METRÔ DF		Folha nº_____ Processo nº_____ Rubrica_____Matr_____

REGIÃO ADM.	**Geral**
ENDEREÇO	**Geral**
AUTOR:	**Cláudia Cristina Barbosa do Santos**
CONFERIDO	**Onisley Oliveira Pinto**
VISTO	**Giovanni Quirino de Freitas**

AUTOR	14872/D-DF ART
CONFERIDO	20427/D-DF ART
VISTO	11619/D-GO ART

USO INTERNO

Esta verificação não esgota as ocorrências que venham a ser levantadas à qualquer tempo. Caso aprovado, representa uma aceitação básica da peça técnica e não isenta os autores do cumprimento das exigências contratuais especificadas.

NÃO APROVADO ☐ APROVADO ☐

Parecer nº _____ Parecer nº _____

Data _____ Data _____

Assinatura(s) e Carimbo(s)

USO EXTERNO

ENCAMINHAMENTO

DOCUMENTO DE ORIGEM

DESTINAÇÃO

☐ ARQUIVO
☐ PROCESSO
☐ IMPLANTAÇÃO

Rub_____

Matr_____

		UNIDADE DE CONSTRUÇÃO / SISTEMA E SUBSISTEMA **Prédio de Serviços Gerais – Bloco A**
		REGIÃO / TRECHO **Complexo de Manutenção**
MODO **METRÔ**	LINHA **-**	ESPECIALIDADE / SUBESPECIALIDADE / COMPONENTE DE SISTEMA **Projeto Complementar**
ETAPA **BÁSICO**	ÁREA **-**	TIPO / ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO **Memorial de Cálculo - Bloco A (Escola Metroferroviária, exceção da área do BRB) – Climatização**
ESCALA **SEM**	FOLHA **15**	
DATA **31/03/2017**	REVISÃO **0**	CODIFICAÇÃO **MC.5/67.9A/I8.020**

METRÔ DF

Folha nº______________________________

Processo nº___________________________

Rubrica________________Matr__________

Nº	MODIFICAÇÕES	DATA	METRÔ		
			AUTOR	CONFER.	VISTO
0	Emissão Inicial				

Obs 1: Os campos deverão ser identificados pela rubrica e iniciais dos seus responsáveis.
Obs 2: Todas as rubricas e iniciais devem ser previamente identificadas junto ao Metrô-DF.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 4

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 4

3 LEVANTAMENTO DE CARGA TÉRMICA 5

3.1 CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERNO 5
3.2 CARGA TÉRMICA EMITIDA POR EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS 6
3.3 CARGA TÉRMICA EMITIDA PELAS LUMINÁRIAS 7
3.4 CARGA TÉRMICA DEVIDO ÀS PAREDES, JANELAS, TETO E PISO 8
3.5 CARGA TÉRMICA DEVIDO ÀS PORTAS ENTRE AMBIENTES 9
3.6 CARGA TÉRMICA DEVIDO AO FATOR DE OCUPAÇÃO 10

4 CARGA TÉRMICA TOTAL 10

5 EXAUSTÃO DO LABORATÓRIO DE INOVAÇÕES METROFERROVIÁRIAS* 11

6 EXAUSTÃO DO BANHEIRO ACESSÍVEL 12

7 CONCLUSÕES 13

1 INTRODUÇÃO

Este documento faz referência à estimativa de dimensionamento da carga térmica do sistema de ar condicionado para a climatização de ambientes do Bloco A, do Complexo de Manutenção da Companhia do Metropolitano do Distrito Federal.

Os ambientes a serem climatizados neste estudo de conforto térmico compõem o Bloco A. A construção terá piso térreo e será composto pelos seguintes ambientes, conforme desenho DE.5/67.9A/E1.020:

Tabela 1: Ambientes em estudo

Ambiente	Área (m²)	Altura (m)	Ocupação
Sala de Aula 01	69,03	2,60	51
Sala de Aula 02	37,90	2,60	17
Sala de Aula 03	56,41	2,60	41
Laboratório de Inovações Metroferroviárias*	5,78	2,60	02
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	30,94	2,60	06
ARHD	31,08	2,60	06
Chefe de Divisão ARHD	7,94	2,60	01

Laboratório de Inovações Metroferroviárias*: Ambiente interno ao laboratório

Dentre os ambientes a serem climatizados, há um ambiente (Laboratório de Inovações Metroferroviárias*) que requer um tipo de ventilação diferenciado, exaustão forçada mecanicamente. Para executar esta ventilação, adotou-se um exaustor, conforme cálculo descrito abaixo.

