

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RICARDO ALMEIDA FERRARESE**

**CONFORTO AMBIENTAL INTERNO EM EDIFICAÇÕES: A ESTRATÉGIA DA  
PAREDE TROMBE**

**TOLEDO**

**2021**

**RICARDO ALMEIDA FERRARESE**

**CONFORTO AMBIENTAL INTERNO EM EDIFICAÇÕES: A ESTRATÉGIA DA  
PAREDE TROMBE**

**Interior environmental comfort in buildings: the Trombe Wall strategy.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Silmara Dias Feiber

**TOLEDO**

**2021**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**RICARDO ALMEIDA FERRARESE**

**CONFORTO AMBIENTAL INTERNO EM EDIFICAÇÕES: A ESTRATÉGIA DA  
PAREDE TROMBE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel do curso de Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 02 de dezembro de 2021

---

Silmara Dias Feiber  
Doutorado em Geografia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Fúlvio Natércio Feiber  
Doutorado em Engenharia de Produção  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Christian Valcir Kniphoff de Oliveira  
Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura  
Centro Universitário Univel

**TOLEDO**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, saúde e todas as bênçãos e grandes feitos que Ele fez e faz para comigo.

Aos meus pais, Eloy e Helena, e a minha irmã Rebeca, por nunca medirem esforços em apoiar e ajudar a concretizar os meus sonhos. Por estarem sempre ao meu lado!

A minha namorada, Tatiane, por todo amor, companheirismo, carinho e por me encorajar a ser resiliente e perseverante.

A esta instituição, seu corpo docente, direção e administração que me proporcionaram um ambiente de crescimento pessoal e profissional, o qual nunca esquecerei.

A minha orientadora, professora Silmara Dias Feiber, por ter oportunizado a finalização desse ciclo, pela confiança em mim e todo o suporte para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de casa, João, Jonathan, Leonardo, Renan e Rodrigo, que além de terem dividido moradia comigo durante estes anos, me ensinaram muitos valores e se tornaram grandes amigos.

A todos os meus amigos e familiares, por entenderem meus momentos de ausência e por terem feito esta trajetória muito mais feliz.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, a minha eterna gratidão.

Por fim, um agradecimento especial ao meu pai Eloy, por me auxiliar na construção dos protótipos utilizados para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O conforto térmico é parte fundamental de uma edificação. Com a facilidade de obtenção de sistemas de climatização artificial, as construções têm sido cada vez menos pensadas em utilizar técnicas de aproveitamento térmico, gerando elevado consumo energético. Com isso, o presente estudo analisa a eficácia da técnica solar passiva chamada “Parede Trombe” na obtenção de conforto térmico em dias quentes. Tal análise foi feita por meio de um experimento comparativo entre um método construtivo usual e a utilização de Parede Trombe. O trabalho contou com a construção de dois protótipos de mesmo volume interno, ambos em madeira maciça, sendo um deles desprovido de aberturas e outro com a inclusão do sistema de Parede Trombe. Durante 10 dias foram aferidas as temperaturas externa e interna dos protótipos, através de sensores eletrônicos de temperatura. Os resultados obtidos mostraram temperaturas mais baixas no protótipo disposto de Parede Trombe. Foram feitas análises e interpretações dos valores de temperaturas obtidos com o nível de umidade e velocidade do ar, durante o experimento.

**Palavras-chave:** Parede Trombe; Conforto térmico; Consumo energético; Estudo experimental.

## **ABSTRACT**

Thermal comfort is a fundamental part of a building. With the ease of obtaining artificial air conditioning systems, buildings have been less and less thought of using techniques of thermal exploitation, generating high energy consumption. Thus, the present study analyzes the effectiveness of the passive solar technique called "Trombe Wall" in obtaining thermal comfort on hot days. Such analysis was carried out through a comparative experiment between a usual constructive method and the use of Trombe Wall. The work involved the construction of two prototypes with the same internal volume, both in solid wood, one without openings and the other with the inclusion of the Trombe Wall system. During 10 days, the external and internal temperatures of the prototypes were measured using electronic temperature sensors. The results obtained showed lower temperatures in the prototype arranged in Trombe Wall. Analyzes and interpretations of the temperature values obtained with the level of humidity and air velocity were carried out during the experiment.

**Keywords:** Trombe Wall; Thermal comfort; Energy consumption; Experimental study.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação esquemática da fisiologia humana e as trocas térmicas.....	16
Figura 2 – Transferência de calor em um ambiente. ....	16
Figura 3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro. ....	18
Figura 4 – Protótipo da casa criada por Félix Trombe e Jacques. Michel, em Odeillo na França. ....	23
Figura 5 – Funcionamento de uma parede trombe: (a) para aquecimento e (b) para arrefecimento. ....	25
Figura 6 - Planta baixa e cortes referentes ao protótipo 1.....	30
Figura 7 - Imagens das laterais do protótipo 1 .....	31
Figura 8 - Planta baixa e cortes referentes ao protótipo 2.....	33
Figura 9 – Imagens das laterais do protótipo 2 .....	34
Figura 10 - a) Madeiras utilizadas do tipo Guarucaia; b) Serra Circular de bancada utilizada; c) Plaina desempenadeira de bancada utilizada; d) Plaina desengrossa de bancada utilizada. ....	35
Figura 11 - a) Tábuas utilizadas com a preparação finalizada; b) Lateral de um dos protótipos montada; c) Laterais do protótipo 1 unidas; d) Piso e forro colocados no protótipo 1.....	36
Figura 12 - Características da Parede Trombe utilizada no experimento .....	38
Figura 13 - a) Caixote produzido para formação da parede de alta inércia térmica; b) Preenchimento do caixote com pedras brita do tipo 1.....	39
Figura 14 – Localização (a) do município de Toledo - PR; (b) do ambiente de estudo onde ficaram os protótipos. ....	40
Figura 15 - Protótipos instalados durante a execução do experimento.....	42
Figura 16 – Equipamento Placa Arduíno Nano V3 com microcontrolador e sensores eletrônicos. ....	43
Figura 17 - Sensor instalado: a) na área externa; b) no centro geométrico do interior dos protótipos.....	43
Gráfico 1 - Temperaturas aferidas durante o experimento.....	46
Gráfico 2 - Relação entre a temperatura do protótipo 1 e a umidade relativa do ar.....	51

<b>Gráfico 3 - Relação entre a temperatura do protótipo 2 e a umidade relativa do ar .....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 4 - Relação entre a temperatura do protótipo 1 e a velocidade dos ventos .....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 5 - Relação entre a temperatura do protótipo 2 e a velocidade dos ventos .....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de Conforto Térmico segundo a NBR 16401-2.....	18
Tabela 2 - Descrição dos materiais utilizados na construção do protótipo 1....	29
Tabela 3 - Descrição dos materiais utilizados na construção do protótipo 2....	32
Tabela 4 - Média, valores máximos e mínimos das temperaturas analisadas, durante o experimento.....	47
Tabela 5 - Média, valores máximos e mínimos das temperaturas analisadas, referentes ao intervalo diário de maior incidência solar (11:00 às 16:00 horas), durante o experimento.....	48
Tabela 6 - Análise de variância (ANOVA) das temperaturas dos protótipos 1 e 2 .....	50

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

NR	Norma Regulamentadora
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Conforto Ambiental</b> .....	<b>14</b>
2.1.1 Conforto térmico .....	14
2.1.2 Índices de conforto térmico .....	17
<b>2.2 Eficiência Energética</b> .....	<b>19</b>
<b>2.3 Arquitetura Bioclimática</b> .....	<b>20</b>
2.3.1 Arquitetura Vernacular.....	21
2.3.2 Estratégias passivas .....	22
<b>2.4 Paredes Trombe</b> .....	<b>23</b>
2.4.1 Composição .....	24
2.4.2 Funcionamento.....	24
2.4.2.1 Aquecimento .....	<u>25</u>
2.4.2.2 Arrefecimento .....	<u>26</u>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1 Materiais Utilizados</b> .....	<b>27</b>
3.1.1 Madeira maciça .....	27
3.1.2 Lambris.....	28
3.1.3 Telhas em fibrocimento .....	28
3.1.4 Pedra brita.....	28
3.1.5 Painel de vidro.....	28
3.1.6 Pintura .....	29
<b>3.2 Protótipo 1</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3 Protótipo 2</b> .....	<b>31</b>

<b>3.4 Construção dos protótipos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.5 Construção da Parede Trombe .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6 Local da realização do experimento .....</b>	<b>40</b>
3.6.1 Zona bioclimática .....	40
3.6.2 Direção do Sol e vento predominante .....	41
<b>3.7 Realização do experimento .....</b>	<b>42</b>
3.7.1 Coleta de dados de temperatura .....	42
3.7.2 Coleta de dados de umidade relativa do ar e velocidade dos ventos.....	44
<b>3.8 Metodologia de análise de dados .....</b>	<b>45</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Dados de Temperaturas.....</b>	<b>46</b>
4.1.1 Média, valores máximos e mínimos .....	47
4.1.2 Análise de variância (ANOVA) .....	49
<b>4.2 Dados de Umidade relativa do ar.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3 Dados de Velocidade dos ventos .....</b>	<b>52</b>
<b>4.4 Viabilidade econômica.....</b>	<b>53</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A – Gráficos de temperaturas.....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE B – Planilha com os dados das medições do experimento .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um ambiente que é construído com a preocupação de, além do fator estético, oferecer conforto aos seus usuários aproveitando das condições que o ambiente externo pode oferecer, demonstra notável competência dos profissionais envolvidos. O aspecto estético de uma edificação deve estar diretamente ligado ao atendimento de sua funcionalidade. É parte fundamental do projeto de uma edificação o estudo de estratégias construtivas que possibilitem um maior conforto ambiental interno.

A facilidade de obtenção de sistemas de climatização artificial, vinculado com a necessidade de cada vez mais se construir em menos tempo, tem influenciado na similaridade de projetos que se preocupam menos com os aspectos climáticos regionais de cada edificação. Com isso, os gastos com consumo energético têm aumentado de maneira exponencial contribuindo para a crise energética mundial. .

A regionalização da arquitetura das edificações se dá através de um processo natural de adaptação da edificação ao contexto climático local. As propostas arquitetônicas de cunho vernacular proporcionaram obras adaptadas ao clima, trazendo maior conforto para seus usuários (CAVALCANTI, 2013). Diante da preocupação em termos construções eficientes, a Arquitetura Bioclimática surge para resgatar a harmonia destas construções com o clima e características locais que estão inseridas, trazendo técnicas sustentáveis que aumentem a eficiência energética.

A adoção de sistemas passivos como alternativas construtivas na busca por conforto térmico e eficiência energética torna-se uma responsabilidade inteiramente de arquitetos, engenheiros civis e profissionais da construção civil. Projetar e construir edificações que tenham o cuidado de aproveitar dos recursos que a natureza tem para oferecer, tendo em vista a economia que isto pode gerar, trata-se de uma questão ética e de destaque na contemporaneidade (CORREA, 2001).

Percebe-se que a inserção de novas técnicas construtivas no mercado, que diferem das técnicas habituais, é relativamente lenta quando se trata da construção civil, mesmo quando se apresentam inovadoras. Ademais, é notável que isso não se dá apenas em modelos novos, mas também com estratégias antigas de projeto, por não serem consideradas condizentes com as questões estéticas, culturais e

econômicas atuais (MARIN, 2019). Contudo, é preciso ousadia para que, embasados em estudos e pesquisas científicas, os profissionais relacionados à construção civil, possam minimizar os preconceitos com técnicas que podem trazer construções menos agressivas ao meio ambiente, sustentáveis e eficientes, diminuindo a dependência de equipamentos mecânicos na obtenção de conforto ambiental.

A Arquitetura Bioclimática conta com várias técnicas passivas que visam a eficiência energética, várias delas aprovadas pelo laboratório do tempo e presentes nas construções hoje denominadas de patrimônios culturais ou edificações históricas. Muito utilizada na Europa e em países que apresentam temperaturas muito baixas, a Parede Trombe surge como um sistema solar passivo para aquecimento de residências. Contudo, nos últimos anos tem surgido alguns estudos sobre a viabilidade das Paredes Trombe como técnica de resfriamento de edificações.

As Paredes Trombe apresentam uma eficácia significativa na promoção do conforto térmico de uma edificação, já que podem ser utilizadas com a intenção de tomar partido da ventilação natural e da inércia térmica (ELSADIG, 2005). Ao longo dos anos os estudos relacionados a Paredes Trombe puderam trazer diversos ajustes e melhorias para um melhor aproveitamento térmico, surgindo diversificações quanto a sua utilização primária, como vinculação com sistemas fotovoltaicos ou o uso para arrefecimento de edificações.

Sendo o Brasil um país em que grande parte de suas regiões apresentam temperaturas majoritariamente elevadas ao longo do ano, possibilitando um maior desconforto térmico por conta do calor, o presente trabalho pretendeu contribuir com os estudos relacionados a utilização de Paredes Trombe na obtenção de conforto térmico em dias quentes, através de circulação do ar e da temperatura nos ambientes internos.

Por meio de um experimento comparativo entre um método construtivo usual e a utilização de Parede Trombe, esperou-se que esta última apresentasse resultados significativos, para que economicamente seja vantajoso e, assim, a Parede Trombe possa ser uma solução na busca pela melhoria de condições de vida das pessoas através do aproveitamento térmico de suas residências.

Em meio a uma das maiores pandemias já sofridas pelo mundo, o presente trabalho foi desenvolvido. A COVID-19 trouxe diversas mudanças no dia-a-dia das pessoas, bem como nas universidades. Com aulas online, três semestres feitos em um ano (2021), dificuldades de acesso ao campus, menor tempo para a execução do trabalho, e até mesmo uma grande ventania que fez com que um dos protótipos utilizados saísse rolando pelo campus, fazendo com que o experimento fosse reiniciado e o protótipo consertado, o presente trabalho contou com vários obstáculos, porém, todos vencidos!

### **1.1 Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade da utilização de Paredes Trombe como técnica passiva de eficiência energética no arrefecimento interno de edificações do Oeste Paranaense.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Para o alcance do Objetivo Geral da pesquisa organiza-se os assuntos em objetivos específicos conforme segue:

- Investigar a Parede Trombe enquanto sistema de controle de temperatura interna;
- Realizar um experimento através da reprodução de uma Parede Trombe em um protótipo com a verificação da possível alteração de temperatura provocada pelo sistema de Parede Trombe em comparação com a não utilização de métodos passivos de resfriamento de edificações em outro protótipo;
- Avaliar, frente aos resultados obtidos no experimento, se a utilização de Parede Trombe é significativamente eficiente e economicamente viável no arrefecimento de residências.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo traz a fundamentação que serve de base à compreensão do conteúdo investigativo da temática adotada para a pesquisa. Perpassa os assuntos necessários para que se possa alcançar os objetivos traçados e contribuir de forma efetiva à construção do conhecimento na área da construção civil.

Foi organizado no sentido de partir do tema mais abrangente e caminha afunilando para o cerne da questão que é a adaptação da Parede Trombe para climas quentes, visando avaliar o conforto térmico gerado por meio de sua utilização. Posteriormente a esta etapa, será feita a apresentação dos Materiais e Métodos que descrevem a obra estudo de caso e a metodologia de levantamentos seguida, bem como os resultados obtidos com o experimento e as conclusões tiradas com o trabalho.

### **2.1 Conforto Ambiental**

A capacidade do ser humano em realizar as suas tarefas e se sentir bem está relacionado ao conforto que o ambiente em que ele se encontra pode proporcionar. A diversidade climática da Terra mostra que o Homem, mesmo sendo biologicamente semelhante em todo o mundo, precisou de mecanismos particulares que o auxiliassem na busca por este conforto. Nesse processo evolutivo as vestimentas, arquitetura e tecnologia foram e ainda são fundamentais (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Um ambiente atinge a condição de conforto ambiental quando consegue atender quatro condições de conforto, sendo eles: térmico, lumínico, acústico e ergonômico. Dentre estes, os três primeiros são de responsabilidade dos arquitetos e engenheiros civis, que devem se preocupar em projetar e construir ambientes que proporcionem estas condições (KRÜGER et al., 2002).

#### **2.1.1 Conforto térmico**

Segundo a ASHRAE (1993), o conforto térmico pode ser definido como um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Sendo assim, conhecer as necessidades humanas quanto ao conforto térmico, vinculado com as condições climáticas do local em que o indivíduo se

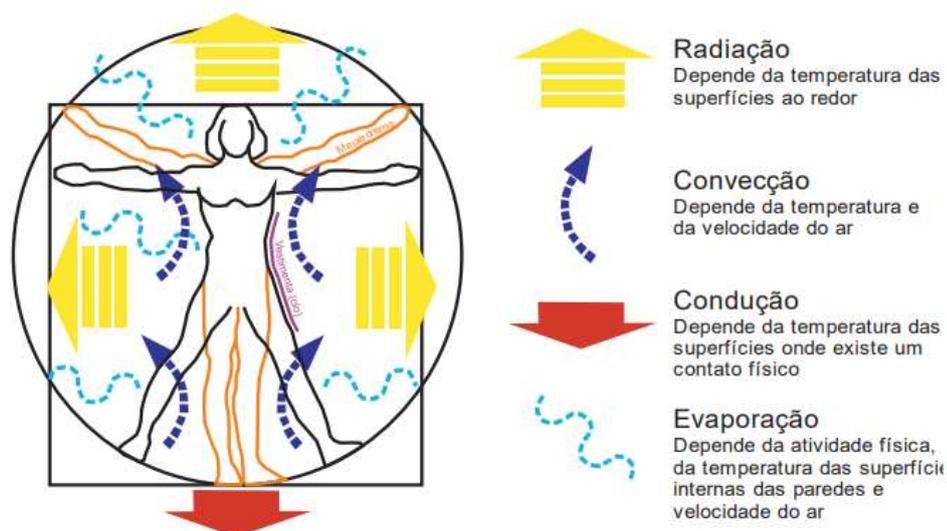
encontra e as características térmicas dos materiais disponíveis, se faz necessário para a construção de edifícios eficientes, que possibilitem o conforto necessário (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Para Ruas (1999) o conforto térmico se constitui através de uma junção de fatores, sendo eles: temperatura radiante média ( $t_{rm}$ ), umidade relativa (UR), temperatura do ambiente ( $t_a$ ) e velocidade relativa do ar ( $v_r$ ), além de depender da vestimenta utilizada e da atividade desempenhada pela pessoa. Por isso, ele define o conforto térmico como um dado subjetivo, visto que a sensação deste conforto varia de pessoa para pessoa. Contudo, as investigações acerca deste dado devem levar em conta o que o maior número de pessoas considera uma sensação térmica agradável em um ambiente.

Ambientes que apresentam desconforto térmico são problemáticos. Além de afetar a produtividade de uma pessoa ou equipe também pode representar sérios riscos para a saúde. Desse modo, é possível afirmar que, em ambientes onde a temperatura se encontra nos extremos, o nível de concentração de uma pessoa pode diminuir drasticamente, prejudicando a qualidade da atividade que estava sendo realizada (LAMBERTS, 2011).

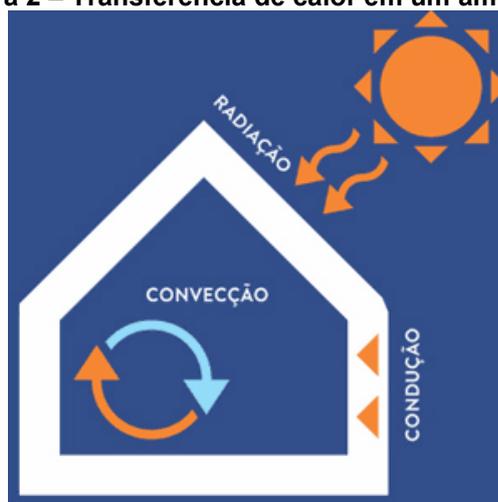
Sendo assim, a busca pelo equilíbrio térmico é feita através das trocas de calor que ocorrem entre o ser humano e o ambiente. Essas trocas podem ser divididas em dois formatos, as trocas secas como condução, convecção e radiação e trocas úmidas como a evaporação (LAMBERTS, 2014). Em um ambiente, as trocas de calor ocorrem através da radiação solar que aquece toda a região que seus raios atingem e que, assim, influenciam para que os materiais aquecidos transfiram calor aos ambientes internos e usuários por meio da condução. O ar também é aquecido por conta da radiação emitida pelo Sol e, por meio da convecção, ocorre a circulação do ar, onde o ar quente tende a subir e o frio tender a descer. Esses três tipos de trocas de calor podem provocar a última, onde dependendo da temperatura ocorre a evaporação por meio da transpiração dos usuários.

Figura 1 – Representação esquemática da fisiologia humana e as trocas térmicas.



Fonte: Lamberts *et al.* (2014)

Figura 2 – Transferência de calor em um ambiente.



Fonte: Blog 3TC Isolamento (2016)<sup>1</sup>

A compreensão das trocas térmicas como apresentadas nas figuras 01 e 02 são de grande relevância quando se pretende avaliar o papel de estratégias projetuais como a Parede Trombe no controle da temperatura interna das edificações.

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.3tc.com.br/blog/3-formas-transferencia-calor/>> Acesso em: 13 jul. 2021.

### 2.1.2 Índices de conforto térmico

A busca por índices de conforto térmico é uma temática perseguida por pesquisadores devido a sua relevância ainda mais acentuada nos dias atuais, por conta das mudanças climáticas. Historicamente, têm-se que os primeiros registros dessa busca foram feitos entre 1913 e 1923, nos Estados Unidos da América. A partir de então, o método que ficou mais conhecido foi elaborado pelo professor dinamarquês Ole Fanger em 1970 e chamado de Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME). A ISO 7730 (ISO, 2005) utiliza deste cálculo de previsão média de voto, desenvolvido por Fanger, como metodologia de determinação e interpretação analítica do conforto térmico. Com uma pesquisa realizada em laboratório, ele realizou experiências com diversas pessoas que, em determinado ambiente, respondiam sobre suas sensações térmicas de acordo com as variáveis ambientais e pessoais. Com isso, ele pode determinar uma média de aceitação de conforto térmico do grupo estudado através do VME, que possuía 7 escalas: +3 (muito calor), +2 (calor), +1 (leve calor), 0 (conforto), -1 (leve frio), -2 (frio), -3 (muito frio). (RUAS, 2001; TERRA, et al., 2019). Com esses dados mais apurados, é possível determinar a temperatura de conforto que satisfaz o maior número de pessoas.

Apesar do nível de detalhamento na busca dos índices de conforto térmico, a dificuldade da utilização do método de Fanger se deve ao grande número de pessoas necessárias para uma boa precisão dos dados, por conta da subjetividade do conforto. Sendo assim, outra maneira de determinar tais índices é especificando as temperaturas adequadas em determinada localidade para que o indivíduo se sinta confortável para realizar suas atividades. No Brasil, existem normas que delimitam esses níveis de temperaturas ideais.

Segundo a NR 17 (BRASIL, 2018), o índice de temperatura ideal para locais de trabalho, que exijam atenção constantes, deve ser entre 20°C e 23°C, com umidade relativa inferior a 40%. Já a ISO 9241 (ISO, 2011), determina a temperatura de conforto entre 20°C e 24°C no verão e 23°C e 26°C no inverno, com umidade relativa entre 40% e 80%.

A NBR 16401 (ABNT, 2008) trata das instalações de ar-condicionado. Em sua segunda parte é definido os parâmetros de conforto térmico para o ambiente construído, nos períodos de verão e inverno, conforme apresentado na Tabela 1.

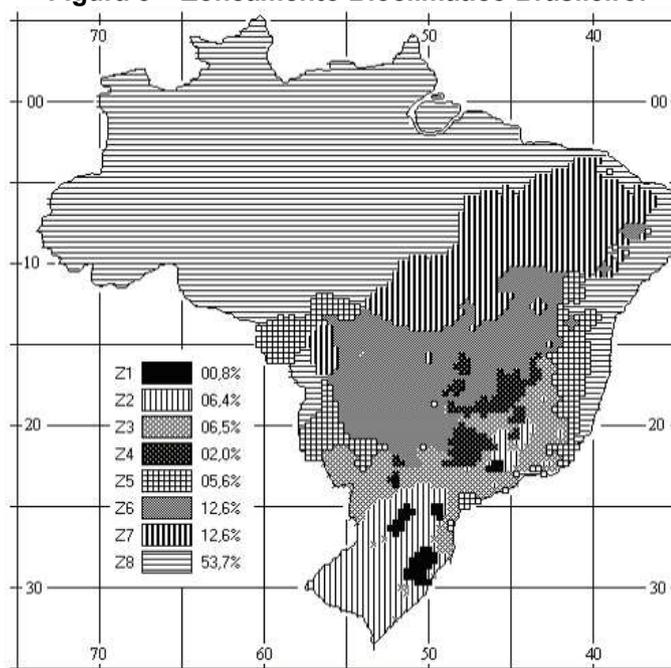
Tabela 1 – Padrões de Conforto Térmico segundo a NBR 16401-2.

