



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA



GABRIELA JUSTINO BRAZ
HIAGO ANTÔNIO PINTO RIBEIRO
RAMON BORGES MOREIRA

SISTEMA DE CONDICIONAMENTO E RENOVAÇÃO DE AR DE UM
AUDITÓRIO

VOLTA REDONDA
2021

**GABRIELA JUSTINO BRAZ
HIAGO ANTÔNIO PINTO RIBEIRO
RAMON BORGES MOREIRA**

**SISTEMA DE CONDICIONAMENTO E RENOVAÇÃO DE AR DE UM
AUDITÓRIO**

Dissertação apresentada ao curso de ENGENHARIA MECÂNICA do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, como requisito obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Alvarenga
Palmeira

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Fernandes
Habibe

Coorientador: Prof. MSc. Jayme Monteiro
Cardoso

**VOLTA REDONDA
2021**



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA



PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA

GABRIELA JUSTINO BRAZ
HIAGO ANTÔNIO PINTO RIBEIRO
RAMON BORGES MOREIRA

SISTEMA DE CONDICIONAMENTO E RENOVAÇÃO DE AR DE UM AUDITÓRIO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“ENGENHEIRO MECÂNICO”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE ENGENHARIA
MECÂNICA

Prof. Dr. Sandro Rosa Corrêa
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. ALEXANDRE ALVARENGA PALMEIRA
1º Membro da banca/Orientador/UniFOA

Prof. Dr. ALEXANDRE FERNANDES HABIBE
2º Membro da banca/UniFOA

Prof. MSc. RUI AURELIO BARBOSA
3º Membro da banca/UniFOA

Maio de 2021

DEDICATÓRIA

Primeiramente agradecemos a Deus por nos ter dado a vida, aos nossos familiares e amigos que nos apoiaram e nos deram incentivo e força para continuarmos, aos mestres que nos deram a honra de compartilhar de seus conhecimentos para que possamos nos tornar futuros profissionais de sucesso, à secretaria do curso de Engenharia Mecânica do UniFOA que sempre nos ajudou e nos atendeu com eficiência auxiliando positivamente na nossa trajetória acadêmica, enfim, a todos aqueles que de forma direta ou indireta participaram dessa fase das nossas vidas e sempre acreditaram na nossa capacidade.

AGRADECIMENTOS

A cada vitória que temos, primeiro devemos dar o reconhecimento devido a Deus, pois o que seria de nós sem a fé que nele temos, e lógico por ter nos dado força e coragem para alcançarmos nossos propósitos em meio aos obstáculos, nos fazendo crescer profissionalmente e nos tornando seres humanos melhores.

Aos nossos pais que sempre nos apoiaram e nos incentivaram, pois abaixo de Deus nossos pais são os que mais nos dão forças para continuarmos.

Ao coordenador Dr. Sandro Rosa Corrêa, aos professores Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira, Dr. Alexandre Fernandes Habibi, MSc. Jayme Monteiro Cardoso e a todos os professores que participaram dessa etapa das nossas vidas e nos ajudaram a formar o início de uma trajetória de sucesso, somos gratos a todos estes.

À secretaria do curso de Engenharia Mecânica e a todos que nele trabalham no qual foram importantes em cada momento em que estivemos juntos.

Aos amigos tanto dentro quanto fora do curso que apoiaram e nos incentivaram a prosseguir, ajudando um ao outro em cada etapa conquistada.

Apesar de cada erro corrigido, cada acerto conquistado. Foram muitos os desafios, mas conseguimos conquistar mais uma etapa de nossos propósitos em nossas vidas.

BRAZ, G. J.; RIBEIRO, H. A. P.; MOREIRA, R. B. **Sistema de Condicionamento e Renovação de Ar de um Auditório**. 2021. Dissertação (ENGENHARIA MECÂNICA) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2021.

RESUMO

O projeto tem como objetivo realizar o dimensionamento de um sistema de condicionamento e renovação de ar de um auditório para 170 pessoas e sempre prezando pela qualidade do ar interno e o melhor aproveitamento e rendimento do sistema. Foram obtidos todos os dados referentes ao auditório e ao ambiente tanto interno quanto externo para que fosse possível a realização do cálculo de carga térmica de acordo com a norma ABNT NBR 16401-1:2008 e posteriormente o cálculo da capacidade do equipamento de condicionamento. Também foram realizadas pesquisas onde o objetivo era encontrar métodos de aplicações mais saudáveis e eficientes para o sistema. Após a realização de todos os cálculos foram feitas as escolhas referentes ao tipo de sistema a ser utilizado e foi realizado um estudo para um melhor aproveitamento do layout do auditório, proporcionando uma distribuição uniforme dos aparelhos de condicionamento. A escolha pelo sistema de condicionamento foi feita e o adotado foi do tipo VRF (volume de refrigerante variável), que além de ser um sistema moderno consegue proporcionar à instalação uma flexibilidade no arranje físico das evaporadoras, uma fácil manutenção, permite também um controle independente da temperatura entre ambientes gerando economia e apresenta um ótimo custo-benefício quando comparado a sistemas similares. Foi possível abordar a importância de um projeto bem dimensionado e conseguimos obter um bom rendimento no sistema escolhido para o auditório, proporcionando conforto e bem-estar aos ocupantes.

Palavras-Chave: Auditório, condicionamento, renovação.

BRAZ, G. J.; RIBEIRO, H. A. P.; MOREIRA, R. B. **Air Conditioning and Renovation System of an Auditorium**. 2021. Dissertation (MECHANICAL ENGINEERING) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2021.

ABSTRACT

The project aims to carry out the dimensioning of an air conditioning and renewal system for an auditorium for 170 people and always focusing on the quality of indoor air and the best use and performance of the system. All data referring to the auditorium and the environment, both internal and external, were obtained so that it was possible to perform the thermal load calculation in accordance with ABNT NBR 16401-1:2008 and subsequently the calculation of the capacity of the conditioning equipment. Researches were also carried out where the objective was to find healthier and more efficient application methods for the system. After performing all the calculations, the choices regarding the type of system to be used were made and a study was carried out to make better use of the layout of the auditorium, providing a uniform distribution of the conditioning devices. The choice for the conditioning system was made and the adopted was of the VRF (variable refrigerant flow) type, which in addition to being a modern system can provide the installation with flexibility in the physical arrangement of the evaporators, easy maintenance, it also allows for independent control temperature between environments generating savings and a great cost-benefit when compared to similar systems. It was possible to address the importance of a well-dimensioned project and we managed to obtain a good performance in the system chosen for the auditorium, providing comfort and well-being to the occupants.

Keywords: Auditorium, conditioning, renovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formas de transmissão de doenças virais	30
Figura 2: Umidade máxima absoluta do ar em função da temperatura	37
Figura 3: Carta psicrométrica Carrier	39
Figura 4: Valores médio para condutância superficial (h)	41
Figura 5: Transmissão de calor através do vidro.....	42
Figura 6: Área lateral dos dutos	44
Figura 7: Layout Auditório	50
Figura 8: Rosa dos Ventos – Norte de Projeto	51
Figura 9: Carta Psicométrica 1	63
Figura 10: Carta Psicométrica 2	64
Figura 11: Unidade externa - Condensadora modelo 14HP e 18HP	69
Figura 12: Evaporadora Cassete 4 vias - 4 HP/38.400 BTU/h	71
Figura 13: Evaporadora Piso Teto - 4 HP/38.400 BTU/h	72
Figura 14: Cortina de Ar	73
Figura 15: Controle Remoto sem Fio	74
Figura 16: Tubulação Cobre.....	75
Figura 17: Junta de derivação de Cobre	76
Figura 18: Isolante Térmico (Espuma Elastomérica).....	76
Figura 19: Layout Auditório Com distribuição dos Equipamentos	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de Carga Térmica Paredes e Cobertura	53
Tabela 2: Valores de Carga Térmica Portas.....	54
Tabela 3: Valor de Carga Térmica de Insolação Superfícies Transparentes (Vidros)	55
Tabela 4: Valores de Carga Térmica de Insolação Superfícies Opacas (Parede Oeste e Cobertura)	55
Tabela 5: Valor de Carga Térmica devido a Pessoas.....	56
Tabela 6: Valores de Carga Térmica devido à Iluminação	57
Tabela 7: Valores de Carga Térmica devido aos Equipamentos	57
Tabela 8: Valores da Vazões das Portas.....	58
Tabela 9: Valores de Cargas Térmicas de Calor Sensível devido à Infiltração	58
Tabela 10: Valores de Cargas Térmicas de Calor Latente devido à Infiltração	58
Tabela 11: Valores de Vazão Eficaz de Ar Exterior	59
Tabela 12: Valores de Cargas Térmicas de Calor Sensível devido à Ventilação	60
Tabela 13: Valores de Cargas Térmicas de Calor Latente devido à Ventilação	60
Tabela 14: Valores de Carga Térmica Total	61
Tabela 15: Valores de Vazão de Ar de Insuflamento - Qins	62
Tabela 16: Valores de Entalpia da mistura do Ar.....	65
Tabela 17: Valores de Capacidade do Equipamento de Condicionamento	66
Tabela 18: Valores de conversões usuais de potência de refrigeração de um ar- condicionado e quantidade por metro quadrado	66
Tabela 19: Especificação Técnica - Condensadora 14HP/134.400 BTU/h.....	70
Tabela 20: Especificação Técnica - Condensadora 18HP/172.800 BTU/h.....	70

Tabela 21: Especificação Técnica - Evaporadora Cassete 4 vias 4 HP/38.400 BTU/h	72
Tabela 22: Especificação Técnica - Evaporadora Piso Teto 4 HP/38.400 BTU/h.....	73
Tabela 23: Especificação Técnica - Cortina de Ar.....	74
Tabela 24: Funções Principais - Controle Remoto sem Fio.....	75
Tabela 25: Especificação Técnica - Tubulação de Cobre.....	76
Tabela 26: Custos do Projeto	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- ASHRAE – Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado
- AVAC-R – Aquecimento, Ventilação, Ar-Condicionado e Refrigeração
- BTU – Unidade Térmica Britânica
- COVID-19 – Coronavirus Disease 2019
- h – Condutância Superficial
- HVAC – Heating, Ventilating and Air Conditioning
- K – Condutividade
- NBR – Norma Brasileira
- OMS – Organização Mundial de Saúde
- PMOC – Plano de Manutenção, Operação e Controle
- SED – Síndrome do Edifício Doente
- REHVA – Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations
- TR – Tonelada de Refrigeração
- VRF – Fluxo de Refrigerante Variável
- U – Coeficiente Global de Transmissão de Calor
- U' – Calor transmitido por unidade de área

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivos gerais	18
1.2.2 Objetivos específicos	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 VENTILAÇÃO.....	20
2.2 CONFORTO TÉRMICO	21
2.2.1 Efeitos do movimento do ar em relação ao conforto térmico	22
2.2.2 Conceito da arquitetura e climatização	23
2.3 CONTAMINANTE DO AR	23
2.4 CONDICIONAMENTO	24
2.5 SISTEMA DE AR-CONDICIONADO	24
2.5.1 Componentes do Sistema de ar-condicionado	25
2.5.1.1 Filtros de ar.....	25
2.5.1.2 Serpentina	26
2.5.1.3 Bandeja do condensado	27
2.6 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE	27
2.7 QUALIDADE DO AR INTERNO	29
2.8 PLANO DE MANUTENÇÃO OPERAÇÃO E CONTROLE	31
2.9 PSICROMETRIA.....	33
2.9.1 Calor	33
2.9.2 Capacidade Térmica (C)	34

2.9.3 Calor Específico (c).....	34
2.9.4 Evaporação e Ebulição	34
2.9.4.1 Evaporação	34
2.9.4.2 Ebulição.....	35
2.9.5 Calor Sensível e Calor Latente	35
2.9.5.1 Calor Sensível	35
2.9.5.2 Calor Latente	35
2.9.6 Pressão de Vapor	36
2.9.7 Temperatura de Bulbo Seco	36
2.9.8 Temperatura de Bulbo Úmido	36
2.9.9 Umidade Absoluta ou Umidade Específica (UA ou UE).....	36
2.9.10 Umidade Relativa (UR)	37
2.9.11 Entalpia (h).....	38
2.9.12 Ponto de Orvalho	38
2.9.13 Carta Psicrométrica	38
2.10 CARGA TÉRMICA	40
2.10.1 Carga Térmica de Condução	40
2.10.1.1 Condutância (C)	41
2.10.1.2 Condutância Superficial (H).....	41
2.10.1.3 Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U)	42
2.10.2 Carga Térmica de Insolação	42
2.10.2.1 Insolação em Superfícies Transparentes (Vidros).....	42
2.10.2.2 Insolação em Superfícies Opacas	43
2.10.3 Carga Térmica devido a Dutos de retorno de ar	44

2.10.4 Carga Térmica devida às Pessoas	45
2.10.5 Carga Térmica devida à Iluminação	46
2.10.6 Carga Térmica devida aos Equipamentos	46
2.10.6.1 Carga Térmica de Equipamentos Residenciais	46
2.10.6.2 Carga Térmica de Equipamentos Comerciais	47
2.10.6.3 Carga Térmica de Equipamentos Industriais	47
2.10.7 Carga Térmica devida à Infiltração	48
2.10.7.1 Método das Trocas de Ar	48
2.10.7.2 Método das Frestas	49
2.10.8 Carga Térmica de Ventilação.....	49
3 DIMENSIONAMENTO	50
3.1 CONCEPÇÃO INICIAL DA INSTALAÇÃO	50
3.2 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA.....	51
3.2.1 Carga térmica devido a condução	52
3.2.2 Carga térmica devido a insolação.....	54
3.2.3 Carga térmica devido a pessoas.....	56
3.2.4 Carga térmica devido à iluminação	56
3.2.5 Carga térmica devido aos equipamentos.....	57
3.2.6 Carga térmica devido à infiltração.....	57
3.2.7 Carga térmica devido à ventilação.....	59
3.3 CÁLCULO DA CAPACIDADE DO EQUIPAMENTO DE CONDICIONAMENTO	60
3.3.1 Determinação da razão de calor sensível (RCS)	61
3.3.2 Determinação da vazão de ar de insuflamento (Qins)	61
3.3.3 Determinação da temperatura de insuflamento (carta psicrométrica).....	62

3.3.4 Determinação da capacidade do equipamento de condicionamento (C)	65
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1 SISTEMA VRF	67
4.1.1 Composição do sistema VRF	67
4.1.2 Unidade Condensadora	67
4.1.3 Unidades Evaporadoras	68
4.1.4 Tubulação e Junta de Derivação de cobre (Multi Kits)	68
4.1.5 Sistema de Comunicação e Controles	68
4.2 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS	68
4.2.1 Condensadoras	69
4.2.1.1 Condensadoras VRF – Springer Midea 14 HP/134.400 Btu/h e 18 HP/172.800 BTU/h	69
4.2.2 Evaporadoras	71
4.2.2.1 Evaporadora VRF Cassete 4 vias – Springer Midea 4 HP/38.400 BTU/h	71
4.2.2.2 Evaporadora VRF Piso Teto – Springer Midea 4 HP/38.400 BTU/h	72
4.2.3 Cortina de Ar – Springer Midea 1,5 m	73
4.2.4 Controle Remoto sem Fio	74
4.2.5 Tubulação e Junta de Derivação de Cobre (Multi Kit) e Isolante Térmico	75
4.3 DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS INTERNOS	77
4.4 CUSTOS DO PROJETO	78
5 CONCLUSÕES	79
6 TRABALHOS FUTUROS	80

7 BIBLIOGRAFIA	81
ANEXO A - Principais Fontes Poluentes	84
ANEXO B – Temperatura de Ebulição da Água em Função da Pressão ...	85
ANEXO C – Entalpia do Vapor Saturado Seco de Água em Função da Temperatura.....	85
ANEXO D – Tabela de Cálculo da Umidade Relativa (2 Termômetros)	86
ANEXO E – Coeficiente de Transmissão de Calor dos Materiais de Construção	87
ANEXO F – Coeficientes Globais de Transmissão de Calor.....	88
ANEXO G - Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para algumas Paredes.....	89
ANEXO H - Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para algumas Coberturas.....	90
ANEXO I - Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para algumas Coberturas (continuação)	91
ANEXO J – Percentuais de Energia Radiante em Função da Cor	92
ANEXO K - Coeficiente de Transmissão do Calor Solar através de Vidro	92
ANEXO L - Coeficiente de Transmissão do Calor Solar através de Vidro (continuação).....	93
ANEXO M - Acréscimo ao Diferencial de Temperatura	93
ANEXO N – Taxas Típicas de Calor Liberado por Pessoas	94
ANEXO O - Valores Recomendados para Consumo de Energia Elétrica para Iluminação.....	95
ANEXO P - Taxas Típicas de Dissipação de Calor através da Iluminação	96
ANEXO Q – Ganho de Calor Devido ao Gás	97
ANEXO R - Taxas Típicas de Dissipação de Calor para Equipamentos de Escritório – Computadores	97

ANEXO S - Taxas Típicas de Dissipação de Calor de Equipamentos de Escritório - Copiadoras e Impressoras	98
ANEXO T - Taxas Típicas de Dissipação de Equipamentos de Escritório - Equipamentos Diversos	98
ANEXO U - Densidade Típica de Carga de Equipamentos para vários Tipos de Escritórios.....	99
ANEXO V - Trocas de Ar por Hora nos Recintos	99
ANEXO W - Infiltração de Ar Exterior	100
ANEXO X – Ar Exterior para Ventilação	100
ANEXO Y - Vazão Mínima Eficaz de Ar Exterior para Ventilação	101

1 INTRODUÇÃO

A criação de um projeto é parte de um processo que abrange diversos assuntos, para que haja um projeto bem-sucedido, é primordial a integração de equipes, para que sejam trocadas experiências e conhecimentos. São vários os benefícios possíveis com essa troca de experiência, como a otimização do projeto, a redução de custos e a redução de erros no dimensionamento.

Este trabalho busca o desenvolvimento de um projeto bem dimensionado de para que possa ser extraída sua máxima eficiência se adequando ao seu tipo de utilização.

Portanto a temperatura e a qualidade do ar interno em um ambiente são aspectos bem importantes, e vem aumentando cada vez mais, de acordo com o aumento da utilização de sistemas de ar-condicionado e o tempo que passamos em ambientes fechados. O conforto térmico deve ser estimado ainda nas fases de projeto, e seus parâmetros serem aplicados durante a construção e a operação. (MARÉ, 2010).

Segundo Maré (2010), para garantir o conforto térmico é fundamental, deve se atentar a todos os fatores que mantem a qualidade do ar interior, os fatores podem estar relacionados ao tipo de seu sistema de ventilação, ao seu uso e manutenção, a taxa efetiva de renovação de ar, as condições climáticas e ao comportamento dos usuários.

Em um ambiente fechado, os níveis de poluentes podem ser elevados, podendo conter poluentes de origem física, química e biológica (YANG et al., 2004).

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Analisando o contexto mundial atualmente podemos destacar o aumento de temperatura e variação climática juntamente com a aparição de novos vírus transmitidos pelo ar, como exemplo o novo COVID-19, com isso se torna cada vez mais necessário o uso de aparelhos de ar-condicionado com uma determinada renovação de ar e com sistemas de filtragem eficientes, principalmente em ambientes fechados e que abrigam uma certa quantidade de pessoas.

