheiro é levemente frio (-1) e quanto à noite do verão passa a ser neutro, significando um ganho de calor possivelmente devido ao uso, no inverno não ocorre esse ganho de sensação. Quando comparado os dias de verão com os dias de inverno, notamos que o voto alterou muito pouco, passando de levemente frio (-1) no verão para frio (-2) no inverno. Quando comparado às noites de verão com as de inverno, o voto altera-se de neutro (0) para

frio (-2) o que pode ser sentido devido à vestimenta e uso aliado a baixas temperaturas externas.

A sala, tanto no verão quanto inverno, permaneceu estável durante a noite, não alterando o voto do dia para a noite. Quando comparado os dias e noites de verão com os dias e noites de inverno, nota-se que o voto se altera da mesma quantidade, passando de levemente frio (-1) para frio (-2) o que indica um ambiente estável e a perda de energia se dá proporcional ao ganho diário.

Na cozinha ocorre à mesma sensação, porém durante o verão o voto é estável e no inverno ela se torna fria (-2). Da mesma forma que a sala, a diferença de voto entre o verão e o inverno para dia e noite, respectivamente, ocorre na mesma quantidade, passando de neutro (0) a frio (-2), sendo que neste ocorre uma redução grande, essa redução possivelmente ocorre pelas aberturas e fluxo de ar entre os ambientes.

No quarto os votos são variáveis, sendo que durante o dia de verão o ambiente recebeu um voto de quente (+2) e na noite de verão ele recebeu um voto de levemente frio (-1), o que indica uma sensação de frio, possivelmente pelo uso diferenciado durante os dias e durante as noites. No inverno o voto é de uma estabilidade, porém o voto foi de frio (-2) indicando um desconforto sentido pelo usuário. Quando comparado à noite de verão com a de inverno nota-se que a redução de voto é condizente com o restante da edificação.

A disparidade de voto que ocorre no quarto, entre o voto do dia de verão e dia de inverno, é evidente, passando de quente (+2) para frio (-2), redução essa que pode ser sentida possivelmente pela falta de uso do ambiente durante o dia ou a má utilização das aberturas para ventilação.

Quando questionado sobre no geral da edificação, o residente votou que no dia de verão a edificação como um todo é levemente fria (-1) condizente com boa parte dela, se descartado o quarto. Nos outros períodos, dia e noite de inverno e noite de verão, o voto geral condiz com os votos de cada ambiente.

Tabela 25 - resultado da simulação caso 015

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [015] |        |                  |           |       |                  |        |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |        |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia                      | Banho            | 522              | - 162  | 5,9              | 360       | -1    | 6                | -1.352 | - 15,2           | - 1.346   | -2    | 986                |
|                          | Sala             | 510              | - 494  | 5,7              | 16        | -1    | 16               | - 905  | - 10,2           | - 889     | -2    | 873                |
|                          | Cozinha          | 213              | - 447  | - 5,0            | - 234     | 0     | 43               | - 667  | - 7,5            | - 624     | -2    | 858                |
|                          | Quarto           | 485              | - 276  | 5,4              | 209       | +2    | 4                | -1.199 | - 13,5           | - 1.195   | -2    | 986                |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.730            | -1.379 |                  | 351       | -1    | 69               | -4.123 |                  | - 4.054   | -2    | 3.703              |
| Noite                    | Banho            | 395              | - 179  | 4,4              | 216       | 0     | 4                | -1.095 | - 12,3           | - 1.091   | -2    | 875                |
|                          | Sala             | 284              | -1.078 | - 12,1           | - 794     | -1    | 36               | - 714  | - 8,0            | - 678     | -2    | 1.472              |
|                          | Cozinha          | 114              | - 562  | - 6,3            | - 448     | 0     | 68               | - 546  | - 6,1            | - 478     | -2    | 926                |
|                          | Quarto           | 274              | - 380  | - 4,3            | - 106     | -1    | 13               | - 947  | - 10,6           | - 934     | -2    | 1.040              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.067            | -2.199 |                  | - 1.132   | -1    | 121              | -3.302 |                  | - 3.181   | -2    | 4.313              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.797            | -3.578 |                  | - 781     |       | 190              | -7.425 |                  | - 7.235   |       | 8.016              |

Fonte: Autor (2021)

### C.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

Quando comparado separadamente o quanto modifica os graus-hora de resfriamento e aquecimento, no verão, percebemos que no quarto, sala e cozinha, o resfriamento diminui em uma proporção de aproximadamente 180% cada ambiente, entretanto, o resfriamento, para o mesmo período, se aumenta em uma taxa bem menor, porem invertendo a situação final, passando a aumentar em proporções de 73%, 80% e 46%, respectivamente.

Para o inverno, o volume de graus-hora de resfriamento é muito menor que de aquecimento, devido à baixa incidência solar e temperaturas externas baixas, a redução dos graus-hora de resfriamento é em media 46%, porem o crescimento dos graus-hora de aquecimento é aproximadamente 130% o que resulta em ambientes que necessitam de muito mais aquecimento.

Olhando o banheiro pela perspectiva do dia, entre o verão e inverno, notamos que a redução das horas de resfriamento é uma proporção de 8700% e o aumento das horas de aquecimento é aproximadamente 835%, fato esse que demonstra que mesmo com a operação ideal da ventilação natural, o banheiro sofre menos com o aumento da necessidade de aquecimento, quando a redução da necessidade de resfriamento.

A sala procede da mesma forma que o banho, tendo uma redução drástica, na ordem de 3000% a necessidade de resfriamento e um aumento de 180% a necessidade de aquecimento.

A cozinha apresenta a menor variação entre o inverno e verão, sendo uma redução de 495% e um aumento 149%, nas necessidades de resfriamento e aquecimento. Porém como elas são contrárias, ou seja, enquanto uma reduz a outra aumentam, elas são bastante significativamente.

A maior redução é obtida no quarto, onde ocorre a redução de 12000% na necessidade de resfriamento, passando de 485 para 4, do verão para o inverno, o que pode ser causado pela posição solar e sombreamento da mesma edificação, que fica levemente a frete, bloqueando a passagem do sol pelo norte.

À noite ocorre às mesmas proporções descritas anteriormente, porém em menor volume, fato esse, possivelmente, atribuído a inércia da edificação. A exceção é p banheiro que ocorre um aumento da necessidade de resfriamento à noite, comparada como dia.

Este imóvel apresenta uma grande variação de temperatura interna, flutuando entre a necessidade de resfriamento e aquecimento, chegando ao final da medição de forma, relativamente, estável. Com isso os votos internos podem refletir o que mais a pessoa sente.

#### C.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

Sob a perspectiva do voto de levemente frio na sala durante o verão, vemos que a simulação apresenta mais horas de resfriamento que de aquecimento, chegando ao ponto de estar perto do equilíbrio na somatória, porém o voto representa mais a parte de aquecimento no verão , o que torna esse voto um tanto curioso. No inverno, o frio é predominante e o voto condiz com a condição do ambiente simulado. À noite nesse ambiente, mesmo com um aumento de 46% na necessidade de aquecimento o voto se manteve estável, o que indica que possivelmente o ambiente não seja usado durante a madrugada onde ocorre a maior redução da temperatura. No inverno a noite ocorre outro fato curioso, a sala

necessita de menos horas de aquecimento que no verão, e mesmo assim o voto se manteve do dia para a noite.

No quarto durante a noite de verão, o voto foi de levemente frio (-1) o que demonstra ser condizente com a simulação onde ocorre um aumento da necessidade de aquecimento. No inverno ocorre a mesma situação que a sala, onde reduz a necessidade de aquecimento e aumenta e mantém-se o voto do dia para a noite.

A cozinha é um ambiente diferenciado nesta comparação, pois é a maior, mesmo sendo um ambiente que necessita de muitas horas de aquecimento, para o residente é um ambiente neutro durante o verão e frio (-2) durante o inverno, o numero de horas de aquecimento é praticamente o mesmo para o verão e inverno, porem o voto representa uma sensibilidade grande para este ambiente.

#### C.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Relacionando o dados da simulação com as horas mais prováveis de uso dos ambientes, e descartando o horário da madrugada (das 0h às 7h).

A cozinha, de dia no verão, apresenta um ambiente que tem uma variação de temperatura 390 graus-hora de desconforto, porem a maior necessidade é de aquecimento, dividindo esse valor pelos dias de verão temos uma necessidade de 2,5graus-hora/dia de aquecimento, que seria o mesmo que o ambiente, durante o dia, estar 2,5 horas com uma temperatura de 20°C, 1°C abaixo do limite inferior de conforto estipulado; fato que condiz com o voto de levemente frio (-1). Durante a noite esse tempo reduza para somente 1 hora à 20°C, novamente condiz com o voto de neutro (0). No inverno, onde ambos os votos foram de frio (-2), a necessidade de aquecimento varia de 6,1 a 2,8 graus-hora/dia.

O quarto, ambiente onde temos a maior disparidade entre o voto do verão e inverno, mesmo sendo menor que o valor de graus-hora/dia do banheiro (5,3), apresenta um voto de quente (+2) para uma necessidade de 4,9 graus-hora/dia. À noite o ambiente fica mais estável chegando a receber um voto de -1 para uma necessidade de 0,6graus-hora/dia. Para o inverno os graus-hora/dia de 11,1 e 4,8 recebem o mesmo voto de frio (-2), fato esse que pode ser influenciado pelo vestimenta e uso.



A sala, em todas as situações, recebeu votos de levemente fria no verão e fria no inverno, porem a simulação demonstrou que somente durante o dia de verão a necessidade de resfriamento ocorre. Valores de 2,8 receberam votos de levemente frio (-1) e valores de 3,4 e 8,2 graus-hora/dia votos de frio (-2), o que demonstra que o clima externo interfere no voto.

O banheiro é uma situação diferenciada pelo seu uso e vestimenta.

Tabela 26 - Resultado revisto da simulação caso 015

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [015] |        |                  |           |       |                  |        |                  |           |         |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|--------|------------------|-----------|---------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |        |                  |           |         | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV   |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 476              | - 80   | 5,3              | 396       | -1    | 6                | -1.101 | - 12,4           | - 1.095   | -2      | - 699              |
|                          | Sala             | 405              | - 207  | 4,6              | 198       | -1    | 13               | - 732  | - 8,2            | - 719     | -2      | - 521              |
|                          | Cozinha          | 167              | - 222  | - 2,5            | - 55      | 0     | 34               | - 544  | - 6,1            | - 510     | -2      | - 565              |
|                          | Quarto           | 437              | - 118  | 4,9              | 319       | +2    | 3                | - 985  | - 11,1           | - 982     | -2      | - 663              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.485            | - 627  |                  | 858       | -1    | 56               | -3.362 |                  | - 3.306   | -2      | - 2.448            |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | -                | - 13   | - 0,1            | - 13      | 0     | -                | - 505  | - 5,7            | - 505     | -2      | - 518              |
|                          | Sala             | -                | - 246  | - 2,8            | - 246     | -1    | -                | - 306  | - 3,4            | - 306     | -2      | - 552              |
|                          | Cozinha          | -                | - 87   | - 1,0            | - 87      | 0     | -                | - 252  | - 2,8            | - 252     | -2      | - 339              |
|                          | Quarto           | -                | - 54   | - 0,6            | - 54      | -1    | -                | - 430  | - 4,8            | - 430     | -2      | - 484              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | -                | - 400  |                  | - 400     | -1    | -                | -1.493 |                  | - 1.493   | -2      | - 1.893            |
| <b>TOTAL</b>             |                  |                  |        |                  |           |       |                  |        |                  |           |         |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 1.485            | -1.027           |        | 458              |           | 56    | -4.855           |        | - 4.799          |           | - 4.341 |                    |

Fonte: Autor (2021)

## C.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser levemente fresco no verão, tanto de dia como de noite;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 0,6 a 2,8 (valores corrigidos);
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 0,1 a 1,0 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de frio (-2) para graus-hora de 2,8 a 5,7 (valores corrigidos);

- Para os dias de inverno temos votos de frio (-2) para graus-hora de 6,1 a 12,9 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 4,6 a 5,3 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de neutro (0) para 2,5 graus-hora (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de quente (+2) para 4,9 (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendo usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

## APÊNDICE D.- RELATÓRIO DO CASO 043

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 16 - localização da edificação 043



Fonte: Google (2021)

### D.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 1 pessoa residente fixa.

### D.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

147 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

### D.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### D.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e forro em laje de concreto maciça.

##### D.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de aço e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor . A porcentagem de abertura de até 50%.

#### D.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### D.3.02.01 Quanto às aberturas

Não há janelas computadas para esse ambiente.

#### D.3.03 QUARTO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### D.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de aço e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor . A porcentagem de abertura de até 50%.

#### D.3.04 BANHEIRO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em pvc.

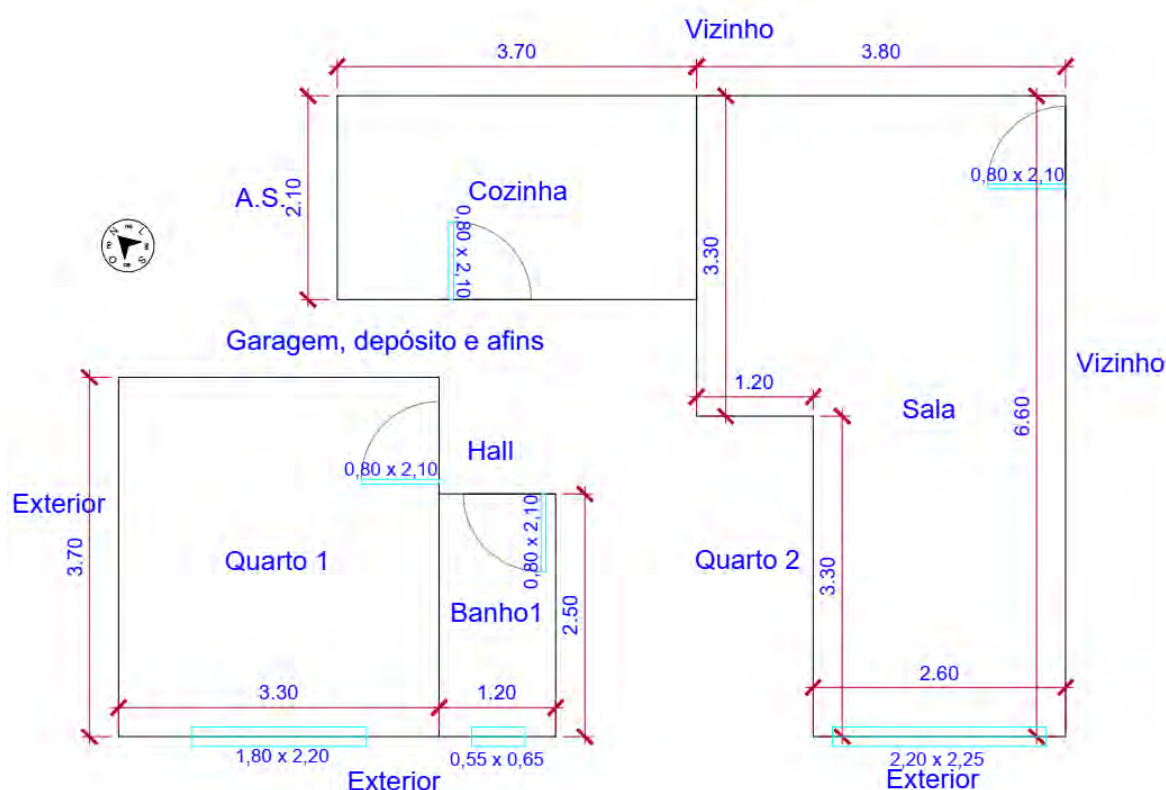
148 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

#### D.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de maxim-ar, caixilho de e vidros do tipo jateado ou fantasia, com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 75%. Tem uma obstrução entre 2 e 5 metros de distância.

### D.4 PLANTA BAIXA

Imagem 17 - Planta baixa técnica do caso 043



Fonte: Autor (2021)

### D.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

#### D.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

Em todos ambientes e todas as estações o voto foi de levemente frio (-1), igualmente nas horas da noite, o que indica um apartamento fresco no verão e não muito frio no inverno.

O apartamento tem aberturas na fachada sudoeste, o que é compatível com os votos de verão durante o dia. No quarto os ganhos são reduzidos pela exposição

das alvenarias de fechamento e baixa inercia. O inverno em Passo Fundo apresenta temperaturas baixas, o que indica que o apartamento deve ser operado com de maneira adequada para apresentar este voto de S-TVS para as noites, já que os votos são bastante superiores aos de outras unidades descritas nessa pesquisa. O nível de isolamento térmico das paredes atende com a NBR15220 e NBR15575.

A pouca variação entre os ambientes pode estar relacionada com as áreas de fachada externa, área de abertura e orientação, que são similares em todos os ambientes. Isso indicaria que as variações no ganho de calor interno (magnitude e variação temporal) não são determinante do desempenho no caso desta unidade.

O fato de 3 ambientes terem desempenho idêntico de dia à de noite é peculiar, e pode ser atribuído a inercia, que impede altas temperaturas durante o dia no verão e temperaturas muito baixa a noite no inverno, fato que pode ser comprovado pelo quarto que tem uma grande área de exposição e ter um voto bem inferior aos demais.

O banheiro, segundo o voto, segue uma tendência de ser um ambiente com uma grande diferença de temperatura entre o dia e noite. Analisando o voto temos que durante o dia de verão é um ambiente quente (+2), e a noite de verão ele tem um voto de levemente frio (-1), contrario do inverno que o voto do dia é frio (-2) e da noite levemente frio (-1). Fato esse pode ser consequência do uso e vestimenta.

A sala e cozinha seguem a mesma votação que o banheiro, onde os dias são quentes (+2) no verão e frios (-2) no inverno, e as noites mais amenas, levemente frias (-1). Isso indica ambientes com grande

O voto da habitação como um todo no verão é alinhado com o dos cômodos. É curioso que o entrevistado tenha declarado que todos os ambientes são frios (-2) em noites de inverno, mas que a unidade como um todo é levemente fria (-1). No restante dos votos é compatível entre a habitação como um todo e os cômodos.