Verão	Inverno
22,5°C a 25,5°C e umidade relativa 65%	21,0°C a 23,5°C e umidade relativa 60%
23,0°C a 26,0°C e umidade relativa 35%	21,5°C a 24,0°C e umidade relativa 30%

Fonte: NBR 16401-2 (2008)

Em conjunto com a normativas apresentadas, a Norma Brasileira de Desempenho Térmico em Edificações (NBR 15220 (ABNT, 2005)), traz em sua terceira parte uma divisão do Brasil em zonas bioclimáticas (Figura 3). Esse zoneamento é trazido juntamente com diretrizes projetuais e construtivas específicas para cada região. Os parâmetros abordados na norma são orientações quanto a tamanho de aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo, todas de acordo com as necessidades de cada zona bioclimática.

Figura 3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005)

É importante que a realização de estudos e experimentos relacionados ao conforto térmico, sejam embasados em normativas de sua localidade. No caso de experimentos no Brasil, as normas brasileiras apresentadas são fundamentais para saber os aspectos de cada região do país e quais níveis de temperatura são favoráveis para o conforto térmico.

## 2.2 Eficiência Energética

Construir residências que atendam às necessidades climáticas do local em que se está inserido, aproveitando dos materiais disponíveis, faz parte do cotidiano do ser humano desde os primórdios. No processo evolutivo, com os avanços tecnológicos, originados no século XIX com a Revolução Industrial, os sistemas de climatização artificial surgiram e passaram a ser amplamente utilizados na construção civil. Tornando-se a principal solução na obtenção de conforto térmico, a utilização desses sistemas de climatização aumentou com a chegada da chamada arquitetura moderna, no século XX. Aparentemente, não havia mais a necessidade de se preocupar em construir com técnicas voltadas para as peculiaridades climáticas da região. Assim, as residências tornaram-se um dos setores que mais consomem energia (CAVALCANTI, 2013).

Estima-se que na Europa, o setor de construção civil seja responsável por 40% de todo o consumo energético, representando 36% das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (BRIGA-SÁ, et al., 2012). Com base no ano de 2019, o Anuário Estatístico de Energia Nacional (BRASIL, 2020), revelou que, no Brasil, as demandas de energia elétrica mais expressivas são no setor industrial que corresponde a 34,8%, 29,6% no residencial e 19,1% no setor comercial. Estes dados reforçam o alto nível de consumo energético no setor de edifícios, com boa parte desse gasto direcionado aos sistemas de climatização artificial que oferecem o esperado conforto térmico.

O elevado consumo de energia por parte do setor de construção acaba produzindo uma quantidade excessiva de resíduos, sendo responsável pela emissão de grandes quantias de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Sendo este último um dos principais causadores do efeito estufa, se faz necessário a tomada de medidas que permitam construir edifícios menos poluentes e mais sustentáveis (GOMES, 2011; SANTA, et al., 2017).

Frente a crise de petróleo ocorrida em 1970, começaram a se ter mais abordagens sobre a necessidade de redução de energia no setor residencial. Com a crise energética ocorrida no Brasil em 2001, onde se fez necessário até mesmo o racionamento de energia, é que medidas mais efetivas foram tomadas e a população em geral começou a aprender sobre a necessidade de economia energética.

(DUARTE, 2015). No entanto, ainda há muito o que ser melhorado nesse sentido, em especial à conscientização dessa necessidade por parte da população.

Elsadig (2005) afirma que, dentre as medidas que deveriam ser adotadas pelos países ocidentais, que são os maiores consumidores de energia, estão a redução do consumo de energia em edifícios, a necessidade urgente de alternativas e fontes de energias renováveis de menor preço e o projeto de edifícios para a obtenção de eficiência térmica.

Neste contexto, Pompeu et al (2018, pag. 218) considera que: “A Eficiência Energética (EE) em edificações se traduz pela redução de energia utilizada em um determinado ambiente na realização de um mesmo serviço”. Assim, dentro de uma construção e seu ciclo de vida, são inúmeras as medidas que podem ser implantadas para se ter eficiência energética, partindo desde a fase projetual até a fase de demolição do edifício (BRIGA-SÁ, et al., 2012).

Está claro a oportunidade que arquitetos e engenheiros civis tem de auxiliar na economia energética. É preciso estudar e utilizar recursos que estejam disponíveis e sejam eficientes na melhoria das condições de conforto interno das residências, diminuindo a utilização de aparelhos mecânicos que consomem energia, por meio da eficiência energética das habitações com práticas sustentáveis (GOMES, 2011). A mudança deve ser imediata, sem que seja preciso esperar por outras crises energéticas para que novas alternativas voltem a ser discutidas, estudadas e utilizadas.

Para Santa, et al. (2017), a sustentabilidade em edifícios deve ser perseguida, buscando sempre alternativas que garantam o equilíbrio entre os aspectos ambientais, econômicos e sociais. Uma alternativa para começar a mudar a maneira de construir é objetivar a conquista de alguma certificação ou selo ambiental para os edifícios. A eficiência energética é fundamental para alcançar estes resultados.

### **2.3 Arquitetura Bioclimática**

O futuro da arquitetura perpassa as preocupações ambientais e, para Correa (2001), o caminho que arquitetos, engenheiros e demais pessoas ligadas a construção civil deve seguir é aquele preocupado com o meio em que se vive, que está em alerta

com a escassez de matérias primas, necessidade de economia de energia e preocupação com a regionalização climática dos edifícios. Com o resgate destas preocupações em adequar as obras às suas regiões de origem, surge o termo “Arquitetura Bioclimática”, desempenhando habitações com alta eficiência energética, que pode ser definida como:

“Em geral, é uma arquitetura pensada com o clima do lugar, o sol, o vento, a vegetação e a topografia, com um desenho que permite tirar proveito das condições naturais do lugar, estabelecendo condições adequadas de conforto físico e mental dentro do espaço físico em que se desenvolve.”  
(CORREA, 2001, pag. 01).

A harmonização entre os ambientes interno e externo é primordial para o conforto gerado aos usuários. Utilizar materiais e sistemas construtivos naturais, de fácil acesso, regionais e que contribuam para o aproveitamento das fontes de energia que a natureza pode oferecer, desempenham maior economia e menor agressão ao meio ambiente. Projetar e construir pensando no espaço e conforto que podem gerar afetam diretamente o bem-estar das pessoas que o utilizarão. Tudo isso contribui para uma arquitetura de viés sustentável, econômica, menos poluente e menos agressiva, sustentada por aspectos do bioclima regional (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Os denominados sistemas passivos de controle ambiental interno surgem como metodologias utilizadas pela arquitetura bioclimática para a busca, dentre outros fatores, por conforto térmico. Essas tecnologias passivas, muitas vezes, são técnicas simples, comuns e de baixo custo que podem trazer bons resultados. A busca por estratégias antigas, utilizadas pelos antigos povos nas construções de moradias, denominadas como arquitetura vernacular, também são valorizadas na arquitetura bioclimática (CAVALCANTI, 2013).

### 2.3.1 Arquitetura Vernacular

A arquitetura que é caracterizada pela utilização de materiais e recursos do próprio meio, que é construída com aspectos locais e regionais, são conhecidas como arquitetura vernacular. Nela, o que mais interessa não são os seus estilos arquitetônicos, mas sim, a maneira construtiva adotada para que a habitação tenha desempenho eficiente para o meio em que está inserida, segundo as condições climáticas e culturais de cada local e região. Com isso, a manutenção de edifícios que

contenham tais características se faz necessária para que o novo conheça todo esse processo evolutivo de estudo, para o atendimento do conforto necessário aos usuários, mesmo quando não existia ou tinha fácil acesso aos sistemas de climatização artificial (MARQUES; AZUMA; SOARES, 2009).

### 2.3.2 Estratégias passivas

Com o intuito de construir edifícios eficientes, que sejam sustentáveis e satisfaçam as condições climáticas regionais, são utilizadas tecnologias passivas de construção, algumas ancestrais, outras mais atuais que em grande parte são adaptações de antigos conhecimentos. Essas técnicas servem como solicitação de aquecimento ou arrefecimento de ambientes internos de forma gratuita, para possibilitar ou auxiliar na manutenção da temperatura de conforto dos usuários (FERREIRA, 2015; SÁ, et al., 2012).

Há uma grande diversidade de estratégias construtivas passivas que podem ser inclusas na arquitetura. Em cada parte do mundo existe um método já utilizado para a sua tipologia regional. Como forma de mensurar o potencial de utilização dessas técnicas passivas, surgem no Brasil, estudos de métodos passivos, analisando o impacto que estes geram no conforto térmico (CAVALCANTI, 2013). Adequar estratégias de outras regiões pode trazer resultados positivos, contudo, deve-se ter cuidado para que não faça o oposto, gerando desconforto aos usuários. Por isso, é muito importante que mais estudos sejam realizados sobre a temática, sendo esta pesquisa uma ação neste sentido.

Segundo Mateus (2004), as técnicas passivas estão, no geral, vinculadas com ganhos, armazenagem e distribuição de energia solar, orientações de posicionamento do edifício em relação a direção do sol e do vento, localização de aberturas, utilização de materiais de acordo com o desempenho térmico de cada um, técnicas para circulação do ar e ventilação natural, sombreamento de aberturas, dentre outras. Para cada tipo de clima existem recomendações específicas. Nos locais de clima quente e seco é preferível construir com materiais de alta inércia térmica, que retardarão os efeitos do calor ao longo do dia. Já em locais de clima tropical, os materiais de baixa massa térmica são mais aconselhados visto que a umidade presente na atmosfera consegue atenuar os efeitos do calor. Onde tem clima temperado o ideal é que a

escolha dos materiais satisfaça as estratégias de aquecimento e refrigeração adotadas. Nos locais com clima predominantemente frio deve se preocupar com o isolamento térmico e a proteção contra a ação dos ventos.

Sendo o Brasil um país com clima predominantemente tropical, apresentando elevados índices de radiação solar em boa parte do seu território, ele se torna muito eficiente no aproveitamento de recursos da energia solar. Por conta das temperaturas majoritariamente altas na maior parte do ano, estratégias de arrefecimento, com ventilação e circulação do ar nos ambientes internos, são interessantes para o país, justificando os estudos e análises desta área (CAVALCANTI, 2013).

## 2.4 Paredes Trombe

Denominada como uma estratégia passiva de eficiência energética, os primeiros protótipos do que viria a ser uma Parede Trombe surgiram quando Edward S. Morse, em 1881, em Salem, patenteou o conceito de uma parede maciça com coloração escura, que espaçada de um painel de vidro, formava uma espécie de caixa-de-ar que funcionava como uma estufa quando aquecida pelos raios solares (BIANCO, 2016).

No entanto, a popularização e disseminação deste sistema se deu em 1957, quando Félix Trombe e Jacques Michel construíram a primeira habitação utilizando este sistema passivo solar, em Odeillo na França (Figura 4), dando origem ao nome “Paredes Trombe” (GOMES, 2011; MARTINS, 2010).

**Figura 4 – Protótipo da casa criada por Félix Trombe e Jacques. Michel, em Odeillo na França.**



**Fonte: Bianco (2016)**

O sistema é utilizado em maior escala nos países que possuem baixas temperaturas na maior parte do ano. Devido ao desconhecimento, por grande parte

da população, da existência e evolução das Paredes Trombe, elas acabam não sendo difundidas para outras regiões. A falta de pesquisa sobre o tema também influencia este cenário.

#### 2.4.1 Composição

A Parede Trombe configura-se por uma parede de elevada espessura, sendo composta por um plano envidraçado que é espaçado de uma parede de alta inércia térmica, geralmente feita com pedras, blocos maciços ou concreto. A parede deve ficar orientada na direção que tenha maior ganho solar ao longo do dia, formando um sistema de ganho solar indireto. A sua pintura pode ser de acordo com a intenção de sua utilização, podendo fomentar o ganho energético com cores escuras ou refletir os raios solares utilizando cores claras. Uma esquadria é disposta no contorno da parede Trombe, no lado externo da residência, onde terá a função de deixar fixo o painel de vidro com um espaçamento entre ele e a parede de elevada inércia térmica, formando assim uma caixa-de-ar, que funcionará como uma espécie de estufa (CAVALCANTI, 2013).

Com o desenvolvimento do sistema passivo solar da Parede Trombe, notou-se que a utilização de aberturas na parede de alta inércia térmica provocaria maior ganho energético, por conta da circulação do ar presente no ambiente interno. Assim, o sistema ganhou uma nova e mais eficiente técnica que são as Paredes Trombe Ventiladas (SÁ, 2011).

#### 2.4.2 Funcionamento

O sistema de Paredes Trombe é amplamente utilizado na Europa, em países com predominância de temperaturas baixas. Inicialmente, a técnica foi criada apenas para aquecer as residências, no entanto, ao longo do tempo e de estudos realizados, percebeu-se o seu potencial de utilização também para o arrefecimento de residências. Na Europa é indicado a orientação de Paredes Trombe para o Sul, no entanto, para o hemisfério sul, o maior desconforto gerado no verão ocorre para a direção Norte. Com isso, para o Brasil, o mais indicado é que as Paredes Trombe sejam voltadas para o Norte (BIANCO, 2016).

No Brasil, apesar da predominância de temperaturas quentes, os estudos da utilização de Paredes Trombe, como estratégia do combate ao calor através da influência dos ventos e circulação do ar, ainda são poucos. Nota-se assim, a necessidade de mais estudos e experimentos da Parede Trombe neste contexto (ZIEBELL; AYMONE, 2019).

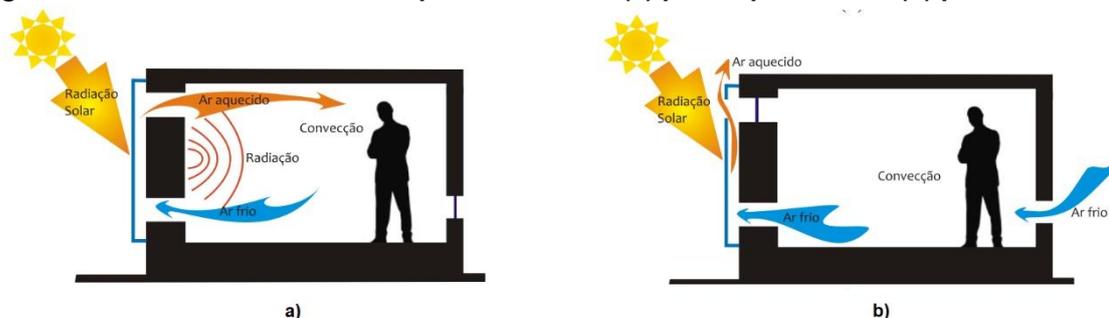
#### 2.4.2.1 Aquecimento

O aquecimento das residências por meio das Paredes Trombe se dá através da radiação solar que aquece o vidro. Este material permite que a radiação de onda curta atravesse e aqueça a parede de alta inércia térmica que devolverá este calor por meio de radiação de onda longa. No entanto, este último tipo de radiação não consegue atravessar o vidro, logo, acaba aquecendo a caixa-de-ar, formando o efeito estufa. Com a dificuldade de sair pelo vidro, o calor dessa estufa é obrigado a passar para o interior da residência. Isso irá ocorrer de maneira lenta por conta da alta inércia térmica da parede, obtendo o ganho energético ao longo de todo o dia (CAVALCANTI, 2013)

A entrada do calor para o interior da residência se dará através do efeito da radiação e da convecção. As aberturas permitirão que ocorram trocas de calor por meio da circulação do ar. Já o retardo provocado pela parede de alta inércia térmica auxiliará na transmissão uniforme desta energia acumulada (ADAMS et al., 2010).

Os responsáveis pela mudança de configuração de Paredes Trombe para aquecimento ou arrefecimento são as disposições das aberturas, como mostra a Figura 5 (CAVALCANTI, 2013).

**Figura 5 – Funcionamento de uma parede trombe: (a) para aquecimento (b) para arrefecimento.**



Fonte: Cavalcanti (2013)

Durante o aquecimento da habitação, o painel de vidro deve seguir sem nenhuma abertura, enquanto na parede de alta inércia térmica devem existir duas aberturas, uma na parte superior e outra na parte inferior, pois, estas serão as responsáveis por fazer com que o ar frio do ambiente interno que está embaixo, suba pela caixa-de-ar e saia na abertura superior, ocasionando a circulação do ar e a troca de calor por meio da convecção, como mostra a Figura 5a.

#### 2.4.2.2 Arrefecimento

A configuração da Parede Trombe para arrefecimento será em suma a mesma, mudando apenas a disposição das aberturas, onde terão aberturas inferiores na parede de alta inércia térmica e na parede oposta, paralela à Parede Trombe, provocando a ventilação cruzada. Além disso, deve ser feita outra abertura na parte superior do envidraçado, como mostra a Figura 5b (CAVALCANTI, 2013).

Segundo Cavalcanti (2013), as aberturas inferiores permitirão a entrada de ar fresco do ambiente externo que, ao adentrar no ambiente interno ocasionará na circulação do ar presente neste espaço. Posteriormente, por conta da ventilação cruzada, esse vento empurrará o ar quente presente na caixa-de-ar da Parede Trombe, impedindo a sua entrada no ambiente interno. Sendo assim, por meio da ventilação do ambiente interno ocorrerão as trocas de calor que deixarão o ambiente mais fresco e, conseqüentemente, mais confortável.

Estando disposta na direção com maior ganho solar, a parede de alta inércia térmica irá retardar a entrada do calor para o interior do ambiente. Com isso, haverá tempo hábil para que o ar fresco, oriundo do ambiente externo, expulse o ar aquecido pelo Sol e esfrie esta parede antes que o calor presente na mesma adentre no ambiente.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A abordagem do tema de estudo foi obtida a partir de uma análise experimental. Neste capítulo será apresentado a metodologia utilizada para a realização do estudo, que consiste em determinar os materiais e procedimentos que foram utilizados para a execução do experimento.

Por meio dos procedimentos descritos ao longo do capítulo, realizou-se um experimento comparativo analisando e avaliando o desempenho térmico interno de dois protótipos. Foram elaborados dois modelos de protótipos de mesmo volume interno, sendo um deles desprovido de métodos passivos de arrefecimento, enquanto o outro conta com um modelo de sistema de Parede Trombe. Portanto, elaborou-se também, um modelo de Parede Trombe construído juntamente com o segundo protótipo, para a realização do experimento. Os equipamentos utilizados nas medições, bem como todo o projeto de construção dos protótipos, também são apresentados na sequência.

#### **3.1 Materiais Utilizados**

A pesquisa contou com a construção de dois protótipos, que foram utilizados como células de teste para o experimento. Construídos com tábuas de madeira, coberturas em telhas de fibrocimento, pisos e forros feitos com lambril em madeira, ambos possuem 1m<sup>3</sup> de volume interno. Um deles possui em um dos lados uma Parede Trombe que em conjunto com aberturas no protótipo tornam-se o objeto de estudo do presente trabalho. Para o estudo empírico os protótipos serviram como modelo de ambiente interno de uma edificação.

##### **3.1.1 Madeira maciça**

As paredes dos protótipos foram feitas com tábuas de madeira maciça do tipo Guarucaia, conhecida no mercado como Canafístula. Chamadas de “madeira de demolição”, as tábuas foram obtidas provenientes da demolição de uma residência antiga feita em madeira pelo sistema “tábuas e mata-junta”.

As tábuas passaram por processos de preparação com retirada de pregos antigos, cortes e planagem. Elas foram ligadas por sarrafos de madeira do tipo Ipê,

que foram colados e parafusados para formar as faces dos protótipos. A junção destas faces também se deu por meio de ligações parafusadas.

### 3.1.2 Lambris

O piso e forro dos protótipos foram montados a partir de réguas de madeira do tipo Pinus, formando lambris. Também conhecido como forro de madeira, os lambris são unidos por meio do encaixe macho e fêmea que as peças possuem. A fixação nos sarrafos de madeira se deram por meio de pregos com cabeça, de tamanho 10x10.

### 3.1.3 Telhas em fibrocimento

Para a cobertura dos protótipos utilizou-se telhas de fibrocimento ondulada, com 6mm de espessura. A ligação das telhas nos protótipos se deu por meio de parafusos telheiros que foram fixados em ripas de madeira do tipo Ipê, colocadas acima do forro.

### 3.1.4 Pedra brita

Na Parede Trombe construída em um dos protótipos, afim de se formar uma parede de alta inércia térmica, criou-se uma espécie de caixote na face que seria a Parede Trombe. O caixote feito com as tábuas de madeira maciça foi preenchido com pedra brita do tipo 1.

### 3.1.5 Pannel de vidro

Para completar a Parede Trombe, um pannel de vidro foi utilizado. No intuito de promover a reutilização e reciclagem de materiais, o pannel de vidro utilizado já havia sido utilizado em outro momento. Feito em vidro temperado, o pannel vítreo possui espessura igual a 4mm e é fixado no protótipo 2 por meio de cantoneiras feitas em madeira.

### 3.1.6 Pintura

As paredes dos protótipos contaram com uma camada de pintura externa feita em verniz sintético. Já a face externa em madeira da Parede Trombe também recebeu uma camada de pintura, porém, com uma tinta acrílica de cor branca.

## 3.2 Protótipo 1

O protótipo 1 refere-se ao protótipo que não possui métodos passivos de arrefecimento. Os materiais utilizados para a sua construção são descritos a seguir, na Tabela 2.

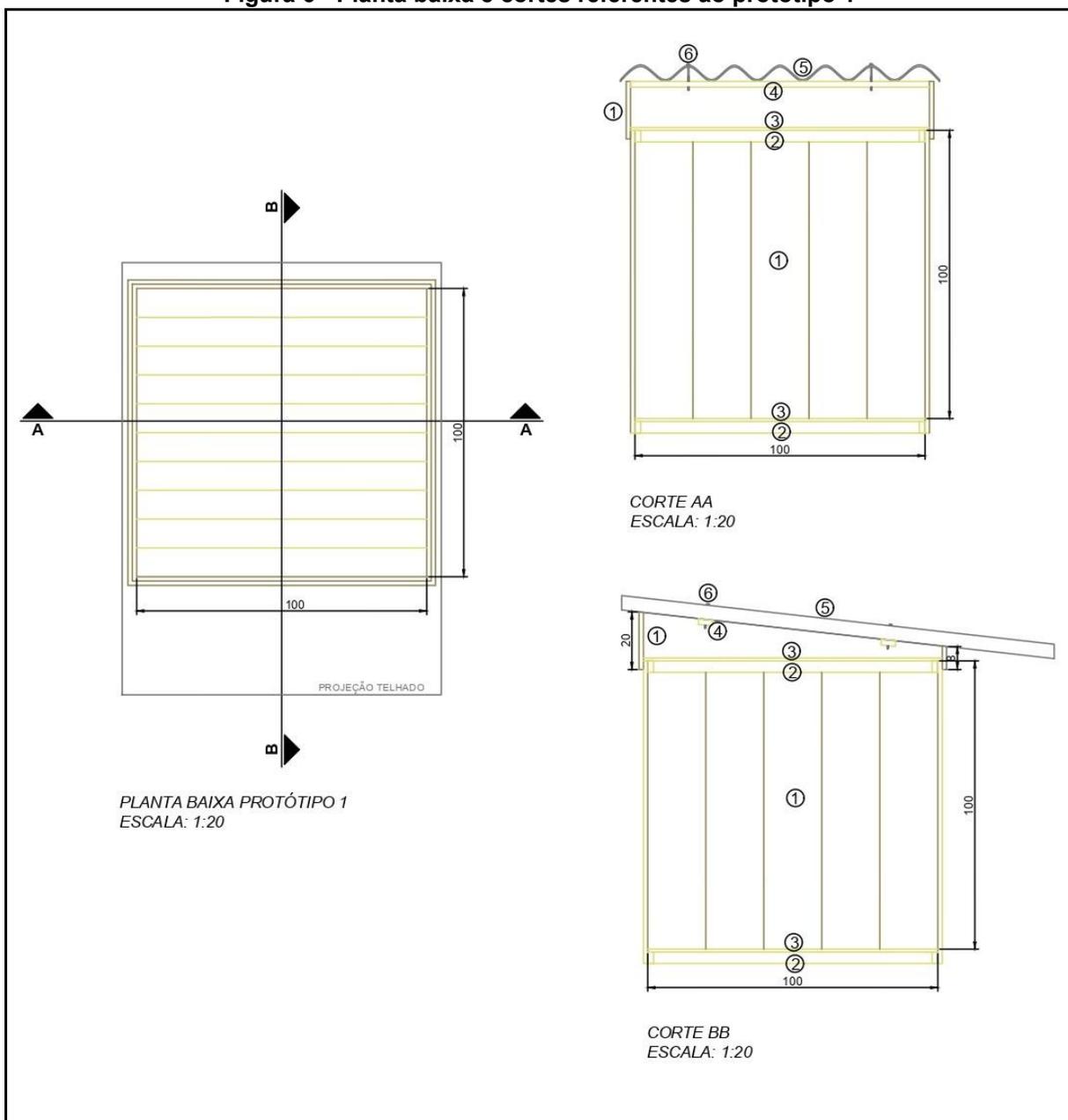
**Tabela 2 - Descrição dos materiais utilizados na construção do protótipo 1**

<b>Item</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>
1	25m	Tábua de madeira do tipo Guaruaia; e=15mm; l≈200mm
2	8	Sarrafo de madeira do tipo Ipê; tamanho=100x2x4cm
3	2	Lambri de madeira do tipo Pinus; tamanho=100x100cm
4	2	Ripa de madeira do tipo Ipê; tamanho=100x5x2cm
5	1	Telha de fibrocimento; e=6mm; tamanho=150x110cm
6	4	Parafuso telheiro
7	130	Parafuso Chipboard cabeça chata Philips 4x30mm
8	130	Prego com cabeça 10x10
9	0,4l	Verniz sintético

**Fonte: Autor (2021)**

Um projeto foi desenvolvido para cada um dos protótipos, contando com planta baixa e cortes. O projeto referente ao protótipo 1 é apresentado na Figura 6. A partir da numeração dos itens listados na Tabela 2, os cortes trazem onde alguns desses itens foram empregados, tornando possível observar com maior clareza como estão distribuídos os materiais utilizados. Além disso, algumas dimensões são apresentadas na imagem.

