



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DANIELE DOS SANTOS VIANA CALDAS

CÁLCULO E ANÁLISE DA CARGA TÉRMICA DAS SALAS DE AULA DO BLOCO A
DO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ - CAMPUS TERESINA CENTRAL

TERESINA

2023

DANIELE DOS SANTOS VIANA CALDAS

CÁLCULO E ANÁLISE DA CARGA TÉRMICA DAS SALAS DE AULA DO BLOCO A DO
INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ - CAMPUS TERESINA CENTRAL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do curso de Bacharelado
em Engenharia Mecânica do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Me. Anderson Felipe
Chaves Fortes.

TERESINA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Caldas, Daniele dos Santos Viana

C145c Cálculo e análise da carga térmica das salas de aula do Bloco A do Instituto Federal do Piauí do Brasil - Campus Teresina Central / Daniele dos Santos Viana Caldas. - 2023.
125 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2023.

Orientador : Prof Me. Anderson Felipe Chaves Fortes.

1. Carga térmica . 2. Conforto térmico . 3. Climatização. I.Título.

CDD - 620

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

DANIELE DOS SANTOS VIANA CALDAS

CÁLCULO E ANÁLISE DA CARGA TÉRMICA DAS SALAS DE AULA DO BLOCO A DO
INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ - CAMPUS TERESINA CENTRAL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do curso de Bacharelado
em Engenharia Mecânica do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Teresina Central.

Aprovado (a) em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Anderson Felipe Chaves Fortes (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer à Deus por toda a força até aqui.

A minha mãe, Danielsa Viana, por ser meu alicerce, minha força, minha motivação e inspiração como mulher. MUITO OBRIGADA por sempre acreditar em mim. Isso aqui foi por mim, por você e por nós duas. Assim como sempre foi...NÓS DUAS!

Agradeço também a minha família, em especial ao meu avô Gonzaga (*in memoriam*), meu primo Alex e minha prima Patrícia, vocês são essenciais pra mim.

Lizandra, você sabe o quão sou grata à Deus pela nossa amizade. Obrigada por sempre SER e ESTAR!

Amigoss, Ícaro e João Marcos, vocês foram fundamentais nessa caminhada, ninguém suporta as barras do curso sozinho, e nós caminhamos juntos o tempo todo.

Aos meus amigos de vida Lucas Pereira e Manassés, obrigada por sempre ouvir e ajudar.

Agradeço também a todos os professores que tive ao durante o curso e em especial ao prof. Anderson Chaves. Vocês contribuíram muito para minha formação profissional e pessoal. Obrigada.

Por fim, agradecer a mim mesma por toda resiliência, paciência, persistência e todas as "ências" que tiverem por aí!!!!

“Está com medo de que? Nunca foi fácil, junta seus pedaços e desce para arena, mas lembre-se: aconteça o que acontecer, nada como um dia após um outro dia.”

(Racionais MC's)

RESUMO

O projeto de climatização é uma atividade essencial para garantir o conforto térmico e a eficiência energética de um ambiente. A crescente demanda por energia, tanto no Brasil quanto no mundo, torna esse projeto ainda mais importante, pois pode ajudar a reduzir o consumo de energia e, conseqüentemente, os custos operacionais. Além disso, estudos apontam que o conforto térmico está diretamente ligado à produtividade do indivíduo. Em um ambiente climatizado adequadamente, as pessoas se sentem mais confortáveis e, conseqüentemente, mais dispostas a trabalhar ou realizar atividades cotidianas. A fim de garantir o conforto térmico dos ocupantes das salas de aula do prédio A do IFPI - Campus Teresina Central, foi realizado um estudo para dimensionar as parcelas de carga térmica desses ambientes, para isso, foi utilizada a metodologia ASHRAE CLTD/SCL/CLF e norma ABNT NBR 16401, e como meio de validar os valores encontrados foi feito a simulação da carga térmica desses ambientes no Software HAP, os resultados encontrados foram bem próximos, obtendo sucesso na validação. Os resultados do estudo mostraram que a carga térmica total das salas de aula é de 750 kBtu/h, a maior parcela dessa carga é devida à renovação de ar, representando cerca de 32% do total. Isso ocorre porque as salas de aula são ambientes fechados, onde o ar quente e úmido se acumula, causando desconforto térmico. A segunda maior parcela da carga térmica é devida às superfícies opacas, representando cerca de 27% do total. As superfícies opacas como paredes e tetos, absorvem o calor do ambiente interno e o devolvem posteriormente. As demais parcelas da carga térmica são devidas às pessoas, aos equipamentos e à infiltração de ar pelas frestas das portas e janelas. Para atender à demanda térmica encontrada, foi recomendado o uso de 18 aparelhos de ar-condicionado, sendo cinco com 60.000 Btu/h, quatro com 56.000 Btu/h, dois com 37.000 Btu/h, quatro com 24.000 Btu/h, um com 40.000 Btu/h, um com 18.000 Btu/h e um com 23.000 Btu/h. As recomendações apresentadas visam garantir o conforto térmico dos ocupantes das salas de aula do prédio A do IFPI - Campus Teresina Central, proporcionando um ambiente adequado para a realização de atividades acadêmicas e profissionais.

Palavras-chave: Carga térmica, Conforto térmico, Climatização.

ABSTRACT

Air conditioning design is an essential activity to ensure thermal comfort and energy efficiency in a space. The growing demand for energy, both in Brazil and around the world, makes this project even more important, as it can help to reduce energy consumption and, consequently, operating costs. In addition, studies show that thermal comfort is directly linked to individual productivity. In a properly air-conditioned space, people feel more comfortable and, consequently, more motivated to work or carry out daily activities. In order to ensure the thermal comfort of the occupants of the classrooms in the A building of the IFPI - Teresina Central Campus, a study was carried out to dimension the thermal load fractions of these environments. For this, the ASHRAE CLTD/SCL/CLF methodology and ABNT NBR 16401 standard were used. As a way to validate the values found, the thermal load simulation of these environments was carried out in the HAP Software. The results found were very close, achieving success in the validation. The results of the study showed that the total thermal load of the classrooms is 750 kBtu/h. The largest portion of this load is due to air renewal, representing about 32% of the total. This occurs because classrooms are closed environments where hot and humid air accumulates, causing thermal discomfort. The second largest portion of the thermal load is due to opaque surfaces, representing about 27% of the total. Opaque surfaces, such as walls, ceilings, and floors, absorb heat from the internal environment and return it later. The remaining portions of the thermal load are due to people, equipment, and air infiltration through the cracks in doors and windows. To meet the thermal demand found, the use of 18 air conditioners was recommended, with five with 60,000 Btu/h, four with 56,000 Btu/h, two with 37,000 Btu/h, four with 24,000 Btu/h, one with 40,000 Btu/h, one with 18,000 Btu/h, and one with 23,000 Btu/h. The recommendations presented aim to ensure the thermal comfort of the occupants of the classrooms in the A building of the IFPI - Teresina Central Campus, providing an appropriate environment for the conduct of academic and professional activities.

Keywords: Thermal load, Thermal comfort, Air conditioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ventilação natural.	14
Figura 2 – Calor em escritórios.	15
Figura 3 – Mecanismos de transferência de calor.	18
Figura 4 – Condução.	19
Figura 5 – Transferência de calor de uma superfície quente para o ar por convecção. . .	20
Figura 6 – Carta psicrométrica à pressão total de 1 atm.	26
Figura 7 – Split Hi-Wall	30
Figura 8 – Split Cassete	30
Figura 9 – Split Piso Teto	31
Figura 10 – Split Dutado	32
Figura 11 – Self contained	32
Figura 12 – Ar condicionado de janela	33
Figura 13 – Sistema VRV	33
Figura 14 – IFPI - Campus Teresina Central	35
Figura 15 – Vista aérea do IFPI - Campus Teresina Central	36
Figura 16 – IFPI - Campus Teresina Central	36
Figura 17 – IFPI - Campus Teresina Central	37
Figura 18 – Dados de projeto para a cidade de Teresina.	38
Figura 19 – Taxas típicas de calor liberado por pessoas.	40
Figura 20 – Taxa típica de dissipação de calor pela iluminação.	43
Figura 21 – Modelo de parede adotado.	45
Figura 22 – Modelo de laje adotado.	45
Figura 23 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação.	51
Figura 24 – Eficiência da distribuição de ar nas zonas de ventilação.	52
Figura 25 – Software HAP.	55
Figura 26 – Software HAP.	55
Figura 27 – Software HAP.	56
Figura 28 – Software HAP.	56
Figura 29 – Software HAP.	57
Figura 30 – Software HAP.	57
Figura 31 – Distribuição da carga térmica total.	59

Figura 32 – Carga térmica total por sala.	60
Figura 33 – Carga térmica total por sala.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 – Valores típicos do coeficiente de transferência de calor por convecção.	21
Tabela 3 – Dados de projeto.	37
Tabela 4 – Índice de mistura do ar interno e externo.	39
Tabela 5 – Carga térmica por pessoas nas salas de aula do prédio A.	41
Tabela 6 – Levantamento de iluminação e equipamentos de cada ambiente.	42
Tabela 7 – Carga térmica devido a iluminação nas salas de aula do prédio A.	43
Tabela 8 – Carga térmica devido a equipamentos nas salas de aula do prédio A.	44
Tabela 9 – Cálculo de carga térmica total devido a equipamentos e luminárias nas salas de aula do prédio A.	44
Tabela 10 – Coeficiente de condutividade térmica.	46
Tabela 11 – Cálculo de carga térmica total devido a parede nas salas de aula do prédio A.	47
Tabela 12 – Cálculo de carga térmica total devido ao teto nas salas de aula do prédio A.	47
Tabela 13 – Cálculo de carga térmica total devido a superfícies opacas das salas de aula do prédio A.	48
Tabela 14 – Cálculo de carga térmica total devido a janelas nas salas de aula do prédio A.	50
Tabela 15 – Cálculo de carga térmica devido a renovação de ar nas salas de aula do prédio A.	53
Tabela 16 – Cálculo da carga térmica total das salas de aula do prédio A.	54
Tabela 17 – Cálculo da carga térmica total das salas de aula do prédio A - Software HAP.	58
Tabela 18 – Conversão da carga térmica para BTUs/h.	62
Tabela 19 – Capacidade do sistema atual x capacidade de projeto.	62
Tabela 20 – Equipamentos selecionados.	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>ABNT</i>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<i>ABRAVA</i>	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
<i>ASHRAE</i>	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
<i>AVAC</i>	Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado
<i>CFL</i>	Cooling Load Factor
<i>CLTD</i>	Cooling Load Temperature Difference
<i>HAP</i>	Hourly Analysis Program
<i>IFPI</i>	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
<i>INMET</i>	Instituto Nacional de Meteorologia
<i>INMETRO</i>	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
<i>NBR</i>	Norma Brasileira Regulamentadora (Norma Técnica)
<i>QAI</i>	Qualidade do ar interno
<i>SHG_{pessoas}</i>	Calor sensível liberado por pessoa
A_z	Área útil ocupada pelas pessoas
<i>CFL(h)</i>	Fator horário
E_c	Energia cinética
E_p	Energia potencial
E_z	Eficiência da distribuição de ar na zona
<i>FLM</i>	Fator de carga
<i>FUM</i>	Fator de uso
F_a	Vazão por área útil ocupada
F_p	Vazão por pessoa
F_{sa}	Fator de avaliação de efeitos de transferência de calor.
F_{ul}	Porcentagem da potência
<i>LHG_{pessoas}</i>	Calor latente liberado por pessoa
<i>LM</i>	Fator de correção por latitude
<i>N</i>	Lotação máxima do recinto
P_z	Número máximo de pessoas na zona de ventilação
<i>SC</i>	Coeficiente de sombreamento
V_{ef}	Vazão eficaz de ar exterior
V_z	Vazão de ar exterior a ser suprida na zona de ventilação

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
C_p	Calor específico
E	Energia
g	Gravidade
h	Entalpia
$h - ext$	Coeficiente de convecção do ar externo
h_{int}	Coeficiente de convecção do ar interno
J	Joule
K	Kelvin
$^{\circ}C$	Quilo Joule por quilograma Graus Celsius
L/S	Litros por segundo
m/s	Metros por segundo
Q	Quantidade de calor
t	Temperatura
T	Tempo
u	Velocidade
v	Vazão
x	Variação
T_e	Temperatura externa do ar
T_i	Temperatura interna do ar
T_m	Temperatura média
U	Coeficiente global de transferência de calor
V	Velocidade
W	Trabalho
W	Potência dissipada
cal	Caloria
m	Metros
m^2	Metros quadrados
U	Energia interna
w_e	Umidade absoluta externa

w_i	Umidade absoluta interna
P	Posição do campo gravitacional
σ	Emissividade
ρ_d	Densidade do ar seco
k_s	Constante de Stefan-Boltzman

SUMÁRIO

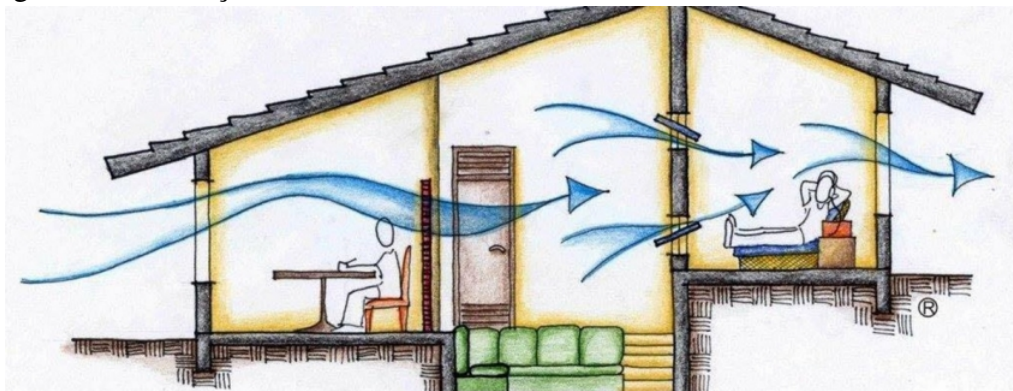
1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	TRANSFERÊNCIA DE CALOR	18
3.1.1	Condução	18
3.1.2	Convecção	20
3.1.3	Radiação	21
3.1.4	Resistência térmica	22
3.2	CARGA TÉRMICA	23
3.2.1	Devido a transmissão	24
3.2.2	Devido a insolação	24
3.2.3	Devido a infiltração	24
3.2.4	Devido a pessoas	24
3.2.5	Devido a equipamentos e iluminação	25
3.3	PSICROMETRIA	25
3.4	CONFORTO TÉRMICO	26
3.4.1	Fatores de conforto térmico	27
3.5	SOFTWARE HAP	28
3.6	TIPOS DE MÁQUINAS	28
3.6.1	Tipos de split	29
3.6.1.1	<i>Hi-Wall</i>	29
3.6.1.2	<i>Cassete</i>	30
3.6.1.3	<i>Piso teto</i>	31
3.6.1.4	<i>Dutado</i>	31
3.6.2	Tipo self contained	32
3.6.3	Tipo janela	32
3.6.4	Tipo VRV ou VRF	33
4	METODOLOGIA	35
4.1	SOBRE O LOCAL	35

4.2	ORIENTAÇÃO DO AMBIENTE	38
4.3	DADOS DO LOCAL	38
4.4	ÍNDICES INTERNOS	39
4.5	ÍNDICES PSICROMÉTRICOS	39
4.6	CARGA TÉRMICA DEVIDO A PESSOAS	39
4.7	CARGA TÉRMICA DEVIDO A ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS . . .	41
4.8	CARGA TÉRMICA DEVIDO A SUPERFÍCIES OPACAS	44
4.9	CARGA TÉRMICA DEVIDO A JANELAS	48
4.10	CARGA TÉRMICA DEVIDO A RENOVAÇÃO DE AR	50
4.11	CARGA TÉRMICA TOTAL	53
4.12	HAP - CARGA TÉRMICA TOTAL	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1	ANÁLISE DE DADOS	59
5.2	COMPARATIVO CÁLCULO MANUAL E SOFTWARE HAP	60
5.3	COMPARATIVO COM OS EQUIPAMENTOS INSTALADOS	61
5.4	SUGESTÃO DE EQUIPAMENTOS	63
6	CONCLUSÃO	64
7	TRABALHOS FUTUROS	65
	REFERÊNCIAS	66
	APÊNDICE A – TABELAS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DE	
	CARGA TÉRMICA	68
	APÊNDICE B – MEMORIAL DE CÁLCULO	76
	APÊNDICE C – HAP 4.9 - RELATÓRIOS	108

1 INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos, o ser humano vem buscando formas de reduzir o calor em ambientes para aumentar o conforto. Na Roma antiga, já se utilizava um conceito básico de ar condicionado, onde a água dos aquedutos era circulada pelas paredes de algumas residências para resfriar o ambiente. Em outra perspectiva, no Oriente Médio, as torres badgir eram empregadas para captar o vento de todas as direções e resfriar os cômodos abaixo (REBECCA, 2016).

Figura 1 – Ventilação natural.



Fonte: Khajeh, 2018

O advento dos ar condicionados para resfriamento de ambientes só se tornou viável após a disseminação da eletricidade, sendo que o primeiro equipamento foi desenvolvido no início do século XX para atender demandas industriais. Em seguida, o uso desses sistemas se popularizou em diversos ambientes, como comércios e residências, associados ao bem-estar térmico e à saúde.

Segundo (HANDBOOK—FUNDAMENTALS, 2021), conforto térmico é um sentimento de contentamento do homem com o ambiente térmico que o circunda, avaliado subjetivamente. Não está relacionado apenas com a temperatura do ar, leva também em conta vários outros fatores, como a temperatura ambiente, velocidade do ar, umidade, isolamento do vestíbulo e calor metabólico.

Um ambiente que apresenta problemas ou inadequações em seu sistema de ar condicionado pode provocar sintomas incômodos nas pessoas, tais como fadiga, desânimo, dificuldade de concentração nas tarefas realizadas e necessidade frequente de deixar o ambiente, resultando em uma possível insatisfação com o local em questão (PINTO, 2000). Além de se ter uma redução de até 15% da capacidade de aprendizado devido à má qualidade do ar interno.

É essencial ressaltar que é impossível agradar todas as pessoas em relação ao conforto térmico em um ambiente, portanto, é preciso criar condições que satisfaçam a maioria do grupo.

Uma opção para garantir e aprimorar o conforto térmico para um grande número de pessoas em um ambiente é a instalação de um sistema de ar condicionado eficiente.

Com um sistema adequado, é possível controlar diversos fatores do conforto térmico, como a temperatura, umidade, velocidade e pureza do ar, removendo impurezas e poeira e criando um ambiente mais agradável para atividades relaxantes. É crucial escolher o modelo correto de aparelho, já que há diversas opções disponíveis, e cada uma é recomendada para uma aplicação específica, escolher o modelo adequado possibilita um acondicionamento de são eficaz.

Segundo (DEWITT *et al.*, 2014), um estudo adequado do conforto térmico, é importante considerar três fatores principais. O primeiro é a satisfação e o bem-estar humano, que estão diretamente relacionados à sensação de conforto térmico. O segundo fator diz respeito à performance humana em atividades intelectuais, manuais e perceptivas, que tendem a ser mais eficientes quando realizadas em um ambiente termicamente adequado. Por fim, o terceiro fator a ser considerado é a conservação de energia, já que o conhecimento dos parâmetros que afetam o conforto térmico dos ocupantes de determinado ambiente permitem evitar gastos desnecessários com aquecimento ou condução.

Ao direcionar um estudo e atenção para esses equipamentos é possível alcançar uma boa redução nos custo de consumo, além de evitar desperdícios de energia e por consequencia redução de impactos ambientais. O que se refere ao terceiro fator, economizar energia é crucial e, portanto, deve-se evitar o uso excessivo do ar condicionado. O sistema de ar possui uma parcela signitiva dos gastos de energia elétrica, além disso, espera-se uma crescimento em relação ao seu uso. Segundo (DEWITT *et al.*, 2014), em residências, o ar condicionado representa cerca de 20% dos gastos com energia, enquanto que em edifícios públicos, esse valor pode alcançar cerca de 48% dos gastos com energia, devido a alguns fatores como exemplificado na Figura 2.

Figura 2 – Calor em escritórios.



Fonte: Eduardo, 2021

De acordo com a (TÉCNICAS, 2008a), a primeira parte da norma NBR 16401 estabelece que o cálculo da carga térmica deve ser realizado durante a fase de projeto do local. Entretanto, se ocorrerem mudanças na planta do projeto, é necessário realizar um novo cálculo da carga térmica para garantir que os equipamentos continuem atendendo às necessidades do ambiente, sem superdimensionamentos ou subdimensionamentos. Esse cálculo permite indicar as características adequadas para cada equipamento e realizar as configurações necessárias.

Diante disso, este trabalho irá realizar o cálculo da carga térmica das salas de aula do bloco A, localizada em Teresina-PI. O número da carga térmica será calculado com base na ABNT NBR 16401 e metodologia ASHRAE CLTD/SCL/CLF. Além disso, será realizada uma simulação no software HAP 4.9. Com isso, será possível avaliar o sistema já instalado e o quanto este é eficaz e realizar uma seleção adequada dos equipamentos, com a finalidade de obter dados que contribuam na realização de um projeto que garanta conforto térmico para os usuários do local e uma minimização de custos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo possui como objetivo comparar a eficiência do sistema de climatização atual das salas com os valores de carga térmica encontrado no estudo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os parâmetros e variáveis que serão utilizadas no cálculo;
- Calcular da carga térmica das salas de aula;
- Calcular da carga pelo software HAP 4.9;
- Avaliar a correspondência entre os valores encontrados e os equipamentos presentes no local;
- Determinar os equipamentos e o número de aparelhos necessários para alcançar as condições de conforto térmico.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Existem diversas áreas distintas dentro de um projeto climatização, como exemplo: cálculo da carga térmica, conforto térmico, mecanismos de transferência de calor, ganhos de calor, renovação do ar e filtragem do ar. Para que ocorra o cálculo e dimensionamento desse sistema, é necessário um conhecimento teórico prévio sobre essas disciplinas. Esse capítulo é destinado a esse conhecimento.

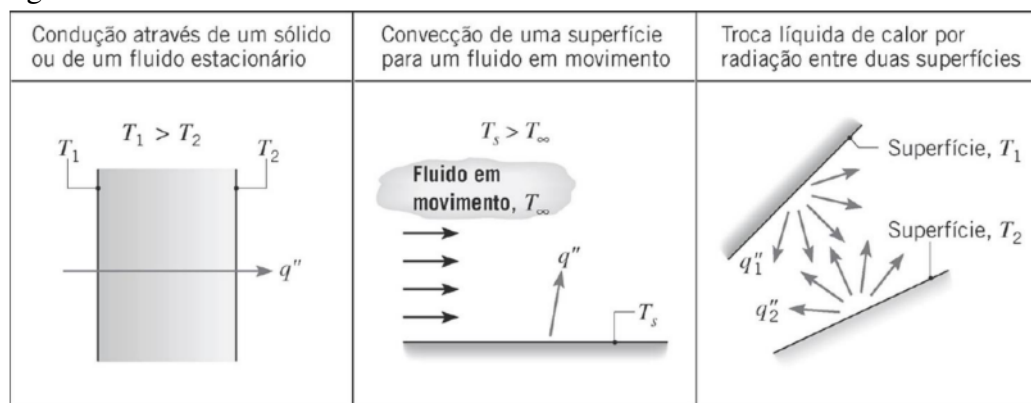
3.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Segundo (INCROPERA *et al.*, 2008), transferência de calor ocorre quando a energia térmica é transferida de um lugar para outro quando há uma diferença de temperatura entre esses dois lugares.

Transferência de calor é o processo de troca de energia térmica entre sistemas, que ocorre devido a uma diferença de temperatura entre eles. A energia térmica flui sempre do corpo com maior temperatura para o corpo com menor temperatura, até que as temperaturas sejam iguais (CENGEL; GHAJAR, 2012).

Para (HANDBOOK—FUNDAMENTALS, 2021), a energia térmica flui de um lugar para outro de três maneiras diferentes de transferência de calor, são elas: condução, convecção e radiação.

Figura 3 – Mecanismos de transferência de calor.



Fonte: (INCROPERA *et al.*, 2008)

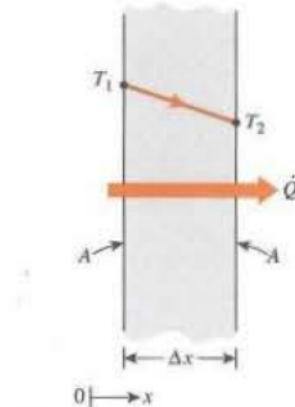
3.1.1 Condução

O calor flui de um lugar para outro em um meio estacionário, como um sólido ou um fluido, quando há um gradiente de temperatura e esse processo é chamado de condução. A

condução ocorre em nível molecular, com as partículas mais energéticas transferindo energia para as menos energéticas (INCROPERA *et al.*, 2008).

Segundo (CENGEL; GHAJAR, 2012) a transferência de calor por condução ocorre através de um meio estacionário ou em movimento, onde a energia térmica é de molécula para molécula através de colisões.

Figura 4 – Condução.



Fonte: (CENGEL; GHAJAR, 2012)

A taxa de transferência de calor por condução como mostra (CENGEL; GHAJAR, 2012) é descrita pela Lei de Fourier, que estabelece que a taxa de transferência de calor por unidade de área é diretamente proporcional ao gradiente de temperatura no meio, e inversamente proporcional à condutividade térmica do material.

$$\dot{Q}_c = -kA \frac{dT}{dx} \quad (3.1)$$

onde:

- k é a condutividade térmica (W/mk);
- A é a área (m^2);
- $\frac{dT}{dx}$ é o gradiente da temperatura.