Aparelhos convencionais de ar-condicionado e purificadores de ar são facilmente encontrados por todos os lugares, como lojas, shoppings, auditórios etc., porém com as novas necessidades do momento esses aparelhos acabam não tendo a devida eficácia desejada.

Hoje um condicionador de ar tem como sua principal função realizar trocas de calor com o ambiente de modo a deixá-lo com temperaturas mais agradáveis, criando assim uma sensação de conforto térmico resfriando ou aquecendo o ambiente. Essa aplicação se dá quando se tem a passagem do ar pela serpentina do evaporador que troca calor através do contato e sofre a queda ou aumento de temperatura, tal redução ou aumento depende do ciclo utilizado.

Sabendo isso surge como pergunta de pesquisa “Como melhorar a eficácia de climatizadores, como ar-condicionado, de forma que atenda às necessidades de renovação de ar e purificação para evitar problemas de epidemias e circulação de vírus em ambientes fechados onde há concentração de pessoas?”.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos gerais

Esse tem como objetivo, projetar um sistema de condicionamento e renovação de ar de um auditório com capacidade para cerca de 170 pessoas, bem como utilizando a metodologia para realizar o cálculo de carga térmica em ambientes internos: ABNT NBR 16401-1:2008 e NBR 5858:1983.

1.2.2 Objetivos específicos

Abaixo estão listados os objetivos específicos deste trabalho:

- i. Realizar o dimensionamento térmico do auditório;
- ii. Especificar uma vazão adequada para o auditório, atendendo os critérios de renovação de ar a fim de proporcionar conforto e garantir uma melhor qualidade do ar ambiente;
- iii. Verificar quanto a necessidade da adição de equipamentos auxiliares para compor o sistema de condicionamento, tais como filtros físicos e biológicos para o tratamento do ar;
- iv. Avaliar a quantidade e capacidade dos aparelhos de ar-condicionado que devem ser instalados para atender os parâmetros de conforto térmico que são estabelecidos pela ABNT NBR 16401-1:2008 e pela ABNT NBR 5858:1983;
- v. Avaliar quanto aos custos de instalação, e definir o sistema mais adequado ao projeto;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VENTILAÇÃO

O ato de ventilar tem o significado conjunto ao de deslocar o ar, em outras palavras, é o ato que retira ou fornece o ar a um ambiente, assim realizando a renovação de ar.

“Os sistemas de ventilação são divididos em: sistemas de ventilação geral e em sistemas de ventilação local exaustora”. (MACINTYRE,2014, p.2)

A ventilação de um ambiente pode ser natural ou geral diluidora, ela é dita natural quando não é empregado nenhum recurso mecânico para que provoque o deslocamento do ar, tal movimentação se faz com as correntes de ar que passam sobre as portas, janelas, lanternins etc. Já a ventilação geral diluidora quando há a utilização de equipamentos mecânicos como de ventiladores, na ventilação do ambiente. A ventilação geral diluidora pode ocorrer com diferentes métodos, a insuflação, a exaustão ou por sistema misto, que utiliza insuflação e exaustão de maneira combinada.

A ventilação geral tem a finalidade de manter o conforto e a eficiência do homem, restabelecendo as condições ambientes do ar, que fora alterado pela presença humana, também pode auxiliar no controle da umidade do ar, bem como refrigerar o ambiente em climas quentes, e aquecer em climas frios. Tais objetivos são concluídos de uma forma mais comum e eficiente com o emprego de um sistema de ar-condicionado.

A ventilação geral também tem sua grande importância na saúde e segurança do ser humano, reduzindo as concentrações de aerodispersóides e particulados nocivos, mantendo um ambiente salubre. Evitando a alta concentração de agentes inflamáveis afim de impedir que ultrapassem os limites de segurança contra a explosão ou a inflamabilidade. (MACINTYRE, 2014, p.3)

2.2 CONFORTO TÉRMICO

Conforme a ASHRAE Standard 55-92 (2001), “Conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”.

Então podemos dizer que o conforto térmico ele visa estabelecer e analisar as condições que serão necessárias para avaliação e construção de um ambiente térmico que seja adequado para ocupação e atividade humana que será desempenhada neste ambiente. Com isso temos três aspectos baseados no conforto térmico:

- a) A satisfação do indivíduo ou seu bem-estar;
- b) A performance humana;
- c) A conservação de Energia;

(LAMBERTS, 2002)

A temperatura superficial do corpo humano em média é de 36,5°C, podendo considerar ainda normal a temperatura de até 36,8°C. E já “a temperatura interior ou subsuperficial deve estar em aproximadamente em 37°C”. (MACINTYRE, 1990, p.26)

“Para que o homem possa manter um equilíbrio térmico é necessário que a temperatura interna seja aproximadamente 1°C acima da temperatura superficial do corpo”. (MACINTYRE, 1990, p.33)

O equilíbrio térmico no organismo ele pode ser expresso pela igualdade: Quantidade de calor produzido pelo corpo = quantidade de calor despendido pelo corpo para atender ao metabolismo + quantidade perdida pelo corpo para o exterior.

Portanto podemos dizer que a quantidade de calor que é trocada entre o corpo humano e aquele ambiente, ele depende da:

- diferença de temperatura entre os dois;
- pressão de vapor d’água do ar ambiente próximo à superfície da pele.

“A auto regularização é um mecanismo que o organismo humano possui para poder se adaptar a condições ambientais desfavoráveis”. (MACINTYRE, 1990, p.34)

Segundo Felix (2008), para concluir os objetivos de determinadas tarefas, as pessoas têm a necessidade de uma sensação de bem-estar no ambiente onde elas se encontram, tal sensação é facilmente encontrada em ambientes abertos devido as correntes de ar, por esta razão, os recintos fechados são climatizados artificialmente na sua grande maioria. Portanto, caso não haja essa sensação de conforto, o organismo humano provocará reações que são causadas pelo seu sistema termorregulador, que tem como função, manter a temperatura interna do corpo constante, independente da temperatura ambiente. Para ele, o corpo humano tem interação com os fatores que compõem o meio em que está. Quando houver o equilíbrio entre a energia produzida pelo corpo e o calor que é perdido para o ambiente, a temperatura interna do corpo se mantém constante.

Cheong et al. (2003) fizeram utilização da ferramenta “dinâmica de fluido computacional” - computational fluid dynamics (CDF) que simula os parâmetros de conforto térmico como: taxa de fluxo de ar, temperatura e umidade relativa em um auditório na qual possui ar-condicionado em uma instituição de ensino superior. Os estudantes desta instituição responderam os questionários que abordavam questões sobre a saúde, a satisfação ambiental e o controle do ambiente do auditório. O trabalho concluiu que a velocidade do ar, a umidade e temperatura do auditório estavam dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela norma ISO 7730:1994. Portanto, destacamos a importância da realização de estudos semelhantes a estes para as salas de aula de todas as universidades.

2.2.1 Efeitos do movimento do ar em relação ao conforto térmico

O movimento do ar, causa efeitos como:

- A aceleração da perda de calor por convecção;
- Auxiliar o corpo na dissipação do calor fornecido por condução na camada de ar superficial da pele;
- Contribui para a perda de calor por transpiração, onde permite que o homem possa suportar temperaturas elevadas até certo ponto.

Assim o movimento do ar ele alivia a sensação de calor, portanto ele abaixa a temperatura da pele. E para que a temperatura do corpo não se eleve ao ponto, que não ocorra nenhuma ameaça ao organismo, com um acidente circulatório respiratório, é necessário que tenha a eliminação desse excesso de calor que é formado e que ocorre através da pele.

O ambiente local que “faça frio”, o corpo se processa bem rápido a perda de calor, mas se a temperatura se elevar, o corpo passará a se aquecer.

As condições ambientais adversas de calor podemos dizer que é a temperatura e o grau de umidade elevados ou o ar seco em excessos e a baixa temperatura, pode afetar e enfraquecer a resistência do organismo e assim favorecendo para que haja uma série de doenças.

A transmissão do calor, que é onde o “ar em movimento é favorável ao conforto ambiental, o corpo tem a temperatura orientada por três processos físicos de transmissão de calor: radiação, convecção e evaporação”. (MACINTYRE, 2014, p.26)

2.2.2 Conceito da arquitetura e climatização

Melo (2007) realizou uma análise de desempenho energético de edificações comerciais, ele se baseou na capacidade térmica das coberturas e das paredes das respectivas edificações, é utilizou o programa EnergyPlus para uma simulação de casos com cargas térmicas diferentes. E foi realizado o cálculo do balanço térmico que analisa os ganhos e perdas de calor dos componentes opacos da edificação, tais cálculos envolveram os processos de convecção, condução e radiação. Através do programa EnergyPlus foram analisados os picos de carga do sistema de ar-condicionado e o dimensionamento de potência destes aparelhos.

2.3 CONTAMINANTE DO AR

A ANVISA estabelece algumas regulamentações que obrigam os estabelecimentos com uma alta circulação de pessoas a implementar um PMOC (Plano de Manutenção, Operação e Controle) dos equipamentos de condicionamento, e também a realizar a análise da qualidade do ar.

O ar contém diversos contaminantes e eles podem ser classificados quanto à sua natureza e sua origem. Eles podem ser: Físicos, Químicos ou Biológicos, as principais fontes poluentes conforme Anexo A.

2.4 CONDICIONAMENTO

Jones (1983), define o termo condicionamento de ar como sendo o controle automático de um ambiente, com o intuito de propiciar o conforto humano ou animal, e auxiliar no desempenho adequado de processos industriais e de laboratórios. O sistema de ar-condicionado tem como objetivo principal propiciar conforto térmico, sensação de bem-estar e saúde para as pessoas nos ambientes internos com o controle simultâneo da temperatura, umidade, pureza do ar e a velocidade do ar.

Conforme a portaria 3.523 do Ministério da Saúde de 28 de agosto de 1998, define o conceito de climatização como um “conjunto de processos empregados com a finalidade de obter por meio de equipamentos em ambientes fechados, boa qualidade do ar e condições específicas de conforto, adequadas ao bem-estar dos ocupantes”. (BRASIL, 1998)

Os sistemas de condicionamento devem ser devidamente operados e conservados a fim de promover a qualidade do ambiente refrigerado. Caso isto não seja respeitado, o sistema de ventilação pode se transformar em uma fonte de contaminação ou ficar obstruídos pelo excesso de sujeira, prejudicando assim, o fluxo de ar e o desempenho do sistema. (EPA, 1990)

Podemos instalar os condicionadores de ar em janelas, paredes, casa de máquinas entre outros, é composto por um sistema de arrefecimento aquecimento e desumidificação, é abreviado pela sigla HVAC.

2.5 SISTEMA DE AR-CONDICIONADO

A grande demanda pela qualidade do ar interior e por conforto térmico nos últimos anos, fez com que houvesse uma grande procura por equipamentos de ar-condicionado.

O sistema de ar-condicionado visa por manter a temperatura e a umidade interna do ambiente em níveis aceitáveis proporcionando conforto aos ocupantes. Para obtenção e recomendação desses níveis temos a norma NBR 16401 (ABNT, 2008).

O principal conceito empregado a refrigeração é baseado no princípio do ciclo de compressão a vapor (ASHRAE, 2017).

2.5.1 Componentes do Sistema de ar-condicionado

Podemos destacar que os principais componentes de um sistema de ar-condicionado são os filtros de ar, serpentinas e bandeja do condensado.

2.5.1.1 Filtros de ar

Podemos dizer que a qualidade e condição de suas instalações e meio filtrado, serão muito importantes para se determinar a capacidade de proteção dos componentes do sistema de ar-condicionado, no qual entregará um ar puro, e, assim uma boa qualidade de ar interno ao ambiente. É fundamental para que alcance a dos filtros, que tenha ausência de vazamentos ao redor dos filtros, como a lacuna entre eles. (BEARG, 2004).

O filtro de ar tem por finalidade remover sujeiras como a poeiras, impurezas, entre outros poluentes. A função de filtragem pode ser feita através dos pré-filtros e filtros que existem nas unidades de tratamento de ar, utilizamos os filtros que obedecem às exigências estabelecidas pela norma NBR 16401 (ABNT, 2008) que consiste em tratar o ar, através do uso de filtros adequados. O grau de filtragem dependerá do grau de qualidade do ar interior que se quer adquirir e do grau de poluição do novo ar.

Os filtros que se empregam para a limpeza do ar, eles normalmente são do tipo mecânico e os mais utilizados são os filtros de nylon, fio metálico, hepa e carvão ativado.

Temos três estágios de filtragem:

- 1º. Pré-filtro (filtros grossos), responsáveis por captar partículas de 10 a 5 microns;
- 2º. Filtros intermediários (filtros finos), responsáveis por captar partículas de 5 a 1 micron;
- 3º. Filtros HEPA (filtros absolutos), responsáveis por captar partículas de 1 a 0,3 microns.

Conforme a portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, a utilização de filtros de classe G1 (Classes de filtro anexo I) onde se faz obrigatória a captação de ar exterior, onde diz: “zelar pela captação de ar externo isento de possíveis fontes poluentes que apresentem riscos à saúde humana e adotá-la no mínimo de filtros classe G1”. (BRASIL,1998)

“A portaria também traz uma recomendação de limpezas desses filtros que deverá ser feita mensalmente e dos descartáveis no máximo de 3 meses”. (BRASIL,1998 e 2003)

2.5.1.2 Serpentinhas

A serpentina tem como principal função de fazer a troca de calor, que é conduzir o fluxo de ar quente para a parte extrema ou interna do ambiente, assim, esquentando ou refrigerando o ambiente.

As serpentinhas de resfriamento e/ou aquecimento são utilizadas na regulamentação da temperatura do ar que será entregue para o ambiente interior. E a eficácia da sua concepção e manutenção é fundamental para fornecer o conforto térmico de um espaço. (BEARG, 2004)

“Conforme a portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, recomenda que a desincrustação semestral e limpeza trimestral das serpentinhas de resfriamento e/ou aquecimento”. (BRASIL,1998 e 2003)

2.5.1.3 Bandeja do condensado

A bandeja do condensado tem a função de fazer a coleta da umidade das serpentinas de água gelada e transferir a água para fora do sistema de ar-condicionado. O ar quando passa entre as serpentinas, a temperatura que o ar é resfriado está abaixo do ponto de orvalho, sendo assim, a desumidificação da corrente do ar vai ocorrer e a água líquida vai ser formar na superfície das serpentinas de água gelada. (BEARG, 2004)

De acordo com Bearg (2014), que essa água ela cai, por gravidade na bandeja do condensado que fica localizada abaixo da serpentina. A superfície dessa bandeja algumas vezes recolhe esporos e diferentes tipos de sujeiras, e pode causar uma diminuição significativa de qualidade do ar interno causado pelo crescimento de microrganismos neste local.

De acordo com EPA (1990), o crescimento de agentes biológicos nocivos é mais propício quando se tem um acúmulo de água em qualquer lugar de um sistema de ar-condicionado. É de total importância que o dreno da bandeja seja instalado de forma que drene totalmente a água e que não tenha acúmulo de água na bandeja. (BEARG, 2004)

Conforme a portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, do Ministério da Saúde, “é recomendada a limpeza mensal das bandejas do condensado”. (BRASIL,1998 e 2003)

2.6 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE

Por volta dos anos 70 e 80, surgiu uma expressão chamada de síndrome dos edifícios doentes (*Sick Building Syndrome*), e ela se referia à relação de causa e efeito das condições ambientais encontradas em áreas internas com uma taxa de renovação do ar reduzida e com níveis agressivos à saúde de seus ocupantes. (STERLING et al 1991 apud AFONSO et al, 2006)

Em 1979, a Organização Mundial de Saúde deu início a estudos sobre a qualidade do ar interno. Em 1982, a OMS publicou uma obra chamada Indoor air pollutants: exposure and health effects, onde reconhecia a existência da síndrome, a qual era facilmente identificada com a existência de náuseas, irritações na garganta e olhos e dores de cabeça, e estes sintomas eram evidenciados no período em que as pessoas estavam nos prédios, e ao deixá-lo, os sintomas diminuíam ou até desapareciam. (DILGUERIAM, MIRIAN GONÇALVES, 2005)

Geralmente a SED ocorre em escritórios, hospitais, shoppings, escolas, aeroportos, indústrias, dentre outros. O Ministério da Saúde, através de normas de vigilância sanitária, aplica multas severas aos estabelecimentos que não se adequam aos critérios de qualidade. Esta multa se dá pelo fato de a má qualidade do ar custar caro ao país, muito devido aos altos índices de problemas respiratórios desenvolvidos devido a esta exposição prolongada em ambientes fechados.

As causas dos sintomas ainda não foram bem definidas e por isto não se pode classificar a SED com uma doença. Dentre as possíveis causas estão: problemas no sistema de ar-condicionado, utilização de monitores de computador, ozônio das impressoras, asbestos, formaldeído, fumaça de cigarro etc. (DILGUERIAM, MIRIAN GONÇALVES, 2005)

É necessário haver uma manutenção adequada do sistema de ar-condicionado e renovação de ar devido à degradação dos equipamentos com o passar do tempo, acúmulo de sujeira em filtros e dutos, acúmulo de pó nos mobiliários etc.

O ar-condicionado é cada vez mais necessário para evitar o desconforto térmico que vem aumentando a cada ano. E como o seu princípio de funcionamento é captar o ar e o filtrar antes de jogá-lo para o ambiente condicionado, um dos principais requisitos de um sistema de ar-condicionado é a filtragem, que proporciona um ar puro e sadio.

E nos edifícios em que há uma grande circulação ou concentração de pessoas é obrigatório adotar normas de manutenção e limpeza de equipamentos de ar-condicionado com o intuito de diminuir ou até mesmo impedir a disseminação de vírus e doenças, principalmente as respiratórias.

Abaixo vamos citar alguns procedimentos utilizados para assegurar a qualidade do ar:

- Controles: físicos, químicos e microbiológicos;
- Higienização de dutos;
- Insuflamento e exaustão;
- Adequação do sistema de ar-condicionado;
- Tomada de ar exterior;
- Coleta, análise e Laudo técnico;
- Monitoramento da qualidade do ar;
- Pintura das bandejas;
- Instalação e supervisão de filtros.

2.7 QUALIDADE DO AR INTERNO

“A qualidade do ar interno (QAI) pode ser definida, como o conjunto de propriedades químicas, físicas, e biológicas do ar que não apresentem riscos à saúde humana”. (ANVISA, 2003)

A qualidade do ar em ambientes internos veio se tornando um tema relevante nos últimos 20 anos, que se deu principalmente na área da saúde pública, que levou a novas concepções políticas públicas. Então ocorreu a descoberta de que baixas taxas de troca de ar, entre ambientes internos e externos, geram um considerável aumento na concentração de poluentes biológicos e químicos no ar temperaturas (TURIEL et al.,1983).

