



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAEMA – UNIFAEMA**

**IURI SOUZA ANDRADE**

**ANÁLISE DAS CARGAS TÉRMICAS E DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DAS  
CENTRAIS DE AR CONDICIONADO EM ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL NA  
CIDADE DE ARIQUEMES - RO**

**ARIQUEMES - RO**

**2022**

**IURI SOUZA ANDRADE**

**ANÁLISE DAS CARGAS TÉRMICAS E DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DAS  
CENTRAIS DE AR CONDICIONADO EM ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL NA  
CIDADE DE ARIQUEMES - RO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia Civil  
do Centro Universitário FAEMA –  
UNIFAEMA como pré-requisito para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil

Orientador (a): Prof. Esp. Ruan Iuri de  
Oliveira Guedes

**ARIQUEMES - RO**

**2022**

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

A553a Andrade, Iuri Souza.

Análise das cargas térmicas e dimensionamento da potência das centrais de ar condicionado em escola pública municipal na cidade de Ariquemes – RO. / Iuri Souza Andrade. Ariquemes, RO: Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA, 2022.

63 f.

Orientador: Prof. Esp. Ruan Iuri de Oliveira Guedes.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil – Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA, Ariquemes/RO, 2022.

1. Carga Térmica. 2. Ar-Condicionado. 3. Temperatura. 4. Conforto Térmico. 5. Rondônia. I. Título. II. Guedes, Ruan Iuri de Oliveira.

CDD 620.1

**Bibliotecária Responsável**  
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro  
CRB 1114/11

**IURI SOUZA ANDRADE**

**ANÁLISE DAS CARGAS TÉRMICAS E DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA  
DAS CENTRAIS DE AR CONDICIONADO EM ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL  
NA CIDADE DE ARIQUEMES - RO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia Civil  
do Centro Universitário FAEMA –  
UNIFAEMA como pré-requisito para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil

Orientador (a): Prof. Esp. Ruan Iuri de  
Oliveira Guedes

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Esp. Ruan Iuri de Oliveira Guedes

---

Prof. Esp. Felipe Pantano de Souza

---

Prof. Esp. Lincoln De Souza Lopes

**ARIQUEMES – RO**

**2022**

*Dedico este trabalho ao meu  
Senhor e Salvador Jesus Cristo,  
que me tirou das ruas e das  
drogas e deu uma segunda  
chance. Te amo Jesus.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo por me dar forças e me ajudar em todas as coisas.

Aos meus pais, por se sacrificarem por tanto pra nos criar e nos ensinar o valor de um trabalho digno, amo vocês.

À minha amada esposa pelo suporte, encorajamento e paciência nos meus surtos de ansiedade.

Aos meus melhores amigos Sérgio e Bárbara que sempre estão comigo nos momentos de tristeza e alegria.

Ao professor Vagner Dias de Souza pelo suporte e aulas de reforço das matérias de cálculo I, II e III.

Ao meu amigo pessoal Lucas Eduardo Zambam por ser meus braços e pernas durante toda a jornada acadêmica, valeu mano.

Ao meu orientador prof. Ruan Iuri de Oliveira Guedes, pelo excelente trabalho como professor e orientador.

À nossa coordenadora Ms. Priscila Lemes obrigado por nos aturar com tanta paciência e carinho.

À professora Ana Carolina, obrigado pelo excelente trabalho como professora e pelas orientações.

A todos que de forma direta ou indireta me ajudaram a chegar até aqui, meus sinceros agradecimentos.

*Aquele que começou a boa obra  
em minha vida, é fiel para  
completá-la até o dia de Cristo.*

*Filipenses 1:6*

## RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo verificar, através de cálculos fundamentados em normas, as cargas térmicas presentes nas salas de aula de uma escola pública municipal da cidade de Ariquemes - RO, realizar com base nas cargas térmicas o dimensionamento da potência adequada de equipamentos de climatização com o intuito de promover conforto térmico no interior das salas e efetuar um comparativo dos resultados com os equipamentos em uso. Em Ariquemes as temperaturas durante o verão podem variar entre 24° e 35°, e por causa da alta umidade relativa do ar, a sensação térmica pode chegar na casa dos 40°, o que faz com que conforto térmico ambiente seja algo de extrema necessidade, tanto para residências como para espaços comerciais e grandes ambientes fechados normalmente frequentados por grandes quantidades de pessoas. Porém a escolha incorreta da potência do equipamento condicionador de ar, ou o mal dimensionamento das cargas térmicas, podem acarretar transtornos como ineficiência e/ou consumo excessivo de energia no processo de climatização ambiente. Portanto, este estudo demonstra a importância de se propor como item essencial durante a criação do projeto de uma edificação, alternativas na construção civil que viabilizem o conforto térmico em seus interiores. O levantamento de dados fora realizado no período das 12:00 às 14:30, momento em que a temperatura externa atinge seu ponto máximo e a demanda por conforto térmico é maior, sendo considerada para a elaboração deste o horário das 14:30, pois neste horário os alunos estão em sala de aula. As salas em sua maioria demonstraram, no que se refere a conforto térmico, estar inadequadamente preparadas para comportar os alunos que a frequentam. A partir dos resultados, foi possível chegar aos motivos desta conclusão e ao final propor ideias que colaborariam com a redução da temperatura nas salas.

Palavras-chave: Dimensionamento, ar condicionado, cargas térmicas, temperatura

## **ABSTRACT**

This work aims to verify, through calculations based on norms, the thermal loads present in the classrooms of a municipal public school in the city of Ariquemes - RO, to carry out, based on the thermal loads, the dimensioning of the adequate power of air conditioning equipment with the aim of promoting thermal comfort inside the rooms and comparing the results with the equipment in use. In Ariquemes, temperatures during the summer can vary between 24° and 35°, and because of the high relative humidity of the air, the thermal sensation can reach around 40°, which makes ambient thermal comfort something of extreme necessity. , both for homes and for commercial spaces and large indoor environments normally frequented by large numbers of people. However, the incorrect choice of the power of the air conditioning equipment, or the bad dimensioning of the thermal loads, can lead to inconveniences such as inefficiency and/or excessive consumption of energy in the process of ambient air conditioning. Therefore, this study demonstrates the importance of proposing, as an essential item during the creation of a building project, alternatives in civil construction that enable thermal comfort in its interiors. The data collection was carried out in the period from 12:00 to 14:30, when the external temperature reaches its maximum point and the demand for thermal comfort is greater, being considered for the elaboration of this time of 14:30, because at this time the students are in the classroom of class. Most of the classrooms demonstrated, with regard to thermal comfort, to be inadequately prepared to accommodate the students who attend. From the results, it was possible to arrive at the reasons for this conclusion and at the end to propose ideas that would collaborate with the reduction of the temperature in the rooms.

Keywords: Dimensioning, air conditioning, thermal loads, temperature

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Calor dissipado por pessoas .....	19
Figura 2 – Sala de aula .....	20
Figura 3 – Irradiação de calor através das lâmpadas LED.....	21
Figura 4 – Transmissão de calor através dos materiais .....	22
Figura 5 – Coeficiente de transmitância térmica dos materiais .....	23
Figura 6 – Modelo de superfície simples.....	24
Figura 7 – Coeficiente de transmitância térmica através de paredes compostas.....	25
Figura 8 – Coeficiente de transmitância térmica através da cobertura.....	26
Figura 9 – Troca de calor através da unidade evaporadora.....	27
Figura 10 – Ar condicionado de janela .....	28
<i>Figura 11 - unidade evaporadora (interna):</i> .....	29
<i>Figura 12 - unidade condensadora (externa)</i> .....	29
Figura 13 – Vista aérea da Instituição de ensino básico utilizada como local de coleta de dados .....	32
Figura 14 - Croqui demonstrativo com as salas analisadas .....	32
Figura 15 – Trena laser .....	33
Figura 16 – Sol nas paredes viradas ao Norte às 12:00 .....	34
Figura 17 – Sol nas paredes viradas ao Norte às 14:30 .....	34
Figura 18 – Sol nas paredes viradas ao Norte às 17:00 .....	35
Figura 19 – Janelas das salas viradas ao Norte às 14:30.....	35
Figura 20 – Janelas das salas viradas ao Norte às 17:00.....	36
Figura 21 – Termômetro infra vermelho .....	37
Figura 22 – Coeficiente das paredes utilizado para este estudo .....	42
<i>Figura 23 - Pavilhão 01/Bloco 01/Sala 01</i> .....	43
Figura 24 – Forro de madeira.....	44
Figura 25 - Pavilhão 02/Bloco 01/ Sala 01 .....	45
Figura 26 – Forro de madeira.....	46
Figura 27 - Pavilhão 02/ Bloco 02/ Sala 01 .....	46
Figura 28 – Forro de madeira.....	48
Figura 29 - Pavilhão 03/ Bloco 02/ Sala 02 .....	48
Figura 30 – Forro de madeira.....	50
Figura 31 - Pavilhão 03/ Bloco 01/ Sala 02 .....	50
Figura 32 – Forro de madeira.....	51
Figura 33 - Pavilhão 04/ Bloco 02/ Sala 02 .....	52
Figura 34 – Forro de madeira.....	53
Figura 35 – Tabela de conversão de unidade de potência.....	55
Figura 36 - Situação atual das salas .....	56
Figura 37 – Parede norte das salas .....	58
Figura 38 – Parede leste das salas .....	58
Figura 39 – Medição da temperatura interna.....	59
Figura 40 – Telhas Termo acústicas .....	60

## SUMÁRIO

<b>ANÁLISE DAS CARGAS TÉRMICAS E DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DAS CENTRAIS DE AR CONDICIONADO EM ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL NA CIDADE DE ARIQUEMES - RO .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 GERAL .....	15
2.2 ESPECÍFICOS .....	15
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
3.1 CLIMA DE ARIQUEMES -RO .....	16
3.2 CONFORTO TÉRMICO .....	16
3.3 CARGAS TÉRMICAS.....	17
3.3.1 Irradiação Térmica Através Das Pessoas.....	18
3.3.2 Irradiação Térmica Através Da Iluminação Elétrica .....	20
3.3.3 Convecção De Calor Através Das Superfícies Oriundas De Incidência Solar Direta Ou Indireta .....	21
<b>4. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
5.1 DA COLETA DE DADOS .....	31
5.2 DA ANÁLISE DOS DADOS.....	37
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
6.1 TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA DAS PAREDES E DA COBERTURA EM K (KELVIN).....	39
6.2 DIMENSIONAMENTO DAS CARGAS TÉRMICAS.....	40
<b>6.3 CONVECÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA ATRAVÉS DAS SUPERFÍCIES ...</b>	<b>42</b>
6.3.1 Paredes .....	42
6.4 SOMATÓRIO DAS CARGAS TERMICAS TOTAIS NAS SALAS.....	54
6.5 COMPARATIVO DOS RESULTADOS CALCULADOS COM A POTÊNCIA INSTALADA .....	54
6.6 POSSÍVEIS SOLUÇÕES QUE VIABILIZARIAM O CONFORTO TÉRMICO NAS SALAS .....	58
6.6.1 Plantio De Árvores No Norte E Leste Da Edificação .....	58
6.6.2 Substituição Das Telhas Cerâmicas E De Fibrocimento Por Telhas Termoacústicas .....	60
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>

<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>
-----------------------------	-----------

## 1. INTRODUÇÃO

Conforto térmico é o estado psicológico na qual o indivíduo expressa satisfação com as condições climáticas do ambiente em que está inserido, e onde não necessita de roupas especiais para regular sua temperatura corporal (ASHRAE 10)

O homem é um animal homeotérmico, ou seja, seu organismo mante-se a uma temperatura interna quase constante e com poucas variações, em condições normais. Essa temperatura é da ordem de 37°C, e tem absoluta importância nos aspectos que incidem diretamente na qualidade de vida.