De acordo com (INCROPERA *et al.*, 2008), o fluxo térmico nas condições de estado estacionário, com distribuição de temperatura linear é representado pela Equação 3.2.

$$\dot{Q}_c = -kA \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (3.2)$$

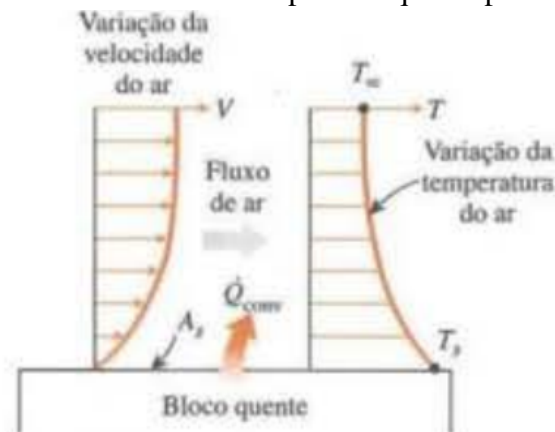
- T_1 e T_2 correspondem as temperaturas superficiais (K);
- L é o comprimento do fluxo de calor (m).

Com isso é possível perceber que quanto maior a diferença de temperatura em um meio condutor, maior será a taxa de transferência de calor por condução. Por outro lado, a condutividade térmica do material afeta diretamente a taxa de transferência de calor, sendo que materiais com alta condutividade térmica permitem maior transferência de calor por condução.

3.1.2 Convecção

A convecção é um dos modos de transferência de calor e refere-se ao transporte de calor entre uma superfície sólida e um fluido (líquido ou gás) em movimento. Segundo (DEWITT *et al.*, 2014), a convecção ocorre quando o movimento do fluido é causado por uma diferença de temperatura que produz variações na densidade do fluido.

Figura 5 – Transferência de calor de uma superfície quente para o ar por convecção.



Fonte: (CENGEL; GHAJAR, 2012)

A taxa de transferência de calor por convecção é descrita pela Lei de Resfriamento de Newton, essa taxa é proporcional à diferença de temperatura entre a superfície sólida e o fluido circundante, (CENGEL; GHAJAR, 2012).

onde:

$$\dot{Q}_c = h \cdot A_s (T_s - T_\infty) \quad (3.3)$$

- h é o coeficiente de transferência de calor por convecção ($W/m^2.K$);
- A_s é a área da superfície (m^2);

- T_s é a temperatura da superfície (K);
- T_∞ é a temperatura do fluido suficientemente longe da superfície (K).

A taxa é influenciada por diversos fatores, como a velocidade do fluido, as propriedades físicas do fluido, a geometria da superfície sólida, entre outros. Representa a facilidade com que o fluido pode transferir calor para a superfície sólida e é determinado experimentalmente (CENGEL; GHAJAR, 2012).

Assim, a transferência por convecção é uma forma eficiente de transferir calor, uma vez que a taxa de transferência de calor é proporcional à diferença de temperatura entre a superfície sólida e o fluido circundante, e o coeficiente de transferência de calor por convecção pode ser aumentado através do aumento da velocidade do fluido ou da utilização de superfícies com geometrias específicas que favorecem o fluxo de fluido.

De acordo com (CENGEL; GHAJAR, 2012), o coeficiente de transferência de calor por convecção h não é uma propriedade do fluido. O parâmetro que depende de todas as variáveis que influenciam a convecção, incluindo a geometria da superfície, a natureza do movimento do fluido, as propriedades do fluido e a velocidade da massa de fluido. Os valores de h são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores típicos do coeficiente de transferência de calor por convecção.

Tipo de convecção	$h.W/m^2.K$
Convecção livre de gases	2-25
Convecção livre de líquidos	10-1.000
Convecção forçada de gases	25-250
Convecção forçada de líquido	50-20.000
Ebulição e condensação	2.500-100.000

Fonte: Adaptado (CENGEL; GHAJAR, 2012)

3.1.3 Radiação

Esse tipo de transferência ocorre através da emissão de ondas eletromagnéticas pela superfície de um corpo quente. Essas ondas podem se propagar através das partículas ou através de um meio transparente (CENGEL; GHAJAR, 2012).

A transferência de calor por radiação é descrita pela Lei de Stefan-Boltzmann, que estabelece que a taxa de transferência de calor por unidade de área é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta da superfície do corpo e é dada pela Equação 3.4.

$$\dot{Q}_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s (T_s^4 - T_c^4) \quad (3.4)$$

onde:

- ε é a emissividade do material;
- A_s é a área superficial (m^2);
- σ é a constante de Stefan-Boltzmann, igual a $(5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4)$;
- T_s^4 é a temperatura da superfície (K);
- T_c^4 é a temperatura ambiente (K).

Logo, a transferência de calor por radiação é influenciada pela temperatura da superfície do corpo e pela temperatura do meio ambiente. Quanto maior a diferença de temperatura entre a superfície do corpo e o meio circundante, maior será a taxa de transferência de calor por radiação.

Além disso, as propriedades ópticas da superfície do corpo também influenciam a transferência de calor por radiação, uma vez que corpos com alta emissividade são capazes de emitir e absorver mais radiação do que corpos com baixa emissividade. A geometria da superfície do corpo também pode influenciar a transferência de calor por radiação, uma vez que corpos com superfícies rugosas são capazes de emitir e absorver mais radiação do que corpos com superfícies lisas (CENGEL; GHAJAR, 2012).

3.1.4 Resistência térmica

De acordo com (HANDBOOK—FUNDAMENTALS, 2021), os circuitos térmicos que apresentam resistências associadas em série, deve-se realizar o somatório das resistências conforme a Equação 3.5. Ademais, para resistências em paralelo, o inverso das resistências são somados, como mostra na Equação 3.6.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (3.5)$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (3.6)$$

Para a condução a resistência térmica é dada conforme a Equação 3.7.

$$R_{t,cond} = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{\dot{Q}_{cond}} = \frac{L}{kA} \quad (3.7)$$

onde:

- L é a espessura da parede (m);
- k é a condutividade térmica do meio sólido ou fluido (W/mK);
- A é a área de troca térmica (m^2).

Para o cálculo da resistência térmica por convecção, dá-se a Equação 3.8.

$$R_{t,conv} = \frac{T_s - T_\infty}{\dot{Q}_{conv}} = \frac{1}{h_c A} \quad (3.8)$$

onde:

- h_c é o coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m^2K);

Por fim, a resistência térmica por radiação é expressa pela Equação 3.9.

$$R_{t,r} = \frac{T_s - T_{viz}}{\dot{Q}_{rad}} = \frac{1}{h_r A} \quad (3.9)$$

3.2 CARGA TÉRMICA

Segundo (ALVES, 2013), a carga térmica é a quantidade total de calor que está presente em um ambiente. Para calcular a carga térmica, é necessário identificar as fontes de calor que estão presentes no ambiente, incluindo as variáveis climáticas, as variáveis humanas e as variáveis arquitetônicas.

Existem diversos métodos para calcular a carga térmica, cada um com suas vantagens e desvantagens. No entanto, independentemente do método utilizado, é importante caracterizar o ambiente de forma criteriosa para que a carga térmica total gerada seja representativa. Isso significa levar em conta todas as peculiaridades da edificação, como o tamanho, a forma, o uso, os materiais de construção e as condições climáticas.

3.2.1 Devido a transmissão

A condução é um mecanismo de transferência de calor que ocorre entre partículas de uma substância. As partículas mais energéticas transferem sua energia para as partículas menos energéticas, por meio de colisões. Essa transferência de energia ocorre na direção da diminuição da temperatura (INCROPERA *et al.*, 2008).

Conforme (ALVAREZ, 2019), a carga térmica de transmissão é a quantidade de calor que é transferida para um ambiente através das superfícies da edificação. Ela pode ser dividida em dois tipos: carga térmica de superfícies translúcidas e carga térmica de superfícies opacas.

3.2.2 Devido a insolação

Conforme (TÔRRES, 2019), radiação solar é uma forma de calor que é transmitida através do espaço. Quando a radiação solar atinge uma superfície, ela pode ser absorvida, refletida ou transmitida. A quantidade de radiação solar que é absorvida varia de acordo com o tipo de material. Os vidros são os materiais que mais absorvem radiação solar, por isso são os que mais contribuem para o aquecimento de ambientes.

Por isso, é importante considerar a insolação ao projetar edifícios. As superfícies vítreas devem ser projetadas de forma a minimizar a absorção de radiação solar, evitando o superaquecimento dos ambientes.

3.2.3 Devido a infiltração

A infiltração é o fluxo de ar externo para dentro de uma edificação através de aberturas não intencionais, como frestas, rachaduras e outras imperfeições na construção. Também pode ser causada pelo uso de portas e janelas que estão abertas ou mal vedadas (TÉCNICAS, 2008a).

A infiltração pode causar problemas de conforto térmico, acústico e de qualidade do ar interno. Também pode aumentar o consumo de energia para aquecimento e resfriamento.

3.2.4 Devido a pessoas

O calor gerado pelas pessoas em um ambiente pode ser dividido em dois tipos: calor sensível e calor latente. A quantidade de cada tipo de calor irá influenciar na rapidez com que a temperatura do ambiente aumentará. De acordo com (MCQUISTON, 2023), a quantidade e a composição do calor gerado pelo corpo humano variam de acordo com o tipo e o nível de

atividade da pessoa.

Logo, uma vez que uma pessoa realiza mais atividades, a carga térmica é diretamente proporcional. Isso ocorre porque o calor latente, que é o calor liberado pela evaporação do suor, é convertido instantaneamente em calor sensível, que é o calor que aumenta a temperatura do ambiente.

Para calcular a carga térmica causada pela ocupação, é necessário saber quantas pessoas estão presentes no ambiente e a atividade que estão realizando. A quantidade de calor liberado por uma pessoa varia de acordo com o tipo e o nível de atividade.

A ABNT NBR 16401-1, fornece valores referentes a calor sensível e calor latente.

3.2.5 Devido a equipamentos e iluminação

Segundo (PIMENTA, 2019), a carga térmica de um ambiente é composta por vários fatores, incluindo a ocupação, a iluminação e os equipamentos elétricos. Os equipamentos elétricos, como computadores, televisores e lâmpadas, dissipam calor sensível, o que ajuda no aumento da temperatura do ambiente.

A iluminação é um fator importante a ser considerado no cálculo da carga térmica de um ambiente. As lâmpadas fluorescentes, em particular, são uma fonte significativa de calor, pois o reator que as alimenta também gera calor. É importante levar isso em consideração ao estimar o ganho de calor por iluminação, adicionando cerca de 20% ao valor calculado, conforme (GOMES, 2019).

A ANBT NBR 16401-1 apresenta tabelas com valores de referência para taxas típicas de dissipação de calor por iluminação e alguns equipamentos.

3.3 PSICROMETRIA

O diagrama psicrométrico é uma ferramenta gráfica que relaciona as propriedades do ar úmido a uma pressão específica, uma ferramenta valiosa para a simulação de processos que envolvem ar úmido, como o aquecimento e o resfriamento de ambientes. Ao combinar dois valores de propriedades do ar úmido, é possível determinar todas as outras propriedades a partir das linhas apresentadas no diagrama (TÔRRES, 2019).

As propriedades relevantes para determinação dos valores são apresentadas de acordo com (CENGEL; GHAJAR, 2012).

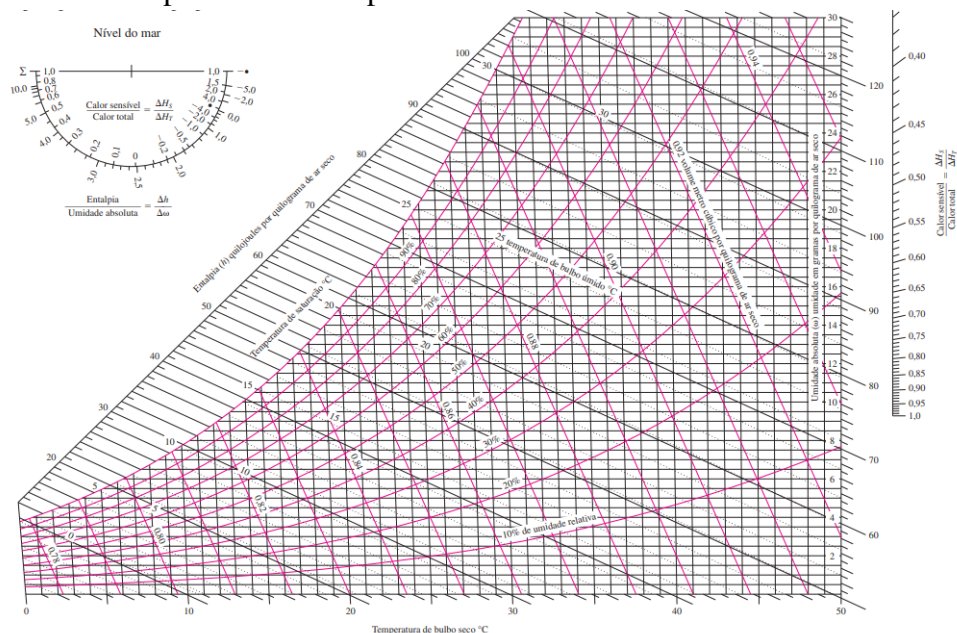
- P é a pressão de vapor (kPa);

- ω é a umidade absoluta (específica) (g de vapor de água/kg de ar seco);
- ϕ é a umidade relativa ((%));
- TBS é a temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$);
- TBU é a temperatura de bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$);
- ν é o volume específico (m^3/kg);
- h é a entalpia (kJ/kg);
- T_{po} é a temperatura de ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

Os parâmetros da carta psicrométrica são usados para determinar a zona de conforto térmico para um ambiente. A zona de conforto térmico é uma faixa de condições ambientais que é agradável para a maioria das pessoas.

A carta psicrométrica é uma ferramenta gráfica que relaciona as propriedades do ar úmido, como temperatura, umidade e entalpia, com isso é usada para determinar a zona de conforto térmico para um ambiente. A figura 6 mostra um modelo de carta psicrométrica.

Figura 6 – Carta psicrométrica à pressão total de 1 atm.



Fonte: (CENGEL; GHAJAR, 2012)

3.4 CONFORTO TÉRMICO

De acordo com (HANDBOOK—FUNDAMENTALS, 2021), o conforto térmico ocorre quando a temperatura do corpo é mantida dentro de faixas estreitas, a umidade da pele é baixa e o

esforço fisiológico de regulação é minimizado. O conforto também depende de comportamentos que são iniciados consciente ou inconscientemente e guiados pela sensação térmica e umidade para reduzir o desconforto. Diversos fatores influenciam na sensação de conforto como roupas, atividade realizada e localização dentro do espaço refrigerado. Entretanto, apesar de climas, condições de vida e culturas diferirem amplamente em todo o mundo, a temperatura que as pessoas escolhem para conforto sob condições similares de roupas, atividades, umidade e movimento tem sido muito semelhante.

As condições humanas de conforto térmico são interligadas diretamente com o funcionamento de seu organismo, cujo mecanismo pode ser comparado a uma máquina térmica que produz calor segundo sua atividade. Segundo (FROTA, 2006), o homem entra na categoria de homeotérmico, onde seu organismo possui uma temperatura interna sensivelmente constante trabalhando na faixa de 36,1 e 37,2 °C, logo para que uma pessoa se sinta bem termicamente, é necessário que a temperatura do seu corpo esteja na casa dos 37 °C.

O estado de frio ou calor é uma sensação causada pela regulação térmica do mecanismo corporal, a qual o indivíduo está perdendo mais ou menos calor para o meio, provocando um esforço adicional que haja uma manutenção homeotermia, resultando na queda do rendimento do trabalho, (FROTA, 2006).

Com isso, os autores definem essa capacidade ao conceito de conforto térmico. “Quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho, desse ponto de vista, é máxima” (FROTA, 2006).

Os fatores que impactam no conforto térmico podem ser divididos em variáveis individuais e ambientais. Para o indivíduo, deve-se levar em consideração o vestuário e tipo de atividade, enquanto para a variável ambiental fatores como a temperatura de bulbo seco do ar, a temperatura de bulbo úmido, velocidade relativa do ar e umidade relativa do ar, devem ser fixados como variáveis ambientais no projeto de climatização, segundo (SILVA, 2018).

3.4.1 Fatores de conforto térmico

Segundo (TÉCNICAS, 2008b), os parâmetros do ambiente interno que são necessários para proporcionar conforto térmico aos ocupantes de um local com ar condicionado. A norma também apresenta alguns termos e definições relacionados ao conforto térmico.

- Isolamento de roupa: Resistência a troca de calor, que acontece entre o ambiente térmico e

o corpo humano, devido a vestimenta dos ocupantes;

- Metabolismo: Taxa de transformação da energia química, em trabalho mecânico, por atividades metabólicas no organismo;
- Parâmetros ambientais: Condições ambientais que afetam o conforto;
- Temperatura do ar: Temperatura de bulbo seco do ar entre os ocupantes do ambiente.

3.5 SOFTWARE HAP

O software HAP é um programa de cálculo matemático, contendo diversos conceitos termodinâmicos, permitindo realizar uma simulação para cálculo de cargas térmicas, apoio de dimensionamento de sistemas de AVAC e análise de consumos energéticos.

Conforme (REBECCA, 2016), o HAP é um software que permite o projeto e dimensionamento de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) para edifícios comerciais. Ele pode ser usado para projetos de pequenos e grandes edifícios, e pode ser usado para uma variedade de sistemas HVAC, incluindo:

- Rooftops;
- Unidades de tratamento de ar central (AHUs);
- Parâmetros ambientais: Condições ambientais que afetam o conforto;
- Fan coils;
- WSHPs;
- GSHPs;
- Sistemas de fluxo variável (VRF)

O HAP também pode ser usado para novos projetos, retrofits e trabalhos de conservação de energia.

3.6 TIPOS DE MÁQUINAS

De acordo com (SUZUKI, 2010), no sistema de expansão direta, o fluido refrigerante é responsável por resfriar o ar do ambiente. O fluido refrigerante circula dentro de um equipamento

chamado evaporador, onde ele evapora e absorve calor do ar. O ar resfriado passa então por um ventilador, que o distribui pelo ambiente.

Já no sistema de expansão indireta, o ar do ambiente é resfriado por um fluido secundário, que é resfriado por um equipamento chamado chiller. O chiller é um equipamento que usa um fluido refrigerante para resfriar a água. A água resfriada é então distribuída pelo ambiente por meio de tubulações e evaporadores conforme (SUZUKI, 2010).

3.6.1 Tipos de split

Os sistemas do tipo split ou mini split possuem duas unidades: a externa e interna. A unidade externa é chamada de condensadora e é onde o compressor e o condensador estão instalados. Já a unidade interna é chamada de unidade evaporadora, e além do evaporador, também possui o dispositivo de expansão, conforme especificado pela (TÉCNICAS, 2008a).

Os ar condicionados do tipo split podem ser classificados de acordo com o tipo de unidade evaporadora utilizada e as unidades condensadoras são as mesmas, variando apenas em formato e capacidade de geração ou aquecimento.

3.6.1.1 Hi-Wall

O nome Split High Wall ou Hi-Wall é dado a esse sistema devido à sua divisão em duas unidades separadas, a evaporadora e a condensadora. As unidades são conectadas por meio de tubos de cobre, responsáveis por circular o gás refrigerante. A capacidade de condução e aquecimento depende do modelo escolhido (COSME, 2023).

Conforme (COSME, 2023), devido à sua condensadora ficar do lado externo do ambiente climatizado, o Split High Wall é conhecido por ser mais silencioso. Além disso, ele é bastante versátil e eficiente, pois permite uma melhor distribuição do ar devido à sua posição elevada na parede. No entanto, devido à sua tecnologia mais recente, o preço costuma ser mais elevado em comparação com outros tipos de sistemas de ar condicionado.

Comercialmente podem ser encontrados splits hi-wall com capacidade de 7.000 Btu/h a 30.000 Btu/h.

Figura 7 – Split Hi-Wall



Fonte: Elgin, 2022.

3.6.1.2 Cassete

Uma característica do modelo split cassete é a possibilidade de contar com até quatro direções para a saída do ar e, em alguns casos, permitir o controle individual do fluxo de ar em cada aleta. Além disso, esse tipo de equipamento pode ser embutido no teto, sendo uma opção mais discreta que não afeta a decoração do ambiente. Por conta disso, é frequentemente utilizado em diversos locais, como bancos, escritórios, salões de festas e salas de aulas universitárias (COSME, 2023).

Segundo (COSME, 2023), O ar condicionado cassete apresenta uma vantagem, que é o fato de já incluir a bomba de dreno em sua estrutura, além de estar disponível em diferentes capacidades de condução, variando entre 18.000 e 60.000 Btu/h. Entretanto, é importante mencionar que seu preço é geralmente mais elevado em comparação com outros modelos de ar condicionado.

Figura 8 – Split Cassete



Fonte: Carrier, 2022.

3.6.1.3 Piso teto

O ar condicionado tipo split piso-teto é bastante indicado para espaços amplos ou comerciais, e está disponível em diferentes capacidades de condução, que variam de 18.000 a 80.000 Btu/h, de acordo com o modelo escolhido (COSME, 2023).

O principal benefício deste modelo é sua versatilidade de instalação, podendo ser fixado na parede, piso ou teto, permitindo melhor aproveitamento do espaço. Além disso, está disponível nas opções de aquecimento e resfriamento, sendo uma opção adequada para locais com variações de temperatura (COSME, 2023).

Figura 9 – Split Piso Teto



Fonte: Carrier, 2022.

3.6.1.4 Dutado

De acordo com (COSME, 2023), o sistema de ar condicionado central é recomendado para ambientes que demandam alta capacidade de tráfego e que precisam climatizar vários ambientes ao mesmo tempo, com uma distribuição de ar uniforme. Esse modelo utiliza dutos para o insuflamento de ar e é mais adequado para espaços de médio a grande porte. Sua capacidade varia entre 18.000 e 60.000 Btu/h.

O sistema de ar condicionado dutado é o mais caro em termos de aquisição, instalação e manutenção em comparação com os modelos apresentados anteriormente, de acordo com a mesma fonte.

Figura 10 – Split Dutado



Fonte: Daikin, 2022.

3.6.2 Tipo self contained

autocontido é um sistema que pode ser instalado no próprio ambiente e utiliza dutos para insuflar ar. Sua capacidade de dirigir pode variar de 5 TR a 30 TR, de acordo com (COSME, 2023). Conforme a (TÉCNICAS, 2008a), o self-contained consiste em uma unidade de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento de expansão direta, juntamente com uma unidade condensadora incorporada ao gabinete da unidade, que pode ser resfriada a ar ou a água.

Figura 11 – Self contained

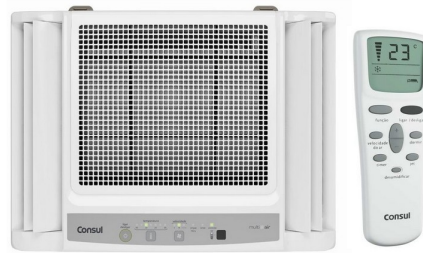


Fonte: Carrier, 2022.

3.6.3 Tipo janela

De acordo com (TÉCNICAS, 2008a), ar-condicionado split de pequena capacidade, montado em fábrica, com unidade evaporadora e condensadora integradas, projetado para ser instalado no ambiente, em janela ou em abertura na parede externa. O ar é insuflado por difusor incorporado à unidade evaporadora.

Figura 12 – Ar condicionado de janela



Fonte: Springer, 2020.

3.6.4 Tipo VRV ou VRF

Os sistemas de ar condicionado VRV formam um sistema central multi-split que é capaz de ajustar a vazão do refrigerante por meio do uso de um compressor com velocidade variável e componentes eletrônicos em cada unidade evaporadora. Esse sistema permite a conexão simultânea de várias unidades evaporadoras com uma unidade condensadora central, oferecendo um controle de conforto individualizado e um alto coeficiente de desempenho em cargas parciais em comparação com outros sistemas de ar condicionado central, conforme destacado por (CATTANEO, 2019).

Figura 13 – Sistema VRV



Fonte: Daikin 2022.

Para o funcionamento do sistema de acondicionamento de ar VRF, cada unidade interna acoplada envia sinais indicando a posição do motor de passo da válvula de expansão e a temperatura do ar de retorno para o circuito de comando do sistema. Com base nessas informações, o circuito de comando calcula a vazão de refrigerante necessária para atender a carga térmica de cada unidade interna, considerando sua curva de desempenho e condições de operação, e atua sobre a abertura do motor de passo de cada válvula de expansão. A frequência a

ser definida ao motor do compressor também é contínua pelo algoritmo. Além disso, o algoritmo define o diferencial de pressão que corresponde à menor temperatura programada entre as unidades internas e a temperatura de condensação, levando em consideração a primeira Lei da Termodinâmica (POZZA, 2011).

4 METODOLOGIA

Foi realizado o cálculo da carga térmica atuante nas salas de aula do 1º andar do prédio A, do Instituto Federal do Piauí, conforme a metodologia CLTD/SCL/CLF ASHRAE e norma ABNT NBR 16401, além disso, será realizado o uso do software HAP da Carrier para auxiliar como parâmetro para comparação entre os resultados encontrados.

Nas etapas a seguir foram descritas os parâmetros utilizados para a realização do estudo.

4.1 SOBRE O LOCAL

O local de estudo trata-se do Instituto Federal do Piauí - Campus Teresina Central, localizado na Praça da Liberdade, 1597, Centro - CEP: 64000-040. A instituição disponibiliza cursos a nível técnico, graduação e ensino médio integrado ao ensino técnico.

A instituição é dividida em três prédios, sendo eles: prédio A, B e C, como é mostrado na Figura 15.

E este estudo é direcionado às salas de aulas localizadas no prédio A e em mais específico no primeiro andar do prédio.