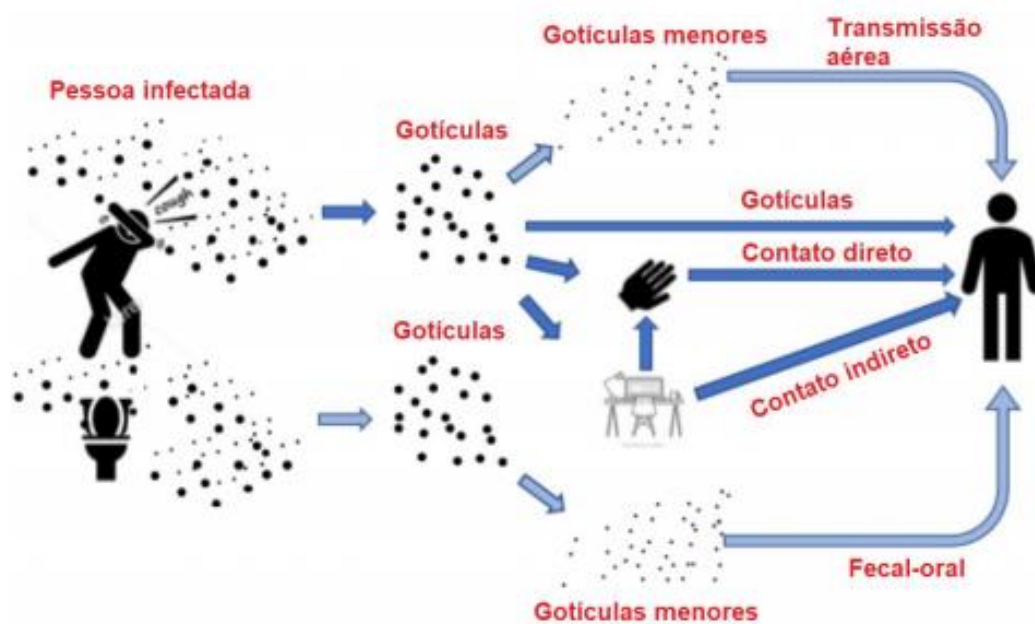
As atividades ocupacionais específicas e as pessoas contribuem claramente para poluição do ar nos ambientes fechados. Atividades metabólicas, tanto do ato de transpirar e respirar facilitam o transporte de microrganismos e dispersam na atmosfera substâncias químicas. As vias respiratórias são a principal porta de entrada no nosso organismo para os agentes poluentes que estão presentes no ar. O desenvolvimento de doenças pelas vias respiratórias está relacionado ao tempo que

a pessoa fica exposta ao de composto nocivo, podendo ter como consequências como a redução da capacidade pulmonar causada por uma reação inflamatória pulmonar, desenvolvimento de câncer e a redução da expectativa de vida.

Conforme a ASHRAE (2020), em tempos de doenças virais como a pandemia do COVID-19, “as doenças virais são transmitidas através do contato direto ou indireto”.

O método de transmissão costuma ocorrer pelo ar ou por contato pessoal com secreções contaminadas, como espirros, tosse, gotículas de saliva, catarro e contato direto e indireto.

Figura 1: Formas de transmissão de doenças virais



Fonte: EXTRAÍDO DE REHVA COVID-19 GUIDANCE DOCUMENT, 2020.

Além do método de transmissão, o estudo realizado por cientistas do Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), de Los Angeles, Universidade da Califórnia e de Princeton, diz que o vírus poderá sobreviver por até duas horas e trinta minutos no ar, após ser expelido através de uma tosse.

Porém, o hospedeiro ao tossir as gotículas é menor, que se soma a um ambiente com umidade relativa baixa, esse vírus tende a se evaporar mais rápido e

assim alcançar um equilíbrio de umidade, portanto, irá circular pelos ambientes (provavelmente sistemas de AVAC-R) até ele se depositar em superfícies (o que aumenta a vida do vírus) ou com essa ação infectar pessoas, segundo Taylor (2020), o vírus pode se tornar alarmante.

Um ambiente em que a umidade relativa seja baixa, além de facilitar a multiplicação da infecção, segundo Kudo et al. (2019), a baixa umidade relativa do ar provavelmente diminuirá a resistência do nosso sistema imunológico.

Sistemas de ar-condicionado são fundamentais para a manutenção de níveis saudáveis de umidade, onde se mantendo a umidade relativo do ar entre 40% e 60% em ambientes internos pode ajudar a limitar a propagação e a sobrevivência do novo coronavírus (COVID-19) dentro do ambiente construído, portanto, será minimizado o risco de proliferação de fungos, além de manter as mucosas das pessoas intactas e hidratadas”.

2.8 PLANO DE MANUTENÇÃO OPERAÇÃO E CONTROLE

O Plano de Manutenção Operação e Controle (PMOC), entrou em vigor em 28 de agosto de 1998 e é exigido na portaria N.º 3.523/98 regida pelo Ministério da saúde, ele tem como foco a preocupação mundial da qualidade do ar em interiores de ambientes climatizados, e isso muito se deve em função das condições climáticas e por consequência o aumento na utilização destes sistemas de ar-condicionado por todo o país. Este plano de manutenção se faz importante em função dos impactos que esses aparelhos podem causar na saúde, bem-estar, conforto e produtividade de todos submetidos aos ambientes climatizados através de aparelhos de ar-condicionado.

O PMOC é obrigatório quando o estabelecimento condicionado ultrapassa a carga térmica de 60.000 Btu/h (ou 5 TR). Também é especificado o número de ocupantes no ambiente refrigerado e a atividade que está sendo desenvolvida no seu interior. O ambiente tem todas as suas áreas analisadas e se atingir a carga térmica mínima, deve ser providenciado o PMOC. Ao realizar o projeto, deve-se entrar em contato com o CREA do estado, solicitando algumas informações necessárias para

realizar o procedimento, pois cada estado rege alguns complementos das legislações de maneiras diferentes.

As penalidades aplicadas em casos de descumprimento das legislações podem ser consideráveis, os estabelecimentos comerciais, industriais, ambulatorios, consultórios, hospitais, clínicas, entre outros podem ser multados com valores acima de R\$200.000,00 (duzentos mil reais), e ainda ser processados sendo obrigados a pagar indenizações devido ao não cumprimento da legislação vigente perante seus empregados, visitantes e pacientes.

O PMOC define como devem ser realizadas a inspeções e correções técnica no sistema de ar-condicionado, a capacidade de ocupantes no ambiente refrigerado, a carga térmica do sistema e a atividade exercida no local.

Dentre as principais atividades envolvidas pelo PMOC estão:

- Verificar quanto a sujeitas e eliminá-las;
- Verificar quanto a danos e corrosões no ambiente, na bandeja e na moldura da serpentina;
- Verificar quanto a operação do controle de vazão;
- Verificar quanto a operação de drenagem da água acumulada na bandeja;
- Limpar as serpentinas e as bandejas;
- Limpar a carcaça do condicionador e os ventiladores;
- Verificar quanto a conservação do isolamento termoacústico;
- Verificar a tensão e a limpeza das correias a fim de evitar o escorregamento;
- Verificar os filtros de ar;
- Verificar quanto ao estado do elemento filtrante;
- Verificar a fixação dos ventiladores;
- Verificar ruído e lubrificas os mancais, entre outras.

Essas práticas de inspeção e manutenção devem ser aplicadas conforme as recomendações da NBR 13.971 – Sistema de Refrigeração. Condicionamento de Ar e Ventilação – Manutenção Programada da ABNT.

Os produtos utilizados para realizar a limpeza dos componentes e do sistema de resfriamento, devem estar registrados no Ministério da Saúde com esta finalidade e devem ser biodegradáveis.

2.9 PSICROMETRIA

Psicrometria é como é chamada o estudo das propriedades e características do ar. Ela permite determinar algumas características com a ajuda de outras já definidas.

2.9.1 Calor

“É uma forma de energia, que podemos traduzir como o estado vibratório molecular de um corpo. Que é transmitido de um corpo para o outro, quando entre eles existe uma diferença em seus níveis energéticos”. (MACINTYRE, 1990, p.44)

Quando é aplicado energia calorífica a uma substância, a energia interna das moléculas aumenta. (MACINTYRE, 1990, p.44)

É provocado um aumento da velocidade de deslocamento ou a vibração das moléculas, em consequência há aumento na intensidade de calor. Assim a grandeza utilizada para medir essa intensidade de calor que um corpo quente tem em relação a um corpo frio denomina-se temperatura. (MACINTYRE, 1990, p.44)

As unidades da quantidade de calor podem ser medidas:

- Quilocaloria (Kcal ou Cal): quantidade necessária de calor para se elevar a temperatura de 1 quilograma de água, que varia de 14,5°C a 15,5°C;
- No sistema internacional a medida é Joule (N x m);

2.9.2 Capacidade Térmica (C)

Quantidade necessária de calor para se produzir um determinado acréscimo de temperatura numa massa. A capacidade térmica é expressa pela razão entre quantidade de calor fornecido (Δq) e o aumento de temperatura (ΔT).

Pode ser calculado pela equação 1:

$$C = \frac{\Delta t}{\Delta T} \left(\frac{Kcal}{^{\circ}C} \text{ ou } \frac{BTU}{^{\circ}F} \right) \quad (1)$$

2.9.3 Calor Específico (c)

É a razão entre a capacidade térmica (C) do corpo ou substância ou massa (m).

Pode ser calculado pela equação 2 ou 3:

$$c = \frac{C}{m} \left(\frac{Kcal}{kg \times ^{\circ}C} \text{ ou } \frac{BTU}{lb \times ^{\circ}F} \right) \quad (2)$$

OU

$$c = \frac{\Delta q}{m \times \Delta T} \left(\frac{Kcal}{kg \times ^{\circ}C} \text{ ou } \frac{BTU}{lb \times ^{\circ}F} \right) \quad (3)$$

2.9.4 Evaporação e Ebulição

2.9.4.1 Evaporação

É a formação de vapores na superfície de um líquido que pode ser mais ou menos lenta, ou seja, é “a mudança do estado líquido para o gasoso”. (MACINTYRE,1990, p.46)

A velocidade de evaporação varia diretamente com a:

- a. volatilidade de líquido;
- b. superfície de evaporação;
- c. temperatura;

- d. diferença entre a pressão de vapor máxima $h_{V\text{máx}}$ e a pressão de vapor reinante h_r , ou seja, a pressão de vapor reinante seja inferior a pressão de vapor máxima na mesma temperatura;
 - e. agitação/velocidade do ar;
- (MACINTYRE,1990, p.46)

2.9.4.2 Ebulição

Uma substância ela entra em ebulição, quando a sua pressão de vapor, for igual à pressão existente sobre a superfície líquida, que em geral, é a pressão atmosférica. Temos valores tabelados no anexo B.

2.9.5 Calor Sensível e Calor Latente

No anexo C é dado valores de entalpia do vapor saturado seco de água em função da temperatura.

2.9.5.1 Calor Sensível

Calor sensível se manifesta por um certo nível de temperatura, e “é medido por um termômetro de bulbo seco (termômetro comum). Representa o nível energético de um fluido ou de um corpo, de forma mensurável e perceptível, por isso o nome de sensível”. (MACINTYRE,1990, p.46)

2.9.5.2 Calor Latente

“Calor latente é o que causa a mudança de estado físico sem alteração na temperatura e pressão”. (MACINTYRE,1990, p.46) É a quantidade de calor de uma unidade de massa, de uma determinada substância deve ceder ou receber para mudar de fase, isto é, passa do sólido para o líquido, do líquido para gasoso e vice-versa.

Ele também pode ser definido como calor de vaporização ou calor latente de vaporização. O líquido para chegar a evaporizar, necessita uma quantidade total de

calor, no qual é o resultado da soma de calor sensível, que provoca a elevação de temperatura, com o calor latente, com o qual se realiza vaporização. (MACINTYRE,1990)

O líquido quando entra em ebulição, toda aquela energia absorvida é transformada em calor latente e a temperatura do líquido se estabiliza. (MACINTYRE,1990)

2.9.6 Pressão de Vapor

De acordo com Macintyre (1990, p.48) “é a pressão sob a qual, numa determinada temperatura, um líquido vaporiza”.

“A sua pressão de vapor de água a 100°C é igual à pressão atmosférica (10,33mca, nível do mar)”. (MACINTYRE,1990, p.48)

2.9.7 Temperatura de Bulbo Seco

É a temperatura na qual é medida por um termômetro de bulbo seco (termômetro comum).

2.9.8 Temperatura de Bulbo Úmido

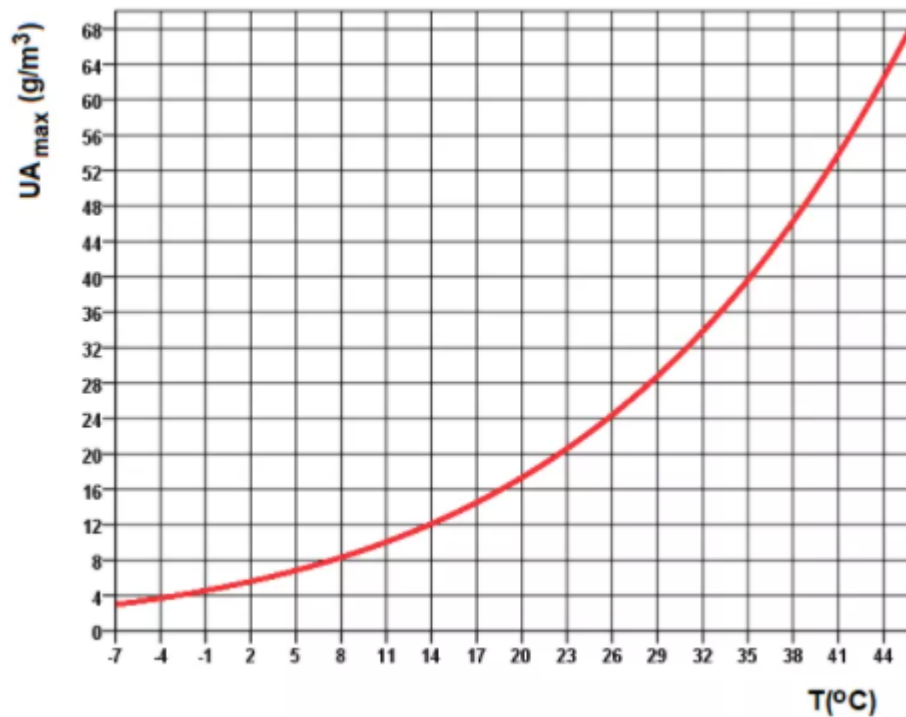
É a temperatura medida por um termômetro, onde o bulbo é colocado uma gaze umedecida. (MACINTYRE,1990, p.49)

2.9.9 Umidade Absoluta ou Umidade Específica (UA ou UE)

É a massa de vapor d’água por uma massa de ar seco. Ela é expressa geralmente por:

$$\frac{kg_{\text{água}}}{kg_{\text{ar}}} \text{ ou } \frac{kg}{kg}; \frac{g_{\text{água}}}{kg_{\text{ar}}} \text{ ou } \frac{g}{kg}; \frac{kg_{\text{água}}}{m^3_{\text{ar}}} \text{ ou } \frac{kg}{m^3}; \frac{g_{\text{água}}}{m^3_{\text{ar}}} \text{ ou } \frac{g}{m^3}$$

Figura 2: Umidade máxima absoluta do ar em função da temperatura



Fonte: EXTRAÍDO IF.UFRGS.BR, 2018

2.9.10 Umidade Relativa (UR)

A umidade relativa é a relação entre a massa de vapor d'água que estar presente em uma unidade de ar seco, a uma certa temperatura e pressão e a massa máxima de vapor d'água que poderia ser absorvida pelo ar, sob as mesmas condições de pressão e temperatura. (MACINTYRE, 1990, p.49)

Pode ser calculada pela equação 4:

$$UR = \frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{máx.água}}} \times 100\% \quad (4)$$

No anexo D, podemos analisar um exemplo e a relação entre umidade relativa x temperatura de bulbo seco x temperatura de bulbo úmido.

2.9.11 Entalpia (h)

A entalpia é a quantidade de energia, sob forma de calor, que entra na formação de um vapor, que toma como ponto de partida a fase líquida na zona de saturação a 0°C. Também corresponde sendo a quantidade de energia armazenada em um fluido ou corpo numa dada temperatura. (MACINTYRE,1990)

Pode ser calculada pela equação 5:

$$h = U + p \times V \quad (5)$$

Onde:

U = energia;

p = pressão;

V = volume;

2.9.12 Ponto de Orvalho

“É a temperatura sob a qual o vapor d’água contido na atmosfera condensa”. (MACINTYRE,1990, p.51) Portanto quando a temperatura de ponto de orvalho é atingida, podemos dizer que o ar encontra -se saturado, isto é, umidade relativa (UR) 100%.

2.9.13 Carta Psicrométrica

“A carta psicrométrica ou diagrama, relaciona várias grandezas essas que considerem em instalações de ventilação e principalmente nas de ar-condicionado”. (MACINTYRE,1990, p.58)

Ela permite a determinação gráfica das propriedades do ar atmosférico. Foi desenvolvida inicialmente por Willis Carrier que fundou a Carrier Corporation, que até hoje é uma das maiores empresa de ar-condicionado no mundo.

Tendo duas propriedades conhecidas do ar é possível que sejam determinadas as demais propriedades.

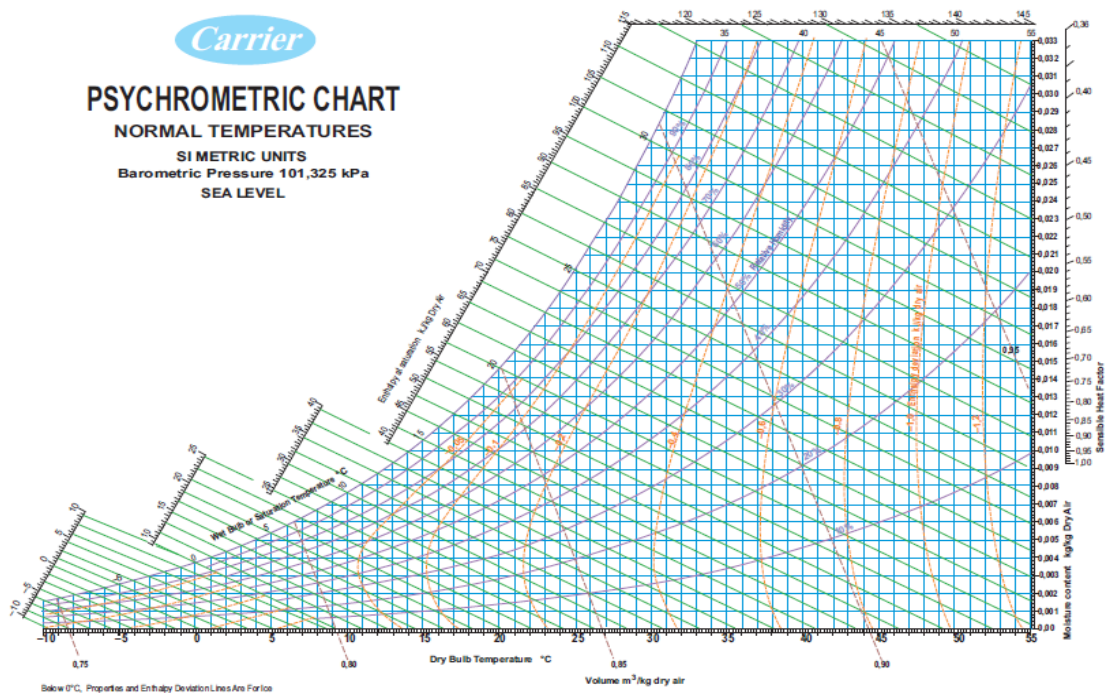
Tem cartas psicrométricas para diversas faixas de temperatura ambiente e altitudes.