**Figura 6 - Planta baixa e cortes referentes ao protótipo 1**



Fonte: Autor (2021).

Com base no projeto desenvolvido e disposto dos materiais apresentados, o protótipo 1 foi construído. As quatro laterais do protótipo pronto são apresentadas na Figura 7. A metodologia construtiva adotada é apresentada no item 3.4 do presente trabalho.

**Figura 7 - Imagens das laterais do protótipo 1**

Fonte: Autor (2021).

### 3.3 Protótipo 2

O protótipo 2 refere-se ao protótipo no qual foi empregado o sistema denominado Parede Trombe, em uma de suas paredes. A Parede Trombe construída funcionou como uma técnica passiva de arrefecimento de ambientes internos, que, em conjunto com algumas aberturas no protótipo, deveria promover a circulação e refrigeração do ar presente no interior do ambiente. Os materiais utilizados para a sua construção são descritos a seguir, na Tabela 3.

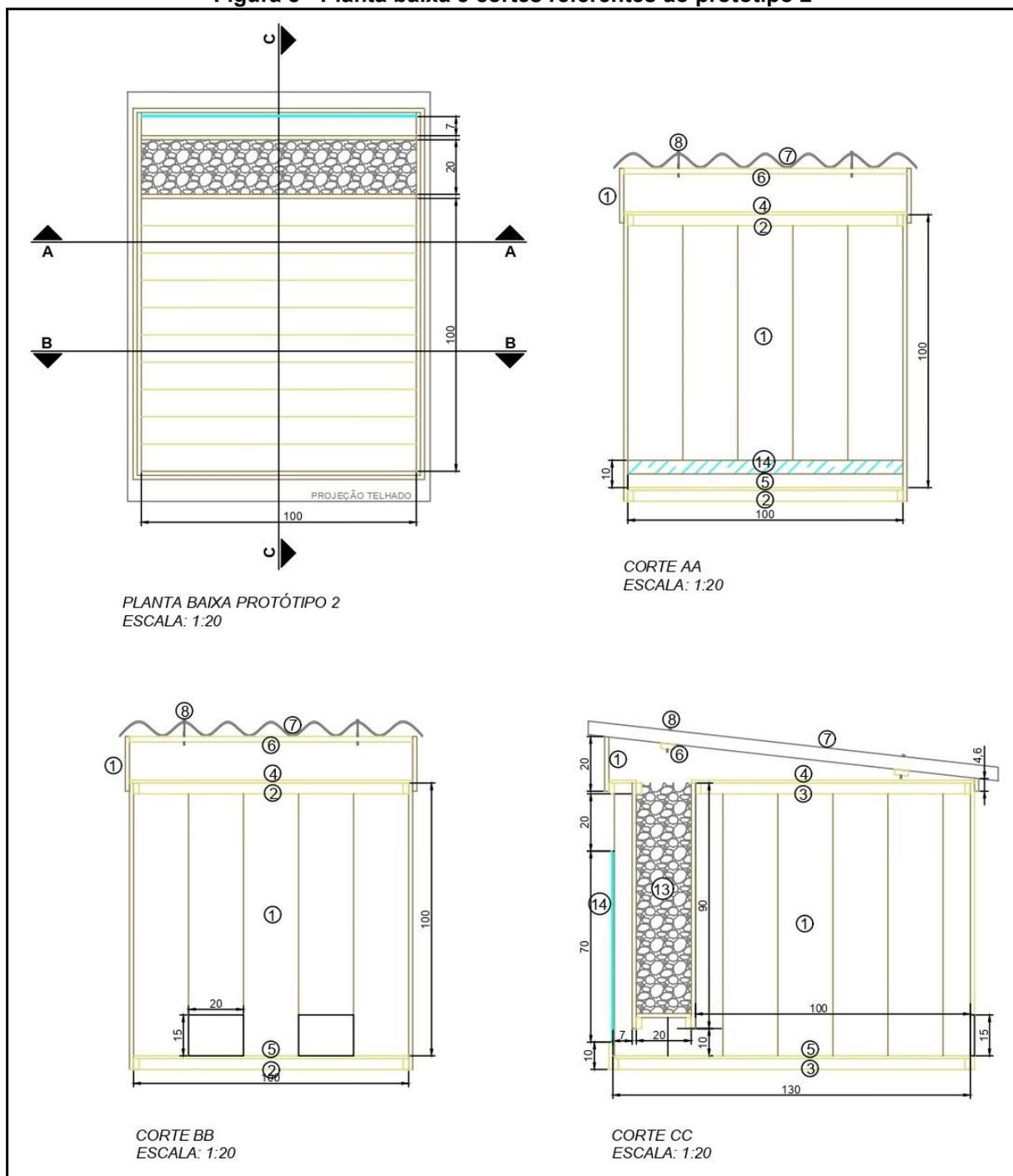
**Tabela 3 - Descrição dos materiais utilizados na construção do protótipo 2**

<b>Item</b>	<b>Quant.</b>	<b>Descrição</b>
1	36m	Tábua de madeira do tipo Guarucaia; e=15mm; l≈200mm
2	6	Sarrafo de madeira do tipo Ipê; tamanho=100x2x4cm
3	4	Sarrafo de madeira do tipo Ipê; tamanho=130x2x4cm
4	1	Lambri de madeira do tipo Pinus; tamanho=100x100cm
5	1	Lambri de madeira do tipo Pinus; tamanho=100x130cm
6	2	Ripa de madeira do tipo Ipê; tamanho=100x5x2cm
7	1	Telha de fibrocimento; e=6mm; tamanho=150x110cm
8	4	Parafuso telheiro
9	180	Parafuso Chipboard cabeça chata Philips 4x30mm
10	160	Prego com cabeça 10x10
11	0,4l	Verniz sintético
12	0,1l	Tinta acrílica de cor branca
13	180l	Pedra brita tipo 1
14	1	Painél de vidro temperado; e=4mm; tamanho=100x70cm

**Fonte: Autor (2021)**

A planta baixa e cortes do protótipo 2 são apresentados na Figura 8. A partir da numeração dos itens listados na Tabela 3, os cortes trazem onde alguns desses itens foram empregados, tanto no que compreende a Parede Trombe, quanto o protótipo, tornando possível observar com maior clareza como estão distribuídos os materiais utilizados. Além disso, algumas dimensões são apresentadas na imagem.

Figura 8 - Planta baixa e cortes referentes ao protótipo 2



Fonte: Autor (2021).

Com base no projeto desenvolvido e disposto dos materiais apresentados, o protótipo 2 foi construído. Além do protótipo, a Parede Trombe também foi desenvolvida e construída em conjunto com o mesmo. As quatro laterais do protótipo pronto são apresentadas na Figura 9. A metodologia construtiva adotada para a construção do protótipo e da Parede Trombe são apresentadas nos itens 3.4 e 3.5 do presente trabalho.

**Figura 9 – Imagens das laterais do protótipo 2**

Fonte: Autor (2021).

### 3.4 Construção dos protótipos

Por conta do aproveitamento de alguns materiais utilizados no processo construtivo dos protótipos, as madeiras do tipo Guarucaia, utilizadas para a construção das paredes dos mesmos, por serem advindas da demolição de uma residência antiga feita em madeira, precisaram de processos de correção das irregularidades que as superfícies apresentavam. A Figura 10a mostra como estavam as tábuas utilizadas no projeto.

Com isso, primeiramente as tábuas passaram por um processo de averiguação e retirada de pregos antigos. Na sequência, por meio de uma serra

circular de bancada (Figura 10b), as tábuas foram cortadas nas dimensões necessárias. Com exceção das tábuas que faziam parte da Parede Trombe, que tiveram comprimento igual a 90cm, as demais tábuas que formaram as outras paredes tiveram comprimento igual a 105cm. As laterais das tábuas também passaram por um processo de corte, sendo, posteriormente, plainadas por meio de uma plaina desempenadeira de bancada (Figura 10c). Por fim, com o uso de uma de uma plaina desengrossa de bancada (Figura 10d), as tábuas tiveram suas faces plainadas até atingirem uma espessura de 15mm.

**Figura 10 - a) Madeiras utilizadas do tipo Guarucaia; b) Serra Circular de bancada utilizada; c) Plaina desempenadeira de bancada utilizada; d) Plaina desengrossa de bancada utilizada.**



Fonte: Autor (2021).

Com todas as tábuas finalmente preparadas (Figura 11a), foram feitos sarrafos em madeira do tipo Ipê, de acordo com os tamanhos necessários,

apresentados nas Tabelas 2 e 3. Os sarrafos serviram para ligar as tábuas e formar as faces das paredes do protótipo. As ligações entre os sarrafos e as tábuas se deram por meio de cola branca para madeira e parafusos. A Figura 11b mostra uma das paredes de um dos protótipos montada. O protótipo 1 contou com duas faces de largura igual a 100cm e outras duas com 103cm. Já o protótipo 2 teve três faces de largura igual a 100cm e outras duas com 133cm.

Tendo todas as faces montadas, o próximo passo foi unir todos os lados de cada protótipo, como mostra a Figura 11c. Após isso, os pisos e forros foram construídos. A partir de forros de madeira dispostos de encaixe macho e fêmea, formaram-se lambris de madeira do tipo Pinus. Tais lambris foram utilizados como piso e forro dos protótipos, sendo fixados nos sarrafos por meio de pregos, conforme a Figura 11d apresenta.

**Figura 11 - a) Tábuas utilizadas com a preparação finalizada; b) Lateral de um dos protótipos montada; c) Laterais do protótipo 1 unidas; d) Piso e forro colocados no protótipo 1.**



Fonte: Autor (2021).

A cobertura dos protótipos foi feita com telhas de fibrocimento. Para a estrutura da cobertura utilizou-se tábuas de Guaruaia fixadas por meio de parafusos nas paredes do protótipo. A inclinação utilizada no telhado foi de 12%, sendo preciso que tais tábuas fossem cortadas para que acompanhassem a inclinação do telhado. Ripas de madeira do tipo Ipê e parafusos telheiros também foram utilizados para que os telhados fossem fixados no protótipo.

As paredes externas dos dois protótipos foram envernizadas com verniz do tipo sintético. Também foi confeccionada uma “portinha” em cada um dos protótipos, no intuito de auxiliar no manuseio do interior de cada protótipo, como colocação dos sensores que viriam a ser utilizados no experimento. O protótipo 1 contou com uma “portinha” de tamanho 60x60cm, enquanto a do protótipo 2 teve tamanho 60x30cm. Dobradiças de metal, puxador e tramela de madeira foram fixados nas peças.

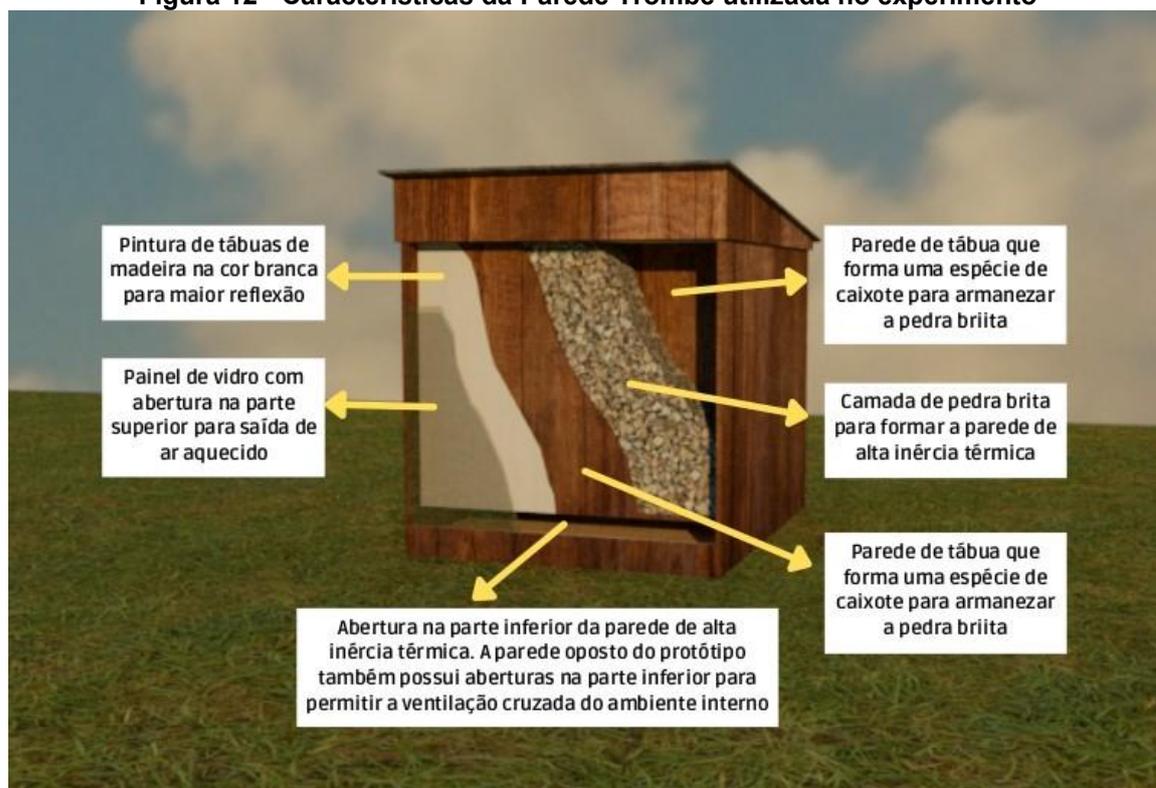
Por fim, os protótipos tiveram um volume interno final igual a  $1\text{m}^3$ , tendo todos os lados internos iguais a 1m. O protótipo 2 apresentou tamanho maior por conta da inclusão da Parede Trombe no protótipo, apresentada no capítulo a seguir, que utilizou todo o espaço acrescido para sua confecção. No experimento, os protótipos serviram como células de testes, imitando ambientes internos comuns e usuais, apenas em volume menor.

### **3.5 Construção da Parede Trombe**

A construção da Parede Trombe foi feita em conjunto com a construção do protótipo 2, onde está inserida. Visando o alinhamento com a bibliografia estudada, uma Parede Trombe, como é comumente utilizada, deve possuir: um painel de vidro, uma parede de alta inércia térmica e uma câmara de ar entre estes dois elementos formando uma espécie de estufa. Além disso, a utilização de aberturas na edificação e na Parede Trombe é fundamental para a maior eficiência do sistema.

O projeto de construção da Parede Trombe é apresentado na Figura 12. Em busca de técnicas sustentáveis, a construção da Parede Trombe também foi feita a partir de aproveitamento de materiais descartados.

**Figura 12 - Características da Parede Trombe utilizada no experimento**



Fonte: Autor (2021)

O painel de vidro utilizado trata-se de uma possível folha de janela já utilizada e descartada. Corresponde a um painel de vidro do tipo temperado, de espessura igual a 4mm, com 100cm de largura e 70cm de altura. A fixação do vidro no protótipo 2 se deu por meio de cantoneiras feitas em madeiras com encaixes na espessura do vidro. Além disso, o painel ficou colocado acima de uma tábua de madeira de 10cm de altura, na parte externa do protótipo. As vedações laterais da Parede Trombe são as paredes maiores do protótipo 2.

Na tentativa de criar uma parede de alta inércia térmica, o protótipo 2 contou com uma espécie de caixote construído no interior do protótipo, como mostra a Figura 13a. Foram feitas duas faces de largura igual a 100cm e altura de 90cm, fixadas a 10cm do piso do protótipo e espaçadas, entre si, a uma distância de 20cm. Na base dessas duas faces foi fixada uma tábua de 20cm de largura, para formar enfim o caixote a 10cm de distância do piso. O interior desse caixote contou com um volume de  $0,18\text{m}^3$  ( $1 \times 0,2 \times 0,9\text{m}$ ), sendo preenchido com pedras brita do tipo 1, formando assim uma parede espessa de pedra, configurando numa alta inércia térmica, apresentado na Figura 13b.

Figura 13 - a) Caixote produzido para formação da parede de alta inércia térmica;  
b) Preenchimento do caixote com pedras brita do tipo 1



Fonte: Autor (2021).

Para minimizar o efeito da radiação solar no protótipo, a face externa em madeira da parede de alta inércia térmica recebeu uma pintura de coloração branca, com tinta do tipo acrílica, permitindo que os raios solares sejam refletidos e, conseqüentemente, menos absorvidos para o ambiente interno.

O painel de vidro foi colocado a uma distância de 8cm da parede de alta inércia térmica, formando a câmara de ar que abrigará o ar aquecido.

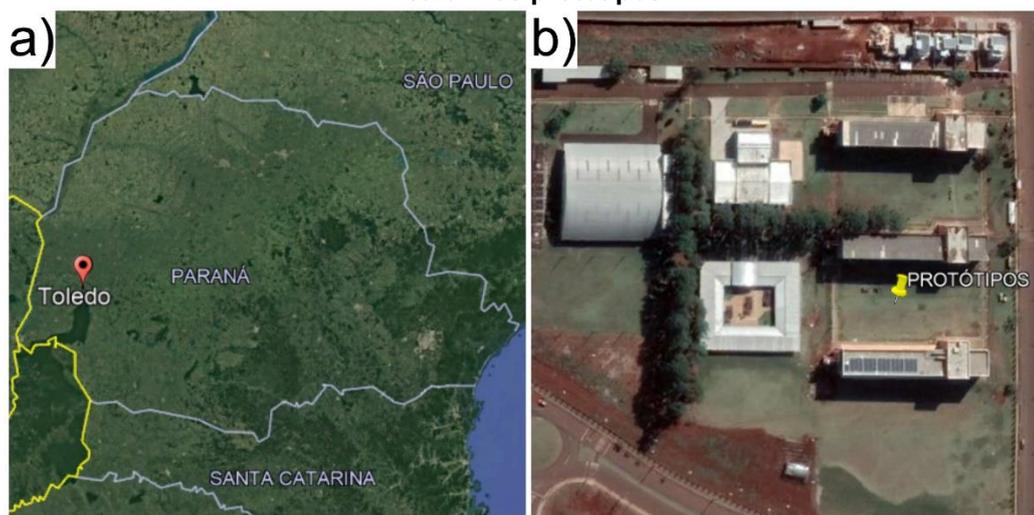
Diante da busca pelo arrefecimento do ambiente interno por meio da circulação do ar e ventilação interna, fez-se necessário dispor de aberturas no protótipo e no painel de vidro, permitindo a entrada de vento fresco, circulação do ar interno e saída do ar aquecido através da câmara de ar da Parede Trombe, como mostrado na Figura 5b.

Na parede oposta à Parede Trombe, foram realizadas duas aberturas em sua parte inferior, com 20cm de largura e 15cm de altura cada. A parede de alta inércia térmica ficou separada do piso a uma distância de 10cm, promovendo uma abertura inferior de tamanho 100x10cm. Tais aberturas permitem que o ar frio seja responsável pela ventilação do ambiente. Já a abertura do painel de vidro foi feita na parte superior, distanciada a 20cm do forro do protótipo 2, permitindo a saída do ar quente.

### 3.6 Local da realização do experimento

Os protótipos foram colocados entre os prédios referentes aos blocos C e E da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizada no município de Toledo, no Oeste Paranaense. Define-se o ambiente de estudo pelas seguintes coordenadas: 24° 43' 59.67" S de latitude, 53° 45' 51.07" O de longitude e 572m de altitude.

**Figura 14 – Localização (a) do município de Toledo - PR; (b) do ambiente de estudo onde ficaram os protótipos.**



Fonte: Google Earth Pro (2021)

A Figura 14a mostra a localização do município de Toledo – PR. Os protótipos ficaram instalados, durante o experimento, no pátio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que fica situada no perímetro urbano da cidade e sua localização é mostrada na Figura 14b.

#### 3.6.1 Zona bioclimática

De acordo com a Figura 3, retirada da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), o município de Toledo – PR está localizado na zona bioclimática 3 (Z3). Para esta zona, a norma estabelece que, para os dias quentes (verão), as edificações devem usar como estratégia de condicionamento térmico passivo a utilização de ventilação cruzada.

Portanto, observa-se a necessidade de técnicas de arrefecimento para a região, fazendo com que o presente estudo esteja em conformidade com a norma brasileira. O uso da ventilação cruzada vinculado com o sistema passivo de Paredes

Trombe, se trata de uma alternativa para a problemática que a região apresenta nos dias quentes.

### 3.6.2 Direção do Sol e vento predominante

A Parede Trombe deve estar localizada onde há uma maior incidência solar durante o dia, afim do máximo aproveitamento dos raios solares. No caso da utilização da Parede Trombe para arrefecimento, é importante que a direção do vento predominante também seja levada em consideração, para que as aberturas sejam feitas de modo a promover uma boa circulação do ar interno da edificação.

Com base nas considerações apresentadas, determinou-se a orientação ideal para o maior ganho solar na Parede Trombe. A maior incidência solar durante o dia ocorre nos lados norte e oeste do protótipo, sendo os locais ideais para a orientação da Parede Trombe.

Para a obtenção da direção do vento predominante no município de Toledo – PR, foi realizada uma pesquisa no site “Weather Spark”<sup>2</sup>, que apresenta o clima típico de qualquer região do Planeta. Segundo o site, em Toledo – PR, ao longo do ano, a direção média horária predominante do vento vem do leste.

A partir dos dados apresentados, da busca pela ventilação cruzada e eficiência do sistema passivo, as paredes dos protótipos que deveriam receber a maior incidência solar ficaram colocadas com direção a região noroeste. Sendo assim, o protótipo 2 terá suas aberturas no lado sudeste, para maior entrada de ventilação e no lado noroeste, onde estará a Parede Trombe, para permitir a ventilação cruzada.

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/29580/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Toledo-Brasil-durante-o-ano>> Acesso em: 27 out. 2021.

**Figura 15 - Protótipos instalados durante a execução do experimento.**



**Fonte: Autor (2021).**

A Figura 15 mostra como ficaram as instalações dos protótipos durante o período de execução do experimento. As paredes que ficaram dispostas na direção noroeste estão em ênfase na imagem.

### **3.7 Realização do experimento**

O experimento foi realizado durante 10 dias, tendo seu início no dia 29/10/2021 as 17:00 horas, e término no dia 08/11/2021 as 17:00 horas. Durante esse período foram avaliados o desempenho térmico do interior dos protótipos, através de medições de temperatura no interior dos protótipos e no ambiente externo, além de realizar a coleta de dados de umidade relativa do ar e velocidade do vento para averiguar a influência desses fatores.

#### **3.7.1 Coleta de dados de temperatura**

As medições de temperaturas internas dos protótipos e da temperatura do ambiente externo foram fundamentais para analisar a influência da utilização do sistema passivo do presente trabalho na refrigeração do ambiente interno.

Para a coleta de dados das medições de temperatura foi empregado um sistema programado em uma plataforma Open Hardware, mostrado na Figura 16, em que foi utilizado uma Placa Arduino Nano V3, composta por um microcontrolador Atmel ATmega328p e por pinagem que pode ser utilizada para conexão com sensores

eletrônicos analógicos do modelo Termistor NTC 10k ohm, capazes de aferir temperaturas entre  $-55^{\circ}\text{C}$  e  $125^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 16 – Equipamento Placa Arduino Nano V3 com microcontrolador e sensores eletrônicos.**



Fonte: Autor (2021)

Foram instalados três sensores analógicos. Um deles foi colocado acima do telhado do protótipo 2, para captação da temperatura externa (Figura 17a). Já os outros dois sensores ficaram alojados no centro geométrico de cada interior dos protótipos. Para isso, foi instalado uma régua de madeira pregada em uma das faces dos protótipos até o centro, para que os sensores pudessem ser colados com fita adesiva nestas régua, como mostra a Figura 17b.

**Figura 17 - Sensor instalado: a) na área externa; b) no centro geométrico do interior dos protótipos**



Fonte: Autor (2021).

Atuando juntamente aos sensores, foi empregado um acessório de alta precisão de data e hora, o *Real Time Clock* RTC DS3231, e uma unidade de cartão micro SD para gravar e armazenar os dados provenientes das leituras. Toda aparelhagem passou por configurações na plataforma programadora do Arduino para que atendesse aos requisitos necessários para a realização do experimento. As temperaturas foram aferidas e registradas a cada 15 minutos. Como o experimento teve duração de 10 dias, o estudo contou com uma amostragem composta por 961 leituras de temperaturas internas e externas.