Figura 14 – IFPI - Campus Teresina Central



Fonte: IFPI, 2023

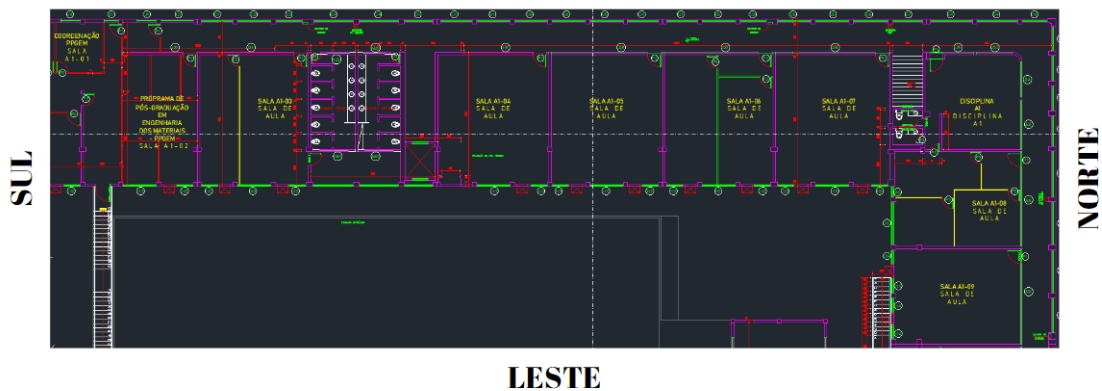
Figura 15 – Vista aérea do IFPI - Campus Teresina Central



Fonte: Adaptado - Google Maps, 2023

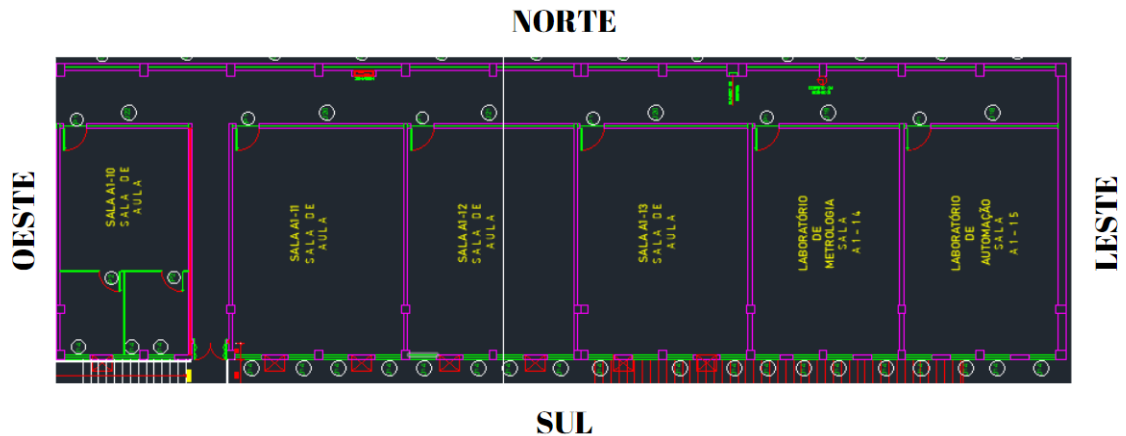
As Figuras 16 e 17 apresentam a planta das salas de aula do 1º andar, localizadas no prédio A e que serão objeto de estudo desse trabalho. O prédio passou por algumas alterações, mas a planta apresentada encontra-se atualizada e referente a atual situação em 2023.

Figura 16 – IFPI - Campus Teresina Central
OESTE



Fonte: IFPI, 2023

Figura 17 – IFPI - Campus Teresina Central



Fonte: IFPI, 2023

Nas Figuras 16 e 17 está referenciado o devido local de estudo de acordo com a planta fornecida pelo setor de engenharia do IFPI Campus Teresina Central.

Os dados referentes às plantas e ar condicionado instalados nas salas foram adquiridos com o setor de engenharia do campus. Estes dados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados de projeto.

Local	Sigla	Área (m ²)	Número de máquinas	Sistema atual (BTU/h)	Sistema total (BTU/h)	Número de pessoas	Número de equipamentos	Tipo de equipamento
Coordenação - PPGEM	A1-01	10,91	1	18.000	18.000	10	1	Computador
PPGEM	A1-02	44,62	2	18.000	36.000	25		
Sala de aula	A1-03	65,93	2	21.000 30.000	51.000	40		
Sala de aula	A1-04	66,07	2	21.000	42.000	40		
Sala de aula	A1-05	66,56	2	21.000	42.000	40		
Sala de aula	A1-06	64,48	2	18.000	36.000	40		
Sala de aula	A1-07	68,52	2	21.000 18.000	39.000	40		
Disciplina	A1	41,02	1	60.000	60.000	10	2 2	Computador Interruptor
Sala de aula	A1-08	55,01	2	48.000 12.000	60.000	40		
Sala de aula	A1-09	55,58	2	30.000 18.000	48.000	40		
Sala de aula	A1-10	41,32	2	30.000 21.000	51.000	25		
Sala de aula	A1-11	55,40	2	21.000 18.000	39.000	40		
Sala de aula	A1-12	53,93	2	21.000 18.000	39.000	40		
Sala de aula	A1-13	55,19	2	30.000 21.000	51.000	40		
Laboratório de Metrologia	A1-14	47,82	2	21.000	42.000	25		
Laboratório de Automoção	A1-15	50,18	2	21.000	42.000	25		
Total (BTU/h)					696.000			

Fonte: Autoria Própria

4.2 ORIENTAÇÃO DO AMBIENTE

O cálculo de carga térmica foi realizado nas salas de aula do prédio A da instituição. Localizada na Praça da Liberdade, 1597, Centro - CEP: 64000-040.

A instituição está localizada na cidade de Teresina, no estado do Piauí. A capital encontra-se 75,23 metros acima do nível do mar, além disso, seu pico de temperatura ao longo do ano acontece durante o mês de outubro. De acordo com INMET (Instituto Nacional de Metrologia), a região apresentou uma máxima de 38,9°C e uma média no ano de 2022 de 27,7°C.

O cálculo será realizado de acordo com alguns parâmetros já definidos de acordo com a NBR ABNT 16401. A norma para projetos comerciais e residenciais em Teresina usa dados climáticos médios da região, com base no mês de outubro, que historicamente é o mais quente. A frequência de ocorrência dos parâmetros é de 1% a 99%. Com isso, os valores de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido utilizados no projeto serão 37,2 °C e 24,6 °C, respectivamente, com uma variação de 12,2 °C, conforme disponibilizado na norma regulamentadora ABNT 16401 e de acordo com a Figura 18.

Figura 18 – Dados de projeto para a cidade de Teresina.

PI	Teresina		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			5,05S	42,82W	69m	100,50	83/01		32,6	39,5	1,4	19,2	2,0	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Out	0,4%	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Mar	99,6%	TBS	TPO	w	TBSc
	1%	37,9	24,7	26,9	32,9	25,4	20,7	28,9		99,6%	21,8	15,2	10,9	33,2
ΔT_{md}	12,2	37,2	24,6	26,9	32,7	25,1	20,4	28,8		99%	22,3	16,3	11,7	32,5
	2%	36,8	24,6	26,4	32,5	24,9	20,2	28,6						

Fonte: Adaptado (TÉCNICAS, 2008a)

4.3 DADOS DO LOCAL

O ambiente estudado pode possuir disposição de acordo com as Figuras 16 e 17. Pode-se observar que o local é composto por salas de aula e algumas salas destinadas à professores, como exemplo: sala A1.

Nesta seção obteve-se através das plantas fornecidas pelo setor de engenharia e pesquisa de campo o tamanho do ambiente, ocupação máxima e os equipamentos existentes em cada ambiente, como mostrado na Tabela 3.

Para esse estudo, considerou-se um número máximo de alunos por sala de aula, uma vez que esse valor é o mais crítico. Além disso, na disciplina foi considerado também a área apenas da sala onde ficam os indivíduos, desprezando o banheiro existente no local.

4.4 ÍNDICES INTERNOS

Para garantir o conforto térmico de um ambiente, é necessário considerar a satisfação das pessoas que frequentam esse ambiente.

De acordo (TÉCNICAS, 2008b), o conforto térmico é alcançado quando 80% das pessoas de um mesmo grupo homogêneo em termos de atividade física e vestimenta se sentem satisfeitas com a temperatura do ambiente. Com isso, os parâmetros de conforto térmico devem ser considerados de acordo com o local de estudo.

Para a época de verão e mais crítica enfrentada na cidade a NBR ABNT 16401-2, define para temperatura e umidade relativa, os seguintes valores:

- 22,5 °C a 25,5 °C e umidade relativa de 65%;
- 23,0 °C a 26,0 °C e umidade relativa de 35%.

Com isso, considerou-se para esse estudo o valor de 24 °C e 50%, seguindo as indicações acima.

4.5 ÍNDICES PSICROMÉTRICOS

Foi utilizado a umidade relativa do ar, calculada usando um gráfico psicrométrico com o software PSICROM 1.0, (RORIZ, 2003). Os dados de temperatura externa e interna foram considerados de acordo com as definições anteriores. O software usa esses dados para calcular as relações necessárias para o estudo, que são apresentadas na Tabela 4 .

Tabela 4 – Índice de mistura do ar interno e externo.

	Propriedade	Índice
Ar externo	Umidade Relativa (kg de vapor/kg de ar seco)	0,02
Ar interno	Umidade Relativa (kg de vapor/kg de ar seco)	0,009

Fonte: Adaptado PSICROM 1.0.

4.6 CARGA TÉRMICA DEVIDO A PESSOAS

Para garantir o conforto térmico de um ambiente, é necessário considerar a quantidade máxima de pessoas que podem permanecer no local. Homens e mulheres geram quantidades diferentes de calor para o ambiente, por questões metabólicas e suas peculiaridades. A NBR

ABNT 16401-1 indica as taxas de liberação de calor para ambos os sexos, de acordo com o tipo de ambiente e na atividade exercida no local.

Segundo (TÉCNICAS, 2008a), em casos de ocupação contínua durante 90 min ou mais, deve-se considerar o número máximo de pessoas definido em cada ambiente do projeto.

O número de pessoas definido em cada ambiente para a realização deste cálculo foi considerado conforme a Tabela 3.

Para a realização do cálculo será adotado o método CLTD/ CLF da ASHRAE, conforme a Equação 4.1.

$$\dot{Q}_{S,pessoa} = NP.\tau_S \quad (4.1)$$

onde:

- NP é a lotação do recinto;
- τ_S é o calor sensível (W), conforme a Figura 19.

Para carga térmica latente, tem-se que:

$$\dot{Q}_{L,pessoa} = NP.\tau_L \quad (4.2)$$

onde:

- NP é a lotação do recinto;
- τ_L é o calor latente (W), conforme a Figura 19.

Os índices adotados neste cálculo são de acordo com a ABNT 16401, como mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Taxas típicas de calor liberado por pessoas.

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor latente (W)	% Radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F ^a			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		

Fonte: Adaptado (TÉCNICAS, 2008a)

Considerou-se uso constante e o nível de atividade sentado, trabalho leve devido ao tempo de aula ou atividade exercida no ambiente de coordenação e salas de aula. O resultado é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Carga térmica por pessoas nas salas de aula do prédio A.

Sigla	Área (m ²)	Número de pessoas	$Q_{s,pessoas}$ (kW)	$Q_{l,pessoas}$ (kW)	$CargaT\acute{r}micaTotal$ (kW)
A1-01	10,91	10	0,70	0,45	1,15
A1-02	44,62	25	1,75	1,12	2,87
A1-03	65,93	40	2,8	1,8	4,6
A1-04	66,07	40	2,8	1,8	4,6
A1-05	66,56	40	2,8	1,8	4,6
A1-06	64,48	40	2,8	1,8	4,6
A1-07	68,52	40	2,8	1,8	4,6
A1	41,02	10	0,70	0,45	1,15
A1-08	55,01	40	2,8	1,8	4,6
A1-09	55,58	40	2,8	1,8	4,6
A1-10	41,32	25	1,75	1,12	2,87
A1-11	55,40	40	2,8	1,8	4,6
A1-12	53,93	40	2,8	1,8	4,6
A1-13	55,19	40	2,8	1,8	4,6
A1-14	47,82	25	1,75	1,12	2,87
A1-15	50,18	25	1,75	1,12	2,87

Fonte: Autoria própria.

4.7 CARGA TÉRMICA DEVIDO A ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS

Para calcular a quantidade de calor sensível gerada por equipamentos e iluminação, foi realizado um levantamento de todos os equipamentos utilizados nas salas estudadas, bem como suas frequências de uso.

O cálculo da carga foi realizado conforme a Equação 4.3 e 4.4.

$$\dot{Q}_{L,equip,lum} = NEI.t_L.fu \quad (4.3)$$

$$\dot{Q}_{S,equip,lum} = NEI.t_S.fu \quad (4.4)$$

onde:

- $\dot{Q}_{L,equip}$ é a carga de calor latente emitida pelo equipamento (kW);
- $\dot{Q}_{S,equip}$ é a carga de calor sensível emitida pelo equipamento ((kW);

- NEI é o número de equipamentos;
- t_L é a taxa de emissão de calor latente do equipamento (kW);
- t_S é a taxa de emissão de calor sensível do equipamento (kW);
- fu é o fator de uso dos equipamentos.

Com isso, equipamentos utilizados por mais de 90 minutos durante o dia são considerados como sendo usados com 100% de frequência. Considerou-se os resultados do levantamento conforme a Tabela 6, que mostram os equipamentos e o número de lâmpadas utilizados em cada sala de aula do prédio A.

Tabela 6 – Levantamento de iluminação e equipamentos de cada ambiente.

Local	Área (m^2)	Número de Lâmpadas	Número de Equipamento	Equipamentos
A1-01	10,91	2	1	Computador
A1-02	44,62	6		
A1-03	65,93	12		
A1-04	66,07	12		
A1-05	66,56	12		
A1-06	64,48	12		
A1-07	68,52	12		
A1	41,02	6	2 2	Computador Switches
A1-08	55,01	12		
A1-09	55,58	12		
A1-10	41,32	6		
A1-11	55,40	12		
A1-12	53,93	12		
A1-13	55,19	12		
A1-14	47,82	12		
A1-15	50,18	12		

Fonte: Autoria própria.

As luminárias das salas desse estudo possuem uma potência de 18 W por lâmpada, sendo essas modelo led, logo não haverá acréscimo de 20% do calor gerado por iluminação.

Além disso, na sala A1 existem dois equipamentos interruptores da marca CISCO modelo SF300-24P com 27,3 W cada.

Os índices de carga térmica de cada equipamento do projeto foram definidos conforme a ABNT 16401-1, como mostra a Figura 20.

Figura 20 – Taxa típica de dissipação de calor pela iluminação.

Computadores	Uso contínuo W	Modo economizador W
Computadores		
Valor médio	55	20
Valor com fator de segurança	65	25
Valor com fator de segurança alto	75	30
Monitores		
Pequeno (13 pol. a 15 pol.)	55	0
Médio (16 pol. a 18 pol.)	70	0
Grande (19 pol. a 20 pol.)	80	0

Fonte: Adaptado (TÉCNICAS, 2008a)

Após a definição dos valores de carga térmica horária sensível, foi calculado a carga térmica total para equipamentos usando a Equação 4.5.

$$CT_{equipamento,lum} = \dot{Q}_{s,equip,lum} + \dot{Q}_{l,equip,lum} \quad (4.5)$$

onde:

- $CT_{equipamento,lum}$ é a carga térmica emitida por equipamentos e luminária (kW).

Ao realizar o cálculo encontrou-se os seguintes valores de carga térmica para iluminação:

Tabela 7 – Carga térmica devido a iluminação nas salas de aula do prédio A.

Local	Área (m ²)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	0,036
A1-02	44,62	0,108
A1-03	65,93	0,216
A1-04	66,07	0,216
A1-05	66,56	0,216
A1-06	64,48	0,216
A1-07	68,52	0,216
A1	41,02	0,108
A1-08	55,01	0,216
A1-09	55,58	0,216
A1-10	41,32	0,108
A1-11	55,40	0,216
A1-12	53,93	0,216
A1-13	55,19	0,216
A1-14	47,82	0,216
A1-15	50,18	0,216

Fonte: Autoria própria.

Ao realizar o cálculo encontrou-se os seguintes valores de carga térmica para equipamentos, conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Carga térmica devido a equipamentos nas salas de aula do prédio A.

Local	Área (m ²)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	0,065
A1-02	44,62	0
A1-03	65,93	0
A1-04	66,07	0
A1-05	66,56	0
A1-06	64,48	0
A1-07	68,52	0
A1	41,02	0,185
A1-08	55,01	0
A1-09	55,58	0
A1-10	41,32	0
A1-11	55,40	0
A1-12	53,93	0
A1-13	55,19	0
A1-14	47,82	0
A1-15	50,18	0

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o somatório da carga térmica atuante nas salas devido a iluminação e equipamentos é mostrada na Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculo de carga térmica total devido a equipamentos e luminárias nas salas de aula do prédio A.

Local	Área (m ²)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	0,101
A1-02	44,62	0,108
A1-03	65,93	0,216
A1-04	66,07	0,216
A1-05	66,56	0,216
A1-06	64,48	0,216
A1-07	68,52	0,216
A1	41,02	0,293
A1-08	55,01	0,216
A1-09	55,58	0,216
A1-10	41,32	0,108
A1-11	55,40	0,216
A1-12	53,93	0,216
A1-13	55,19	0,216
A1-14	47,82	0,216
A1-15	50,18	0,216

Fonte: Autoria própria.

4.8 CARGA TÉRMICA DEVIDO A SUPERFÍCIES OPACAS

O cálculo de carga térmica começa com o levantamento das cargas de calor sensível das paredes. Conforme metodologia ASHRAE CLTD/SCL/CLF usa a Equação 4.6 para calcular a carga térmica de superfícies opacas:

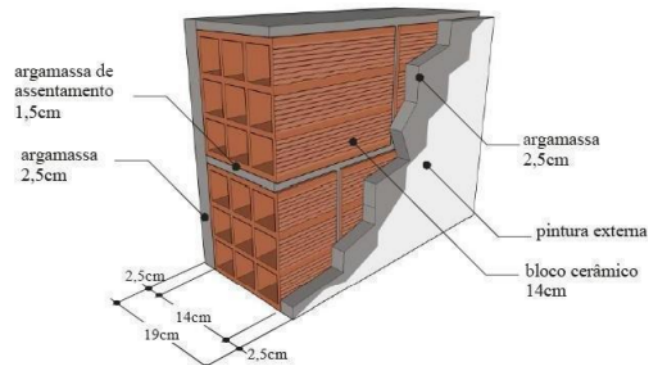
$$CT_{sup}(h) = UA[CLTD_{corr}(h)] \quad (4.6)$$

onde:

- $CLTD_{corr}(h)$ é a diferença de temperatura para a carga térmica ($^{\circ}\text{C}$);
- U é o coeficiente global de troca de calor ($^{\circ}\text{C}$);
- A é a área externa da superfície (m^2).

A partir das informações sobre os materiais utilizados nas paredes e lajes, definiu-se por meio da resolução do INMETRO a adoção para paredes externas e internas de $U = 1,85$ [$\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$] em uma parede de bloco cerâmico com revestimento de argamassa, e pintura clara como mostrado na Figura 21.

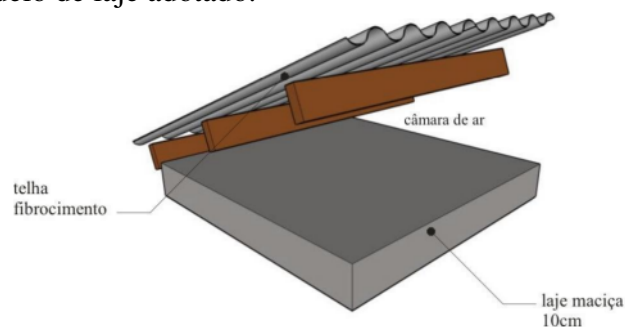
Figura 21 – Modelo de parede adotado.



Fonte: Adaptado: INMETRO, 2013.

Para a laje definiu-se a adoção do coeficiente de acordo com INMETRO e considerando características próximas, como o teto de laje maciça, câmara de ar >5 cm, telhamento de fibrocimento, pintura com tonalidade clara e coeficiente global, $U = 2,06$ [$\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$], como mostra a Figura

Figura 22 – Modelo de laje adotado.



Fonte: Adaptado: INMETRO, 2013.

Em resumo, o coeficiente de condutividade térmica foi definido conforme a tabela 10.

Tabela 10 – Coeficiente de condutividade térmica.

Paredes (W/m ² °C)	Laje (W/m ² °C)
1,85	2,08

Fonte: Autoria própria.

Para calcular o CLTD corrigido, são necessários dados sobre as temperaturas externas e internas do ambiente, bem como os fatores de atraso térmico da localização. O cálculo é feito usando a Equação 4.7:

$$CLTD_{corr}(h) = [(CLTD_{tab}(h) + LM)K + (25,5 - T_i) + (T_m - 29,4)] \quad (4.7)$$

onde:

- $CLTD_{tab}(h)$ é o CLTD tabelado, conforme Tabela 1, Apêndice A;
- LM é o fator de correção por latitude, conforme Tabela 2, Apêndice A;
- K é o fator de correção devido a cor da superfície;
- T_i é a temperatura interna do ambiente (°C);
- T_m é a temperatura média do ambiente (°C).

Para o fator K usamos equivalente a 1 ($K = 1$), usualmente utilizado, já que se utiliza para paredes escuras ou claras em áreas industriais e urbanas.

Para o cálculo do T_m , tem-se que:

$$T_m = T_{tab} - f(h) \cdot \Delta T \quad (4.8)$$

- T_{tab} é a temperatura da cidade, conforme Figura 18;
- $f(h)$ é o fator de correção por latitude, conforme Tabela 12, Apêndice A;
- ΔT é a variação de temperatura da cidade, conforme Figura 18;

Aplicando o cálculos tem-se o resultado para carga térmica nas paredes, Tabela 11.

Tabela 11 – Cálculo de carga térmica total devido a parede nas salas de aula do prédio A.

Local	Área (m^2)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	0,51
A1-02	44,62	0,71
A1-03	65,93	1,10
A1-04	66,07	1,12
A1-05	66,56	1,13
A1-06	64,48	1,10
A1-07	68,52	1,16
A1	41,02	0,65
A1-08	55,01	0,64
A1-09	55,58	0,64
A1-10	41,32	0,48
A1-11	55,40	0,64
A1-12	53,93	0,62
A1-13	55,19	0,64
A1-14	47,82	0,55
A1-15	50,18	1,77

Fonte: Autoria própria.

E para o cálculo da carga térmica por teto, tem-se o resultado conforme a Tabela 12.

Tabela 12 – Cálculo de carga térmica total devido ao teto nas salas de aula do prédio A.

Local	Área (m^2)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	0,63
A1-02	44,62	2,39
A1-03	65,93	3,74
A1-04	66,07	3,80
A1-05	66,56	3,83
A1-06	64,48	3,72
A1-07	68,52	3,84
A1	41,02	2,43
A1-08	55,01	3,18
A1-09	55,58	3,21
A1-10	41,32	2,38
A1-11	55,40	3,19
A1-12	53,93	3,10
A1-13	55,19	3,19
A1-14	47,82	2,75
A1-15	50,18	2,89

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o cálculo de carga térmica total em superfícies opacas conforme a Tabela 13.

Tabela 13 – Cálculo de carga térmica total devido a superfícies opacas das aulas do prédio A.

Local	Área (m ²)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	1,14
A1-02	44,62	3,10
A1-03	65,93	4,84
A1-04	66,07	4,92
A1-05	66,56	4,96
A1-06	64,48	4,82
A1-07	68,52	5
A1	41,02	3,08
A1-08	55,01	3,82
A1-09	55,58	3,85
A1-10	41,32	3,86
A1-11	55,40	3,83
A1-12	53,93	3,72
A1-13	55,19	3,83
A1-14	47,82	3,30
A1-15	50,18	4,66

Fonte: Autoria própria.

4.9 CARGA TÉRMICA DEVIDO A JANELAS

Para calcular o calor sensível da luz do sol que entra por janelas, usamos o CLTD para estimar a transferência de calor por condução e o SCL para estimar a transferência de calor por radiação. O cálculo é realizado de forma semelhante ao de superfícies opacas, entretanto o coeficiente de condutividade térmica e a área são de acordo com material e dimensões de cada janela.

O coeficiente global de condutividade térmica do vidro, foi calculado de acordo com a Equação 4.9.

$$U_{vidro} = \frac{1}{h_{ext} + \sum \frac{e_j}{k_j}} + h_{int} = 2,93 \quad (4.9)$$

onde:

- h_{ext} é o coeficiente de condutividade térmica do ar externo;
- h_{int} é o coeficiente de condutividade térmica do ar interno;
- e_j é a espessura do material;
- k_j é o coeficiente de condutividade térmica do material.

Em seguida é realizado o cálculo do $CLTD_{corr}$, através de uma análise das temperaturas externas e internas do ambiente, bem como do fator de atraso térmico da localização.

$$CLTD_{corr}(h) = [(CLTD_{tab}(h) + LM)K + (25,5 - T_i) + (T_m - 29,4)] \quad (4.10)$$

onde:

- $CLTD_{tab}(h)$ é o CLTD tabelado, conforme Tabela 10, Apêndice A;
- LM é o fator de correção por latitude, conforme Tabela 2, Apêndice A;
- K é o fator de correção devido a cor da superfície;
- T_i é a temperatura interna do ambiente ($^{\circ}\text{C}$);
- T_m é a temperatura média do ambiente ($^{\circ}\text{C}$).

Para calcular a carga térmica de radiação, são considerados três fatores: o coeficiente de sombreamento, que mede a quantidade de radiação solar que é bloqueada por obstáculos; o ganho de calor solar, que é a quantidade de calor que é absorvida por uma superfície; e o fator para carga térmica horária, que é uma constante que depende da hora do dia. O cálculo é realizado conforme a Equação 4.11.

$$CT_{rad}(h) = A_{vidro} \cdot (SC) \cdot (SHGF) [CLF(h)] \quad (4.11)$$

onde:

- A_{vidro} é a área do vidro (m^2);
- SC é o coeficiente de sombreamento, conforme Tabela 4, Apêndice A;;
- $SHGF$ é o ganho de calor (W/m^2), conforme Tabela 3, Apêndice A;
- $CLF(h)$ é o fator para carga térmica horária, conforme Tabela 5, Apêndice A.

$$CT_{cond}(h) = U_{vidro} + A_{vidro} \cdot [CLTD_{vidro}(h)] \quad (4.12)$$

onde:

- $CLTD_{vidro}(h)$ é o fator CLTD para o vidro, conforme a Tabela 10, Apêndice A.

A carga térmica atuante no vidro, é o somatório das carga por radiação e condução e é dada pela Equação 4.13.

$$CT_{vidros}(h) = CT_{cond} + CT_{rad} \quad (4.13)$$

O resultado é mostrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Cálculo de carga térmica total devido a janelas nas salas de aula do prédio A.