Tabela 27 - Resultado da simulação caso 043

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [043] |        |                  |           |           |                  |          |                  |           |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|----------|------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |          |                  |           |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |                    |
| Dia                      | Banho            | 192              | - 186  | 2,2              | 6         | +2        | 1                | - 1.736  | - 19,5           | - 1.735   | -2        | - 1.729            |
|                          | Sala             | 448              | - 354  | 5,0              | 94        | +2        | -                | - 1.596  | - 17,9           | - 1.596   | -2        | - 1.502            |
|                          | Cozinha          | 109              | - 115  | - 1,3            | 6         | +2        | -                | - 5.767  | - 64,8           | - 5.767   | -2        | - 5.773            |
|                          | Quarto           | 233              | - 298  | - 3,3            | 65        | -1        | -                | - 2.020  | - 22,7           | - 2.020   | -2        | - 2.085            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 982              | - 953  |                  | 29        | <b>+2</b> | 1                | - 11.119 |                  | - 11.118  | <b>-1</b> | - 11.089           |
| Noite                    | Banho            | 210              | - 120  | 2,4              | 90        | -1        | -                | - 1.542  | - 17,3           | - 1.542   | -1        | - 1.452            |
|                          | Sala             | 170              | - 676  | - 7,6            | 506       | -1        | -                | - 1.315  | - 14,8           | - 1.315   | -1        | - 1.821            |
|                          | Cozinha          | 154              | - 50   | 1,7              | 104       | -1        | -                | - 5.443  | - 61,2           | - 5.443   | -1        | - 5.339            |
|                          | Quarto           | 201              | - 504  | - 5,7            | 303       | -1        | -                | - 1.747  | - 19,6           | - 1.747   | -1        | - 2.050            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 735              | -1.350 |                  | 615       | <b>-1</b> | -                | - 10.047 |                  | - 10.047  | <b>-1</b> | - 10.662           |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 1.717            | -2.303           |        | 586              |           | 1         | - 21.166         |          | - 21.165         |           | - 21.751  |                    |

Fonte: Autor (2021)

#### D.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

Quando comparamos os graus-hora do verão durante o dia no banheiro, aparentemente o ambiente é estável, porem há uma variação entre o resfriamento e o aquecimento, porem a quantidade de resfriamento é um pouco maior. A noite ocorre uma pequena diferença, onde o resfriamento ocorre um aumento de 9% e uma redução de 40%, fato que pode ser pela posição solar. No inverno durante o dia a necessidade de aquecimento é muito superior que o resfriamento. Comparando os resultados para o dia e noite, vemos que não se alteram, ou seja, este ambiente, por ter pouca área exposta e ser rodeado de outros ambientes, se torna isolado mantendo sua temperatura estável, tendo seus resultados 2,2 graus-hora/dia para o dia e 2,4 graus-hora/dia para a noite. O que ocorre no verão, se repete no inverno, tendo como resultados 19,5 graus-hora/dia de dia e 17,3 graus-hora/dia à noite, o que representa que a uma inercia, mesmo que seja baixa.

A sala, da mesma forma que o banheiro, há pouca diferença entre o resfriamento e aquecimento, porem a variação é maior nos dias de verão, gerando um total de 5,0graus-hora/dia. À noite o verão a situação se inverte, sendo a necessidade de aquecimento muito superior, chegando ao um total de 7,6graus-hora/dia. No inverno, tanto de dia quanto inverno, a necessidade de aquecimento é

muito superior ao verão, ficando na ordem de 14,8 a 17,9 graus-hora/dia. A grande diferença entre o dia e noite pode ser proveniente da área de abertura voltada ao sudoeste. No verão a diferença para a noite é uma queda da temperatura e mudança da necessidade de refrigeração para aquecimento, no inverno esse ambiente necessita de menos aquecimento de noite, sendo a diferença entre noite e dia de 14,8 e 17,9 graus-hora/dia, respectivamente.

A cozinha no verão apresenta uma necessidade de aquecimento no ordem de 1,3 graus-hora/dia, e a noite há uma inversão, onde apresenta um período de resfriamento de 1, grau-hora/dia. No inverno este ambiente se apresenta com uma colossal necessidade de aquecimento, muito superior aos outros ambientes das outras simulações, fato esse curioso. Muito provável que seja pela posição e que se encontra o ambiente, não tendo acesso a área externa diretamente e recebendo ventilação proveniente de outros ambientes, dependendo totalmente deles para a troca de ar e iluminação natural.

O quarto apresenta, tanto no dia quanto a noite do verão, uma necessidade maior de aquecimento, demonstrando assim que a exposição das alvenarias externas voltadas a noroeste e sudoeste, juntamente a grande porta-janela voltada a sudoeste e aliado a baixa inercia térmica, que o ambiente perde mais que ganha calor para o ambiente externo, fazendo com que haja uma flutuação de 500 a 700 graus-hora, totalizando uma inevitabilidade de 3,3 a 5,7 graus-hora/dia de aquecimento. No inverno esta ocorrência fica mais evidente chegando a uma variação de entre 19,6 e 22,7 graus-hora/dia.

Esta residência apresenta grande necessidade de aquecimento, fato este pode ser relacionado à posição solar, sombreamento e baixa inercia das alvenarias de fechamento juntamente com amplas aberturas.

#### D.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

O banheiro, como já foi expresso nos relatórios anteriores, tem seu uso e vestimenta influenciando o voto e deve-se ser tratado em separado.

A sala, ambiente que recebeu o voto de quente (+2) para o dia de verão, apresentou 5,0 graus-hora/dia para resfriamento, demonstrando que a simulação



esta compatível com o voto. À noite, conforme já foi discutido anteriormente, ocorreu uma inversão das necessidades e o mesmo ocorre com o voto, sendo este de levemente frio (-1) para uma necessidade de 7,6 graus-hora/dia para aquecimento. No inverno a sala apresenta uma necessidade de 17,9 graus-hora/dia de aquecimento e recebe um voto de frio (-2), à noite a mudança do voto para levemente frio (-1) é corroborada com o resultado da simulação que demonstra um valor de 14,8 graus-hora/dia. Demonstrando que a simulação demonstrou a devida operação das aberturas e uso dos ambientes.

O quarto recebe um voto de levemente frio (-1) na maioria dos ambientes, com exceção ao dia de inverno, onde recebeu o voto de frio (-2), corroborando como resultado da simulação, onde à tarde de inverno é onde ocorre a maior necessidade de aquecimento (22,7 graus-hora/dia).

#### D.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Considerando o melhor horário de uso dos ambientes, obtemos a tabela a seguir onde apresenta uma correlação do voto com os graus-hora muito melhor.

A cozinha passou a ter um resultado de aquecimento para resfriamento, corroborando com o voto de quente (+2). À noite do verão apresenta uma redução de resfriamento, porém o voto é contrário sendo esse de levemente frio (-1), demonstrando ainda mais que a cozinha tem seu uso durante os dias. Fato esse pode ser comprovado pela imensa necessidade de aquecimento (27,3 graus-hora/dia) e recebeu um voto de levemente frio (-1).

Tabela 28 - Resultado revisto da simulação caso 043

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [043] |        |                  |           |       |                  |          |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|----------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |          |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 380              | - 138  | 4,3              | 242       | +2    | -                | - 1.261  | - 14,2           | - 1.261   | -2    | - 1.019            |
|                          | Sala             | 107              | - 71   | 1,2              | 36        | +2    | -                | - 4.659  | - 52,3           | - 4.659   | -2    | - 4.623            |
|                          | Cozinha          | 179              | - 148  | 2,0              | 31        | +2    | -                | - 1.669  | - 18,8           | - 1.669   | -2    | - 1.638            |
|                          | Quarto           | 857              | - 455  | 9,6              | 402       | -1    | 1                | - 9.001  | - 101,1          | - 9.000   | -2    | - 8.598            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.523            | - 812  |                  | 711       | +2    | 1                | - 16.590 |                  | - 16.589  | -1    | - 15.878           |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 66               | - 125  | - 1,4            | 59        | -1    | -                | - 491    | - 5,5            | - 491     | -1    | 550                |
|                          | Sala             | 126              | -      | 1,4              | 126       | -1    | -                | - 2.428  | - 27,3           | - 2.428   | -1    | 2.302              |
|                          | Cozinha          | 103              | - 99   | 1,2              | 4         | -1    | -                | - 824    | - 9,3            | - 824     | -1    | 820                |
|                          | Quarto           | 485              | - 229  | 5,4              | 256       | -1    | -                | - 4.466  | - 50,2           | - 4.466   | -1    | 4.210              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 780              | - 453  |                  | 327       | -1    | -                | - 8.209  |                  | - 8.209   | -1    | 7.882              |
| <b>TOTAL</b>             |                  |                  |        |                  |           |       |                  |          |                  |           |       |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.303            | -1.265 |                  | 1.038     |       | 1                | - 24.799 |                  | - 24.798  |       | - 23.760           |

Fonte: Autor (2021)

## D.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser levemente fresco a noite durante o verão e inverno;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de -1,4 a 2,1 (valores corrigidos);
- As simulações mostram que, para noites de inverno, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 5,5 a 9,3 (valores corrigidos);
- Para as dias de inverno temos votos de frio (-2) para graus-hora/dia de 14,2 a 18,8 (valores corrigidos);
- Tanto a cozinha quanto banheiro, têm seus usos e vestimenta que interferem nos voto.
- Para os dias de verão temos votos de quente (+2) para graus-hora/dia de 1,2 a 4,3 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de levemente frio (-1) para 2,0 graus-hora/dia (valores corrigidos);

- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- Os dados dos demais recintos (sala e quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- No quarto o voto está mais associado ao uso sem a os valores revistos.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

## APÊNDICE E.- RELATÓRIO DO CASO 047

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 18 - Localização da edificação 047



Fonte: Google (2021)

### E.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 4 pessoas residentes fixos.

### E.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

156 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

### E.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### E.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em madeira e forro em madeira.

##### E.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr 4 folhas vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor clara. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um brise horizontal fixo, ângulo de 30°

#### E.3.02 QUARTO 2

Apresenta acabamento do piso em madeira e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### E.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor conta com uma proteção interna de cortina na cor clara A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um brise horizontal fixo, ângulo de 30°.

#### E.3.03 BANHEIRO 2

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em madeira.

##### E.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr 4 folhas vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor clara. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### E.3.04 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

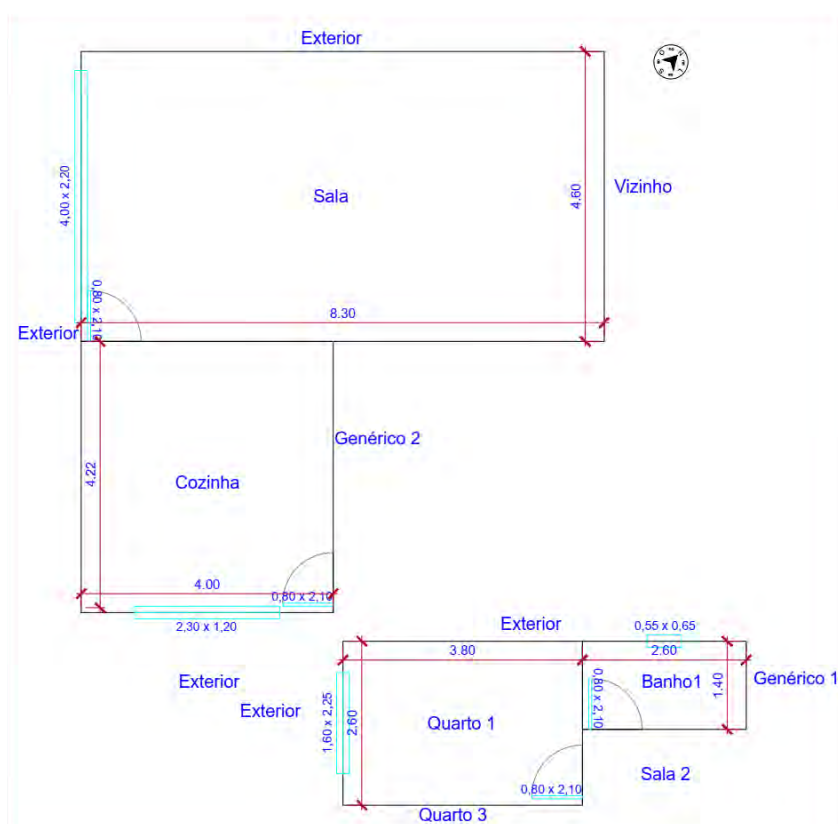
157 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

#### E.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor A porcentagem de abertura de até 50%.

### E.4 PLANTA BAIXA

Imagem 19 – Planta baixa técnica do caso 047



Fonte: Autor (2021)

## E.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

### E.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

Segundo o entrevistado o banheiro é um ambiente neutro no verão e levemente frio no inverno. A mudança de voto para o verão e inverno, é na mesma proporção de dia e de noite.

A sala é neutro (0) no verão, levemente frio (-1) no dia de inverno e frio (-2) à noite. A diferença entre o verão e inverno no dia é idêntica a outros ambientes da residência, a noite ocorre uma pequena mudança no voto, de neutro (0) para frio (-2), entre a noite de verão e de inverno respectivamente.

A cozinha é considerada estável durante todo o tempo, tendo um voto de levemente frio (-1).

O dormitório durante o verão é neutro (0) e no inverno é levemente frio (-1). A mudança de voto para o verão e inverno, é na mesma proporção de dia e de noite.

No geral essa residência apresenta votos de nulos (0) a levemente frio (-1), porem os votos de maneira geral para o verão é compatível, entretanto o valor para o dia de inverno não é compatível com os votos individuais. A noite demonstra que o morador é influenciado pelo voto do quarto, que é considerado o ambiente mais frio durante a noite de inverno.

Tabela 29 - resultado da simulação caso 047

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [047] |        |                  |           |       |                  |          |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|----------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |          |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia                      | Banho            | 359              | - 188  | 4,0              | 171       | 0     | -                | - 2.607  | - 29,3           | - 2.607   | -1    | - 2.436            |
|                          | Sala             | 565              | - 214  | 6,3              | 351       | 0     | -                | - 2.767  | - 31,1           | - 2.767   | -1    | - 2.416            |
|                          | Cozinha          | 359              | - 136  | 4,0              | 223       | -1    | -                | - 2.937  | - 33,0           | - 2.937   | -1    | - 2.714            |
|                          | Quarto           | 546              | - 230  | 6,1              | 316       | 0     | -                | - 2.689  | - 30,2           | - 2.689   | -1    | - 2.373            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.829            | - 768  |                  | 1.061     | 0     | -                | - 11.000 |                  | - 11.000  | -2    | - 9.939            |
| Noite                    | Banho            | 286              | - 334  | 3,8              | 48        | 0     | -                | - 2.254  | - 25,3           | - 2.254   | -1    | - 2.302            |
|                          | Sala             | 367              | - 578  | 6,5              | 211       | 0     | -                | - 2.312  | - 26,0           | - 2.312   | -2    | - 2.523            |
|                          | Cozinha          | 286              | - 353  | 4,0              | 67        | -1    | -                | - 2.429  | - 27,3           | - 2.429   | -1    | - 2.496            |
|                          | Quarto           | 370              | - 554  | 6,2              | 184       | 0     | -                | - 2.304  | - 25,9           | - 2.304   | -1    | - 2.488            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.309            | -1.819 |                  | 510       | 0     | -                | - 9.299  |                  | - 9.299   | -2    | - 9.809            |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 3.138            | -2.587 |                  | 551       |       | -                | - 20.299 |                  | - 20.299  |       | - 19.748           |

Fonte: Autor (2021)

### E.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

A simulação demonstra que o banheiro sofre com uma variação entre resfriamento e aquecimento durante o dia de verão, gerando um total de 4,0 graus-hora/dia para aquecimento. A noite ocorre uma inversão onde se torna a necessidade de aquecimento de 3,8 graus-hora/dia. No inverno, tanto de dia quanto a noite, ocorre uma necessidade de aquecimento na ordem de 25,3 a 29,3 graus-hora/dia. Essa mudança pode ser ocasionada pela grande área de alvenaria exposta e a abertura que, por ser em um ambiente diferenciado, ocasionalmente aberta em tempo integral, alternando a temperatura interna.

Na sala, que é um ambiente amplo com aproximadamente 33m<sup>2</sup> de alvenaria exposta às intempéries, ocorre uma flutuação entre resfriamento e aquecimento, na ordem de 750 graus-hora, onde gera um total de 6,3 graus-hora/dia de resfriamento para o dia de verão. À noite, idêntico ao banheiro, ocorre uma inversão, onde o aquecimento é mais requerido que o resfriamento (6,5 graus-hora/dia). No inverno ocorre o mesmo, durante o dia e noite, há uma redução da necessidade de aquecimento passando de 31,1 a 26,0 graus-hora/dia que pode ser ocasionado pela esquadria instalada na parede sudoeste da sala. Conforme o banco de dados, essa esquadria tem vidros simples e podem proporcionar uma grande troca de calor entre



160 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

o interior e exterior do imóvel, possivelmente ocasionando os valores expressivos de graus-hora/dia.

A cozinha, da mesma forma que a sala, durante o verão há uma inversão das necessidades de resfriamento e aquecimento entre o dia e noite. Tanto o dia e noite a necessidade de 4,0 graus-hora/dia, porem de dia precisa de resfriamento e anoite aquecimento. O inverno ocorre uma grande necessidade de aquecimento, tanto dia quanto noite, na ordem de 33,0 a 27,3 graus-hora/dia, respectivamente. Pode ser ocasionado pela esquadria voltada ao sudeste e o amplo ambiente interno.

O quarto, seguindo a mesma ocorrência da sala e cozinha, sofre com essa necessidade de aquecimento, ocasionado pela posição e tamanho das esquadrias.

#### E.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

Durante o dia de verão o voto foi de neutro (0) para o banho, sala e quarto onde a simulação apresentou dados de 4,0 a 6,3 graus-hora/dia, entretanto na cozinha a necessidade apresentada foi de 4,0 para resfriamento e o voto foi de levemente frio (-1), fator que pode ser pela condição do dimensionamento da abertura.

A noite do verão, no banho, sala e quarto, mesmo que a simulação apresentando ambientes que necessitam de aquecimento (3,8 , 6,5 e 6,2 graus-hora/dia, respectivamente), o voto foi de ambientes neutros (0). A cozinha há uma inversão de resfriamento para aquecimento, na mesma quantidade (4,0 graus-hora/dia) e o voto manteve-se em levemente frio (-1).

No inverno, durante o dia, a necessidade de aquecimento é evidente pelo tamanho dos ambientes e das esquadrias, porem os votos se mantem na grande maioria em levemente frio (-1), com exceção da sala onde o voto foi de frio (-2).

#### E.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Considerando o dado relativo ao inicio da noite na sala (entre 18 e 23 da noite), temos 482 graus-horas de resfriamento, resultando em 5,4 graus-hora/dia, . Isso pode indicar que a analise do voto sazonal em relação aos graus-hora deve

161 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

usar apenas o período do começo da noite na sala, pois se aproxima do voto neutro (0) para esse ambiente.

O uso do quarto é diferente da sala, porem quando observar os dados revistos, a mudança não é expressiva para o dia, passando de 6,1 graus-hora/dia para 5,2 graus-hora/dia, demonstrando que em certos ambientes a revisão não é necessária. Em contrapartida o voto da noite, onde o dado não revisto é 6,2 graus-hora/dia de aquecimento, passou para 1,7 graus-hora/dia de resfriamento, o que se aproxima mais do voto, fato que pode estar ligado à preparação e inicio da noite de sono.