### 3.7.2 Coleta de dados de umidade relativa do ar e velocidade dos ventos

A coleta dos dados referentes a umidade relativa do ar e velocidade dos ventos do ambiente externo foi realizada para determinar a influência que estes fatores têm no desempenho térmico interno dos protótipos, visto que, um deles não teve aberturas para a entrada de ventos, enquanto o outro contou com aberturas e sistema passivo de arrefecimento.

O Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) conta com uma estação meteorológica na cidade de Toledo – PR. Através do site “SIMEPAR”<sup>3</sup>, é possível visualizar os dados de qualquer uma de suas estações meteorológicas. Esses dados são fornecidos num período de hora em hora, sendo possível visualizar um intervalo referente as últimas 24 horas do dia. Por conta disso, se fez necessário acessar o site todos os dias durante o período do experimento, para que fosse possível coletar os dados desses dias.

A estação meteorológica da SIMEPAR, localizada em Toledo-PR está situada nas seguintes coordenadas: 24° 46' 59.9" S de latitude e 53° 43' 00.1" O de longitude, com 516,4m de altitude.

Como os dados de umidade e velocidade do ar eram medidos a cada hora pela SIMEPAR, e o experimento teve 10 dias de duração, o estudo contou com uma amostragem composta por 241 leituras de cada um dos fatores.

---

<sup>3</sup> Disponível em: <[http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/dados\\_estacoes/24475343](http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/dados_estacoes/24475343)>. Acesso em: 29 out. 2021 a 08 nov. 2021.

Portanto, o estudo contou com bases de dados de temperaturas internas dos dois protótipos juntamente com a temperatura externa do ambiente, além de, dados coletados da umidade relativa do ar e velocidade dos ventos presente no ambiente externo.

### **3.8 Metodologia de análise de dados**

Através das amostras obtidas com as medições do experimento, foi possível efetuar análises estatísticas dos dados para entender se a Parede Trombe desenvolvida e utilizada no experimento teve influência significativa no arrefecimento de ambientes internos.

Para os dados referentes a temperatura do ambiente externo e temperaturas internas dos protótipos, foram criados gráficos que mostram a comparação dessas temperaturas. A partir dos gráficos gerados, foi possível obter uma visualização do comportamento das temperaturas durante os dias do experimento.

Afim de saber se a diferença de temperatura entre os protótipos foi significativa para o estudo, aplicou-se o teste de hipótese de análise de variância (ANOVA), com nível de significância  $\alpha = 5\%$ , para avaliar se houve influência significativa da utilização da Parede Trombe na refrigeração do ambiente interno.

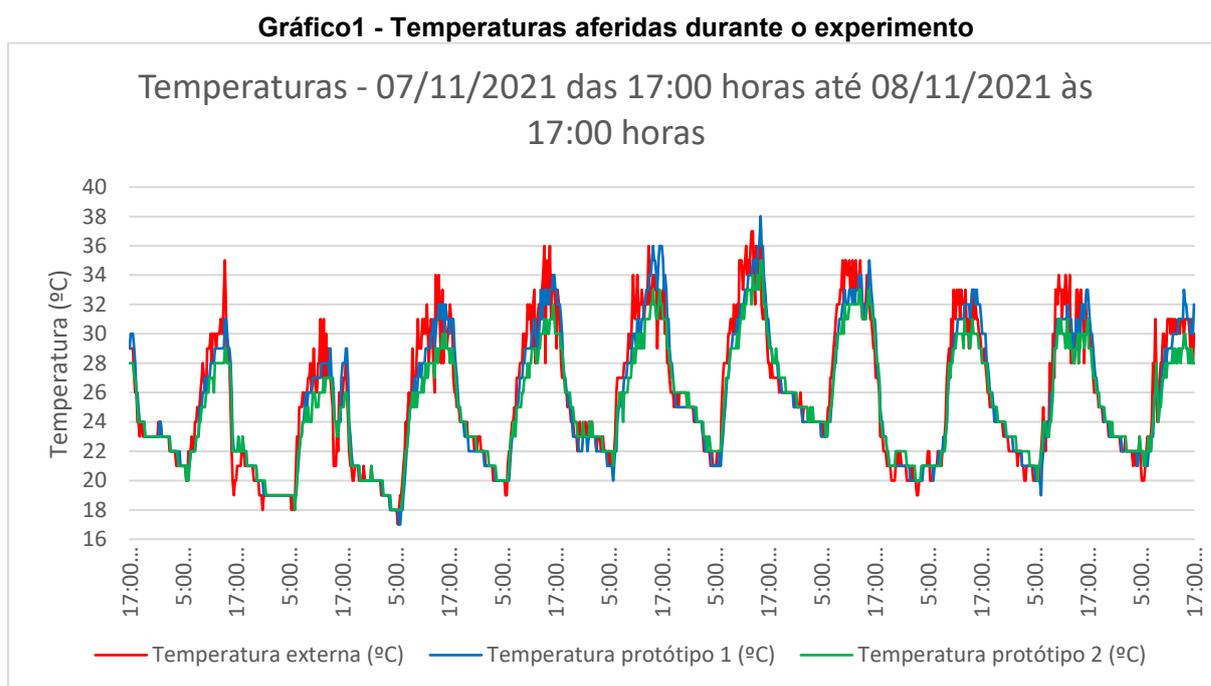
Por fim, com os dados de umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, obtidos através da estação meteorológica da SIMEPAR, situada em Toledo-PR, fez-se uma análise através de gráficos de dispersão. Com isso, foi possível analisar esses dados com os dados referentes a temperaturas dos protótipos, para saber se os mesmos têm influência nos resultados de temperaturas obtidos, além de, através da correlação dos dados, descobrir se tal influência é significativa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo traz os resultados obtidos a partir da análise dos dados aferidos e coletados para a execução do experimento que idealiza o presente trabalho. A tabela com todos esses dados é apresentada no Apêndice B e está organizada através dos dias e horários das medições realizadas.

### 4.1 Dados de Temperaturas

As medições de temperatura do ambiente externo e temperaturas de ambos os protótipos, foram feitas a cada 15 minutos. A Figura 18 mostra, graficamente, os dados referentes as três temperaturas, durante os 10 dias de experimento. Para melhor visualização, o Apêndice A traz os mesmos dados separados, graficamente, em intervalos de 24 horas.



A partir da apresentação gráfica é possível observar que as temperaturas, no geral, obedecem uma ordem diária de valores. As temperaturas tendem a começar a subir logo pelo início da manhã, atingindo valores maiores diários durante o fim da manhã, início e meados da tarde (por volta das 11:00 até as 16:00 horas). No fim da tarde os valores tendem a começar a diminuir, até atingirem os valores mais baixos que costumam permanecer constantes durante a madrugada.

Era esperado que durante a madrugada, os valores de temperatura do protótipo 2 (que possui a Parede Trombe) fossem menores que os valores referentes ao protótipo 1. Acreditava-se que as aberturas que o protótipo 2 possui influenciariam na diminuição da temperatura do protótipo, por conta das temperaturas mais baixas que costumam ocorrer durante as madrugadas. No entanto, os dados aferidos mostraram que durante as madrugadas, as três temperaturas (externa, interna do protótipo 1 e interna do protótipo 2) seguiram sempre muito próximas, com recorrência de valores iguais. Com isso, compreende-se que durante as madrugadas, as aberturas do protótipo 2 não influenciam significativamente em baixas nas temperaturas.

#### 4.1.1 Média, valores máximos e mínimos

A Tabela 4 traz os valores referentes a média dos dados de cada temperatura analisada. Os dados apresentados são calculados a partir da base de dados de todos os dias e horários que compreendem o período do experimento. Além disso, a tabela traz os valores máximos e mínimos de cada temperatura e em qual(is) data(s) e horário(s) foram aferidos.

**Tabela 4 - Média, valores máximos e mínimos das temperaturas analisadas, durante o experimento**

<b>TEMPERATURA EXTERNA (°C)</b>			
MÉDIA	25,64		
VALOR MÁX.	38	REGISTRADO EM:	04/11/2021 ÀS 15:15 HORAS
VALOR MÍN.	17	REGISTRADO EM:	01/11/2021 ÀS 05:30 HORAS
<b>TEMPERATURA PROTÓTIPO 1 (°C)</b>			
MÉDIA	25,52		
VALOR MÁX.	38	REGISTRADO EM:	04/11/2021 ÀS 15:15 HORAS
VALOR MÍN.	17	REGISTRADO EM:	01/11/2021 ÀS 05:45 E 06:00 HORAS
<b>TEMPERATURA PROTÓTIPO 2 (°C)</b>			
MÉDIA	25,09		
VALOR MÁX.	35	REGISTRADO EM:	04/11/2021 ÀS 15:15 E 15:30 HORAS
VALOR MÍN.	18	REGISTRADO EM:	31/10/2021 ÀS 06:15 HORAS E EM 01/11/2021 DAS 04:00 ÀS 06:15 HORAS

**Fonte: Autor (2021).**

Com base na Tabela 4, observa-se que os valores de média das três temperaturas são relativamente próximos. Ainda assim, é possível perceber que o

protótipo 2 apresenta média de temperatura menor, tendo diferença de 0,55°C em relação à média da temperatura externa e 0,43 °C quando relacionado com a média de temperatura do protótipo 1. Portanto, já é possível determinar que a utilização da Parede Trombe foi eficaz na refrigeração do ambiente interno.

Os valores mínimos de temperatura encontrados durante o experimento demonstraram a linearidade que ocorre durante a madrugada. Com valores próximos, obtidos em horários próximos, as mínimas confirmam tal afirmativa.

Já os valores máximos foram todos obtidos em meados da tarde do dia 04/11/2021. Neles, é possível observar a influência da Parede Trombe no arrefecimento do ambiente interno do protótipo 2, pois, apresenta uma diferença de 3°C entre a temperatura externa e do protótipo 1.

Com base nas análises dos resultados dos valores de média, máximo e mínimo das temperaturas, percebeu-se que a Parede Trombe tem maior influência no período em que ocorre a maior radiação solar e, conseqüentemente, as temperaturas mais elevadas. Sendo assim, optou-se por analisar os mesmos dados trazidos na Tabela 4, porém, apenas com as temperaturas do período de maiores temperaturas do dia. O intervalo escolhido compreende as temperaturas obtidas das 11:00 até às 16:00 horas, durante todos os dias do experimento. A Tabela 5 traz essa nova análise feita a partir do período de maior incidência solar.

**Tabela 5 - Média, valores máximos e mínimos das temperaturas analisadas, referentes ao intervalo diário de maior incidência solar (11:00 às 16:00 horas), durante o experimento**

TEMPERATURA EXTERNA (°C)			
MÉDIA	31,12		
VALOR MÁX.	38	REGISTRADO EM:	04/11/2021 ÀS 15:15 HORAS
VALOR MÍN.	21	REGISTRADO EM:	31/10/2021 DAS 15:00 ÀS 15:30 HORAS
TEMPERATURA PROTÓTIPO 1 (°C)			
MÉDIA	30,90		
VALOR MÁX.	38	REGISTRADO EM:	04/11/2021 ÀS 15:15 HORAS
VALOR MÍN.	24	REGISTRADO EM:	31/10/2021 DAS 15:15 ÀS 16:00 HORAS
TEMPERATURA PROTÓTIPO 2 (°C)			
MÉDIA	29,41		
VALOR MÁX.	35	REGISTRADO EM:	04/11/2021 ÀS 15:15 E 15:30 HORAS
VALOR MÍN.	23	REGISTRADO EM:	31/10/2021 ÀS 15:45 E 16:00 HORAS

Fonte: Autor (2021).

A partir dos resultados mostrados na Tabela 5, observa-se agora uma diferença representativa das médias de temperaturas. Os valores de média do protótipo 1 com a temperatura externo continuaram parecidos, com diferença de apenas 0,22°C. Já o protótipo 2 apresentou uma variação maior de média de temperatura, no intervalo de maior incidência solar do que quando comparado durante todo o dia. Relacionado ao ambiente externo o protótipo 2 obteve uma diferença média de 1,71°C, enquanto com relação ao protótipo 1 a diferença média foi de 1,49°C.

Durante o período analisado, percebe-se que as temperaturas mínimas tendem a terem uma maior divergência, sem que caminhem sempre parecidas como ocorreu nas madrugadas. Já as temperaturas máximas são as mesmas obtidas na análise anterior, enfatizando as elevadas temperaturas ocorrerem no período analisado.

#### 4.1.2 Análise de variância (ANOVA)

No intuito de afirmar, estatisticamente, a eficácia do sistema de Parede Trombe construída e utilizada no experimento, no arrefecimento de ambientes internos, realizou-se um teste de análise de variância, conhecido como ANOVA. Esse tipo de ferramenta é utilizada para determinar se dados de grupos diferentes possuem distinção significativa entre eles.

Utilizando nível de significância  $\alpha = 5\%$ , os dados de temperatura dos protótipos 1 e 2 foram analisados. A hipótese nula ( $H_0$ ) afirma que não há diferença significativa entre os grupos analisados. Já a hipótese alternativa ( $H_1$ ) diz que há diferença significativa entre tais grupos. Caso o valor-p dê abaixo do nível de significância, a hipótese alternativa é verdadeira. Do contrário, a hipótese nula passa a ser verdadeira. A Tabela 6 traz o resultado obtido com a análise de variância (ANOVA) realizada.

Tabela 6 - Análise de variância (ANOVA) das temperaturas dos protótipos 1 e 2

## RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Temperatura protótipo 1	961	24522	25,51717	20,24372
Temperatura protótipo 2	961	24110	25,08845	14,03279

## ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	88,31634	1	88,31634	5,15317	0,023314	3,846307
Dentro dos grupos	32905,45	1920	17,13825			
Total	32993,76	1921				

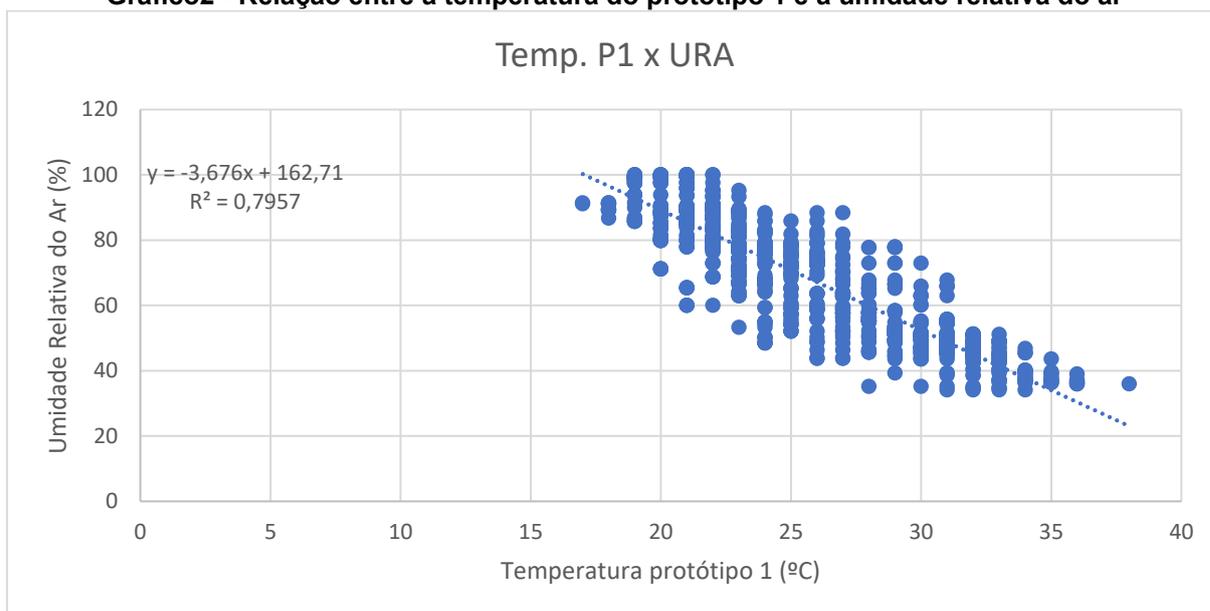
Fonte: Autor (2021).

Com valor-p igual a 2,3%, a hipótese alternativa passa a ser verdadeira. Portanto, a diferença de temperatura que ocorre entre os protótipos 1 e 2 é significativa, comprovando resultado significativo ao sistema passivo de Parede Trombe quando utilizado para arrefecimento de ambientes internos.

#### 4.2 Dados de Umidade relativa do ar

A análise dos dados de umidade relativa do ar (URA) foi feita em conjunto com os dados de temperatura dos protótipos 1 e 2, através de gráficos de dispersão. Por meio da reta linear criada pelo gráfico e da dispersão dos dados é possível visualizar se a correlação entre os dois fatores analisados existe, se é forte ou fraca e se é positiva ou negativa.

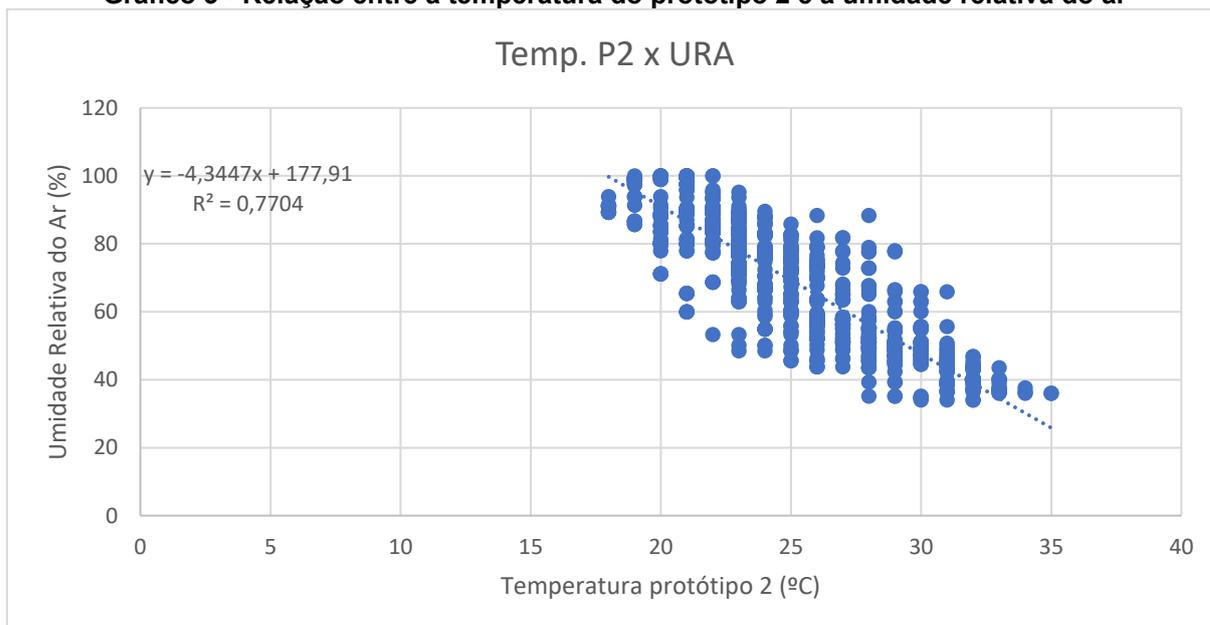
Buscando auxiliar essa análise, para cada gráfico foi calculado o Coeficiente de Correlação ( $r$ ), que varia entre -1 e 1. A proximidade ao valor -1 indica uma correlação negativa forte. Quando próximo a 0 quer dizer que não há correlação entre os fatores analisados. Valor próximo a 1 indica correlação positiva forte. A Figura 19 mostra o gráfico que relaciona a URA com a temperatura do protótipo 1.

**Gráfico2 - Relação entre a temperatura do protótipo 1 e a umidade relativa do ar**

Fonte: Autor (2021)

O valor de  $r$  foi igual a  $-0,89200$ , indicando assim, correlação negativa forte, isto é, os valores de umidade relativa do ar têm influência significativa na temperatura do protótipo 1. A negatividade da correlação indica que o aumento da umidade tende a diminuir a temperatura do protótipo.

A mesma análise foi feita em comparação com os dados de temperatura do protótipo 2. A Figura 20 mostra o gráfico de dispersão criado para esta análise.

**Gráfico 3 - Relação entre a temperatura do protótipo 2 e a umidade relativa do ar**

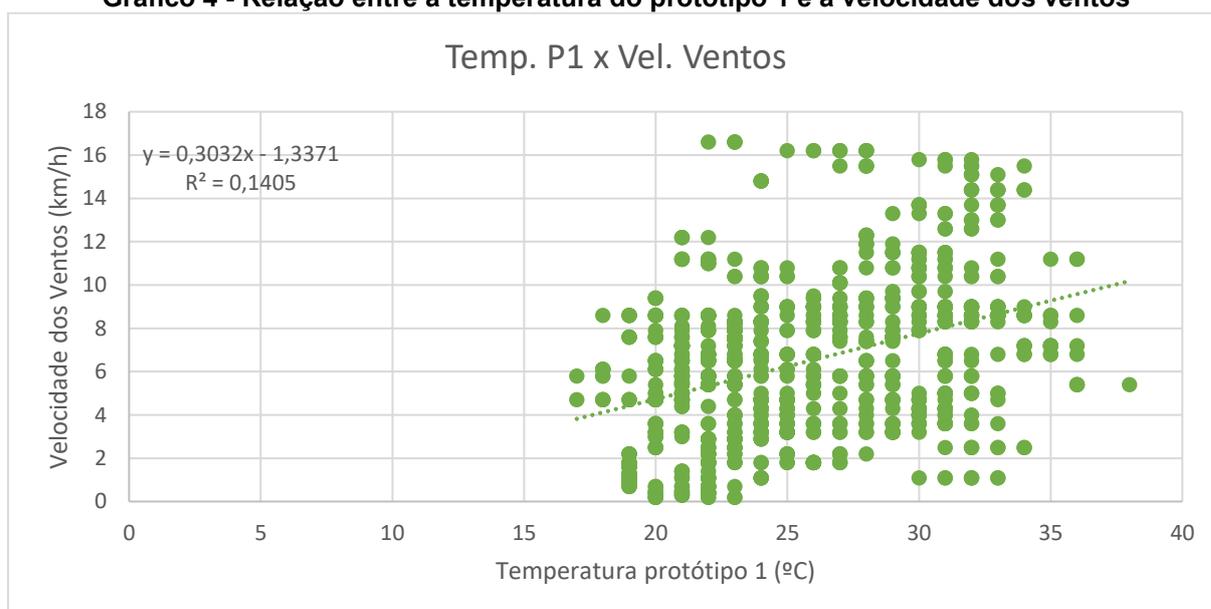
Fonte: Autor (2021).

Agora, o valor de  $r$  obtido foi de  $-0,87775$ , indicando também correlação negativa forte entre os dados de umidade relativa do ar e temperatura do protótipo 2. Portanto, pode-se afirmar que os valores de umidade têm influência significativa nas temperaturas obtidas durante o experimento. Além disso, observa-se que os valores de R-quadrado deram próximos a 80%, indicando dados próximos a linha de regressão e, assim, uma taxa baixa de erros da análise.

### 4.3 Dados de Velocidade dos ventos

Com base no mesmo processo de análise utilizado para a umidade relativa do ar, os dados referentes a velocidade dos ventos foram analisados através de gráficos de dispersão e coeficiente de correlação ( $r$ ). A Figura 21 mostra a análise feita em conjunto com os dados de temperatura do protótipo 1.

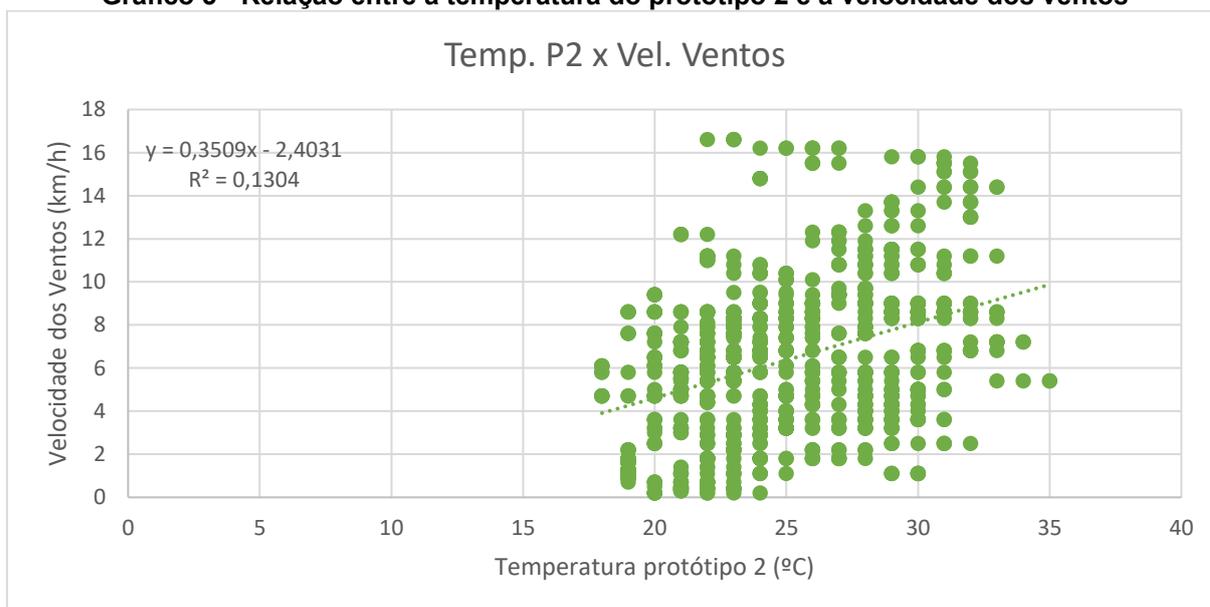
**Gráfico 4 - Relação entre a temperatura do protótipo 1 e a velocidade dos ventos**



Fonte: Autor (2021).