Local	Área (m ²)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	0,64
A1-02	44,62	2,01
A1-03	65,93	3,98
A1-04	66,07	2,01
A1-05	66,56	3,98
A1-06	64,48	3,98
A1-07	68,52	3,98
A1	41,02	
A1-08	55,01	0,33
A1-09	55,58	0,88
A1-10	41,32	0,67
A1-11	55,40	0,88
A1-12	53,93	0,87
A1-13	55,19	0,87
A1-14	47,82	0,88
A1-15	50,18	0,88

Fonte: Autoria própria.

4.10 CARGA TÉRMICA DEVIDO A RENOVAÇÃO DE AR

A taxa de renovação de ar é determinada com base em referências da parte 3 da ABNT NBR 16401, que trata da qualidade do ar interior.

Conforme (ABNT,) especifica a vazão mínima de ar exterior necessária para renovar o ar interior e manter os níveis de poluição em um nível aceitável. As vazões são dimensionadas com base nos poluentes biológicos, físicos e químicos esperados nas condições normais de uso e ocupação do local.

Para o cálculo é adotado a metodologia ABNT NBR 16401-3, iniciando com o cálculo da vazão de ar necessária, conforme a Equação 4.14.

$$V_{ef} = P_z.F_p + A_z.F_a \quad (4.14)$$

onde:

- V_{ef} é a vazão eficaz de ar interior (L/s);

- P_z é o número máximo de pessoas por ambiente;
- F_p é a vazão por pessoa ($L/s.pessoa$);
- A_z é a área útil ocupada por pessoa ($m^2.pessoa$);
- F_a é a vazão por área útil ocupada ($L/s.m^2$).

Adotou-se F_p e F_a conforme ABNT 16401-3, como mostrado na Figura 23.

Figura 23 – Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação.

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² a
		F _p L/s*pess.	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess	F _a L/s*m ²	F _p L/s*pess	F _a L/s*m ²	
Comércio varejista								
Supermercado de alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado de padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Salão de beleza e/ou barbearia ^b	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9	--
Animais de estimação ^b	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	4,5
Lavanderia "self-service"	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Edifícios de escritórios								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritórios de diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala de reunião	50	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
CPD (exceto impressoras)	4	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala impressoras, copiadoras	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Sala digitação	60	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
"Call center"	60	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Bancos								
Bancos (área do público)	41	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Caixa forte	5	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--

Fonte: Adaptado ABNT NBR 16401-3

A vazão de ar na zona de ventilação é calculada através Equação 4.15.

$$V_z = \frac{V_f}{E_z} \quad (4.15)$$

onde:

- V_z é a vazão eficaz de ar exterior a ser preenchida na zona de ventilação;
- E_z é a eficiência da distribuição de ar.

O valor E_z é definido conforme ABNT 16401-3.

Figura 24 – Eficiência da distribuição de ar nas zonas de ventilação.

Configuração da distribuição de ar	E_z
Insuflação de ar frio pelo forro	1,0
Insuflação de ar quente pelo forro e retorno pelo piso	1,0
Insuflação de ar quente pelo forro, 8°C ou mais acima da temperatura do espaço e retorno pelo forro	0,8
Insuflação de ar quente pelo forro a menos de 8°C acima da temperatura do espaço pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso e retorno pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m ou mais do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso, com fluxo de deslocamento a baixa velocidade e estratificação térmica, e retorno pelo forro	1,2
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo piso	1,0
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo forro	0,7
Ar de reposição suprido do lado oposto à exaustão ou ao retorno	0,8
Ar de reposição suprido à proximidade da exaustão ou do retorno	0,5

Fonte: Adaptado (TÉCNICAS, 2008a)

Com isso, é possível calcular o calor sensível e calor latente de renovação de acordo com as Equações 4.16 e 4.17.

$$CT_{sen,ren} = \rho \cdot C_p \cdot V_z \cdot (T_{BS,ext} - T_{BS,int}) \quad (4.16)$$

onde:

- $CT_{sen,ren}$ é o calor sensível devido a renovação de ar (kW);
- ρ é a densidade do ar seco (kg/m^3);
- C_p é o calor específico do ar seco ($Kj/Kg^{\circ}C$);
- $T_{BS,ext}$ é a temperatura de bulbo seco externa $^{\circ}C$;
- $T_{BS,int}$ é a temperatura de bulbo seco interna $^{\circ}C$.

$$CT_{lat,ren} = \rho \cdot C_p \cdot V_z \cdot (w_e - w_i) \quad (4.17)$$

- $CT_{lat,ren}$ é o calor latente devido a renovação de ar (kW);
- C_p é o calor latente da água (kJ/kg);
- w_e é a umidade absoluta externa (kg de água/ kg de ar);
- w_i é a umidade absoluta interna (kg de água/ kg de ar);

O cálculo da carga térmica atuante nas salas é mostrado na Tabela 15

Tabela 15 – Cálculo de carga térmica devido a renovação de ar nas salas de aula do prédio A.

Sigla	Área (m ²)	$CT_{s,ren}$ (kW)	$CT_{l,ren}$ (kW)	Carga Térmica Total (kW)
A1-01	10,91	0,42	0,84	1,26
A1-02	44,62	1,14	2,26	3,40
A1-03	65,93	1,80	3,27	5,37
A1-04	66,07	1,80	3,27	5,37
A1-05	66,56	1,80	3,27	5,37
A1-06	64,48	1,79	3,55	5,34
A1-07	68,52	1,81	3,59	5,39
A1	41,02	0,56	1,11	1,67
A1-08	55,01	1,75	3,47	5,22
A1-09	55,58	1,75	3,47	5,22
A1-10	41,32	1,12	2,23	3,35
A1-11	55,40	1,75	3,47	5,22
A1-12	53,93	1,74	3,46	5,20
A1-13	55,19	1,75	3,47	5,22
A1-14	47,82	1,15	2,29	3,44
A1-15	50,18	1,16	2,31	3,47

Fonte: Autoria Própria.

4.11 CARGA TÉRMICA TOTAL

A carga térmica total é calculada por meio do somatório de todas as cargas térmicas do ambiente e é dada conforme a Equação 4.18.

$$CT_{total} = CT_{superficies} + CT_{vidros} + CT_{pessoas} + CT_{equipamentos} + CT_{renovacao} \quad (4.18)$$

Conforme calculado, tem-se a carga térmica atuante em cada sala de aula do prédio A, como mostra a Tabela 16.

Tabela 16 – Cálculo da carga térmica total das salas de aula do prédio A.

Local	Área (m ²)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	4,48
A1-02	44,62	11,49
A1-03	65,93	19,01
A1-04	66,07	17,11
A1-05	66,56	19,13
A1-06	64,48	18,97
A1-07	68,52	19,20
A1	41,02	6,52
A1-08	55,01	14,18
A1-09	55,58	14,77
A1-10	41,32	9,87
A1-11	55,40	14,75
A1-12	53,93	14,61
A1-13	55,19	14,54
A1-14	47,82	10,72
A1-15	50,18	12,11

Fonte: Autoria Própria.

4.12 HAP - CARGA TÉRMICA TOTAL

Para calcular a carga térmica de um ambiente, será utilizado o método de ASHRAE, através do *software HAP (Hourly Analysis Program)*. O HAP é um software desenvolvido pela Carrier Corporation em 1987, que permite o dimensionamento de sistemas de ar condicionado para pequenas e grandes construções. O software também pode ser usado para estimar o consumo de energia e os custos operacionais de sistemas de climatização, além de realizar análises anuais de hora em hora. Para este trabalho, será utilizada a versão 4.9 do HAP, e em selecionada os dados adotados pela ASHRAE 2010.

A configuração no software é iniciada através da escolha da metodologia a qual será baseada o cálculo da carga, conforme a Figura 25.

Figura 25 – Software HAP.

Weather Properties - [Teresina]

Design Parameters | Design Temperatures | Design Solar | Simulation

Region: Central & South America
 Location: Brazil
 City: Teresina

Latitude: -5,1 deg
 Longitude: 42,8 deg
 Elevation: 69,0 m

Summer Design DB: 37,9 °C
 Summer Coincident WB: 26,6 °C
 Summer Daily Range: 6,2 K
 Winter Design DB: 21,8 °C
 Winter Coincident WB: 16,6 °C

Atmospheric Clearness Number: 1,00
 Average Ground Reflectance: 0,20
 Soil Conductivity: 1,385 W/m/K
 Design Clg Calculation Months: Jan to Dec

Time Zone (GMT +/-): 3,0 hours
 Daylight Savings Time: ☐ Yes ☒ No
 DST Begins: Apr 1
 DST Ends: Oct 31

Data Source:
 User Modified

OK Cancel Help

Fonte: Autoria própria.

Em seguida são adicionados os locais onde será realizado o cálculo da carga, Figura 26.

Figura 26 – Software HAP.

HAP49 - [Untitled_IFPI_A]

Project Edit View Reports Wizards Help

Untitled_IFPI_A

Weather
 Spaces
 Systems
 Plants
 Buildings
 Project Libraries
 Schedules
 Walls
 Roofs
 Windows
 Doors
 Shades
 Chillers
 Cooling Towers
 Boilers
 Electric Rates
 Fuel Rates

Space	Floor Area
<New default Space>	
A1	41,0
A1-01	10,9
A1-02	44,6
A1-03	65,0
A1-04	66,1
A1-05	66,1
A1-06	64,5
A1-07	68,5
A1-08	55,0
A1-09	55,6
A1-10	41,3
A1-11	55,4
A1-12	53,9
A1-13	55,2
A1-14	47,3
A1-15	50,1

Fonte: Autoria própria.

Além disso, foram adicionados o tamanho do local, pé direito, tipo de cômodo e nível da

construção conforme os dados adotados no cálculo da carga térmica para cada ambiente, Figura 27.

Figura 27 – Software HAP.

Space Properties - [A1]

General | Internals | Walls, Windows, Doors | Roofs, Skylights | Infiltration | Floors | Partitions

Name: A1

Floor Area: 41.0 m²

Avg Ceiling Height: 2.9 m

Building Weight: 341.8 kg/m²

OA Ventilation Requirements:

Space Usage: EDUCATION: Classroom (age 9+)

OA Requirement 1: 5.0 L/s/person

OA Requirement 2: 0.60 L/s-m²

Space usage defaults: ASHRAE Std 62.1-2010
Defaults can be changed via View/Preferences.

Fonte: Autoria própria.

Após definidos os dados citados anteriormente, é adicionado o número de pessoas, iluminação e equipamentos de cada ambiente, Figura 28.

Figura 28 – Software HAP.

General | Internals | Walls, Windows, Doors | Roofs, Skylights | Infiltration | Floors | Partitions

Overhead Lighting

Fixture Type: Recessed, unvented

Wattage: 108.0 Watts

Ballast Multiplier: 1.00

Schedule: Iluminação

Task Lighting

Wattage: 0.00 W/m²

Schedule: Iluminação

Electrical Equipment

Wattage: 130.0 Watts

Schedule: Iluminação

People

Occupancy: 10.0 People

Activity Level: Seated at Rest

Sensible: 67.4 W/person

Latent: 35.2 W/person

Schedule: Iluminação

Miscellaneous Loads

Sensible: 0 W

Schedule: Iluminação

Latent: 0 W

Schedule: Iluminação

Fonte: Autoria própria.

Logo em seguida é adicionado as paredes, portas, vidros e área do telhado de cada sala de aula, Figura 29 e 30.

Além disso, é importante definir também se o ambiente abaixo possui resfriamento ou não, nesse estudo adotou-se o ambiente do térreo como área climatizada.

Figura 29 – Software HAP.

	Exposure	Wall Gross Area m²	Window 1 Quantity	Window 2 Quantity	Door Quantity
1	N	18,6	0	0	0
2	S	18,6	0	0	0
3	E	19,2	4	0	0
4	W	19,2	0	0	1
5	not used				
6	not used				
7	not used				
8	not used				

Construction Types for Exposure: 3 (E)	
Wall	Light Weight Wall
Window 1	Janela A1
Shade 1	(none)
Window 2	(none)
Shade 2	(none)
Door	(none)

Fonte: Autoria própria.

Figura 30 – Software HAP.

	Exposure	Roof Gross Area m²	Roof Slope (deg)	Skylight Quantity
1	H	41,0		0
2	not used			
3	not used			
4	not used			

Construction Types for Exposure: 1 (H)	
Roof	T1
Skylight	(none)

Fonte: Autoria própria.

Por fim, é gerado um relatório com a carga térmica atuante em cada sala de aula, como mostra na 17 a carga térmica total de cada .

Tabela 17 – Cálculo da carga térmica total das salas de aula do prédio A - Software HAP.

Local	Área (m²)	Carga Térmica (kW)
A1-01	10,91	4,7
A1-02	44,62	11,7
A1-03	65,93	19,3
A1-04	66,07	17,4
A1-05	66,56	19,5
A1-06	64,48	19,3
A1-07	68,52	19,6
A1	41,02	6,8
A1-08	55,01	14,6
A1-09	55,58	15,2
A1-10	41,32	10,2
A1-11	55,40	15,1
A1-12	53,93	15,2
A1-13	55,19	14,7
A1-14	47,82	11,1
A1-15	50,18	12,6

Fonte: Autoria Própria.

Todos os índices aplicados no software foram conforme os dados adotados ao longo desse estudo.

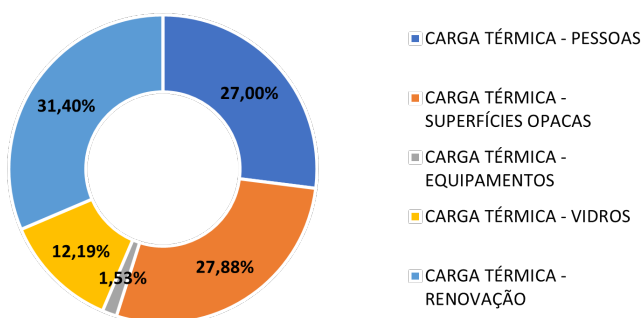
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DE DADOS

A metodologia de cálculo aplicada anteriormente tinha como objetivo principal estimar os valores de carga térmica para verificar e selecionar, se necessário equipamentos condicionadores que atendessem às necessidades do recinto. A Figura 31 apresenta um gráfico com os valores de carga térmica encontrados por tipo.

Figura 31 – Distribuição da carga térmica total.

DISTRIBUIÇÃO DA CARGA TÉRMICA TOTAL



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo (HANDBOOK—FUNDAMENTALS, 2021), a carga térmica devido a infiltração de ar geralmente representa entre 20% e 50% da carga térmica total. O valor encontrado neste estudo está dentro desse intervalo esperado.

A carga térmica por superfícies opacas possui a segunda maior porcentagem, devido ao ambiente ser bem amplo, até mesmo para suportar o número de pessoas que podem estar em aula.

De acordo com o gráfico de resultados, a carga térmica devido a superfícies opacas obteve um resultado bem próximo a carga térmica devido a pessoas. Esse valor obteve cerca de pouco mais de 27% da carga térmica atuante, por ser salas de aulas o número de pessoas é bem alto, como consequência disso é gerado um alto índice de calor latente, necessitando de uma taxa de renovação do ar maior.

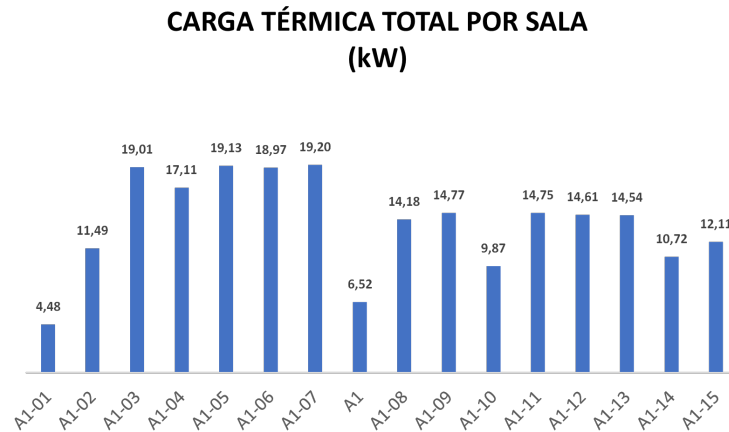
A carga térmica devido a janelas obteve cerca de 12% da carga total, isso devido ao alto número de janelas nas salas de aula, inclusive a localização de algumas dessas se encontram a leste e oeste, com isso sofrem impacto CLF.

Por fim, a carga devido a equipamentos foi a que apresentou menor valor, visto que as

salas de aulas não possuem nenhum aparelho fixo. O uso de aparelhos nas salas é relativo, pois alguns professores utilizam projetor e notebook, mas não é via de regra.

A carga térmica atuante em cada sala pode ser observada na Figura 32.

Figura 32 – Carga térmica total por sala.



Fonte: Elaborado pelo autor.

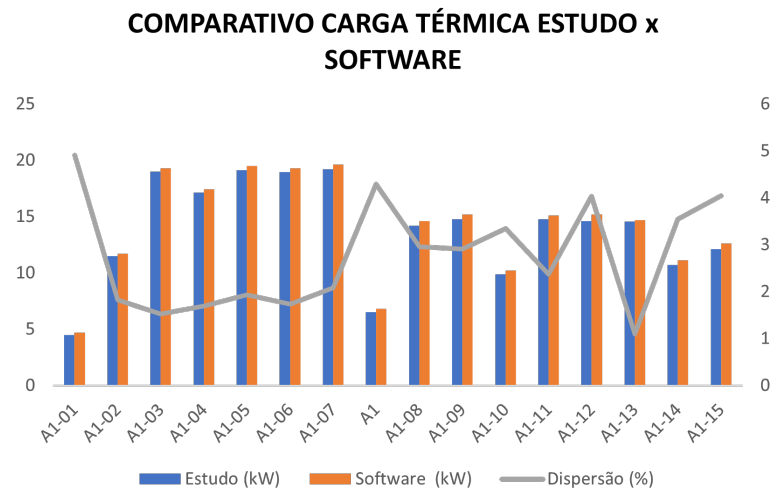
Nesse gráfico pode-se observar que os maiores valores de carga térmica por sala estão nas salas do corredor leste da planta. Esse resultado pode ser justificado devido a posição da sala em relação a incidência de calor.

5.2 COMPARATIVO CÁLCULO MANUAL E SOFTWARE HAP

Os valores de carga térmica resultantes do cálculo manual e pelo software são bem próximos, apresentando assim uma validação do valor encontrado no cálculo desenvolvido ao longo desse estudo. Garantindo assim que o projeto pode ser adotado para execução no prédio.

A Figura 33, mostra os valores encontrado no cálculo deste estudo e o resultado encontrado no Software HAP.

Figura 33 – Carga térmica total por sala.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar que os valores não coincidiram, isso se da devido a algumas considerações no estudo e no software, entretanto o valor de dispersão entre os modelos de cálculos pode-se considerar baixo.

Com isso, foi selecionado para adoção do modelo de cálculo CLTD/SCL/CLF ASHRAE e norma ABNT NBR 16401, para fins de comparação com o sistema atual.

5.3 COMPARATIVO COM OS EQUIPAMENTOS INSTALADOS

As salas de aula já possuem equipamentos de ar condicionado instalados, dessa forma o estudo realizado irá auxiliar na comparação entre a carga térmica encontrada e os equipamentos existentes, com isso será possível estimar se o ambiente possui um sistema adequado e que atenda os níveis de conforto térmico. No total o local possui 30 ar condicionados, distribuídos nas 16 salas.

Tabela 18 – Conversão da carga térmica para BTUs/h.

Local	Área (m ²)	Carga Térmica Total Manual (kW)	Carga Térmica Total Manual (BTU/h)
A1-01	10,91	4,48	15.280
A1-02	44,62	11,49	39.210
A1-03	65,93	19,01	64.867
A1-04	66,07	17,11	58.381
A1-05	66,56	19,13	64.877
A1-06	64,48	18,97	64.730
A1-07	68,52	19,20	65.513
A1	41,02	6,52	22.080
A1-08	55,01	14,18	43.390
A1-09	55,58	14,77	50.398
A1-10	41,32	9,87	33.678
A1-11	55,40	14,75	50.323
A1-12	53,93	14,61	49.851
A1-13	55,19	14,54	49.612
A1-14	47,82	10,72	36.578
A1-15	50,18	12,11	41.321

Fonte: Autoria Própria

Para realizar a comparação é necessário transformar a carga térmica encontrada em *kW* para *BTU/h*. A Tabela 18 apresenta valores em *BTU/h*. Com isso, a Tabela 19 apresenta uma comparação entre o sistema atual utilizado nas salas e conversão da carga térmica encontrada no estudo.

Tabela 19 – Capacidade do sistema atual x capacidade de projeto.

Local	Área (m ²)	Sistema de ar condicionado atual (BTU/h)	Carga Térmica Total Manual (BTU/h)	Dispersão (%)
A1-01	10,91	18.000	15.280	+17,8
A1-02	44,62	36.000	39.210	-8,2
A1-03	65,93	51.000	64.867	-21,4
A1-04	66,07	42.000	58.381	-28,1
A1-05	66,56	42.000	64.877	-35,3
A1-06	64,48	36.000	64.730	-44,4
A1-07	68,52	39.000	65.513	-40,5
A1	41,02	60.000	22.080	+171,7
A1-08	55,01	60.000	43.390	+24,0
A1-09	55,58	48.000	50.398	-4,8
A1-10	41,32	51.000	33.678	+51,4
A1-11	55,40	39.000	50.323	-22,5
A1-12	53,93	39.000	49.851	-21,8
A1-13	55,19	51.000	49.612	+2,8
A1-14	47,82	42.000	36.578	+14,8
A1-15	50,18	42.000	41.321	+1,61
Total		696.000	755.089	-7,8

Fonte: Autoria Própria.

Conforme (BUSS *et al.*, 2023), temperaturas elevadas em espaços acadêmicos podem suscitar dores de cabeça, interferindo negativamente no bem-estar dos usuários e no seu rendimento. O desconforto térmico é capaz de promover reações estressantes, de afetar a aptidão para resolução de problemas e de prejudicar a concentração, influenciando, por sua vez, o processo de instrução. Com isso, de acordo com a Tabela 19, pode-se observar que as salas A1-02, A1-03, A1-04, A1-05, A1-06, A1-07, A1-09, A1-11 e A1-12 não possuem a capacidade

de resfriamento suficiente para atingir o conforto térmico, em casos de 40 alunos em sala de aula.

Ademais, nas salas, A1-01, A1, A1-08, A1-10, A1-13, A1-14 e A1-15 os equipamentos instalados possuem uma capacidade maior do que a necessária para o ambiente, dessa maneira, esse superdimensionamento acarreta gastos de energia desnecessários para a instituição.

Com isso, pode-se observar uma oportunidade de uma realocação ou de um novo sistema para as salas de aula, a fim de atingir o conforto térmico nestes ambientes.

5.4 SUGESTÃO DE EQUIPAMENTOS

A seleção dos equipamentos de climatização foi realizada de forma a seguir e suprir o mais próximo possível as cargas encontradas nesse estudo, a fim de garantir o conforto térmico dos ocupantes dos espaços. Na primeira etapa, foi realizado o dimensionamento da demanda térmica dos espaços, a fim de determinar a capacidade necessária dos equipamentos. Para isso, foram considerados fatores como a área do ambiente, o número de ocupantes, a temperatura externa e a temperatura interna desejada.

Com isso, ao observar que os equipamento atuais do sistema não suprem a carga térmica das salas de aulas foram consultados catálogos de produtos de duas fabricantes: Gree e Elgin. Pensando também na arquitetura do prédio foi definido o uso do tipo piso teto e split Hi-Wall foram os modelos utilizados como sugestão. Os equipamentos selecionados foram apresentado na Tabela 20.

Tabela 20 – Equipamentos selecionados.

Local	Área (m ²)	Sistema de ar condicionado atual (BTU/h)	Carga Térmica Total Manual (BTU/h)	Nome	Marca	Descritivo	Número de equipamentos	Capacidade (BTU/h)	Dispersão (%)
A1-01	10,91	18.000	15.280	GWH18QD-D3DNB8M	GREE	Split Hi-Wall	1	18.000	+15,1
A1-02	44,62	36.000	39.210	GULD40ZD1A-S(B)	GREE	Split Piso Teto	1	40.000	+1,97
A1-03	65,93	51.000	64.867	GULD60ZD1/A-S(B)	GREE	Split Piso Teto	1	60.000	-7,50
A1-04	66,07	42.000	58.381	GULD60ZD1/A-S(B)	GREE	Split Piso Teto	1	60.000	+2,77
A1-05	66,56	42.000	64.877	GULD60ZD1/A-S(B)	GREE	Split Piso Teto	1	60.000	-7,51
A1-06	64,48	36.000	64.730	GULD60ZD1/A-S(B)	GREE	Split Piso Teto	1	60.000	-7,30
A1-07	68,52	39.000	65.513	GULD60ZD1/A-S(B)	GREE	Split Piso Teto	1	60.000	-8,41
A1	41,02	60.000	22.080	GWC24AGE-D3DNA4B	GREE	Split Hi-Wall	1	23.000	+4,16
A1-08	55,01	60.000	43.390	GWC24AGE-D3NNA2A	GREE	Split Hi-Wall	2	24.000	+10,62
A1-09	55,58	48.000	50.398	GU60ZD/A-D(B)	GREE	Split Piso Teto	1	56.000	+11,11
A1-10	41,32	51.000	33.678	GU36ZD/A-D(B) – GUL36H/A-D(B)	GREE	Split Piso Teto	1	37.000	+9,86
A1-11	55,40	39.000	50.323	GU60ZD/A-D(B)	GREE	Split Piso Teto	1	56.000	+11,28
A1-12	53,93	39.000	49.851	GU60ZD/A-D(B)	GREE	Split Piso Teto	1	56.000	+12,33
A1-13	55,19	51.000	49.612	GU60ZD/A-D(B)	GREE	Split Piso Teto	1	56.000	+12,87
A1-14	47,82	42.000	36.578	GU36ZD/A-D(B) – GUL36H/A-D(B)	GREE	Split Piso Teto	1	37.000	+1,16
A1-15	50,18	42.000	41.321	GWC24AGE-D3NNA2A	GREE	Split Hi-Wall	2	24.000	+13,91
Total		696.000	750.449				18	775.000	+3,16

Fonte: Autoria Própria.