A cozinha que tanto de dia quanto a noite de verão foi considerada levemente fria (-1), quando revisto o horário de uso passou a ter um resultado com 3,4 graus-hora/dia de dia e 1,5 graus-hora/dia à noite, se aproximando mais do voto.

No inverno de dia, há uma redução dos graus-hora/dia na ordem de 80%, para a sala, cozinha e quarto, durante o dia e a noite ocorre uma redução media de 45%, se aproximando mais do voto.

Tabela 30 - Resultado revisto da simulação caso 047

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [047] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |          | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |          |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV    |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 294              | - 77   | 3,3              | 217       | 0     | -                | - 2.128 | - 23,9           | - 2.128   | -1       | - 1.911            |
|                          | Sala             | 482              | - 76   | 5,4              | 406       | 0     | -                | - 2.232 | - 25,1           | - 2.232   | -1       | - 1.826            |
|                          | Cozinha          | 307              | - 52   | 3,4              | 255       | -1    | -                | - 2.391 | - 26,9           | - 2.391   | -1       | - 2.136            |
|                          | Quarto           | 464              | - 81   | 5,2              | 383       | 0     | -                | - 2.190 | - 24,6           | - 2.190   | -1       | - 1.807            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.547            | - 286  |                  | 1.261     | 0     | -                | - 8.941 |                  | - 8.941   | -2       | - 7.680            |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 155              | - 70   | 1,7              | 85        | 0     | -                | - 1.086 | - 12,2           | - 1.086   | -1       | - 1.001            |
|                          | Sala             | 131              | - 160  | - 1,8            | 29        | 0     | -                | - 1.020 | - 11,5           | - 1.020   | -2       | - 1.049            |
|                          | Cozinha          | 133              | - 101  | 1,5              | 32        | -1    | -                | - 1.097 | - 12,3           | - 1.097   | -1       | - 1.065            |
|                          | Quarto           | 149              | - 144  | 1,7              | 5         | 0     | -                | - 1.090 | - 12,2           | - 1.090   | -1       | - 1.085            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 568              | - 475  |                  | 93        | 0     | -                | - 4.293 |                  | - 4.293   | -2       | - 4.200            |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 2.115            | - 761            |        | 1.354            |           | -     | - 13.234         |         | - 13.234         |           | - 11.880 |                    |

Fonte: Autor (2021)

## E.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser neutro no verão, tanto de dia como de noite;
- É possível um apartamento levemente frio no inverno em passo fundo, tanto noite como dia, nos ambientes de permanência prolongada;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para 1,5 graus-hora/dia (valores corrigidos);
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de neutro (0) para graus-hora/dia 1,5 a 1,7 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 12,2 a 12,3 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 23,9 a 26,9 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 3,3 a 5,4 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de levemente frio (-1) para 3,4 graus-hora/dia (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendo usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

163 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

## APÊNDICE F.- RELATÓRIO DO CASO 050

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 20 - Localização da edificação 047



Fonte: Google (2021)

### F.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 4 pessoas residentes fixos.

### F.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 25cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.484W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2.5m.

165 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

### F.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### F.3.01 QUARTO 2

Apresenta acabamento do piso em madeira e forro em madeira.

##### F.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de persiana vertical na cor clara. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### F.3.02 SALA DE ESTAR - SEGUNDO AMBIENTE

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### F.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor conta com uma proteção interna de cortina na cor clara A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância brise horizontal fixo, ângulo de 30°.

#### F.3.03 BANHEIRO 2

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em madeira.

##### F.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância brise horizontal fixo, ângulo de 30°.

166 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

#### F.3.04 COZINHA

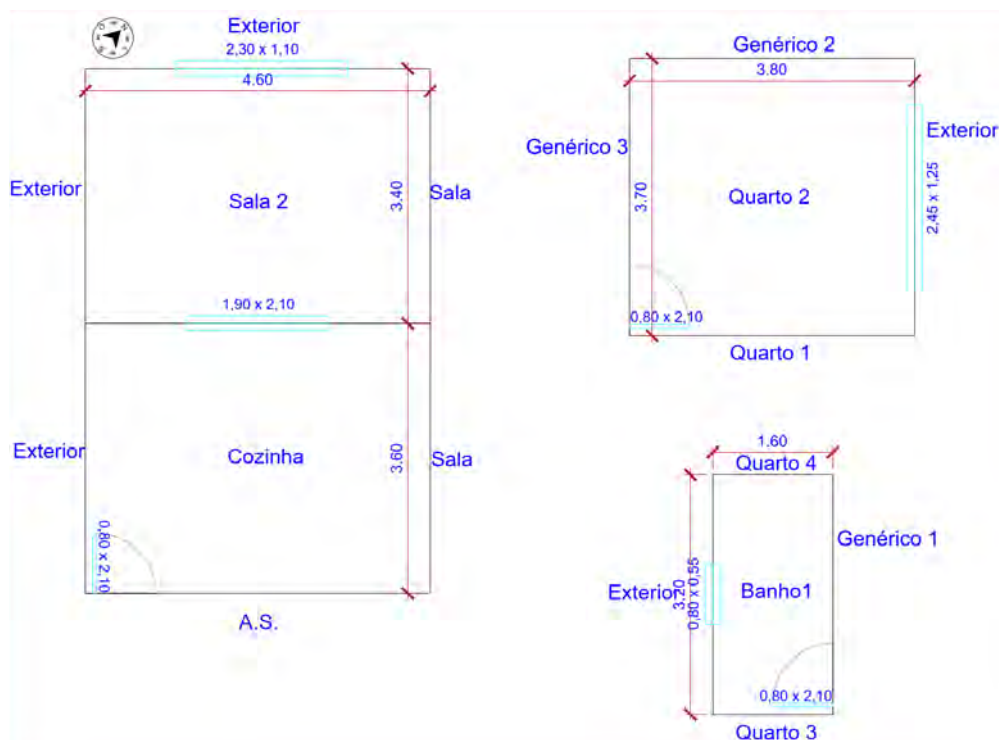
Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em madeira.

##### F.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de madeira e vidros do tipo com película escura (espelhada, marrom, violeta ou azul escuro), com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros.

#### F.4 PLANTA BAIXA

Imagem 21 – Planta baixa técnica do caso 003



Fonte: Autor (2021)

#### F.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

##### F.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como levemente frio (-1), e de modo geral o avaliou a residência no verão como quente (+2) e no inverno como fria (-2).

A sala avaliada é um segundo ambiente, porem foi vista como o entrevistado o ambiente de maior permanência que a sala principal. O residente votou no verão como um ambiente quente (+2) e no inverno como frio (-2), porem não alterou o voto entre o dia e noite. Fato que pode ser causado pela vasta área de alvenaria de fechamento e sua esquadria, voltada ao noroeste, de grandes dimensões, com fechamento de vidros transparentes 3mm.



168 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

No quarto, conforme ocorrido na sala, os verões são quentes e invernos frios, e como a sala tem a esquadria de grandes dimensões e com vidros finos voltados ao nordeste.

A cozinha e banheiro se apresentam estáveis durante todas as estações.

Um fato curioso é a cozinha sendo um ambiente ligado a sala por uma porta de 1,90m de largura, sendo que a iluminação natural é proveniente da sala juntamente com a ventilação natural. A parede externa da cozinha é voltada ao sudoeste, o que pode, aliado a inercia térmica, confeccionar um ambiente mais confortável que a sala.

Tabela 31 - resultado da simulação caso 050

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [050] |        |                  |           |           |                  |          |                  |           |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|----------|------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |          |                  |           |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |                    |
| Dia                      | Banho            | 351              | - 208  | 3,9              | 143       | 0         | 30               | - 2.554  | - 28,7           | - 2.524   | 0         | - 2.381            |
|                          | Sala             | 398              | - 227  | 4,5              | 171       | +2        | -                | - 1.684  | - 18,9           | - 1.684   | -2        | - 1.513            |
|                          | Cozinha          | 178              | - 101  | 2,0              | 77        | 0         | -                | - 1.509  | - 17,0           | - 1.509   | 0         | - 1.432            |
|                          | Quarto           | 358              | - 440  | - 4,9            | 82        | +2        | 14               | - 1.266  | - 14,2           | - 1.252   | -2        | - 1.334            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.285            | - 976  |                  | 2.261     | <b>+2</b> | 44               | - 7.013  |                  | 7.057     | <b>-2</b> | 9.318              |
| Noite                    | Banho            | 226              | - 344  | - 3,9            | 118       | 0         | -                | - 2.556  | - 28,7           | - 2.556   | 0         | - 2.674            |
|                          | Sala             | 214              | - 405  | - 4,6            | 191       | +2        | 2                | - 1.195  | - 13,4           | - 1.193   | -2        | - 1.384            |
|                          | Cozinha          | 179              | - 85   | 2,0              | 94        | 0         | -                | - 1.133  | - 12,7           | - 1.133   | 0         | - 1.039            |
|                          | Quarto           | 496              | - 888  | - 10,0           | 392       | +2        | 9                | - 1.282  | - 14,4           | - 1.273   | -2        | - 1.665            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.115            | -1.722 |                  | 2.837     | <b>+2</b> | 11               | - 6.166  |                  | 6.177     | <b>-2</b> | 9.014              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.400            | -2.698 |                  | 5.098     |           | 55               | - 13.179 |                  | 13.234    |           | 18.332             |

Fonte: Autor (2021)

#### F.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

Na cozinha a simulação apresenta a menor quantidade de graus-hora de desconforto, o que indica um ambiente bem projetado e operado, já que varias outras habitações desta pesquisa apresentam votos bem divergentes.

Os resultados da sala indicam um ambiente que tem necessidades de resfriamento e aquecimento na ordem de 396 e 227 graus-hora de dia, a noite ocorre uma inversão, por ser a noite, onde é esperado que fosse mais fria, onde a necessidade é 214 e 405 graus-hora, de resfriamento e aquecimento respectivamente, passando de 4,5 graus-hora/dia de resfriamento para 4,6 graus-

hora/dia de aquecimento. No inverno ocorre um fato, que se repetem em varias outras simulações, a noite tem uma necessidade menor de aquecimento comparado ao dia, da ordem de 18,9 a 13,4 graus-hora/dia, dia e noite respectivamente.

O banheiro tem um resultado um tanto peculiar, as necessidades de dia e noite são muito parecidas, no verão há uma inversão de necessidade de resfriamento para aquecimento na mesma ordem, 3,9 graus-hora/dia. No inverno é necessário 28,7 graus-hora/dia, tanto dia quanto a noite.

O quarto, segundo a simulação, é um ambiente frio, passando de 4,9 a 10,0 graus-hora/dia de aquecimento no verão. No inverno, tanto de dia quanto a noite, apresenta dados na ordem de 14,2 graus-hora/dia e 14,4 graus-hora/dia à noite. Isso pode ser proveniente da grande dimensão da esquadria e posicionamento solar da alvenaria.

#### F.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

O voto é de neutro no banheiro durante o verão, tanto de dia quanto a noite, pôr o resultado da simulação apresenta dados contrários e de mesma ordem, indicando que o voto é influenciado pelo ambiente externo. No inverno ocorre o mesmo, sendo a necessidade de aquecimento na ordem de 28,7 graus-hora/dia, tanto dia quanto noite.

Na sala, considerado como um ambiente quente (+2), para votos de 4,5 graus-hora/dia tanto de dia quanto a noite, porem na parte do dia para resfriamento e a noite aquecimento, corroborando com a ideia que o voto é influenciado ao clima externo.

O voto é de neutro no cozinha durante o verão, tanto de dia quanto a noite e necessidade de resfriamento na ordem de 2,0 graus-hora/dia tanto dia quanto noite, demonstrando que é um ambiente estável. No inverno durante o dia necessita de 17,0 graus-hora/dia e a noite 12,7 graus-hora/dia, onde o entrevistado mantem o voto de neutro (0).

#### F.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

A sala, considerando o melhor horário de uso dela, passou a ter uma necessidade de resfriamento durante o dia na ordem de 3,6 graus-hora/dia para um voto de quente (+2). Na noite de verão inverte o graus-hora/dia passando de aquecimento para o montante de 1,2 graus-hora/dia de resfriamento, para um voto de quente (+2). No inverno, durante o dia é um ambiente que precisa de aquecimento, apresentando um dado de 15,2 graus-hora/dia passando para 5,2 graus-hora/dia onde o voto se manteve em frio (-2).

No quarto, onde o voto do verão é constante quente (+2) e inverno é constante frio (-2), para graus-hora/dia de 2,4 de dia a 2,9 à noite no verão e 11,5 de dia a 6,9 à noite no inverno.

A cozinha, que foi considerada estável em todos os votos, quando comparados às votos revistos, apresentam dados mais convergentes no verão, onde é imperativo o resfriamento no verão, na ordem de 1,9 a 1,8 graus-hora/dia, e aquecimento no inverno, no montante de 11,5 a 6,9 graus-hora/dia.

Tabela 32 - Resultado revisto da simulação caso 050

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [050] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |         | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|---------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       |         |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |         |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 288              | - 96   | 3,2              | 192       | 0     | 30               | - 1.978 | - 22,2           | - 1.948   | 0     | - 1.756 |                    |
|                          | Sala             | 320              | - 97   | 3,6              | 223       | +2    | -                | - 1.357 | - 15,2           | - 1.357   | -2    | - 1.134 |                    |
|                          | Cozinha          | 166              | - 47   | 1,9              | 119       | 0     | -                | - 1.238 | - 13,9           | - 1.238   | 0     | - 1.119 |                    |
|                          | Quarto           | 216              | - 215  | 2,4              | 1         | +2    | 14               | - 1.023 | - 11,5           | - 1.009   | -2    | - 1.008 |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 990              | - 455  |                  | 1.445     | +2    | 44               | - 5.596 |                  | 5.640     | -2    | 7.085   |                    |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 107              | - 83   | 1,2              | 24        | 0     | -                | - 1.163 | - 13,1           | - 1.163   | 0     | - 1.139 |                    |
|                          | Sala             | 104              | - 72   | 1,2              | 32        | +2    | 2                | - 466   | - 5,2            | - 464     | -2    | - 432   |                    |
|                          | Cozinha          | 159              | - 3    | 1,8              | 156       | 0     | -                | - 497   | - 5,6            | - 497     | 0     | - 341   |                    |
|                          | Quarto           | 120              | - 257  | - 2,9            | - 137     | +2    | 5                | - 613   | - 6,9            | - 608     | -2    | - 745   |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 490              | - 415  |                  | 905       | +2    | 7                | - 2.739 |                  | 2.746     | -2    | 3.651   |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 1.480            | - 870  |                  | 2.350     |       | 51               | - 8.335 |                  | 8.386     |       | 10.736  |                    |

Fonte: Autor (2021)

## F.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um ambiente em Passo Fundo ter estabilidade no verão e inverno, tanto de dia como de noite;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de quente (+2) para graus-hora/dia de 3,6 (resfriamento) a 2,9 (aquecimento) (valores corrigidos);
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de frio (-2) para graus-hora/dia de 5,2 a 15,2 (valores corrigidos);
- Para o inverno temos votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 5,6 a 22,2 (valores corrigidos);
- Para o verão temos votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 1,2 a 3,2 (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (neutro) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os

172 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido  
à cozinha.

## APÊNDICE G.- RELATÓRIO DO CASO 090

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 22 - Localização da edificação 090



Fonte: Google (2021)

### G.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 3 pessoas residentes fixos.

### G.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Depósito.

As paredes internas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

174 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

### G.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### G.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e forro em laje de concreto maciça.

##### G.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de persiana vertical na cor média. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distânciabrise horizontal fixo, ângulo de 30°

#### G.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### G.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor conta com uma proteção interna de persiana de aletas. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### G.3.03 QUARTO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### G.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de persiana vertical na cor média. A porcentagem de abertura de até 50%.

175 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

#### G.3.04 BANHEIRO 1

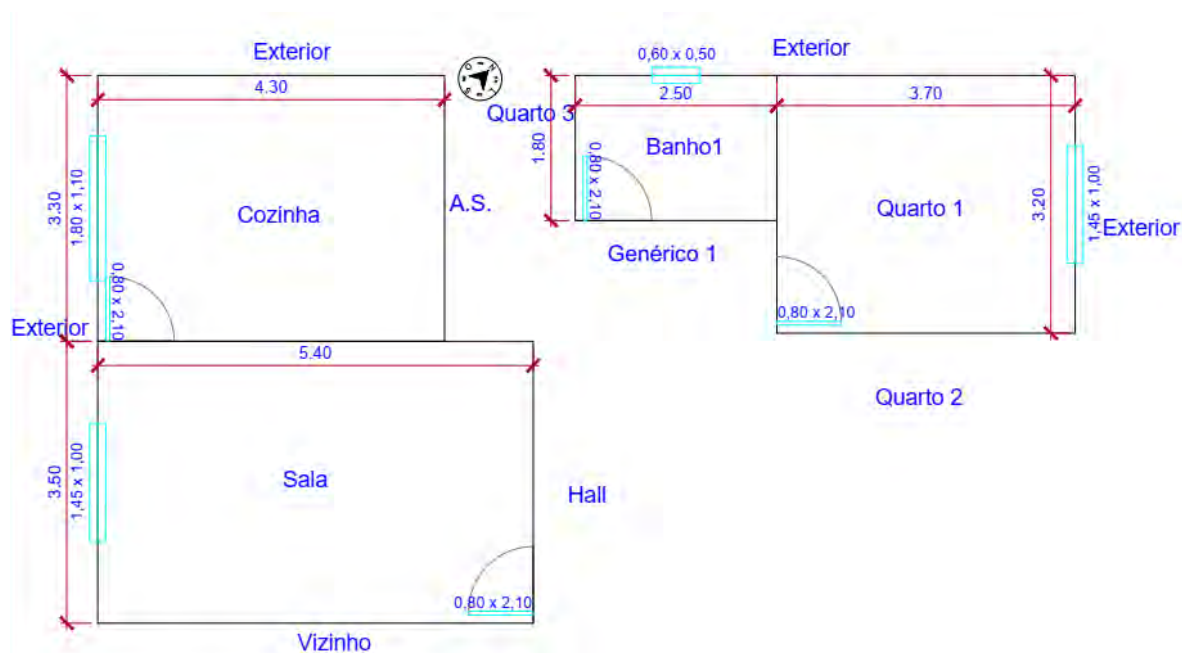
Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### G.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de maxim-ar, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 2 e 5 metros de distância brise horizontal fixo, ângulo de 30°.

#### G.4 PLANTA BAIXA

Imagem 23 – Planta baixa técnica do caso 090



Fonte: Autor (2021)

#### G.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

##### G.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como levemente frio (-1), e de modo geral o avaliou a residência de dia no verão como



176 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

quente (+2) e a noite como levemente frio (-1), e no inverno como fria (-2), tanto dia quanto noite.