Através da visualização do gráfico já possível observar uma grande variedade de dados dispersos e distantes da linha de regressão linear. O valor de  $r$  para este caso foi igual a  $0,37485$ , indicando assim pouca correlação entre os fatores analisados.

A Figura 22 traz o gráfico que relaciona a velocidade dos ventos com os dados de temperatura do protótipo 2.

**Gráfico 5 - Relação entre a temperatura do protótipo 2 e a velocidade dos ventos**

**Fonte: Autor (2021)**

A alta dispersão de dados continua mesmo em comparação com as temperaturas do protótipo 2. O valor de  $r$  obtido agora foi de 0,361164, indicando também pouca correlação entre os grupos analisados. Além disso, os valores referentes ao R-quadrado das duas fórmulas indicam variabilidade de dispersão de dados e chances altas de erros na utilização dos dados de velocidade dos ventos.

Sendo assim, pode-se afirmar que a utilização dos dados de velocidade dos ventos coletados não tem influência significativa nos dados de temperaturas obtidos. Acredita-se que o ideal seria utilizar um aparelho que captasse a velocidade dos ventos no local do experimento, com um intervalo pequeno de medições para se ter um resultado mais confiável no que diz respeito a significância da velocidade dos ventos na diferença de temperatura entre os protótipos.

#### 4.4 Viabilidade econômica

Os resultados apresentados até o momento são positivos enquanto a eficácia da Parede Trombe no arrefecimento de ambientes. No entanto, observa-se que o sistema não foi capaz de manter valores de conforto térmico, como sugeridos na NBR 16.401-2, apresentados na Tabela 1. Logo, entende-se que a Parede Trombe possa servir como uma das diversas estratégias passivas que podem ser utilizadas para a busca por conforto térmico. Tais estratégias podem, também, ser utilizadas em

conjunto com aparelhos de climatização artificial, afim de diminuir o consumo energético alto que esses aparelhos costumam apresentar.

Em uma entrevista concedida ao Jornal Gazeta do Povo, e publicada no site<sup>4</sup> do Jornal, o engenheiro mecânico Arnaldo Lopes Parra, especializado em climatização e vice-presidente de marketing da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado e Ventilação (Abrava), afirma que ocorre um aumento próximo a 3,5% no consumo energético e conseqüentemente na conta de energia, a cada grau reduzido no ar-condicionado.

Fazendo uma análise exemplificativa, levando em consideração que um ambiente faça uso de aparelhos de climatização artificial, no intuito de refrigerar os ambientes internos, apenas no período diário de maior incidência solar. Temos que, a diferença de média de temperaturas entre os protótipos 1 e 2, obtidas neste intervalo diário foi de aproximadamente 1,5°C. Com isso, entende-se que a utilização da Parede Trombe construída e utilizada no experimento, ocasionaria numa redução de mais de 5% do consumo energético de aparelhos de climatização artificial.

A busca por alternativas que diminuam o custo da construção da Parede Trombe é outro fator determinante para a sua viabilidade econômica. A busca por reutilização de materiais, além de estudos que analisem a substituição de elementos constituintes da Parede Trombe por outros que possuem valor de compra menor se torna fundamental.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/sustentabilidade/qual-temperatura-ideal-ar-condicionado-consumir-menos-energia/>> Acesso em: 13 nov. 2021.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho contou com o projeto e construção de dois protótipos e um sistema de Parede Trombe instalado em um dos deles. Os protótipos serviram como célula de teste, sendo utilizados em um experimento comparativo. Os resultados obtidos com o experimento determinaram que o sistema de Parede Trombe possui eficácia significativa na refrigeração de ambientes internos, sendo comprovada tal significância pela análise de variância (ANOVA).

Percebeu-se que a Parede Trombe teve resultados mais expressivos de diminuição de temperaturas, quando comparada com o protótipo 1, nos horários em que ocorre a maior incidência solar. Com uma análise feita entre os horários de 11:00 a 16:00 horas, durante os dias do experimento, observou-se que a variação média de temperatura entre os protótipos atingiu valor próximo a  $1,5^{\circ}\text{C}$ . A economia gerada por essa variação é superior a 5% no consumo energético, auxiliando na diminuição do uso de equipamentos de climatização artificial, da emissão de gases poluentes e da conta de energia.

Através de gráficos de dispersão notou-se que a umidade relativa do ar possui relação significativa com a mudança de temperaturas ao longo do dia. Já a velocidade dos ventos foi um fator que não teve contribuição significativa para a variação das temperaturas. Acredita-se que isso ocorreu por conta do intervalo de coletas dos dados (1 hora) ser muito grande e pela medição não ser feita no local do experimento. Entende-se que o ideal seriam realizar aferições da velocidade dos ventos no local do experimento, com um intervalo pequeno entre as medições, para avaliar se, dessa forma, tal fator possui relação significativa com a variação de temperatura dos protótipos.

Os resultados obtidos mostraram que apenas o sistema de Parede Trombe não foi suficiente para atingir valores, segundo a bibliografia estudada, de conforto térmico durante os dias de experimento, especialmente durante os horários de maior incidência solar. Sendo assim, conclui-se que a vinculação do sistema de Parede Trombe com outros métodos passivos de arrefecimento, pode trazer resultados ainda mais expressivos na busca pelo conforto térmico.

Além da economia gerada pelo sistema, acredita-se que os gastos com a construção da Parede Trombe é um fator determinante para a viabilidade econômica do sistema. A reutilização de materiais é uma alternativa para economizar na construção do sistema, além de contribuir com a sustentabilidade ambiental. Quanto aos tipos de elementos que constituem uma Parede Trombe, acredita-se que mais estudos devem ser feitos, afim de descobrir se a troca desses elementos por outros de menor valor garante a eficácia do sistema. Um exemplo seria estudar se o painel de vidro poderia ser trocado por um painel plástico transparente. Tais estudos contribuirão para a viabilidade econômica da construção do sistema, aumentando a confiança dos construtores com o método e facilitando o emprego do mesmo nos edifícios.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, Serina *et al.* **Not A Dry Subject: Optimizing Water Trombe Walls**. SOLAR 2010 Conference Proceedings, American Solar Energy Society, 2010.
- ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Fundamentals Handbook 1997**. Atlanta - Geórgia, EUA, 1993, 851 f.
- ABNT. 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, 2005.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 16401-2: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico**. Rio de Janeiro, 2008.
- BIANCO, Corina Faria. **Parede Trombe: Estudo experimental comparativo de desempenho térmico para aquecimento e arrefecimento na cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016, 344 f.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020. Ano base 2019**. Brasília, 2020.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Legislação – Normas Regulamentadoras. **NR 17 – Ergonomia**. Brasília, 2018.
- CAVALCANTI, Fernando Antonio de Melo Sá. **Paredes Trombe no Brasil: Análise do potencial de utilização para aquecimento e refrigeração**. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013, 144 f.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- CORREA, Celina Britto. **Arquitetura bioclimática. Adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural**. Portal Vitruvius. 004.07 2001. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/drops/02.004/1590>>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- DUARTE, Rafaela. **Arquitetura inteligente: Adequação do projeto de arquitetura residencial ao meio ambiente natural**. XI Semana de Extensão, Pesquisa e Pós Graduação, SEPesq, 19-23 de outubro de 2015.
- ELSADIG, Ayman Khalid. **Energy Efficiency in commercial Buildings**. Dissertation presented to Master Course of Science Sustainable Engineering, University of Strathclyde. Junho/2005.
- FERREIRA, Ana Isabel Carvalho. **Desempenho térmico de paredes de Trombe em soluções estruturais leves com aço**. Tese de Doutorado – Universidade de Coimbra, Portugal, 2015.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007. 243p.

GOMES, Miguel António da Graça. **Construção sustentável: Contributo da utilização da Parede Trombe**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal, Maio/2011, 163 f.

ISO. International Organization for Standardization. **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**. 2005.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9241: Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDT)**. 2011.

KRÜGER, Eduardo Leite *et al.* **Conforto ambiental em salas de aula do CEFET-PR**. Revista Tecnologia e Humanismo, Vol. 16, n. 22/23, p. 24-42, 2002.

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

LAMBERTS, Roberto *et al.* **Conforto e Stress térmico**. Laboratório de Eficiência Energética e de Edificações. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Jun/2011, 84 f.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações**. Aula 2: Conforto térmico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2014, 42 f.

MARIN, C.; WILLE, J.E.; SOARES, R.M.D. **Parede Trombe: Análise do impacto estético e térmico em um modelo de residência**. Vivências. Vol. 15, n. 28: p. 296-309, Maio/2019.

MARQUES, C. S. P; AZUMA, M. H; SOARES, P. F. **A importância da arquitetura vernacular**. Akrópolis, Umuarama, Vol. 17, n. 1, p. 45-54, jan-mar/2009.

MARTINS, Analisa Cavaleiro. **Contribuição da parede trombe na redução dos consumos energéticos dos edifícios**. Tese (Mestrado) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, 2010.

MATEUS, Ricardo Filipe Mesquita da Silva. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho. Azurém, Portugal, Março/2004, 224 f.

POMPEU, A.M.; BARBOSA, A.T.R.; ALMEIDA, O.F.L.; Rabaioli, V. **Estudo de eficiência energética em resfriamentos artificiais em salas de aula**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 14, nº 4, p. 217-236, out-dez/2018.

RUAS, Álvaro César. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo – SP. FUNDACENTRO, 1999, 94 f.

RUAS, Álvaro César. **Avaliação de Conforto Térmico: Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) –

Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP. FUNDACENTRO, 2001, 79 f.

SÁ, Ana Cristina Briga de. **Parede de Trombe: Análise experimental e simulação de desempenho térmico.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade da Beira Interior. Covilhã, Portugal. 2011, 198 f.

SÁ, Ana Cristina Briga de *et al.* **Desempenho térmico da Parede Trombe: Estudo experimental.** Congresso Construção 2012, 18-20 de dezembro de 2012. Coimbra, Portugal, 2012.

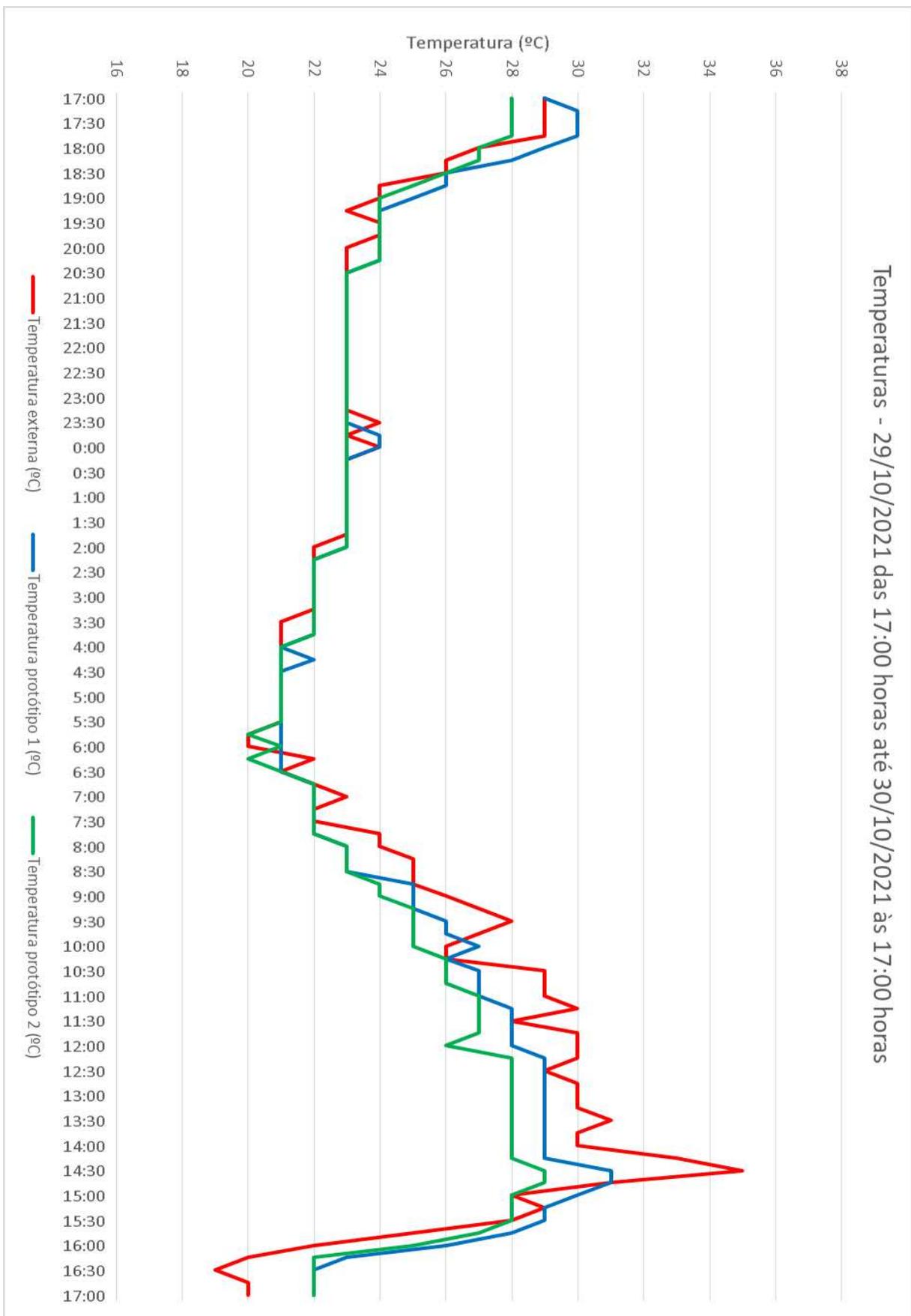
SANTA, Sthepane Louise Boca. **Avaliação de sustentabilidade: Eficiência energética em edifícios de uma universidade comunitária.** Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS, Vol. 6, n. 2, p. 140-149, mai-ago/2017.

TERRA, Stela Xavier. **Investigação quanto aos índices de conforto térmico em uma indústria de sorvetes.** Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa – PR, Vol. 15, n. 1, p. 101-119, jan-mar/2019.

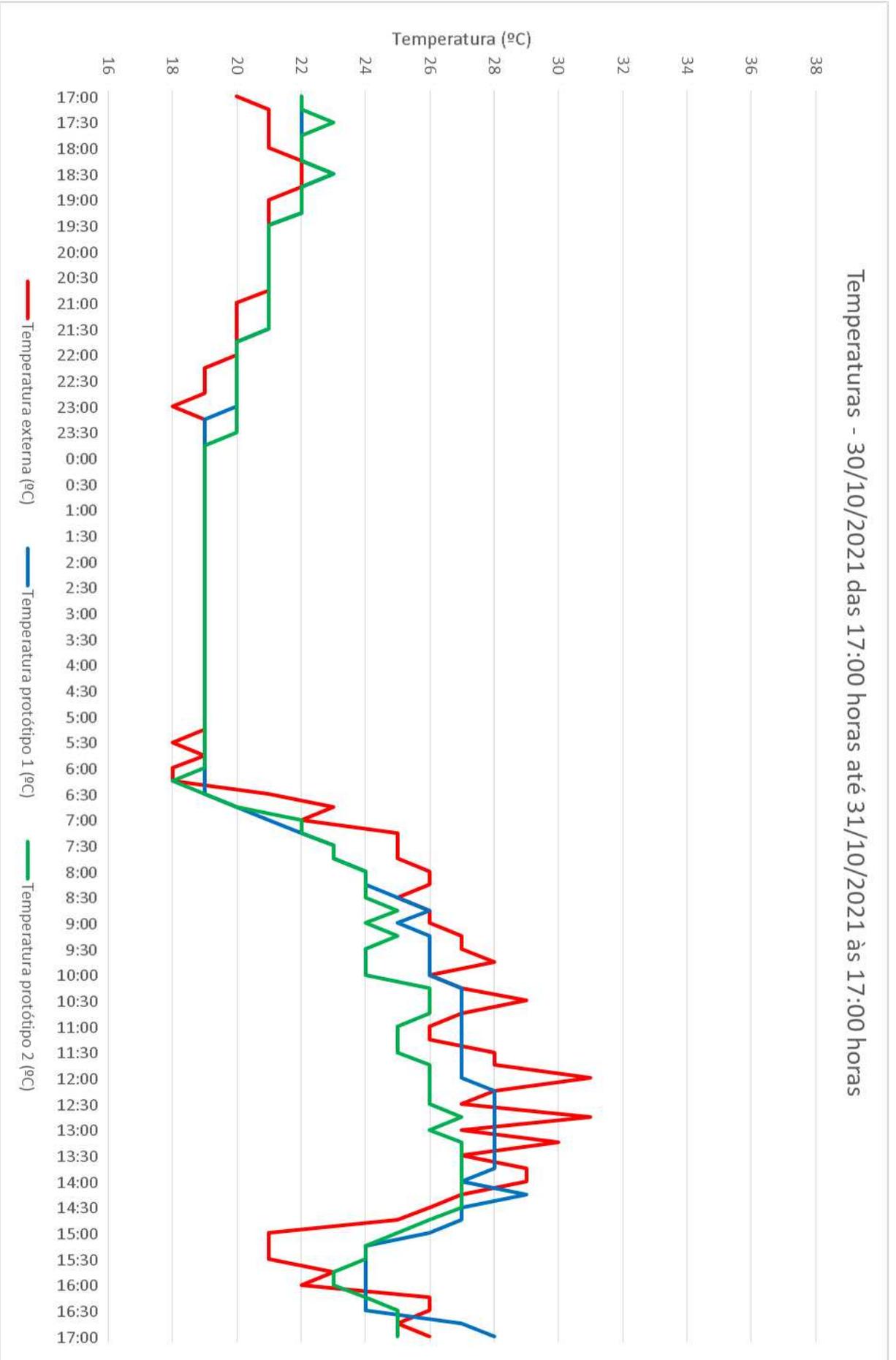
ZIEBELL, C. S.; AYMONE, J. L. F. **Desempenho térmico de uma residência com diferentes configurações de paredes trombe: Estudo para Curitiba -PR.** REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Vol 15, n. 2: p. 217-232, jul-dez/2019.

## **APÊNDICE A – Gráficos de temperaturas**

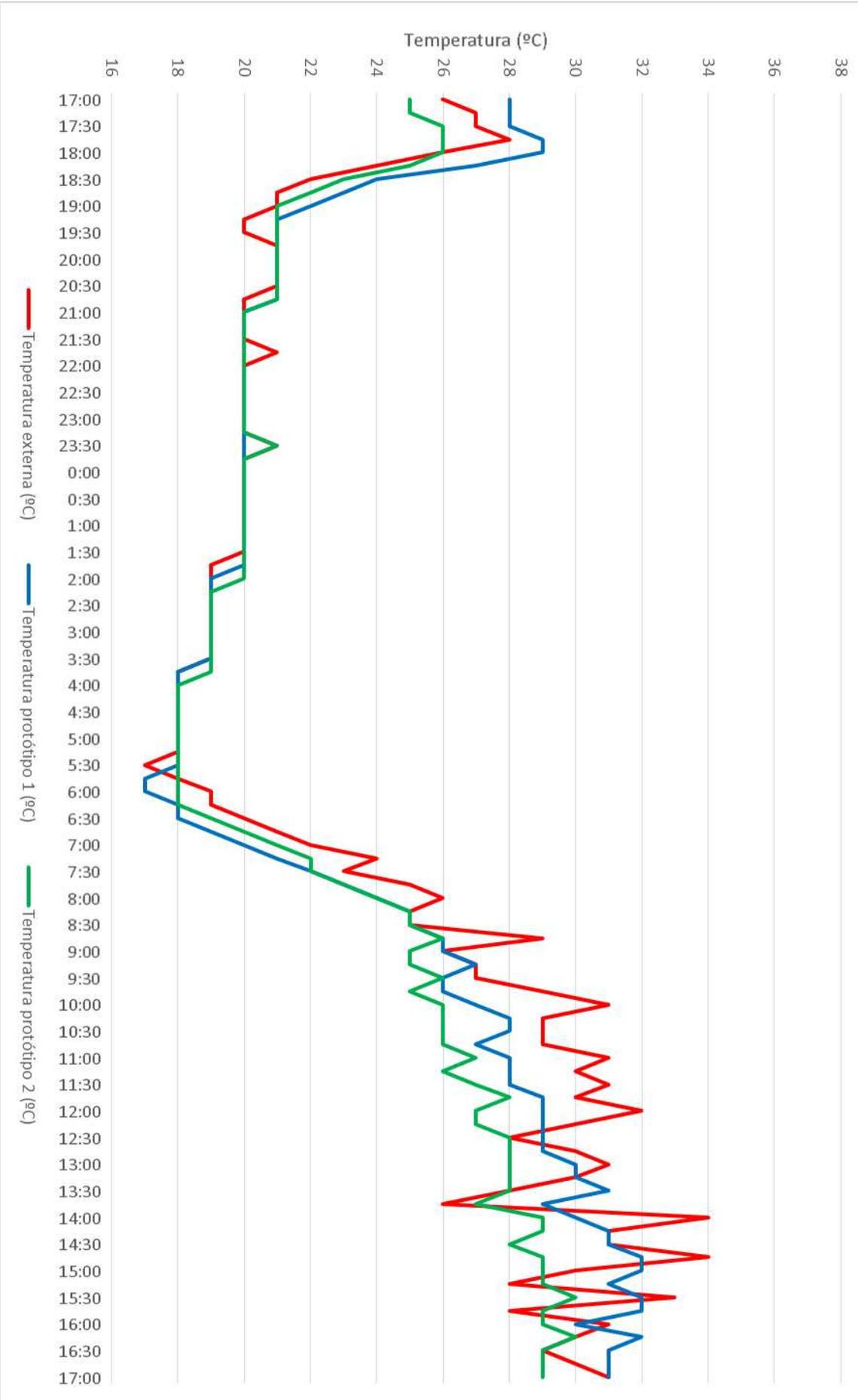
## Gráficos de temperaturas



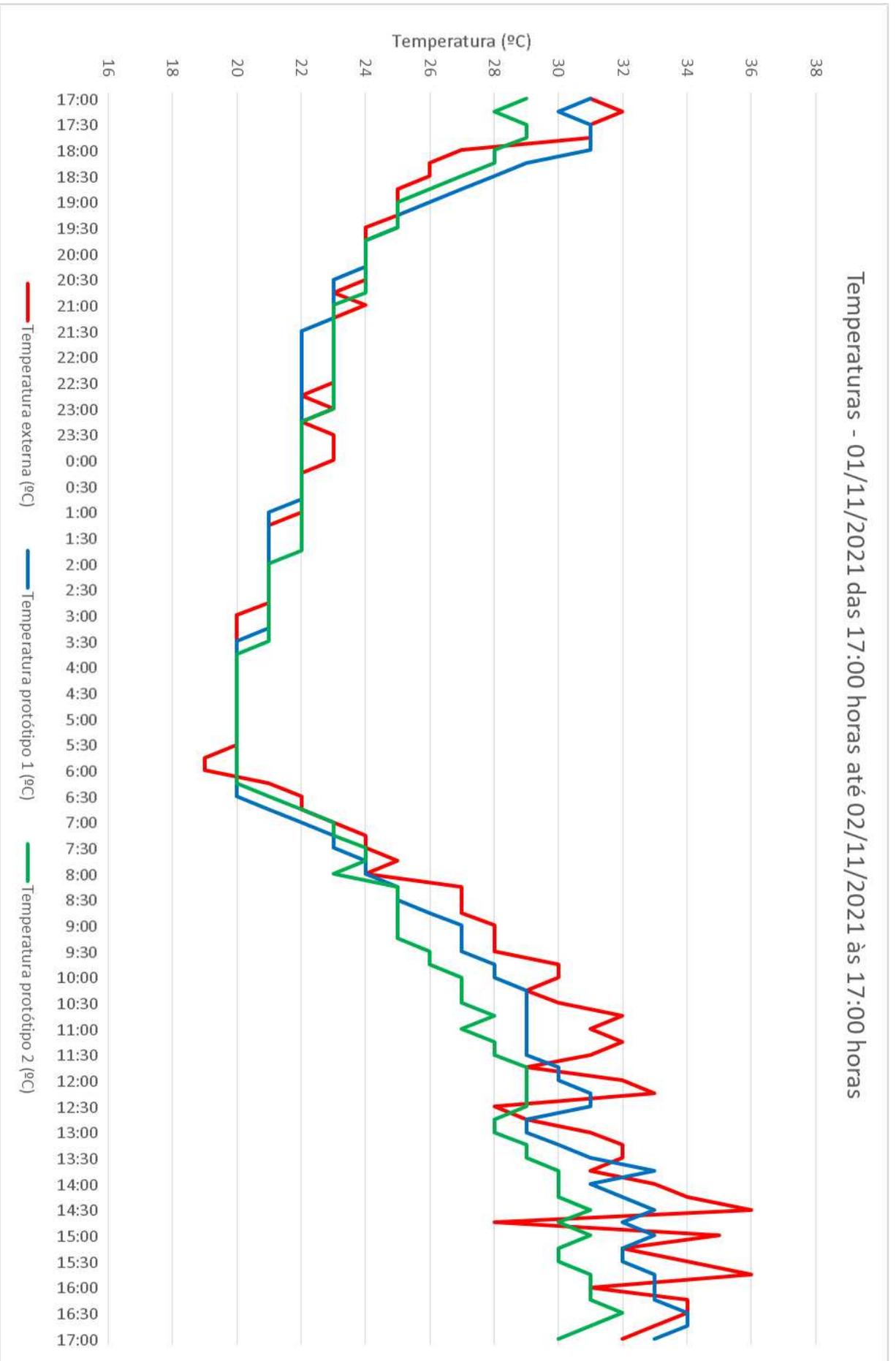
Temperaturas - 30/10/2021 das 17:00 horas até 31/10/2021 às 17:00 horas