De acordo com a NR17, do Ministério do Trabalho, a temperatura ambiente de locais, onde são executadas atividades intelectuais como nos escritórios, laboratórios, sala de desenvolvimento de projetos, devem ficar entre 20°C e 23°C.

Para a regulação da temperatura ambiente são utilizados equipamentos condicionadores de ar, que introduzem ou retiram do ambiente cargas térmicas, que são a quantidade de calor sensível e latentes presentes no ambiente. Os condicionadores de ar mais comuns são do tipo split, compostos por uma unidade condensadora e uma unidade evaporadora, e sua principal finalidade é proporcionar meios para o conforto térmico ambiente através da troca e manutenção da temperatura ambiente. A potência de resfriamento dos condicionadores de ar é expressa em BTUs (British Thermal Units) Unidade de temperatura Britânica. Quanto maior a capacidade de refrigeração (BTU/h) de um ar condicionado, maior será a potência elétrica dele, necessitando assim de uma maior quantidade de energia. Por tanto quanto maior a potência do ar, mais energia ele irá gastar no mesmo tempo de utilização. Por isso antes da instalação de um ar condicionado deve-se realizar o dimensionamento do equipamento adequado para cada situação e lugar.

De acordo com a ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) NBR 6401 esse dimensionamento baseia-se nos cálculos de cargas térmicas presentes no ambiente, onde são levados em consideração fatores como metragem quadrada, quantidade média de pessoas que frequentarão o ambiente, quantidade e potência dos equipamentos elétricos presentes, quantidade de lâmpadas e metragem quadrada de janelas e exposição solar.

Deve-se evitar o superdimensionamento do sistema. Os cálculos devem ser os mais precisos possíveis evitando o uso de fatores de segurança arbitrários para compensar incertezas nos cálculos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

Conclui-se, portanto, que é de suma importância a análise e cálculos de fatores que influenciam diretamente no conforto térmico ambiente, auxiliando assim a escolha dos aparelhos de ar condicionado com a capacidade correta para proporcionar condições de conforto as pessoas que porventura ocuparão o ambiente, e ainda promover eficiência energética.

Na cidade de Ariquemes – RO, de acordo com os dados do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), o clima é quente basicamente durante o ano inteiro. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 20 °C a 35 °C e raramente é inferior a 17 °C ou superior a 38 °C.

Portanto este trabalho tem visa analisar das cargas térmicas presentes nas salas de aula de uma escola do ensino fundamental na cidade de Ariquemes-RO, e com base nos os resultados realizar um dimensionamento da potência adequada de equipamentos condicionadores de ar, comparar os resultados com o sistema atualmente em uso, bem como propor ideias que viabilizem a redução das cargas térmicas no interior das salas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

- Dimensionar a potência adequada dos condicionadores de ar para as salas para a obtenção do conforto térmico nas salas de aula de uma escola pública municipal da cidade de Ariquemes – RO.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Identificar as fontes e dimensionar cargas térmicas das salas de aula de uma escola pública municipal da cidade de Ariquemes – RO.
- Determinar através dos cálculos a potência necessária dos equipamentos de ar condicionado
- Apresentar propostas que viabilizem a diminuição das cargas térmicas nas salas analisadas.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 CLIMA DE ARIQUEMES -RO

A cidade de Ariquemes localiza-se a uma latitude 09°54'48" sul e a uma longitude 63°02'27" oeste, estando a uma altitude de 142 metros. Possui uma população de 102.860 habitantes (IBGE/2014), possui uma área de 4.427 km<sup>2</sup> e está localizada na porção centro-norte do estado, a 203 quilômetros de Porto Velho.

O clima de Ariquemes, segundo a classificação de KÖPPEN-GEIGER, que também se aplica a quase todo o estado de Rondônia, é determinado como equatorial. O que o torna na maior parte do ano quente e úmido. Basicamente o clima de Ariquemes consiste de muito calor e umidade. Durante o ano existem também períodos de seca que podem durar até dois meses.

Nessas condições relacionadas às altas temperaturas na cidade de Ariquemes, o uso de condicionadores de ar para a obtenção de conforto térmico torna-se essencial não só em residências, mas sobretudo em locais de constante concentração de pessoas, como igrejas, hospitais e escolas, objeto deste estudo.

#### 3.2 CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico ambiente é definido pelo estado em que um sujeito se encontra satisfeito com as condições de temperatura em que se encontra o ambiente em que ele está situado (ASHRAE, 2017).

O ser humano está em constante troca de temperatura com o ambiente em que está inserido, e segundo ABNT, 2008 a quantidade de roupas usadas por uma pessoa tem impacto substancial no conforto térmico, pois determina a resistência térmica média à troca de calor do corpo com o ambiente. Isso o proporciona a capacidade de suportar, até certo ponto, temperaturas que divergem da sua temperatura corporal. Mas há ocasiões em que a temperatura externa varia e ultrapassa os limites da capacidade de adaptação e regulação natural da temperatura corporal. Nesses casos, é necessário um sistema que controle essa diferença de

temperatura do ambiente em relação a temperatura corporal, de modo que se proporcione o que se chama conforto ambiente (STOECKER E JONES, 1985).

Num ambiente onde as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço, o indivíduo tem a sensação de conforto térmico, e desse ponto de vista sua capacidade de trabalho é máxima. Se as condições térmicas do ambiente provocam a sensação de calor ou frio acima do normal, é porque nosso organismo está perdendo mais calor ou menos calor que o necessário para a manutenção homeotérmica, a qual passa a ser conseguida com um esforço adicional que sempre representa sobrecarga, com queda do rendimento no trabalho, até o limite, sob condições de rigor excepcionais, o indivíduo pode perder na sua totalidade a capacidade de realizar seu trabalho e/ou adquirir problemas de saúde (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O calor humano exalado por convecção que exerce influência sobre a carga térmica de um ambiente é denominado calor sensível, e também deve ser levado em consideração em um dimensionamento (ABNT, 2008).

### 3.3 CARGAS TÉRMICAS

Os processos mais básicos de condicionar o clima de um ambiente envolvem a transferência de calor. O calor sensível produz uma alteração da temperatura do ar sem variação de umidade. Calor latente vem do processo em que o vapor da água está em evaporação ou condensação, e isso produz uma variação da umidade do ar ambiente sem provocar alteração da temperatura (ABNT, 2008).

Segundo *FROTA; SCHIFFER, 2001*, p. 122, O ganho de calor transmitido por pessoas, infiltrações por aberturas, exposição solar, iluminação elétrica, equipamentos elétricos internos são os principais fatores a serem considerados nos cálculos das cargas térmicas de um ambiente. Os cálculos das cargas térmicas devem ser os mais precisos possíveis, evitando o uso de coeficientes para compensar eventuais incertezas nos cálculos (ABNT, 2008).

De acordo com CREDER (2004), carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada ou colocada em um recinto a fim de proporcionar as condições de conforto desejadas. A carga térmica pode ser

introduzida no recinto por condução, insolação, ventilação, pessoas, infiltração, equipamentos.

As cargas térmicas de um mesmo ambiente podem variar ao longo do dia, pois além de fatores constantes como iluminação, metragem quadrada e equipamentos elétricos, existem também fatores como temperatura externa, insolação sobre superfícies opacas e transparentes e número de pessoas que variam ao longo do dia (ABNT, 2008).

### **3.3.1 Irradiação Térmica Através Das Pessoas**

Segundo FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 20, o corpo humano possui um mecanismo termorregulador e vive em constante troca de temperatura com o ambiente em que está inserido, por isso é uma fonte geradora de calor, e mantém uma temperatura interna sensivelmente constante de 37 °C , com uma variação estreita entre 36,1°C e 37,2°C, sendo 32°C o limite mínimo e 42° o limite máximo, e essas variações dependem da atividade que esteja exercendo e/ou sua condição médica.

Ainda segundo FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 121, para o ganho de calor considera-se apenas o calor sensível, visto que esse incide diretamente na carga térmica ambiente.

De acordo com a tabela demonstrada na figura 1, o calor produzido por cada pessoa através é expressado pela relação entre temperatura ambiente e o metabolismo corporal em função atividade exercida pelo indivíduo.

Figura 1 – Calor dissipado por pessoas

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor latente (W)	% Radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F <sup>a</sup>			Baixa velocidade do ar	Alta velocidade do ar
Sentado no teatro	Teatro matinê	115	95	65	30		
Sentado no teatro, noite	Teatro noite	115	105	70	35	60	27
Sentado, trabalho leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55		
Parado em pé, trabalho moderado; caminhando	Loja de varejo ou de departamentos	160	130	75	55	58	38
Caminhando, parado em pé	Farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	Restaurante <sup>b</sup>	145	160	80	80		
Trabalho leve em bancada	Fábrica	235	220	80	140		
Dançando moderadamente	Salão de baile	265	250	90	160	49	35
Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz	Fábrica	295	295	110	185		
Jogando boliche <sup>c</sup>	Boliche	440	425	170	255		
Trabalho pesado	Fábrica	440	425	170	255	54	19
Trabalho pesado em máquina operatriz; carregando carga	Fábrica	470	470	185	285		
Praticando esportes	Ginásio, academia	585	525	210	315		

Fonte: Adaptado de 2005 ASHRAE Fundamentals Handbook, Capítulo 30, Tabela 1

Utilizando os valores obtidos nas tabelas, através da equação, temos que:

$$Q_{\text{pessoas}} (\text{watt}) = Cl \cdot n \text{ onde:}$$

Cl = Calor sensível (W)

n = Número de pessoas

Para estipular o número máximo de pessoas a ocupar o recinto será adotada a densidade de ocupação indicada código de obra do município de Ariquemes.

*Art. 96 - As edificações destinadas a abrigar atividades educacionais deverão dimensionar suas salas de aula na proporção de 1,20 m<sup>2</sup> (um metro e vinte centímetros quadrados) por aluno. (Lei no 1.520, de 22 de dezembro de 2009. - Ariquemes - RO.)*

### 3.3.2 Irradiação Térmica Através Da Iluminação Elétrica

Figura 2 – Sala de aula



FONTE: Hampton Inn Kernersville, NC - See Discounts (hotelguides.com)

O tipo e a potência das luminárias devem ser obtidos do projeto luminotécnico ou estipulados pelo contratante do projeto.