Na carta psicrométrica, são contidas as principais propriedades do ar e costumam ser:

- a. temperatura de bulbo seco (TBS);
- b. temperatura de bulbo úmido (TBU);
- c. umidade relativa (UR);
- d. umidade específica ou absoluta (UE ou UA);
- e. entalpia (h);
- f. volume específico;
- g. ponto de orvalho;
- h. pressão do vapor;

(MACINTYRE,1990, p.58)

Figura 3: Carta psicrométrica Carrier



Fonte: EXTRAÍDO CARRIER CORPORATION,2021

2.10 CARGA TÉRMICA

Um sistema de ventilação onde visa o conforto térmico, devemos conhecer a carga térmica do ambiente. A definição de carga térmica é determinada pela quantidade de calor sensível e calor latente a ser fornecido ou extraído do ar onde proporciona condições de conforto desejados, e geralmente é expressa em BTU/h ou Kcal/h.

Temos algumas formas de introdução da carga térmica em um ambiente:

- a. Condução;
- b. Insolação;
- c. Dutos;
- d. Pessoas;
- e. Iluminação;
- f. Equipamentos;
- g. Infiltração;
- h. Ventilação;

2.10.1 Carga Térmica de Condução

A taxa de fluxo de calor transmitida resultante do processo de transferência de calor por condução em um material sólido é proporcional a diferença de temperatura e a área da superfície é inversamente proporcional a espessura do material.

Pode ser calculado pela equação 6:

$$q = \frac{A \times K \times \Delta t}{X} \quad (6)$$

Onde:

q = taxa de fluxo de calor transmitida em Kcal/h ou BTU/h;

A = área da superfície normal ao fluxo em m²;

K = condutividade térmica do material por unidade de comprimento e unidade de área em Kcal x m/h x m² x °C;

X = espessura do material em m;

Δt = diferença de temperatura entre duas superfícies separadas pela espessura X em °C;

(CREDER, 2004, p.88)

2.10.1.1 Condutância (C)

Condutância, é a razão entre a condutividade térmica e a espessura da parede.

$$C = \frac{K}{X}$$

Onde:

C = Condutância em $\frac{Kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$ ou $\frac{BTU}{h \times ft^2 \times ^\circ F}$;

Pode ser calculada pela equação 7:

$$q = A \times C \times \Delta t \quad (7)$$

2.10.1.2 Condutância Superficial (H)

Ela representa a quantidade de calor que é transferida pelo ar para uma superfície unitária ou vice-versa com a diferença de temperatura de 1°C.

$$h: \left(\frac{Kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C} \text{ ou } \frac{BTU}{h \times ft^2 \times ^\circ F} \right);$$

Pode ser calculada pela equação 7:

$$q = A \times C \times \Delta t \quad (7)$$

Figura 4: Valores médio para condutância superficial (h)

Os valores médios para *h* são:

- ar parado = 1,46 a 1,63 BTU/h ft² · °F = 7,13 a 7,96 kcal/h · m² · °C;
- ar a 12 km/h ⇒ 4,0 BTU/h ft² · °F = 19,5 kcal/h · m² · °C;
- ar a 24 km/h ⇒ 6,0 BTU/h ft² · °F = 29,3 kcal/h · m² · °C.

2.10.1.3 Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U)

Assim como a condutância superficial, representa a quantidade de calor que é transferida pelo ar para uma superfície unitária ou vice-versa com a diferença de temperatura de 1°C.

Pode ser calculado pela equação 8:

$$q = A \times U \times \Delta t \quad (8)$$

Nos anexos E e F respectivamente, temos valores tabelados de coeficientes de transmissão de calor dos materiais de construção e globais.

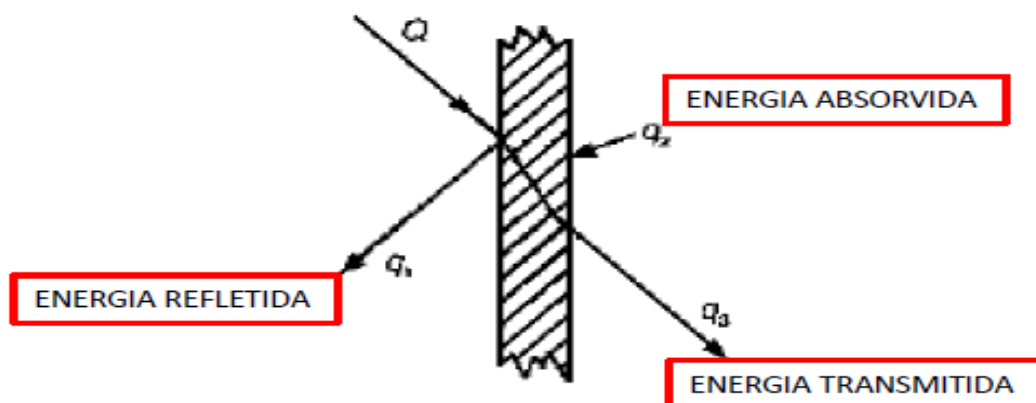
Já nos anexos G, H e I, encontramos valores tabelados de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes e coberturas.

2.10.2 Carga Térmica de Insolação

A energia que é absorvida pela radiação solar é quase sempre a responsável pela maior parcela de carga térmica nos cálculos de ar-condicionado. Ela é absorvida pela envoltória do recinto a quantidade de calor transferida ao ambiente, onde ela será tanto maior quanto menos refletiva for a superfície. No anexo J, temos valores tabelados dos percentuais de energia radiante em função da cor.

2.10.2.1 Insolação em Superfícies Transparentes (Vidros)

Figura 5: Transmissão de calor através do vidro



Pode ser calculado pela equação 9:

$$q = A \times U' \times Cr \times F \quad (9)$$

Onde:

A = área total da superfície em m²;

U' = calor transmitido por unidade de área em Kcal/m²;

Cr = coeficiente de redução

0,15 – 0,20: todos ou persianas externas.

0,50 – 0,66: persianas internas e refletoras.

0,25 – 0,61: cortinas internas brancas (opacas).

F = fator de aumento devido ao material da esquadria;

1,0: esquadria de madeira.

1,15: esquadria metálica.

No anexo K e L, temos valores tabelados de coeficiente de transmissão do calor solar através de vidro.

2.10.2.2 Insolação em Superfícies Opacas

Pode ser calculado pela equação 10:

$$q = A \times U (Te - Ti + \Delta T') \quad (10)$$

Onde:

A = área da superfície em m²;

U = coeficiente global de transmissão de calor em Kcal / (h x m² x °C);

Te = temperatura externa em °C;

Ti = temperatura interna em °C;

$\Delta T'$ = acréscimo de diferencial de temperatura dado pelos anexos I e M;

2.10.3 Carga Térmica devido a Dutos de retorno de ar

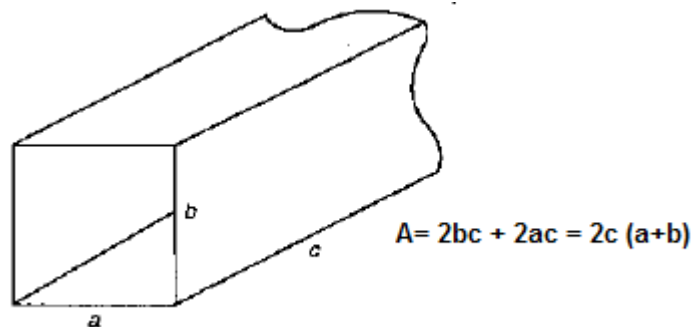
Em um recinto condicionado o ar insuflado retorna ao condicionador pelo meio da diferença de pressão na qual é fornecida pelo ventilador. Este retorno poderá ser realizado de duas maneiras:

1. Sob a forma de “plenum”, utilizando o próprio ambiente como um condutor de ar, como corredores e tetos rebaixados.
2. Utilizando duto de retorno.

“Nos dois casos será adicionado calor diretamente ao ar de retorno, onde deverá ser retirado pela serpentina do condicionador”. (CREDER, 2004, p.97)

Dutos retangulares ou quadrados, veja figura 6:

Figura 6: Área lateral dos dutos



Fonte: FIGURA 3.3 – CREDER, 2004

Para dutos circulares, área pode ser calculada pela expressão 11:

$$A = \pi \times d \times L \quad (11)$$

Onde:

d = diâmetro do duto;

L = comprimento do duto;

Fórmula da carga térmica dos dutos é:

$$q = A \times U \times \Delta t$$

2.10.4 Carga Térmica devida às Pessoas

“Todo ser humano emite tanto calor sensível quanto calor latente, que pode variar conforme a pessoa esteja em atividade ou em repouso”. (CREDER, 2004, p.99)

Calor sensível, pode ser calculado pela equação 12:

$$q_s = \frac{q_s}{\text{pessoa}} \times N \quad (12)$$

Onde:

q_s / pessoa = calor sensível por pessoa;

N = número de pessoas.

Calor latente, pode ser calculado pela equação 13:

$$q_l = \frac{q_l}{\text{pessoa}} \times N \quad (13)$$

Onde:

q_l / pessoa = calor latente por pessoa; (Anexo N)

N = número de pessoas

A NBR 16401-1 no anexo N dá os valores de calor sensível e calor latente em função do metabolismo em diversos lugares.

2.10.5 Carga Térmica devida à Iluminação

É uma carga térmica de iluminação, é tipicamente de calor sensível.

$$q_{il} = P_{total} (W \text{ ou } KW)$$

Onde:

P_{total} = potência total de iluminação;

1KW = 860 Kcal/h ou 1W = 0,8598 Kcal/h;

No caso quando for lâmpadas fluorescentes deverá ser adicionado à carga térmica total 20% de acréscimo devido ao reator.

Em ambientes onde os dados de iluminação não estão disponíveis a potência dissipada ela poderá ser estimada tendo como base os valores do anexo O (NBR 6401, 1980) ou no anexo P (NBR-16401-1, 2008), preferencialmente.

2.10.6 Carga Térmica devida aos Equipamentos

A carga térmica devida aos equipamentos é dada pela NBR 16401 (2008), que é através de valores típicos de dissipação (equipamentos de escritório, dos motores elétricos e de outras fontes de calor e umidade), potência dissipada (iluminação), eficiência (motores elétricos).

2.10.6.1 Carga Térmica de Equipamentos Residenciais

O calor dissipado pelos equipamentos residenciais pode ser calculado pela equação 14:

$$q = \sum P_{eq} \times F_u \quad (14)$$

Onde:

$\sum P_{eq}$ = somatório das potências dos equipamentos instalados no ambiente em W;

F_u = Fator de utilização, que é expressa o percentual de equipamentos em operação simultânea. Valor geralmente utilizado está entre 60% e 70%;

2.10.6.2 Carga Térmica de Equipamentos Comerciais

O calor dissipado pelos equipamentos comerciais pode ser calculado pela equação 15:

$$q = \sum P_{eq} \quad (15)$$

Onde:

$\sum P_{eq}$ = somatório das potências dos equipamentos instalados no ambiente em W;

Os anexos Q (NBR 6401, 1980) e R, S e T (NBR 16401-1, 2008), indicam os valores de calor dissipados pelos equipamentos de uso comercial. Anexo U temos valores de densidade típica de carga de equipamentos.

2.10.6.3 Carga Térmica de Equipamentos Industriais

Quando falamos de equipamentos industriais necessita uma análise mais aprofundada por parte do projetista, porque diferente dos equipamentos comerciais e residenciais, o grande número de aplicações ela parte da energia consumida pelos motores é transferida para o produto/processo e somente uma parcela menor é rejeitada sob forma de calor para o ambiente. Temos alguns exemplos:

- a. Ventiladores;
- b. Bombas;
- c. Máquina e motor dentro do ambiente;
- d. Máquinas de conformação mecânica: trefiladoras, laminadores etc.

Temos outro aspecto que deve ser verificado que é o equipamento (máquina + motor), poderá assumir as seguintes posições:

- a. Máquina dentro do ambiente e motor fora;
- b. Máquina e motor dentro do ambiente;
- c. Máquina fora do ambiente e motor dentro.

2.10.7 Carga Térmica devida à Infiltração

É a quantidade de calor sensível e latente adicionados em um ambiente devido a infiltração de ar externo através de frestas de janelas, portas e outras aberturas. Essa carga embora não possa ser calculada com precisão, tem “dois métodos que permite sua estimativa: método das trocas de ar e método das frestas”. (CREDER, 2004, p.105)

2.10.7.1 Método das Trocas de Ar

Esse método ele supõe a troca de ar por horas no recinto, isso de acordo com o número de janelas e portas sendo o número de trocas de ar com base nos valores encontrados no anexo V. É aplicável em ambientes pequenos com área inferior a 25m². (CREDER, 2004, p.105)

As cargas térmicas de calor sensível e latente podem ser calculadas pelas equações 16 e 17:

- Calor sensível

$$q_s = 0,29 \times Q \times (T_e - T_i) \text{ Kcal /h} \quad (16)$$

Onde:

Q = vazão de ar em m³/h = V x N, sendo (V = volume do ambiente e N = número de renovações, (Anexo V);

T_e = temperatura externa em °C;

T_i = temperatura interna em °C;

- Calor latente

$$q_l = 583 \times \gamma \times Q \times (U_{E_2} - U_{E_1}) \text{ Kcal /h} \quad (17)$$

Onde:

Q = vazão de ar em m³/h;

γ = peso específico do ar = 1,2 kgf/m³;

UE_2 = umidade específica do ar externo em kg/kg;

UE_1 = umidade específica do ar interno em kg/kg.

2.10.7.2 Método das Frestas

Nesse método a vazão de ar que penetra pelas frestas, pode ser calculada pela equação 18:

$$Q = Q_u \times l_{fresta} \quad (18)$$

Onde:

Q_u = vazão de ar por metro de fresta em m³/h; - (Anexo W);

l_{fresta} = comprimento total das frestas em m.

As cargas térmicas de calor sensível e latente podem ser calculadas pelas equações:

- Calor sensível

$$q_s = 0,29 \times Q \times (T_e - T_i) \text{ Kcal /h} \quad (16)$$

- Calor latente

$$q_l = 583 \times \gamma \times Q \times (UE_2 - UE_1) \text{ Kcal /h} \quad (17)$$

2.10.8 Carga Térmica de Ventilação

A carga térmica de ventilação é a quantidade de calor sensível e latente que são adicionados em um ambiente devido a reposição do ar externo para manutenção da salubridade do ambiente.

Temos as vazões requeridas para ventilação com base no anexo X (NBR 6401) e anexo Y (NBR 16401-3).

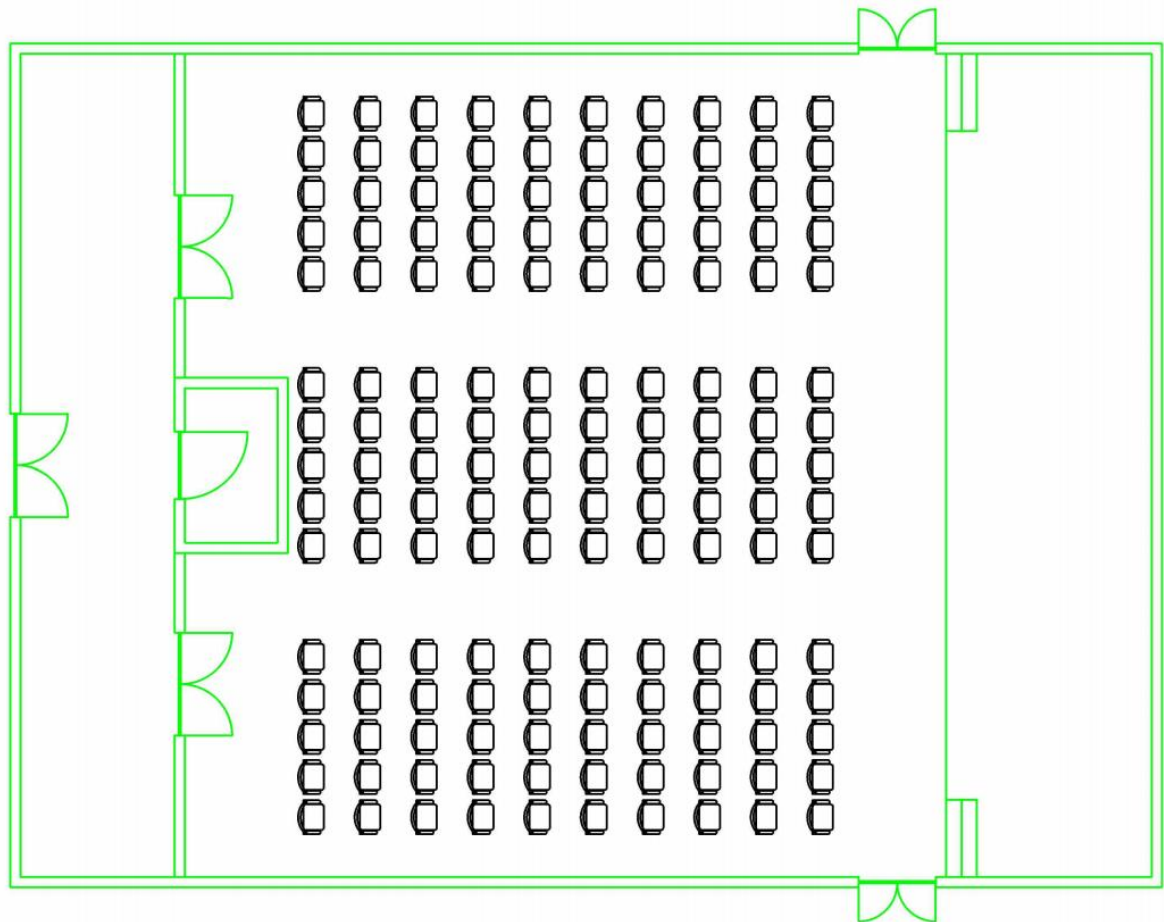
3 DIMENSIONAMENTO

3.1 CONCEPÇÃO INICIAL DA INSTALAÇÃO

O auditório proposto tem como localização a cidade de Volta Redonda – RJ, com base nos dados obtidos no site Weather Spark, que apresenta as condições meteorológicas médias de diversas cidades do mundo, podemos dizer que a estação quente em Volta Redonda permanece por 2,6 meses, de 25 de dezembro a 11 de março, com a temperatura máxima média diária acima de 31°C.

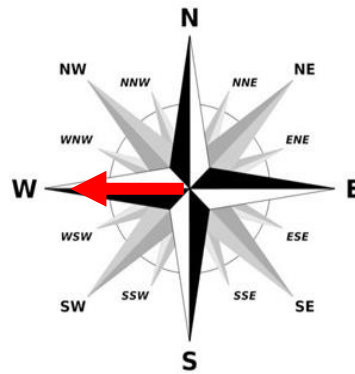
Para fins de cálculos iremos utilizar uma temperatura externa de 31°C e a interna como 23°C.

Figura 7: Layout Auditório



Fonte: DESENVOLVIDA PELO GRUPO.