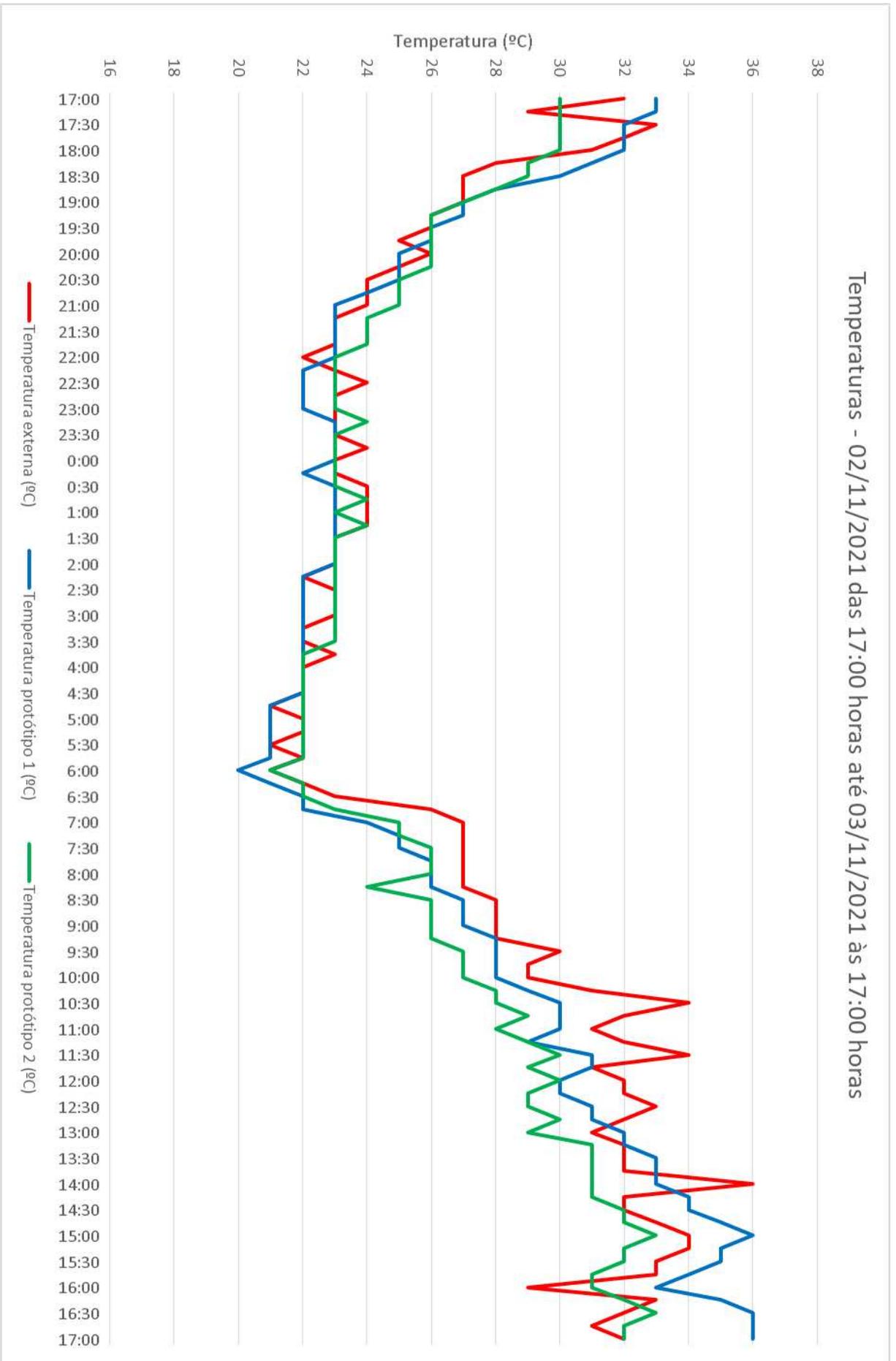
Temperaturas - 31/10/2021 das 17:00 horas até 01/11/2021 às 17:00 horas



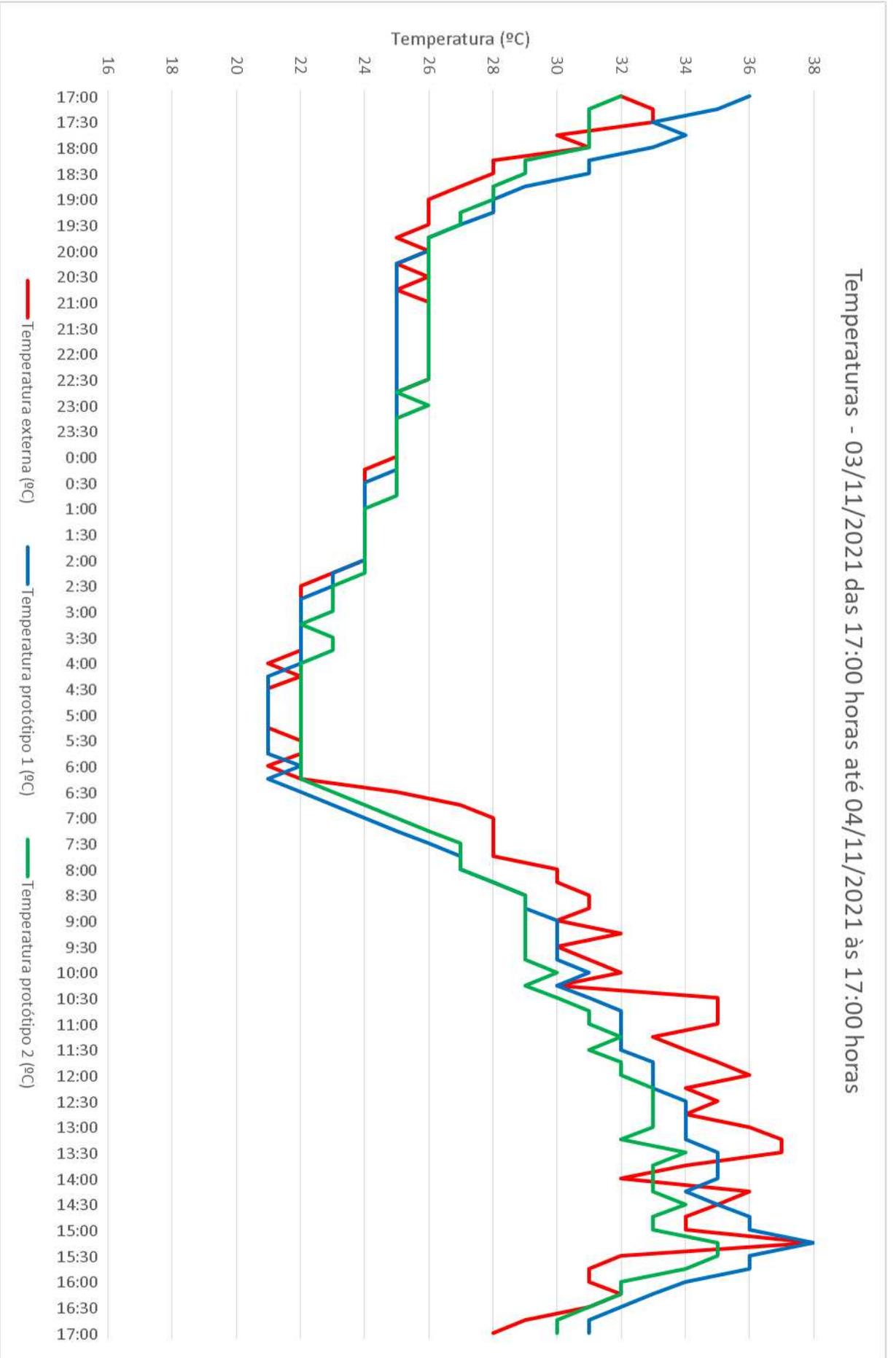
Temperaturas - 01/11/2021 das 17:00 horas até 02/11/2021 às 17:00 horas



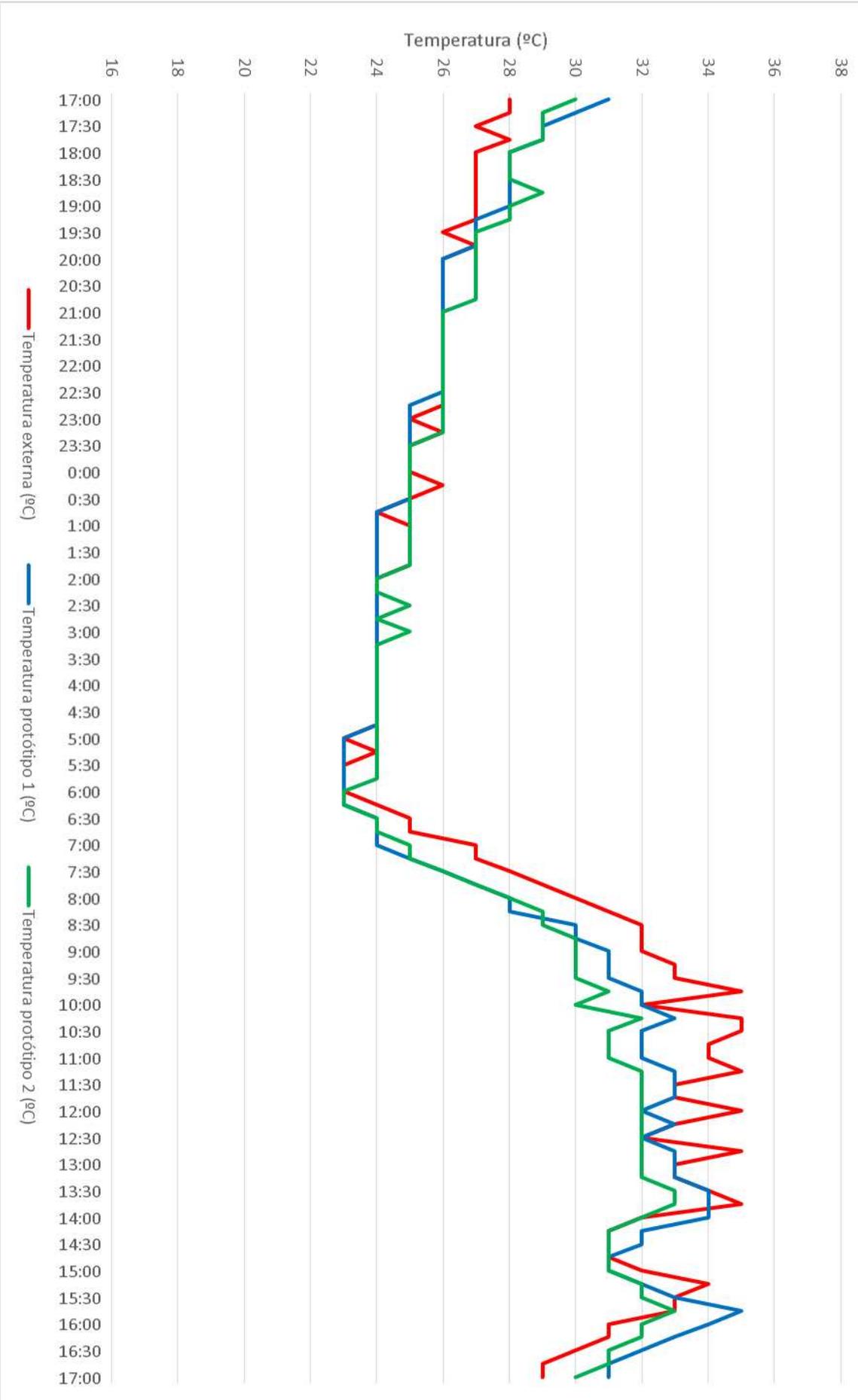
Temperaturas - 02/11/2021 das 17:00 horas até 03/11/2021 às 17:00 horas



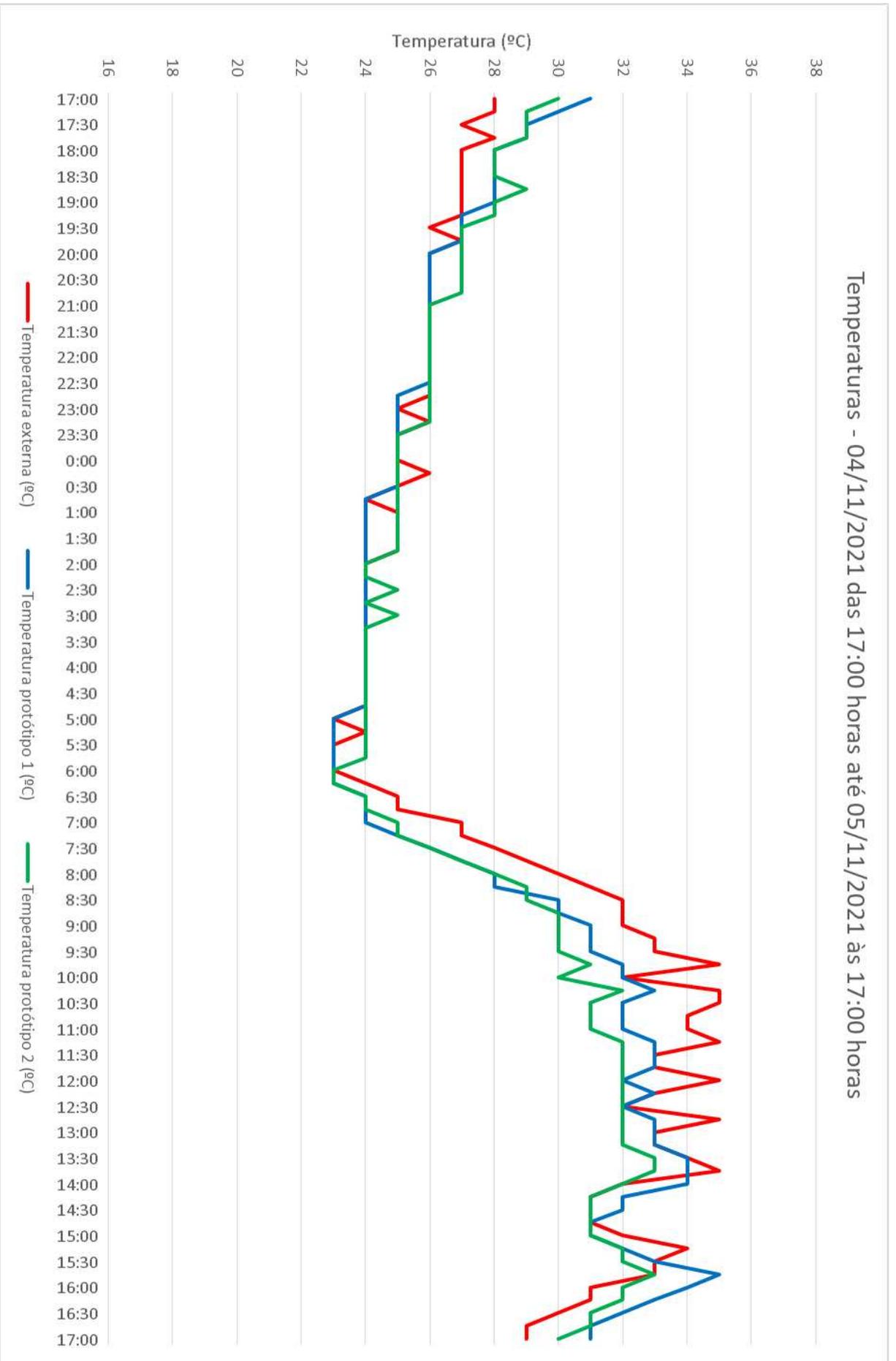
Temperaturas - 03/11/2021 das 17:00 horas até 04/11/2021 às 17:00 horas



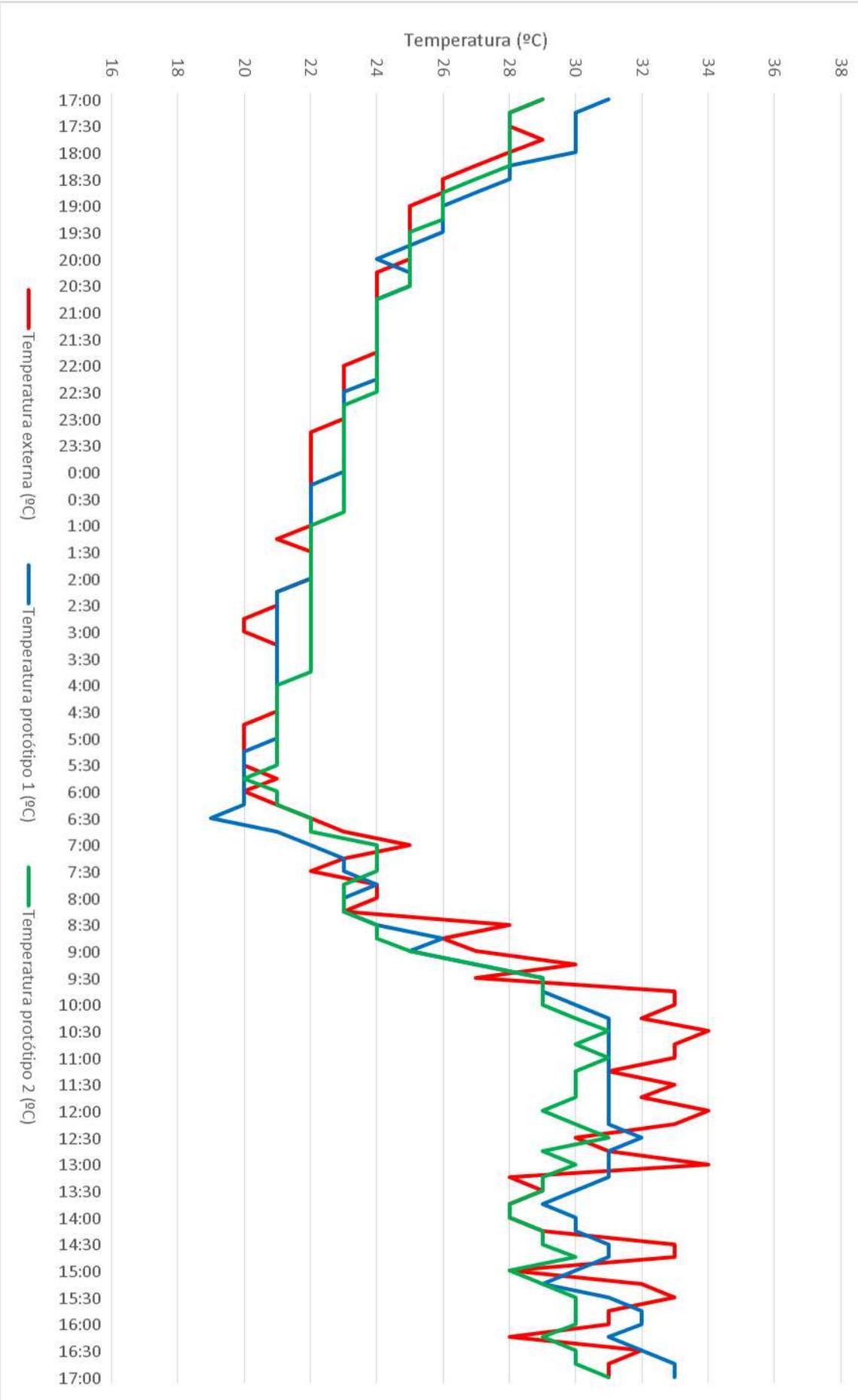
Temperaturas - 04/11/2021 das 17:00 horas até 05/11/2021 às 17:00 horas

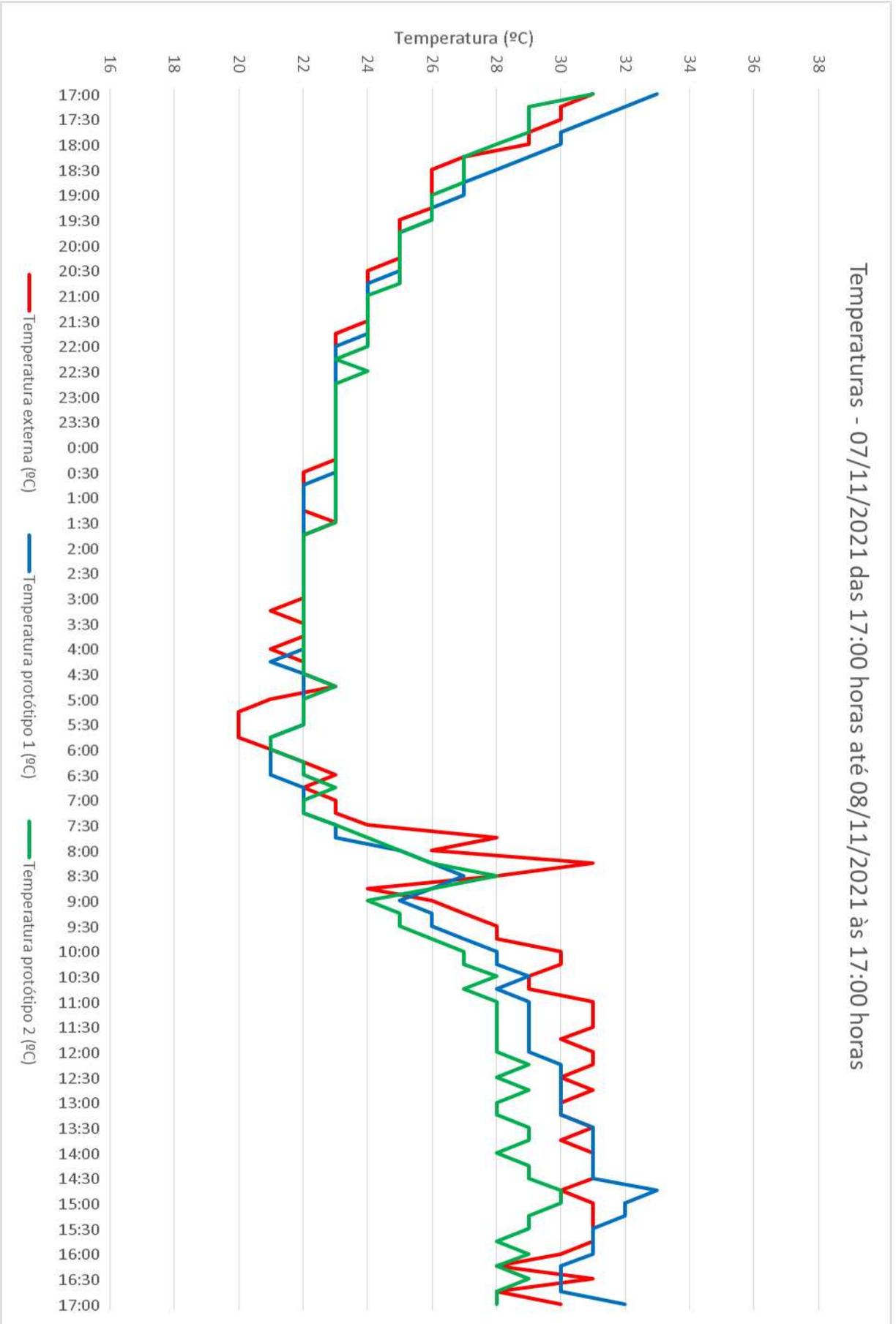


Temperaturas - 04/11/2021 das 17:00 horas até 05/11/2021 às 17:00 horas



Temperaturas - 06/11/2021 das 17:00 horas até 07/11/2021 às 17:00 horas





Fonte: Autor (2021)