O processo de conversão de energia elétrica em luz produz calor sensível. Ele é dissipado para as superfícies próximas através de radiação, através dos materiais que compõe a lâmpada por condução, e para o ar através de convecção.

*Lâmpadas incandescentes convertem apenas 10% de sua potência elétrica em luz, sendo que 90% se transforma em calor, dos quais 80% se dissipa por radiação e 10% por condução e convecção. Lâmpadas fluorescentes convertem 25% de sua potência elétrica em luz, sendo 25% dissipado, sob forma de calor radiante, para as superfícies circundantes e 50% dissipado por convecção e condução. O reator da lâmpada fluorescente fornece mais 25% da potência nominal da lâmpada sob forma de calor para o ambiente (FROTA E SCHIFER, 2001, p.122).*

Na figura 3 analisamos o calor irradiado através das lâmpadas modelo LED:

*Figura 3 – Irradiação de calor através das lâmpadas LED*



Fonte:<http://www.mesquitaeletro.com.br/blog/2017/11/03/como-funcionam-as-lampadas-de-led>

### **3.3.3 Convecção De Calor Através Das Superfícies Oriundas De Incidência Solar Direta Ou Indireta**

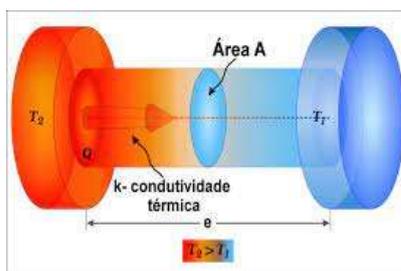
O Sol incide sobre a edificação representando sempre um certo ganho de calor, que será em função da intensidade da radiação incidente e das características térmicas dos paramentos do edifício (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Os cálculos referentes ao ganho de carga térmica para uma edificação por incidência solar direta dividem-se em dois: superfícies transparentes e opacas.

A energia radiante oriunda do sol que incide em uma superfície transparente se divide em três partes: uma que é refletida, uma que é absorvida, e outra que atravessa a superfície (CREDER, 2004).

Para calcular a convecção de energia térmica que através das paredes, utiliza-se a equação de Fourier, que está relacionada à condução térmica através dos materiais conforme demonstrado na imagem abaixo:

*Figura 4 – Transmissão de calor através dos materiais*



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica>

O calor transferido a cada segundo entre dois pontos no interior de um corpo, é chamado de fluxo de calor. Esse termo refere-se à rapidez em que o calor é transferido no interior de um corpo.

A fórmula utilizada para calcular a condução térmica, também conhecida como fórmula do fluxo de calor ou Lei de Fourier é a seguinte:

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_2 - T_1)}{e}$$

Onde:

$\Phi$  = Fluxo de calor (Cal/s ou W)

$Q$  = Calor (cal ou Joules)

$\Delta t$  = Intervalo de tempo (s)

$A$  = Área (m<sup>2</sup>)

$T_2$  e  $T_1$  = Temperatura dos pontos 1 e 2 (K ou °C)

$k$  = Coeficiente de condutividade térmica (J/s·m·K ou cal/s·cm·°C)

## Superfícies translúcidas

O método mais convencional de se obter luz e ventilação natural em uma edificação é através de janelas, porém as principais trocas térmicas de um ambiente se dão através das janelas, principalmente quando são compostas de vidros translúcidos e sem nenhuma proteção como insulfilme, cortinas ou persianas. Segundo a lei fundamental de condução térmica, conhecida como lei de Fourier, a quantidade de calor conduzida através de uma superfície translúcida pode ser obtida através da equação:

$$Q = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta t}{l}$$

Onde:

Q = fluxo de calor (Watt)

$\lambda$  = coeficiente de transmissão de calor (w/m·°C)

A = área (m<sup>2</sup>)

$\Delta t$  = Diferença entre a temperatura externa e interna

l = espessura do vidro

O coeficiente de transmissão de calor do vidro comum encontra – se na tabela demonstrada na figura abaixo:

*Figura 5 – Coeficiente de transmitância térmica dos materiais*

Material	$\lambda$ (W/m°C)
Terra argilosa seca	0,52
Terra comprimida (bloco)	1,15
Terra úmida	0,60
Tijolo de concreto furado (8 furos) 19 × 19 × 39 (paredes 6 mm)	0,91
Tijolo maciço prensado	0,72
Vidro	0,8

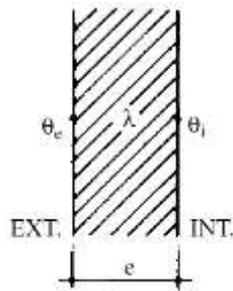
Fonte: Puppo E. & Puppo, O.(48)

Características térmicas dos materiais.

### Superfícies opacas

O ganho de calor em um determinado ambiente, através de insolação em superfícies opacas, se dá pelo processo de condução de calor, onde ocorre a troca de calor entre dois corpos que se tocam ou mesmo partes de um mesmo corpo que estejam a temperaturas diferentes como representado na figura abaixo:

*Figura 6 – Modelo de superfície simples*



Fonte: Manual do conforto térmico, página 34

Onde:

θ<sub>e</sub>= Temperatura da superfície externa (K)

θ<sub>i</sub>= Temperatura da superfície interna (K)

λ= Coeficiente de condutibilidade térmica do material (W·K/m<sup>2</sup>)

e= Espessura da parede (m)

### Coeficiente de transmitância térmica de paredes heterogêneas

Cada material possui um coeficiente de transmitância térmica, e é essencial a obtenção desse coeficiente para que se possa calcular a condução de calor através das paredes e da cobertura de uma edificação. As tabelas demonstradas nas figuras abaixo expressam os coeficientes em relação ao tipo de material utilizado na edificação:

Figura 7 – Coeficiente de transmitância térmica através de paredes compostas

Parede	Descrição	U (W/m <sup>2</sup> .K)
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 6,0 cm x 22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 14,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48
	Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 19,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0 cm x 20,0 cm x 20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24

Fonte: ABNT NBR 15220-3:2005 - Tabela D.3

Segundo **FROTA & SCHIFER, 2001** a quantidade de calor conduzida através de uma parede heterogênea, também pode ser adquirida através da equação de Fourier:

$$Q = U \cdot A \cdot (\theta_e - \theta_i)$$

Onde:

Q= fluxo de calor (Watt)

U= Coeficiente de transmitância térmica do material (W/m<sup>2</sup>.K)

A= Área total da superfície

$\theta_e$ = Temperatura da superfície externa (K)

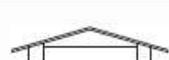
$\theta_i$ = Temperatura da superfície interna (K)

Desconsidera-se a espessura da parede na equação, uma vez que a tabela já nos dá o coeficiente de transmitância também em função da espessura dos materiais.

### Coeficiente de transmitância térmica de coberturas

A tabela demonstrada na figura abaixo relaciona o coeficiente de transmitância térmica em função do tipo de cobertura:

*Figura 8 – Coeficiente de transmitância térmica através da cobertura*

Cobertura	Descrição	$U$ W/(m <sup>2</sup> .K)
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55
	Cobertura de telha de fibrocimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,80
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00

Fonte: ABNT NBR 15220-3:2005 - Tabela D.4

Segundo ABNT NBR 15220-3:2005, a unidade de medida relativa à energia térmica conduzida através de uma parede ou cobertura é expressa em W/m<sup>2</sup>. K e a intensidade do fluxo térmico através da condução nesse mecanismo de troca é obtido através da equação:

$$Q = A \cdot U \cdot (\Delta T)$$

Onde:

$Q$ = Fluxo de calor (W)

$A$ = Área da superfície

$U$ = Coeficiente de transmitância térmica (W/m<sup>2</sup>. K)

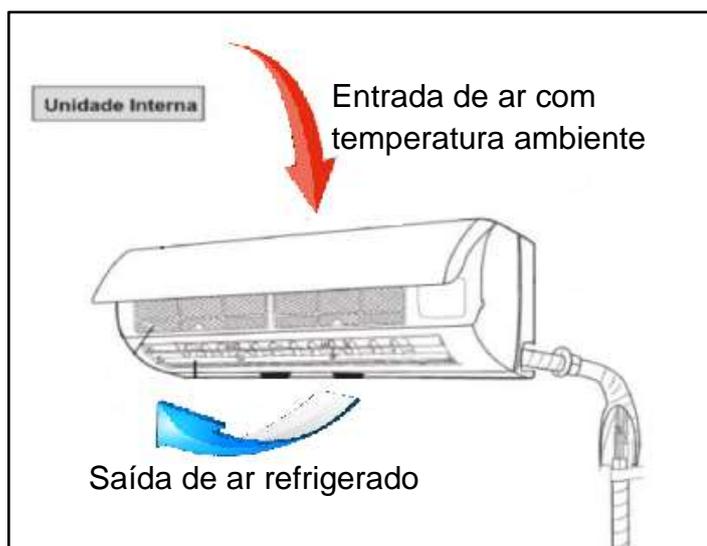
$\Delta T$ = Diferença entre a temperatura externa e interna (K)

#### 4. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

A obtenção de conforto térmico se dá através da retirada ou inserção de cargas térmicas no ambiente. O método mais utilizado para regulação térmica é através do uso de condicionadores de ar que atuam por meio da troca de calor.

##### 4.1 TROCA DE CALOR

Figura 9 – Troca de calor através da unidade evaporadora



Fonte: Adaptado do site [www.gree.com.br](http://www.gree.com.br)

De modo geral, o aparelho de ar condicionado promove a retirada de ar quente do ambiente e posteriormente ocorre a devolução desse ar já refrigerado para o ambiente em que o mesmo se encontra, e todo esse processo se dá por meio das correntes de convecção. (DA SILVA SANTOS, Marco Aurélio. **Mundo educação**, 2019.)

Por causa das diferenças de densidade do ar frio e do ar quente, o ar frio (mais denso) desce em contra partida, o ar quente sendo menos denso sobe, formando as já citadas correntes de convecção. Como resultado, é por meio dessas correntes que a temperatura do ambiente onde o condicionador está localizado fica agradável. (DA SILVA SANTOS, Marco Aurélio. **Mundo educação**, 2019.)

Os equipamentos condicionadores de ar tipo janela são unidades, demonstrado na figura 10, são equipamentos de pequeno porte, utilizados para climatização de ambientes pequenos.

*Figura 10 – Ar condicionado de janela*



Fonte: <https://www.mideastore.com.br>

Nos últimos anos muito foi investido em tecnologias para o avanço dos equipamentos condicionadores de ar, o que acelerou a criação e desenvolvimento dos primeiros modelos Split, separando o aparelho condicionador de ar em unidade evaporadora (interna) e unidade condensadora (externa), conquistando seu espaço sobretudo nas residências. Em 2003, por exemplo, segundo dados da ABRAVA, 60% dos aparelhos residenciais no Brasil eram janela e 40% Split.