Além dos ambientes a serem climatizados, há um banheiro acessível que requer a presença de exaustão forçda, conforme cálculo abaixo.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Foram utilizados os desenhos disponibilizados pela Divisão de Projetos de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo, com as informações constantes nos mesmos, para o levantamento de carga térmica dos ambientes em estudos. São estes:

- DE.5/67.9A/E1.020 – Planta Baixa - *Layout*;
- DE.5/67.9A/E1.021 – Planta Baixa - Arquitetura;
- DE.5/67.9A/E1.022 – Cortes AA e BB - Arquitetura;
- DE.5/67.9A/E1.023 – Planta Baixa - Forro; e
- DE.5/67.9A/J2.007 – Planta Baixa de Drenos Bloco A.

Foi utilizado, também, a seguinte publicação sobre ventilação:

- Ventilação Industrial e Controle da Poluição - Archibald Joseph Macintyre – Segunda edição.

3 LEVANTAMENTO DE CARGA TÉRMICA

3.1 Características do ambiente externo

Com a finalidade de determinar as condições de conforto térmico internamente aos ambientes que serão climatizados, torna-se necessário a caracterização dos aspectos climáticos e psicrométricos do local onde o projeto de climatização dos ambientes será implantado. Dessa forma, segundo a norma ABNT NBR 16401-1: 2008, Anexo A, para a cidade de Brasília, têm-se:

Tabela 2: Dados Climáticos

Cidade	**Brasília**
Temperatura de Bulbo Seco – Extrema no verão	32,1ºC
Temperatura de Bulbo Seco - Máxima	34,2ºC
Temperatura de Bulbo Úmido – Extrema no verão	21,9ºC
Temperatura de Bulbo Úmido – Extrema no inverno	9,8 ºC
Umidade Relativa	51%
Umidade Absoluta – Verão	17,6 g/kg de ar seco
Umidade Absoluta – Inverno	5,3 g/kg de ar seco
Pressão Atmosférica Local	89,21 kPa

Na estimativa de dimensionamento da carga térmica de cada ambiente, consideraram-se as informações e os desenhos fornecidos pela Divisão de Projetos de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo. Nesses havia as áreas das janelas de cada sala, a estimativa de quantidade de aparelhos eletrônicos, o tipo de iluminação, as áreas dos pisos, as dimensões de portas e as áreas e tipos de teto.

De posse dessas informações, pode-se calcular a estimativa de carga térmica referente a cada ambiente individualmente, uma vez que o tipo de climatização será individual para cada qual.

Assim, foram estimadas as cargas térmicas devido à presença de janelas, considerando-se insolação e transmissão e a presença de proteção externa “*brise*”; devido à quantidade

de calor transmitida ao ambiente pelo teto, paredes, portas e piso; e a carga térmica devido à ocupação de pessoas e suas atividades em cada ambiente; além de outras fontes de calor devido ao uso de aparelhos eletrônicos e à presença das luminárias que emitem calor ao ambiente.

O principal objetivo da climatização do ambiente de trabalho é alcançar as condições de conforto térmico para os ambientes internos, definidas pela carta psicrométrica pelos parâmetros de temperatura de T_{amb} = 24ºC e $U_{relativa}$ = 50%.

3.2 Carga térmica emitida por equipamentos eletrônicos

Foi estimada a carga térmica em cada ambiente pela emissão de calor de aparelhos eletrônicos previstos, de acordo com a tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Equipamentos eletrônicos presentes nos ambientes a serem climatizados

Ambiente	Nº de computadores	Nº de impressoras	Nº de projetores
Sala de Aula 01	01	----	01
Sala de Aula 02	17	----	01
Sala de Aula 03	01	----	01
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	06	01	----
ARHD	06	01	----
Chefe de Divisão ARHD	01	01	----

De acordo com informações fornecidas pela Divisão de Projetos de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo e os desenhos de *layout* e arquitetura dos ambientes, indicado anteriormente, em relação à existência de eletrônicos em cada, foram estimadas as seguintes cargas térmicas devido aos equipamentos eletrônicos para cada ambiente, de acordo com os valores normatizados na NBR 16401-2008:

Tabela 4: Carga térmica devido aos equipamentos eletrônicos

Ambiente	Carga Térmica
	Computadores, Impressoras e Projetores (BTU)
Sala de Aula 01	1.211,43
Sala de Aula 02	9.674,38
Sala de Aula 03	1.211,43
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	3.412,48
ARHD	3.412,48
Chefe de Divisão ARHD	767,81

Para os cálculos, de acordo com os valores normatizados na NBR 16401-1:2008, Anexo C, utilizou-se a potência de cada computador como sendo 155W, que trata-se de valor com fator de segurança alto e monitor grande, e de cada impressora como sendo 70W, que trata-se de impressora a laser de escritório, ligada em espera. O projetor, não tratado na referida norma, foi estimado com potência de 200W, valor médio localizado em pesquisa.