**APÊNDICE B – Planilha com os dados das medições do experimento**

### Planilha com os dados das medições do experimento

Data	Horário	Temperatura externa (°C)	Temperatura protótipo 1 (°C)	Temperatura protótipo 2 (°C)	Umidade Relativa Ar (%)	Velocidade Vento (km/h)
29/10/2021	17:00:00	29	29	28	43,6	7,9
29/10/2021	17:15:00	29	30	28		
29/10/2021	17:30:00	29	30	28		
29/10/2021	17:45:00	29	30	28		
29/10/2021	18:00:00	27	29	27	48,8	9,4
29/10/2021	18:15:00	26	28	27		
29/10/2021	18:30:00	26	26	26		
29/10/2021	18:45:00	24	26	25		
29/10/2021	19:00:00	24	25	24	54,9	9
29/10/2021	19:15:00	23	24	24		
29/10/2021	19:30:00	24	24	24		
29/10/2021	19:45:00	24	24	24		
29/10/2021	20:00:00	23	24	24	64,1	8,3
29/10/2021	20:15:00	23	24	24		
29/10/2021	20:30:00	23	23	23		
29/10/2021	20:45:00	23	23	23		
29/10/2021	21:00:00	23	23	23	69,1	5,4
29/10/2021	21:15:00	23	23	23		
29/10/2021	21:30:00	23	23	23		
29/10/2021	21:45:00	23	23	23		
29/10/2021	22:00:00	23	23	23	71,3	7,6
29/10/2021	22:15:00	23	23	23		
29/10/2021	22:30:00	23	23	23		
29/10/2021	22:45:00	23	23	23		
29/10/2021	23:00:00	23	23	23	74,2	8,3
29/10/2021	23:15:00	23	23	23		
29/10/2021	23:30:00	24	23	23		
29/10/2021	23:45:00	23	24	23		
30/10/2021	00:00:00	24	24	23	78	6,5
30/10/2021	00:15:00	23	23	23		
30/10/2021	00:30:00	23	23	23		
30/10/2021	00:45:00	23	23	23		
30/10/2021	01:00:00	23	23	23	81	8,3
30/10/2021	01:15:00	23	23	23		
30/10/2021	01:30:00	23	23	23		
30/10/2021	01:45:00	23	23	23		
30/10/2021	02:00:00	22	23	23	83,3	11,2
30/10/2021	02:15:00	22	22	22		
30/10/2021	02:30:00	22	22	22		
30/10/2021	02:45:00	22	22	22		

30/10/2021	03:00:00	22	22	22	86,8	6,8
30/10/2021	03:15:00	22	22	22		
30/10/2021	03:30:00	21	22	22		
30/10/2021	03:45:00	21	22	22		
30/10/2021	04:00:00	21	21	21	89,9	7,2
30/10/2021	04:15:00	21	22	21		
30/10/2021	04:30:00	21	21	21		
30/10/2021	04:45:00	21	21	21		
30/10/2021	05:00:00	21	21	21	85,4	7,2
30/10/2021	05:15:00	21	21	21		
30/10/2021	05:30:00	21	21	21		
30/10/2021	05:45:00	20	21	20		
30/10/2021	06:00:00	20	21	21	77,9	8,6
30/10/2021	06:15:00	22	21	20		
30/10/2021	06:30:00	21	21	21		
30/10/2021	06:45:00	22	22	22		
30/10/2021	07:00:00	23	22	22	68,7	8,6
30/10/2021	07:15:00	22	22	22		
30/10/2021	07:30:00	22	22	22		
30/10/2021	07:45:00	24	22	22		
30/10/2021	08:00:00	24	23	23	63	7,9
30/10/2021	08:15:00	25	23	23		
30/10/2021	08:30:00	25	23	23		
30/10/2021	08:45:00	25	25	24		
30/10/2021	09:00:00	26	25	24	60,4	9
30/10/2021	09:15:00	27	25	25		
30/10/2021	09:30:00	28	26	25		
30/10/2021	09:45:00	27	26	25		
30/10/2021	10:00:00	26	27	25	59,5	8,3
30/10/2021	10:15:00	26	26	26		
30/10/2021	10:30:00	29	27	26		
30/10/2021	10:45:00	29	27	26		
30/10/2021	11:00:00	29	27	27	56,2	9,4
30/10/2021	11:15:00	30	28	27		
30/10/2021	11:30:00	28	28	27		
30/10/2021	11:45:00	30	28	27		
30/10/2021	12:00:00	30	28	26	52,3	7,6
30/10/2021	12:15:00	30	29	28		
30/10/2021	12:30:00	29	29	28		
30/10/2021	12:45:00	30	29	28		
30/10/2021	13:00:00	30	29	28	49,5	4,7
30/10/2021	13:15:00	30	29	28		
30/10/2021	13:30:00	31	29	28		
30/10/2021	13:45:00	30	29	28		
30/10/2021	14:00:00	30	29	28	48,7	5,8

30/10/2021	14:15:00	33	29	28		
30/10/2021	14:30:00	35	31	29		
30/10/2021	14:45:00	31	31	29		
30/10/2021	15:00:00	28	30	28	72,9	3,2
30/10/2021	15:15:00	29	29	28		
30/10/2021	15:30:00	28	29	28		
30/10/2021	15:45:00	25	28	27		
30/10/2021	16:00:00	22	26	25	81,1	3,6
30/10/2021	16:15:00	20	23	22		
30/10/2021	16:30:00	19	22	22		
30/10/2021	16:45:00	20	22	22		
30/10/2021	17:00:00	20	22	22	91	2,9
30/10/2021	17:15:00	21	22	22		
30/10/2021	17:30:00	21	22	23		
30/10/2021	17:45:00	21	22	22		
30/10/2021	18:00:00	21	22	22	95,2	0,7
30/10/2021	18:15:00	22	22	22		
30/10/2021	18:30:00	22	23	23		
30/10/2021	18:45:00	22	22	22		
30/10/2021	19:00:00	21	22	22	100	0,4
30/10/2021	19:15:00	21	22	22		
30/10/2021	19:30:00	21	21	21		
30/10/2021	19:45:00	21	21	21		
30/10/2021	20:00:00	21	21	21	99,6	0,3
30/10/2021	20:15:00	21	21	21		
30/10/2021	20:30:00	21	21	21		
30/10/2021	20:45:00	21	21	21		
30/10/2021	21:00:00	20	21	21	100	0,5
30/10/2021	21:15:00	20	21	21		
30/10/2021	21:30:00	20	21	21		
30/10/2021	21:45:00	20	20	20		
30/10/2021	22:00:00	20	20	20	99	0,2
30/10/2021	22:15:00	19	20	20		
30/10/2021	22:30:00	19	20	20		
30/10/2021	22:45:00	19	20	20		
30/10/2021	23:00:00	18	20	20	100	0,7
30/10/2021	23:15:00	19	19	20		
30/10/2021	23:30:00	19	19	20		
30/10/2021	23:45:00	19	19	19		
31/10/2021	00:00:00	19	19	19	99,4	1,1
31/10/2021	00:15:00	19	19	19		
31/10/2021	00:30:00	19	19	19		
31/10/2021	00:45:00	19	19	19		
31/10/2021	01:00:00	19	19	19	98,7	1,8
31/10/2021	01:15:00	19	19	19		

31/10/2021	01:30:00	19	19	19		
31/10/2021	01:45:00	19	19	19		
31/10/2021	02:00:00	19	19	19	98,5	1,6
31/10/2021	02:15:00	19	19	19		
31/10/2021	02:30:00	19	19	19		
31/10/2021	02:45:00	19	19	19		
31/10/2021	03:00:00	19	19	19	99,3	0,9
31/10/2021	03:15:00	19	19	19		
31/10/2021	03:30:00	19	19	19		
31/10/2021	03:45:00	19	19	19		
31/10/2021	04:00:00	19	19	19	99,2	1,3
31/10/2021	04:15:00	19	19	19		
31/10/2021	04:30:00	19	19	19		
31/10/2021	04:45:00	19	19	19		
31/10/2021	05:00:00	19	19	19	97,5	2,2
31/10/2021	05:15:00	19	19	19		
31/10/2021	05:30:00	18	19	19		
31/10/2021	05:45:00	19	19	19		
31/10/2021	06:00:00	18	19	19	93,9	4,7
31/10/2021	06:15:00	18	19	18		
31/10/2021	06:30:00	21	19	19		
31/10/2021	06:45:00	23	20	20		
31/10/2021	07:00:00	22	21	22	89	8,1
31/10/2021	07:15:00	25	22	22		
31/10/2021	07:30:00	25	23	23		
31/10/2021	07:45:00	25	23	23		
31/10/2021	08:00:00	26	24	24	85,8	6,8
31/10/2021	08:15:00	26	24	24		
31/10/2021	08:30:00	25	25	24		
31/10/2021	08:45:00	26	26	25		
31/10/2021	09:00:00	26	25	24	76	1,8
31/10/2021	09:15:00	27	26	25		
31/10/2021	09:30:00	27	26	24		
31/10/2021	09:45:00	28	26	24		
31/10/2021	10:00:00	26	26	24	70,3	5,8
31/10/2021	10:15:00	27	27	26		
31/10/2021	10:30:00	29	27	26		
31/10/2021	10:45:00	27	27	26		
31/10/2021	11:00:00	26	27	25	62,9	10,1
31/10/2021	11:15:00	26	27	25		
31/10/2021	11:30:00	28	27	25		
31/10/2021	11:45:00	28	27	26		
31/10/2021	12:00:00	31	27	26	56,4	15,5
31/10/2021	12:15:00	28	28	26		
31/10/2021	12:30:00	27	28	26		

31/10/2021	12:45:00	31	28	27		
31/10/2021	13:00:00	27	28	26	55,2	12,3
31/10/2021	13:15:00	30	28	27		
31/10/2021	13:30:00	27	28	27		
31/10/2021	13:45:00	29	28	27		
31/10/2021	14:00:00	29	27	27	52,1	7,6
31/10/2021	14:15:00	27	29	27		
31/10/2021	14:30:00	26	27	27		
31/10/2021	14:45:00	25	27	26		
31/10/2021	15:00:00	21	26	25	50,1	9,5
31/10/2021	15:15:00	21	24	24		
31/10/2021	15:30:00	21	24	24		
31/10/2021	15:45:00	23	24	23		
31/10/2021	16:00:00	22	24	23	48,5	7,4
31/10/2021	16:15:00	26	24	24		
31/10/2021	16:30:00	26	24	25		
31/10/2021	16:45:00	25	27	25		
31/10/2021	17:00:00	26	28	25	45,6	7,4
31/10/2021	17:15:00	27	28	25		
31/10/2021	17:30:00	27	28	26		
31/10/2021	17:45:00	28	29	26		
31/10/2021	18:00:00	26	29	26	53,3	7,9
31/10/2021	18:15:00	24	27	25		
31/10/2021	18:30:00	22	24	23		
31/10/2021	18:45:00	21	23	22		
31/10/2021	19:00:00	21	22	21	60	6,8
31/10/2021	19:15:00	20	21	21		
31/10/2021	19:30:00	20	21	21		
31/10/2021	19:45:00	21	21	21		
31/10/2021	20:00:00	21	21	21	65,4	5,8
31/10/2021	20:15:00	21	21	21		
31/10/2021	20:30:00	21	21	21		
31/10/2021	20:45:00	20	21	21		
31/10/2021	21:00:00	20	20	20	71,2	7,6
31/10/2021	21:15:00	20	20	20		
31/10/2021	21:30:00	20	20	20		
31/10/2021	21:45:00	21	20	20		
31/10/2021	22:00:00	20	20	20	79,9	9,4
31/10/2021	22:15:00	20	20	20		
31/10/2021	22:30:00	20	20	20		
31/10/2021	22:45:00	20	20	20		
31/10/2021	23:00:00	20	20	20	80,3	4,7
31/10/2021	23:15:00	20	20	20		
31/10/2021	23:30:00	21	20	21		
31/10/2021	23:45:00	20	20	20		

01/11/2021	00:00:00	20	20	20	88,8	2,5
01/11/2021	00:15:00	20	20	20		
01/11/2021	00:30:00	20	20	20		
01/11/2021	00:45:00	20	20	20		
01/11/2021	01:00:00	20	20	20	88,1	8,6
01/11/2021	01:15:00	20	20	20		
01/11/2021	01:30:00	20	20	20		
01/11/2021	01:45:00	19	20	20		
01/11/2021	02:00:00	19	19	20	85,7	7,6
01/11/2021	02:15:00	19	19	19		
01/11/2021	02:30:00	19	19	19		
01/11/2021	02:45:00	19	19	19		
01/11/2021	03:00:00	19	19	19	86,7	8,6
01/11/2021	03:15:00	19	19	19		
01/11/2021	03:30:00	19	19	19		
01/11/2021	03:45:00	18	18	19		
01/11/2021	04:00:00	18	18	18	89,3	6,1
01/11/2021	04:15:00	18	18	18		
01/11/2021	04:30:00	18	18	18		
01/11/2021	04:45:00	18	18	18		
01/11/2021	05:00:00	18	18	18	91,1	4,7
01/11/2021	05:15:00	18	18	18		
01/11/2021	05:30:00	17	18	18		
01/11/2021	05:45:00	18	17	18		
01/11/2021	06:00:00	19	17	18	91,4	5,8
01/11/2021	06:15:00	19	18	18		
01/11/2021	06:30:00	20	18	19		
01/11/2021	06:45:00	21	19	20		
01/11/2021	07:00:00	22	20	21	85,2	5,4
01/11/2021	07:15:00	24	21	22		
01/11/2021	07:30:00	23	22	22		
01/11/2021	07:45:00	25	23	23		
01/11/2021	08:00:00	26	24	24	76,6	6,8
01/11/2021	08:15:00	25	25	25		
01/11/2021	08:30:00	25	25	25		
01/11/2021	08:45:00	29	26	26		
01/11/2021	09:00:00	26	26	25	72,4	8,3
01/11/2021	09:15:00	27	27	25		
01/11/2021	09:30:00	27	26	26		
01/11/2021	09:45:00	29	26	25		
01/11/2021	10:00:00	31	27	26	63,7	8,3
01/11/2021	10:15:00	29	28	26		
01/11/2021	10:30:00	29	28	26		
01/11/2021	10:45:00	29	27	26		
01/11/2021	11:00:00	31	28	27	57,8	11,9

01/11/2021	11:15:00	30	28	26		
01/11/2021	11:30:00	31	28	27		
01/11/2021	11:45:00	30	29	28		
01/11/2021	12:00:00	32	29	27	53,4	9,4
01/11/2021	12:15:00	30	29	27		
01/11/2021	12:30:00	28	29	28		
01/11/2021	12:45:00	30	29	28		
01/11/2021	13:00:00	31	30	28	51	9,7
01/11/2021	13:15:00	30	30	28		
01/11/2021	13:30:00	28	31	28		
01/11/2021	13:45:00	26	29	27		
01/11/2021	14:00:00	34	30	29	47,1	5
01/11/2021	14:15:00	31	31	29		
01/11/2021	14:30:00	31	31	28		
01/11/2021	14:45:00	34	32	29		
01/11/2021	15:00:00	30	32	29	45,4	2,5
01/11/2021	15:15:00	28	31	29		
01/11/2021	15:30:00	33	32	30		
01/11/2021	15:45:00	28	32	29		
01/11/2021	16:00:00	31	30	29	49,5	1,1
01/11/2021	16:15:00	30	32	30		
01/11/2021	16:30:00	29	31	29		
01/11/2021	16:45:00	30	31	29		
01/11/2021	17:00:00	31	31	29	54,4	4,3
01/11/2021	17:15:00	32	30	28		
01/11/2021	17:30:00	31	31	29		
01/11/2021	17:45:00	31	31	29		
01/11/2021	18:00:00	27	31	28	67,7	4,3
01/11/2021	18:15:00	26	29	28		
01/11/2021	18:30:00	26	28	27		
01/11/2021	18:45:00	25	27	26		
01/11/2021	19:00:00	25	26	25	72,4	3,2
01/11/2021	19:15:00	25	25	25		
01/11/2021	19:30:00	24	25	25		
01/11/2021	19:45:00	24	24	24		
01/11/2021	20:00:00	24	24	24	83,1	1,8
01/11/2021	20:15:00	24	24	24		
01/11/2021	20:30:00	24	23	24		
01/11/2021	20:45:00	23	23	24		
01/11/2021	21:00:00	24	23	23	84,5	2,2
01/11/2021	21:15:00	23	23	23		
01/11/2021	21:30:00	23	22	23		
01/11/2021	21:45:00	23	22	23		
01/11/2021	22:00:00	23	22	23	86,4	2,2
01/11/2021	22:15:00	23	22	23		

01/11/2021	22:30:00	23	22	23		
01/11/2021	22:45:00	22	22	23		
01/11/2021	23:00:00	23	22	23	77,4	1,8
01/11/2021	23:15:00	22	22	22		
01/11/2021	23:30:00	23	22	22		
01/11/2021	23:45:00	23	22	22		
02/11/2021	00:00:00	23	22	22	80,3	1,8
02/11/2021	00:15:00	22	22	22		
02/11/2021	00:30:00	22	22	22		
02/11/2021	00:45:00	22	22	22		
02/11/2021	01:00:00	22	21	22	86,3	4,7
02/11/2021	01:15:00	21	21	22		
02/11/2021	01:30:00	21	21	22		
02/11/2021	01:45:00	21	21	22		
02/11/2021	02:00:00	21	21	21	79,9	4,7
02/11/2021	02:15:00	21	21	21		
02/11/2021	02:30:00	21	21	21		
02/11/2021	02:45:00	21	21	21		
02/11/2021	03:00:00	20	21	21	81,4	5
02/11/2021	03:15:00	20	21	21		
02/11/2021	03:30:00	20	20	21		
02/11/2021	03:45:00	20	20	20		
02/11/2021	04:00:00	20	20	20	80,3	6,1
02/11/2021	04:15:00	20	20	20		
02/11/2021	04:30:00	20	20	20		
02/11/2021	04:45:00	20	20	20		
02/11/2021	05:00:00	20	20	20	83,6	6,5
02/11/2021	05:15:00	20	20	20		
02/11/2021	05:30:00	20	20	20		
02/11/2021	05:45:00	19	20	20		
02/11/2021	06:00:00	19	20	20	85,3	4,7
02/11/2021	06:15:00	21	20	20		
02/11/2021	06:30:00	22	20	21		
02/11/2021	06:45:00	22	21	22		
02/11/2021	07:00:00	23	22	23	76,4	6,8
02/11/2021	07:15:00	24	23	23		
02/11/2021	07:30:00	24	23	24		
02/11/2021	07:45:00	25	24	24		
02/11/2021	08:00:00	24	24	23	69,2	6,8
02/11/2021	08:15:00	27	25	25		
02/11/2021	08:30:00	27	25	25		
02/11/2021	08:45:00	27	26	25		
02/11/2021	09:00:00	28	27	25	63,8	8,6
02/11/2021	09:15:00	28	27	25		
02/11/2021	09:30:00	28	27	26		

02/11/2021	09:45:00	30	28	26		
02/11/2021	10:00:00	30	28	27	58,4	5,8
02/11/2021	10:15:00	29	29	27		
02/11/2021	10:30:00	30	29	27		
02/11/2021	10:45:00	32	29	28		
02/11/2021	11:00:00	31	29	27	51,4	3,6
02/11/2021	11:15:00	32	29	28		
02/11/2021	11:30:00	31	29	28		
02/11/2021	11:45:00	29	30	29		
02/11/2021	12:00:00	32	30	29	51,1	3,6
02/11/2021	12:15:00	33	31	29		
02/11/2021	12:30:00	28	31	29		
02/11/2021	12:45:00	29	29	28		
02/11/2021	13:00:00	31	29	28	51,1	4,7
02/11/2021	13:15:00	32	30	29		
02/11/2021	13:30:00	32	31	29		
02/11/2021	13:45:00	31	33	30		
02/11/2021	14:00:00	33	31	30	49	3,6
02/11/2021	14:15:00	34	32	30		
02/11/2021	14:30:00	36	33	31		
02/11/2021	14:45:00	28	32	30		
02/11/2021	15:00:00	35	33	31	44,7	5
02/11/2021	15:15:00	32	32	30		
02/11/2021	15:30:00	34	32	30		
02/11/2021	15:45:00	36	33	31		
02/11/2021	16:00:00	31	33	31	45,5	2,5
02/11/2021	16:15:00	34	33	31		
02/11/2021	16:30:00	34	34	32		
02/11/2021	16:45:00	33	34	31		
02/11/2021	17:00:00	32	33	30	34,7	1,1
02/11/2021	17:15:00	29	33	30		
02/11/2021	17:30:00	33	32	30		
02/11/2021	17:45:00	32	32	30		
02/11/2021	18:00:00	31	32	30	35,2	4
02/11/2021	18:15:00	28	31	29		
02/11/2021	18:30:00	27	30	29		
02/11/2021	18:45:00	27	28	28		
02/11/2021	19:00:00	27	27	27	43,8	1,8
02/11/2021	19:15:00	26	27	26		
02/11/2021	19:30:00	26	26	26		
02/11/2021	19:45:00	25	26	26		
02/11/2021	20:00:00	26	25	26	54,2	4,7
02/11/2021	20:15:00	25	25	26		
02/11/2021	20:30:00	24	25	25		
02/11/2021	20:45:00	24	24	25		

02/11/2021	21:00:00	24	23	25	67,3	4
02/11/2021	21:15:00	23	23	24		
02/11/2021	21:30:00	23	23	24		
02/11/2021	21:45:00	23	23	24		
02/11/2021	22:00:00	22	23	23	72,9	5,4
02/11/2021	22:15:00	23	22	23		
02/11/2021	22:30:00	24	22	23		
02/11/2021	22:45:00	23	22	23		
02/11/2021	23:00:00	23	22	23	78,2	6,5
02/11/2021	23:15:00	23	23	24		
02/11/2021	23:30:00	23	23	23		
02/11/2021	23:45:00	24	23	23		
03/11/2021	00:00:00	23	23	23	77,4	7,9
03/11/2021	00:15:00	23	22	23		
03/11/2021	00:30:00	24	23	23		
03/11/2021	00:45:00	24	23	24		
03/11/2021	01:00:00	24	23	23	83,3	6,5
03/11/2021	01:15:00	24	23	24		
03/11/2021	01:30:00	23	23	23		
03/11/2021	01:45:00	23	23	23		
03/11/2021	02:00:00	23	23	23	78,7	8,6
03/11/2021	02:15:00	22	22	23		
03/11/2021	02:30:00	23	22	23		
03/11/2021	02:45:00	23	22	23		
03/11/2021	03:00:00	23	22	23	79,8	5,8
03/11/2021	03:15:00	22	22	23		
03/11/2021	03:30:00	22	22	23		
03/11/2021	03:45:00	23	22	22		
03/11/2021	04:00:00	22	22	22	80,6	6,5
03/11/2021	04:15:00	22	22	22		
03/11/2021	04:30:00	22	22	22		
03/11/2021	04:45:00	21	21	22		
03/11/2021	05:00:00	22	21	22	84,9	6,5
03/11/2021	05:15:00	22	21	22		
03/11/2021	05:30:00	21	21	22		
03/11/2021	05:45:00	22	21	22		
03/11/2021	06:00:00	21	20	21	87,1	7,9
03/11/2021	06:15:00	22	21	22		
03/11/2021	06:30:00	23	22	22		
03/11/2021	06:45:00	26	22	23		
03/11/2021	07:00:00	27	24	25	79,2	6,1
03/11/2021	07:15:00	27	25	25		
03/11/2021	07:30:00	27	25	26		
03/11/2021	07:45:00	27	26	26		
03/11/2021	08:00:00	27	26	26	58,7	9

03/11/2021	08:15:00	27	26	24		
03/11/2021	08:30:00	28	27	26		
03/11/2021	08:45:00	28	27	26		
03/11/2021	09:00:00	28	27	26	57,7	16,2
03/11/2021	09:15:00	28	28	26		
03/11/2021	09:30:00	30	28	27		
03/11/2021	09:45:00	29	28	27		
03/11/2021	10:00:00	29	28	27	54,7	11,5
03/11/2021	10:15:00	31	29	28		
03/11/2021	10:30:00	34	30	28		
03/11/2021	10:45:00	32	30	29		
03/11/2021	11:00:00	31	30	28	51	13,3
03/11/2021	11:15:00	32	29	29		
03/11/2021	11:30:00	34	31	30		
03/11/2021	11:45:00	31	31	29		
03/11/2021	12:00:00	32	30	30	47,1	8,6
03/11/2021	12:15:00	32	30	29		
03/11/2021	12:30:00	33	31	29		
03/11/2021	12:45:00	32	31	30		
03/11/2021	13:00:00	31	32	29	42,4	10,4
03/11/2021	13:15:00	32	32	31		
03/11/2021	13:30:00	32	33	31		
03/11/2021	13:45:00	32	33	31		
03/11/2021	14:00:00	36	33	31	39,7	8,6
03/11/2021	14:15:00	32	34	31		
03/11/2021	14:30:00	32	34	32		
03/11/2021	14:45:00	33	35	32		
03/11/2021	15:00:00	34	36	33	39	6,8
03/11/2021	15:15:00	34	35	32		
03/11/2021	15:30:00	33	35	32		
03/11/2021	15:45:00	33	34	31		
03/11/2021	16:00:00	29	33	31	37	11,2
03/11/2021	16:15:00	33	35	32		
03/11/2021	16:30:00	32	36	33		
03/11/2021	16:45:00	31	36	32		
03/11/2021	17:00:00	32	36	32	36,5	8,6
03/11/2021	17:15:00	33	35	31		
03/11/2021	17:30:00	33	33	31		
03/11/2021	17:45:00	30	34	31		
03/11/2021	18:00:00	31	33	31	39,3	9
03/11/2021	18:15:00	28	31	29		
03/11/2021	18:30:00	28	31	29		
03/11/2021	18:45:00	27	29	28		
03/11/2021	19:00:00	26	28	28	46,3	3,6
03/11/2021	19:15:00	26	28	27		