Há poucos anos, a tecnologia inverter surgiu e ganhou a liderança no mercado. Oferecendo baixo consumo de energia, realizam as trocas de temperatura em seus respectivos locais de instalação com a mesma eficiência, mas proporcionando economia nos gastos com energia elétrica.

*Figura 11 - unidade evaporadora (interna):*



FONTE: <https://www.lg.com/br/business:2020>

A figura 11 refere-se a uma unidade evaporadora, que é a unidade interna do ar-condicionado, na qual estão localizados os filtros de ar e o sistema acionado pelo controle remoto do aparelho (painel). Através dela ocorre o já citado processo de convecção das correntes de ar, por meio da captura do ar ambiente e após resfriamento ou aquecimento desse ar, ocorre a liberação do ar no ambiente por intermédio de um sistema de ventilação. No caso dos equipamentos que refrigeram, o ar refrigerado é dissipado no ambiente ao mesmo tempo em que fluido refrigerante que absorveu o calor do ambiente. (DAIKIN BRASIL:ACESSO 2022).

*Figura 12 - unidade condensadora (externa)*



FONTE: [www.daikin.com.br](http://www.daikin.com.br): Acesso em 2020

A figura 12 demonstra uma unidade condensadora, ou unidade externa do ar-condicionado split, e recebe esse nome justamente por ser instalada do lado de fora da edificação. Na condensadora, através do compressor, é comprimido o fluido refrigerante que está em estado gasoso, e o mesmo é enviado para o condensador,

passando assim para o estado líquido rejeitando o calor para o ar do ambiente externo, e então é enviado para a unidade interna.

É importante que para garantir a eficiência energética e evitar riscos de acidentes, a condensadora deve estar corretamente fixada na parede e não pode ter o fluxo de ar interrompido ou objetos apoiados sobre ela (DAIKIN BRASIL:ACESSO 2022).

## 5. METODOLOGIA

A presente pesquisa trata-se de um estudo de caso realizado em uma escola de ensino fundamental frequentada por crianças e adolescentes, localizada em Ariquemes-RO, onde serão analisados aspectos referentes ao conforto térmico ambiente nas salas de aula, com o intuito de analisar as cargas térmicas presentes nas mesmas, realizar o dimensionamento de equipamentos climatizadores de ar, fazer um comparativo com o sistema atualmente em uso, bem como propor soluções que viabilizem o conforto térmico e a eficiência na busca pelo conforto térmico. Para o embasamento bibliográfico, foram selecionados normas, artigos, monografias, dissertações e trabalhos concernentes com os objetivos e propostas da pesquisa.

Durante a pesquisa literária foram utilizadas as seguintes descrições: Conforto térmico ambiente, climatização por meio de condicionadores de ar e consumo de energia.

### 5.1 DA COLETA DE DADOS

A escola (Figura 13) está localizada na Rua D. Pedro II, 872 Bairro Monte Cristo, na região do apoio rodoviário da cidade de Ariquemes - Rondônia. Atende atualmente em torno de 325 alunos divididos em dois turnos. Possui 10 salas, então de aula, então local desta pesquisa, em pleno funcionamento, as quais se dividem em dois grupos segundo a sua capacidade máxima de alunos, as que comportam 40 alunos e as que comportam 25 alunos.

A escola tem funciona nos horários: 7:00 às 11:30 e 13:00 às 17:30.

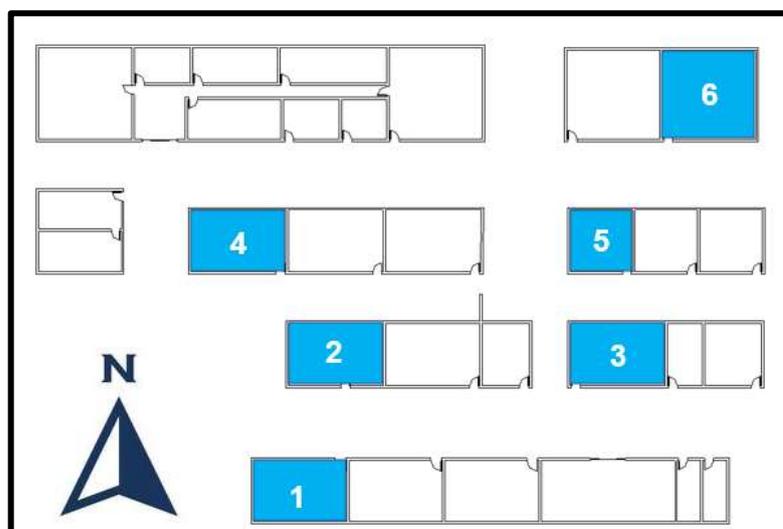
*Figura 13 – Vista aérea da Instituição de ensino básico utilizada como local de coleta de dados*



Fonte: Google Earth

O levantamento fora realizado em um total de 6 salas de aula, onde foram coletados todos os dados necessários para a realização da análise das cargas térmicas presentes nas mesmas.

*Figura 14 - Croqui demonstrativo com as salas analisadas*



Fonte: O autor – Croqui desenvolvido no software Revit

A figura 14 representa um croqui com as salas analisadas destacadas em azul.

O estudo foi realizado nos horários 12:00 – 14:30 – 17:30 do dia 24 de maio de 2022. Para que a análise fosse baseada em momentos de maiores solicitações de redução da temperatura interna das salas, os cálculos foram realizados com base nas medições coletadas às 14:30, momento em que há uma maior exposição solar nas superfícies externas e as temperaturas alcançam os maiores níveis,

*Figura 15 – Trena laser*



Fonte: O autor

Para a medição da área das salas e das esquadrias, fora utilizada a trena laser com alcance preciso de até quarenta metros demonstrada na figura 14.

O levantamento de dados essenciais para os cálculos de carga térmica fora realizado no local. De modo a obter todas as informações necessárias para a análise, foram realizados levantamentos sobre a espessura e material das paredes, área das salas, equipamentos elétricos, bem como iluminação utilizadas nas salas, quantitativo de pessoas por sala.

Também foram desenvolvidos estudos sobre o comportamento do sol nas paredes das salas, para tanto foram elaboradas análises utilizando como ferramenta o software Revit para a melhor demonstração do posicionamento solar levando em consideração a posição geográfica em que está localizada a escola.

*Figura 16 – Sol nas paredes viradas ao Norte às 12:00*



Fonte: O autor

Como é possível observar na figura 16, no horário das 12:00 tem-se em torno de 60 cm de exposição solar direta das paredes. O levantamento realizado às 12:00 deu-se no momento em que as salas estavam vazias.

*Figura 17 – Sol nas paredes viradas ao Norte às 14:30*



Fonte: O autor

*Figura 18 – Sol nas paredes viradas ao Norte às 17:00*



Fonte: O autor

A foto exposta na figura 18 mostra que às 17:00 não há mais exposição solar nas paredes.

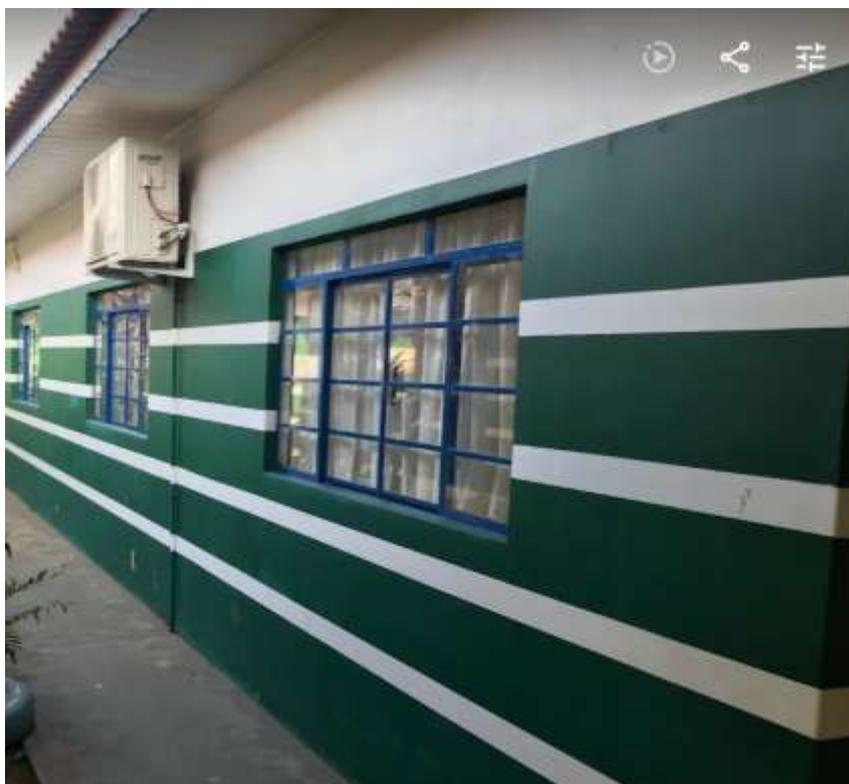
Conforme demonstrado na figura 17, que fora registrada no horário das 14:30, temos uma exposição solar direta nas paredes de aproximadamente 140 cm. No momento do levantamento realizado às 14:30 as salas estavam em pleno uso pelos alunos.

*Figura 19 – Janelas das salas viradas ao Norte às 14:30*



Fonte: O autor

*Figura 20 – Janelas das salas viradas ao Norte às 17:00*



Fonte: O autor

A figura 19 mostra que às 14:30 o sol incide diretamente sobre a janela enquanto que a figura 20 mostra que às 17:00 não há presença da luz solar nas mesmas, também demonstra que todas as janelas do local são compostas por vidro comum de 3 mm de espessura e somente as janelas viradas para o Norte tem incidência solar direta

Após a análise do comportamento do sol nas superfícies, foram realizadas aferições das temperaturas externas e internas das paredes e coberturas nos dois horários observados, afim de determinar o período do dia em que a temperatura média atinge o pico e a demanda por conforto térmico é maior.

Para a aferição da temperatura sobre as superfícies fora utilizado o termômetro infra vermelho demonstrado na figura 21.

*Figura 21 – Termômetro infra vermelho*



Fonte: O autor

## 5.2 DA ANÁLISE DOS DADOS

Foram coletadas informações de seis salas em diferentes pavilhões e posições para análise do comportamento do sol na edificação. Para melhor organização do estudo, as salas foram separadas por pavilhão e bloco.

De posse dos dados necessários para a análise das cargas térmicas, foram realizados os cálculos e por conseguinte o dimensionamento de equipamentos adequados em suas respectivas potências para a climatização das salas visando a eficiência energética. Durante a análise foram propostas possíveis alternativas e soluções que poderiam auxiliar no controle do ganho de temperatura nas salas de aula e maximizar a eficiência dos condicionadores de ar visando sobretudo a economia de energia. Em acordo com as disposições identificadas foi elaborada uma proposta de implantação das propostas com o objetivo de alcançar o objetivo desta pesquisa.