3.3 Carga térmica emitida pelas luminárias

Foi estimada a carga térmica em cada ambiente devido à emissão de calor das luminárias que estão previstas para cada qual, de acordo com a tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Luminárias dos ambientes a serem climatizados

Ambiente	Lâmpadas Tipo LED
Sala de Aula 01	434 W
Sala de Aula 02	248 W
Sala de Aula 03	372 W
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	187 W
ARHD	156 W
Chefe de Divisão ARHD	62 W

De acordo com o desenho de iluminação, indicado anteriormente, dos ambientes e a descrição das luminárias previstas para os ambientes, foram estimadas as seguintes cargas térmicas:

Tabela 6: Carga térmica devido às luminárias

Ambiente	Carga Térmica (BTU)
Sala de Aula 01	1.722,11
Sala de Aula 02	984,06
Sala de Aula 03	1.476,10
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	742,02
ARHD	619,01
Chefe de Divisão ARHD	246,02

3.4 Carga térmica devido às paredes, janelas, teto e piso

Estimou-se também, as fontes de calor provenientes das regiões externa e internas do prédio, considerando o calor transmitido através de paredes em contato com o ambiente externo e em contato com ambientes internos não climatizados.

Neste cálculo, considerou-se a orientação do prédio e a insolação diária de janelas nas suas direções. Considerou-se o tipo de vidro de cada janela como vidro comum, a localização geográfica das mesmas e a presença de proteção externa (“brise”), conforme observados nos desenhos, anteriormente citados, o que reduz o calor no ambiente.

No cálculo da estimativa de carga térmica devido à transmissão de calor pelas paredes considerou-se o tipo de construção das paredes externas, como construção pesada em alvenaria, e a sua orientação; além da contabilização do calor transmitido por paredes internas não climatizadas, para cada ambiente.

No caso da transmissão de calor através do teto, considerou-se como fator para cada ambiente a área sob telhado sem isolação, por se tratar de um prédio térreo.

As áreas adotadas estão descritas na tabela 7 a seguir.

Tabela 7: Áreas de janelas, paredes, piso e tetos nos ambientes a serem climatizados

Ambiente	Área de janela (m²)	Área de parede externa (m²)	Área de parede interna (m²)	Área de piso / teto (m²)
Sala de Aula 01	13,05	26,03	2,75	69,03
Sala de Aula 02	13,05	6,45	17,98	37,90
Sala de Aula 03	13,05	6,45	27,27	56,41
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	4,14	2,05	15,34	30,94
ARHD	8,60	17,33	28,20	31,08
Chefe de Divisão ARHD	4,47	2,21	6,68	7,94

Conforme as áreas de cada ambiente, de acordo com a tabela 7 acima, foram estimadas as seguintes cargas térmicas, descritas na tabela 8 a seguir:

Tabela 8: Carga térmica devido às janelas, paredes, teto e piso

Ambiente	Carga Térmica (BTU)			
	Janela	Paredes	Teto	Piso
Sala de Aula 01	8.544,10	1.381,21	13.695,55	3.560,84
Sala de Aula 02	8.544,10	1.234,39	7.519,36	1.955,03
Sala de Aula 03	6.213,89	1.714,02	11.191,74	2.909,85
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	1.971,87	888,76	6.138,50	1.596,01
ARHD	4.092,88	2.279,89	6.165,42	1.603,01
Chefe de Divisão ARHD	2.129,30	449,92	1.575,55	409,64

3.5 Carga térmica devido às portas entre ambientes

Estimou-se também, as fontes de calor provenientes das portas entre os ambientes, quando o ambiente a ser climatizado possui porta de acesso para um ambiente não climatizado, conforme tabela 9 abaixo:

Tabela 9: Áreas portas entre ambientes climatizados e não climatizados

Ambiente	Área de porta (m²)
Sala de Aula 01	3,36
Sala de Aula 02	1,68
Sala de Aula 03	3,36
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	1,68
ARHD	3,36
Chefe de Divisão ARHD	----

Conforme estas áreas foram estimadas as cargas térmicas foram calculadas, estando descritas na tabela 10 a seguir:

Tabela 10: Carga térmica devido às portas

Ambiente	Carga Térmica (BTU)
	Portas
Sala de Aula 01	1.999,87
Sala de Aula 02	999,94
Sala de Aula 03	1.999,87
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	999,94
ARHD	1.999,87
Chefe de Divisão ARHD	----

3.6 Carga térmica devido ao fator de ocupação

O último fator considerado na estimativa da carga térmica foi à possibilidade de ocupantes e o tipo de suas atividades. Por se tratar de prédio administrativo onde os ocupantes exercerão atividade moderada em trabalho de escritório, sem forte atividade física e durante o horário comercial, a exceção dos ocupantes do laboratório, que exercerão trabalho leve em bancada, foram estimados os seguintes valores de carga térmica para cada ambiente, conforme tabela 11.