O banheiro dessa residência é considerado um ambiente quente (+2) no verão, tanto de dia quanto a noite. Quanto ao inverno esse ambiente foi considerado frio (-2). Este voto pode estar relacionado à posição solar deste ambiente ligado a esquadria de grandes dimensões, não usual em banheiros.

A sala durante o dia de verão é considerado quente (+2) a noite há uma mudança para levemente frio (-1). No inverno este ambiente é considerado frio (-2), tanto de dia quanto a noite. Estes votos podem estar relacionados à porta-janela de grandes dimensões composta de vidros de baixa espessura e, conseqüentemente, baixa inercia térmica, aliado a um ambiente amplo interno.

A cozinha, idêntica a sala, é considerado quente (+2) de dia no verão e levemente frio à noite (-1), e a noite considerado frio (-2). Por ter uma ligação com a sala, é esperado que este ambiente tivesse o mesmo voto que a sala, aliado a mesma esquadria presente na sala e com as mesmas características.

O quarto é considerado levemente frio (-1) durante todo o tempo. Este ambiente tem sua esquadria e alvenaria de fechamento externo voltado ao nordeste, recebendo insolação somente na parte da manhã, e outra alvenaria de fechamento voltada ao noroeste. A união dessas variáveis pode proporcionar esse ambiente levemente frio (-1).

Tabela 33 - resultado da simulação caso 090

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [090] |        |                  |           |           |                  |          |                  |           |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|----------|------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |          |                  |           |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |                    |
| Dia                      | Banho            | 373              | - 66   | 4,2              | 307       | +2        | 12               | - 1.429  | - 16,1           | - 1.417   | -2        | 1.110              |
|                          | Sala             | 400              | - 26   | 4,5              | 374       | +2        | 4                | - 1.437  | - 16,1           | - 1.433   | -2        | 1.059              |
|                          | Cozinha          | 671              | - 4    | 7,5              | 667       | +2        | 3                | - 1.362  | - 15,3           | - 1.359   | -2        | 692                |
|                          | Quarto           | 308              | - 93   | 3,5              | 215       | -1        | 6                | - 1.485  | - 16,7           | - 1.479   | -1        | 1.264              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.752            | - 189  |                  | 1.941     | <b>+2</b> | 25               | - 5.713  |                  | 5.738     | <b>-2</b> | 7.679              |
| Noite                    | Banho            | 376              | - 43   | 4,2              | 333       | +2        | 2                | - 1.221  | - 13,7           | - 1.219   | -2        | 886                |
|                          | Sala             | 652              | - 10   | 7,3              | 642       | -1        | 1                | - 1.147  | - 12,9           | - 1.146   | -2        | 504                |
|                          | Cozinha          | 1.058            | - 5    | 11,9             | 1.053     | -1        | -                | - 1.160  | - 13,0           | - 1.160   | -2        | 107                |
|                          | Quarto           | 228              | - 126  | 2,6              | 102       | -1        | 2                | - 1.201  | - 13,5           | - 1.199   | -1        | 1.097              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 2.314            | - 184  |                  | 2.498     | <b>-1</b> | 5                | - 4.729  |                  | 4.734     | <b>-2</b> | 7.232              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 4.066            | - 373  |                  | 4.439     |           | 30               | - 10.442 |                  | 10.472    |           | 14.911             |

Fonte: Autor (2021)

#### G.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

O banheiro desta residência, no dia de verão, ocorre uma disparidade entre resfriamento e aquecimento, onde o resfriamento é cinco vezes mais requerido que o aquecimento, gerando 4,2 graus-hora/dia. À noite mantem-se essa necessidade. No inverno há uma inversão, a necessidade é 16,1 graus-hora/dia para o aquecimento durante o dia e a noite há uma redução, sendo necessários 13,7 graus-hora/dia. Olhando pela perspectiva de verão e inverno, vemos que ocorre uma ampliação dos graus-hora/dia de 3 vezes em media.

Na sala, durante o dia tem muito mais horas acima do limite superior de conforto, gerando 4,5 graus-hora/dia. A noite amplia-se essa necessidade, passando a 7,3 graus-hora/dia. No inverno ocorre a inversão, sendo necessário aquecimento no montante de 16,1 graus-hora/dia durante o dia e a noite ocorre uma pequena queda para 12,9 graus-hora/dia. Quando comparado às estações, vemos que durante o dia amplia-se a necessidade 3,5 vezes e inverte-se para aquecimento, quando comparado à noite ocorre uma ampliação 1,7 vezes, metade que o dia amplia.

O quarto é, nesta residência, o ambiente que mais amplia a diferença entre resfriamento e aquecimento. No verão se demonstra que o ambiente é bem

projetado e operado, visto que, a necessidade de resfriamento esta na ordem de 3,5 graus-hora/dia durante o dia e 2,6 graus-hora/dia durante a noite, demonstrando que o ambiente mantém-se fresco para a noite. Nos dias de inverno o aquecimento prevalece sobre o resfriamento sendo a maior dentre os outros ambientes, na ordem 16,7 graus-hora/dia. A noite ocorre uma redução para 13,5 graus-hora/dia, perdendo pela necessidade somente do banheiro.

#### G.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

O voto é de quente (+2) em quase todos os recintos, durante o dia do verão, com exceção do quarto, onde o voto é levemente frio (-1). Os resultados das simulações mostram necessidade de resfriamento entre 4,2 e 7,5 graus-hora/dia. Como o voto não apresenta variação é inadequado traçar correlações.

Analisando a noite de verão temos os ambientes com um voto de levemente frio (-1) para quase todos os ambientes, com exceção do banho que teve voto de quente (+2). Os resultados das simulações mostram necessidade de resfriamento entre 2,6 a 11,9 graus-hora/dia. Como o voto não apresenta variação é inadequado traçar correlações. O banheiro apresenta o mesmo voto para dia e noite, do verão, e a mesma necessidade de resfriamento de 4,2 graus-hora/dia.

Com exceção do quarto no inverno, os outros ambientes recebem o mesmo voto de frio (-2) para necessidade de 12,9 a 16,1 graus-hora/dia. O quarto durante o dia necessita de 16,7 graus-hora/dia e recebe um voto de levemente frio (-1), a noite recebe o mesmo voto e a necessidade passa a serem menor, 13,5 graus-hora/dia.

#### G.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Quando consideramos somente valores revistos no verão de dia, não ocorre uma mudança considerável nos ambientes sobre o resfriamento, porem para o aquecimento há uma redução de aproximadamente 40% a 64%, porem os dados de graus-hora/dia não alterou. À noite, o aquecimento não apareceu na simulação neste horário, com exceção do quarto que passou de 126 graus-hora para 6 graus-hora, no horário revisto. O que indica que o aquecimento se faz necessário entre as 23h e 8h do dia seguinte.

179 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

No inverno, durante o dia há uma pequena redução dos graus-hora/dia de aquecimento em aproximadamente 20%, porem a noite ocorre uma redução considerável de aproximadamente 50%.

Considerando o dado relativo ao verão, não ocorre uma alteração expressiva, porem no inverno ocorre uma redução considerável. Isso pode indicar que a relação entre graus-hora/dia e voto sazonal deve ser feita por ambiente, já que cada ambiente tem um uso específico que pode afetar o voto sazonal, ou pelo menos o banheiro deve ser tratado separadamente.

Tabela 34 - Resultado revisto da simulação caso 090

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [090] |        |                  |           |           |                  |         |                  |           |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|---------|------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |         |                  |           |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 365              | - 27   | 4,1              | 338       | +2        | 11               | - 1.171 | - 13,2           | - 1.160   | -2        | 822                |
|                          | Sala             | 385              | - 15   | 4,3              | 370       | +2        | 4                | - 1.189 | - 13,4           | - 1.185   | -2        | 815                |
|                          | Cozinha          | 621              | - 2    | 7,0              | 619       | +2        | 2                | - 1.114 | - 12,5           | - 1.112   | -2        | 493                |
|                          | Quarto           | 293              | - 34   | 3,3              | 259       | -1        | 6                | - 1.229 | - 13,8           | - 1.223   | -1        | 964                |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.664            | - 78   |                  | 1.742     | <b>+2</b> | 23               | - 4.703 |                  | 4.726     | <b>-2</b> | 6.468              |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 332              | -      | 3,7              | 332       | +2        | -                | - 592   | - 6,7            | - 592     | -2        | 260                |
|                          | Sala             | 520              | -      | 5,8              | 520       | -1        | -                | - 530   | - 6,0            | - 530     | -2        | 10                 |
|                          | Cozinha          | 728              | -      | 8,2              | 728       | -1        | -                | - 540   | - 6,1            | - 540     | -2        | 188                |
|                          | Quarto           | 206              | - 6    | 2,3              | 200       | -1        | -                | - 577   | - 6,5            | - 577     | -1        | 377                |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.786            | - 6    |                  | 1.792     | <b>-1</b> | -                | - 2.239 |                  | 2.239     | <b>-2</b> | 4.031              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 3.450            | - 84             |        | 3.534            |           | 23        | - 6.942          |         | 6.965            |           | 10.499    |                    |

Fonte: Autor (2021)

## G.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser levemente fresco no verão há noite;
- É possível um quarto levemente frio no inverno e verão em Passo Fundo;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 2,3 a 8,2 (valores corrigidos);

180 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para 6,5 graus-hora/dia (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de levemente frio (-1) para 13,8 graus-hora/dia (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de levemente frio (-1) para 3,3 graus-hora/dia (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

## APÊNDICE H.- RELATÓRIO DO CASO 095

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 24 - Localização da edificação 047



Fonte: Google (2021)

### H.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 4 pessoas residentes fixos.

### H.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### H.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### H.3.01 Sala de estar

Apresenta acabamento do piso em madeira e forro em gesso.

##### H.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um brise horizontal fixo, ângulo de 30°

A segunda janela do ambiente é de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros.

#### H.3.02 Quarto 2

Apresenta acabamento do piso em madeira e acabamento do forro em gesso.

##### H.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### H.3.03 Banheiro 2

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

##### H.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%.

183 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

### H.3.04 Cozinha

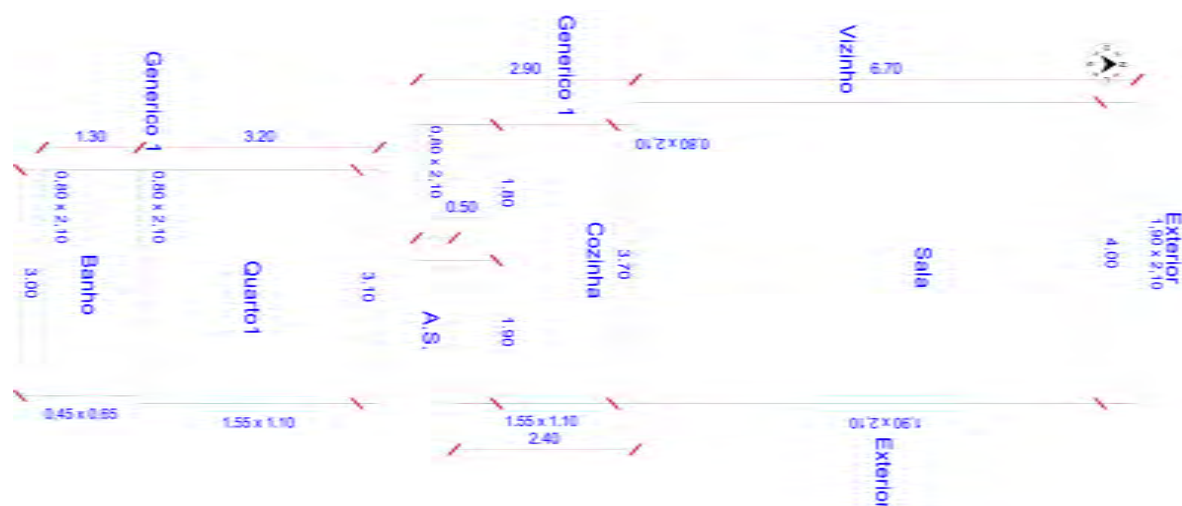
Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

#### H.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas opacas, caixilho de alumínio e vidros do tipo jateado ou fantasia, com proteção interna de persiana de aletas na cor A porcentagem de abertura de até 50%.

## H.4 PLANTA BAIXA

Imagem 25 – Planta baixa técnica do caso 095



Fonte: Autor (2021)

## H.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

### H.5.01 Com relação aos votos.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como neutro (0), e de modo geral o avaliou a residência de dia no verão como levemente frio (-1) exceção à noite de verão que recebeu o voto de neutro (0).

No banho, durante o dia, o ambiente recebeu um voto de levemente frio (-1), à noite o voto mudou para neutro, demonstrando assim uma manutenção do calor



184 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

para a noite. No inverno o banheiro durante o dia recebe o voto de frio (-2) e a noite sofre um voto mais ameno, levemente frio (-1) corroborando com os votos do verão. A mudança que ocorre entre o dia de verão, de levemente frio (-1) para frio (-2), e o de inverno se propaga para a noite, onde passa de neutro (0) para levemente frio (-1) para frio (-2).

A sala, durante o dia de verão, recebe um voto de neutro (0), porem quanto à noite se torna mais fresco recebendo o voto de levemente frio (-1). No inverno se apresenta como um ambiente levemente frio (-1). Quando comparamos o dia de verão com o de inverno percebe-se que ocorre uma baixa de neutro para levemente frio, enquanto o inverno mantém-se o voto de levemente frio para ambas as noites, o que demonstra a maior inercia da alvenaria externa aliado as 2 esquadrias uma voltada a leste e outra a norte, que pode ajudar a manter o calor nas horas mais frias.

A cozinha durante o dia de verão recebeu um voto de neutro (0) enquanto a noite de levemente frio (-1). No inverno este ambiente se apresentou como um ambiente frio (-2), tanto de dia quanto a noite. Quando comparado o dia de verão com o de inverno notamos que este ambiente tende a perder mais calor sendo considerado um ambiente mais frio de modo geral, pode ser proporcionado pela grande esquadria voltada ao leste, que recebe insolação somente na parte da manhã.

O quarto é o ambiente da residência que sofre a maior variação, sendo que no verão é um ambiente quente (+2) e no inverno frio (-2). As mudanças apresentadas pelo quarto pode ser provocada pela inercia das alvenarias externas e as aberturas localizadas a leste.

Tabela 35 - resultado da simulação caso 095

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [095] |        |                  |           |       |                  |          |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|----------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |          |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia                      | Banho            | 416              | - 20   | 4,7              | 396       | -1    | -                | - 1.887  | - 21,2           | - 1.887   | -2    | - 1.491            |
|                          | Sala             | 495              | - 128  | 5,6              | 367       | 0     | -                | - 1.911  | - 21,5           | - 1.911   | -1    | - 1.544            |
|                          | Cozinha          | 433              | - 112  | 4,9              | 321       | 0     | -                | - 1.759  | - 19,8           | - 1.759   | -2    | - 1.438            |
|                          | Quarto           | 487              | - 8    | 5,5              | 479       | +2    | -                | - 1.834  | - 20,6           | - 1.834   | -2    | - 1.355            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.831            | - 268  |                  | 2.099     | -1    | -                | - 7.391  |                  | 7.391     | -1    | 9.490              |
| Noite                    | Banho            | 550              | - 8    | 6,2              | 542       | 0     | -                | - 1.709  | - 19,2           | - 1.709   | -1    | - 1.167            |
|                          | Sala             | 303              | - 344  | - 3,9            | 41        | -1    | 1                | - 1.538  | - 17,3           | - 1.537   | -1    | - 1.578            |
|                          | Cozinha          | 262              | - 143  | 2,9              | 119       | -1    | -                | - 1.470  | - 16,5           | - 1.470   | -2    | - 1.351            |
|                          | Quarto           | 635              | - 3    | 7,1              | 632       | +2    | -                | - 1.649  | - 18,5           | - 1.649   | -2    | - 1.017            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.750            | - 498  |                  | 2.248     | 0     | 1                | - 6.366  |                  | 6.367     | -1    | 8.615              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 3.581            | - 766  |                  | 4.347     |       | 1                | - 13.757 |                  | 13.758    |       | 18.105             |

Fonte: Autor (2021)

#### H.5.02 Com relação à simulação

O banheiro tem uma imensa diferença entre o resfriamento e aquecimento, sendo que a necessidade de aquecimento é somente 5% comparado com o resfriamento, passando a precisar de 4,7 graus-hora/dia. À noite o resfriamento sofre um aumento para 6,2 graus-hora/dia, que pode ser corroborado pela inercia das alvenarias externas. Tanto o dia quanto a noite de inverso ocorre uma situação peculiar, não há necessidade de resfriamento. Durante o dia há uma necessidade de 21,2 graus-hora/dia e a noite passa para 19,2 graus-hora/dia. Quando comparado o dia de verão com o dia de inverno, há uma inversão da necessidade e uma ampliação dela, passando de 4,7 graus-hora/dia de resfriamento para 21,2 graus-hora/dia de aquecimento, a noite ocorre uma redução, ocorrida em outras simulações, porem manteve-se em 19,2 graus-hora/dia de aquecimento.

A sala, que é um ambiente amplo e exposto com duas janelas sem obstruções, durante o dia de verão apresenta 5,6 graus-hora/dia de resfriamento e a noite a uma inversão para 3,9 graus-hora/dia de aquecimento, sendo que a noite ocorre uma flutuação entre aquecimento e resfriamento na ordem de 600 graus-hora, prevalecendo o aquecimento por 41 graus-hora. No inverno apresenta dados de 1911 graus-hora de aquecimento de dia e 1538 graus-hora à noite, transformado

resultam em 21,5 e 17,3 graus-hora/dia, à noite com já foi discutido, a necessidade é menor que o dia.

A cozinha, compartilhando uma parede com a sala, tem um comportamento muito similar, onde durante o dia de verão o aquecimento é 75% menor que o resfriamento, este que tem dados de 4,9 graus-hora/dia. À noite o aquecimento aumenta e o resfriamento diminui, porém ainda o resfriamento é mais requisitado chegando a um montante de 2,9 graus-hora/dia. No inverno, tanto dia quanto noite, o aquecimento está em 19,8 e 16,5 graus-hora/dia para dia e noite respectivamente.

O quarto, que compartilha uma parede com o banheiro e tem seu comportamento similar em ambas as estações, tem uma necessidade no dia de verão de 5,5 graus-hora/dia de resfriamento, o aquecimento praticamente é inexistente similar ao que ocorre à noite, onde o aquecimento está em 7,1 graus-hora/dia. No inverno, tanto dia quanto noite, o aquecimento está em 2,6 e 18,5 graus-hora/dia para dia e noite respectivamente.

#### H.5.03 Com relação à simulação comparada com o voto

O quarto mesmo apresentando dados de resfriamento na ordem de 5,5 graus-hora/dia recebeu voto de quente (+2) durante o dia de verão, o que pode ser corroborado com a inércia das alvenarias externa e a falta de obstrução da edificação. À noite se mantém o voto e ocorre uma ampliação dos graus-hora/dia passando a ser 7,1, apoiando a afirmação que a inércia é o fator determinante para essa temperatura. No inverno o voto do dia não se altera à noite, amparando a teoria da inércia, além de ser mais ameno à noite que durante o dia.