Figura 8: Rosa dos Ventos – Norte de Projeto



Fonte: ROSA DOS VENTOS. In: WIKIPÉDIA

3.2 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

O auditório contém os seguintes dados para fins de cálculos:

- Espessura das paredes:
 - Parede 8 furos quadrados de tijolos, assentados na menor dimensão.
 - Dimensões do tijolo: 9,0 x 19,0 x 19,0 cm.
 - Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm.
 - Espessura argamassa de emboço: 2,5 cm.
 - Espessura total parede: 14,0 cm.
- Cor das paredes externas: Branco.
- Teto: Cobertura da telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm;
- Porta de acesso (vidro): 01 (2,00 x 2,10 m) na parede N (ext) com esquadria metálica e sem nenhuma proteção contra a incidência solar;
- Portas de acesso (madeira): 02 (2,00 x 2,10 m) na parede N (int);
- Portas de serviço (madeira): 01 (1,30 x 2,10 m) na parede N (int);
- Portas de emergência (madeira): 02 (1,50 x 2,10 m) na parede E/W (ext);
- Iluminação: Lâmpadas fluorescentes com os respectivos níveis de iluminação Palco (750 Lux), Plateia (150 Lux) e Hall (200 Lux).
- Equipamentos: 02 Computadores + 02 Munitores + 01 Projetor.
- Temperatura externa: 32 °C (UR 70%).

- Mês de pior condição: entre novembro e janeiro.
- Período do dia com a pior condição: varia no período das 13 e 16 horas.

3.2.1 Carga térmica devido a condução

Carga térmica à transmissão de calor por condução através das portas, paredes e lajes (Cobertura e piso).

O fluxo de calor pode ser obtido por:

$$q = A * U * \Delta T \quad (8)$$

Onde:

q = Fluxo de calor (kcal/h);

A = Área (m²);

U = Coeficiente global de transmissão de calor (kcal/h.m².°C);

ΔT = Diferença de temperatura (°C);

Condução paredes e cobertura

Paredes externas: U = 2,49 [kcal/h x m² x °C] (Anexo G)

Cobertura: U = 1,06 [kcal/h x m² x °C] (Anexo H)

Piso: U = 2,73 [kcal/h x m² x °C]

Tabela 1: Valores de Carga Térmica Paredes e Cobertura

Carga Térmica Paredes e Cobertura				
Parede	Área (m²)	U (Coef. Global) (kcal/h x m² x °C)	ΔT (°C)	q (kcal/h)
N (ext)	61,4	2,49	9	1376,0
E (ext)	86,45	2,49	9	1937,3
S (ext)	65,6	2,49	9	1470,1
W (ext)	86,45	2,49	9	1937,3
N (int)	52,87	2,49	0	0,0
Cobertura	367,36	1,06	9	3504,6
Piso	367,36	2,73	0	0,0
Total =				10225,4

Condução portas

Porta principal (vidro comum simples): $U = 5,18$ [kcal/h x m² x °C]

Porta Hall / Serviço / emergência (madeira 30mm de espessura): $K = 0,13$ [kcal/h.m.°C] (Anexo E)

Condutância Superficial (h):

$$\text{Filme de ar externo: } \left(\frac{1}{h}\right) = \left(\frac{1}{7,13}\right) = 0,1403$$

$$\text{Madeira: } \left(\frac{1}{K}\right) = \left(\frac{1 \cdot 0,03}{0,13}\right) = 0,2308$$

$$\text{Filme de ar interno: } \left(\frac{1}{h}\right) = \left(\frac{1}{7,13}\right) = 0,1403$$

$$R = 0,5114$$

$$U = \left(\frac{1}{R}\right) = \left(\frac{1}{0,5114}\right) = 1,9554$$

Porta Principal Vidro: $U = 5,18$ [kcal/h x m² x °C] (Anexo F)

Tabela 2: Valores de Carga Térmica Portas

Carga Térmica Portas				
Parede	Área (m²)	Coef. Global / U (kcal/h x m² x °C)	ΔT (°C)	q (kcal/h)
Porta N Principal (ext) vidro	4,2	5,18	9	195,8
Portas N Hall (int) madeira	8,4	1,9554	0	0,0
Porta N Serviço (int) madeira	2,73	1,9554	0	0,0
Porta E Emergência (ext) madeira	3,15	1,9554	9	55,4
Porta W Emergência (ext) madeira	3,15	1,9554	9	55,4
Total =				306,7

3.2.2 Carga térmica devido a insolação

Superfícies transparentes (vidros)

Carga térmica por insolação sobre superfícies transparentes (vidros), realizada sobre a única porta de vidro do auditório que se localiza na parede norte.

O fluxo de calor pode ser obtido por:

$$q = A * U' * Cr * F \quad (9)$$

Onde:

q = Fluxo de calor (kcal/h);

A = Área de superfície (m²);

U' = Calor transmitido por unidade de área (kcal/m²) – (Anexo K);

Cr = Coeficiente de redução;

0,15 - 0,20: Toldos ou persianas externas

0,50 - 0,66: Persianas internas e refletoras

0,25 - 0,61: Cortinas internas brancas (opacas)

F = Fator de aumento devido ao material da esquadria.

1,0: Esquadria de madeira

1,15: Esquadria metálica

Tabela 3: Valor de Carga Térmica de Insolação Superfícies Transparentes (Vidros)

Carga Térmica de Insolação Superfícies Transparentes (Vidros)					
Parede	Área (m ²)	U' (kcal/m ²)	Cr	F	q (kcal/h)
Porta N Principal (ext) vidro	4,2	42,375	1,0	1,15	204,6713
Total =					204,6713

Superfícies opacas (parede e cobertura)

Carga térmica por insolação sobre superfícies opacas, realizada somente sobre a parede Oeste e o telhado, visto que a absorção térmica por incidência solar na pior condição do dia acontecem nestas faces do auditório.

O fluxo de calor pode ser obtido por:

$$q = A * U * [Te - Ti + \Delta T'] \quad (10)$$

Onde:

q = Fluxo de calor (kcal/h);

A = Área de superfície (m²);

U = Coeficiente global de transmissão de calor (kcal/h.m².°C; (Anexo G)

Te = Temperatura externa (°C);

Ti = Temperatura interna (°C);

$\Delta T'$ = Acréscimo ao diferencial de temperatura dado pela (Anexo I);

Tabela 4: Valores de Carga Térmica de Insolação Superfícies Opacas (Parede Oeste e Cobertura)

Carga Térmica de Insolação Superfícies Opacas (Parede Oeste e Cobertura)						
Parede	Área (m ²)	U (Coef. Global) (kcal/h x m ² x °C)	Te (°C)	Ti (°C)	$\Delta T'$ (°C)	q (kcal/h)
W (ext)	86,45	2,49	32	23,0	5,5	3121,277
Cobertura	367,36	1,06	32	23,0	16,6	9968,681
Total =						13090,0

3.2.3 Carga térmica devido a pessoas

Calor sensível, pode ser calculado pela equação:

$$q_s = \frac{q_s}{pessoa} \times N \quad (12)$$

Onde:

$q_s / pessoa$ = calor sensível por pessoa; (Anexo N)

N = número de pessoas.

Calor latente, pode ser calculado pela equação:

$$q_l = \frac{q_l}{pessoa} \times N \quad (13)$$

Onde:

$q_l / pessoa$ = calor latente por pessoa; (Anexo N)

N = número de pessoas;

Tabela 5: Valor de Carga Térmica devido a Pessoas

Calor	q (W)	q (kcal/h)	N	q (kcal/h)
Calor sensível	70	60,186	170	10231,62
Calor latente	35	30,093	170	5115,81
Total =				15347,43

3.2.4 Carga térmica devido à iluminação

É obtida através da potência dissipada em W/m^2 , tal potência é convertida de Kcal/h.

Tabela 6: Valores de Carga Térmica devido à Iluminação

Iluminação (Calor Sensível)				
Local	Pot. Dissipada (W/m²)	Area (m²)	Q (W)	qs (kcal/h)
Palco	30	64	1920	1650,816
Platéia	10	236,8	2368	2036,0064
Hall	8	48	384	330,1632
			Total =	4016,9856

3.2.5 Carga térmica devido aos equipamentos

É obtida através da potência dissipada em W, tal potência é convertida de Kcal/h.

Tabela 7: Valores de Carga Térmica devido aos Equipamentos

Equipamento (Calor Sensível)				
Equipamento	Quantidade	Peq.(W)	Q (W)	qs (kcal/h)
Computador	2	30	60	51,588
Monitor	2	5	10	8,598
Projeter	1	200	200	171,96
			Total =	232,146

3.2.6 Carga térmica devido à infiltração

Utilizamos o método das frestas

Nesse método a vazão de ar que penetra pelas frestas, pode ser calculada pela equação:

$$Q = Q_u \times l_{\text{fresta}} \quad (18)$$

Onde:

Q_u = vazão de ar por metro de fresta em (m³/h);

l_{fresta} = comprimento total das frestas em (m).

Tabela 8: Valores da Vazões das Portas

Q					
Porta (orientação)	Tipo	l festa	Qu	quantidade	Q (m ³ /h)
Auditório (emerg.)	dupla	9,3	6,5	2	120,90
Auditório/Hall	dupla	10,3	6,5	2	133,90
Hall/Serviço	comum	6,8	6,5	1	44,20
Hall	dupla	10,3	6,5	1	66,95

As cargas térmicas de calor sensível e latente podem ser calculadas pelas equações:

- Calor sensível

$$q_s = 0,29 \times Q \times (T_e - T_i) \text{ Kcal / h} \quad (16)$$

Tabela 9: Valores de Cargas Térmicas de Calor Sensível devido à Infiltração

Calor Sensível				
Porta (orientação)		Qporta	ΔT (°C) (Text-Tint)	qs (kcal/h)
Auditório (emerg.)	0,29	120,90	9	315,55
Auditório/Hall	0,29	133,90	0	0,00
Hall/Serviço	0,29	44,20	0	0,00
Hall	0,29	66,95	9	174,74
Total =				490,29

- Calor latente

$$q_l = 583 \times \gamma \times Q \times (UE_2 - UE_1) \text{ Kcal / h} \quad (17)$$

Tabela 10: Valores de Cargas Térmicas de Calor Latente devido à Infiltração

Calor Latente					
Porta (orientação)		Qporta	γ	ΔUE	ql (kcal/h)
Auditório (emerg.)	583	120,90	1,2	0,0126	1065,73
Auditório/Hall	583	133,90	1,2	0,0000	0,00
Auditório/Hall	583	44,20	1,2	0,0000	0,00
Hall	583	66,95	1,2	0,0126	590,16
Total =					1655,89

3.2.7 Carga térmica devido à ventilação

Consultando o (Anexo Y), encontramos os valores para realizar os cálculos com a equação 19 mostrada abaixo.

$$V_{ef} = P_z \times F_p + A_z \times F_a \quad (19)$$

Onde:

V_{ef} : Vazão eficaz de ar exterior;

P_z : número de pessoas na zona de ventilação;

F_p : vazão por pessoa;

(l/s) A_z : área útil ocupada pelas pessoas (m^2);

F_a : vazão por área útil ocupada (l/ (s x m^2)) (Anexo Y).

Tabela 11: Valores de Vazão Eficaz de Ar Exterior

Vef (Vazão eficaz de ar exterior)					
Local	Pz	Fp	Az	Fa	Vef (m³/h)
Auditório (platéia)	150	3,5	236,8	0,4	865,99
Auditório (placo)	20	6,3	64	0,4	218,16
Hall	20	3,5	48	0,4	139,12
Total =					1223,27

Portanto calculamos os valores de calor sensível e o calor latente:

Calor sensível:

$$q_s = 0,29 \times Q \times (T_e - T_i) \text{ kcal/h} \quad (16)$$

Onde:

Q: vazão de ar (m^3/h);

T_e : Temperatura externa ($^{\circ}C$);

T_i : Temperatura interna ($^{\circ}C$).

Tabela 12: Valores de Cargas Térmicas de Calor Sensível devido à Ventilação

Calor Sensível				
Porta (orientação)		Q (Vef)	ΔT (°C) (Text-Tint)	qs (kcal/h)
Auditório (platéia)	0,29	865,99	9	2260,24
Auditório (placo)	0,29	218,16	9	569,40
Hall	0,29	139,12	9	363,10
Total =				3192,74

Calor latente:

$$ql = 583 \times \gamma \times Q \times (UE2 - UE1) \text{ kcal/h} \quad (17)$$

Onde:

Q: vazão de ar (m³/h);

γ : peso específico do ar = 1,2 (kgf/m³);

UE2: Umidade específica do ar externo (kg/kg);

UE1: Umidade específica do ar interno (kg/kg).

Tabela 13: Valores de Cargas Térmicas de Calor Latente devido à Ventilação

Calor Latente					
Porta (orientação)		Q (Vef)	γ	ΔUE	ql (kcal/h)
Auditório (platéia)	583	865,99	1,2	0,0126	7633,68
Auditório (placo)	583	218,16	1,2	0,0126	1923,07
Hall	583	139,12	1,2	0,0126	1226,34
Total =					10783,09

3.3 CÁLCULO DA CAPACIDADE DO EQUIPAMENTO DE CONDICIONAMENTO

Para o projeto utilizaremos um tipo de condicionamento que utiliza uma renovação parcial de ar ambiente.

3.3.1 Determinação da razão de calor sensível (RCS)

$$q_{total} = \sum q_s + \sum q_l \quad (20)$$

$$RCS = \frac{\sum q_s}{q_{total}} \quad (21)$$

Tabela 14: Valores de Carga Térmica Total

CARGA TÉRMICA TOTAL		
	q _s (kcal/h)	q _l (kcal/h)
Carga térmica de condução	10532,05	
Carga térmica de insolação	13294,63	
Carga térmica devido a pessoas	10231,62	5115,81
Carga térmica de iluminação	4016,99	
Carga térmica de equipamentos	232,15	
Carga térmica de infiltração	490,29	1655,89
Carga térmica de ventilação	3192,74	10783,09
Subtotal (S)	41990,46	17554,79
Total (q _s +q _l)	59545,25	
RCS ($\frac{\sum q_s}{q_{total}}$)	0,71	

3.3.2 Determinação da vazão de ar de insuflamento (Q_{ins})

$$Q_{ins} = \frac{\sum q_s}{0,29*(T_{amb}-T_{ins})} \quad (22)$$

Onde:

T_{amb}: Temperatura ambiente (°C);

T_{ins}: Temperatura do ar no insuflamento (°C).

Tabela 15: Valores de Vazão de Ar de Insuflamento - Qins

Vazão de Ar de Insuflamento - Qins				
Tamb= 23°C Tins= 13°C				
Σqs (Kcal/h)		Tamb (°C)	Tins (°C)	Qins (m3/h)
41990,46	0,29	23	13	14479,468
Qins (Σqs/0,29*(Tamb-Tins))				14479,468

3.3.3 Determinação da temperatura de insuflamento (carta psicrométrica)

A carta psicrométrica é utilizada para extrair alguns valores necessários para o dimensionamento. A carta apresentada a seguir foi utilizada para obter os valores e marcada com os resultados.

Figura 9: Carta Psicométrica 1

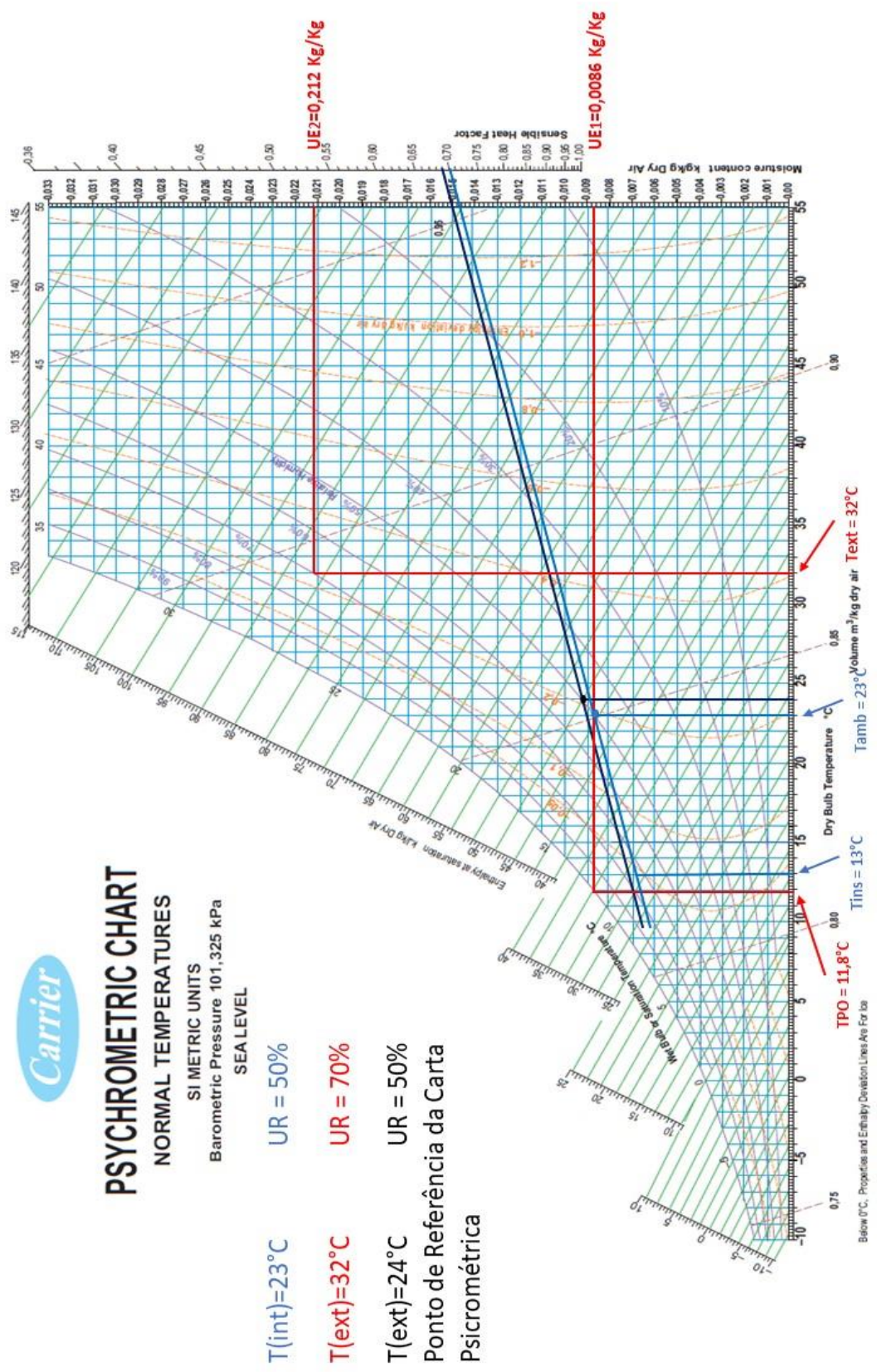
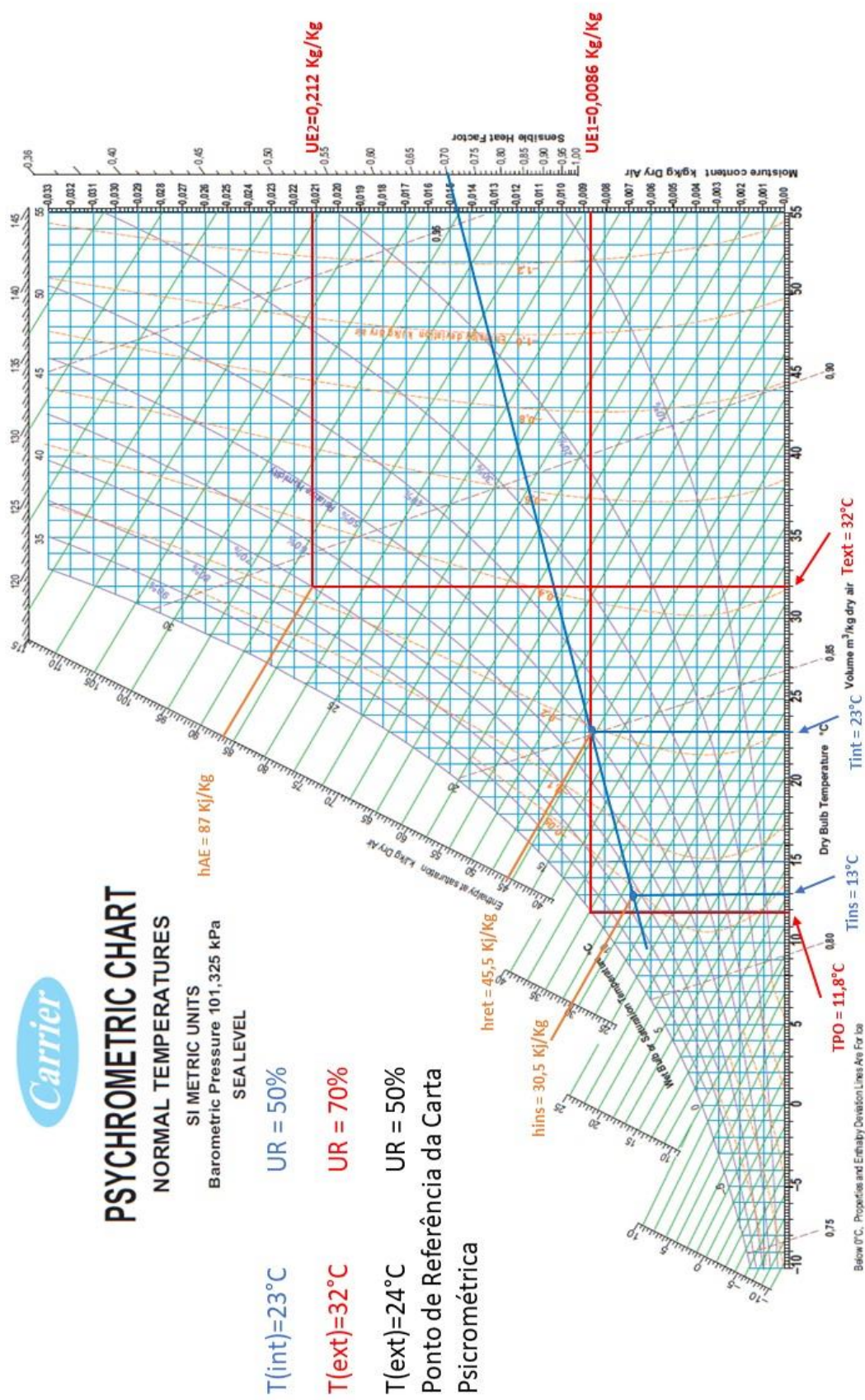