## 6. RESULTADOS

Com base no levantamento primário realizado nas seis salas utilizadas como amostra, chegou-se aos seguintes dados citados na tabela 01.

*Tabela 01 – Dados estruturais*

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	LARGURA (m)	CUMPRIMENTO (m)	PÉ DIREITO (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )
4	2	2	7,60	7,89	4,00	59,96
3	1	2	7,00	8,00	4,00	56,00
3	2	2	5,28	7,78	4,00	41,08
2	1	1	5,30	8,00	4,00	42,40
2	2	1	5,30	8,00	4,00	42,40
1	1	1	5,35	7,90	4,00	42,27

Fonte: Elaborado pelo autor

Para estipular a ocupação das salas foi considerada a ocupação máxima determinada pelo código de obras, conforme citado no item 3.3.1, assim chegou-se aos números citados na tabela 02.

*TABELA 02 – Ocupação das salas*

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	CAP. MAX DE ALUNOS
4	2	2	50
3	1	2	47
3	2	2	34
2	1	1	35
2	2	1	35
1	1	1	35

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 04 – Iluminação elétrica

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	LÂMPADA DE LED	
			30 watt	50 watt
4	2	2	3	3
3	1	2	3	3
3	2	2	0	4
2	1	1	0	4
2	2	1	0	4
1	1	1	0	4

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o quantitativo de lâmpadas e suas respectivas potências, foi realizado levantamento in loco e anotada as informações das lâmpadas atualmente em uso.

#### 6.1 TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA DAS PAREDES E DA COBERTURA EM K (KELVIN)

Para efeito de análise do calor conduzido através das paredes foram coletados os seguintes dados:

Tabela 05

HORÁRIO 12:00													
PAVILHÃO	BLOCO	SALA	TEMPERATURA DAS SUPERFÍCIES DAS PAREDES (K)								TEMPERATURA DA COBERTURA (K)		
			NORTE		SUL		LESTE		OESTE		FIBROCIMENTO	CERÂMICA	FORRO DE MADEIRA
			EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.			
4	2	2	317	306	308	305	307	305	309	307	-	329	330
3	1	2	316	306	306	305	305	305	304	303	-	331	331
3	2	2	315	303	303	306	307	306	310	306	329	-	330
2	1	1	315	305	307	304	306	305	306	304	328	-	311
2	2	1	318	304	306	304	318	305	304	303	330	-	311
1	1	1	319	306	313	305	316	306	305	303	329	-	312

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 06

HORÁRIO 14:30													
PAVILHÃO	BLOCO	SALA	TEMPERATURA DAS SUPERFÍCIES DAS PAREDES (K)								TEMPERATURA DA COBERTURA (K)		
			NORTE		SUL		LESTE		OESTE		FIBROCIMENTO	CERÂMICA	FORRO DE MADEIRA
			EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.			
4	2	2	322	307	310	307	308	306	310	308	-	334	313
3	1	2	320	306	307	306	306	305	305	304	-	333	312
3	2	2	319	307	309	306	307	306	310	307	331	-	311
2	1	1	321	306	307	304	307	306	306	305	331	-	313
2	2	1	323	309	309	305	325	305	305	303	332	-	313
1	1	1	324	309	314	306	325	309	306	304	333	-	312

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 07

HORÁRIO 17:00													
PAVILHÃO	BLOCO	SALA	TEMPERATURA DAS SUPERFÍCIES DAS PAREDES (K)								TEMPERATURA DA COBERTURA (K)		
			NORTE		SUL		LESTE		OESTE		FIBROCIMENTO	CERÂMICA	FORRO DE MADEIRA
			EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.			
4	2	2	319	305	308	306	306	305	308	305	-	327	315
3	1	2	317	304	307	304	305	303	305	301	-	328	310
3	2	2	317	303	308	304	307	306	308	305	328	-	309
2	1	1	316	306	306	304	306	304	305	304	326	-	311
2	2	1	320	307	309	303	318	304	303	302	327	-	310
1	1	1	319	306	308	305	319	307	304	302	327	-	309

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode-se observar nas tabelas 05, 06 e 07, o horário das 14:30 apresenta valores mais altos em relação às temperaturas coletadas nas superfícies, por esse motivo utilizaremos como base para os estudos os dados coletados no horário das 14:30, pois nesse horário a demanda por conforto térmico atinge seu pico, haja vista que nesse momento as salas estão em pleno funcionamento.

## 6.2 DIMENSIONAMENTO DAS CARGAS TÉRMICAS

Para a estimar as cargas relacionadas às pessoas, como se trata de uma sala de aula, será adotada a condição de pessoas sentadas em trabalho leve, conforme descrito na tabela 1 exposta na FIGURA 01, onde se determina que nessas condições o calor sensível dissipado por pessoa é de 70 watts, e para o quantitativo será usada

a quantidade máxima de alunos por área das salas, seguindo as determinações do código de obras do município.

*Tabela 08 – Cargas térmicas relacionadas às pessoas*

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	CAP. MAX DE ALUNOS	CARGA TÉRMICA (W)
4	2	2	50	3500
3	1	2	47	3290
3	2	2	34	2380
2	1	1	35	2450
2	2	1	35	2450
1	1	1	35	2450

Fonte: Elaborado pelo autor

Para as cargas térmicas relacionadas à iluminação elétrica, foi realizado um levantamento in loco das lâmpadas atualmente em uso, conforme visto na TABELA 8, e considerado o percentual de dissipação da potência em forma de calor.

*Tabela 09 – Cargas térmicas relacionadas às pessoas*

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	LÂMPADA DE LED		DISSIPAÇÃO DE CALOR (%)	CARGA TÉRMICA (W)
			30 WATT	50 WATT		
4	2	2	3	3	0,05	12
3	1	2	3	3	0,05	12
3	2	2	0	4	0,05	10
2	1	1	0	4	0,05	10
2	2	1	0	4	0,05	10
1	1	1	0	4	0,05	10

Fonte: Elaborado pelo autor

Então temos a carga térmica irradiada pelas lâmpadas através da equação:

$$Q = P * n * i$$

Onde:

$Q$ = Carga térmica irradiada

$P$ = Potencia da lâmpada

$n$ = Quantidade de lâmpadas

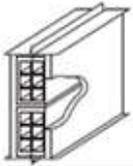
$i$ = Percentual de dissipação de calor

### 6.3 CONVECÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA ATRAVÉS DAS SUPERFÍCIES

#### 6.3.1 Paredes

Todas as salas são compostas por paredes heterogêneas de 14 cm, e para a obtenção do coeficiente de condução térmica utilizou-se os valores do terceiro item da tabela representada na figura 07:

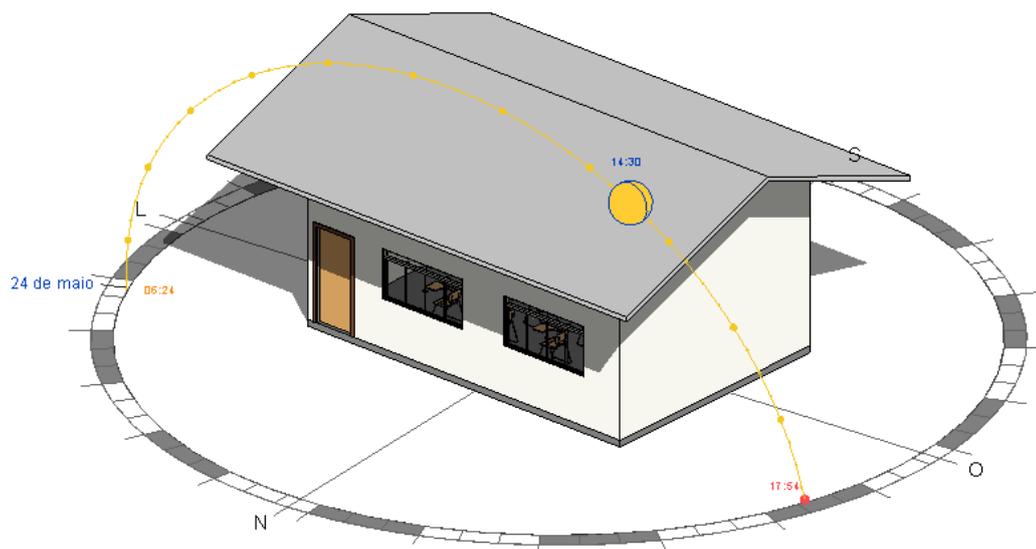
Figura 22 – Coeficiente das paredes utilizado para este estudo

Parede	Descrição	U W/(m <sup>2</sup> .K)
	Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0 cm x 14,0 cm x 19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48

Fonte: ABNT NBR 15220-3:2005 - Tabela D.3

Para melhor organização dos cálculos, eles foram separados por área analisada, ou seja, por sala.

Figura 23 - Pavilhão 01/Bloco 01/Sala 01



Fonte: O autor – imagem projetada no REVIT

Tabela 10 – Dados da sala

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PÉ DIREITO (m)	PAREDE NORTE (m)	PAREDE SUL (m)	PAREDE LESTE (m)	PAREDE OESTE (m)	CAP. MAX DE PESSOAS
42,27	4	7,9	7,9	5,35	5,35	35

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 11 - Paredes

PAREDE DE ALVENARIA	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	U W(m <sup>2</sup> .K)	$\theta_e - \theta_i$ (K)	Q (watt)
NORTE	7,9	4,00	4,84	26,76	2,48	15	995,5
SUL	7,9	4,00	4,84	26,76	2,48	8	530,9
LESTE	5,35	4,00	0	21,4	2,48	16	849,2
OESTE	5,35	4,00	0	21,4	2,48	2	106,1
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL (watt)</b>							<b>2482</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 12 - Janelas

ORIENTAÇÃO DA JANELA	ÁREA DE JANELA (m)	ESPESSURA DO VIDRO (m)	$\lambda$ (W/m°C)	$\Delta$ (°C)	Q (watt)
NORTE	4,84	0,03	0,8	14	1806,9
SUL	4,84	0,03	0,8	12	1548,8
LESTE	-	-	-	-	-
OESTE	-	-	-	-	-
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>					<b>3355,7</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13 - Cobertura

TEMPERATURA TELHA DE FIBROCIMENTO (K)	TEMPERATURA DO FORRO DE MADEIRA (K)	ÁREA ÚTIL DE COBERTURA (m <sup>2</sup> )	$\Delta t$ (Kelvin)	U (W/m·K)	Q (Watt)
333	312	42,265	21	2,00	1775,13