Na cozinha, onde foi considerado neutro (0) durante o dia de verão, o resfriamento está em 4,9 graus-hora/dia, passando a 2,9 graus-hora/dia e um voto de levemente frio (-1), o que indica que este ambiente foi corretamente simulado o seu uso e operação. No inverno é considerado um ambiente frio (-2) e a necessidade de aquecimento está na ordem de 19,8 e 16,5 graus-hora/dia, para o dia e noite respectivamente.

A sala, que no verão de dia foi considerada neutra (0) e o resfriamento requerido na ordem de 5,6 graus-hora/dia, passa a necessitar de aquecimento no

restante da simulação, apoiando assim os votos de levemente frio (-1). A noite no verão que os graus-hora/dia são 5,6, passa a serem 3,9 graus-hora/dia de aquecimento e um voto de levemente frio (-1), no inverno o voto se mantém e os graus-hora/dia passam a serem 21,5 e 17,3 , para o dia e noite respectivamente.

No banho há uma flutuação de votos e graus-hora/dia. Na estação e horário mais quente, verão de dia, a necessidade é de 4,7 graus-hora/dia e o voto é levemente frio (-1), porem quanto à noite de verão o voto se altera para 6,2 graus-hora/dia de resfriamento e o voto se torna neutro (0), o que indica que a mudança de dia para a noite influencia no voto. O mesmo ocorre no inverno, onde durante o dia os graus-hora/dia estão na casa de 21,2 para aquecimento e a noite reduz para 19,2, porem o voto durante o dia é um ambiente frio (-2) e a noite reduz para levemente frio (-1), legitimando o voto com a simulação.

#### H.5.04 Revendo o dado da simulação na sala

Quando definido o horário de uso dos ambientes, e excluindo horários não prováveis (das 23 as 8), temos uma situação que tem se mostrado mais associada ao provável uso dos ambientes.

Durante o dia, tanto verão quanto inverno, não houve uma mudança significativa. A noite de verão na sala passa de 3,9 graus-hora/dia de aquecimento para 1,5 graus-hora/dia de resfriamento para um voto de levemente frio (-1). No inverno a sala passa a ter 6,8 graus-hora/dia de aquecimento para um voto de levemente frio (-1), demonstrando a maior probabilidade de uso.

A cozinha a noite no verão se manteve, mesmo com a redução de horário, com praticamente a mesma quantidade, passando de 2,9 para 2,4 graus-hora/dia de resfriamento. Na noite de inverno ocorre uma melhora, passando de 16,5 para 7,6 graus-hora/dia de aquecimento, para um voto de frio (-2).

O banheiro que é um ambiente de uso diferenciado, sendo o ambiente que sofre as maiores mudanças de resultados de graus-hora/dia, passando de 6,2 e 19,2 para 4,6 e 9,2 nas noites de verão e inverno, respectivamente.

Tabela 36 - Resultado revisto da simulação caso 095

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [095] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |         | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|---------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       |         |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |         |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 401              | - 12   | 4,5              | 389       | -1    | -                | - 1.545 | - 17,4           | - 1.545   | -2    | - 1.156 |                    |
|                          | Sala             | 424              | - 45   | 4,8              | 379       | 0     | -                | - 1.511 | - 17,0           | - 1.511   | -1    | - 1.132 |                    |
|                          | Cozinha          | 410              | - 41   | 4,6              | 369       | 0     | -                | - 1.433 | - 16,1           | - 1.433   | -2    | - 1.064 |                    |
|                          | Quarto           | 460              | - 5    | 5,2              | 455       | +2    | -                | - 1.528 | - 17,2           | - 1.528   | -2    | - 1.073 |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.695            | - 103  |                  | 1.798     | -1    | -                | - 6.017 |                  | 6.017     | -1    | 7.815   |                    |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 412              | -      | 4,6              | 412       | 0     | -                | - 822   | - 9,2            | - 822     | -1    | 410     |                    |
|                          | Sala             | 132              | - 80   | 1,5              | 52        | -1    | 1                | - 606   | - 6,8            | - 605     | -1    | 553     |                    |
|                          | Cozinha          | 216              | - 13   | 2,4              | 203       | -1    | -                | - 673   | - 7,6            | - 673     | -2    | 470     |                    |
|                          | Quarto           | 449              | -      | 5,0              | 449       | +2    | -                | - 818   | - 9,2            | - 818     | -2    | 369     |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.209            | - 93   |                  | 1.302     | 0     | 1                | - 2.919 |                  | 2.920     | -1    | 4.222   |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.904            | - 196  |                  | 3.100     |       | 1                | - 8.936 |                  | 8.937     |       | 12.037  |                    |

Fonte: Autor (2021)

## H.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ter ambientes neutros a levemente frescos de dia e a noite;
- É possível ter uma sala ampla e ser levemente fria no inverno tanto de dia quanto a noite;
- É possível ter ambientes de permanência prolongada mais quentes a noite que de dia no inverno;
- É possível ter um ambiente que seja levemente frio em ambas as estações;
- As simulações mostram que, para dias de verão, tem votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 4,6 a 4,8 (valores corrigidos);
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 1,5 a 2,4 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 6,8 a 9,2 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de frio (-2) para graus-hora de 16,1 a 17,4 (valores corrigidos);

- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

## APÊNDICE I.- RELATÓRIO DO CASO 100

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 26 - Localização da edificação 047



Fonte: Google (2021)

### I.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 4 pessoas residentes fixos.

### I.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - tijolo maciço - reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 30cm e a composição estimada é reboco - tijolo maciço - reboco, apresentando uma transmitância de  $2.026W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

191 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

### I.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### I.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em madeira e forro em laje de concreto maciça.

##### I.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância de brise horizontal fixo, ângulo de 30°

#### I.3.02 QUARTO 1

Apresenta acabamento do piso em madeira e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### I.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância de brise horizontal fixo, ângulo de 30°.

#### I.3.03 BANHEIRO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### I.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor clara. A porcentagem de abertura de até 10%.



### I.3.04 COZINHA

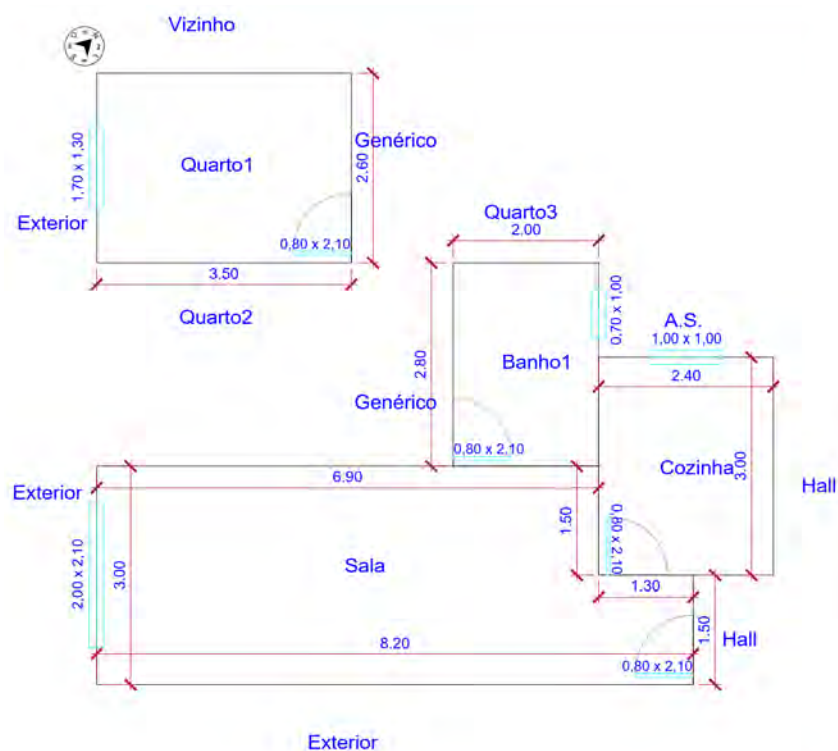
Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

#### I.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de basculante, caixilho de aço e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 25%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros.

### I.4 PLANTA BAIXA

Imagem 27 – Planta baixa técnica do caso 100



Fonte: Autor (2021)

## I.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

### I.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como levemente frio (-1), e de modo geral o avaliou a residência como levemente frio (-1) com exceção da noite de verão que votou em quente (+2).

O banheiro e a sala receberão o voto de levemente frio (-1) em todas as estações, igualmente nas horas do dia, o que indica um apartamento fresco no verão e não muito frio no inverno. A cozinha apresenta-se com um voto de neutralidade (0) durante o verão e levemente fria no inverno (-1).

A sala tem aberturas na fachada sul, o que é compatível com os votos de verão. No inverno, os ganhos solares são reduzidos devido à orientação, o que indica que o voto é relaciona com outros fatores. O inverno em Passo Fundo apresenta temperaturas baixas, o que indica que o apartamento deve ser operado com de maneira adequada para apresentar este voto de S-TVS, já que os votos são bastante superiores aos de outras unidades descritas nessa pesquisa. O nível de isolamento térmico das paredes atende com a NBR15220 e NBR15575.

A pouca variação entre os ambientes pode estar relacionada com as áreas de fachada externa, área de abertura e orientação, que são similares em todos os ambientes. Isso indicaria que as variações no ganho de calor interno (magnitude e variação temporal) não são determinantes do desempenho no caso desta unidade.

O fato de o ambiente ter desempenho idêntico de dia à de noite é peculiar, e pode ser atribuído a inercia proporcionada pelo tipo de construção, que impede altas temperaturas durante o dia no verão e temperaturas muito baixa a noite no inverno.

O quarto é o único ambiente da residência que apresenta votos de quente (+2) no verão , que pode estar influenciado pela insolação recebida, visto que a alvenaria externa juntamente com a janela posiciona-se ao sudoeste.

O voto da habitação como um todo no dia de verão é mais alinhado com a sala e banho, enquanto o voto noturno do verão é alinhado com o voto do quarto. Os votos do inverno se alinham com a residência como um todo.

Tabela 37 - resultado da simulação caso 100

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [100] |               |                  |              |           |                  |                |                  |              |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|-----------|------------------|----------------|------------------|--------------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |               |                  |              |           | Inverno [96dias] |                |                  |              |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec.        | Graus-hora / dia | Sub-Total    | S-TSV     | Resf.            | Aquec.         | Graus-hora / dia | Sub-Total    | S-TSV     |                    |
| Dia                      | Banho            | 5                | - 272         | - 3,1            | - 267        | -1        | 125              | - 111          | 1,4              | 14           | -1        | - 253              |
|                          | Sala             | 427              | - 269         | 4,8              | 158          | -1        | -                | - 1.664        | - 18,7           | - 1.664      | -1        | - 1.506            |
|                          | Cozinha          | 181              | - 162         | 2,0              | 19           | 0         | -                | - 1.098        | - 12,3           | - 1.098      | -1        | - 1.079            |
|                          | Quarto           | 14               | - 484         | - 5,4            | - 470        | +2        | 4                | - 288          | - 3,2            | - 284        | -1        | - 754              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | <b>627</b>       | <b>-1.187</b> |                  | <b>1.814</b> | <b>-1</b> | <b>129</b>       | <b>- 3.161</b> |                  | <b>3.290</b> | <b>-1</b> | <b>5.104</b>       |
| Noite                    | Banho            | -                | - 273         | - 3,1            | - 273        | -1        | 66               | - 101          | - 1,1            | - 35         | -1        | - 308              |
|                          | Sala             | 183              | - 540         | - 6,1            | - 357        | -1        | -                | - 1.349        | - 15,2           | - 1.349      | -1        | - 1.706            |
|                          | Cozinha          | 66               | - 135         | - 1,5            | - 69         | 0         | -                | - 876          | - 9,8            | - 876        | -1        | - 945              |
|                          | Quarto           | 19               | - 800         | - 9,0            | - 781        | +2        | 6                | - 286          | - 3,2            | - 280        | -1        | - 1.061            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | <b>268</b>       | <b>-1.748</b> |                  | <b>2.016</b> | <b>+2</b> | <b>72</b>        | <b>- 2.612</b> |                  | <b>2.684</b> | <b>-1</b> | <b>4.700</b>       |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | <b>895</b>       | <b>-2.935</b> |                  | <b>3.830</b> |           | <b>201</b>       | <b>- 5.773</b> |                  | <b>5.974</b> |           | <b>9.804</b>       |

Fonte: Autor (2021)

### I.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

Uma peculiaridade desta simulação: tanto o banho quanto a cozinha não recebem ventilação e iluminação natural direta, ambos tem suas janelas voltadas à área de serviço, por este fato foi considerado que a ventilação é bidirecional entre ambientes.

O banho, no verão não apresenta graus-hora de aquecimento. Porém de aquecimento apresenta dados próximos no montante de 272 e 273 graus-hora para o dia e noite, respectivamente, o que corresponde a 3,1 graus-hora/dia. No inverno ocorre a mesma condição, porém com 125 e 66 graus-hora de resfriamento contra 111 e 101 graus-hora de aquecimento para o dia e noite, respectivamente. Fato esse que pode estar relacionado à inércia das alvenarias externas aliadas ao fato deste ambiente não ter paredes externas e todo o ar que adentra o ambiente seja proveniente de outro que, no inverno, o aqueça antes. Um fato simbólico é o banho apresentar temperatura superior no dia de inverno que no verão.

Na cozinha durante o dia de verão, apresentam dados de 181 e 162 graus-hora de aquecimento e resfriamento, fluando entre as necessidades, gerando um total de 2 graus-hora/dia de resfriamento, enquanto a noite ocorre uma inversão onde os graus-hora de aquecimento são superiores ao resfriamento, gerando 1,5

195 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

graus-hora/dia. No inverno, este ambiente não apresentou dados de resfriamento, gerando um total de 12,3 graus-hora/dia para o dia de inverno e 9,8 graus-hora/dia para a noite de aquecimento.

A sala, ambiente com maior área exposta para o sudeste e esquadria voltada a sudoeste, durante o dia de verão necessita de 427 graus-hora de resfriamento enquanto que para aquecimento á uma redução para 269 graus-hora, gerando assim 4,8 graus-hora/dia. A noite ocorre a inversão, onde o valor para aquecimento é 6,1 graus-hora/dia. No inverno de dia apresenta os maiores valores de aquecimento totalizando 18,7 e 15,2 graus-hora/dia para o dia e noite, respectivamente. Quando analisamos o aumento entre as estacoes vemos que durante o dia há um aumento considerável superior a 380% e passando de resfriamento para aquecimento, enquanto à noite o aumento não passa dos 250% mantendo o aquecimento. Fato esse pode ser causado pela inercia e tipo de construção.

O quarto é um ambiente que esta com sua única parede externa voltada para o sudoeste, e protegida lateralmente pela edificação lindeira, apresenta necessidade de resfriamento tanto de dia quanto a noite, e tanto no verão quanto inverno. O quarto apresenta durante o dia de inverno 3,2 graus-hora/dia de aquecimento e a noite se mantem esse valor. No verão apresenta dados maiores de graus-hora/dia, de dia 5,4 e a noite, que são mais fria, 9,0 graus-hora/dia. Dados que corroboram com o tipo de construção, sombreamento e uso do ambiente.

### I.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

O voto apresentado de levemente frio (-1) em quase todas as situações e recintos. Os resultados das simulações mostram necessidade de aquecimento entre 1,1 a 18,7 graus-hora/dia. Como o voto não apresenta variação é inadequado traçar correlações. Contudo, é possível concluir que, no caso dessa habitação, valores entre 4,8 (resfriamento) e 18,7 (aquecimento) graus-hora/dia, independente da estação e do período do dia, estão associados a o voto sazonal de levemente frio na percepção deste usuário. Podemos afirmar que, durante a noite de inverno, aumento

196 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

de 14,1 graus-hora/dia, nos ambientes críticos, não é suficiente para alterar o voto sazonal.

Se analisarmos o inverno em relação ao verão, onde o número de graus-hora de aquecimento é 2 a 3,9 vezes maior de desconforto, porém o voto permanece inalterado.

O voto de neutro de dia e a noite do mesmo ambiente para graus-hora de resfriamento e aquecimento não se altera. O mesmo ocorre na sala no verão, como voto de levemente frio.

#### I.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Considerando o dado relativo ao início da noite na sala (entre 18 e 23 da noite), temos 108 graus-horas de aquecimento, o que gera 1,2 graus-hora/dia. Isso pode indicar que a análise do voto sazonal em relação aos graus-hora deve usar apenas o período do começo da noite na sala. Durante o dia não se torna relevante essa mudança. No inverno e a noite essa mudança impacta os graus-hora/dia tendo uma redução superior a 50%.

No verão e a noite na cozinha ocorre uma redução do aquecimento de 1,5 graus-hora/dia para 0,7 graus-hora/dia de resfriamento, indicando que a análise do voto sazonal em relação aos graus-hora deve usar apenas o período do começo da noite. No inverno a redução dos graus-hora/dia de aquecimento é entorno de 50%, corroborando com o verão.

Tabela 38 - Resultado revisto da simulação caso 100

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [100] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 5                | - 139  | - 1,6            | - 134     | -1    | 120              | - 88    | 1,3              | 32        | -1    | - 102              |
|                          | Sala             | 367              | - 97   | 4,1              | 270       | -1    | -                | - 1.344 | - 15,1           | - 1.344   | -1    | - 1.074            |
|                          | Cozinha          | 173              | - 79   | 1,9              | 94        | 0     | -                | - 897   | - 10,1           | - 897     | -1    | - 803              |
|                          | Quarto           | 3                | - 227  | - 2,6            | - 224     | +2    | 4                | - 237   | - 2,7            | - 233     | -1    | - 457              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 548              | - 542  |                  | 1.090     | -1    | 124              | - 2.566 |                  | 2.690     | -1    | 3.780              |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | -                | - 41   | - 0,5            | - 41      | -1    | 35               | - 47    | - 0,5            | - 12      | -1    | - 53               |
|                          | Sala             | 72               | - 108  | - 1,2            | - 36      | -1    | -                | - 575   | - 6,5            | - 575     | -1    | - 611              |
|                          | Cozinha          | 63               | - 10   | 0,7              | 53        | 0     | -                | - 400   | - 4,5            | - 400     | -1    | - 347              |
|                          | Quarto           | 2                | - 170  | - 1,9            | - 168     | +2    | 4                | - 142   | - 1,6            | - 138     | -1    | - 306              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 137              | - 329  |                  | 466       | +2    | 39               | - 1.164 |                  | 1.203     | -1    | 1.669              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 685              | - 871            |        | 1.556            |           | 163   | - 3.730          |         | 3.893            |           | 5.449 |                    |

Fonte: Autor (2021)

## I.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser levemente fresco no verão, tanto de dia como de noite;
- É possível um apartamento levemente frio no inverno em passo fundo, tanto noite como dia, nos ambientes de permanência prolongada;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 0,5 a 1,2 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 0,5 a 6,5 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 2,7 a 15,1 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 1,6 (aquecimento) a 4,1 (resfriamento) (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.

- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

## APÊNDICE J.- RELATÓRIO DO CASO 108

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 28 - Localização da edificação 047



Fonte: Google (2021)

### J.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 5 pessoas residentes fixos.

### J.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Garagem, depósito e afins.

As paredes internas têm a espessura de 16cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.067W/(m^2.K)$ .



200 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

As paredes externas têm a espessura de 16cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.067W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### J.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### J.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e forro em laje de concreto maciça.

##### J.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de outro, caixilho de aço e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor média. A porcentagem de abertura de até 25%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distânciabrise horizontal fixo, ângulo de 30°

#### J.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### J.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de basculante, caixilho de aço e vidros do tipo jateado ou fantasiaconta com uma proteção interna de cortina na cor clara A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 2 e 5 metros de distânciabrise horizontal fixo, ângulo de 30°.

#### J.3.03 QUARTO 2

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

201 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

#### J.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de outro, caixilho de aço e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor média. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros.

#### J.3.04 BANHEIRO 1

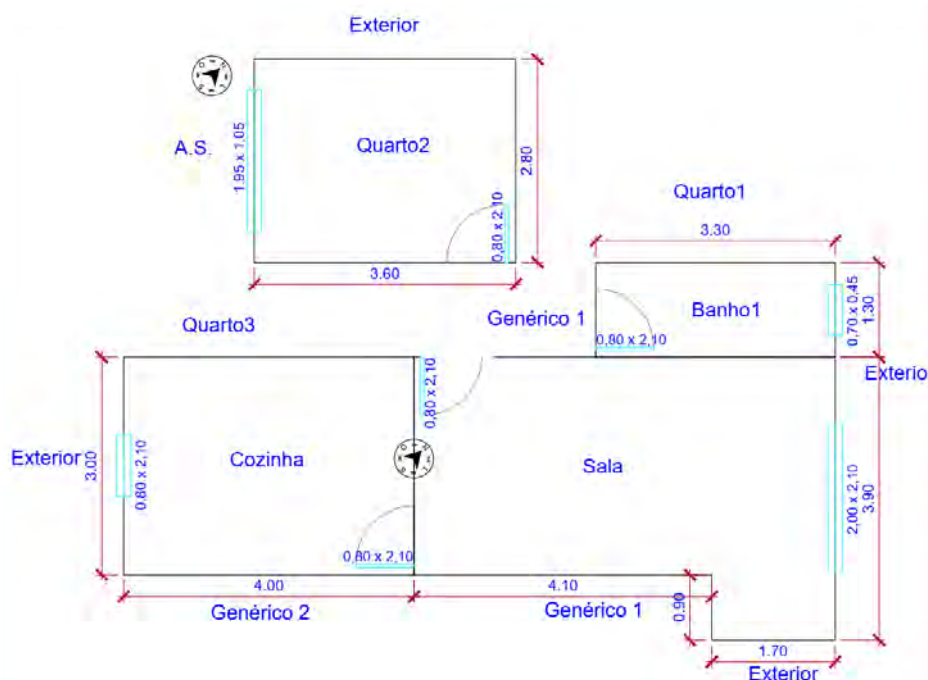
Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

#### J.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de maxim-ar, caixilho de alumínio e vidros do tipo jateado ou fantasia, com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 75%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distânciabrise horizontal fixo, ângulo de 30°.

#### J.4 PLANTA BAIXA

Imagem 29 – Planta baixa técnica do caso 108



Fonte: Autor (2021)

#### J.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

##### J.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como levemente frio (-1), de modo geral o inverno foi considerado frio (-2) e o verão de dia quente (+2) e a noite como neutro (0).

O banheiro recebeu um voto de levemente frio em todas as situações. Muito provável pela sua pouca área de paredes externas e por ter sua janela voltada ao nordeste.

A sala, ambiente considerado quente durante os dias de verão e neutro à noite, o que demonstra uma perda de calor para o ambiente externo, auxiliado pela porta-janela composta de vidros simples. No inverno este ambiente recebeu o voto como frio, corroborando com a ideia de que a esquadria ajuda a fuga do calor

203 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

interno. Comparando as noites de verão e inverno, notamos que o ambiente se torna mais frio no inverno, como esperado, considerando a inercia apresentadas pelas paredes e a grande área exposta e sua abertura, porem quando comprado o dia, nota-se que o voto passou de quente (+2) para frio (-1).

A cozinha no verão de dia apresenta um voto de quente, o que pode ser causado pela orientação solar da parede exposta juntamente com sua ligação com o ambiente externo por uma porta. A noite este ambiente recebeu o voto de neutro, indicando que o calor sentido durante o dia possa estar sendo exaurido pela ventilação. No dia de inverno a cozinha recebeu o voto de frio, possivelmente causado pela porta de acesso ao exterior da edificação, e a noite levemente fria. Os votos da sala se repetem na cozinha, indicando uma ligação entre eles, à única diferença é o voto da noite de inverno que pode estar relacionado com o uso dado à cozinha.

O quarto foi considerado quente no verão e frio no inverno, o que pode ser causado pela baixa inercia associado às grandes aberturas compostas de vidros fios transparentes. Quando comparados os votos do verão com inverno, percebe-se que essa mudança se apresenta na mesma proporção.

Tabela 39 - resultado da simulação caso 108

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [108] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |         | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|---------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       |         |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |         |                    |
| Dia                      | Banho            | 179              | - 173  | 2,0              | 6         | -1    | 22               | - 513   | - 5,8            | - 491     | -1    | - 485   |                    |
|                          | Sala             | 360              | - 449  | - 5,0            | - 89      | +2    | 16               | - 504   | - 5,7            | - 488     | -2    | - 577   |                    |
|                          | Cozinha          | 124              | - 584  | - 6,6            | - 460     | +2    | 31               | - 438   | - 4,9            | - 407     | -2    | - 867   |                    |
|                          | Quarto           | 107              | - 143  | - 1,6            | - 36      | +2    | 11               | - 580   | - 6,5            | - 569     | -2    | - 605   |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 770              | -1.349 |                  | 2.119     | +2    | 80               | - 2.035 |                  | 2.115     | -2    | 4.234   |                    |
| Noite                    | Banho            | 181              | - 101  | 2,0              | 80        | -1    | 22               | - 475   | - 5,3            | - 453     | -1    | - 373   |                    |
|                          | Sala             | 146              | - 813  | - 9,1            | - 667     | 0     | 40               | - 445   | - 5,0            | - 405     | -2    | - 1.072 |                    |
|                          | Cozinha          | 97               | -1.078 | - 12,1           | - 981     | 0     | 70               | - 384   | - 4,3            | - 314     | -1    | - 1.295 |                    |
|                          | Quarto           | 256              | - 41   | 2,9              | 215       | +2    | 14               | - 500   | - 5,6            | - 486     | -2    | - 271   |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 680              | -2.033 |                  | 2.713     | 0     | 146              | - 1.804 |                  | 1.950     | -2    | 4.663   |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 1.450            | -3.382           |        | 4.832            |           | 226   | - 3.839          |         | 4.065            |           | 8.897 |         |                    |

Fonte: Autor (2021)

### J.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

Com exceção a cozinha, os outros ambientes apresentam um equilíbrio entre aquecimento e resfriamento.

O banho apresenta, durante o dia de verão, 179 graus-hora de resfriamento e 173 de aquecimento, demonstrando que é um ambiente de grande troca de calor com o exterior. À noite mantem a mesma flutuação entre resfriamento e aquecimento, gerando 2,0 graus-hora/dia para aquecimento em ambas as situações. No inverno se mantem a mesma proporção de dia e noite, porem para aquecimento, ficando em 5,8 e 5,3 graus-hora/dia para dia e noite. Quando observado a relação de necessidade de verão para inverno, vemos que a relação se repete entre os dias e as noites.

O quarto, de dia no verão, apresenta valores de 107 graus-hora para resfriamento e 143 graus-hora para aquecimento, sendo 250 graus-hora de desconforto para 89 dias no total, gerando 2,8 graus-hora/dia. A noite este ambiente apresenta um resfriamento muito superior a aquecimento, na ordem de 256 para 41, gerando 2,9 graus-hora/dia de resfriamento. No inverno o aquecimento prevalece,

tanto de dia quanto a noite, sendo 6,5 e 5,6 graus-hora/dia respectivamente. Quando observamos a mudança do dia de verão para o de inverno, vemos que passa de 1,6 graus-hora/dia de aquecimento para 6,5 graus-hora/dia de aquecimento, praticamente o mesmo desempenho a noite, passando de 2,9 graus-hora/dia de resfriamento para 5,6 graus-hora/dia de aquecimento.

A sala e cozinha são ambientes que tem seus dados praticamente iguais, indicando um contato entre os ambientes. No verão a sala e cozinha apresentam 5 e 6,6 graus-hora/dia de aquecimento, a diferença esta relacionada ao uso dado ao ambiente, à noite apresentam 9,1 e 12,1 graus-hora/dia de aquecimento. No inverno ocorre o mesmo, durante o dia apresentam valores de 5,7 e 4,9 graus-hora/dia de aquecimento e a noite passa para 5,0 e 4,3, tendo uma redução, tal qual ocorre com o verão. Um fato peculiar, à noite no verão á um aumento da necessidade de aquecimento e no inverno á uma redução.

#### J.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

Para o banho, o voto não muda, mesmo os dados de graus-hora/dia diferentes para cada estação, indicando que o voto é influenciado pelo clima, temperatura externa, vestimenta e uso do ambiente.

A sala, enquanto apresenta 5 graus-hora/dia de aquecimento é considerada quente (+2) a noite recebe o voto de neutra para um valor de 9,1 graus-hora/dia de aquecimento. Durante o dia de inverno o voto para esse ambiente é de frio (-2) e 5,7 graus-hora/dia de aquecimento, o que se mantem para a noite onde apresenta 5 graus-hora/dia de aquecimento.

A cozinha que apresenta dados de 6,6 graus-hora/dia de aquecimento para um voto de quente (+2) à noite para 12,1 graus-hora/dia de aquecimento o voto passou para neutro (0), demonstrando que o uso influencia no voto. No inverno, onde o ambiente passa d frio (-2) de dia, para levemente frio (-1) à noite tendo 4,9 e 4,3 graus-hora/dia de aquecimento , respectivamente, indicam que o voto tem uma forte ligação com o clima externo.

O quarto que é considerado quente (+2) no verão, apresentando 1,6 graus-hora/dia de aquecimento de dia e 2,9 graus-hora/dia de resfriamento à noite,

206 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

demonstrando que essa pequena alteração entre graus-hora/dia não é suficiente impactante para alterar o voto. No inverno este ambiente é considerado frio (-2) tanto de dia quando a noite, e apresenta graus-hora/dia próximos, 6,5 de dia e 5,6 graus-hora/dia de aquecimento à noite, provando que essa mudança não é significativa para mudar o voto.

#### J.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

A sala, que antes de rever os horários de uso apresentou 5,0 graus-hora/dia de aquecimento para um voto de quente (+2) passou a apresentar 3,5 graus-hora/dia de resfriamento, mais condizente com o voto. À noite quando o voto se tornou neutro (0), considerando somente o horário das 18 às 23h de uso da sala apresentam 1,7 graus-hora/dia de aquecimento no verão. No inverno essa mudança não é expressiva suficiente, passando de 5,7 para 4,6 graus-hora/dia durante o dia e a noite 5,0 para 2,3 graus-hora/dia, para o mesmo voto de frio (-2). Quando alterado o horário, nota-se que a necessidade da sala se altera, provando que o voto depende do horário de uso dos ambientes.

A cozinha, o voto de quente esta mais ligada aos dados não revistos pois apossa revisão a cozinha apresentou 3,0 graus-hora/dia de aquecimento para um voto de quente (+2). À noite o voto de nulo se aproxima mais dos dados revistos sendo

Tabela 40 - Resultado revisto da simulação caso 108

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [108] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       |       |                    |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |       |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 178              | - 99   | 2,0              | 79        | -1    | 19               | - 420   | 4,7              | 401       | -1    | 322   |                    |
|                          | Sala             | 309              | - 172  | 3,5              | 137       | +2    | 14               | - 410   | 4,6              | 396       | -2    | 259   |                    |
|                          | Cozinha          | 81               | - 265  | 3,0              | 184       | +2    | 26               | - 361   | 4,1              | 335       | -2    | 519   |                    |
|                          | Quarto           | 104              | - 105  | 1,2              | 1         | +2    | 8                | - 487   | 5,5              | 479       | -2    | 480   |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 672              | - 641  |                  | 1.313     | +2    | 67               | - 1.678 |                  | 1.745     | -2    | 3.058 |                    |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 147              | - 5    | 1,7              | 142       | -1    | 10               | - 229   | 2,6              | 219       | -1    | 77    |                    |
|                          | Sala             | 67               | - 148  | 1,7              | 81        | 0     | 21               | - 203   | 2,3              | 182       | -2    | 263   |                    |
|                          | Cozinha          | 30               | - 236  | 2,7              | 206       | 0     | 34               | - 183   | 2,1              | 149       | -1    | 355   |                    |
|                          | Quarto           | 214              | - 1    | 2,4              | 213       | +2    | 5                | - 243   | 2,7              | 238       | -2    | 25    |                    |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 458              | - 390  |                  | 848       | 0     | 70               | - 858   |                  | 928       | -2    | 1.776 |                    |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 1.130            | -1.031           |        | 2.161            |           | 137   | - 2.536          |         | 2.673            |           | 4.834 |       |                    |

Fonte: Autor (2021)

## J.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento ter ambientes neutros no verão a noite;
- Para noites de verão, tem votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 1,7 a 2,7 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 2,1 a 2,6 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de frio (-2) para graus-hora de 2,3 a 2,7 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de frio (-2) para graus-hora de 4,1 a 5,5 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de quente (+2) para graus-hora de 3,0 (aquecimento) a 3,5 (resfriamento) (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É



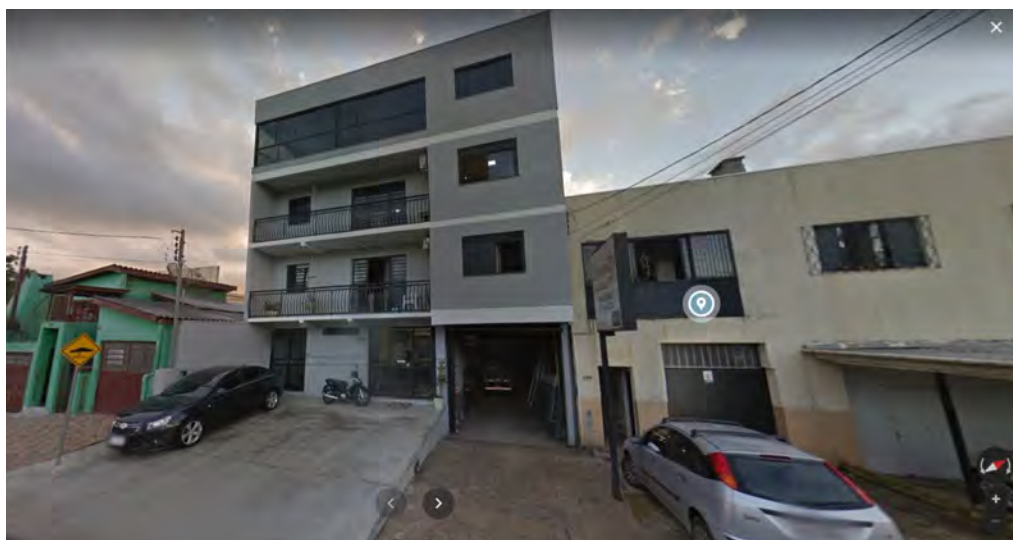
recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.

- Os dados dos demais recintos (sala e cozinha) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.
- O voto é influenciado pelo clima, uso e vestimenta;

## APÊNDICE K.- RELATÓRIO DO CASO 119

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 30 - Localização da edificação 119



Fonte: Google (2021)

### K.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 3 pessoas residentes fixos.

### K.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Porão.

As paredes internas têm a espessura de 17cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.972W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 17cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.972W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### K.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### K.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e forro em gesso.

##### K.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de outro, caixilho de aço e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de persiana vertical na cor escura. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um brise horizontal fixo, ângulo de 30°

#### K.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

##### K.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo com película clara (verde, cinza clara) conta com uma proteção interna de persiana vertical. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### K.3.03 QUARTO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

##### K.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de outro, caixilho de aço e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor escura. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### K.3.04 BANHEIRO 1

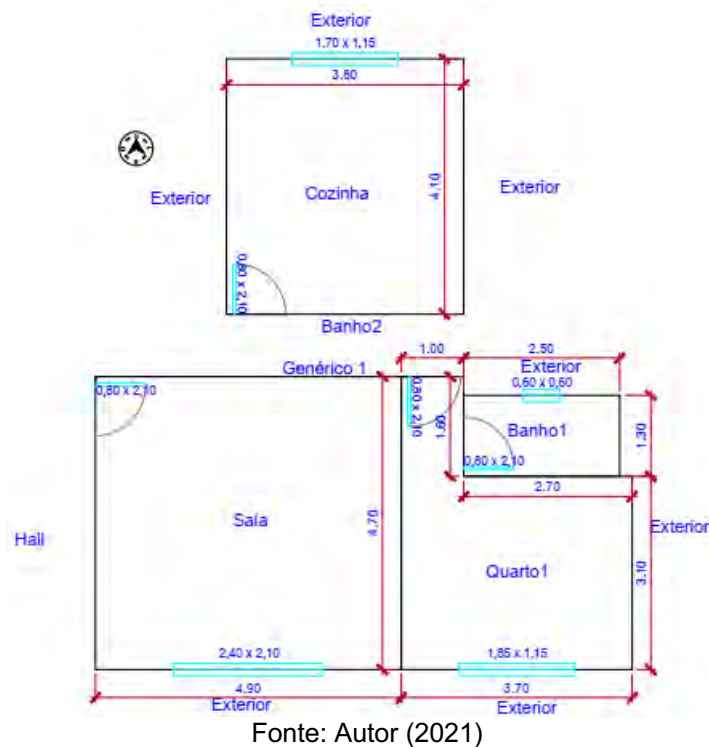
Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

#### K.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr 4 folhas vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo com película clara (verde, cinza clara), com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 75%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros.

### K.4 PLANTA BAIXA

Imagem 31 – Planta baixa técnica do caso 119



### K.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

#### K.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como Neutro (0), o dia e noite de verão as considerados quentes (+2) e os dias e noites de inverno levemente frios (-1). Como toda a residência foi considerada da mesma forma, não sendo coerente traçar uma tendência por ter sempre os mesmos votos.