Figura 10: Carta Psicométrica 2



3.3.4 Determinação da capacidade do equipamento de condicionamento (C)

$$C = \gamma \times Q_{ins} \times (h_2 - h_1) \quad (23)$$

Onde:

γ : peso específico do ar (kgf/m³);

Q_{ins} : vazão de ar de insuflamento (m³/h);

$h_2 = h_{mist}$: entalpia do ar na entrada do condicionador (entalpia da mistura ar de retorno + ar externo);

$h_1 = h_{ins}$: entalpia do ar na saída do condicionador (entalpia do ar de insuflamento).

Determine a entalpia da mistura de ar conforme a equação 24:

$$h_{mist} = \frac{Q_{ret}}{Q_{ins}} * h_{ret} + h_{AE} * \frac{Q_{AE}}{Q_{ins}} \quad (24)$$

Onde:

Q_{ret} : Vazão de ar de retorno (m³/h);

h_{ret} : entalpia do ar de retorno (kJ/kg);

h_{AE} : entalpia do ar externo(kJ/kg);

Q_{AE} : Vazão de ar externo (m³/h).

Tabela 16: Valores de Entalpia da mistura do Ar

Entalpia da mistura do ar					
hret	45,5	Kj/Kg			
hAE	87	Kj/Kg			
Qret (m3/h)	Qins (m3/h)	hret (KJ/Kg)	hAE (KJ/Kg)	QAE (m3/h)	hmist (KJ/Kg)
13256,1963	14479,4683	45,5	87	1223,27	49,006
					49,006

Tabela 17: Valores de Capacidade do Equipamento de Condicionamento

Capacidade do Equipamento de Condicionamento			
h1 = hins=		30,5	KJ/Kg
h2= hmist=		49,00605333	KJ/Kg
γ (Kgf/m3)	Qins (m3/h)	Δh (KJ/Kg)	C (kj/h)
1,2	14479,468	18,506	321549,3749
C ($\gamma \cdot Qins \cdot (h2-h1)$)			321549,37

Tabela 18: Valores de conversões usuais de potência de refrigeração de um ar-condicionado e quantidade por metro quadrado

C (kj/h)	C (kcal/h)	C (TR)	C (BTU/h)	BTU/m²
321549,37	76852,15	25,40	304770	865,82

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SISTEMA VRF

O sistema VRF (Variável Refrigerante de Fluxo) ou VRV (Variável de Refrigerante de Volume) permite a variação do fluxo de refrigerante durante o funcionamento do sistema de expansão direta, que funciona com uma ou com combinações de unidades externas (condensadoras) ligadas a várias unidades internas (evaporadoras).

Necessidade cada vez maior de uso racional da energia de modo a não prejudicar o conforto e o bem-estar do usuário.

4.1.1 Composição do sistema VRF

A composição do sistema VRF é basicamente formado por quatro componentes: uma ou mais unidades condensadoras, unidades evaporadoras, tubulação e ramificação de cobre e sistema de comunicação e controle.

4.1.2 Unidade Condensadora

A unidade condensadora é responsável pela compressão e bombeamento do refrigerante para as unidades internas, quando o sistema trabalha no modo resfriamento, é também a parte que transfere o calor retirado do ambiente interno para o ambiente externo.

As condensadoras do sistema VRF são dotadas de compressores com rotação fixa (ON/OFF) ou variáveis os inverter que permite a alteração do fluxo do refrigerante. Os inverter são os mais utilizados, os próprios fabricantes vêm postando mais ou apenas em modelos inverter.

Os inverter resultam em maior conforto, menor nível de ruído e menor consumo energético, chegando até 40% de economia em comparação ao outro.

4.1.3 Unidades Evaporadoras

A unidade evaporadora é a unidade instalada no interior de um ambiente, onde sai o ar com a temperatura que você programou quando você liga o aparelho de ar-condicionado. Sua função é de absorver o calor, que se desloca até o condensador pelo compressor.

As unidades evaporadoras elas podem várias de capacidades dependendo do tipo ou fabricantes.

Temos alguns tipos de unidades internas de ar-condicionado, do tipo:

- Tipo Hi Wall ou Tipo Parede;
- Tipo Cassete (1 via, 2 vias, 4 vias e 360);
- Tipo Duto;
- Tipo Piso Teto.

4.1.4 Tubulação e Junta de Derivação de cobre (Multi Kits)

O conjunto de tubulação e juntas de derivação de cobre é responsável pela condução e distribuição do refrigerante da unidade condensadora até as unidades evaporadoras, bem como o seu retorno para unidade condensadora.

4.1.5 Sistema de Comunicação e Controles

No caso do sistema VRF a multiplicidade de unidades evaporadoras para um único ciclo de refrigeração e unidade condensadora, é possível através da utilização de poderosos controladores eletrônicos nas unidades. São eles que permitem a operação de cada unidade interna de forma exclusiva para ambientes específicos com toda a segurança.

4.2 SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS

A seleção dos equipamentos foram conforme a escolha do sistema e com os valores adquiridos através dos cálculos de capacidade do equipamento de

condicionamento, para que atenda ao ambiente e traga conforto e bem-estar a todos os usuários do auditório.

4.2.1 Condensadoras

Vamos trabalhar com duas unidades condensadoras com capacidades de 14HP/134.400 BTu/h e 18HP/172.800 Btu/h, para que possam atender o sistema de um total de 304.770 Btu/h e assim dando uma margem de sobra para que o sistema opere da melhor forma possível atendendo aos critérios de conforto e bem-estar.

A escolha de duas condensadoras em vez de apenas uma, foi da análise de prevenção se houver a ocorrência de uma pane em uma condensadora poderemos operar com a capacidade ainda de 50% do sistema.

Unidades que trabalham com um único ciclo de refrigeração e com sistema de expansão direta, na qual, o fluxo de gás refrigerante é variável.

As funções desse equipamento têm como facilitar sua operação e o dia a dia, como o aviso de trocas dos filtros e de limpeza.

4.2.1.1 Condensadoras VRF – Springer Midea 14 HP/134.400 Btu/h e 18 HP/172.800 BTU/h

Figura 11: Unidade externa - Condensadora modelo 14HP e 18HP



Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

Tabela 19: Especificação Técnica - Condensadora 14HP/134.400 BTU/h

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA - CONDENSADORA 14 HP/134.400 BTU/h	
Ciclo	Quente e Frio
Tecnologia	Inverter
Gás Refrigerante	R-410a
Voltagem (V)	220
Sistema de Fase	Trifásico
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (HP)	14
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (BTU/h)	134.400
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (Kw/h)	40
Vazão de Ar (m ³ /min)	216,6
Nível de Ruído (dB)	60
Serpentina da Condensadora	Cobre
Capacidade de Operação	50 - 100%
Unidades Internas	23

Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

Tabela 20: Especificação Técnica - Condensadora 18HP/172.800 BTU/h

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA - CONDENSADORA 18 HP/172.800 BTU/h	
Ciclo	Quente e Frio
Tecnologia	Inverter
Gás Refrigerante	R-410a
Voltagem (V)	220
Sistema de Fase	Trifásico
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (HP)	18
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (BTU/h)	172.800
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (Kw/h)	50
Vazão de Ar (m ³ /min)	283,3
Nível de Ruído (dB)	61
Serpentina da Condensadora	Cobre
Capacidade de Operação	50 - 100%
Unidades Internas	29

Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

4.2.2 Evaporadoras

Vamos trabalhar com dois tipos de unidades evaporadoras, sendo elas 4 do tipo Cassete 4 vias com capacidade de 4HP/38.400 BTU/h e 4 do tipo Piso Teto com capacidade de 4HP/38.400 BTU/h distribuídas pelo auditório e hall.

4.2.2.1 Evaporadora VRF Cassete 4 vias – Springer Midea 4 HP/38.400 BTU/h

Unidade evaporadora Cassete 4 vias com operação silenciosa, que possui ventilador de alta eficiência e tecnologia para renovação de ar.

Funções que facilitam o dia a dia e operação, como o aviso de troca de filtros e limpeza.

Conta com tecnologias como função super (compressor), função sleep (ajusta temperatura e ruído), função timer e função clean (impede formação de mofo e acúmulos de sujeiras).

Figura 12: Evaporadora Cassete 4 vias - 4 HP/38.400 BTU/h



Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

Tabela 21: Especificação Técnica - Evaporadora Cassete 4 vias 4 HP/38.400 BTU/h

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA - EVAPORADORA CASSETE 4 VIAS 4 HP/38.400 BTU/h	
Ciclo	Quente e Frio
Tecnologia	Inverter
Gás Refrigerante	R-410a
Voltagem (V)	220
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (HP)	4
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (BTU/h)	38.400
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (Kw/h)	11,25
Serpentina da Condensadora	Cobre

Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

4.2.2.2 Evaporadora VRF Piso Teto – Springer Midea 4 HP/38.400 BTU/h

Unidade evaporadora Piso Teto com operação silenciosa, que possui ventilador de alta eficiência e tecnologia para renovação de ar.

Funções que facilitam o dia a dia e operação, como o aviso de troca de filtros e limpeza.

Conta com tecnologias como função super (compressor), função sleep (ajusta temperatura e ruído), função timer e função clean (impede formação de mofo e acúmulos de sujeiras).

Figura 13: Evaporadora Piso Teto - 4 HP/38.400 BTU/h

Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

Tabela 22: Especificação Técnica - Evaporadora Piso Teto 4 HP/38.400 BTU/h

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA - EVAPORADORA PISO TETO 4 HP/38.400 BTU/h	
Ciclo	Quente e Frio
Tecnologia	Inverter
Gás Refrigerante	R-410a
Voltagem (V)	220
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (HP)	4
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (BTU/h)	38.400
Capacidade de Refrigeração e Aquecimento (Kw/h)	11,25
Vazão de Ar (m ³ /min)	31,5
Nível de Ruído (dB)	47
Serpentina da Condensadora	Cobre

Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

4.2.3 Cortina de Ar – Springer Midea 1,5 m

A cortina de ar serve como separação de temperatura entre dois ambientes, na qual, evitar a troca de calor entre os ambientes. Vai ser utilizada na porta de entrada do Hall (porta do ambiente exterior para o interior do Hall). Com a abertura da porta constante de entrada de pessoas do ambiente exterior para o auditório, ela vai proporcionar que possamos manter a temperatura no interior do hall.

Figura 14: Cortina de Ar

Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

Tabela 23: Especificação Técnica - Cortina de Ar

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA - CORTINA DE AR 1,5M	
Sistema de Fase	Monofásico
Voltagem (V)	220
Classificação Energética INMETRO	A
Frequência (Hz)	60
Saída de Ar Efetiva (cm)	150
Regula Velocidade do Ar	Sim
Nível de Ruído Unidade Interna (dB)	59-59
Potência Elétrica Consumida - Refrigeração (W)	280

Fonte: EXTRAÍDO ARCERTO.COM, 2021

4.2.4 Controle Remoto sem Fio

O controle remoto sem fio é a principal comunicação entre a evaporadora e a condensadora.

E a escolha do controle sem fio é para maior facilidade e que ele pode ser usado em todas as evaporadoras em diferentes espaços.

Figura 15: Controle Remoto sem Fio

Fonte: EXTRAÍDO CATÁLOGO COMERCIAL CARRIER VRF, 2019

Tabela 24: Funções Principais - Controle Remoto sem Fio

FUNÇÕES PRINCIPAIS – CONTROLE REMOTO SEM FIO
Ajuste de Temperatura
Programação das aletas horizontais em 5 posições de oscilação automática
7 Velocidades de Ventilação
Função Siga - Me
Modo Ecológico
Pilhas

Fonte: EXTRAÍDO CATÁLOGO COMERCIAL CARRIER VRF, 2019

4.2.5 Tubulação e Junta de Derivação de Cobre (Multi Kit) e Isolante Térmico

A tubulação e as juntas de derivação Y utilizadas são de cobre desoxidado – fósforo, que está em conformidade com a legislação.

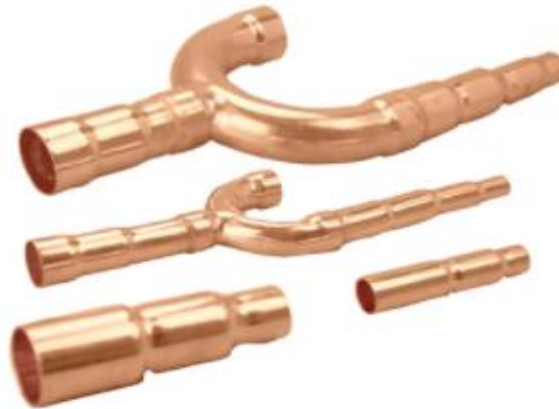
O Isolante térmico de espuma ou borracha elastomérica é importante, pois impede a corrosão da tubulação e reduz as perdas energéticas, por ser um material produzido a partir de borracha sintética de alta densidade e com um alto coeficiente de condutividade térmica.

O comprimento total de tubulação no sistema de refrigeração será de 100 metros (50 metros tubulação de líquido e 50 metros tubulação de gás). E um total de 28 juntas de derivação. E isolante térmico para que atenda toda essa tubulação.

Figura 16: Tubulação Cobre

Fonte: EXTRAÍDO OSMAG.COM.BR, 2021

Figura 17: Junta de derivação de Cobre



Fonte: EXTRAÍDO PORTUGUESE.ALIBABA.COM, 2021

Figura 18: Isolante Térmico (Espuma Elastomérica)



Fonte: EXTRAÍDO ELETROFRIGOR.COM.BR, 2021

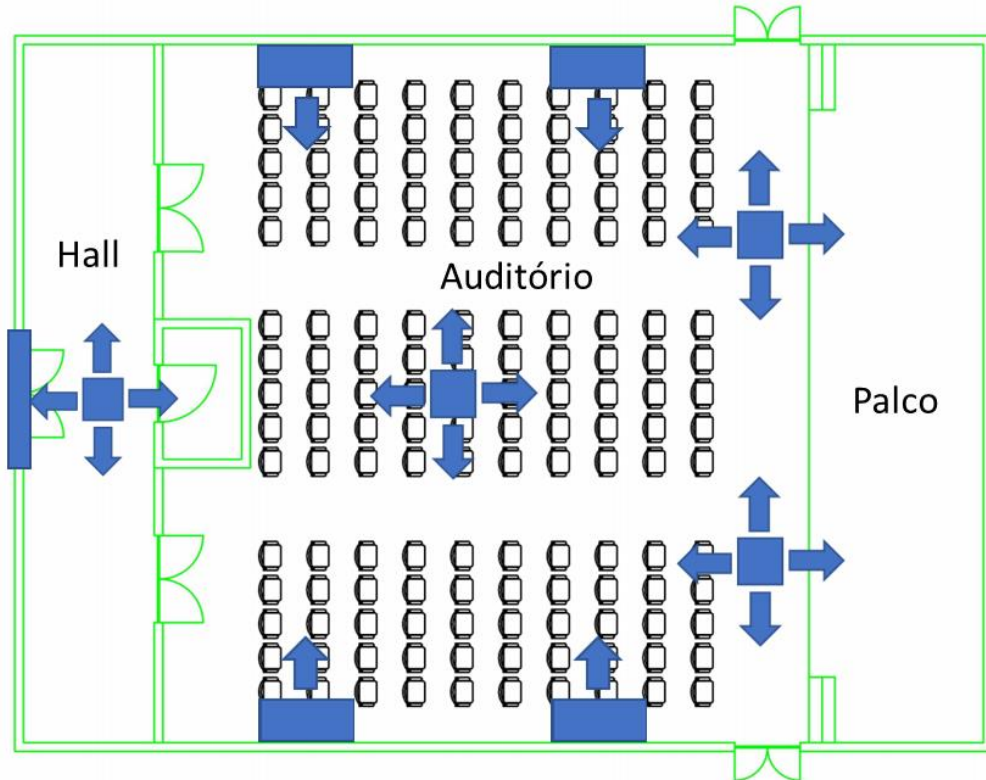
Tabela 25: Especificação Técnica - Tubulação de Cobre

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA - TUBULAÇÃO	
Material	Cobre
Diâmetro Externo da Tubulação de Líquido (mm)	15,9
Tratamento térmico da Tubulação de Líquido	Recozido
Diâmetro Externo da Tubulação de Gás (mm)	31,8
Tratamento térmico da Tubulação de Gás	Meio Duro

Fonte: EXTRAÍDO MANUAL DE PROJETO VRF V6 MIDEA - CARRIERDOBRASIL.COM.BR, 2021

4.3 DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS INTERNOS

Figura 19: Layout Auditório Com distribuição dos Equipamentos

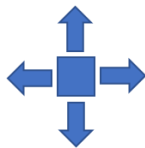


Fonte: DESENVOLVIDA PELO GRUPO.