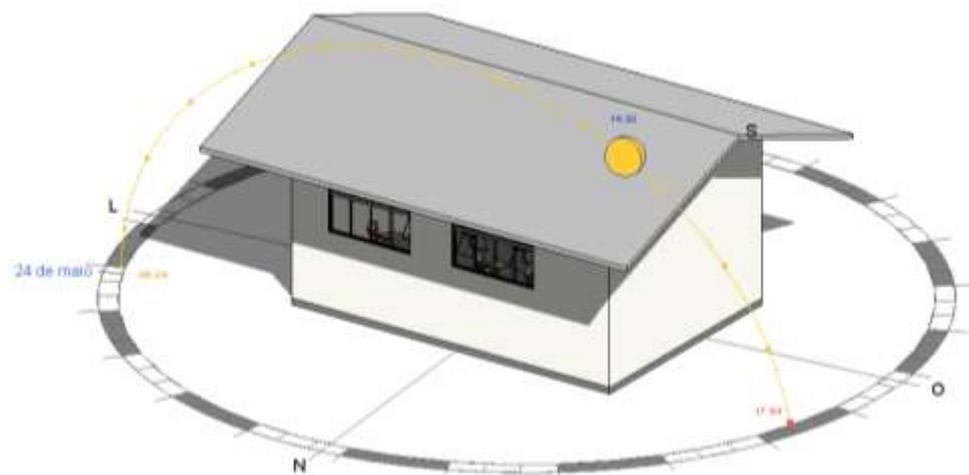
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 24 – Forro de madeira



Fonte: O autor - A sala possui telha de fibrocimento e forro de madeira

Figura 25 - Pavilhão 02/Bloco 01/ Sala 01



Fonte: O autor – imagem projetada no REVIT

Tabela 14 – Dados da sala

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PÉ DIREITO (m)	PAREDE NORTE (m)	PAREDE SUL (m)	PAREDE LESTE (m)	PAREDE OESTE (m)	CAP. MAX DE PESSOAS
42,4	4	8,0	8,0	5,30	5,30	35

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15 - Paredes

PAREDE DE ALVENARIA	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	$\theta_e - \theta_i$ (K)	Q (watt)
NORTE	8	4,00	7,2	24,8	2,48	14	861,1
SUL	8	4,00	4,84	27,16	2,48	4	269,4
LESTE	5,3	4,00	0	21,2	2,48	20	1052
OESTE	5,3	4,00	0	21,2	2,48	2	105,2
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL (watt)</b>							<b>2287,2</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 16 - Janelas

ORIENTAÇÃO DA JANELA	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ESPESSURA DO VIDRO (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	$\Delta$ (°C)	Q (watt)
NORTE	7,2	0,03	0,8	12,3	2361,6
SUL	4,84	0,03	0,8	10,9	1406,8
LESTE	-	-	-	-	-
OESTE	-	-	-	-	-
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>					<b>3768,4</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 17 - Cobertura

TEMPERATURA TELHA DE FIBROCIMENTO (K)	TEMPERATURA DO FORRO DE MADEIRA (K)	ÁREA ÚTIL DE COBERTURA (m <sup>2</sup> )	$\Delta t$ (Kelvin)	U (W/m·K)	Q (Watt)
332	313	42,4	19	2,00	<b>1611,20</b>

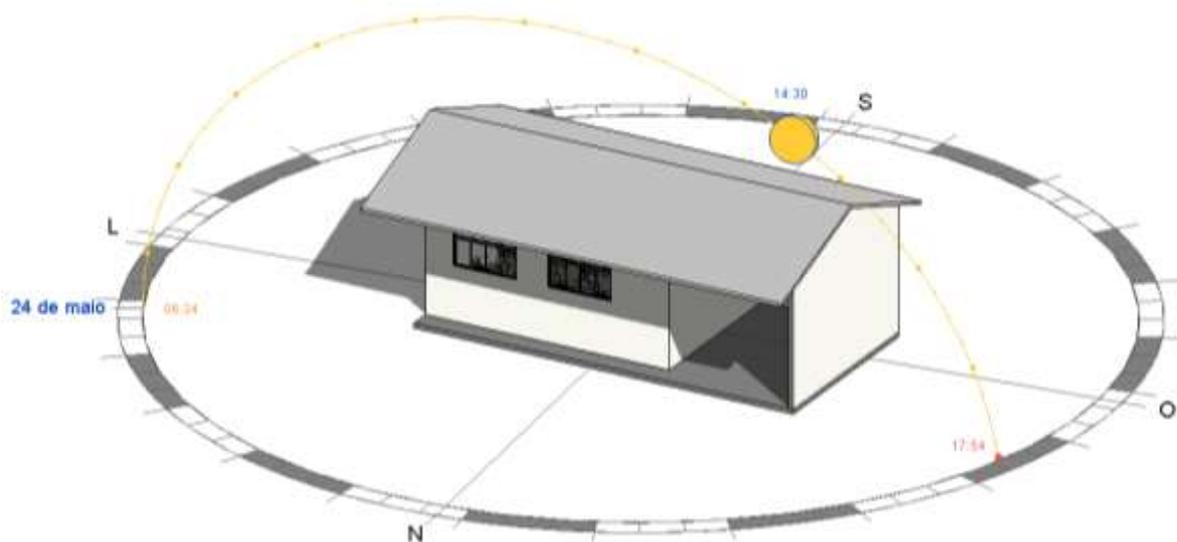
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 26 – Forro de madeira



Fonte: O autor – A sala possui telha de fibrocimento e forro de madeira

Figura 27 - Pavilhão 02/ Bloco 02/ Sala 01



Fonte: O autor – Imagem projetada no REVIT

Tabela 18 – Dados da sala

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PÉ DIREITO (m)	PAREDE NORTE (m)	PAREDE SUL (m)	PAREDE LESTE (m)	PAREDE OESTE (m)	CAP. MAX. DE PESSOAS
42,4	4	8,0	8,0	5,30	5,30	35

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 19 - Paredes

PAREDE DE ALVENARIA	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	$\theta_e - \theta_i$ (K)	Q (watt)
NORTE	8	4,00	4,84	27,16	2,48	15	1010
SUL	8	4,00	4,84	27,16	2,48	3	202,1
LESTE	5,3	4,00	0	21,2	2,48	1	52,58
OESTE	5,3	4,00	0	21,2	2,48	1	52,58
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL (watt)</b>							<b>1318</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 20 - Janelas

ORIENTAÇÃO DA JANELA	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ESPESSURA DO VIDRO (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	$\Delta$ (°C)	Q (watt)
NORTE	4,84	0,03	0,8	13	1677,9
SUL	4,84	0,03	0,8	10,9	1406,8
LESTE	-	-	-	-	-
OESTE	-	-	-	-	-
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>					<b>3084,7</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 21 - Cobertura

TEMPERATURA TELHA DE FIBROCIMENTO (K)	TEMPERATURA DO FORRO DE MADEIRA (K)	ÁREA ÚTIL DE COBERTURA (m <sup>2</sup> )	$\Delta t$ (Kelvin)	U (W/m.K)	Q (Watt)
331	313	42,4	18	2,00	<b>1526,40</b>

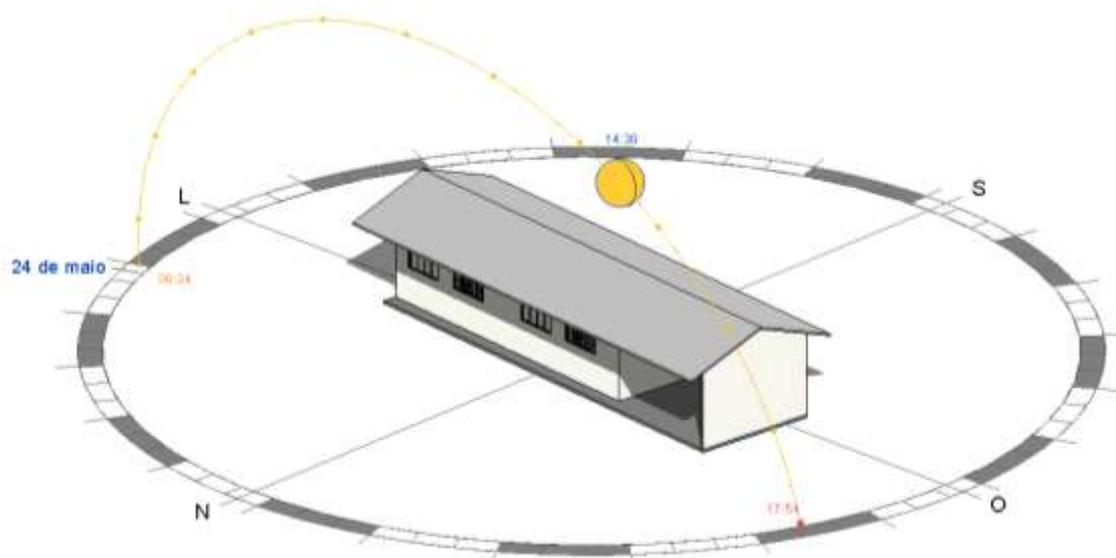
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 28 – Forro de madeira



Fonte: O autor – A sala possui telha de fibrocimento e forro de madeira

Figura 29 - Pavilhão 03/ Bloco 02/ Sala 02



Fonte: O autor – Imagem projetada no REVIT

Tabela 22 – Dados da sala

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PÉ DIREITO (m)	PAREDE NORTE (m)	PAREDE SUL (m)	PAREDE LESTE (m)	PAREDE OESTE (m)	CAP. MAX DE PESSOAS
41,08	4	7,78	7,78	5,28	5,28	34

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 23 - Paredes

PAREDE DE ALVENARIA	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	$\theta_e - \theta_i$ (K)	Q (watt)
NORTE	7,78	4,00	6,62	24,5	2,48	12	729,1
SUL	7,78	4,00	8,4	22,72	2,48	3	169
LESTE	5,28	4,00	0	21,12	2,48	1	52,38
OESTE	5,28	4,00	0	21,12	2,48	3	157,1
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL (watt)</b>							<b>1108</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 24 - Janelas

ORIENTAÇÃO DA JANELA	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ESPESSURA DO VIDRO (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	$\Delta$ (°C)	Q (watt)
NORTE	6,62	0,03	0,8	14	2471,5
SUL	8,4	0,03	0,8	10	2240
LESTE	-	-	-	-	-
OESTE	-	-	-	-	-
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>					<b>4711,5</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 25 - Cobertura

TEMPERATURA TELHA DE FIBROCIMENTO (K)	TEMPERATURA DO FORRO DE MADEIRA (K)	ÁREA ÚTIL DE COBERTURA (m <sup>2</sup> )	$\Delta t$ (Kelvin)	U (W/m.K)	Q (Watt)
331	311	41,07	20	2,00	<b>1642,80</b>