212 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

Os ambientes foram considerados quentes durante o verão, tanto de dia quanto a noite, pode ser uma ocorrência da inércia das alvenarias externas e internas, e a baixa obstrução ocasionada pelas edificações lindeiras. No inverno os ambientes foram considerados levemente frios (-1) o que pode estar relacionado com a inércia dos ambientes lindeiros, visto que ambos servem de isolantes.

Tabela 41 - resultado da simulação caso 119

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [119] |        |                  |           |           |                  |          |                  |           |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|----------|------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |          |                  |           |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |                    |
| Dia                      | Banho            | 377              | - 27   | 4,2              | 350       | +2        | 5                | - 2.878  | - 32,3           | - 2.873   | -1        | - 2.523            |
|                          | Sala             | 429              | - 115  | 4,8              | 314       | +2        | 2                | - 2.882  | - 32,4           | - 2.880   | -1        | - 2.566            |
|                          | Cozinha          | 625              | - 17   | 7,0              | 608       | +2        | -                | - 2.922  | - 32,8           | - 2.922   | -1        | - 2.314            |
|                          | Quarto           | 284              | - 50   | 3,2              | 234       | +2        | 4                | - 3.034  | - 34,1           | - 3.030   | -1        | - 2.796            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.715            | - 209  |                  | 1.924     | <b>+2</b> | 11               | - 11.716 |                  | 11.727    | <b>-1</b> | 13.651             |
| Noite                    | Banho            | 392              | - 38   | 4,4              | 354       | +2        | -                | - 2.563  | - 28,8           | - 2.563   | -1        | - 2.209            |
|                          | Sala             | 301              | - 328  | - 3,7            | 27        | +2        | -                | - 2.440  | - 27,4           | - 2.440   | -1        | - 2.467            |
|                          | Cozinha          | 520              | - 47   | 5,8              | 473       | +2        | -                | - 2.407  | - 27,0           | - 2.407   | -1        | - 1.934            |
|                          | Quarto           | 265              | - 93   | 3,0              | 172       | +2        | -                | - 2.537  | - 28,5           | - 2.537   | -1        | - 2.365            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.478            | - 506  |                  | 1.984     | <b>+2</b> | -                | - 9.947  |                  | 9.947     | <b>-1</b> | 11.931             |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 3.193            | - 715  |                  | 3.908     |           | 11               | - 21.663 |                  | 21.674    |           | 25.582             |

Fonte: Autor (2021)

#### K.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

O banho no verão tanto de dia quanto a noite, apresenta baixos valores de graus-hora de aquecimento, sendo insignificantes quando comparados com o resfriamento. Durante o dia há 4,2 graus-hora/dia de resfriamento e a noite sobe para 4,4 graus-hora/dia, o que corresponde a, durante o dia ou noite de verão, uma temperatura de 26°C por 5 horas aproximadamente. No inverno há uma grande necessidade de aquecimento, visto que este ambiente não recebe insolação direta e este fortemente isolado pelos ambientes lindeiros. O resultado indica 32,3 graus-hora/dia de aquecimento necessário e a noite 28,8 graus-hora/dia, que corresponde a uma temperatura constante média, durante todos os dias de inverno, de 18°C e a noite de 19°C.

O quarto e cozinha apresentam os mesmos dados, com pequena variação entre eles o banho discutido acima.

A sala, por ter uma abertura externa, conseqüentemente uma troca maior difere dos outros ambientes na parte da noite. Durante a noite de verão, a sala apresenta 301 graus-hora de resfriamento e 328 graus-hora de aquecimento totalizando 3,7 graus-hora/dia de aquecimento, único ambiente de permanência prolongada que difere dos demais no verão, ou seja, durante 4 horas do dia este ambiente estaria com uma temperatura de 20°C aproximadamente. À noite no inverno este ambiente se comporta de forma idêntica aos outros.

#### K.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

A configuração deste apartamento proporciona no verão ambientes com temperatura acima do limite de conforto na maior parte do tempo e no inverno ambientes que necessitam de aquecimento.

A mudança ocorrida na cozinha de 7 graus-hora/dia de dia no verão para 5,8 graus-hora/dia à noite, uma mudança de aproximadamente 17%, não foi suficiente para alterar o voto de quente (+2). Na sala a mudança de 4,8 graus-hora/dia de resfriamento para 3,7 graus-hora/dia de aquecimento, uma alteração de 8,5 graus-hora/dia não foi suficientemente significativa para alterar o voto de quente (+2).

#### K.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Considerando os valores revistos dentro dos horários previamente estipulados, podemos perceber que a sala, único ambiente de que necessitava aquecimento no verão, passa a apresentar dados de resfriamento, Isso pode indicar que a análise do voto sazonal em relação aos graus-hora deve usar apenas o período do começo da noite na sala.

Os outros ambientes apresentaram dados semelhantes à simulação com todo o horário.

Tabela 42 - Resultado revisto da simulação caso 119

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [119] |        |                  |           |           |                  |          |                  |           |           |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-----------|------------------|----------|------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |           | Inverno [96dias] |          |                  |           |           | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV     |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 365              | - 15   | 4,1              | 350       | +2        | 5                | - 2.350  | - 26,4           | - 2.345   | -1        | - 1.995            |
|                          | Sala             | 374              | - 42   | 4,2              | 332       | +2        | 2                | - 2.355  | - 26,5           | - 2.353   | -1        | - 2.021            |
|                          | Cozinha          | 610              | - 6    | 6,9              | 604       | +2        | -                | - 2.368  | - 26,6           | - 2.368   | -1        | - 1.764            |
|                          | Quarto           | 261              | - 19   | 2,9              | 242       | +2        | 4                | - 2.515  | - 28,3           | - 2.511   | -1        | - 2.269            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.610            | - 82   |                  | 1.692     | <b>+2</b> | 11               | - 9.588  |                  | 9.599     | <b>-1</b> | 11.291             |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 334              | - 3    | 3,8              | 331       | +2        | -                | - 1.226  | - 13,8           | - 1.226   | -1        | - 895              |
|                          | Sala             | 131              | - 92   | 1,5              | 39        | +2        | -                | - 1.113  | - 12,5           | - 1.113   | -1        | - 1.074            |
|                          | Cozinha          | 468              | - 6    | 5,3              | 462       | +2        | -                | - 1.055  | - 11,9           | - 1.055   | -1        | - 593              |
|                          | Quarto           | 180              | - 21   | 2,0              | 159       | +2        | -                | - 1.222  | - 13,7           | - 1.222   | -1        | - 1.063            |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.113            | - 122  |                  | 1.235     | <b>+2</b> | -                | - 4.616  |                  | 4.616     | <b>-1</b> | 5.851              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.723            | - 204  |                  | 2.927     |           | 11               | - 14.204 |                  | 14.215    |           | 17.142             |

Fonte: Autor (2021)

## K.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser levemente fresco no inverno, tanto de dia como de noite;
- É possível um apartamento quente no verão em Passo Fundo, tanto noite como dia, nos ambientes de permanência prolongada;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de quente (+2) para graus-hora/dia de 1,5 a 3,8 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 11,9 a 13,8 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 26,4 a 28,3 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de quente (+2) para graus-hora de 2,9 a 6,9 (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É

recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.

- Os dados dos demais recintos (cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.



## APÊNDICE L.- RELATÓRIO DO CASO 128

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 32 - Localização da edificação 128



Fonte: Google (2021)

### L.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 2 pessoas residentes fixos.

### L.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

As paredes externas têm a espessura de 20cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $1.733W/(m^2.K)$ .

217 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### L.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### L.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e forro em gesso.

##### L.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor escura. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metrosbrise horizontal fixo, ângulo de 30°

#### L.3.02 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

##### L.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### L.3.03 QUARTO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

##### L.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%.

#### L.3.04 BANHEIRO 1

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em gesso.

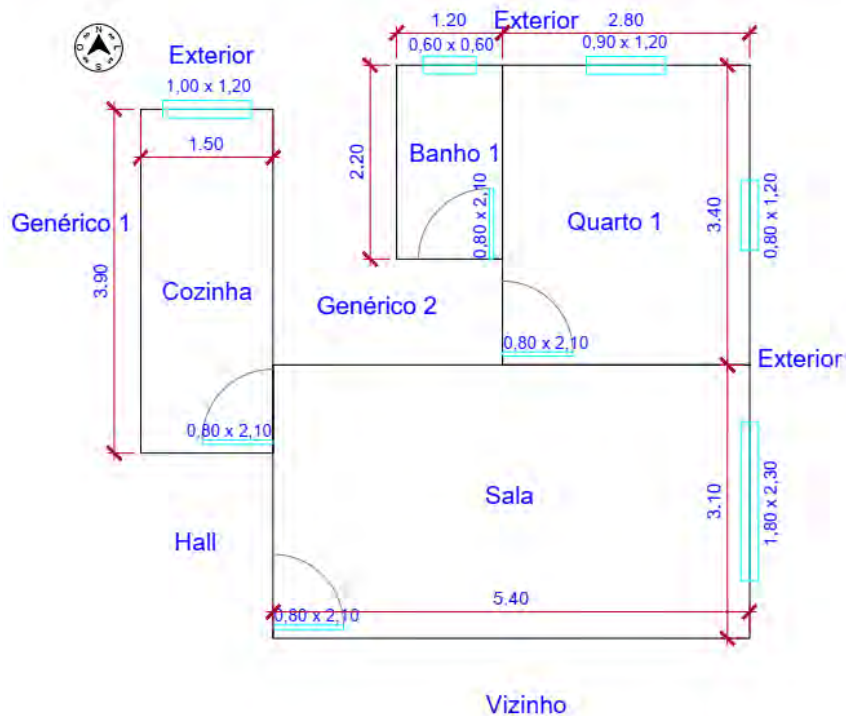
##### L.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de maxim-ar, caixilho de alumínio e vidros do tipo jateado ou fantasia, com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 75%.

O apartamento tem sua fachada sul protegida pelo vizinho. A abertura da sala, uma porta-janela que ocupa uma grande parte da alvenaria externa, está voltado ao leste e recebe a insolação na parte da manhã. O quarto tem duas janelas uma a leste e outra a norte, recebendo insolação por grande parte do dia.

#### L.4 PLANTA BAIXA

Imagem 33 – Planta baixa técnica do caso 128



Fonte: Autor (2021)

#### L.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

##### L.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como Neutro (0). No verão a residência é considerada neutra (0). No dia de inverno a residência é considerada levemente fria (-1) e a noite fria (-2).

A sala e cozinha é considerada neutra tanto no inverno quanto verão.

O quarto é considerado neutro na maior parte do tempo, com exceção da noite de inverno, que foi considerado levemente frio (-1)

O banho é considerado neutro (0) no verão e levemente frio (-1) no inverno, o que pode estar ligado pelo uso e vestimenta, porem como há uma mudança do

220 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

inverno para o verão, o voto esta ligado ao ambiente externo, indicando que o voto é adaptativo.

A cozinha, que é considerado um ambiente estável durante todo o tempo, recebendo voto de neutro (0). A fachada deste ambiente é voltado ao norte e as outras alvenarias de fechamento é resguardada por outros ambientes.

O apartamento tem sua fachada sul protegida pelo vizinho. A abertura da sala, uma porta-janela que ocupa uma grande parte da alvenaria externa, está voltado ao leste e recebe a insolação na parte da manhã. O quarto tem duas janelas uma a leste e outra a norte, recebendo insolação por grande parte do dia.

Tabela 43 - resultado da simulação caso 128

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [128] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia                      | Banho            | 270              | - 210  | 3,0              | 60        | 0     | 19               | - 722   | - 8,1            | - 703     | -1    | 643                |
|                          | Sala             | 211              | - 341  | - 3,8            | - 130     | 0     | 9                | - 714   | - 8,0            | - 705     | 0     | 835                |
|                          | Cozinha          | 280              | - 238  | 3,1              | 42        | 0     | 18               | - 605   | - 6,8            | - 587     | 0     | 545                |
|                          | Quarto           | 384              | - 140  | 4,3              | 244       | 0     | 7                | - 934   | - 10,5           | - 927     | 0     | 683                |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.145            | - 929  |                  | 2.074     | 0     | 53               | - 2.975 |                  | 3.028     | -1    | 5.102              |
| Noite                    | Banho            | 222              | - 133  | 2,5              | 89        | 0     | 16               | - 642   | - 7,2            | - 626     | -1    | 537                |
|                          | Sala             | 165              | - 581  | - 6,5            | - 416     | 0     | 25               | - 584   | - 6,6            | - 559     | 0     | 975                |
|                          | Cozinha          | 169              | - 234  | - 2,6            | - 65      | 0     | 33               | - 513   | - 5,8            | - 480     | 0     | 545                |
|                          | Quarto           | 337              | - 76   | 3,8              | 261       | 0     | 5                | - 776   | - 8,7            | - 771     | -1    | 510                |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 893              | -1.024 |                  | 1.917     | 0     | 79               | - 2.515 |                  | 2.594     | -2    | 4.511              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.038            | -1.953 |                  | 3.991     |       | 132              | - 5.490 |                  | 5.622     |       | 9.613              |

Fonte: Autor (2021)

## L.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

No quarto, durante o dia, há uma variação de aproximadamente 500 graus-hora, prevalecendo o resfriamento em 4,3 graus-hora/dia. À noite a diferença de graus-hora mantém-se gerando 3,8 graus-hora/dia de resfriamento. No inverno a necessidade de aquecimento é muito superior a de resfriamento, sendo 934 graus-hora de aquecimento, gerando 10,5 graus-hora/dia. A noite ocorre uma redução de graus-hora passando ter 776 graus-hora e 8,7 graus-hora/dia. O resfriamento é quase nulo no inverno. Quando comparado o verão e inverno, além da inversão

entre resfriamento e aquecimento, há um aumento de 2,4 vezes maior graus-hora/dia, a noite ocorre um aumento aproximadamente igual.

A sala, em todas as simulações apresentou necessidade de aquecimento. No verão de dia ocorre uma flutuação entre 211 graus-hora de resfriamento a 341 graus-hora, resultando em 3,8 graus-hora/dia de aquecimento, à noite esse dado passa a serem 6,5 graus-hora/dia, praticamente o mesmo que a noite de inverno, onde a necessidade é 6,6 graus-hora/dia. No dia de inverno ocorre um aumento, passando a 8,0 graus-hora/dia. Enquanto de dia ocorre um aumento de 200% entre o inverno e o verão, a noite permanece o mesmo. Fato esse pode ser explicado pela posição solar da abertura e pela insolação, associado à inercia das alvenarias internas e externas.

Na cozinha, igualmente a sala, é um ambiente que necessita de aquecimento na maior parte do tempo da simulação, com exceção do dia de verão onde apresenta dados de 280 de resfriamento e 238 graus-hora de aquecimento, gerando 3,1 graus-hora/dia de resfriamento. À noite no verão esse valor reduz para 2,6 graus-hora/dia de aquecimento. No inverno a necessidade de aquecimento é praticamente constante entre o dia e noite, passando de 6,8 de dia para 5,8 graus-hora/dia à noite, o que indica um ambiente bem projetado e operado.

O banho é um ambiente diferenciado, pelo seu uso, porem manteve-se praticamente constante os valores de aquecimento e resfriamento durante o verão, onde apresenta dados de 270 e 210 graus-hora de resfriamento e aquecimento, prevalecendo o resfriamento. A noite há uma redução desses valores passando a 222 e 133 graus-hora de resfriamento e aquecimento, prevalecendo o resfriamento novamente, gerando 3,0 e 2,5 graus-hora/dia de resfriamento. No inverno o aquecimento rege o ambiente, sendo necessários 8,1 e 7,2 graus-hora/dia de aquecimento. O aumento de graus-hora/dia durante o dia é na ordem de 267% e a noite de 289%, condizente com a operação do ambiente e uso do mesmo.

### L.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

Se analisarmos o inverno em relação ao verão, onde o numero de graus-hora/dia de aquecimento é igual ou até 6,7 vezes maior de desconforto, porem o

voto permanece inalterado. Isso pode refletir que o voto sazonal é dependente das condições climáticas externas, sugerindo um grau de adaptação ou de revisão das expectativas de conforto.

Os votos do banho de levemente frio (-1) no inverno, apresentam graus-hora/dia de 7,2 a 8,1 graus-hora/dia de aquecimento, sendo esses resultados menores que os apresentados em outros ambientes da mesma residência onde o voto foi de neutro (0), demonstrando que o voto está fortemente associado ao uso e vestimenta.

#### L.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Considerando o dado relativo ao dia na sala (entre 8 e 18 da noite), temos 150 graus-horas de resfriamento e de aquecimento, demonstrando um ambiente, no somatório, que esteja neutro de dia no verão. Considerando o início da noite na sala (entre 18 e 23 da noite), temos 73 graus-horas de resfriamento, contra os 165 graus-hora do horário não revisto. O aquecimento, que estava em 581 graus-hora, passou para 99 graus-hora, uma redução de 80%, indicando que o horário que mais perde energia é na madrugada que, em teoria, ninguém está usando a sala. Isso pode indicar que a análise do voto sazonal em relação aos graus-hora deve usar apenas o período do começo da noite na sala, corroborando com o voto.

A noite no inverno ocorre uma redução dos graus-hora/dia superior a 50% passando a serem necessários 2,9 graus-hora/dia de aquecimento.