Legenda:



Direção do fluxo de ar



Evaporadora tipo cassete



Evaporadora tipo piso teto



Cortina de ar

4.4 CUSTOS DO PROJETO

Para que o projeto atenda todos os critérios anteriormente estabelecido, o custo total do sistema junto com a mão de obra para instalação é de R\$162.740,53.

A tabela 26 abaixo detalha os principais equipamentos e os custo de cada um e a mão de obra.

Tabela 26: Custos do Projeto

QTDE	UND	EQUIPAMENTOS	VALOR UNITÁRIO	SUBTOTAL
120	Hrs	Mão de Obra	R\$ 300,00	R\$ 36.000,00
1	PÇ	Condensadora VRF Inverter Midea V6 14 HP/ 134.400 BTu/h Quente e Frio 220V - Modular	R\$ 32.204,93	R\$ 32.204,93
1	PÇ	Condensadora VRF Inverter Midea V6 18 HP/ 172.800 BTu/h Quente e Frio 220V - Modular	R\$ 39.943,03	R\$ 39.943,03
4	PÇ	Evaporadora VRF Midea V6 Cassete 4 Vias 4 HP - 38.400 BTUs Quente e Frio 220V	R\$ 2.441,19	R\$ 9.764,76
4	PÇ	Painel para Cassete 4 Vias 360° - até 5 HP	R\$ 653,35	R\$ 2.613,40
1	PÇ	Controle remoto sem fio	R\$ 216,09	R\$ 216,09
4	PÇ	Evaporadora VRF Midea V6 Piso Teto 04 HP / 38.400 220V	R\$ 3.295,52	R\$ 13.182,08
1	PÇ	Cortina de Ar	R\$ 1.163,75	R\$ 1.163,75
32	KG	Tubo de Cobre RIG 5/8" X 1/16" 0,635 kg	R\$ 99,90	R\$ 3.196,80
68,5	KG	Tubo de Cobre RIG 1.1/4" X 1/16" 1,368 kg	R\$ 99,90	R\$ 6.843,15
50	PÇ	Isoline Borr./ Elastomérica 5/8" 15X13mm 16X13 KFLEX H015 HS16	R\$ 10,50	R\$ 525,00
50	MT	Isoline Borr./ Elastomérica 5/8" 15X19mm KFLEX	R\$ 19,33	R\$ 966,50
50	MT	Isoline Borr./ Elastomérica 1.1/4" 19X32mm KFLEX	R\$ 19,50	R\$ 975,00
28	PÇ	Conjunto Refinete VRF Midea LIQ/SUC Modelo FQZHN-03D	R\$ 540,93	R\$ 15.146,04
TOTAL				R\$ 162.740,53

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do estudo, de projetar o dimensionamento de um sistema de condicionamento e renovação de ar de um auditório para 170 pessoas em tempo de pandemia (COVID-19), teve seus objetivos iniciais alcançados que era um dimensionamento ideal que gerasse conforto, bem-estar para os indivíduos e que o sistema escolhido fosse aquele de maior eficiência e economia.

Os cálculos de dimensionamento foram atendidos e seguiram os parâmetros iniciais de projeto para que proporcionassem um melhor conforto e bem-estar para todos no ambiente. Foi escolhido um sistema do tipo VRF que é um sistema moderno no qual conta com comandos automatizados, de operação estável, fácil manutenção, filtros eficientes, fácil adequação ao layout e excelente economia de energia. No qual este sistema dá a vantagem de com apenas uma evaporadora seja capaz de suportar várias evaporadoras ligadas a si, assim reduzindo o consumo de energia. Optamos por duas condensadoras para maior segurança, funcionamento e eficiência de todo o sistema.

A distribuição das evaporadoras foi levada em conta o alcance do jato de ar de cada equipamento, para que todo o espaço do ambiente tivesse um condicionamento e renovação de ar ideal.

Concluimos que o sistema escolhido tem uma grande eficiência e atendeu todos os objetivos propostos foram atendidos e além de atender as boas práticas de engenharia e a norma ABNT NBR 16401.

6 TRABALHOS FUTUROS

Como dito anteriormente durante o desenvolvimento, há uma tendência de aumento de temperatura mundial, e em alguns países a situação já é de desconforto extremo em algumas épocas do ano.

Em função dessa crescente, recomenda-se para trabalhos futuros a realização de estudos que possibilitem uma melhor combinação de materiais isolantes a fim de reduzir a capacidade dos equipamentos de condicionamento e conseqüentemente a demanda de energia elétrica, que é um ponto muito afetado com o aumento do número de equipamentos de condicionamento aplicados em todo o mundo. Recomenda-se também algumas propostas de melhorias no sistema em questão, adotando alguns métodos utilizados neste trabalho e outros que não foram explorados.

7 BIBLIOGRAFIA

- CREDER, Hélio. Instalações de Ar Condicionado. Editora Ltc, 6ª Edição, 2004.
- BRASI L. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Legislação brasileira com os padrões e parâmetros de avaliação de qualidade do ar de ambientes climatizados. Disponível em: < <https://abrava.com.br/normalizacao/resolucao-09/> > . Acesso em 17 de novembro de 2020.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE Standard 62 - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 2001.
- AFONSO; May Socorro Martinez; TIPPLE, Anaclara Ferreira Veiga; SOUZA, Adenícia Custódia Silva e; PRADO, Marinésia Aparecida do; ANDERS, Patrícia Staciariini – A qualidade do ar em ambientes hospitalares climatizados e sua influência na ocorrência de infecções. Revista Eletrônica de Enfermagem, v. 06, n. 02, p. 181 - 188, 2004.
- Dilgueriam, Mirian Gonçalves – Síndrome do edifício doente: responsabilidade civil da municipalidade diante do Estatuto da Cidade/Mirian Gonçalves Dilgueriam. – São Paulo: Editora Letras Jurídicas: 2005.
- MARÉ, Renata Maria. Estudo de eficiência da ventilação em sistema de climatização com distribuição de ar pelo piso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. 205 f. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18082010-170422/publico/Diss_RenataMariaMare_Rev.pdf> . Acesso em 17 de novembro de 2020.
- YANG, Xudong et al. Performance of three air distribution systems in VOC removal from an area source. In: Building and Environment, China, v. 39, n. 11, p. 1289– 1299, nov. 2004
- <https://www.friopecas.com.br/central-de-atendimento/duvidas-frequentes#:~:text=O%20que%20significa%20BTU%2Fh,ar%20e%20sua%20carga%20t%C3%A9rmica>. Acesso em 17 de novembro de 2020.
- https://pt.wikipedia.org/wiki/Tonelada_de_refrigera%C3%A7%C3%A3o#:~:text=A%20Tonelada%20de%20Refrigera%C3%A7%C3%A3o%20mais,capacidade%20d

e%20refrigera%C3%A7%C3%A3o%20em%20kilowatts. Acesso em 17 de novembro de 2020.

- <https://www.passeidireto.com/arquivo/71052453/tcc-versao-final-2019-pos-graduacao-1> Acesso em 18 de novembro de 2020.
- https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/21602/1/MarcioHumbertoAlmeidaDeCarvalho_DISSERT.pdf Acesso em 19 de novembro de 2020.
- https://www.crtsp.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/ABRIL_2020_IMPACTO-DO-COVID-19-NA-QUALIDADE-DO-AR-INTERIOR_SENAI_Arquivo.pdf. Acesso em 19 de novembro de 2020.
- <https://pt.weatherspark.com/y/30464/Clima-caracter%C3%ADstico-em-V-Redonda-Brasil-durante-o-ano> > . Acesso em 18 de fevereiro de 2021.
- ABNT 15220-3 (set-2003) - Desempenho térmico em edificações -- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.
- <https://www.arcerto.com/produto/ar-condicionado-condensadora-vrf-inverter-midea-v6-14-hp-134400-btuh-quente-e-frio-220v/> > . Acesso em 29 de abril de 2021.
- <https://www.arcerto.com/produto/cortina-de-ar-springer-15m-220v/> > . Acesso em 29 de abril de 2021.
- <https://www.arcerto.com/produto/ar-condicionado-evaporadora-vrf-midea-v6-cassete-4-vias-4-hp-38400-btus-quente-e-frio-220v/> > . Acesso em 29 de abril de 2021.
- <https://www.arcerto.com/produto/ar-condicionado-condensadora-vrf-inverter-midea-v6-18-hp-172800-btuh-quente-e-frio-220v/> > . Acesso em 29 de abril de 2021.
- <https://www.arcerto.com/produto/ar-condicionado-evaporadora-vrf-midea-v6-piso-teto-04-hp-38400-220v/> > . Acesso em 29 de abril de 2021.
- https://img.carrierdobrasil.com.br/downloads_docs/9aec3-MProjeto-VRF-Midea-V6---C---07-19--view-.pdf > . Acesso em 1 de maio de 2021.

- https://carrierdobrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/03/Catalogo-Comercial_VRF-Midea-V6_V6-i-2019-08_Rev.B.pdf > . Acesso em 1 de maio de 2021.
- <http://www.osmag.com.br/produto/tubo-cobre-rigido-1-1-4-3175mm-1mt140kg-parede-1-16-158mm-p-mt/> > . Acesso em 20 de maio de 2021.
- <https://www.eletrofrigor.com.br/tubo-isolante-elastomerico-1-58-kflex-parede-9mm-2-metros.html> > . Acesso em 20 de maio de 2021.
- https://portuguese.alibaba.com/product-detail/copper-y-branch-pipe-for-midea-series-fqzhw-02n1e-60786276384.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.4458d86fJo0tW6> . Acesso em 20 de maio de 2021.

ANEXO A - Principais Fontes Poluentes

	Poluente	Principais fontes
Poluentes de origem química	Compostos orgânicos voláteis (COV)	Materiais de Construção, fumaça de cigarro, tintas, adesivos, solventes.
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Combustão, atividade metabólica.
	Monóxido de carbono (CO)	Fogões, queima de combustíveis, fornos, aquecedores de água.
	Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Queima de combustíveis, ar externo, motores veiculares.
	Oxido de Nitrogênio (NO)	Queima de combustíveis, ar externo, motores veiculares.
Poluentes de origem física	Dióxido de Nitrogênio	Queime de combustíveis, ar externo, motores veiculares.
	Formaldeído (H ₂ CO)	Materiais de isolamento, moveis de madeira compensada.
	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	Queima de combustíveis, fumaça de cigarro.
	Ozônio (O ₃)	Reações fotoquímicas, campos eletrostáticos (equipamentos eletrônicos)
	Radônio (Rn)	Solo, materiais de construção (pedras, concreto).
	Material Particulado	Re-suspensão, fumaça de cigarro, combustão.
	Fibra de asbesto ou amianto	Materiais anti-chama.
	Calor	Metabolismo humano, sistema de ar condicionado, cozinhas.
Poluentes de origem biológica	Alergênicos	Poeira, animais domésticos, insetos.
	Pólen	Plantas.
	Microorganismos (fungos, bactérias, vírus)	Pessoas, animais, vasos e plantas, sistemas de ar condicionado.
	Esporos de fungos	Solos, plantas, alimentos, superfícies internas.

Fonte: EXTRAÍDO DE JONES ET AL., 1999.

ANEXO B – Temperatura de Ebulição da Água em Função da Pressão

Pressão p (mmHg)	4,6	9,2	17,4	31	55	92	149	233	355	525	760
Temperatura de ebulição t (°C)	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°

Fonte: TABELA 5.1 – MACINTYRE, 1990

ANEXO C – Entalpia do Vapor Saturado Seco de Água em Função da Temperatura

Temperatura		Calor sensível Líquido saturado ①		Calor latente ②		Calor total = entalpia vapor saturado ③ = ① + ②	
°F	°C	Btu/lb	kJ/kg	Btu/lb	kJ/kg	Btu/lb	kJ/kg
32	0	0,0	0,0	1 075,8	2 502,2	1 075,8	2 502,2
34	1,11	2,02	4,69	1 074,7	2 499,6	1 076,7	2 504,2
36	2,22	4,03	9,37	1 073,6	2 497,0	1 077,6	2 506,3
38	3,33	6,04	14,04	1 072,4	2 493,3	1 078,4	2 508,2
40	4,44	8,05	18,72	1 071,3	2 491,7	1 079,3	2 510,3
45	7,22	13,06	30,37	1 068,4	2 484,9	1 081,5	2 515,4
50	10,0	18,07	42,02	1 065,6	2 478,4	1 083,7	2 520,5
55	12,7	23,07	53,65	1 062,7	2 471,7	1 085,8	2 525,4
60	15,5	28,06	65,26	1 059,9	2 465,2	1 088,0	2 530,5
65	18,3	33,05	76,87	1 057,1	2 458,7	1 090,2	2 535,6
70	21,1	38,04	88,47	1 054,3	2 452,1	1 092,3	2 540,5
75	23,8	43,03	100,08	1 051,5	2 445,6	1 094,5	2 545,6
80	26,6	48,02	111,68	1 048,6	2 438,9	1 096,6	2 550,5
85	29,4	53,00	123,27	1 045,8	2 432,4	1 098,8	2 555,6
90	32,2	57,99	134,87	1 042,9	2 425,6	1 100,9	2 560,5
95	35,0	62,98	146,48	1 040,1	2 419,1	1 103,1	2 565,7
100	37,7	67,97	158,09	1 037,2	2 412,4	1 105,2	2 570,5
110	43,3	77,94	181,28	1 031,6	2 399,3	1 109,5	2 580,5
120	48,8	87,92	204,49	1 025,8	2 385,9	1 113,7	2 590,3
130	54,4	97,90	227,70	1 020,0	2 372,4	1 117,9	2 600,1
140	60,0	107,89	250,94	1 014,1	2 358,6	1 122,0	2 609,6
150	65,5	117,89	274,20	1 008,2	2 344,9	1 126,1	2 619,1
160	71,1	127,89	297,45	1 002,3	2 331,2	1 130,2	2 628,7
170	76,6	137,90	320,74	996,3	2 317,2	1 134,2	2 638,0
180	82,2	147,92	344,04	990,2	2 303,1	1 138,1	2 647,1
190	87,7	157,95	367,37	984,1	2 288,9	1 142,0	2 656,1
200	93,3	167,99	390,72	977,9	2 274,4	1 145,9	2 665,2
212	100,0	180,07	418,82	970,3	2 256,8	1 150,4	2 675,7
250	121,1	218,48	508,16	945,5	2 199,1	1 164,0	2 707,3
300	148,8	269,59	627,03	910,1	2 116,8	1 179,7	2 743,8

Fonte: TABELA 5.2 – MACINTYRE, 1990

ANEXO D – Tabela de Cálculo da Umidade Relativa (2 Termômetros)

Exemplo: quando a temperatura medida com o termômetro seco é de 22°C e a diferença entre as leituras (termômetro seco e úmido) é de 3°C, a umidade relativa é de 75%.

Bulbo seco (°C)	Diferença entre as leituras do termômetro seco e do termômetro úmido																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20				
2	99%+	84%	68%	52%	37%	22%	8%													
4	99%+	85%	70%	56%	42%	29%	26%	3%												
6	99%+	86%	73%	60%	47%	34%	22%	11%												
8	99%+	87%	75%	63%	51%	39%	28%	18%	7%											
10	99%+	88%	76%	65%	54%	44%	33%	23%	14%	4%										
12	99%+	89%	78%	67%	57%	47%	38%	29%	20%	11%	3%									
14	99%+	89%	79%	69%	60%	51%	42%	33%	25%	17%	9%									
16	99%+	90%	80%	71%	62%	54%	45%	37%	29%	22%	14%									
18	99%+	91%	81%	73%	64%	56%	48%	41%	33%	26%	19%	6%								
20	99%+	91%	82%	74%	66%	58%	51%	44%	37%	30%	24%	11%								
22	99%+	91%	83%	75%	68%	60%	53%	46%	40%	34%	27%	16%	5%							
24	99%+	92%	84%	76%	69%	62%	55%	49%	43%	37%	31%	20%	9%							
26	99%+	92%	85%	77%	70%	64%	57%	51%	45%	39%	34%	23%	14%	4%						
28	99%+	92%	85%	78%	72%	65%	59%	53%	47%	42%	37%	26%	17%	8%						
30	99%+	93%	86%	79%	73%	67%	61%	55%	49%	44%	39%	29%	20%	12%	4%					
32	99%+	93%	86%	80%	74%	68%	62%	56%	51%	46%	41%	32%	23%	15%	8%	1%				
34	99%+	93%	87%	81%	75%	69%	63%	58%	53%	48%	43%	34%	26%	18%	11%	5%				
36	99%+	93%	87%	81%	75%	70%	64%	59%	54%	50%	45%	36%	28%	21%	14%	8%				
38	99%+	94%	88%	82%	76%	71%	65%	60%	56%	51%	47%	38%	31%	23%	17%	11%				
40	99%+	94%	88%	82%	77%	72%	66%	62%	57%	52%	48%	40%	33%	26%	19%	13%				
42	99%+	94%	88%	83%	77%	72%	67%	63%	58%	54%	50%	42%	34%	28%	21%	16%				
44	99%+	94%	89%	82%	78%	73%	68%	64%	59%	55%	51%	43%	36%	29%	23%	18%				

Fonte: EXTRAÍDO BTEDUC.COM/GUIAS/MEDIR A UMIDADE RELATIVA, 2021

ANEXO E – Coeficiente de Transmissão de Calor dos Materiais de Construção

Material	Condutividade K		Condutância C	
	BTU · in/h · ft ² · °F	kcal/h · m · °C	BTU/h · ft ² · °F	kcal/h · m ² · °C
1. Acabamentos:				
- cimento asbestos	4,0	0,496		
- gesso 1/2"			2,25	10,99
- lambris	0,80	0,09		
- lambris de 3/4"			1,07	5,22
- fibra de madeira	1,40	0,173		
- emboço ou reboco (2 cm)			0,49	2,39
2. Alvenaria:				
- lã mineral (vidro ou rocha)	0,27	0,03		
- vermiculite	0,46	0,05		
- concreto simples	5,0	0,62		
- massa de cimento com agregados	1,7	0,21		
- concreto com areia e pedra	12,0	1,48		
- estuque	5,0	0,62		
- tijolo comum (meia-vez)	5,0	0,62		
- tijolo comum (uma vez)	9,0	1,11		
- tijolo de concreto furado de 10 cm	1,4	0,17		
- tijolo de concreto furado de 20 cm	0,9	0,11		
- ladrilho ou cerâmica	0,9	0,11		
- alvenaria de pedra	12,50	1,55		
3. Isolamentos:				
- fibras de lãs minerais (vidro ou rocha)	0,27	0,03		
- fibra de madeira	0,25	0,03		
- vidro celular	0,39	0,04		
- cortiça	0,27	0,03		
- fibra de vidro	0,25	0,03		
- isoflex (Santa Marina)			0,039	
4. Argamassas:				
- nata de cimento com areia	5,0	0,62		
- nata de gesso com areia	5,6	0,69		
- agregado com vermiculite	1,7	0,21		
5. Cobertura:				
- placa de agregado de asfalto	6,50	0,80		
- teto com 10 cm	3,00	0,37		
6. Madeiras:				
- de lei (cedro, canela etc.)	1,10	0,13		
- pinho	0,80	0,09		

Ref.: Trans Air Conditioning.