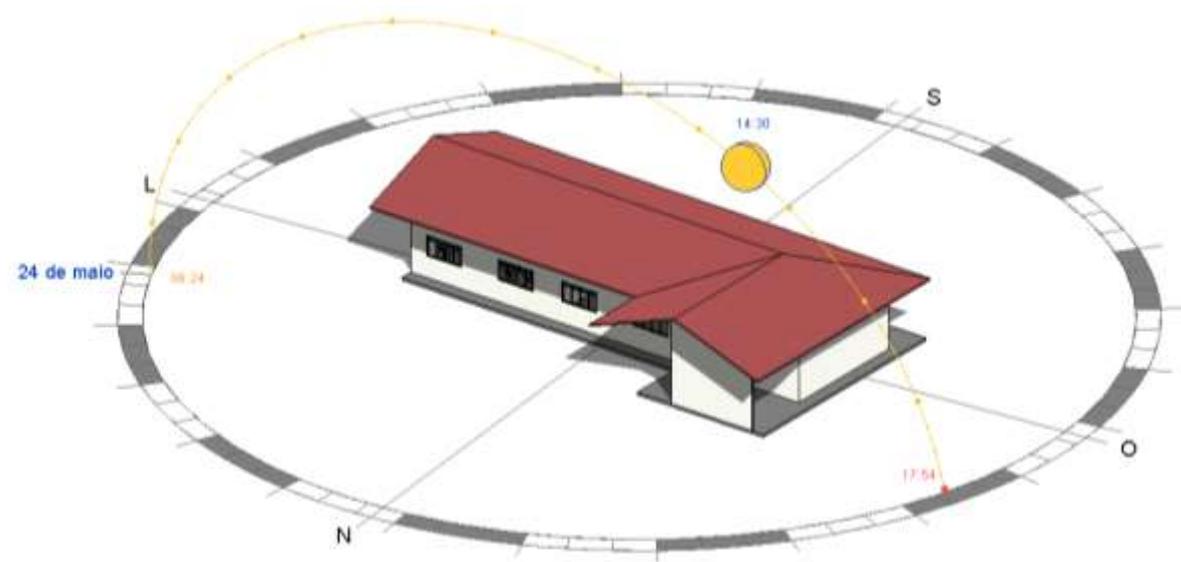
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 30 – Forro de madeira



Fonte: O autor – A sala possui telha de fibrocimento e forro de madeira

Figura 31 - Pavilhão 03/ Bloco 01/ Sala 02



Fonte: O autor – Imagem projetada no Revit

Tabela 26 – Dados da sala

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PÉ DIREITO (m)	PAREDE NORTE (m)	PAREDE SUL (m)	PAREDE LESTE (m)	PAREDE OESTE (m)	CAP. MAX. DE PESSOAS
56	4	8	8	7	7	47

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 27 - Paredes

PAREDE DE ALVENARIA	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	$\theta_e - \theta_i$ (K)	Q (watt)
NORTE	8	4,00	4,84	27,16	2,48	14	943
SUL	8	4,00	4,84	27,16	2,48	2,1	141,4
LESTE	7	4,00	0	28	2,48	1	69,44
OESTE	7,0	4,00	0	28	2,48	1	69,44
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL (watt)</b>							<b>1223,3</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 28 - Janelas

ORIENTAÇÃO DA JANELA	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ESPESSURA DO VIDRO (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	$\Delta$ (°C)	Q (watt)
NORTE	4,84	0,03	0,8	19	2452,3
SUL	4,84	0,03	0,8	14	1806,9
LESTE	-	-	-	-	-
OESTE	-	-	-	-	-
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>					<b>4259,2</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 29 - Cobertura

TEMPERATURA TELHA DE FIBROCIMENTO (K)	TEMPERATURA DO FORRO DE MADEIRA (K)	ÁREA ÚTIL DE COBERTURA (m <sup>2</sup> )	$\Delta t$ (Kelvin)	U (W/m.K)	Q (Watt)
333	312	56,0	21	2,00	2352,00

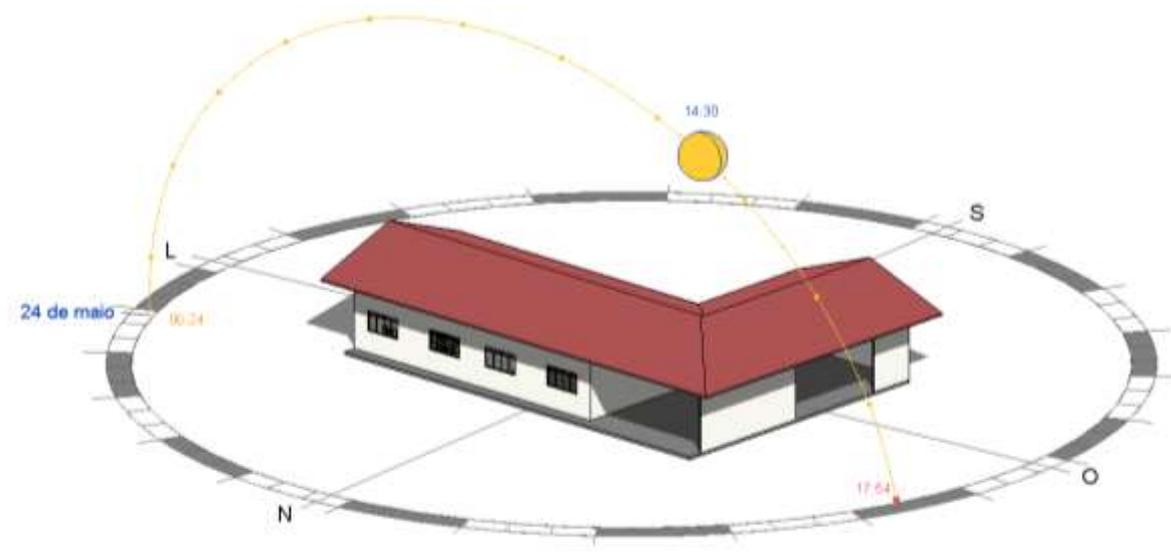
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 32 – Forro de madeira



Fonte: O autor – A sala possui telha cerâmica e forro de madeira

Figura 33 - Pavilhão 04/ Bloco 02/ Sala 02



Fonte: O autor – Imagem projetada no REVIT

Tabela 30 – Dados da sala

ÁREA (m <sup>2</sup> )	PÉ DIREITO (m)	PAREDE NORTE (m)	PAREDE SUL (m)	PAREDE LESTE (m)	PAREDE OESTE (m)	QUANTITATIVO DE PESSOAS
59,64	4	7,89	7,89	7,60	7,60	50

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 31 - Paredes

PAREDE DE ALVENARIA	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	$\theta_e - \theta_i$ (K)	Q (watt)
NORTE	7,89	4,00	4,84	26,72	2,48	15	994
SUL	7,89	4,00	4,84	26,72	2,48	3	198,8
LESTE	7,6	4,00	0	30,4	2,48	1,5	113,1
OESTE	7,6	4,00	0	30,4	2,48	2	150,8
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL (watt)</b>							<b>1456,7</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 32 - Janelas

ORIENTAÇÃO DA JANELA	ÁREA DE JANELA (m <sup>2</sup> )	ESPESSURA DO VIDRO (m)	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	$\Delta$ (°C)	Q (watt)
NORTE	4,84	0,03	0,8	20	2581,3
SUL	4,84	0,03	0,8	11,2	1445,5
LESTE	-	-	-	-	-
OESTE	-	-	-	-	-
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>					<b>4026,9</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 33 - Cobertura

TEMPERATURA TELHA DE FIBROCIMENTO (K)	TEMPERATURA DO FORRO DE MADEIRA (K)	ÁREA ÚTIL DE COBERTURA (m <sup>2</sup> )	$\Delta t$ (Kelvin)	U (W/m·K)	Q (Watt)
334	313	60,0	21	2,00	<b>2518,32</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 34 – Forro de madeira



Fonte: O autor – A sala possui telha cerâmica e forro de madeira

## 6.4 SOMATÓRIO DAS CARGAS TERMICAS TOTAIS NAS SALAS

Tabela 34

<b>PAVILHÃO 01/ BLOCO 01/ SALA 01</b>					
Qpessoas	Qiluminação	Qparedes	Qjanelas	Qcobertura	<b>Qtotal</b>
2.450 W	10 W	2.482 W	3.355,7 W	1.775 W	<b>10.072,7 W</b>
<b>PAVILHÃO 02/ BLOCO 02/ SALA 01</b>					
Qpessoas	Qiluminação	Qparedes	Qjanelas	Qcobertura	<b>Qtotal</b>
2.450 W	10 W	1.318 W	3.084,7 W	1.562,40 W	<b>8.425,1 W</b>
<b>PAVILHÃO 02/ BLOCO 01/ SALA 01</b>					
Qpessoas	Qiluminação	Qparedes	Qjanelas	Qcobertura	<b>Qtotal</b>
2.450 W	10 W	2.287 W	3.768,4 W	1.611,20 W	<b>10.126,6 W</b>
<b>PAVILHÃO 03/ BLOCO 02/ SALA 02</b>					
Qpessoas	Qiluminação	Qparedes	Qjanelas	Qcobertura	<b>Qtotal</b>
2.380 W	10 W	1.108 W	4.711,5 W	1.642,8 W	<b>9.852,3 W</b>
<b>PAVILHÃO 03/ BLOCO 01/ SALA 02</b>					
Qpessoas	Qiluminação	Qparedes	Qjanelas	Qcobertura	<b>Qtotal</b>
3.290 W	12 W	1.223,32 W	4.259,2 W	2.352 W	<b>11.136,5 W</b>
<b>PAVILHÃO 04/ BLOCO 02/ SALA 02</b>					
Qpessoas	Qiluminação	Qparedes	Qjanelas	Qcobertura	<b>Qtotal</b>
3.500 W	12W	1.456,7 W	4.026,9 W	2.518,32 W	<b>11.513,9 W</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

## 6.5 COMPARATIVO DOS RESULTADOS CALCULADOS COM A POTÊNCIA INSTALADA

A capacidade de refrigeração dos equipamentos é medida em BTU/h. BTU significa *British Thermal Unit* em inglês (em português Unidade Térmica Britânica), e é a responsável por determinar a potência dos aparelhos de ar-condicionado. Tecnicamente, 1 Btu/h é a energia necessária para reduzir a temperatura de meio litro de água (500 ml) em 0,56 °C por hora. Quanto maior a quantidade de Btu/h de um aparelho, maior será a sua capacidade e rapidez no resfriamento dos ambientes.