A capacidade dos equipamentos selecionados é ligeiramente superior à demanda térmica calculada em algumas salas, com excessão das salas A1-03, A1-05, A1-06 e A1-07, mas ainda sim com o suprimento de carga térmica maior do que a situação atual. Essa escolha foi feita para garantir o conforto térmico dos ocupantes em todas as zonas.

6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi calcular a quantidade de calor que é gerada nas salas de aula do prédio A do IFPI - Campus Teresina Central, com base nas informações da planta atualizada do prédio. Para isso, foram apresentadas todas as etapas do cálculo, que foi comparado com a capacidade dos aparelhos de ar condicionado já instalados para verificar se eles são suficientes para manter as salas em condições de conforto térmico.

A análise concluiu que a maioria das salas de aula é atendida pelo ar condicionado instalado atualmente, com exceção de algumas salas que não possuem capacidade suficiente para manter as condições de conforto térmico, são elas: A1-02, A1-03, A1-04, A1-05, A1-06, A1-07, A1-09, A1-11 e A1-12.

A análise também constatou que a maior fonte de calor nos ambientes é a renovação do ar, seguida da carga térmica gerada por superfícies opacas e devido e pessoas, como já esperado visto que as dimensões das salas de aulas são altas, além do número de alunos que podem ter por turma.

A realização da análise de carga térmica no Software HAP também apresentou resultados semelhantes aos calculados ao longo desse estudo, gerando assim uma maior validação do conteúdo desenvolvido. Os dados obtidos no Software HAP 4.9, possuem um valor maior se comparado ao cálculo manual, isso se da devido alguns fatores do software como, o uso de uma casa decimal. Além disso, ao longo do cálculo também ocorreram algumas aproximações, mas ao observar o resultado final dos dois métodos, percebe-se que é bem próximo.

Além disso, como evidenciado no estudo por não suprir a necessidade de climatização, foi feita uma seleção e sugestão de equipamentos por sala, a fim de distribuir um maior conforto térmico em grande parte dos ambiente e não só em algumas salas, como existe hoje. Assim, os administradores do local devem solicitar aos órgãos públicos responsáveis uma reestruturação do sistema de climatização do prédio. Os resultados do estudo serão entregues aos responsáveis para que essas informações sejam usadas para tomar decisões que contribuam para a melhoria do sistema.

7 TRABALHOS FUTUROS

A seguir são apresentadas algumas sugestões de trabalhos que podem ser realizados para dar continuidade aos estudos e melhorar os resultados.

- Criação de um Plano de Manutenção, Operação e Controle dos sistema de ar condicionado - PMOC;
- Análise econômica da instalação de um sistema tipo Split Piso Teto e Split Hi-Wall;
- Análise da implementação de um sistema VRF;
- Realizar simulação da carga térmica atuantes nas salas utilizando o software CYPETHERMC.

REFERÊNCIAS

- ABNT, N. **16401-3—Instalações de ar condicionado—Sistemas centrais e unitários**. [S.l.]: Parte.
- ALVAREZ. **Refrigeração, Ar Condicionado e Ventilação**. Dissertação (B.S. thesis) — Editora e Distribuidora Educacional SA, 2019.
- ALVES, S. **PROCEDIMENTO BÁSICO DE ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO BASEADO NA ABNT NBR 16401**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.
- BUSS, C. *et al.* **Conforto térmico e eficiência energética de salas de aula destinadas ao ensino superior**. Dissertação (Mestrado), 2023.
- CATTANEO, M. d. L. **ESTUDO DA VIABILIDADE PARA ADAPTAÇÃO/SUBSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO CONVENCIONAL DE GRANDE PORTE POR VRV**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.
- CENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. **Transferência de Calor e Massa, 4ª edição**. [S.l.]: McGraw-Hill, Bookman, São Paulo, 2012.
- COSME, C. H. d. S. Estudo de caso: Elaboração e implementação do plano de manutenção, operação e controle dos condicionadores de ar em um armazém de café. Instituto Federal do Espírito Santo-Campus São Mateus, 2023.
- DEWITT, D. P.; INCROPERA, F. P.; BERGMAN, T. *et al.* Fundamentos de transferência de calor e de massa. **Livros Técnicos e Científicos (LTC) Editora SA**, 2014.
- FROTA, A. B. **Manual de conforto térmico**. Dissertação (B.S. thesis) — Studio Nobel, 2006.
- GOMES, S. M. Estudo da carga térmica e reset setpoint do sistema de condicionamento de ar em edificação pública baseado nos parâmetros externos. 2019.
- HANDBOOK—FUNDAMENTALS, A. Ashrae: Atlanta. **GA, USA**, 2021.
- INCROPERA, F.; WITT, D. D.; BERGMAN, T.; LAVINE, A. Fundamentos de transferência de calor e de massa, tradução da 6 ed. **Rio de Janeiro, Brasil. LTC**, 2008.
- MCQUISTON, F. **Aquecimento, ventilação e ar condicionado: análise e projeto**. Dissertação (B.S. thesis) — John Wiley & Filhos, 2023.
- PIMENTA, K. Q. Dimensionamento e seleção de um sistema de ventilação e condicionamento de ar para a melhoria das condições de conforto térmico de um laboratório de computadores. 2019.
- PINTO, M. A. V. Avaliação térmica de edifícios em estrutura metálica. 2000.
- POZZA, F. Análise térmica e energética de uma edificação residencial climatizada com sistema de fluxo de refrigerante variável-vrf fernando pozza. 2011.
- REBECCA, . L'inattendu, pittsburgh. **Rose Dog Books**, 2016.
- RORIZ, M. Psicrom 1.0-relações psicrométricas. **Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. São Carlos**, 2003.

SILVA, F. M. Cálculo de carga térmica das salas do anexo 2 do ifes–campus são mateus. São Mateus, 2018.

SUZUKI, E. H. **Avaliação do conforto térmico e do nível de CO₂ em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo.** Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2010.

TÉCNICAS, A. B. D. N. **NBR 16401-1: instalações de ar-condicionado, sistemas centrais e unitários: parte 1: projetos das instalações.** 2008.

TÉCNICAS, A. B. D. N. **NBR 16401-2: instalações de ar-condicionado: sistemas centrais e unitários: parte 2: parâmetros de conforto térmico.** 2008.

TÔRRES, É. **Levantamento de carga térmica: novo software nacional incluindo renovação de ar (ABNT 16401).** Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

APÊNDICE A – TABELAS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

- **Tabela 1 - CLTD para parede externa.**

Group E																
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	10	11	12	12	11	10
NE	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	15	14	14	13	12	11
E	3	6	10	15	18	20	21	21	20	19	18	18	17	15	14	12
SE	3	4	7	10	14	17	19	20	20	20	19	18	17	16	14	13
S	2	2	2	3	5	7	10	14	16	18	19	18	17	16	14	13
SW	4	3	3	3	4	5	7	10	14	18	21	24	25	24	22	19
W	4	3	3	4	4	5	6	8	11	15	20	24	27	27	25	22
NW	3	3	3	3	4	5	6	7	9	11	14	18	21	21	20	18

Fonte: Adaptado da ASHRAE 2017.

- **Tabela 2 - Seleção do fator LM.**

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S
8°N	Dec.	-3,3	-3,3	-3,3	-1,6	0	2,2	4,4	0	0
	Jan/Nov	-2,7	-3,3	-2,7	1,1	0	1,6	3,3	5,5	-2,2
	Feb/Oct	-2,2	-1,6	-1,6	-0,5	-0,5	0,5	1,1	2,2	-0,5
	Mar/Sept	-1,1	-0,5	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	-1,6	-2,2	-0,5
	Apr/Aug	1,1	1,1	0	-0,5	-2,2	-1,6	-3,8	-3,8	-0,5
	May/Jul	2,7	2,2	0	-1,1	-2,7	-3,8	-5,0	-3,8	-1,1
	Jun	3,3	2,2	0	-1,1	-3,3	-4,4	-5,0	-3,8	-1,1

Fonte: Adaptado da ASHRAE 1989.

- **Tabela 3 - Ganhos de calor para o mês de abril.**

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
8°N	Apr	139	369	561	497	710	445	423	167	125	912

Fonte: Adaptado da ASHRAE 1989.

- **Tabela 4 - Coeficiente sombreamento.**

A. Singles Glass				
Type of glass	Nominal Thickness	Solar Trans.	Shading Coefficient	
			$h_0=22.7$	$h_0=7$
Clear	3mm	0,86	1,00	1,00
	6mm	0,78	0,94	0,95
	10mm	0,72	0,90	0,92
	13mm	0,67	0,87	0,88
Heat Asorbing	3mm	0,64	0,83	0,85
	6mm	0,46	0,69	0,73
	10mm	0,33	0,60	0,64
	13mm	0,24	0,53	0,58

Fonte: Adaptado da ASHRAE 1989.

• **Tabela 5 - Fator para carga térmica horária (CLF).**

Fenes- tration Facing	Room Con- struction	Solar Time, hr.																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.79	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20	
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.74	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27	
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28	
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06	
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12	
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15	
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	0.14	
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16	
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16	
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16	
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15	
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.								

• **Tabela 6 - Taxas típicas de calor liberado por pessoas.**

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor latente (W)	% Radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F ³			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		

Fonte: NBR ABNT 16401-1, 2008.

• **Tabela 7 - Taxas típicas por equipamentos.**

Computadores	Uso contínuo W	Modo economizador W
Computadores		
Valor médio	55	20
Valor com fator de segurança	65	25
Valor com fator de segurança alto	75	30
Monitores		
Pequeno (13 pol. a 15 pol.)	55	0
Médio (16 pol. a 18 pol.)	70	0
Grande (19 pol. a 20 pol.)	80	0

Fonte: NBR ABNT 16401-1, 2008.

• **Tabela 8 - Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação.**

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² a
		F _p L/s* pess.	F _a L/s* m ²	F _p L/s* pess	F _a L/s* m ²	F _p L/s* pess	F _a L/s* m ²	
Comércio varejista								
Supermercado de alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado de padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Salão de beleza e/ou barbearia ^b	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9	--
Animais de estimação ^b	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	4,5
Lavanderia "self-service"	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Edifícios de escritórios								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritórios de diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala de reunião	50	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
CPD (exceto impressoras)	4	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala impressoras, copiadoras	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Sala digitação	60	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
"Call center"	60	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Bancos								
Bancos (área do público)	41	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Caixa forte	5	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--

Fonte: NBR ABNT 16401-3, 2008.

- **Tabela 9 - Eficiência da distribuição na zona de ventilação.**

Configuração da distribuição de ar	E_z
Insuflação de ar frio pelo forro	1,0
Insuflação de ar quente pelo forro e retorno pelo piso	1,0
Insuflação de ar quente pelo forro, 8°C ou mais acima da temperatura do espaço e retorno pelo forro	0,8
Insuflação de ar quente pelo forro a menos de 8°C acima da temperatura do espaço pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso e retorno pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m ou mais do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso, com fluxo de deslocamento a baixa velocidade e estratificação térmica, e retorno pelo forro	1,2
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo piso	1,0
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo forro	0,7
Ar de reposição suprido do lado oposto à exaustão ou ao retorno	0,8
Ar de reposição suprido à proximidade da exaustão ou do retorno	0,5

Fonte: NBR ABNT 16401-3, 2008.

• **Tabela 10 - Fator $CLTD_{vidros}(h)$ para vidros.**

Solar timer, h	CLTD (°C)	Solar timer, h	CLTD (°C)
1	1	13	7
2	0	14	7
3	-1	15	8
4	-1	16	8
5	-1	17	7
6	-1	18	7
7	-1	19	6
8	0	20	4
9	1	21	3
10	2	22	2
11	4	23	2
12	5	24	1

• **Tabela 11 - Fator $CLF_{vidros}(h)$ para vidros.**

tration Facing	Con- struction	Solar Time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0,17	0,14	0,11	0,09	0,08	0,33	0,42	0,48	0,56	0,61	0,71	0,76	0,80	0,82	0,82	0,79	0,75	0,84	0,61	0,48	0,38	0,31	0,25	0,20
	M	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,34	0,41	0,46	0,53	0,59	0,59	0,65	0,70	0,73	0,75	0,76	0,74	0,75	0,79	0,61	0,42	0,36	0,31	0,27
	H	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,38	0,45	0,49	0,55	0,60	0,65	0,69	0,72	0,72	0,72	0,70	0,70	0,75	0,57	0,46	0,39	0,34	0,31	0,28
E	L	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,19	0,37	0,51	0,57	0,57	0,50	0,42	0,37	0,32	0,29	0,25	0,22	0,19	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05
	M	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,18	0,33	0,44	0,50	0,51	0,46	0,39	0,35	0,31	0,29	0,26	0,23	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08
	H	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,20	0,34	0,45	0,49	0,49	0,43	0,36	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
S	L	0,04	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06	0,09	0,14	0,22	0,34	0,48	0,59	0,65	0,65	0,59	0,50	0,43	0,36	0,28	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10
	M	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,08	0,11	0,14	0,21	0,31	0,42	0,52	0,57	0,58	0,53	0,47	0,41	0,36	0,29	0,22	0,21	0,18	0,16	0,14
	H	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,11	0,14	0,17	0,24	0,33	0,43	0,51	0,56	0,55	0,50	0,43	0,37	0,32	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15
W	L	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,20	0,32	0,45	0,57	0,64	0,61	0,44	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14
	M	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,19	0,29	0,49	0,50	0,36	0,32	0,41	0,33	0,27	0,23	0,20	0,17
	H	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,21	0,30	0,40	0,49	0,54	0,52	0,38	0,30	0,24	0,21	0,18	0,16

- Tabela 12 - Fator de correção horária $f(h)$.

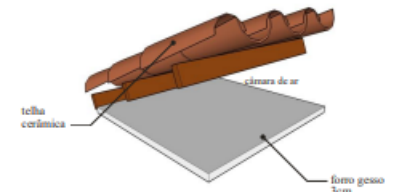
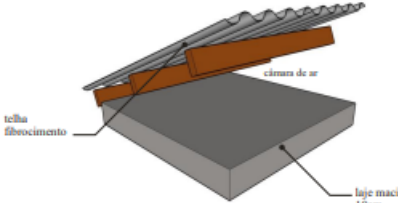
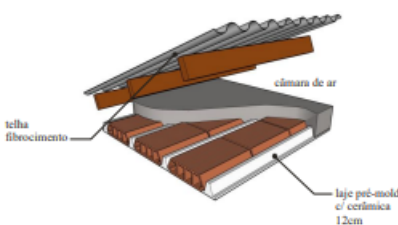
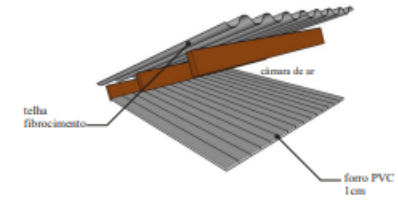
hora	f	hora	f	hora	f
01	0,87	09	0,71	17	0,10
02	0,92	10	0,56	18	0,21
03	0,96	11	0,39	19	0,34
04	0,99	12	0,23	20	0,47
05	1,00	13	0,11	21	0,58
06	0,98	14	0,03	22	0,68
07	0,93	15	0,00	23	0,76
08	0,84	16	0,03	24	0,82

Fonte: Adaptado da ASHRAE 1989.

- Tabela 12 - Coeficiente global de transferência de calor para parede e teto.

	Descrição: 13 Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0 cm) Sem revestimento externo <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m²K)]</th><th>C_T [kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,99</td><td>42</td></tr> </tbody> </table>	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]	2,99	42
U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]				
2,99	42				
	Descrição: 14 Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α) <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m²K)]</th><th>C_T [kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,85</td><td>161</td></tr> </tbody> </table>	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]	1,85	161
U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]				
1,85	161				
	Descrição: 15 Gesso interno (placa 2,0cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α) <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m²K)]</th><th>C_T [kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,74</td><td>125</td></tr> </tbody> </table>	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]	1,74	125
U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]				
1,74	125				
	Descrição: 16 Gesso interno (0,2cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α) <table border="1"> <thead> <tr> <th>U [W/(m²K)]</th><th>C_T [kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,85</td><td>105</td></tr> </tbody> </table>	U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]	1,85	105
U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]				
1,85	105				

Fonte: Adaptado INMETRO 2017

 Diagram showing a cross-section of a roof assembly. From top to bottom: a layer of ceramic tiles (telha cerâmica), a 3cm thick gypsum board (forro gesso 3cm), and an air cavity (câmara de ar). Labels point to each component.	Descrição: 8 Forro gesso (3,0cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha cerâmica (1cm) <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_T</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,94</td><td>37</td></tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	1,94	37
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
1,94	37						
 Diagram showing a cross-section of a roof assembly. From top to bottom: a layer of fibrocement tiles (telha fibrocimento), a 10cm thick solid slab (laje maciça 10cm), and an air cavity (câmara de ar). Labels point to each component.	Descrição: 9 Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_T</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,06</td><td>233</td></tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,06	233
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,06	233						
 Diagram showing a cross-section of a roof assembly. From top to bottom: a layer of fibrocement tiles (telha fibrocimento), a 12cm thick precast slab with ceramic tiles and mortar (laje pré-moldada c/ cerâmica 12cm), and an air cavity (câmara de ar). Labels point to each component.	Descrição: 10 Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento 0,8cm <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_T</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,79</td><td>180</td></tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	1,79	180
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
1,79	180						
 Diagram showing a cross-section of a roof assembly. From top to bottom: a layer of fibrocement tiles (telha fibrocimento), a 1cm thick PVC board (forro PVC 1cm), and an air cavity (câmara de ar). Labels point to each component.	Descrição: 11 Forro PVC (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th><th>C_T</th></tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th><th>[kJ/m²K]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,76</td><td>16</td></tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	1,76	16
U	C _T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
1,76	16						

Fonte: Adaptado INMETRO 2017

APÊNDICE B – MEMORIAL DE CÁLCULO

• Tabela 1 - Cálculo de carga térmica devido a pessoas

LOCAL	SIGLA	Fator de ocupação	N° DE PESSOAS	τ_s (kW)	τ_l (kW)	Q_sensível (kW)	Q_latente (kW)	CT_total_pessoas (kW)
Coordenação - PPGEM	A1-01	1	10	0,07	0,045	0,7	0,45	1,15
Sala de aula - PPGEM	A1-02	1	25	0,07	0,045	1,75	1,125	2,88
Sala de aula	A1-03	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-04	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-05	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-06	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-07	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Disciplina	A1	1	10	0,07	0,045	0,7	0,45	1,15
Sala de aula	A1-08	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-09	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-10	1	25	0,07	0,045	1,75	1,125	2,88
Sala de aula	A1-11	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-12	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-13	1	40	0,07	0,045	2,8	1,8	4,60
Sala de aula	A1-14	1	25	0,07	0,045	1,75	1,125	2,88
Sala de aula	A1-15	1	25	0,07	0,045	1,75	1,125	2,88

• Tabela 2 - Cálculo de carga térmica devido a equipamentos

LOCAL	SIGLA	Fator de ocupação	N° DE LÂMPADAS	$\tau_{s,k}$ (kW)	CT_t_iluminação (kW)
Coordenação - PPGEM	A1-01	1	2	0,02	0,036
Sala de aula - PPGEM	A1-02	1	6	0,02	0,108
Sala de aula	A1-03	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-04	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-05	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-06	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-07	1	12	0,02	0,216
Disciplina	A1	1	6	0,02	0,108
Sala de aula	A1-08	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-09	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-10	1	6	0,02	0,108
Sala de aula	A1-11	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-12	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-13	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-14	1	12	0,02	0,216
Sala de aula	A1-15	1	12	0,02	0,216

Coordenação - PPGE M / A1-01				
f(h)	Fator de uso	N° DE EQUIPAMENTOS	Q _{s, equipamento} (kW)	CT _{t, equipamento} (kW)
7	0,25	1	0,065	0,065
8	1	1	0,065	0,065
9	1	1	0,065	0,065
10	1	1	0,065	0,065
11	1	1	0,065	0,065
12	1	1	0,065	0,065
13	1	1	0,065	0,065
14	0,25	1	0,065	0,065
15	1	1	0,065	0,065
16	1	1	0,065	0,065
17	1	1	0,065	0,065
18	1	1	0,065	0,065
19	1	1	0,065	0,065
20	1	1	0,065	0,065
21	1	1	0,065	0,065
22	1	1	0,065	0,065

Disciplina / A1				
f(h)	Fator de uso	N° DE EQUIPAMENTOS	Q _{s, equipamento} (kW)	CT _{t, equipamento} (kW)
7	0,25	2	0,0923	0,046
8	1	2	0,0923	0,185
9	1	2	0,0923	0,185
10	1	2	0,0923	0,185
11	1	2	0,0923	0,185
12	1	2	0,0923	0,185
13	1	2	0,0923	0,185
14	0,25	2	0,0923	0,046
15	1	2	0,0923	0,185
16	1	2	0,0923	0,185
17	1	2	0,0923	0,185
18	1	2	0,0923	0,185
19	1	2	0,0923	0,185
20	1	2	0,0923	0,185
21	1	2	0,0923	0,185
22	1	2	0,0923	0,185

Equipamentos Total (Ilum+equip)		
LOCAL	SIGLA	CT_total_ equip (kW)
Coordenação - PPGEM	A1-01	0,221
Sala de aula - PPGEM	A1-02	0,108
Sala de aula	A1-03	0,216
Sala de aula	A1-04	0,216
Sala de aula	A1-05	0,216
Sala de aula	A1-06	0,216
Sala de aula	A1-07	0,216
Disciplina	A1	0,293
Sala de aula	A1-08	0,216
Sala de aula	A1-09	0,216
Sala de aula	A1-10	0,108
Sala de aula	A1-11	0,216
Sala de aula	A1-12	0,216
Sala de aula	A1-13	0,216
Sala de aula	A1-14	0,216
Sala de aula	A1-15	0,216

• **Tabela 3 - Cálculo de carga térmica devido a janelas**

INPUTS									
LOCAL	SIGLA	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	ALTURA (m)	COMPRIMENTO _VIDRO (m)	LARGURA _VIDRO (m)	ÁREA _VIDRO (m²)	Quantida de	TOTAL (m²)
Coordenação - PPGEM	A1-01	3,42	3,2	2,9	1,35	1,2	1,62	1	1,62
Sala de aula - PPGEM	A1-02	8,8	4,74	2,9	2,25	1,5	3,375	1	3,375
					1,15	1,5	1,725	1	1,725
Sala de aula	A1-03	8,8	7,4	2,9	2,25	1,5	3,375	2	6,75
					1,15	1,5	1,725	2	3,45
Sala de aula	A1-04	8,8	7,53	2,9	2,25	1,5	3,375	1	3,375
					1,15	1,5	1,725	1	1,725
Sala de aula	A1-05	8,8	7,59	2,9	2,25	1,5	3,375	2	6,75
					1,15	1,5	1,725	2	3,45
Sala de aula	A1-06	8,8	7,36	2,9	2,25	1,5	3,375	2	6,75
					1,15	1,5	1,725	2	3,45
Sala de aula	A1-07	8,8	7,82	2,9	2,25	1,5	3,375	2	6,75
					1,15	1,5	1,725	2	3,45
Disciplina	A1	6,4	6,62	2,9	0	0	0	0	0
Sala de aula	A1-08	8,61	6,43	2,9	1,5	0,7	1,05	2	2,1
Sala de aula	A1-09	8,61	6,49	2,9	1,5	1	1,5	4	6
Sala de aula	A1-10	8,61	4,82	2,9	1,5	1	1,5	3	4,5
Sala de aula	A1-11	8,61	6,45	2,9	1,5	1	1,5	4	6
Sala de aula	A1-12	8,61	6,28	2,9	1,5	1	1,5	4	6
Sala de aula	A1-13	8,61	6,45	2,9	1,5	1	1,5	3	4,5
Sala de aula	A1-14	8,61	5,57	2,9	1,5	1	1,5	4	6
Sala de aula	A1-15	8,61	5,85	2,9	1,5	1	1,5	4	6

[illegible]

CLTD - LESTE										
H	T _{tab} (°C)	f	ΔT _{med} (°C)	T _{m(h)} (°C)	T _i (°C)	k	CLTD (h) (°C)	LM	CLTD _{corr(h)} (°C)	CFL _{vidro}
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7	37,2	1	12,2	25,85	24	1	-1	-2,2	-5,25	0,34
8	37,2	0,84	12,2	26,95	24	1	0	-2,2	-3,15	0,45
9	37,2	0,71	12,2	28,54	24	1	1	-2,2	-0,56	0,49
10	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	2	-2,2	2,27	0,49
11	37,2	0,39	12,2	32,44	24	1	4	-2,2	6,34	0,43
12	37,2	0,23	12,2	34,39	24	1	5	-2,2	9,29	0,36
13	37,2	0,11	12,2	35,86	24	1	7	-2,2	12,76	0,32
14	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	7	-2,2	13,73	0,29
15	37,2	0	12,2	37,20	24	1	8	-2,2	15,10	0,26
16	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	8	-2,2	14,73	0,26
17	37,2	0,1	12,2	35,98	24	1	7	-2,2	12,88	0,22
18	37,2	0,21	12,2	34,64	24	1	7	-2,2	11,54	0,19
19	37,2	0,34	12,2	33,05	24	1	6	-2,2	8,95	0,17
20	37,2	0,47	12,2	31,47	24	1	4	-2,2	5,37	0,15
21	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	3	-2,2	3,27	0,13
22	37,2	0,68	12,2	28,90	24	1	2	-2,2	0,80	0,12
23										
24										

CLTD - SUL										
H	T _{tab} (°C)	f	ΔT _{med} (°C)	T _{m(h)} (°C)	T _i (°C)	k	CLTD (h) (°C)	LM	CLTD _{corr(h)} (°C)	CFL _{vidro}
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7	37,2	1	12,2	25,85	24	1	-1	-0,5	-3,55	0,14
8	37,2	0,84	12,2	26,95	24	1	0	-0,5	-1,45	0,17
9	37,2	0,71	12,2	28,54	24	1	1	-0,5	1,14	0,24
10	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	2	-0,5	3,97	0,33
11	37,2	0,39	12,2	32,44	24	1	4	-0,5	8,04	0,43
12	37,2	0,23	12,2	34,39	24	1	5	-0,5	10,99	0,51
13	37,2	0,11	12,2	35,86	24	1	7	-0,5	14,46	0,56
14	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	7	-0,5	15,43	0,55
15	37,2	0	12,2	37,20	24	1	8	-0,5	16,80	0,5
16	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	8	-0,5	16,43	0,43
17	37,2	0,1	12,2	35,98	24	1	7	-0,5	14,58	0,37
18	37,2	0,21	12,2	34,64	24	1	7	-0,5	13,24	0,32
19	37,2	0,34	12,2	33,05	24	1	6	-0,5	10,65	0,26
20	37,2	0,47	12,2	31,47	24	1	4	-0,5	7,07	0,22
21	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	3	-0,5	4,97	0,2
22	37,2	0,68	12,2	28,90	24	1	2	-0,5	2,50	0,18
23										
24										