Tabela 11: Carga térmica devido à ocupação

Ambientes	Nº de pessoas por ambiente	Carga térmica (BTU)
Sala de Aula 01	51	30.355,20
Sala de Aula 02	17	10.118,40
Sala de Aula 03	41	24.403,20
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	06	5.594,88
ARHD	06	3.571,20
Chefe de Divisão ARHD	01	595,20

Nos cálculos, de acordo com os valores normatizados na NBR 16401-1:2008, Anexo C, utilizou-se a taxa típica de calor liberado por cada ocupante como sendo 140 W, que trata-se de ocupante com atividade moderada em trabalhos de escritório, e, para o caso da exceção dos ocupantes do laboratório, utilizou-se a taxa típica de calor liberado por cada ocupante como sendo 235 W, que trata-se de ocupante com atividade de trabalho leve em bancada.

4 CARGA TÉRMICA TOTAL

De posse das estimativas dos valores de carga térmica nos ambientes pelos diversos fatores acima descritos, pode-se estimar a carga térmica total por ambiente, demonstradas na tabela 12 a seguir:

Tabela 12: Carga térmica total por ambiente

Ambientes	Carga térmica TOTAL (BTU)
Sala de Aula 01	62.470,31
Sala de Aula 02	41.029,67
Sala de Aula 03	51.120,11
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	21.344,45
ARHD	23.743,76
Chefe de Divisão ARHD	6.173,44

5 EXAUSTÃO DO LABORATÓRIO DE INOVAÇÕES METROFERROVIÁRIAS*

Para este ambiente foi necessário o cálculo de exaustão forçada mecanicamente.

A finalidade do ambiente requer permanente troca de ar, segundo informação do solicitante, na vazão Q = 15 m³/min e, de acordo com a literatura acima indicada, velocidade de captura dos gases eliminados de V_c = 60 m/min, adotada para laboratório com porta aberta. Como o ambiente em estudo terá a porta com grelhas, essa condição foi a que mais se aproximou da realidade.

Adotou-se a utilização de um captor circular, alocado x = 0,15 m acima do ponto fonte dos gases. Assim:

$Q = (10*x^2 + S) / V_c$

Onde;

- Q = vazão;
- x = distância do captor à fonte dos gases a serem eliminados;
- S = área do captor; e
- V_c = velocidade de captura.

O que forneceu um diâmetro d do captor circular de:

$d = (4*S/\pi)^{1/2}$

d = 0,164 m = 6,456”

Adotando um tubo circular de d = 10”, a velovidade no duto do captor é:

$V_d = Q / (\pi*d^2 / 4)$

V_d = 4,93 m/s

Assim, pode-se calcular a perda de carga no duto. Utilizando-se os gráficos constantes na literatura acima indicada, verificou-se que:

Δp = 0,6”/100 pés,

Considerando os comprimentos de 1,8 m da fonte dos gases até o ponto onde o duto modifica sua direção, passando a seu paralela a bancada, e 1,24 m de tubo paralelo a bancada, do ponto de captura até o exaustor, têm-se:

$\Delta p = 0{,}0598"H_2O$.

Considerando a curva que o duto sofreria, no ângulo de 90° arredondado, têm-se:

$\Delta p = K * h_v$

Sendo,

- K = Fator de perda de cargo devido ao ângulo de 90°; e
- hv = Pressão dinâmica em função da velocidade.

Como $h_v = 0{,}061$, têm-se,

$\Delta p = 0{,}0061"H_2O$

Assim, Δp_{total} é:

$\Delta p_{total} = 0{,}0659"H_2O = 1{,}674$ mm H_2O

Dessa forma, pode-se calcular o ventilador, que tem a potencia absorvida baseada na seguinte fórmula:

$N_{cv} = (Q * \Delta p) / (3600 * 75 * \eta)$

Onde:

- Ncv = Potência absorvida (mecânica);
- Q = Vazão, em m^3/h;
- Δp = Perda de carga total; e
- η = Rendimento total;

Adotando-se o rendimento total de 50%, ou seja, $\eta = 0{,}5$, encontra-se:

$N_{cv} = 0{,}011$ cv

Para o caso de potência em HP, tem-se:

$N_{HP} = 0{,}011$ HP

6 EXAUSTÃO DO BANHEIRO ACESSÍVEL

Para este ambiente foi necessário o cálculo de exaustão forçada mecanicamente.