Em uma conversão direta, podemos obter a equivalência de watts em BTUs conforme descrito na tabela representada na figura 35:

Figura 35 – Tabela de conversão de unidade de potência

Magnitude	Unidade	Nome	Conversões
trabalho, energia	J	joule	1 Wh = 3600 J 1 kcal = 4187 J 1 mkgf = 9,807 J 1 Btu = 1055,06 J
potência	W	watt	1 kcal/h = 1,163 W 1 Btu/h = 0,293 W 1 hp = 745,7 W 1 t refriger = 3,516 kW 1 CV (métrico) = 735,5 W

Fonte: Koenigsberger, et alii (33). *Manual do Engenheiro Globo*. Vol. I, P. Alegre, Globo, 1951

Conforme observado na tabela expressa na figura acima:

1 BTU = 0,293 watts

1 Watt = 3,412 BTUs

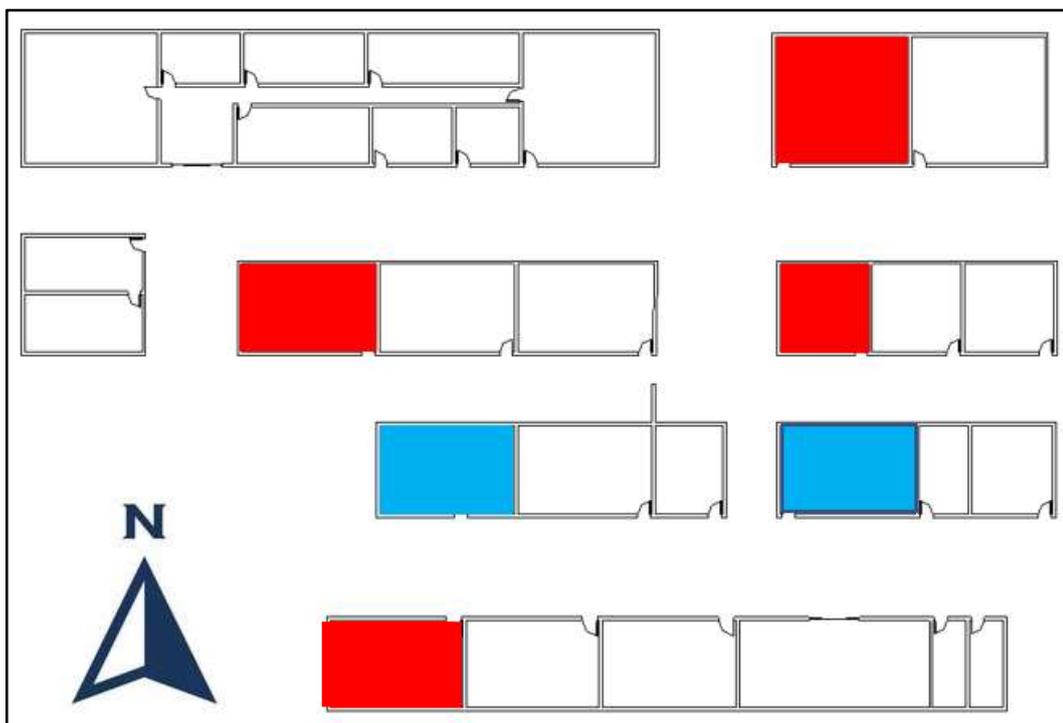
Diante disto obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 35

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	POTENCIA CALCULADA (W)	POTENCIA DIMENSIONADA (BTU/h)	POTÊNCIA INSTALADA (BTU/h)	POTÊNCIA RECOMENDADA (BTU/h)
1	1	1	10.072,7	34.368,1	30.000	36.000
2	2	1	8.425,1	28.746,4	30.000	30.000
2	1	1	10.126,6	34.552,0	36.000	36.000
3	2	2	9.852,3	33.616,0	24.000	36.000
3	1	2	11.136,5	37.997,7	30.000	40.000
4	2	2	11.513,9	39.285,4	30.000	40.000

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 36 - Situação atual das salas



Fonte: O autor – Produzido no Revit

- Salas atendidas por suas respectivas centrais de ar
- Salas com déficit no sistema de climatização

Conforme demonstrado na figura 36, apenas duas salas encontram-se com equipamentos com a potência adequada para a sua situação.

Tabela 36

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	POTENCIA CALCULADA (W)	POTENCIA DIMENSIONADA (BTU/h)	POTÊNCIA INSTALADA (BTU/h)	POTÊNCIA RECOMENDADA (BTU/h)
2	2	1	8.425,1	28.746,4	30.000	30.000
2	1	1	10.126,6	34.552,0	36.000	36.000

Fonte: Elaborado pelo autor

As demais salas analisadas funcionam com um déficit de potência de refrigeração dos equipamentos de climatização em relação ao horário de maior demanda, o que demanda um maior tempo de funcionamento e conseqüentemente um maior consumo de energia elétrica.

TABELA 37

PAVILHÃO	BLOCO	SALA	POTENCIA CALCULADA (W)	POTENCIA DIMENSIONADA (BTU/h)	POTÊNCIA INSTALADA (BTU/h)	POTÊNCIA RECOMENDADA (BTU/h)
1	1	1	10.072,7	34.368,1	30.000	36.000
3	2	2	9.852,3	33.616,0	24.000	36.000
3	1	2	11.136,5	37.997,7	30.000	40.000
4	2	2	11.513,9	39.285,4	30.000	40.000

Fonte: Elaborado pelo autor

As potências recomendadas nas tabelas 35 e 36 baseiam-se em atualmente modelos disponíveis no mercado.

Além do déficit na potência dos equipamentos condicionadores de ar, durante o estudo foram verificadas situações que agravam os problemas na obtenção do conforto térmico no interior das salas, e algumas medidas, com estudo prévio, poderiam ser implementadas para que houvesse uma diminuição das cargas térmicas oriundas principalmente da cond[ução] do calor através das paredes e da cobertura.

## 6.6 POSSÍVEIS SOLUÇÕES QUE VIABILIZARIAM O CONFORTO TÉRMICO NAS SALAS

### 6.6.1 Plantio De Árvores No Norte E Leste Da Edificação

*Figura 37 – Parede norte das salas*



Fonte: O autor – Parede ao norte da edificação  
*Figura 38 – Parede leste das salas*



Fonte: O autor – Parede a leste da edificação

Como mostrado nas figuras acima, não há nada bloqueando a ação do sol sobre as superfícies externas, principalmente as que se encontram ao Norte e a Leste da edificação.

Um estudo desenvolvido pelo gestor ambiental Gustavo Torquato Oliva na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) USP, relaciona a o plantio de árvores com a diminuição do calor excessivo principalmente em áreas urbanas e a quantidade necessária realiza-la. De acordo com a sua pesquisa, para diminuir 1°C na temperatura média urbana é necessário acrescentar 14,31% de cobertura arbórea na estação seca e 27,70% na estação chuvosa. “A influência benéfica de áreas verdes no conforto humano em áreas urbanas tem sido reconhecida por estudos de diferentes campos do conhecimento”, aponta Oliva.

*Figura 39 – Medição da temperatura interna*



Fonte: O autor

Observa-se através da figura acima que mesmo com o ar condicionado em pleno funcionamento, a temperatura interna da parede voltada para o NORTE da edificação marca 35,6°C.

O plantio de árvores reduziria consideravelmente a incidência solar direta sobre as paredes, reduzindo assim a transmissão de calor para o interior das salas, além de ser um método ecologicamente adequado e de baixo custo.

## 6.6.2 Substituição Das Telhas Cerâmicas E De Fibrocimento Por Telhas Termoacústicas

*Figura 40 – Telhas Termo acústicas*



Fonte: <https://decorandocasas.com.br/2021/06/27/telha-sanduiche>

Esse modelo de telha é composto por duas folhas de zinco ou alumínio, intercaladas por uma camada de poliestireno expandido. Uma das principais características do poliestireno expandido é que, devido à sua composição, ele é muito bom para evitar a passagem do calor. Sendo assim, é possível fazer o isolamento térmico de uma estrutura, suportando temperaturas de  $-50^{\circ}\text{C}$  até  $80^{\circ}\text{C}$ .

Os estudantes do curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina de Joaçaba Giuliani Tokusumi e Maiara Foiato realizaram, através de um estudo de caso, uma análise do desempenho termoacústico de telhas.

De acordo com a pesquisa, para períodos com temperatura acima de  $20^{\circ}\text{C}$  a telha termoacústica provocou uma redução de 18% da temperatura interna em relação a externa. Em comparação com às demais, as telhas termoacústicas apresentaram um desempenho superior, de aproximadamente 7%. Isso demonstra que a capacidade que as telhas termoacústicas tem de retardar o processo de convecção de energia térmica, ou seja, a que menos conduz calor para o interior do local de avaliação.

Apesar de ser uma medida consideravelmente cara, o custo benefício compensa, pois aumentaria a eficiência energética dentro das salas.

## 7. CONCLUSÃO

Este estudo de caso baseou-se em outros estudos relacionados ao mesmo tema e em dados empíricos que comprovam o quão imprescindível é a elaboração de um projeto de climatização que dimensione de maneira a atender as solicitações de conforto térmico em ambientes frequentados por muitas pessoas.

Este estudo demonstrou também a precariedade na qualidade do conforto térmico no ambiente onde crianças e adolescentes estudam. A estrutura da escola onde fora realizado o levantamento de dados apresenta-se muito antiga, com métodos de construção e componentes da edificação consideravelmente defasados, e que corroboram diretamente no desperdício energético na climatização dos ambientes. As janelas são compostas de vidro translúcido e sem proteção solar alguma como persianas ou cortinas. Forro de madeira e cobertura sem proteção térmica alguma.

Ainda que das salas utilizadas como amostra, 33,5% apresentaram-se com as suas respectivas demandas por conforto térmico atendidas, não significa que a estrutura destas salas esteja adequada ou melhor que as outras, pois apresentam as mesmas deficiências de todas as salas da escola.

Em oitavas com alunos e professores durante o levantamento dos dados todos foram unânimes em relação ao desconforto térmico das salas de aula, e como pode-se perceber na figura 34, em certos momentos do dia o interior das paredes aproxima-se da temperatura de 40°C mesmo com os ar condicionados em pleno funcionamento, o que de certa forma valida os resultados desse estudo.

## 8. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING. ASHRAE Handbook 2017: Fundamentals. Atlanta: ASHRAE, 2017.

ASHRAE Standard 55-1992. Thermal environment conditions for human occupancy. ASHRAE, Atlanta. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401-1: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projeto das instalações. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401-2. Instalações de ar-condicionado. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401-3. Instalações de ar-condicionado. Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6401. Instalações centrais de ar-condicionado para conforto – Parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 1980. Características térmicas dos materiais.

CÓDIGO DE ÓBRAS E EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES. Lei no 1.520, de 22 de dezembro de 2009. - Ariquemes – RO

CREDER, H. Instalações de ar condicionado. Tradução. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004.

CSTB — Régles de Calcule; Gomes, R. José(30), Puppo E. & Puppo, O.(48) Características Térmicas dos Materiais.

DA SILVA SANTOS, Marco Aurélio. **Mundo educação**, 2019

FROTA, Anésia Barros e SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico, São Paulo: Studio Nobel, 2001.

<https://abrava.com.br/> ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento.

Koenigsberger, et alii (33). Manual do Engenheiro Globo. Vol. I, P. Alegre, Globo, 1951

NORMA REGULAMENTADORA NR 17 – Ergonomia – ENIT – MTE – Atualizada – 2021

STOECKER, W.F. Refrigeração e Ar Condicionado. São Paulo. McGraw-Hill. 1985.