– A1-01

A _{vidro}	Quantidade	Total
1,62	1	1,62

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF _(h)	C _{radiação} (kW)
7	1,62	1	710	0,12	0,14
8	1,62	1	710	0,13	0,15
9	1,62	1	710	0,14	0,16
10	1,62	1	710	0,14	0,16
11	1,62	1	710	0,15	0,17
12	1,62	1	710	0,16	0,18
13	1,62	1	710	0,21	0,24
14	1,62	1	710	0,30	0,35
15	1,62	1	710	0,40	0,46
16	1,62	1	710	0,49	0,56
17	1,62	1	710	0,54	0,62
18	1,62	1	710	0,52	0,60
19	1,62	1	710	0,38	0,44
20	1,62	1	710	0,30	0,35
21	1,62	1	710	0,24	0,28
22	1,62	1	710	0,21	0,24

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	1,62	-1	0,0013
8	2,93	1,62	0	0,0029
9	2,93	1,62	1	0,0046
10	2,93	1,62	2	0,0062
11	2,93	1,62	4	0,0094
12	2,93	1,62	5	0,0110
13	2,93	1,62	7	0,0143
14	2,93	1,62	7	0,0143
15	2,93	1,62	8	0,0159
16	2,93	1,62	8	0,0159
17	2,93	1,62	7	0,0143
18	2,93	1,62	7	0,0143
19	2,93	1,62	6	0,0127
20	2,93	1,62	4	0,0094
21	2,93	1,62	3	0,0078
22	2,93	1,62	2	0,0062

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,00	0,14	0,14
8	0,00	0,15	0,15
9	0,00	0,16	0,17
10	0,01	0,16	0,17
11	0,01	0,17	0,18
12	0,01	0,18	0,20
13	0,01	0,24	0,26
14	0,01	0,35	0,36
15	0,02	0,46	0,48
16	0,02	0,56	0,58
17	0,01	0,62	0,64
18	0,01	0,60	0,61
19	0,01	0,44	0,45
20	0,01	0,35	0,35
21	0,01	0,28	0,28
22	0,01	0,24	0,25

– A1-02

A_vidro	Quantidade	Total
3,375	1	3,375
1,725	1	1,725
Total		5,1

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	5,1	1	710	0,34	1,23
8	5,1	1	710	0,45	1,63
9	5,1	1	710	0,49	1,77
10	5,1	1	710	0,49	1,77
11	5,1	1	710	0,43	1,56
12	5,1	1	710	0,36	1,30
13	5,1	1	710	0,32	1,16
14	5,1	1	710	0,29	1,05
15	5,1	1	710	0,26	0,94
16	5,1	1	710	0,26	0,94
17	5,1	1	710	0,22	0,80
18	5,1	1	710	0,19	0,69
19	5,1	1	710	0,17	0,62
20	5,1	1	710	0,15	0,54
21	5,1	1	710	0,13	0,47
22	5,1	1	710	0,12	0,43

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	5,1	0	0,03
8	2,93	5,1	1	0,08
9	2,93	5,1	2	0,13
10	2,93	5,1	4	0,23
11	2,93	5,1	5	0,28
12	2,93	5,1	7	0,39
13	2,93	5,1	7	0,39
14	2,93	5,1	8	0,44
15	2,93	5,1	8	0,44
16	2,93	5,1	7	0,39
17	2,93	5,1	7	0,39
18	2,93	5,1	6	0,34
19	2,93	5,1	4	0,23
20	2,93	5,1	3	0,18
21	2,93	5,1	2	0,13
22	2,93	5,1	0	0,03

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,03	1,23	1,26
8	0,08	1,63	1,71
9	0,13	1,77	1,91
10	0,23	1,77	2,01
11	0,28	1,56	1,84
12	0,39	1,30	1,69
13	0,39	1,16	1,55
14	0,44	1,05	1,49
15	0,44	0,94	1,38
16	0,39	0,94	1,33
17	0,39	0,80	1,18
18	0,34	0,69	1,02
19	0,23	0,62	0,85
20	0,18	0,54	0,73
21	0,13	0,47	0,60
22	0,03	0,43	0,46

– A1-03

A_vidro	Quantidade	Total
3,375	2	6,75
1,725	2	3,45
Total		10,2

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	10,2	1	710	0,34	2,46
8	10,2	1	710	0,45	3,26
9	10,2	1	710	0,49	3,55
10	10,2	1	710	0,49	3,55
11	10,2	1	710	0,43	3,11
12	10,2	1	710	0,36	2,61
13	10,2	1	710	0,32	2,32
14	10,2	1	710	0,29	2,10
15	10,2	1	710	0,26	1,88
16	10,2	1	710	0,26	1,88
17	10,2	1	710	0,22	1,59
18	10,2	1	710	0,19	1,38
19	10,2	1	710	0,17	1,23
20	10,2	1	710	0,15	1,09
21	10,2	1	710	0,13	0,94
22	10,2	1	710	0,12	0,87

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	10,2	0	0,0293
8	2,93	10,2	1	0,1313
9	2,93	10,2	2	0,2333
10	2,93	10,2	4	0,4373
11	2,93	10,2	5	0,5393
12	2,93	10,2	7	0,7433
13	2,93	10,2	7	0,7433
14	2,93	10,2	8	0,8453
15	2,93	10,2	8	0,8453
16	2,93	10,2	7	0,7433
17	2,93	10,2	7	0,7433
18	2,93	10,2	6	0,6413
19	2,93	10,2	4	0,4373
20	2,93	10,2	3	0,3353
21	2,93	10,2	2	0,2333
22	2,93	10,2	0	0,0293

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,03	2,46	2,49
8	0,13	3,26	3,39
9	0,23	3,55	3,78
10	0,44	3,55	3,99
11	0,54	3,11	3,65
12	0,74	2,61	3,35
13	0,74	2,32	3,06
14	0,85	2,10	2,95
15	0,85	1,88	2,73
16	0,74	1,88	2,63
17	0,74	1,59	2,34
18	0,64	1,38	2,02
19	0,44	1,23	1,67
20	0,34	1,09	1,42
21	0,23	0,94	1,17
22	0,03	0,87	0,90

– A1-04

A_vidro	Quantidade	Total
3,375	1	3,375
1,725	1	1,725
Total		5,1

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	5,1	1	710	0,34	1,23
8	5,1	1	710	0,45	1,63
9	5,1	1	710	0,49	1,77
10	5,1	1	710	0,49	1,77
11	5,1	1	710	0,43	1,56
12	5,1	1	710	0,36	1,30
13	5,1	1	710	0,32	1,16
14	5,1	1	710	0,29	1,05
15	5,1	1	710	0,26	0,94
16	5,1	1	710	0,26	0,94
17	5,1	1	710	0,22	0,80
18	5,1	1	710	0,19	0,69
19	5,1	1	710	0,17	0,62
20	5,1	1	710	0,15	0,54
21	5,1	1	710	0,13	0,47
22	5,1	1	710	0,12	0,43

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	5,1	0	0,03
8	2,93	5,1	1	0,08
9	2,93	5,1	2	0,13
10	2,93	5,1	4	0,23
11	2,93	5,1	5	0,28
12	2,93	5,1	7	0,39
13	2,93	5,1	7	0,39
14	2,93	5,1	8	0,44
15	2,93	5,1	8	0,44
16	2,93	5,1	7	0,39
17	2,93	5,1	7	0,39
18	2,93	5,1	6	0,34
19	2,93	5,1	4	0,23
20	2,93	5,1	3	0,18
21	2,93	5,1	2	0,13
22	2,93	5,1	0	0,03

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,03	1,23	1,26
8	0,08	1,63	1,71
9	0,13	1,77	1,91
10	0,23	1,77	2,01
11	0,28	1,56	1,84
12	0,39	1,30	1,69
13	0,39	1,16	1,55
14	0,44	1,05	1,49
15	0,44	0,94	1,38
16	0,39	0,94	1,33
17	0,39	0,80	1,18
18	0,34	0,69	1,02
19	0,23	0,62	0,85
20	0,18	0,54	0,73
21	0,13	0,47	0,60
22	0,03	0,43	0,46

– A1-05

A_vidro	Quantidade	Total
3,375	2	6,75
1,725	2	3,45
Total		10,2

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	10,2	1	710	0,34	2,46
8	10,2	1	710	0,45	3,26
9	10,2	1	710	0,49	3,55
10	10,2	1	710	0,49	3,55
11	10,2	1	710	0,43	3,11
12	10,2	1	710	0,36	2,61
13	10,2	1	710	0,32	2,32
14	10,2	1	710	0,29	2,10
15	10,2	1	710	0,26	1,88
16	10,2	1	710	0,26	1,88
17	10,2	1	710	0,22	1,59
18	10,2	1	710	0,19	1,38
19	10,2	1	710	0,17	1,23
20	10,2	1	710	0,15	1,09
21	10,2	1	710	0,13	0,94
22	10,2	1	710	0,12	0,87

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	10,2	0	0,029
8	2,93	10,2	1	0,131
9	2,93	10,2	2	0,233
10	2,93	10,2	4	0,437
11	2,93	10,2	5	0,539
12	2,93	10,2	7	0,743
13	2,93	10,2	7	0,743
14	2,93	10,2	8	0,845
15	2,93	10,2	8	0,845
16	2,93	10,2	7	0,743
17	2,93	10,2	7	0,743
18	2,93	10,2	6	0,641
19	2,93	10,2	4	0,437
20	2,93	10,2	3	0,335
21	2,93	10,2	2	0,233
22	2,93	10,2	0	0,029

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,03	2,46	2,49
8	0,13	3,26	3,39
9	0,23	3,55	3,78
10	0,44	3,55	3,99
11	0,54	3,11	3,65
12	0,74	2,61	3,35
13	0,74	2,32	3,06
14	0,85	2,10	2,95
15	0,85	1,88	2,73
16	0,74	1,88	2,63
17	0,74	1,59	2,34
18	0,64	1,38	2,02
19	0,44	1,23	1,67
20	0,34	1,09	1,42
21	0,23	0,94	1,17
22	0,03	0,87	0,90

– A1-06

A_vidro	Quantidade	Total
3,375	2	6,75
1,725	2	3,45
Total		10,2

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	10,2	1	710	0,34	2,46
8	10,2	1	710	0,45	3,26
9	10,2	1	710	0,49	3,55
10	10,2	1	710	0,49	3,55
11	10,2	1	710	0,43	3,11
12	10,2	1	710	0,36	2,61
13	10,2	1	710	0,32	2,32
14	10,2	1	710	0,29	2,10
15	10,2	1	710	0,26	1,88
16	10,2	1	710	0,26	1,88
17	10,2	1	710	0,22	1,59
18	10,2	1	710	0,19	1,38
19	10,2	1	710	0,17	1,23
20	10,2	1	710	0,15	1,09
21	10,2	1	710	0,13	0,94
22	10,2	1	710	0,12	0,87

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	10,2	0	0,03
8	2,93	10,2	1	0,13
9	2,93	10,2	2	0,23
10	2,93	10,2	4	0,44
11	2,93	10,2	5	0,54
12	2,93	10,2	7	0,74
13	2,93	10,2	7	0,74
14	2,93	10,2	8	0,85
15	2,93	10,2	8	0,85
16	2,93	10,2	7	0,74
17	2,93	10,2	7	0,74
18	2,93	10,2	6	0,64
19	2,93	10,2	4	0,44
20	2,93	10,2	3	0,34
21	2,93	10,2	2	0,23
22	2,93	10,2	0	0,03

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,03	2,46	2,49
8	0,13	3,26	3,39
9	0,23	3,55	3,78
10	0,44	3,55	3,99
11	0,54	3,11	3,65
12	0,74	2,61	3,35
13	0,74	2,32	3,06
14	0,85	2,10	2,95
15	0,85	1,88	2,73
16	0,74	1,88	2,63
17	0,74	1,59	2,34
18	0,64	1,38	2,02
19	0,44	1,23	1,67
20	0,34	1,09	1,42
21	0,23	0,94	1,17
22	0,03	0,87	0,90

– A1-07

A_vidro	Quantidade	Total
3,375	2	6,75
1,725	2	3,45
Total		10,2

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	10,2	1	710	0,34	2,46
8	10,2	1	710	0,45	3,26
9	10,2	1	710	0,49	3,55
10	10,2	1	710	0,49	3,55
11	10,2	1	710	0,43	3,11
12	10,2	1	710	0,36	2,61
13	10,2	1	710	0,32	2,32
14	10,2	1	710	0,29	2,10
15	10,2	1	710	0,26	1,88
16	10,2	1	710	0,26	1,88
17	10,2	1	710	0,22	1,59
18	10,2	1	710	0,19	1,38
19	10,2	1	710	0,17	1,23
20	10,2	1	710	0,15	1,09
21	10,2	1	710	0,13	0,94
22	10,2	1	710	0,12	0,87

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	10,2	0	0,029
8	2,93	10,2	1	0,131
9	2,93	10,2	2	0,233
10	2,93	10,2	4	0,437
11	2,93	10,2	5	0,539
12	2,93	10,2	7	0,743
13	2,93	10,2	7	0,743
14	2,93	10,2	8	0,845
15	2,93	10,2	8	0,845
16	2,93	10,2	7	0,743
17	2,93	10,2	7	0,743
18	2,93	10,2	6	0,641
19	2,93	10,2	4	0,437
20	2,93	10,2	3	0,335
21	2,93	10,2	2	0,233
22	2,93	10,2	0	0,029

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,03	2,46	2,49
8	0,13	3,26	3,39
9	0,23	3,55	3,78
10	0,44	3,55	3,99
11	0,54	3,11	3,65
12	0,74	2,61	3,35
13	0,74	2,32	3,06
14	0,85	2,10	2,95
15	0,85	1,88	2,73
16	0,74	1,88	2,63
17	0,74	1,59	2,34
18	0,64	1,38	2,02
19	0,44	1,23	1,67
20	0,34	1,09	1,42
21	0,23	0,94	1,17
22	0,03	0,87	0,90

– A1-08

A_vidro	Quantidade	Total
1,05	2	2,1

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	2,1	1	125	0,14	0,04
8	2,1	1	125	0,17	0,04
9	2,1	1	125	0,24	0,06
10	2,1	1	125	0,33	0,09
11	2,1	1	125	0,43	0,11
12	2,1	1	125	0,51	0,13
13	2,1	1	125	0,56	0,15
14	2,1	1	125	0,55	0,14
15	2,1	1	125	0,50	0,13
16	2,1	1	125	0,43	0,11
17	2,1	1	125	0,37	0,10
18	2,1	1	125	0,32	0,08
19	2,1	1	125	0,26	0,07
20	2,1	1	125	0,22	0,06
21	2,1	1	125	0,20	0,05
22	2,1	1	125	0,18	0,05

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	2,1	-1	0,0083
8	2,93	2,1	0	0,0293
9	2,93	2,1	1	0,0503
10	2,93	2,1	2	0,0713
11	2,93	2,1	4	0,1133
12	2,93	2,1	5	0,1343
13	2,93	2,1	7	0,1763
14	2,93	2,1	7	0,1763
15	2,93	2,1	8	0,1973
16	2,93	2,1	8	0,1973
17	2,93	2,1	7	0,1763
18	2,93	2,1	7	0,1763
19	2,93	2,1	6	0,1553
20	2,93	2,1	4	0,1133
21	2,93	2,1	3	0,0923
22	2,93	2,1	2	0,0713

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	0,01	0,04	0,05
8	0,03	0,04	0,07
9	0,05	0,06	0,11
10	0,07	0,09	0,16
11	0,11	0,11	0,23
12	0,13	0,13	0,27
13	0,18	0,15	0,32
14	0,18	0,14	0,32
15	0,20	0,13	0,33
16	0,20	0,11	0,31
17	0,18	0,10	0,27
18	0,18	0,08	0,26
19	0,16	0,07	0,22
20	0,11	0,06	0,17
21	0,09	0,05	0,14
22	0,07	0,05	0,12

– A1-09

A_vidro	Quantidade	Total
1,5	4	6

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	6	1	125	0,14	0,11
8	6	1	125	0,17	0,13
9	6	1	125	0,24	0,18
10	6	1	125	0,33	0,25
11	6	1	125	0,43	0,32
12	6	1	125	0,51	0,38
13	6	1	125	0,56	0,42
14	6	1	125	0,55	0,41
15	6	1	125	0,50	0,38
16	6	1	125	0,43	0,32
17	6	1	125	0,37	0,28
18	6	1	125	0,32	0,24
19	6	1	125	0,26	0,20
20	6	1	125	0,22	0,17
21	6	1	125	0,20	0,15
22	6	1	125	0,18	0,14

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	6	-1	-0,0307
8	2,93	6	0	0,0293
9	2,93	6	1	0,0893
10	2,93	6	2	0,1493
11	2,93	6	4	0,2693
12	2,93	6	5	0,3293
13	2,93	6	7	0,4493
14	2,93	6	7	0,4493
15	2,93	6	8	0,5093
16	2,93	6	8	0,5093
17	2,93	6	7	0,4493
18	2,93	6	7	0,4493
19	2,93	6	6	0,3893
20	2,93	6	4	0,2693
21	2,93	6	3	0,2093
22	2,93	6	2	0,1493

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	-0,03	0,11	0,07
8	0,03	0,13	0,16
9	0,09	0,18	0,27
10	0,15	0,25	0,40
11	0,27	0,32	0,59
12	0,33	0,38	0,71
13	0,45	0,42	0,87
14	0,45	0,41	0,86
15	0,51	0,38	0,88
16	0,51	0,32	0,83
17	0,45	0,28	0,73
18	0,45	0,24	0,69
19	0,39	0,20	0,58
20	0,27	0,17	0,43
21	0,21	0,15	0,36
22	0,15	0,14	0,28

A_vidro	Quantidade	Total
1,5	3	4,5

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	4,5	1	125	0,14	0,08
8	4,5	1	125	0,17	0,10
9	4,5	1	125	0,24	0,14
10	4,5	1	125	0,33	0,19
11	4,5	1	125	0,43	0,24
12	4,5	1	125	0,51	0,29
13	4,5	1	125	0,56	0,32
14	4,5	1	125	0,55	0,31
15	4,5	1	125	0,50	0,28
16	4,5	1	125	0,43	0,24
17	4,5	1	125	0,37	0,21
18	4,5	1	125	0,32	0,18
19	4,5	1	125	0,26	0,15
20	4,5	1	125	0,22	0,12
21	4,5	1	125	0,20	0,11
22	4,5	1	125	0,18	0,10

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	4,5	-1	-0,0157
8	2,93	4,5	0	0,0293
9	2,93	4,5	1	0,0743
10	2,93	4,5	2	0,1193
11	2,93	4,5	4	0,2093
12	2,93	4,5	5	0,2543
13	2,93	4,5	7	0,3443
14	2,93	4,5	7	0,3443
15	2,93	4,5	8	0,3893
16	2,93	4,5	8	0,3893
17	2,93	4,5	7	0,3443
18	2,93	4,5	7	0,3443
19	2,93	4,5	6	0,2993
20	2,93	4,5	4	0,2093
21	2,93	4,5	3	0,1643
22	2,93	4,5	2	0,1193

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	-0,02	0,08	0,06
8	0,03	0,10	0,12
9	0,07	0,14	0,21
10	0,12	0,19	0,30
11	0,21	0,24	0,45
12	0,25	0,29	0,54
13	0,34	0,32	0,66
14	0,34	0,31	0,65
15	0,39	0,28	0,67
16	0,39	0,24	0,63
17	0,34	0,21	0,55
18	0,34	0,18	0,52
19	0,30	0,15	0,45
20	0,21	0,12	0,33
21	0,16	0,11	0,28
22	0,12	0,10	0,22

A_vidro	Quantidade	Total
1,5	4	6

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	6	1	125	0,14	0,11
8	6	1	125	0,17	0,13
9	6	1	125	0,24	0,18
10	6	1	125	0,33	0,25
11	6	1	125	0,43	0,32
12	6	1	125	0,51	0,38
13	6	1	125	0,56	0,42
14	6	1	125	0,55	0,41
15	6	1	125	0,50	0,38
16	6	1	125	0,43	0,32
17	6	1	125	0,37	0,28
18	6	1	125	0,32	0,24
19	6	1	125	0,26	0,20
20	6	1	125	0,22	0,17
21	6	1	125	0,20	0,15
22	6	1	125	0,18	0,14

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	6	-1	-0,031
8	2,93	6	0	0,029
9	2,93	6	1	0,089
10	2,93	6	2	0,149
11	2,93	6	4	0,269
12	2,93	6	5	0,329
13	2,93	6	7	0,449
14	2,93	6	7	0,449
15	2,93	6	8	0,509
16	2,93	6	8	0,509
17	2,93	6	7	0,449
18	2,93	6	7	0,449
19	2,93	6	6	0,389
20	2,93	6	4	0,269
21	2,93	6	3	0,209
22	2,93	6	2	0,149

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	-0,03	0,11	0,07
8	0,03	0,13	0,16
9	0,09	0,18	0,27
10	0,15	0,25	0,40
11	0,27	0,32	0,59
12	0,33	0,38	0,71
13	0,45	0,42	0,87
14	0,45	0,41	0,86
15	0,51	0,38	0,88
16	0,51	0,32	0,83
17	0,45	0,28	0,73
18	0,45	0,24	0,69
19	0,39	0,20	0,58
20	0,27	0,17	0,43
21	0,21	0,15	0,36
22	0,15	0,14	0,28

– A1-12

A_vidro	Quantidade	Total
1,5	4	6

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	6	1	125	0,14	0,11
8	6	1	125	0,17	0,13
9	6	1	125	0,24	0,18
10	6	1	125	0,33	0,25
11	6	1	125	0,43	0,32
12	6	1	125	0,51	0,38
13	6	1	125	0,56	0,42
14	6	1	125	0,55	0,41
15	6	1	125	0,50	0,38
16	6	1	125	0,43	0,32
17	6	1	125	0,37	0,28
18	6	1	125	0,32	0,24
19	6	1	125	0,26	0,20
20	6	1	125	0,22	0,17
21	6	1	125	0,20	0,15
22	6	1	125	0,18	0,14

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	6	-1	-0,0307
8	2,93	6	0	0,0293
9	2,93	6	1	0,0893
10	2,93	6	2	0,1493
11	2,93	6	4	0,2693
12	2,93	6	5	0,3293
13	2,93	6	7	0,4493
14	2,93	6	7	0,4493
15	2,93	6	8	0,5093
16	2,93	6	8	0,5093
17	2,93	6	7	0,4493
18	2,93	6	7	0,4493
19	2,93	6	6	0,3893
20	2,93	6	4	0,2693
21	2,93	6	3	0,2093
22	2,93	6	2	0,1493

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	-0,03	0,11	0,07
8	0,03	0,13	0,16
9	0,09	0,18	0,27
10	0,15	0,25	0,40
11	0,27	0,32	0,59
12	0,33	0,38	0,71
13	0,45	0,42	0,87
14	0,45	0,41	0,86
15	0,51	0,38	0,88
16	0,51	0,32	0,83
17	0,45	0,28	0,73
18	0,45	0,24	0,69
19	0,39	0,20	0,58
20	0,27	0,17	0,43
21	0,21	0,15	0,36
22	0,15	0,14	0,28

A_vidro	Quantidade	Total
1,5	3	4,5

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	4,5	1	125	0,14	0,08
8	4,5	1	125	0,17	0,10
9	4,5	1	125	0,24	0,14
10	4,5	1	125	0,33	0,19
11	4,5	1	125	0,43	0,24
12	4,5	1	125	0,51	0,29
13	4,5	1	125	0,56	0,32
14	4,5	1	125	0,55	0,31
15	4,5	1	125	0,50	0,28
16	4,5	1	125	0,43	0,24
17	4,5	1	125	0,37	0,21
18	4,5	1	125	0,32	0,18
19	4,5	1	125	0,26	0,15
20	4,5	1	125	0,22	0,12
21	4,5	1	125	0,20	0,11
22	4,5	1	125	0,18	0,10

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	4,5	-1	-0,0157
8	2,93	4,5	0	0,0293
9	2,93	4,5	1	0,0743
10	2,93	4,5	2	0,1193
11	2,93	4,5	4	0,2093
12	2,93	4,5	5	0,2543
13	2,93	4,5	7	0,3443
14	2,93	4,5	7	0,3443
15	2,93	4,5	8	0,3893
16	2,93	4,5	8	0,3893
17	2,93	4,5	7	0,3443
18	2,93	4,5	7	0,3443
19	2,93	4,5	6	0,2993
20	2,93	4,5	4	0,2093
21	2,93	4,5	3	0,1643
22	2,93	4,5	2	0,1193

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	-0,02	0,08	0,063
8	0,03	0,10	0,125
9	0,07	0,14	0,209
10	0,12	0,19	0,305
11	0,21	0,24	0,451
12	0,25	0,29	0,541
13	0,34	0,32	0,659
14	0,34	0,31	0,654
15	0,39	0,28	0,671
16	0,39	0,24	0,631
17	0,34	0,21	0,552
18	0,34	0,18	0,524
19	0,30	0,15	0,446
20	0,21	0,12	0,333
21	0,16	0,11	0,277
22	0,12	0,10	0,221

A_vidro	Quantidade	Total
1,5	4	6

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	6	1	125	0,14	0,11
8	6	1	125	0,17	0,13
9	6	1	125	0,24	0,18
10	6	1	125	0,33	0,25
11	6	1	125	0,43	0,32
12	6	1	125	0,51	0,38
13	6	1	125	0,56	0,42
14	6	1	125	0,55	0,41
15	6	1	125	0,50	0,38
16	6	1	125	0,43	0,32
17	6	1	125	0,37	0,28
18	6	1	125	0,32	0,24
19	6	1	125	0,26	0,20
20	6	1	125	0,22	0,17
21	6	1	125	0,20	0,15
22	6	1	125	0,18	0,14

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	6	-1	-0,031
8	2,93	6	0	0,029
9	2,93	6	1	0,089
10	2,93	6	2	0,149
11	2,93	6	4	0,269
12	2,93	6	5	0,329
13	2,93	6	7	0,449
14	2,93	6	7	0,449
15	2,93	6	8	0,509
16	2,93	6	8	0,509
17	2,93	6	7	0,449
18	2,93	6	7	0,449
19	2,93	6	6	0,389
20	2,93	6	4	0,269
21	2,93	6	3	0,209
22	2,93	6	2	0,149

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	-0,031	0,11	0,074
8	0,029	0,13	0,157
9	0,089	0,18	0,269
10	0,149	0,25	0,397
11	0,269	0,32	0,592
12	0,329	0,38	0,712
13	0,449	0,42	0,869
14	0,449	0,41	0,862
15	0,509	0,38	0,884
16	0,509	0,32	0,832
17	0,449	0,28	0,727
18	0,449	0,24	0,689
19	0,389	0,20	0,584
20	0,269	0,17	0,434
21	0,209	0,15	0,359
22	0,149	0,14	0,284

A_vidro	Quantidade	Total
1,5	4	6

RADIAÇÃO					
Hora	A (m²)	SC	SHGF (kW/m²)	CLF_(h)	C_radiação (kW)
7	6	1	125	0,14	0,11
8	6	1	125	0,17	0,13
9	6	1	125	0,24	0,18
10	6	1	125	0,33	0,25
11	6	1	125	0,43	0,32
12	6	1	125	0,51	0,38
13	6	1	125	0,56	0,42
14	6	1	125	0,55	0,41
15	6	1	125	0,50	0,38
16	6	1	125	0,43	0,32
17	6	1	125	0,37	0,28
18	6	1	125	0,32	0,24
19	6	1	125	0,26	0,20
20	6	1	125	0,22	0,17
21	6	1	125	0,20	0,15
22	6	1	125	0,18	0,14

CONDUÇÃO				
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD (h) (°C)	Condução
7	2,93	6	-1	-0,03070
8	2,93	6	0	0,02930
9	2,93	6	1	0,08930
10	2,93	6	2	0,14930
11	2,93	6	4	0,26930
12	2,93	6	5	0,32930
13	2,93	6	7	0,44930
14	2,93	6	7	0,44930
15	2,93	6	8	0,50930
16	2,93	6	8	0,50930
17	2,93	6	7	0,44930
18	2,93	6	7	0,44930
19	2,93	6	6	0,38930
20	2,93	6	4	0,26930
21	2,93	6	3	0,20930
22	2,93	6	2	0,14930

TOTAL			
Hora	Condução	C_radiação (kW)	CT_vidros (kW)
7	-0,03	0,11	0,07
8	0,03	0,13	0,16
9	0,09	0,18	0,27
10	0,15	0,25	0,40
11	0,27	0,32	0,59
12	0,33	0,38	0,71
13	0,45	0,42	0,87
14	0,45	0,41	0,86
15	0,51	0,38	0,88
16	0,51	0,32	0,83
17	0,45	0,28	0,73
18	0,45	0,24	0,69
19	0,39	0,20	0,58
20	0,27	0,17	0,43
21	0,21	0,15	0,36
22	0,15	0,14	0,28

- Tabela 4 - Cálculo de carga térmica devido a superfícies opacas.