O ambiente requer, segundo literatura, de 8 (oito) a 20 (vinte) renovações de ar por hora. O ambiente em estudo, segundo as definições arquitetônicas e civis, terá a porta com grelhas.

O volume do ambiente é:

V = L x C x H

Onde;

- V = volume;
- L = largura do ambiente;
- C = comprimento do ambiente; e
- H = altura do ambiente.

O que forneceu um Volume V de:

V = (2,65 m) x (2,57 m) x (2,60 m)

V = 17,71 m³

Adotando 15 (vinte) renovações de ar por hora, têm-se como necessidade de renovação a seguinte vazão Q:

Q = (17,71 m³) x 15

Q = 265,65 m³/hr

Assim, pode-se calcular a vazão do exaustor, em m³/min e em m³/s, que é de:

Q = 4,43 m³/min, ou

Q = 0,08 m³/min.

Dessa forma, o exaustor deverá atender a esta vazão.

7 CONCLUSÕES

Para cada ambiente, pode-se estimar a climatização que deverá ser utilizada. A climatização deverá ser executada por aparelhos de ar condicionado do tipo *split hi-wall*, *split* piso – teto ou *split* cassete, com controle por ambiente (controle remoto sem fio), com unidade condensadora externa e unidade evaporadora interna e de teto, podendo ser utilizada a tecnologia VRF. A Divisão de Projetos de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo deverá ser consultada para a definição do modelo do aparelho e do posicionamento de cada unidade interna e externa, conforme desenhos de indicados anteriormente.

Na tabela 13 a seguir, está descrito o quantitativo de aparelhos propostos para cada ambiente, a partir das potências comercialmente encontradas para aquisição.

Tabela 13: Estimativa de aparelhos por ambiente

Ambientes	Carga térmica TOTAL (BTU)	Nº de aparelhos	Potência Comercial
Sala de Aula 01	62.470,31	02	24.000 BTU
		01	18.000 BTU
Sala de Aula 02	41.029,67	02	24.000 BTU
Sala de Aula 03	51.120,11	03	18.000 BTU
Laboratório de Inovações Metroferroviárias	21.344,45	01	24.000 BTU
ARHD	23.743,76	01	24.000 BTU
Chefe de Divisão ARHD	6.173,44	01	9.000 BTU

Para os ambientes aos quais foram proposto mais de um de aparelho, a finalidade é de um melhor cumprimento de climatização para os mesmos.

Para o ambiente Laboratório de Inovações Metroferroviárias*, o exaustor deve possuir potência mínima de N_{HP} = 0,011 HP e vazão mínima de Q = 15 m³/min. E no caso dos dutos, devido dificuldades de implantação, será desconsiderado.

Para o ambiente Banheiro Acessível, o exaustor deverá apresentar uma vazão mínima de Q = 4,43 m³/min e atender a exaustão para um ambiente que apresenta um volume mínimo de V = 17,71 m³. E, deverão ser instalados dutos que interligem o exaustor ao ambiente externo, conforme discussão futura.

Para fins de aquisição de aparelho é importante que se leve em conta o nível de economia de energia informado pelo fabricante para fins de tornar a instalação como um todo mais eficiente do ponto de vista energético.

No projeto arquitônico de forro do teto das instalações devem ser preservados espaços mínimos para passagem de tubulação de cobre, drenos e toda a fiação elétrica para inserção das unidades evaporadoras nos ambientes e, também, deve haver espaço adequado para abrigo das unidades condensadoras, que devem ser alocadas em espaços externos e abertos. Tais passagens devem ser realizadas através do teto e/ou piso da obra para que não haja comprometimento da estrutura.

A distância entre as unidades evaporadoras e suas unidades condensadoras deverá ser a mínima possível, de forma a serem evitadas perdas de carga no sistema, mas poderá ocorrer a necessidade de instalções com distâncias superiores a 20m (vinte metros).

Após estabelecimento do fornecedor de aparelhos, é necessário parecer técnico de Engenheiro Eletricista para avaliação da instalação elétrica predial de acordo com as normas vigentes para evitar quaisquer riscos em consequência da instalação e operação do sistema de climatização.