03/11/2021	19:30:00	26	27	27		
03/11/2021	19:45:00	25	26	26		
03/11/2021	20:00:00	26	26	26	52,1	4,3
03/11/2021	20:15:00	25	25	26		
03/11/2021	20:30:00	26	25	26		
03/11/2021	20:45:00	25	25	26		
03/11/2021	21:00:00	26	25	26	57,3	2,2
03/11/2021	21:15:00	26	25	26		
03/11/2021	21:30:00	26	25	26		
03/11/2021	21:45:00	26	25	26		
03/11/2021	22:00:00	26	25	26	69,8	4,7
03/11/2021	22:15:00	26	25	26		
03/11/2021	22:30:00	26	25	26		
03/11/2021	22:45:00	25	25	25		
03/11/2021	23:00:00	25	25	26	71,6	3,6
03/11/2021	23:15:00	25	25	25		
03/11/2021	23:30:00	25	25	25		
03/11/2021	23:45:00	25	25	25		
04/11/2021	00:00:00	25	25	25	72,9	3,2
04/11/2021	00:15:00	24	25	25		
04/11/2021	00:30:00	24	24	25		
04/11/2021	00:45:00	24	24	25		
04/11/2021	01:00:00	24	24	24	76,1	4,3
04/11/2021	01:15:00	24	24	24		
04/11/2021	01:30:00	24	24	24		
04/11/2021	01:45:00	24	24	24		
04/11/2021	02:00:00	24	24	24	82,4	5,8
04/11/2021	02:15:00	23	23	24		
04/11/2021	02:30:00	22	23	23		
04/11/2021	02:45:00	22	22	23		
04/11/2021	03:00:00	22	22	23	87,4	1,1
04/11/2021	03:15:00	22	22	22		
04/11/2021	03:30:00	22	22	23		
04/11/2021	03:45:00	22	22	23		
04/11/2021	04:00:00	21	22	22	89,9	5,4
04/11/2021	04:15:00	22	21	22		
04/11/2021	04:30:00	21	21	22		
04/11/2021	04:45:00	21	21	22		
04/11/2021	05:00:00	21	21	22	86,9	7,2
04/11/2021	05:15:00	21	21	22		
04/11/2021	05:30:00	22	21	22		
04/11/2021	05:45:00	22	21	22		
04/11/2021	06:00:00	21	22	22	89,6	6,5
04/11/2021	06:15:00	22	21	22		
04/11/2021	06:30:00	25	22	23		

04/11/2021	06:45:00	27	23	24		
04/11/2021	07:00:00	28	24	25	81,8	5,8
04/11/2021	07:15:00	28	25	26		
04/11/2021	07:30:00	28	26	27		
04/11/2021	07:45:00	28	27	27		
04/11/2021	08:00:00	30	27	27	66,5	3,2
04/11/2021	08:15:00	30	28	28		
04/11/2021	08:30:00	31	29	29		
04/11/2021	08:45:00	31	29	29		
04/11/2021	09:00:00	30	30	29	50,4	13,7
04/11/2021	09:15:00	32	30	29		
04/11/2021	09:30:00	30	30	29		
04/11/2021	09:45:00	31	30	29		
04/11/2021	10:00:00	32	31	30	46,1	15,8
04/11/2021	10:15:00	30	30	29		
04/11/2021	10:30:00	35	31	30		
04/11/2021	10:45:00	35	32	31		
04/11/2021	11:00:00	35	32	31	44,1	15,1
04/11/2021	11:15:00	33	32	32		
04/11/2021	11:30:00	34	32	31		
04/11/2021	11:45:00	35	33	32		
04/11/2021	12:00:00	36	33	32	40,2	8,6
04/11/2021	12:15:00	34	33	33		
04/11/2021	12:30:00	35	34	33		
04/11/2021	12:45:00	34	34	33		
04/11/2021	13:00:00	36	34	33	37,6	7,2
04/11/2021	13:15:00	37	34	32		
04/11/2021	13:30:00	37	35	34		
04/11/2021	13:45:00	34	35	33		
04/11/2021	14:00:00	32	35	33	36,4	7,2
04/11/2021	14:15:00	36	34	33		
04/11/2021	14:30:00	35	35	34		
04/11/2021	14:45:00	34	36	33		
04/11/2021	15:00:00	34	36	33	36	5,4
04/11/2021	15:15:00	38	38	35		
04/11/2021	15:30:00	32	36	35		
04/11/2021	15:45:00	31	36	34		
04/11/2021	16:00:00	31	34	32	34,1	6,8
04/11/2021	16:15:00	32	33	32		
04/11/2021	16:30:00	31	32	31		
04/11/2021	16:45:00	29	31	30		
04/11/2021	17:00:00	28	31	30	44,6	11,5
04/11/2021	17:15:00	28	30	29		
04/11/2021	17:30:00	27	29	29		
04/11/2021	17:45:00	28	29	29		

04/11/2021	18:00:00	27	28	28	55,3	5,8
04/11/2021	18:15:00	27	28	28		
04/11/2021	18:30:00	27	28	28		
04/11/2021	18:45:00	27	28	29		
04/11/2021	19:00:00	27	28	28	57,6	2,2
04/11/2021	19:15:00	27	27	28		
04/11/2021	19:30:00	26	27	27		
04/11/2021	19:45:00	27	27	27		
04/11/2021	20:00:00	26	26	27	63,6	1,8
04/11/2021	20:15:00	26	26	27		
04/11/2021	20:30:00	26	26	27		
04/11/2021	20:45:00	26	26	27		
04/11/2021	21:00:00	26	26	26	73,8	5,4
04/11/2021	21:15:00	26	26	26		
04/11/2021	21:30:00	26	26	26		
04/11/2021	21:45:00	26	26	26		
04/11/2021	22:00:00	26	26	26	73,2	9
04/11/2021	22:15:00	26	26	26		
04/11/2021	22:30:00	26	26	26		
04/11/2021	22:45:00	26	25	26		
04/11/2021	23:00:00	25	25	26	75,4	3,2
04/11/2021	23:15:00	26	25	26		
04/11/2021	23:30:00	25	25	25		
04/11/2021	23:45:00	25	25	25		
05/11/2021	00:00:00	25	25	25	78,1	4
05/11/2021	00:15:00	26	25	25		
05/11/2021	00:30:00	25	25	25		
05/11/2021	00:45:00	24	24	25		
05/11/2021	01:00:00	25	24	25	82,6	4,7
05/11/2021	01:15:00	25	24	25		
05/11/2021	01:30:00	25	24	25		
05/11/2021	01:45:00	25	24	25		
05/11/2021	02:00:00	24	24	24	79,2	3,6
05/11/2021	02:15:00	24	24	24		
05/11/2021	02:30:00	24	24	25		
05/11/2021	02:45:00	24	24	24		
05/11/2021	03:00:00	24	24	25	77,6	1,1
05/11/2021	03:15:00	24	24	24		
05/11/2021	03:30:00	24	24	24		
05/11/2021	03:45:00	24	24	24		
05/11/2021	04:00:00	24	24	24	75,9	8,3
05/11/2021	04:15:00	24	24	24		
05/11/2021	04:30:00	24	24	24		
05/11/2021	04:45:00	24	24	24		
05/11/2021	05:00:00	23	23	24	78,1	7,2

05/11/2021	05:15:00	24	23	24		
05/11/2021	05:30:00	23	23	24		
05/11/2021	05:45:00	23	23	24		
05/11/2021	06:00:00	23	23	23	78,8	4,7
05/11/2021	06:15:00	24	23	23		
05/11/2021	06:30:00	25	24	24		
05/11/2021	06:45:00	25	24	24		
05/11/2021	07:00:00	27	24	25	74,4	5
05/11/2021	07:15:00	27	25	25		
05/11/2021	07:30:00	28	26	26		
05/11/2021	07:45:00	29	27	27		
05/11/2021	08:00:00	30	28	28	60,1	4,7
05/11/2021	08:15:00	31	28	29		
05/11/2021	08:30:00	32	30	29		
05/11/2021	08:45:00	32	30	30		
05/11/2021	09:00:00	32	31	30	47,7	10,8
05/11/2021	09:15:00	33	31	30		
05/11/2021	09:30:00	33	31	30		
05/11/2021	09:45:00	35	32	31		
05/11/2021	10:00:00	32	32	30	44,6	14,4
05/11/2021	10:15:00	35	33	32		
05/11/2021	10:30:00	35	32	31		
05/11/2021	10:45:00	34	32	31		
05/11/2021	11:00:00	34	32	31	43	13,7
05/11/2021	11:15:00	35	33	32		
05/11/2021	11:30:00	33	33	32		
05/11/2021	11:45:00	33	33	32		
05/11/2021	12:00:00	35	32	32	40,4	13
05/11/2021	12:15:00	33	33	32		
05/11/2021	12:30:00	32	32	32		
05/11/2021	12:45:00	35	33	32		
05/11/2021	13:00:00	33	33	32	37,1	14,4
05/11/2021	13:15:00	33	33	32		
05/11/2021	13:30:00	34	34	33		
05/11/2021	13:45:00	35	34	33		
05/11/2021	14:00:00	32	34	32	38,6	15,5
05/11/2021	14:15:00	31	32	31		
05/11/2021	14:30:00	31	32	31		
05/11/2021	14:45:00	31	31	31		
05/11/2021	15:00:00	32	31	31	43,6	8,3
05/11/2021	15:15:00	34	32	32		
05/11/2021	15:30:00	33	33	32		
05/11/2021	15:45:00	33	35	33		
05/11/2021	16:00:00	31	34	32	46,8	9
05/11/2021	16:15:00	31	33	32		

05/11/2021	16:30:00	30	32	31		
05/11/2021	16:45:00	29	31	31		
05/11/2021	17:00:00	29	31	30	55,2	9
05/11/2021	17:15:00	27	30	29		
05/11/2021	17:30:00	27	28	28		
05/11/2021	17:45:00	27	27	28		
05/11/2021	18:00:00	26	27	27	68,2	10,8
05/11/2021	18:15:00	23	25	24		
05/11/2021	18:30:00	23	24	24		
05/11/2021	18:45:00	23	24	23		
05/11/2021	19:00:00	22	23	23	89,1	16,6
05/11/2021	19:15:00	22	23	23		
05/11/2021	19:30:00	22	23	23		
05/11/2021	19:45:00	21	22	22		
05/11/2021	20:00:00	21	22	22	88,8	12,2
05/11/2021	20:15:00	21	21	21		
05/11/2021	20:30:00	21	21	21		
05/11/2021	20:45:00	20	21	21		
05/11/2021	21:00:00	20	21	21	95,9	7,2
05/11/2021	21:15:00	20	21	21		
05/11/2021	21:30:00	20	21	21		
05/11/2021	21:45:00	21	21	22		
05/11/2021	22:00:00	22	21	22	89,3	11,2
05/11/2021	22:15:00	21	21	22		
05/11/2021	22:30:00	21	21	22		
05/11/2021	22:45:00	22	21	22		
05/11/2021	23:00:00	21	21	22	85,3	6,1
05/11/2021	23:15:00	21	21	22		
05/11/2021	23:30:00	21	21	22		
05/11/2021	23:45:00	21	21	22		
06/11/2021	00:00:00	21	21	22	90,3	3,2
06/11/2021	00:15:00	20	21	21		
06/11/2021	00:30:00	20	21	21		
06/11/2021	00:45:00	20	21	21		
06/11/2021	01:00:00	20	20	21	97,6	0,4
06/11/2021	01:15:00	20	20	21		
06/11/2021	01:30:00	21	20	21		
06/11/2021	01:45:00	20	20	21		
06/11/2021	02:00:00	20	20	21	99,9	3,6
06/11/2021	02:15:00	20	20	20		
06/11/2021	02:30:00	19	20	20		
06/11/2021	02:45:00	19	20	20		
06/11/2021	03:00:00	20	20	20	99,9	3,2
06/11/2021	03:15:00	20	20	20		
06/11/2021	03:30:00	20	20	21		

06/11/2021	03:45:00	21	20	21		
06/11/2021	04:00:00	21	21	21	100	5
06/11/2021	04:15:00	21	21	21		
06/11/2021	04:30:00	21	21	21		
06/11/2021	04:45:00	21	21	21		
06/11/2021	05:00:00	22	21	21	99,4	5,8
06/11/2021	05:15:00	22	21	21		
06/11/2021	05:30:00	20	21	21		
06/11/2021	05:45:00	20	21	21		
06/11/2021	06:00:00	20	21	21	99,9	0,7
06/11/2021	06:15:00	21	20	21		
06/11/2021	06:30:00	21	21	21		
06/11/2021	06:45:00	21	21	21		
06/11/2021	07:00:00	21	21	21	97,6	1,1
06/11/2021	07:15:00	22	21	21		
06/11/2021	07:30:00	22	22	21		
06/11/2021	07:45:00	22	21	21		
06/11/2021	08:00:00	21	22	22	93,3	1,8
06/11/2021	08:15:00	22	22	22		
06/11/2021	08:30:00	22	23	22		
06/11/2021	08:45:00	23	22	22		
06/11/2021	09:00:00	24	23	23	88,4	3,6
06/11/2021	09:15:00	27	24	24		
06/11/2021	09:30:00	28	26	26		
06/11/2021	09:45:00	29	27	28		
06/11/2021	10:00:00	27	28	27	77,7	5,4
06/11/2021	10:15:00	31	28	28		
06/11/2021	10:30:00	29	29	28		
06/11/2021	10:45:00	33	29	29		
06/11/2021	11:00:00	32	30	29	63	4,3
06/11/2021	11:15:00	31	30	29		
06/11/2021	11:30:00	33	30	30		
06/11/2021	11:45:00	32	31	30		
06/11/2021	12:00:00	33	31	30	54,9	5
06/11/2021	12:15:00	31	31	30		
06/11/2021	12:30:00	33	31	30		
06/11/2021	12:45:00	32	31	30		
06/11/2021	13:00:00	32	31	29	50,8	5,8
06/11/2021	13:15:00	32	32	31		
06/11/2021	13:30:00	33	32	30		
06/11/2021	13:45:00	30	32	30		
06/11/2021	14:00:00	31	32	30	51,2	8,3
06/11/2021	14:15:00	29	32	30		
06/11/2021	14:30:00	30	31	29		
06/11/2021	14:45:00	32	32	30		

06/11/2021	15:00:00	33	33	31	49,2	8,6
06/11/2021	15:15:00	31	33	30		
06/11/2021	15:30:00	31	33	30		
06/11/2021	15:45:00	32	32	30		
06/11/2021	16:00:00	31	33	30	48,8	8,6
06/11/2021	16:15:00	31	32	30		
06/11/2021	16:30:00	30	32	29		
06/11/2021	16:45:00	30	32	29		
06/11/2021	17:00:00	29	31	29	45,5	4
06/11/2021	17:15:00	28	30	28		
06/11/2021	17:30:00	28	30	28		
06/11/2021	17:45:00	29	30	28		
06/11/2021	18:00:00	28	30	28	50,3	9
06/11/2021	18:15:00	27	28	28		
06/11/2021	18:30:00	26	28	27		
06/11/2021	18:45:00	26	27	26		
06/11/2021	19:00:00	25	26	26	55,9	7,9
06/11/2021	19:15:00	25	26	26		
06/11/2021	19:30:00	25	26	25		
06/11/2021	19:45:00	25	25	25		
06/11/2021	20:00:00	25	24	25	59,3	10,4
06/11/2021	20:15:00	24	25	25		
06/11/2021	20:30:00	24	25	25		
06/11/2021	20:45:00	24	24	24		
06/11/2021	21:00:00	24	24	24	66,6	14,8
06/11/2021	21:15:00	24	24	24		
06/11/2021	21:30:00	24	24	24		
06/11/2021	21:45:00	24	24	24		
06/11/2021	22:00:00	23	24	24	66,5	10,4
06/11/2021	22:15:00	23	24	24		
06/11/2021	22:30:00	23	23	24		
06/11/2021	22:45:00	23	23	23		
06/11/2021	23:00:00	23	23	23	74,4	7,5
06/11/2021	23:15:00	22	23	23		
06/11/2021	23:30:00	22	23	23		
06/11/2021	23:45:00	22	23	23		
07/11/2021	00:00:00	22	23	23	79	5,8
07/11/2021	00:15:00	22	22	23		
07/11/2021	00:30:00	22	22	23		
07/11/2021	00:45:00	22	22	23		
07/11/2021	01:00:00	22	22	22	81	11
07/11/2021	01:15:00	21	22	22		
07/11/2021	01:30:00	22	22	22		
07/11/2021	01:45:00	22	22	22		
07/11/2021	02:00:00	22	22	22	84	4,4

07/11/2021	02:15:00	21	21	22		
07/11/2021	02:30:00	21	21	22		
07/11/2021	02:45:00	20	21	22		
07/11/2021	03:00:00	20	21	22	85,2	7,6
07/11/2021	03:15:00	21	21	22		
07/11/2021	03:30:00	21	21	22		
07/11/2021	03:45:00	21	21	22		
07/11/2021	04:00:00	21	21	21	89,3	5,5
07/11/2021	04:15:00	21	21	21		
07/11/2021	04:30:00	21	21	21		
07/11/2021	04:45:00	20	21	21		
07/11/2021	05:00:00	20	21	21	90,5	3
07/11/2021	05:15:00	20	20	21		
07/11/2021	05:30:00	20	20	21		
07/11/2021	05:45:00	21	20	20		
07/11/2021	06:00:00	20	20	21	89,9	8,6
07/11/2021	06:15:00	21	20	21		
07/11/2021	06:30:00	22	19	22		
07/11/2021	06:45:00	23	21	22		
07/11/2021	07:00:00	25	22	24	87,9	6,6
07/11/2021	07:15:00	23	23	24		
07/11/2021	07:30:00	22	23	24		
07/11/2021	07:45:00	24	24	23		
07/11/2021	08:00:00	24	23	23	82,6	3,2
07/11/2021	08:15:00	23	23	23		
07/11/2021	08:30:00	28	24	24		
07/11/2021	08:45:00	26	26	24		
07/11/2021	09:00:00	27	25	25	77,9	3,2
07/11/2021	09:15:00	30	27	27		
07/11/2021	09:30:00	27	29	29		
07/11/2021	09:45:00	33	29	29		
07/11/2021	10:00:00	33	30	29	65,9	3,6
07/11/2021	10:15:00	32	31	30		
07/11/2021	10:30:00	34	31	31		
07/11/2021	10:45:00	33	31	30		
07/11/2021	11:00:00	33	31	31	55,7	6,8
07/11/2021	11:15:00	31	31	30		
07/11/2021	11:30:00	33	31	30		
07/11/2021	11:45:00	32	31	30		
07/11/2021	12:00:00	34	31	29	50,2	6,5
07/11/2021	12:15:00	33	31	30		
07/11/2021	12:30:00	30	32	31		
07/11/2021	12:45:00	31	31	29		
07/11/2021	13:00:00	34	31	30	49,4	8,3
07/11/2021	13:15:00	28	31	29		

07/11/2021	13:30:00	29	30	29		
07/11/2021	13:45:00	28	29	28		
07/11/2021	14:00:00	28	30	28	47,2	11,5
07/11/2021	14:15:00	29	30	29		
07/11/2021	14:30:00	33	31	29		
07/11/2021	14:45:00	33	31	30		
07/11/2021	15:00:00	28	30	28	45,9	9
07/11/2021	15:15:00	32	29	29		
07/11/2021	15:30:00	33	31	30		
07/11/2021	15:45:00	31	32	30		
07/11/2021	16:00:00	31	32	30	47	9
07/11/2021	16:15:00	28	31	29		
07/11/2021	16:30:00	32	32	30		
07/11/2021	16:45:00	31	33	30		
07/11/2021	17:00:00	31	33	31	48,2	9
07/11/2021	17:15:00	30	32	29		
07/11/2021	17:30:00	30	31	29		
07/11/2021	17:45:00	29	30	29		
07/11/2021	18:00:00	29	30	28	51,1	10,8
07/11/2021	18:15:00	27	29	27		
07/11/2021	18:30:00	26	28	27		
07/11/2021	18:45:00	26	27	27		
07/11/2021	19:00:00	26	27	26	58,9	8,6
07/11/2021	19:15:00	26	26	26		
07/11/2021	19:30:00	25	26	26		
07/11/2021	19:45:00	25	25	25		
07/11/2021	20:00:00	25	25	25	65,2	4,7
07/11/2021	20:15:00	25	25	25		
07/11/2021	20:30:00	24	25	25		
07/11/2021	20:45:00	24	24	25		
07/11/2021	21:00:00	24	24	24	67,8	2,9
07/11/2021	21:15:00	24	24	24		
07/11/2021	21:30:00	24	24	24		
07/11/2021	21:45:00	23	24	24		
07/11/2021	22:00:00	23	23	24	70,6	2,5
07/11/2021	22:15:00	23	23	23		
07/11/2021	22:30:00	23	23	24		
07/11/2021	22:45:00	23	23	23		
07/11/2021	23:00:00	23	23	23	71,8	2,9
07/11/2021	23:15:00	23	23	23		
07/11/2021	23:30:00	23	23	23		
07/11/2021	23:45:00	23	23	23		
08/11/2021	00:00:00	23	23	23	76,5	2,9
08/11/2021	00:15:00	23	23	23		
08/11/2021	00:30:00	22	23	23		

08/11/2021	00:45:00	22	22	23		
08/11/2021	01:00:00	22	22	23	79,4	0,4
08/11/2021	01:15:00	22	22	23		
08/11/2021	01:30:00	23	22	23		
08/11/2021	01:45:00	22	22	22		
08/11/2021	02:00:00	22	22	22	83,5	2,5
08/11/2021	02:15:00	22	22	22		
08/11/2021	02:30:00	22	22	22		
08/11/2021	02:45:00	22	22	22		
08/11/2021	03:00:00	22	22	22	89,1	0,7
08/11/2021	03:15:00	21	22	22		
08/11/2021	03:30:00	22	22	22		
08/11/2021	03:45:00	22	22	22		
08/11/2021	04:00:00	21	22	22	90,2	0,4
08/11/2021	04:15:00	22	21	22		
08/11/2021	04:30:00	22	22	22		
08/11/2021	04:45:00	23	22	23		
08/11/2021	05:00:00	21	22	22	90,3	5,8
08/11/2021	05:15:00	20	22	22		
08/11/2021	05:30:00	20	22	22		
08/11/2021	05:45:00	20	21	21		
08/11/2021	06:00:00	21	21	21	93,7	1,4
08/11/2021	06:15:00	22	21	22		
08/11/2021	06:30:00	23	21	22		
08/11/2021	06:45:00	22	22	23		
08/11/2021	07:00:00	23	22	22	86,8	0
08/11/2021	07:15:00	23	22	22		
08/11/2021	07:30:00	24	23	23		
08/11/2021	07:45:00	28	23	24		
08/11/2021	08:00:00	26	25	25	79	1,8
08/11/2021	08:15:00	31	26	26		
08/11/2021	08:30:00	28	27	28		
08/11/2021	08:45:00	24	26	26		
08/11/2021	09:00:00	26	25	24	74,9	16,2
08/11/2021	09:15:00	27	26	25		
08/11/2021	09:30:00	28	26	25		
08/11/2021	09:45:00	28	27	26		
08/11/2021	10:00:00	30	28	27	65,2	6,5
08/11/2021	10:15:00	30	28	27		
08/11/2021	10:30:00	29	29	28		
08/11/2021	10:45:00	29	28	27		
08/11/2021	11:00:00	31	29	28	52,4	7,6
08/11/2021	11:15:00	31	29	28		
08/11/2021	11:30:00	31	29	28		
08/11/2021	11:45:00	30	29	28		

08/11/2021	12:00:00	31	29	28	49,5	10,8
08/11/2021	12:15:00	31	30	29		
08/11/2021	12:30:00	30	30	28		
08/11/2021	12:45:00	31	30	29		
08/11/2021	13:00:00	30	30	28	51,6	11,2
08/11/2021	13:15:00	30	30	28		
08/11/2021	13:30:00	31	31	29		
08/11/2021	13:45:00	30	31	29		
08/11/2021	14:00:00	31	31	28	45,3	8,6
08/11/2021	14:15:00	31	31	29		
08/11/2021	14:30:00	31	31	29		
08/11/2021	14:45:00	30	33	30		
08/11/2021	15:00:00	31	32	30	48,6	12,6
08/11/2021	15:15:00	31	32	29		
08/11/2021	15:30:00	31	31	29		
08/11/2021	15:45:00	31	31	28		
08/11/2021	16:00:00	30	31	29	46,8	10,4
08/11/2021	16:15:00	28	30	28		
08/11/2021	16:30:00	31	30	29		
08/11/2021	16:45:00	28	30	28		
08/11/2021	17:00:00	30	32	28	46,2	9

Fonte: Autor (2021)