Tabela 44 - Resultado revisto da simulação caso 128

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [128] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 260              | - 115  | 2,9              | 145       | 0     | 18               | - 585   | - 6,6            | - 567     | -1    | 422                |
|                          | Sala             | 150              | - 150  | - 1,7            | -         | 0     | 8                | - 578   | - 6,5            | - 570     | 0     | 570                |
|                          | Cozinha          | 257              | - 111  | 2,9              | 146       | 0     | 16               | - 489   | - 5,5            | - 473     | 0     | 327                |
|                          | Quarto           | 373              | - 79   | 4,2              | 294       | 0     | 7                | - 769   | - 8,6            | - 762     | 0     | 468                |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.040            | - 455  |                  | 1.495     | 0     | 49               | - 2.421 |                  | 2.470     | -1    | 3.965              |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 192              | - 9    | 2,2              | 183       | 0     | 8                | - 306   | - 3,4            | - 298     | -1    | 115                |
|                          | Sala             | 73               | - 99   | - 1,1            | - 26      | 0     | 15               | - 260   | - 2,9            | - 245     | 0     | 271                |
|                          | Cozinha          | 162              | - 20   | 1,8              | 142       | 0     | 16               | - 234   | - 2,6            | - 218     | 0     | 76                 |
|                          | Quarto           | 294              | - 5    | 3,3              | 289       | 0     | 2                | - 367   | - 4,1            | - 365     | -1    | 76                 |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 721              | - 133  |                  | 854       | 0     | 41               | - 1.167 |                  | 1.208     | -2    | 2.062              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 1.761            | - 588  |                  | 2.349     |       | 90               | - 3.588 |                  | 3.678     |       | 6.027              |

Fonte: Autor (2021)

## L.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ser neutro no verão, tanto de dia como de noite;
- É possível um apartamento ter ambientes neutros no inverno em Passo Fundo, tanto noite como dia, nos ambientes de permanência prolongada;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 1,1 (aquecimento) a 3,3 (resfriamento) (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora/dia de 3,4 a 4,1 (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de neutro (0) para graus-hora/dia de 2,6 a 2,9 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 6,4 a 7,9 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de neutro (0) para 6,6 graus-hora (valores corrigidos);

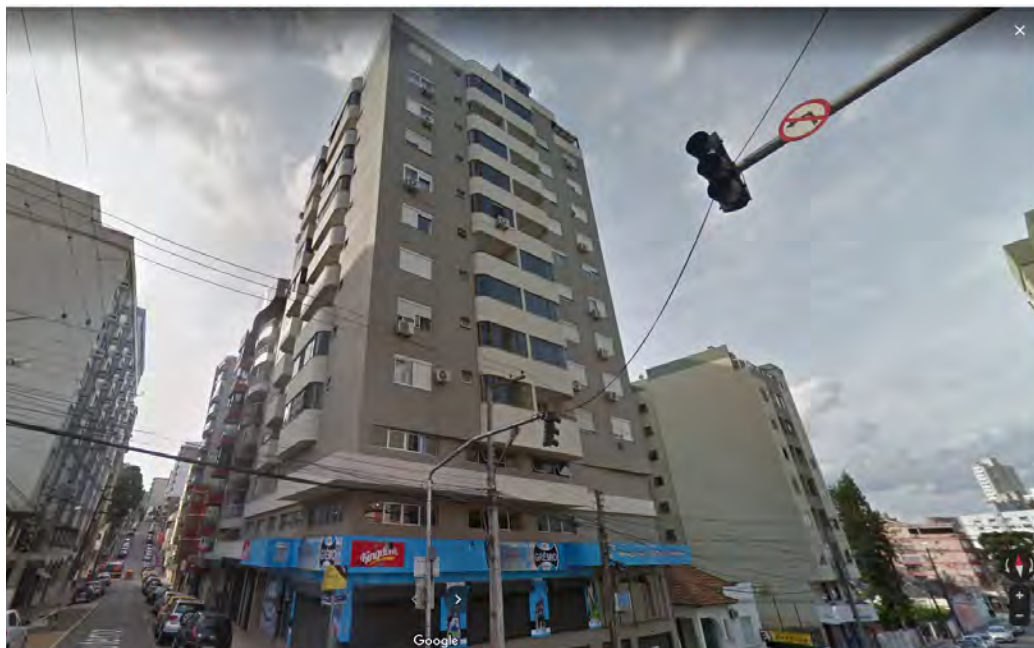


- Para os dias de verão temos votos de neutro (0) para graus-hora de 1,7(aquecimento) a 4,2(resfriamento) (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.
- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendo usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.

## APÊNDICE M.- RELATÓRIO DO CASO 133

O imóvel é do tipo Apartamento de um pavimento (andar tipo).

Imagem 34 - Localização da edificação 047



Fonte: Google (2021)

### M.1 RESIDENTES

O imóvel apresenta 2 pessoas residentes fixos.

### M.2 QUANTO A CONDIÇÃO DE CONTORNO

Acima do imóvel tem Vizinho e abaixo do imóvel Vizinho.

As paredes internas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

As paredes externas têm a espessura de 15cm e a composição estimada é reboco - bloco cerâmico vazado- reboco, apresentando uma transmitância de  $2.171W/(m^2.K)$ .

A edificação tem pé-direito de 2,60m.

### M.3 QUANTO AOS AMBIENTES

#### M.3.01 SALA DE ESTAR

Apresenta acabamento do piso em piso laminado e forro em laje de concreto maciça.

##### M.3.01.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de cortina na cor clara. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância, brise horizontal fixo, ângulo de 30°

#### M.3.02 QUARTO 2

Apresenta acabamento do piso em piso laminado e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

##### M.3.02.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas vidro com persiana exterior, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 50%. Tem uma obstrução entre 5 e 15 metros de distância.

#### M.3.03 BANHEIRO 2

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

227 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM  
CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica  
sazonal

#### M.3.03.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela composta de correr duas folhas de vidro, caixilho de alumínio e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura de até 75%.

#### M.3.04 COZINHA

Apresenta acabamento do piso em cerâmica e acabamento do forro em laje de concreto maciça.

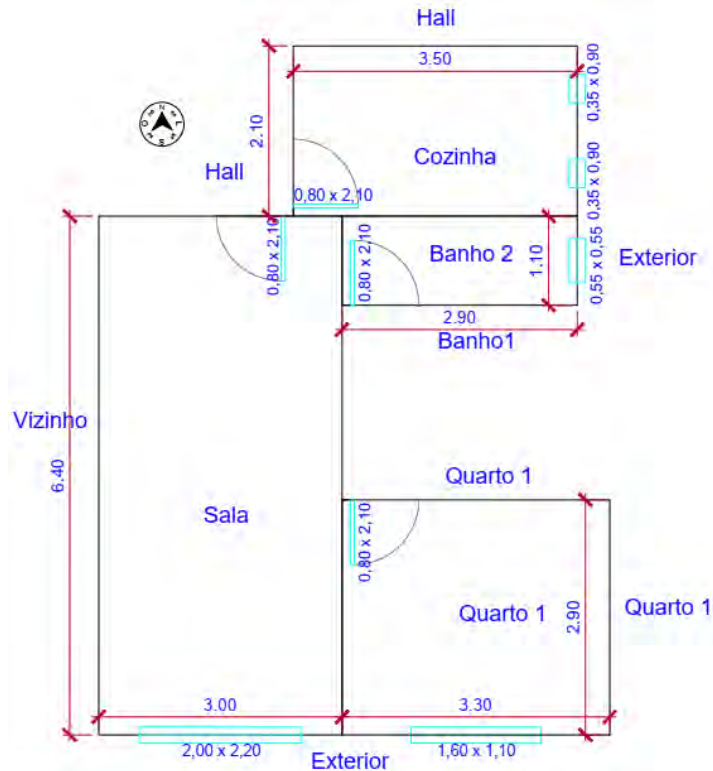
#### M.3.04.01 Quanto às aberturas

No ambiente tem uma janela de guilhotina, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor, com proteção interna de na cor A porcentagem de abertura de até 50%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros.

A segunda janela do ambiente é de guilhotina, caixilho de madeira e vidros do tipo transparente incolor. A porcentagem de abertura desta é de até 50%. Tem um muro ou edifício com distância da abertura menor que 2 metros.

#### M.4 PLANTA BAIXA

Imagem 35 – Planta baixa técnica do caso 133



Fonte: Autor (2021)

#### M.5 COMPARAÇÃO ENTRE S-TSV E A SIMULAÇÃO

##### M.5.01 COM RELAÇÃO AOS VOTOS.

No momento da entrevista o entrevistado informou seu estado como Neutro (0). De dia no verão o entrevistado afirmou que a residência é levemente fria (-1) passando a quente (+2) a noite. De dia no inverno a residência é neutra passando a levemente fria à noite.

O banho é considerado um ambiente levemente frio (-1), com exceção da noite de verão onde é considerado neutro (0). Durante o dia o ambiente se mantém estável entre o verão e inverno, a noite ocorre uma redução da sensação do verão para inverno.

A sala de dia no verão é considerada um ambiente quente (+2), passando a levemente frio à noite. No inverno se torna um ambiente confortável, sendo votado

229 ANÁLISE COMPUTACIONAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SEM CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL: comparativo entre a simulação e o voto de sensação térmica sazonal

como neutro (0) tanto de dia quanto a noite. Quando comparado os dias, vemos que a sala mantém uma temperatura alta de dia, o que pode influenciar no voto do dia de inverno.

A cozinha no verão é considerada neutra (0) no verão, fato pode ser explicado pelas pequenas aberturas voltadas ao Leste e todos as outras alvenarias internas. No inverno esse ambiente foi votado como levemente frio (-1), fato que pode ocorrer se bem operado as aberturas e ventilação.

O quarto é considerado o ambiente mais quente, na somatória total, onde no verão recebe, tanto de dia quanto a noite, o voto de quente (+2). No inverno ocorre uma amenização dessa sensação passando a noutro durante o dia e a levemente frio (-1) à noite (0).

Tabela 45 - resultado da simulação caso 133

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [133] |        |                  |           |       |                  |          |                  |           |       |                    |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|----------|------------------|-----------|-------|--------------------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |          |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.   | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |
| Dia                      | Banho            | 419              | - 19   | 4,7              | 400       | -1    | 3                | - 1.518  | - 17,1           | - 1.515   | -1    | 1.115              |
|                          | Sala             | 209              | - 89   | 2,3              | 120       | +2    | -                | - 1.481  | - 16,6           | - 1.481   | 0     | 1.361              |
|                          | Cozinha          | 390              | - 21   | 4,4              | 369       | 0     | -                | - 1.055  | - 11,9           | - 1.055   | -1    | 686                |
|                          | Quarto           | 347              | - 35   | 3,9              | 312       | +2    | -                | - 1.630  | - 18,3           | - 1.630   | 0     | 1.318              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.365            | - 164  |                  | 1.529     | -1    | 3                | - 5.684  |                  | 5.687     | 0     | 7.216              |
| Noite                    | Banho            | 451              | - 5    | 5,1              | 446       | 0     | -                | - 1.450  | - 16,3           | - 1.450   | -1    | 1.004              |
|                          | Sala             | 152              | - 117  | 1,7              | 35        | -1    | -                | - 1.202  | - 13,5           | - 1.202   | 0     | 1.167              |
|                          | Cozinha          | 413              | - 8    | 4,6              | 405       | 0     | -                | - 929    | - 10,4           | - 929     | -1    | 524                |
|                          | Quarto           | 308              | - 22   | 3,5              | 286       | +2    | -                | - 1.434  | - 16,1           | - 1.434   | -1    | 1.148              |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.324            | - 152  |                  | 1.476     | +2    | -                | - 5.015  |                  | 5.015     | -1    | 6.491              |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> |                  | 2.689            | - 316  |                  | 3.005     |       | 3                | - 10.699 |                  | 10.702    |       | 13.707             |

Fonte: Autor (2021)

### M.5.02 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO

O banho apresenta dados de 419 graus-hora de resfriamento contra 19 graus-hora de aquecimento, gerando 4,7 graus-hora/dia, passando a noite a um dado de 451 graus-hora de refrigeração e 5 graus-hora de aquecimento, gerando 5,1 graus-hora/dia de resfriamento. No inverno de dia ocorre à necessidade de aquecimento é muito superior ao resfriamento, na ordem de 500 vezes menos, sendo insignificante o valor de resfriamento no inverno de dia e a noite não há ocorrência de

resfriamento. De dia o aquecimento esta na ordem de 17,1 graus-hora/dia e a noite ocorre à mesma redução das outras residências, para 16,3 graus-hora/dia. O aumento dos graus-hora/dia entre o dia de verão e inverno é 3,6 vezes, a noite apresenta 3,2 vezes, demonstrando a inercia do ambiente.

A sala apresenta necessidades de resfriamento superior a de aquecimento, na parte do dia, gerando 2,3 graus-hora/dia de resfriamento. A noite ocorre uma redução para 152 graus-hora de resfriamento e 117 graus-hora para aquecimento, gerando 1,7 graus-hora/dia. No inverno de dia apresenta valores de 16,6 graus-hora/dia de aquecimento, passando a 13,5 graus-hora/dia à noite, sofrendo uma redução, quando comparado à tarde. A sala apresenta um crescimento de 7,1 vezes e a noite 7,9, o que representa um ambiente que vara a sua temperatura conforme o temperatura externa, que pode estar relacionado às aberturas e posicionamento solar.

Na cozinha, durante o verão de dia, o resfriamento impera a um montante de 4,4 graus-hora/dia passando a 413 a noite, sofrendo um aumento. No inverno, este ambiente é o que menos apresentou graus-hora/dia, sendo 11,9 de dia e 10,4 à noite. Quando comparado o verão com o inverno temos um aumento de 2,7 vezes para o verão e 2,2 vezes para o inverno, o que pode estar ligado à posição solar e as esquadrias

O quarto apresenta dados de resfriamento tanto de dia quanto a noite no verão, gerando 3,9 de dia e 3,5 graus-hora/dia de resfriamento, à noite demonstrando uma estabilidade no ambiente. No inverno este ambiente apresenta a maior necessidade, quando comparado com outros ambientes, de 18,3 graus-hora/dia de aquecimento, reduzindo para 16,1 graus-hora/dia à noite. Quando comparado como verão e inverno temos a mesma amplitude de 4,7 vezes, esse amplitude pode estar ligada a posição da esquadria, sendo essas na mesma que a sala.

#### M.5.03 COM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO COMPARADA COM O VOTO

No verão de dia, o mesmo voto de quente (+2) é usado para dois resultados de 2,3 e 3,9 graus-hora/dia, o que corresponde que uma mudança de 1,6 graus-hora/dia não é suficiente para alterar o voto. No inverno à noite, o voto apresentado

de levemente frio (-1) na noite de inverno é associado a valores de 10,4 e 16,3 graus-hora/dia de aquecimento.

O banho é associado ao voto de levemente frio (-1) para valores de 17,1 (aquecimento) a 4,7 (resfriamento) graus-hora/dia, o que significa que o voto é influenciado ao clima.

A sala é considerada quente (+2) aos 2,3 graus-hora/dia de resfriamento, levemente fria (-1) a 1,7 graus-hora/dia de resfriamento e neutra (0) de 13,5 a 16,6 graus-hora/dia de aquecimento.

O quarto é considerado quente (+2) para valores de 3,5 a 3,9 graus-hora/dia de resfriamento, neutro (0) para 18,3 graus-hora/dia de aquecimento e levemente frio (-1) para 16,1 graus-hora/dia de aquecimento.

A cozinha é considerada neutra (0) de 4,4 a 4,6 graus-hora/dia de resfriamento e levemente fria (-1) de 11,9 a 10,4 graus-hora/dia de aquecimento.

#### M.5.04 REVENDO O DADO DA SIMULAÇÃO NA SALA

Considerando o dado relativo ao início da noite na sala (entre 18 e 23 da noite), temos 122 graus-horas de resfriamento, gerando 1,4 graus-hora/dia, valor mais próximo ao voto de levemente frio. . Isso pode indicar que a análise do voto sazonal em relação aos graus-hora deve usar apenas o período do começo da noite na sala. À noite a necessidade de aquecimento passa de 16,3 para 7,8 graus-hora/dia, pactuando com a informação que o ambiente não tem uso durante a madrugada e a maior ocorrência de uso dele é das 18 às 23h.

A cozinha e banho, dentro do horário revisto, não apresentaram nenhum grau-hora de aquecimento, gerando valores de 3,9 e 3,8 graus-hora/dia para o banho e cozinha, respectivamente. No inverno as reduções de graus-hora/dia são em torno de 48%.



Tabela 46 - Resultado revisto da simulação caso 133

| Turno                    | Ambiente         | Graus-Hora [133] |        |                  |           |       |                  |         |                  |           |       |                    |       |
|--------------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------|-------|------------------|---------|------------------|-----------|-------|--------------------|-------|
|                          |                  | Verão [89dias]   |        |                  |           |       | Inverno [96dias] |         |                  |           |       | TOTAL POR AMBIENTE |       |
|                          |                  | Resf.            | Aquec. | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV | Resf.            | Aquec.  | Graus-hora / dia | Sub-Total | S-TSV |                    |       |
| Dia 8h - 18h             | Banho            | 374              | - 9    | 4,2              | 365       | -1    | -                | - 1.144 | - 12,9           | - 1.144   | -1    | -                  | 779   |
|                          | Sala             | 184              | - 18   | 2,1              | 166       | +2    | -                | - 1.061 | - 11,9           | - 1.061   | 0     | -                  | 895   |
|                          | Cozinha          | 374              | - 6    | 4,2              | 368       | 0     | -                | - 757   | - 8,5            | - 757     | -1    | -                  | 389   |
|                          | Quarto           | 331              | - 13   | 3,7              | 318       | +2    | -                | - 1.173 | - 13,2           | - 1.173   | 0     | -                  | 855   |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.263            | - 46   |                  | 1.309     | -1    | -                | - 4.135 |                  | 4.135     | 0     | -                  | 5.444 |
| Noite 18h - 23h          | Banho            | 348              | -      | 3,9              | 348       | 0     | -                | - 698   | - 7,8            | - 698     | -1    | -                  | 350   |
|                          | Sala             | 122              | - 6    | 1,4              | 116       | -1    | -                | - 535   | - 6,0            | - 535     | 0     | -                  | 419   |
|                          | Cozinha          | 339              | -      | 3,8              | 339       | 0     | -                | - 422   | - 4,7            | - 422     | -1    | -                  | 83    |
|                          | Quarto           | 255              | - 1    | 2,9              | 254       | +2    | -                | - 682   | - 7,7            | - 682     | -1    | -                  | 428   |
|                          | <b>Sub-Total</b> | 1.064            | - 7    |                  | 1.071     | +2    | -                | - 2.337 |                  | 2.337     | -1    | -                  | 3.408 |
| <b>TOTAL POR ESTAÇÃO</b> | 2.327            | - 53             |        | 2.380            |           | -     | - 6.472          |         | 6.472            |           |       | 8.852              |       |

Fonte: Autor (2021)

## M.6 CONCLUSÕES DESTE CASO

- É possível um apartamento em Passo Fundo ter ambientes neutros a quente no verão, tanto de dia como de noite;
- É possível um apartamento ser de neutro a levemente frio no inverno em passo fundo, tanto noite como dia, nos ambientes de permanência prolongada;
- As simulações mostram que, para noites de verão, tem votos de levemente frio (-1) para 1,4 graus-hora/dia (valores corrigidos);
- Para as noites de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 4,7 a 7,8 (valores corrigidos);
- Para os dias de inverno temos votos de levemente frio (-1) para graus-hora de 8,5 a 12,9 (valores corrigidos);
- Para os dias de verão temos votos de quente (+2) para graus-hora de 2,1 a 3,7 (valores corrigidos);
- O voto sazonal parece ser adaptativo, já que o mesmo voto (levemente frio) é associado com graus-hora diferentes no verão e inverno.
- O banheiro é mais sensível às variações de graus-hora de aquecimento entre o inverno e verão do que os demais ambientes. É

recomendável tratar e analisar os dados do banheiro separadamente para correlacionar graus-hora e voto sazonal.

- Os dados dos demais recintos (sala cozinha, quarto) são bastante semelhantes entre si, o que indica uma uniformidade no desempenho da habitação.
- O horário de uso da sala parece impactar significativamente na análise, sendo recomendado usar o período das 18 às 23 horas para analisar os dados de graus-hora do período noturno. O mesmo pode ser estendido à cozinha.