– Parades

LOCAL	SIGLA	ÁREA (m²)	Nº DE PESSOAS	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	ALTURA (m)
Coordenação - PPGEM	A1-01	10,91	10	3,42	3,2	2,9
Sala de aula - PPGEM	A1-02	44,62	25	8,8	4,74	2,9
Sala de aula	A1-03	65,93	40	8,8	7,4	2,9
Sala de aula	A1-04	66,07	40	8,8	7,53	2,9
Sala de aula	A1-05	66,56	40	8,8	7,59	2,9
Sala de aula	A1-06	64,48	40	8,8	7,36	2,9
Sala de aula	A1-07	68,52	40	8,8	7,82	2,9
Disciplina	A1	41,02	10	6,4	6,62	2,9
Sala de aula	A1-08	55,01	40	8,61	6,43	2,9
Sala de aula	A1-09	55,58	40	8,61	6,49	2,9
Sala de aula	A1-10	41,32	25	8,61	4,82	2,9
Sala de aula	A1-11	55,4	40	8,61	6,45	2,9
Sala de aula	A1-12	53,93	40	8,61	6,28	2,9
Sala de aula	A1-13	55,19	40	8,61	6,45	2,9
Sala de aula	A1-14	47,82	25	8,61	5,57	2,9
Sala de aula	A1-15	50,18	25	8,61	5,85	2,9

CLTD - Oeste									
H	T _{tab} (°C)	f	ΔT _{med} (°C)	T _{m(h)} (°C)	T _i (°C)	k	CLTD _{oest(h)} (°C)	LM	CLTD _{corr(h)} (°C)
1	37,2	0,87	12,2	26,59	24	1		-2,2	
2	37,2	0,92	12,2	25,98	24	1		-2,2	
3	37,2	0,96	12,2	25,49	24	1		-2,2	
4	37,2	0,99	12,2	25,12	24	1		-2,2	
5	37,2	1	12,2	25,00	24	1		-2,2	
6	37,2	0,98	12,2	25,24	24	1		-2,2	
7	37,2	0,93	12,2	25,85	24	1	4	-2,2	-0,25
8	37,2	0,84	12,2	26,95	24	1	3	-2,2	-0,15
9	37,2	0,71	12,2	28,54	24	1	3	-2,2	1,44
10	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	4	-2,2	4,27
11	37,2	0,39	12,2	32,44	24	1	4	-2,2	6,34
12	37,2	0,23	12,2	34,39	24	1	5	-2,2	9,29
13	37,2	0,11	12,2	35,86	24	1	6	-2,2	11,76
14	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	8	-2,2	14,73
15	37,2	0	12,2	37,20	24	1	11	-2,2	18,10
16	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	15	-2,2	21,73
17	37,2	0,1	12,2	35,98	24	1	20	-2,2	25,88
18	37,2	0,21	12,2	34,64	24	1	24	-2,2	28,54
19	37,2	0,34	12,2	33,05	24	1	27	-2,2	29,95
20	37,2	0,47	12,2	31,47	24	1	27	-2,2	28,37
21	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	25	-2,2	25,27
22	37,2	0,68	12,2	28,90	24	1	22	-2,2	20,80
23	37,2	0,76	12,2	27,93	24	1		-2,2	
24	37,2	0,82	12,2	27,20	24	1		-2,2	

CLTD - LESTE									
H	T _{tab} (°C)	f	ΔT _{med} (°C)	T _{m(h)} (°C)	T _i (°C)	k	CLTD _{oest(h)} (°C)	LM	CLTD _{corr(h)} (°C)
1	37,2	0,87	12,2	26,59	24	1		-2,2	
2	37,2	0,92	12,2	25,98	24	1		-2,2	
3	37,2	0,96	12,2	25,49	24	1		-2,2	
4	37,2	0,99	12,2	25,12	24	1		-2,2	
5	37,2	1	12,2	25,00	24	1		-2,2	
6	37,2	0,98	12,2	25,24	24	1		-2,2	
7	37,2	0,93	12,2	25,85	24	1	3	-2,2	-1,25
8	37,2	0,84	12,2	26,95	24	1	6	-2,2	2,85
9	37,2	0,71	12,2	28,54	24	1	10	-2,2	8,44
10	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	15	-2,2	15,27
11	37,2	0,39	12,2	32,44	24	1	18	-2,2	20,34
12	37,2	0,23	12,2	34,39	24	1	20	-2,2	24,29
13	37,2	0,11	12,2	35,86	24	1	21	-2,2	26,76
14	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	21	-2,2	27,73
15	37,2	0	12,2	37,20	24	1	20	-2,2	27,10
16	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	19	-2,2	25,73
17	37,2	0,1	12,2	35,98	24	1	18	-2,2	23,88
18	37,2	0,21	12,2	34,64	24	1	18	-2,2	22,54
19	37,2	0,34	12,2	33,05	24	1	17	-2,2	19,95
20	37,2	0,47	12,2	31,47	24	1	15	-2,2	16,37
21	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	14	-2,2	14,27
22	37,2	0,68	12,2	28,90	24	1	12	-2,2	10,80
23	37,2	0,76	12,2	27,93	24	1		-2,2	
24	37,2	0,82	12,2	27,20	24	1		-2,2	

CLTD - SUL									
H	T _{tab} (°C)	f	ΔT _{med} (°C)	T _m (h) (°C)	T _i (°C)	k	CLTD _{oest} (h) (°C)	LM	CLTD _{corr} (h) (°C)
1	37,2	0,87	12,2	26,59	24	1		-0,5	
2	37,2	0,92	12,2	25,98	24	1		-0,5	
3	37,2	0,96	12,2	25,49	24	1		-0,5	
4	37,2	0,99	12,2	25,12	24	1		-0,5	
5	37,2	1	12,2	25,00	24	1		-0,5	
6	37,2	0,98	12,2	25,24	24	1		-0,5	
7	37,2	0,93	12,2	25,85	24	1	2	-0,5	-0,55
8	37,2	0,84	12,2	26,95	24	1	2	-0,5	0,55
9	37,2	0,71	12,2	28,54	24	1	3	-0,5	3,14
10	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	3	-0,5	4,97
11	37,2	0,39	12,2	32,44	24	1	4	-0,5	8,04
12	37,2	0,23	12,2	34,39	24	1	5	-0,5	10,99
13	37,2	0,11	12,2	35,86	24	1	6	-0,5	13,46
14	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	7	-0,5	15,43
15	37,2	0	12,2	37,20	24	1	8	-0,5	16,80
16	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	10	-0,5	18,43
17	37,2	0,1	12,2	35,98	24	1	10	-0,5	17,58
18	37,2	0,21	12,2	34,64	24	1	11	-0,5	17,24
19	37,2	0,34	12,2	33,05	24	1	12	-0,5	16,65
20	37,2	0,47	12,2	31,47	24	1	12	-0,5	15,07
21	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	11	-0,5	12,97
22	37,2	0,68	12,2	28,90	24	1	10	-0,5	10,50
23	37,2	0,76	12,2	27,93	24	1		-0,5	
24	37,2	0,82	12,2	27,20	24	1		-0,5	

* A1-01

Base	Altura	Área da parede
3,2	2,9	9,28

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD _{corr} (h) (°C)	CT _{corr} (Kw)
7	1,85	9,28	-0,25	0,00
8	1,85	9,28	-0,15	0,00
9	1,85	9,28	1,44	0,02
10	1,85	9,28	4,27	0,07
11	1,85	9,28	6,34	0,11
12	1,85	9,28	9,29	0,16
13	1,85	9,28	11,76	0,20
14	1,85	9,28	14,73	0,25
15	1,85	9,28	18,10	0,31
16	1,85	9,28	21,73	0,37
17	1,85	9,28	25,88	0,44
18	1,85	9,28	28,54	0,49
19	1,85	9,28	29,95	0,51
20	1,85	9,28	28,37	0,49
21	1,85	9,28	25,27	0,43
22	1,85	9,28	20,80	0,36

* A1-02

Base	Altura	Área da parede
4,74	2,9	13,746

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD _{corr} (h) (°C)	CT _{corr} (Kw)
7	1,85	13,746	-1,25	-0,03
8	1,85	13,746	2,85	0,07
9	1,85	13,746	8,44	0,21
10	1,85	13,746	15,27	0,39
11	1,85	13,746	20,34	0,52
12	1,85	13,746	24,29	0,62
13	1,85	13,746	26,76	0,68
14	1,85	13,746	27,73	0,71
15	1,85	13,746	27,10	0,69
16	1,85	13,746	25,73	0,65
17	1,85	13,746	23,88	0,61
18	1,85	13,746	22,54	0,57
19	1,85	13,746	19,95	0,51
20	1,85	13,746	16,37	0,42
21	1,85	13,746	14,27	0,36
22	1,85	13,746	10,80	0,27

* A1-03

Base	Altura	Área da parede
7,4	2,9	21,46

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	21,46	-1,25	-0,05
8	1,85	21,46	2,85	0,11
9	1,85	21,46	8,44	0,33
10	1,85	21,46	15,27	0,61
11	1,85	21,46	20,34	0,81
12	1,85	21,46	24,29	0,96
13	1,85	21,46	26,76	1,06
14	1,85	21,46	27,73	1,10
15	1,85	21,46	27,10	1,08
16	1,85	21,46	25,73	1,02
17	1,85	21,46	23,88	0,95
18	1,85	21,46	22,54	0,89
19	1,85	21,46	19,95	0,79
20	1,85	21,46	16,37	0,65
21	1,85	21,46	14,27	0,57
22	1,85	21,46	10,80	0,43

* **A1-04**

Base	Altura	Área da parede
7,53	2,9	21,837

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	21,837	-1,25	-0,05
8	1,85	21,837	2,85	0,12
9	1,85	21,837	8,44	0,34
10	1,85	21,837	15,27	0,62
11	1,85	21,837	20,34	0,82
12	1,85	21,837	24,29	0,98
13	1,85	21,837	26,76	1,08
14	1,85	21,837	27,73	1,12
15	1,85	21,837	27,10	1,09
16	1,85	21,837	25,73	1,04
17	1,85	21,837	23,88	0,96
18	1,85	21,837	22,54	0,91
19	1,85	21,837	19,95	0,81
20	1,85	21,837	16,37	0,66
21	1,85	21,837	14,27	0,58
22	1,85	21,837	10,80	0,44

* **A1-05**

Base	Altura	Área da parede
7,59	2,9	22,011

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	22,011	-1,25	-0,05
8	1,85	22,011	2,85	0,12
9	1,85	22,011	8,44	0,34
10	1,85	22,011	15,27	0,62
11	1,85	22,011	20,34	0,83
12	1,85	22,011	24,29	0,99
13	1,85	22,011	26,76	1,09
14	1,85	22,011	27,73	1,13
15	1,85	22,011	27,10	1,10
16	1,85	22,011	25,73	1,05
17	1,85	22,011	23,88	0,97
18	1,85	22,011	22,54	0,92
19	1,85	22,011	19,95	0,81
20	1,85	22,011	16,37	0,67
21	1,85	22,011	14,27	0,58
22	1,85	22,011	10,80	0,44

* **A1-06**

Base	Altura	Área da parede
7,36	2,9	21,344

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	21,344	-1,25	-0,05
8	1,85	21,344	2,85	0,11
9	1,85	21,344	8,44	0,33
10	1,85	21,344	15,27	0,60
11	1,85	21,344	20,34	0,80
12	1,85	21,344	24,29	0,96
13	1,85	21,344	26,76	1,06
14	1,85	21,344	27,73	1,10
15	1,85	21,344	27,10	1,07
16	1,85	21,344	25,73	1,02
17	1,85	21,344	23,88	0,94
18	1,85	21,344	22,54	0,89
19	1,85	21,344	19,95	0,79
20	1,85	21,344	16,37	0,65
21	1,85	21,344	14,27	0,56
22	1,85	21,344	10,80	0,43

* A1-07

Base	Altura	Área da parede
7,82	2,9	22,678

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	22,678	-1,25	-0,05
8	1,85	22,678	2,85	0,12
9	1,85	22,678	8,44	0,35
10	1,85	22,678	15,27	0,64
11	1,85	22,678	20,34	0,85
12	1,85	22,678	24,29	1,02
13	1,85	22,678	26,76	1,12
14	1,85	22,678	27,73	1,16
15	1,85	22,678	27,10	1,14
16	1,85	22,678	25,73	1,08
17	1,85	22,678	23,88	1,00
18	1,85	22,678	22,54	0,95
19	1,85	22,678	19,95	0,84
20	1,85	22,678	16,37	0,69
21	1,85	22,678	14,27	0,60
22	1,85	22,678	10,80	0,45

* A1

Base	Altura	Área da parede
6,62	2,9	19,198

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	19,198	-0,55	-0,02
8	1,85	19,198	0,55	0,02
9	1,85	19,198	3,14	0,11
10	1,85	19,198	4,97	0,18
11	1,85	19,198	8,04	0,29
12	1,85	19,198	10,99	0,39
13	1,85	19,198	13,46	0,48
14	1,85	19,198	15,43	0,55
15	1,85	19,198	16,80	0,60
16	1,85	19,198	18,43	0,65
17	1,85	19,198	17,58	0,62
18	1,85	19,198	17,24	0,61
19	1,85	19,198	16,65	0,59
20	1,85	19,198	15,07	0,54
21	1,85	19,198	12,97	0,46
22	1,85	19,198	10,50	0,37

* A1-08

Base	Altura	Área da parede
6,43	2,9	18,647

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	18,647	-0,55	-0,02
8	1,85	18,647	0,55	0,02
9	1,85	18,647	3,14	0,11
10	1,85	18,647	4,97	0,17
11	1,85	18,647	8,04	0,28
12	1,85	18,647	10,99	0,38
13	1,85	18,647	13,46	0,46
14	1,85	18,647	15,43	0,53
15	1,85	18,647	16,80	0,58
16	1,85	18,647	18,43	0,64
17	1,85	18,647	17,58	0,61
18	1,85	18,647	17,24	0,59
19	1,85	18,647	16,65	0,57
20	1,85	18,647	15,07	0,52
21	1,85	18,647	12,97	0,45
22	1,85	18,647	10,50	0,36

* A1-09

Base	Altura	Área da parede
6,49	2,9	18,821

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	18,821	-0,55	-0,02
8	1,85	18,821	0,55	0,02
9	1,85	18,821	3,14	0,11
10	1,85	18,821	4,97	0,17
11	1,85	18,821	8,04	0,28
12	1,85	18,821	10,99	0,38
13	1,85	18,821	13,46	0,47
14	1,85	18,821	15,43	0,54
15	1,85	18,821	16,80	0,58
16	1,85	18,821	18,43	0,64
17	1,85	18,821	17,58	0,61
18	1,85	18,821	17,24	0,60
19	1,85	18,821	16,65	0,58
20	1,85	18,821	15,07	0,52
21	1,85	18,821	12,97	0,45
22	1,85	18,821	10,50	0,37

* A1-10

Base	Altura	Área da parede
4,82	2,9	13,978

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	13,978	-0,55	-0,01
8	1,85	13,978	0,55	0,01
9	1,85	13,978	3,14	0,08
10	1,85	13,978	4,97	0,13
11	1,85	13,978	8,04	0,21
12	1,85	13,978	10,99	0,28
13	1,85	13,978	13,46	0,35
14	1,85	13,978	15,43	0,40
15	1,85	13,978	16,80	0,43
16	1,85	13,978	18,43	0,48
17	1,85	13,978	17,58	0,45
18	1,85	13,978	17,24	0,45
19	1,85	13,978	16,65	0,43
20	1,85	13,978	15,07	0,39
21	1,85	13,978	12,97	0,34
22	1,85	13,978	10,50	0,27

* A1-11

Base	Altura	Área da parede
6,45	2,9	18,705

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	18,705	-0,55	-0,02
8	1,85	18,705	0,55	0,02
9	1,85	18,705	3,14	0,11
10	1,85	18,705	4,97	0,17
11	1,85	18,705	8,04	0,28
12	1,85	18,705	10,99	0,38
13	1,85	18,705	13,46	0,47
14	1,85	18,705	15,43	0,53
15	1,85	18,705	16,80	0,58
16	1,85	18,705	18,43	0,64
17	1,85	18,705	17,58	0,61
18	1,85	18,705	17,24	0,60
19	1,85	18,705	16,65	0,58
20	1,85	18,705	15,07	0,52
21	1,85	18,705	12,97	0,45
22	1,85	18,705	10,50	0,36

* A1-12

Base	Altura	Área da parede
6,45	2,9	18,705

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	18,705	-0,55	-0,02
8	1,85	18,705	0,55	0,02
9	1,85	18,705	3,14	0,11
10	1,85	18,705	4,97	0,17
11	1,85	18,705	8,04	0,28
12	1,85	18,705	10,99	0,38
13	1,85	18,705	13,46	0,47
14	1,85	18,705	15,43	0,53
15	1,85	18,705	16,80	0,58
16	1,85	18,705	18,43	0,64
17	1,85	18,705	17,58	0,61
18	1,85	18,705	17,24	0,60
19	1,85	18,705	16,65	0,58
20	1,85	18,705	15,07	0,52
21	1,85	18,705	12,97	0,45
22	1,85	18,705	10,50	0,36

* A1-13

Base	Altura	Área da parede
6,28	2,9	18,212

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	18,212	-0,55	-0,02
8	1,85	18,212	0,55	0,02
9	1,85	18,212	3,14	0,11
10	1,85	18,212	4,97	0,17
11	1,85	18,212	8,04	0,27
12	1,85	18,212	10,99	0,37
13	1,85	18,212	13,46	0,45
14	1,85	18,212	15,43	0,52
15	1,85	18,212	16,80	0,57
16	1,85	18,212	18,43	0,62
17	1,85	18,212	17,58	0,59
18	1,85	18,212	17,24	0,58
19	1,85	18,212	16,65	0,56
20	1,85	18,212	15,07	0,51
21	1,85	18,212	12,97	0,44
22	1,85	18,212	10,50	0,35

* A1-14

Base	Altura	Área da parede
6,45	2,9	18,705

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	18,705	-0,55	-0,02
8	1,85	18,705	0,55	0,02
9	1,85	18,705	3,14	0,11
10	1,85	18,705	4,97	0,17
11	1,85	18,705	8,04	0,28
12	1,85	18,705	10,99	0,38
13	1,85	18,705	13,46	0,47
14	1,85	18,705	15,43	0,53
15	1,85	18,705	16,80	0,58
16	1,85	18,705	18,43	0,64
17	1,85	18,705	17,58	0,61
18	1,85	18,705	17,24	0,60
19	1,85	18,705	16,65	0,58
20	1,85	18,705	15,07	0,52
21	1,85	18,705	12,97	0,45
22	1,85	18,705	10,50	0,36

* A1-15

Base	Altura	Área da parede
5,85	2,9	16,965

Base	Altura	Área da parede
8,61	2,9	24,969

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	16,965	-0,55	-0,02
8	1,85	16,965	0,55	0,02
9	1,85	16,965	3,14	0,10
10	1,85	16,965	4,97	0,16
11	1,85	16,965	8,04	0,25
12	1,85	16,965	10,99	0,35
13	1,85	16,965	13,46	0,42
14	1,85	16,965	15,43	0,48
15	1,85	16,965	16,80	0,53
16	1,85	16,965	18,43	0,58
17	1,85	16,965	17,58	0,55
18	1,85	16,965	17,24	0,54
19	1,85	16,965	16,65	0,52
20	1,85	16,965	15,07	0,47
21	1,85	16,965	12,97	0,41
22	1,85	16,965	10,50	0,33

Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	1,85	24,969	-1,25	-0,06
8	1,85	24,969	2,85	0,13
9	1,85	24,969	8,44	0,39
10	1,85	24,969	15,27	0,71
11	1,85	24,969	20,34	0,94
12	1,85	24,969	24,29	1,12
13	1,85	24,969	26,76	1,24
14	1,85	24,969	27,73	1,28
15	1,85	24,969	27,10	1,25
16	1,85	24,969	25,73	1,19
17	1,85	24,969	23,88	1,10
18	1,85	24,969	22,54	1,04
19	1,85	24,969	19,95	0,92
20	1,85	24,969	16,37	0,76
21	1,85	24,969	14,27	0,66
22	1,85	24,969	10,80	0,50

CT_total (Kw)
-0,07
0,15
0,49
0,86
1,19
1,47
1,66
1,77
1,78
1,77
1,65
1,58
1,44
1,23
1,07
0,83

– Teto

CLTD - LESTE/OESTE									
H	T_tab (°C)	f	ΔT_med (°C)	T_m(h) (°C)	T_i (°C)	k	CLTD_tab(h) (°C)	LM	CLTD_corr(h) (°C)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7	37,2	0,93	12,2	25,85	24	1	12	-0,5	9,45
8	37,2	0,84	12,2	26,95	24	1	11	-0,5	9,55
9	37,2	0,71	12,2	28,54	24	1	11	-0,5	11,14
10	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	11	-0,5	12,97
11	37,2	0,39	12,2	32,44	24	1	12	-0,5	16,04
12	37,2	0,23	12,2	34,39	24	1	13	-0,5	18,99
13	37,2	0,11	12,2	35,86	24	1	15	-0,5	22,46
14	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	16	-0,5	24,43
15	37,2	0	12,2	37,20	24	1	18	-0,5	26,80
16	37,2	0,03	12,2	36,83	24	1	19	-0,5	27,43
17	37,2	0,1	12,2	35,98	24	1	20	-0,5	27,58
18	37,2	0,21	12,2	34,64	24	1	21	-0,5	27,24
19	37,2	0,34	12,2	33,05	24	1	21	-0,5	25,65
20	37,2	0,47	12,2	31,47	24	1	21	-0,5	24,07
21	37,2	0,56	12,2	30,37	24	1	21	-0,5	22,97
22	37,2	0,68	12,2	28,90	24	1	20	-0,5	20,50
23									
24									

* A1-01

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		3,42	3,2	10,944		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	10,944	9,45	0,22		
8	2,08	10,944	9,55	0,22		
9	2,08	10,944	11,14	0,25		
10	2,08	10,944	12,97	0,30		
11	2,08	10,944	16,04	0,37		
12	2,08	10,944	18,99	0,43		
13	2,08	10,944	22,46	0,51		
14	2,08	10,944	24,43	0,56		
15	2,08	10,944	26,80	0,61		
16	2,08	10,944	27,43	0,62		
17	2,08	10,944	27,58	0,63		
18	2,08	10,944	27,24	0,62		
19	2,08	10,944	25,65	0,58		
20	2,08	10,944	24,07	0,55		
21	2,08	10,944	22,97	0,52		
22	2,08	10,944	20,50	0,47		

* A1-02

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,8	4,74	41,712		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	41,712	9,45	0,82		
8	2,08	41,712	9,55	0,83		
9	2,08	41,712	11,14	0,97		
10	2,08	41,712	12,97	1,13		
11	2,08	41,712	16,04	1,39		
12	2,08	41,712	18,99	1,65		
13	2,08	41,712	22,46	1,95		
14	2,08	41,712	24,43	2,12		
15	2,08	41,712	26,80	2,33		
16	2,08	41,712	27,43	2,38		
17	2,08	41,712	27,58	2,39		
18	2,08	41,712	27,24	2,36		
19	2,08	41,712	25,65	2,23		
20	2,08	41,712	24,07	2,09		
21	2,08	41,712	22,97	1,99		
22	2,08	41,712	20,50	1,78		

* A1-03

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,8	7,4	65,12		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	65,12	9,45	1,28		
8	2,08	65,12	9,55	1,29		
9	2,08	65,12	11,14	1,51		
10	2,08	65,12	12,97	1,76		
11	2,08	65,12	16,04	2,17		
12	2,08	65,12	18,99	2,57		
13	2,08	65,12	22,46	3,04		
14	2,08	65,12	24,43	3,31		
15	2,08	65,12	26,80	3,63		
16	2,08	65,12	27,43	3,72		
17	2,08	65,12	27,58	3,74		
18	2,08	65,12	27,24	3,69		
19	2,08	65,12	25,65	3,47		
20	2,08	65,12	24,07	3,26		
21	2,08	65,12	22,97	3,11		
22	2,08	65,12	20,50	2,78		

* A1-04

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,8	7,53	66,264		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	66,264	9,45	1,30		
8	2,08	66,264	9,55	1,32		
9	2,08	66,264	11,14	1,54		
10	2,08	66,264	12,97	1,79		
11	2,08	66,264	16,04	2,21		
12	2,08	66,264	18,99	2,62		
13	2,08	66,264	22,46	3,10		
14	2,08	66,264	24,43	3,37		
15	2,08	66,264	26,80	3,69		
16	2,08	66,264	27,43	3,78		
17	2,08	66,264	27,58	3,80		
18	2,08	66,264	27,24	3,75		
19	2,08	66,264	25,65	3,54		
20	2,08	66,264	24,07	3,32		
21	2,08	66,264	22,97	3,17		
22	2,08	66,264	20,50	2,83		

* A1-05

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,8	7,59	66,792		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	66,792	9,45	1,31		
8	2,08	66,792	9,55	1,33		
9	2,08	66,792	11,14	1,55		
10	2,08	66,792	12,97	1,80		
11	2,08	66,792	16,04	2,23		
12	2,08	66,792	18,99	2,64		
13	2,08	66,792	22,46	3,12		
14	2,08	66,792	24,43	3,39		
15	2,08	66,792	26,80	3,72		
16	2,08	66,792	27,43	3,81		
17	2,08	66,792	27,58	3,83		
18	2,08	66,792	27,24	3,78		
19	2,08	66,792	25,65	3,56		
20	2,08	66,792	24,07	3,34		
21	2,08	66,792	22,97	3,19		
22	2,08	66,792	20,50	2,85		

* A1-06

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,8	7,36	64,768		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	64,768	9,45	1,27		
8	2,08	64,768	9,55	1,29		
9	2,08	64,768	11,14	1,50		
10	2,08	64,768	12,97	1,75		
11	2,08	64,768	16,04	2,16		
12	2,08	64,768	18,99	2,56		
13	2,08	64,768	22,46	3,03		
14	2,08	64,768	24,43	3,29		
15	2,08	64,768	26,80	3,61		
16	2,08	64,768	27,43	3,70		
17	2,08	64,768	27,58	3,72		
18	2,08	64,768	27,24	3,67		
19	2,08	64,768	25,65	3,46		
20	2,08	64,768	24,07	3,24		
21	2,08	64,768	22,97	3,09		
22	2,08	64,768	20,50	2,76		

* A1-07

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,8	7,82	68,816		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	68,816	9,45	1,35		
8	2,08	68,816	9,55	1,37		
9	2,08	68,816	11,14	1,59		
10	2,08	68,816	12,97	1,86		
11	2,08	68,816	16,04	2,30		
12	2,08	68,816	18,99	2,72		
13	2,08	68,816	22,46	3,21		
14	2,08	68,816	24,43	3,50		
15	2,08	68,816	26,80	3,84		
16	2,08	68,816	27,43	3,93		
17	2,08	68,816	27,58	3,95		
18	2,08	68,816	27,24	3,90		
19	2,08	68,816	25,65	3,67		
20	2,08	68,816	24,07	3,44		
21	2,08	68,816	22,97	3,29		
22	2,08	68,816	20,50	2,93		

* A1

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		6,4	6,62	42,368		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	42,368	9,45	0,83		
8	2,08	42,368	9,55	0,84		
9	2,08	42,368	11,14	0,98		
10	2,08	42,368	12,97	1,14		
11	2,08	42,368	16,04	1,41		
12	2,08	42,368	18,99	1,67		
13	2,08	42,368	22,46	1,98		
14	2,08	42,368	24,43	2,15		
15	2,08	42,368	26,80	2,36		
16	2,08	42,368	27,43	2,42		
17	2,08	42,368	27,58	2,43		
18	2,08	42,368	27,24	2,40		
19	2,08	42,368	25,65	2,26		
20	2,08	42,368	24,07	2,12		
21	2,08	42,368	22,97	2,02		
22	2,08	42,368	20,50	1,81		

* A1-08

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,61	6,43	55,3623		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	55,3623	9,45	1,09		
8	2,08	55,3623	9,55	1,10		
9	2,08	55,3623	11,14	1,28		
10	2,08	55,3623	12,97	1,49		
11	2,08	55,3623	16,04	1,85		
12	2,08	55,3623	18,99	2,19		
13	2,08	55,3623	22,46	2,59		
14	2,08	55,3623	24,43	2,81		
15	2,08	55,3623	26,80	3,09		
16	2,08	55,3623	27,43	3,16		
17	2,08	55,3623	27,58	3,18		
18	2,08	55,3623	27,24	3,14		
19	2,08	55,3623	25,65	2,95		
20	2,08	55,3623	24,07	2,77		
21	2,08	55,3623	22,97	2,64		
22	2,08	55,3623	20,50	2,36		

* A1-09

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,61	6,49	55,8789		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	55,8789	9,45	1,10		
8	2,08	55,8789	9,55	1,11		
9	2,08	55,8789	11,14	1,29		
10	2,08	55,8789	12,97	1,51		
11	2,08	55,8789	16,04	1,86		
12	2,08	55,8789	18,99	2,21		
13	2,08	55,8789	22,46	2,61		
14	2,08	55,8789	24,43	2,84		
15	2,08	55,8789	26,80	3,11		
16	2,08	55,8789	27,43	3,19		
17	2,08	55,8789	27,58	3,21		
18	2,08	55,8789	27,24	3,17		
19	2,08	55,8789	25,65	2,98		
20	2,08	55,8789	24,07	2,80		
21	2,08	55,8789	22,97	2,67		
22	2,08	55,8789	20,50	2,38		

* A1-10

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,61	4,82	41,5002		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	41,5002	9,45	0,82		
8	2,08	41,5002	9,55	0,82		
9	2,08	41,5002	11,14	0,96		
10	2,08	41,5002	12,97	1,12		
11	2,08	41,5002	16,04	1,38		
12	2,08	41,5002	18,99	1,64		
13	2,08	41,5002	22,46	1,94		
14	2,08	41,5002	24,43	2,11		
15	2,08	41,5002	26,80	2,31		
16	2,08	41,5002	27,43	2,37		
17	2,08	41,5002	27,58	2,38		
18	2,08	41,5002	27,24	2,35		
19	2,08	41,5002	25,65	2,21		
20	2,08	41,5002	24,07	2,08		
21	2,08	41,5002	22,97	1,98		
22	2,08	41,5002	20,50	1,77		

* A1-11

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,61	6,45	55,5345		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	55,5345	9,45	1,09		
8	2,08	55,5345	9,55	1,10		
9	2,08	55,5345	11,14	1,29		
10	2,08	55,5345	12,97	1,50		
11	2,08	55,5345	16,04	1,85		
12	2,08	55,5345	18,99	2,19		
13	2,08	55,5345	22,46	2,59		
14	2,08	55,5345	24,43	2,82		
15	2,08	55,5345	26,80	3,10		
16	2,08	55,5345	27,43	3,17		
17	2,08	55,5345	27,58	3,19		
18	2,08	55,5345	27,24	3,15		
19	2,08	55,5345	25,65	2,96		
20	2,08	55,5345	24,07	2,78		
21	2,08	55,5345	22,97	2,65		
22	2,08	55,5345	20,50	2,37		

* A1-12

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,61	6,28	54,0708		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	54,0708	9,45	1,06		
8	2,08	54,0708	9,55	1,07		
9	2,08	54,0708	11,14	1,25		
10	2,08	54,0708	12,97	1,46		
11	2,08	54,0708	16,04	1,80		
12	2,08	54,0708	18,99	2,14		
13	2,08	54,0708	22,46	2,53		
14	2,08	54,0708	24,43	2,75		
15	2,08	54,0708	26,80	3,01		
16	2,08	54,0708	27,43	3,09		
17	2,08	54,0708	27,58	3,10		
18	2,08	54,0708	27,24	3,06		
19	2,08	54,0708	25,65	2,89		
20	2,08	54,0708	24,07	2,71		
21	2,08	54,0708	22,97	2,58		
22	2,08	54,0708	20,50	2,31		

* A1-13

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,61	6,45	55,5345		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	55,5345	9,45	1,09		
8	2,08	55,5345	9,55	1,10		
9	2,08	55,5345	11,14	1,29		
10	2,08	55,5345	12,97	1,50		
11	2,08	55,5345	16,04	1,85		
12	2,08	55,5345	18,99	2,19		
13	2,08	55,5345	22,46	2,59		
14	2,08	55,5345	24,43	2,82		
15	2,08	55,5345	26,80	3,10		
16	2,08	55,5345	27,43	3,17		
17	2,08	55,5345	27,58	3,19		
18	2,08	55,5345	27,24	3,15		
19	2,08	55,5345	25,65	2,96		
20	2,08	55,5345	24,07	2,78		
21	2,08	55,5345	22,97	2,65		
22	2,08	55,5345	20,50	2,37		

* A1-14

		Comprimento	Largura	Área do teto		
		8,61	5,57	47,9577		
Hora	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)		
7	2,08	47,9577	9,45	0,94		
8	2,08	47,9577	9,55	0,95		
9	2,08	47,9577	11,14	1,11		
10	2,08	47,9577	12,97	1,29		
11	2,08	47,9577	16,04	1,60		
12	2,08	47,9577	18,99	1,89		
13	2,08	47,9577	22,46	2,24		
14	2,08	47,9577	24,43	2,44		
15	2,08	47,9577	26,80	2,67		
16	2,08	47,9577	27,43	2,74		
17	2,08	47,9577	27,58	2,75		
18	2,08	47,9577	27,24	2,72		
19	2,08	47,9577	25,65	2,56		
20	2,08	47,9577	24,07	2,40		
21	2,08	47,9577	22,97	2,29		
22	2,08	47,9577	20,50	2,05		

* A1-15

Hora	Comprimento	Largura	Área do teto	
	U (W/m².°C)	A (m²)	CLTD_corr (h) (°C)	CT_corr (Kw)
7	2,08	50,3685	9,45	0,99
8	2,08	50,3685	9,55	1,00
9	2,08	50,3685	11,14	1,17
10	2,08	50,3685	12,97	1,36
11	2,08	50,3685	16,04	1,68
12	2,08	50,3685	18,99	1,99
13	2,08	50,3685	22,46	2,35
14	2,08	50,3685	24,43	2,56
15	2,08	50,3685	26,80	2,81
16	2,08	50,3685	27,43	2,87
17	2,08	50,3685	27,58	2,89
18	2,08	50,3685	27,24	2,85
19	2,08	50,3685	25,65	2,69
20	2,08	50,3685	24,07	2,52
21	2,08	50,3685	22,97	2,41
22	2,08	50,3685	20,50	2,15

• **Tabela 5 - Cálculo de carga térmica devido renovação de ar.**

LOCAL	SIGLA	ÁREA (m²)	N° DE PESSOAS	C_p	c_p	Desensidade do ar para altitude local	w_e (kg água/kg de ar)	w_i (kg água/kg de ar)	Vazão_área (L/s)/m² (Fa)	Vazão_pessoas (L/s)/pess (Fp)	Vazão_eficaz (L/s) (Vef)	Eficiência (Ez)	Vazão da sala (L/s)	Vazão da sala adotada (L/s)
Coordenação - PPGEM	A1-01	10,91	10	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	28,3	0,5	56,5	56,5
Sala de aula - PPGEM	A1-02	44,62	25	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	75,9	0,5	151,8	151,8
Sala de aula	A1-03	65,93	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	119,8	0,5	239,6	239,6
Sala de aula	A1-04	66,07	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	119,8	0,5	239,6	239,6
Sala de aula	A1-05	66,56	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	120,0	0,5	239,9	239,9
Sala de aula	A1-06	64,48	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	119,3	0,5	238,7	238,7
Sala de aula	A1-07	68,52	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	120,6	0,5	241,1	241,1
Disciplina	A1	41,02	10	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	37,3	0,5	74,6	74,6
Sala de aula	A1-08	55,01	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	116,5	0,5	233,0	233,0
Sala de aula	A1-09	55,58	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	116,7	0,5	233,3	233,3
Sala de aula	A1-10	41,32	25	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	74,9	0,5	149,8	149,8
Sala de aula	A1-11	55,4	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	116,6	0,5	233,2	233,2
Sala de aula	A1-12	53,93	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	116,2	0,5	232,4	232,4
Sala de aula	A1-13	55,19	40	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	116,6	0,5	233,1	233,1
Sala de aula	A1-14	47,82	25	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	76,8	0,5	153,7	153,7
Sala de aula	A1-15	50,18	25	2256	1	1,2	0,02	0,009	0,3	2,5	77,6	0,5	155,1	155,1

LOCAL	SIGLA	ÁREA (m²)	Calor Sensível (kW)	Calor Latente (kW)	CT_total (kW)
Coordenação - PPGEM	A1-01	10,91	0,42	0,84	1,266
Sala de aula - PPGEM	A1-02	44,62	1,14	2,26	3,398
Sala de aula	A1-03	65,93	1,80	3,57	5,364
Sala de aula	A1-04	66,07	1,80	3,57	5,365
Sala de aula	A1-05	66,56	1,80	3,57	5,372
Sala de aula	A1-06	64,48	1,79	3,55	5,344
Sala de aula	A1-07	68,52	1,81	3,59	5,398
Disciplina	A1	41,02	0,56	1,11	1,671
Sala de aula	A1-08	55,01	1,75	3,47	5,217
Sala de aula	A1-09	55,58	1,75	3,47	5,225
Sala de aula	A1-10	41,32	1,12	2,23	3,354
Sala de aula	A1-11	55,4	1,75	3,47	5,222
Sala de aula	A1-12	53,93	1,74	3,46	5,202
Sala de aula	A1-13	55,19	1,75	3,47	5,219
Sala de aula	A1-14	47,82	1,15	2,29	3,441
Sala de aula	A1-15	50,18	1,16	2,31	3,473

APÊNDICE C – HAP 4.9 - RELATÓRIOS

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A	
Project Name: CT - IFPI A	11/17/2023
Prepared by: Daniele Viana	03:20

Air System Information

Air System Name	IFPI_prédio_A	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	42,4 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months	Jan to Dec	Zone L/s Sizing	Sum of space airflow rates
Sizing Data	Calculated	Space L/s Sizing	Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	6,8 kW	Load occurs at	Jan 1500
Sensible coil load	4,2 kW	OA DB / WB	37,9 / 26,6 °C
Coil L/s at Jan 1500	259 L/s	Entering DB / WB	29,2 / 22,0 °C
Max block L/s	259 L/s	Leaving DB / WB	15,6 / 15,0 °C
Sum of peak zone L/s	259 L/s	Coil ADP	14,0 °C
Sensible heat ratio	0,626	Bypass Factor	0,100
m ² /kW	6,3	Resulting RH	61 %
W/m ²	159,9	Design supply temp.	14,4 °C
Water flow @ 5,6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	259 L/s	Fan motor BHP	0,00 BHP
Standard L/s	257 L/s	Fan motor kW	0,00 kW
Actual max L/(s-m ²)	6,11 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	90 L/s	L/s/person	6,96 L/s/person
L/(s-m ²)	2,13 L/(s-m ²)		

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_02

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
03:20

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_02
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 44,6 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 11,7 kW
Sensible coil load 7,3 kW
Coil L/s at Feb 1600 442 L/s
Max block L/s 442 L/s
Sum of peak zone L/s 442 L/s
Sensible heat ratio 0,618
m²/kW 3,8
W/m² 263,2
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Feb 1600
OA DB / WB 37,7 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,1 / 22,0 °C
Leaving DB / WB 15,4 / 14,8 °C
Coil ADP 13,9 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 61 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 442 L/s
Standard L/s 438 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,90 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 152 L/s
L/(s-m²) 3,40 L/(s-m²)

L/s/person 6,07 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_03

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
03:21

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_03
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 65,9 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 19,3 kW
Sensible coil load 11,4 kW
Coil L/s at Dec 1400 674 L/s
Max block L/s 674 L/s
Sum of peak zone L/s 674 L/s
Sensible heat ratio 0,591
m²/kW 3,4
W/m² 293,4
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Dec 1400
OA DB / WB 37,2 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,4 / 22,4 °C
Leaving DB / WB 15,3 / 14,7 °C
Coil ADP 13,7 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 63 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 674 L/s
Standard L/s 669 L/s
Actual max L/(s-m²) 10,23 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 265 L/s
L/(s-m²) 4,01 L/(s-m²)

L/s/person 5,88 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_04

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
03:22

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_04
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 66,1 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 17,4 kW
Sensible coil load 10,3 kW
Coil L/s at Feb 1500 581 L/s
Max block L/s 581 L/s
Sum of peak zone L/s 581 L/s
Sensible heat ratio 0,592
m²/kW 3,8
W/m² 263,9
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Feb 1500
OA DB / WB 37,9 / 26,6 °C
Entering DB / WB 30,5 / 23,0 °C
Leaving DB / WB 15,7 / 15,1 °C
Coil ADP 14,0 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 64 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 0 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 581 L/s
Standard L/s 577 L/s
Actual max L/(s-m²) 8,79 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 255 L/s
L/(s-m²) 3,85 L/(s-m²)

L/s/person 5,92 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_05

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
03:24

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_05
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 66,6 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 19,5 kW
Sensible coil load 11,7 kW
Coil L/s at Jan 1500 676 L/s
Max block L/s 676 L/s
Sum of peak zone L/s 676 L/s
Sensible heat ratio 0,601
m²/kW 3,4
W/m² 293,0
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Jan 1500
OA DB / WB 37,9 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,8 / 22,5 °C
Leaving DB / WB 15,3 / 14,7 °C
Coil ADP 13,7 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 62 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 676 L/s
Standard L/s 671 L/s
Actual max L/(s-m²) 10,16 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 265 L/s
L/(s-m²) 3,98 L/(s-m²)

L/s/person 5,89 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_06

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:05

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_06
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 64,5 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 19,3 kW
Sensible coil load 11,4 kW
Coil L/s at Dec 1500 671 L/s
Max block L/s 671 L/s
Sum of peak zone L/s 671 L/s
Sensible heat ratio 0,591
m²/kW 3,3
W/m² 299,4
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Dec 1500
OA DB / WB 37,3 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,5 / 22,5 °C
Leaving DB / WB 15,3 / 14,7 °C
Coil ADP 13,7 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 63 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 671 L/s
Standard L/s 665 L/s
Actual max L/(s-m²) 10,40 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 264 L/s
L/(s-m²) 4,09 L/(s-m²)

L/s/person 5,86 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_07

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:07

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_07
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 68,5 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 19,6 kW
Sensible coil load 11,6 kW
Coil L/s at Dec 1400 688 L/s
Max block L/s 688 L/s
Sum of peak zone L/s 688 L/s
Sensible heat ratio 0,591
m²/kW 3,5
W/m² 286,3
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Dec 1400
OA DB / WB 37,2 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,5 / 22,5 °C
Leaving DB / WB 15,5 / 14,9 °C
Coil ADP 13,9 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 63 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 688 L/s
Standard L/s 683 L/s
Actual max L/(s-m²) 10,05 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 271 L/s
L/(s-m²) 3,96 L/(s-m²)

L/s/person 5,89 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_08

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:09

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_08
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 55,0 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 14,6 kW
Sensible coil load 8,5 kW
Coil L/s at Jan 1500 465 L/s
Max block L/s 465 L/s
Sum of peak zone L/s 465 L/s
Sensible heat ratio 0,585
m²/kW 3,8
W/m² 265,1
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Jan 1500
OA DB / WB 37,9 / 26,6 °C
Entering DB / WB 30,9 / 23,2 °C
Leaving DB / WB 15,6 / 15,0 °C
Coil ADP 13,9 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 64 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 465 L/s
Standard L/s 461 L/s
Actual max L/(s-m²) 8,46 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 218 L/s
L/(s-m²) 3,96 L/(s-m²)

L/s/person 5,89 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_09

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:11

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_09
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 55,6 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 15,2 kW
Sensible coil load 9,0 kW
Coil L/s at Dec 1500 535 L/s
Max block L/s 535 L/s
Sum of peak zone L/s 535 L/s
Sensible heat ratio 0,593
m²/kW 3,6
W/m² 274,2
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Dec 1500
OA DB / WB 37,3 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,8 / 22,7 °C
Leaving DB / WB 15,7 / 15,1 °C
Coil ADP 14,1 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 63 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 0 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 535 L/s
Standard L/s 531 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,62 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 213 L/s
L/(s-m²) 3,84 L/(s-m²)

L/s/person 5,93 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_10

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:13

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_10
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 41,3 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 10,2 kW
Sensible coil load 6,2 kW
Coil L/s at Jan 1400 381 L/s
Max block L/s 381 L/s
Sum of peak zone L/s 381 L/s
Sensible heat ratio 0,615
m²/kW 4,1
W/m² 245,9
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Jan 1400
OA DB / WB 37,7 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,2 / 22,1 °C
Leaving DB / WB 15,5 / 15,0 °C
Coil ADP 14,0 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 62 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 381 L/s
Standard L/s 378 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,23 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 135 L/s
L/(s-m²) 3,26 L/(s-m²)

L/s/person 6,13 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_11

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:18

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_11
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 55,4 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 15,1 kW
Sensible coil load 9,0 kW
Coil L/s at Dec 1400 528 L/s
Max block L/s 528 L/s
Sum of peak zone L/s 528 L/s
Sensible heat ratio 0,592
m²/kW 3,7
W/m² 273,0
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Dec 1400
OA DB / WB 37,2 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,5 / 22,5 °C
Leaving DB / WB 15,4 / 14,8 °C
Coil ADP 13,8 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 62 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 528 L/s
Standard L/s 524 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,54 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 208 L/s
L/(s-m²) 3,76 L/(s-m²)

L/s/person 5,95 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_12

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:21

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_12
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 53,9 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 15,1 kW
Sensible coil load 8,9 kW
Coil L/s at Dec 1500 524 L/s
Max block L/s 524 L/s
Sum of peak zone L/s 524 L/s
Sensible heat ratio 0,592
m²/kW 3,6
W/m² 280,2
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Dec 1500
OA DB / WB 37,3 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,6 / 22,5 °C
Leaving DB / WB 15,4 / 14,8 °C
Coil ADP 13,8 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 62 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 524 L/s
Standard L/s 520 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,72 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 207 L/s
L/(s-m²) 3,85 L/(s-m²)

L/s/person 5,92 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_13

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:23

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_13
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 55,2 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 14,7 kW
Sensible coil load 8,7 kW
Coil L/s at Jan 1400 499 L/s
Max block L/s 499 L/s
Sum of peak zone L/s 499 L/s
Sensible heat ratio 0,594
m²/kW 3,8
W/m² 266,1
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Jan 1400
OA DB / WB 37,7 / 26,6 °C
Entering DB / WB 30,0 / 22,7 °C
Leaving DB / WB 15,4 / 14,9 °C
Coil ADP 13,8 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 63 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 499 L/s
Standard L/s 495 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,04 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 208 L/s
L/(s-m²) 3,77 L/(s-m²)

L/s/person 5,95 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_14

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/17/2023
04:24

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_14
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 47,3 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 11,1 kW
Sensible coil load 6,9 kW
Coil L/s at Dec 1500 434 L/s
Max block L/s 434 L/s
Sum of peak zone L/s 434 L/s
Sensible heat ratio 0,619
m²/kW 4,3
W/m² 235,0
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Dec 1500
OA DB / WB 37,3 / 26,6 °C
Entering DB / WB 28,9 / 22,0 °C
Leaving DB / WB 15,7 / 15,1 °C
Coil ADP 14,2 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 61 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 0 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 434 L/s
Standard L/s 430 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,17 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 143 L/s
L/(s-m²) 3,03 L/(s-m²)

L/s/person 6,23 L/s/person

Air System Sizing Summary for IFPI_prédio_A1_15

Project Name: CT - IFPI A
Prepared by: Daniele Viana

11/27/2023
07:58

Air System Information

Air System Name IFPI_prédio_A1_15
Equipment Class SPLT AHU
Air System Type SZCAV

Number of zones 1
Floor Area 50,2 m²
Location Teresina, Brazil

Sizing Calculation Information

Calculation Months Jan to Dec
Sizing Data Calculated

Zone L/s Sizing Sum of space airflow rates
Space L/s Sizing Individual peak space loads

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 12,6 kW
Sensible coil load 7,7 kW
Coil L/s at Jan 1500 466 L/s
Max block L/s 466 L/s
Sum of peak zone L/s 466 L/s
Sensible heat ratio 0,615
m²/kW 4,0
W/m² 251,0
Water flow @ 5,6 °K rise N/A

Load occurs at Jan 1500
OA DB / WB 37,9 / 26,6 °C
Entering DB / WB 29,2 / 22,1 °C
Leaving DB / WB 15,3 / 14,8 °C
Coil ADP 13,8 °C
Bypass Factor 0,100
Resulting RH 61 %
Design supply temp. 14,4 °C
Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Max zone temperature deviation 0,0 °K

Central Heating Coil Sizing Data

No central heating coil loads occurred during this calculation.

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s 466 L/s
Standard L/s 462 L/s
Actual max L/(s-m²) 9,28 L/(s-m²)

Fan motor BHP 0,00 BHP
Fan motor kW 0,00 kW
Fan static 0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s 165 L/s
L/(s-m²) 3,29 L/(s-m²)

L/s/person 6,12 L/s/person