Fonte: TABELA 3.1 – CREDER, 2004

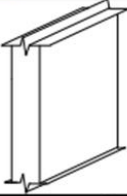
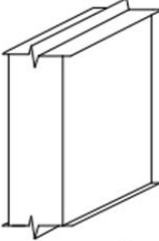
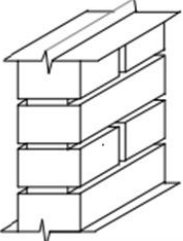
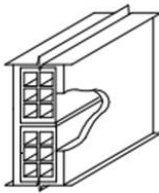
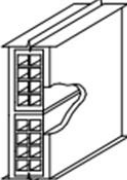
ANEXO F – Coeficientes Globais de Transmissão de Calor

<i>Elementos</i>	<i>U em kcal/h · m² · °C</i>
a) Janelas	
- Janelas de vidros comuns (simples)	5,18
- Janelas de vidros duplos	3,13
- Janelas de vidros triplos	1,66
b) Paredes externas	
- Tijolos maciços (20 × 10 × 6 cm):	
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,88
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,95
- Tijolos furados (20 × 20 × 10 ou 30 × 30 × 10 cm):	
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,59
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,90
c) Paredes internas	
- Tijolos maciços (20 × 10 × 6 cm):	
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,29
meia-vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos	2,68
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,66
- Tijolos furados (20 × 20 × 10 ou 20 × 10 × 6 cm):	
meia-vez (10 cm) = 6 tijolos + 2 revestimentos	2,54
meia-vez (14 cm) = 10 tijolos + 2 revestimentos	2,10
uma vez (24 cm) = 20 tijolos + 2 revestimentos	1,61
d) Concreto externo ou pedra	
15 cm	3,81
25 cm	3,03
35 cm	2,54
50 cm	2,00
e) Concreto interno	
10 cm	3,17
15 cm	2,83
20 cm	2,59

Observação: Estes coeficientes são usados para cálculos sem grandes necessidades.








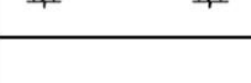





Fonte: TABELA 3.3 – CREDER, 2004

ANEXO G - Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para algumas Paredes












Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240	2,7
	Parede de tijolos maciços aparentes Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149	2,4
	Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3

Fonte: NBR 15220-3 2003

ANEXO H - Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para algumas Coberturas

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	18	0,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11	0,2
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{l(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,92	113	3,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{l(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,93	106	3,6
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,84	458	8,0
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,99	451	7,9
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,75	568	9,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,75	561	9,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2,0

ANEXO I - Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para algumas Coberturas (continuação)

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2,0
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	84	4,2
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	77	4,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _(laje) = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,09	113	5,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _(laje) = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,09	106	5,4
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,06	458	11,8
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,06	451	11,8
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,03	568	13,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,03	561	13,4
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1

ANEXO J – Percentuais de Energia Radiante em Função da Cor

	Calor Refletido	Calor Absorvido
Alumínio polido	72%	28%
Vermelho-claro	37%	63%
Preto	6%	94%

Fonte: TABELA 3.4 – CREDER, 2004

ANEXO K - Coeficiente de Transmissão do Calor Solar através de Vidro

22° 54' Latitude Sul	kcal/h · m ² (Fator Solar) de Áreas de Vidro																		Valores Máximos em Cada Orientação entre Setembro e Março	
	kcal/h · m ²																		kcal/h · m ²	W/m ²
	Verão																			
Hora Local																				
Dia do Ano																				
Face do Prédio																				
22 DEZEMBRO	S	87	98	68	54	49	43	41	43	49	54	65	98	87	98	113,5				
	SE	260	421	388	290	190	73	41	38	38	38	38	38	27	11	420	488,8			
	E	263	440	475	426	277	122	38	38	38	38	38	38	27	11	474	551,8			
	NE	95	193	222	214	157	84	43	38	38	38	38	38	27	11	222	358,6			
	N	11	27	33	38	41	49	49	41	38	38	38	27	11	49	56,7				
	NO	11	27	33	38	38	38	43	84	157	214	38	217	193	95	217	352,2			
	O	11	27	33	38	38	38	38	122	277	426	434	440	263	440	510,8				
	SO	11	27	33	38	38	38	38	41	73	190	290	364	421	260	420	488,8			
	CLARABÓIA	41	176	361	515	629	684	738	412	629	515	429	176	41	740	857,8				
	21 JANEIRO	S	60	65	49	41	41	38	38	38	41	41	43	65	60	65	75,6			
SE		228	383	372	279	160	65	38	38	38	38	35	35	24	11	384	444,6			
E		244	442	480	431	296	130	38	38	38	38	35	35	24	11	480	558,2			
NE		100	214	260	250	193	109	49	38	38	38	35	35	24	11	245	302,7			
N		11	24	33	38	46	54	57	54	46	38	35	24	11	57	66,2				
NO		11	24	33	35	38	38	38	109	193	250	247	214	100	250	290,1				
O		11	24	33	35	38	38	38	130	296	431	440	442	244	443	514,0				
SO		11	24	33	35	38	38	38	65	160	279	334	383	228	384	444,6				
CLARABÓIA		30	171	347	515	624	692	733	692	624	515	407	171	30	734	851,4				
20 FEVEREIRO		S	16	24	30	35	38	38	38	38	38	35	35	24	16	38	44,1			
	SE	141	342	307	214	103	43	38	38	38	38	35	35	22	5	342	397,3			
	E	168	415	488	440	285	138	38	38	38	38	35	35	22	5	489	567,6			
	NE	92	269	342	334	304	187	79	41	38	35	35	22	5	343	397,3				
	N	5	22	33	32	38	41	106	114	106	84	52	38	22	5	114	132,4			
	NO	5	22	30	35	38	41	79	187	304	334	331	269	92	334	387,9				
	O	5	22	30	35	38	38	38	152	285	440	448	415	168	448	520,3				
	SO	5	22	30	35	38	38	38	43	103	214	269	342	168	342	397,3				
	CLARABÓIA	16	138	320	472	597	662	692	662	597	472	372	138	16	691	804,1				
	22 MARÇO	S	0	16	30	35	38	38	38	38	38	35	35	16	0	38	44,1			
SE		0	225	255	136	49	38	38	38	38	38	35	35	16	0	255	296,4			
E		0	366	458	426	309	133	38	38	38	38	35	35	16	0	458	532,9			
NE		0	285	385	418	369	274	147	52	38	35	35	16	0	418	485,6				
N		0	24	57	128	179	220	228	220	179	128	73	24	0	229	264,9				
NO		0	16	30	35	38	52	147	274	369	418	388	285	0	418	485,6				
O		0	16	30	35	38	38	38	133	309	426	440	366	0	439	510,8				
SO		0	16	30	35	38	38	38	136	349	426	440	366	0	225	261,7				
CLARABÓIA		0	79	247	410	543	605	635	605	543	410	309	79	0	636	737,9				

Fonte: TABELA 3.5 – CREDER, 2004

**ANEXO L - Coeficiente de Transmissão do Calor Solar através de Vidro
(continuação)**

Superfície	Cor Escura		Cor Média		Cor Clara	
	°F	°C	°F	°C	°F	°C
Telhado	45	25,0	30	16,6	15	8,3
Parede E ou O	30	16,6	20	11,1	10	5,5
Parede N	15	8,3	10	5,5	5	2,7
Parede S	0	0	0	0	0	0

Superfície	Cor Escura		Cor Média		Cor Clara	
	°F	°C	°F	°C	°F	°C
S	0	0	0	0	0	0
SE	106	38	57	35	14	3
E	250	38	122	35	38	3
NE	231	130	128	111	296	3
N	54	364	385	461	331	3
NO	11	233	187	412	195	3
O	11	38	19	35	14	3
SO	11	38	19	35	14	3
CLARABÓIA	46	521	100	434	73	5

Superfície	Cor Escura		Cor Média		Cor Clara	
	°F	°C	°F	°C	°F	°C
S	0	0	0	0	0	0
SE	106	38	57	35	14	3
E	250	38	122	35	38	3
NE	231	130	128	111	296	3
N	54	364	385	461	331	3
NO	11	233	187	412	195	3
O	11	38	19	35	14	3
SO	11	38	19	35	14	3
CLARABÓIA	46	521	100	434	73	5

Fonte: TABELA 3.5 – CREDER, 2004

ANEXO M - Acréscimo ao Diferencial de Temperatura

Superfície	Cor Escura		Cor Média		Cor Clara	
	°F	°C	°F	°C	°F	°C
Telhado	45	25,0	30	16,6	15	8,3
Parede E ou O	30	16,6	20	11,1	10	5,5
Parede N	15	8,3	10	5,5	5	2,7
Parede S	0	0	0	0	0	0

Fonte: TABELA 3.6 – CREDER, 2004

ANEXO N – 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		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55		
Parado em pé, trabalho moderado; caminhando	Loja de varejo ou de departamentos	160	130	75	55	58	38
Caminhando, parado em pé	Farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	Restaurante ^b	145	160	80	80		
Trabalho leve em bancada	Fábrica	235	220	80	140		
Dançando moderadamente	Salão de baile	265	250	90	160	49	35
Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz	Fábrica	295	295	110	185		
Jogando boliche ^c	Boliche	440	425	170	255		
Trabalho pesado	Fábrica	440	425	170	255	54	19
Trabalho pesado em máquina operatriz; carregando carga	Fábrica	470	470	185	285		
Praticando esportes	Ginásio, academia	585	525	210	315		

NOTA 1 Valores baseados em temperatura de bulbo seco ambiente de 24 °C. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 27 °C, o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser reduzido em aproximadamente 20 %, e o calor latente aumentado correspondentemente. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 21 °C, também o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser aumentado em aproximadamente 20 %, e o calor latente reduzido correspondentemente.

NOTA 2 Valores arredondados em 5 W.

^a O valor do calor ajustado é baseado numa porcentagem normal de homens, mulheres e crianças para cada uma das aplicações listadas, postulando-se que o calor liberado por uma mulher adulta é aproximadamente 85 % daquele liberado por um homem adulto, e o calor liberado por uma criança é aproximadamente 75 % daquele liberado por um homem adulto.

^b O ganho de calor ajustado inclui 18 W para um prato de comida individual (9 W de calor sensível e 9 W latente).

^c Considerando uma pessoa por cancha realmente jogando boliche, e todas as demais sentadas (117 W), paradas em pé ou caminhando lentamente (231 W).

Fonte: TABELA C.1 - NBR 16401-1, 2008

ANEXO O - Valores Recomendados para Consumo de Energia Elétrica para Iluminação

<i>Local</i>	<i>Tipos de Iluminação</i>	<i>Nível de Iluminação (lux)</i>	<i>Potência Dissipada W/m²</i>
Escritórios	Fluorescente	1.000	40
Lojas	Fluorescente	1.000	50
Residências	Incandescente	300	30
Supermercados	Fluorescente	1.000	35
Barbearias e Salões de beleza	Fluorescente	500	20
Cinemas e teatros	Incandescente	60	15
Museus e Bibliotecas	Fluorescente	500	45
	Incandescente	500	70
	Fluorescente	150	15
Restaurantes	Incandescente	150	25
Bancos	Fluorescente	1.000	35
Auditórios:			
a) Tribuna	Incandescente	1.000	50
b) Platéia	Incandescente	500	30
c) Sala de espera	Incandescente	150	20
Hotéis:			
a) Banheiros	Incandescente	150	25
b) Corredores	Incandescente	100	15
c) Sala de leitura	Fluorescente	500	45
	Incandescente	500	70
d) Quartos	Incandescente	500	35
e) Salas de reunião			
– Platéia	Incandescente	150	20
– Tablado	Incandescente	500	30
f) Portaria e recepção	Incandescente	250	35

Fonte: TABELA 3.10 – CREDER, 2004

ANEXO P - Taxas Típicas de Dissipação de Calor através da Iluminação

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação Lux	Potência dissipada W/m ²	
Escritórios e bancos	Fluorescente	500	16	
Lojas	Fluorescente	750	17	
	Fluorescente compacta		23	
	Vapor metálico		28	
Residências	Fluorescente compacta	150	9	
	Incandescente		30	
Supermercados	Fluorescente	1 000	21	
	Vapor metálico		30	
Armazéns climatizados	Fluorescentes	100	2	
	Vapor Metálico		3	
Cinemas e teatros	Fluorescente compacta	50	6	
	Vapor metálico		4	
Museus	Fluorescente	200	5	
	Fluorescente compacta		11	
Bibliotecas	Fluorescente	500	16	
	Fluorescente compacta		28	
Restaurantes	Fluorescente compacta	150	13	
	Incandescente		41	
Auditórios:	a) Tribuna	750	Fluorescente	30
			Fluorescente compacta	32
	b) Platéia	Fluorescente	150	10
	c) Sala de espera	200	Vapor metálico	18
			Fluorescente compacta	8
	Hotéis:	a) Corredores	100	Fluorescente compacta
b) Sala de leitura		500	Fluorescente	15
			Fluorescente compacta	22
c) Quartos		150	Fluorescente compacta	9
			Incandescente	30
d) Sala de convenções - Platéia		150	Fluorescente	8
			- Tablado	Fluorescente
e) Portaria e recepção		200	Fluorescente compacta	30
			Fluorescente	8
		Fluorescente compacta	9	

Fonte: TABELA C.2 - NBR 16401-1, 2008

ANEXO Q – Ganho de Calor Devido ao Gás

Aparelho	Máxima Carga Provável		Carga Estimada (sem Coifa)				Carga Estimada (com Coifa) Só Sensível	
			Sensível		Latente			
	BTU/h	kcal/h	BTU/h	kcal/h	BTU/h	kcal/h	BTU/h	kcal/h
Máquina de café (por queimador)	5.500	1.386	1.750	441	750	189	500	126
Máquina de café (capac. 12 litros)	5.000	1.260	3.500	882	1.500	378	1.000	252
Máquina de café (capac. 20 litros)	7.500	1.890	5.250	1.323	2.250	567	1.500	378
Aquecedor de alimentos (banho-maria) (por 0,1 m ²)	700	176	560	141	140	35	140	35
Fritadeira (capac. 7 kg)	15.000	3.780	7.500	1.890	7.500	1.890	3.000	756
Fritadeira (capac. 15 kg)	32.250	8.127					6.500	1.638
Fogão (por queimador)	5.000	1.260	3.200	806	1.800	453	1.000	252
Torradeira (capac. 360 fatias/h)	6.000	1.512	3.600	907	2.400	604	1.200	302

Fonte: TABELA 3.11 – CREDER, 2004

ANEXO R - Taxas Típicas de Dissipação de Calor para Equipamentos de Escritório – Computadores

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: TABELA C.3 - NBR 16401-1, 2008

ANEXO S - Taxas Típicas de Dissipação de Calor de Equipamentos de Escritório – Copiadoras e Impressoras

Impressoras e copiadoras	Uso contínuo W	1 página por minuto W	Ligada, em espera W
Impressoras a <i>laser</i>			
De mesa, pequena	130	75	10
De mesa	215	100	35
De escritório, pequena	320	160	70
De escritório, grande	550	275	125
Copiadoras			
De mesa	400	85	20
De escritório	1 100	400	300

Fonte: TABELA C.4 - NBR 16401-1, 2008

ANEXO T - Taxas Típicas de Dissipação de Equipamentos de Escritório - Equipamentos Diversos

Equipamentos diversos	Potência máxima W	Dissipação recomendada W
Caixas registradoras	60	48
Máquinas de fax	15	10
Máquinas de café (10 xícaras)	1 500	1 050 sensível 450 latente
Máquinas de venda de bebidas refrigeradas	1 150 a 1 920	575 a 960
Máquinas de venda de salgadinhos	240 a 275	240 a 275
Bebedouros refrigerados	700	350

Fonte: TABELA C.5 - NBR 16401-1, 2008

ANEXO U - Densidade Típica de Carga de Equipamentos para vários Tipos de Escritórios

Densidade típica de carga de equipamentos para diversos tipos de escritórios		
Tipo de carga	Densidade W/m ²	Descrição do escritório Assumindo:
Leve	5,4	15,5 m ² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,67, exceto 0,33 para impressoras
Média	10,7	11,6 m ² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,75, exceto 0,50 para impressoras
Média/alta	16,2	9,3 m ² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 0,75, exceto 0,50 para impressoras
Alta	21,5	7,7 m ² por posto de trabalho com computador e monitor em cada um, mais impressora e fax. Fator de diversidade de 1,0, exceto 0,50 para impressoras

Fonte: TABELA C.6 - NBR 16401-1, 2008

ANEXO V - Trocas de Ar por Hora nos Recintos

<i>Janelas Existentes</i>	<i>Trocas por Hora</i>
Nenhuma janela ou porta para o exterior	3/4
Janelas ou portas em 1 parede	1
Janelas ou portas em 2 paredes	1 1/2
Janelas ou portas em 3 paredes	2
Lojas	2

Fonte: TABELA 3.13 – CREDER, 2004

ANEXO W - Infiltração de Ar Exterior

<i>Ar pelas Frestas</i>		
<i>Tipo de Abertura</i>	<i>Observação</i>	<i>m³/h por Metro de Fresta</i>
<i>Janela</i>		
- comum		3,0
- basculante		3,0
- guilhotina c/ caixilho de madeira	Mal ajustada	6,5
	Bem ajustada	2,0
- guilhotina c/ caixilho metálico	Sem vedação	4,5
	Com vedação	1,8
<i>Porta</i>		
	Mal ajustada	13,0
	Bem ajustada	6,5
<i>Ar pelas Portas</i>		
<i>Local</i>	<i>m³/h por Pessoa Presente no Recinto Condicionado</i>	
	<i>Porta Giratória (1,80 m)</i>	<i>Porta de Valvém (0,90 m)</i>
Bancos	11	14
Barbearias	7	9
Drogarias e farmácias	10	12
Escritórios de corretagem	9	9
Escritórios privados	-	4
Escritórios em geral	-	7
Lojas de cigarros	32	51
Lojas em geral	12	14
Quartos de hospitais	-	7
Restaurantes	3	4
Salas de chá ou café	7	9
<i>Ar pelas Portas Abertas</i>		
	Porta de 90 cm – 1.350 m³/h	
	Porta de 180 cm – 2.000 m³/h	

Fonte: TABELA 3.14 – CREDER, 2004

ANEXO X – Ar Exterior para Ventilação

<i>Local</i>	<i>m³/h Pessoa</i>		<i>Porcentagem de Pessoas Fumando</i>
	<i>Preferível</i>	<i>Mínima</i>	
Apartamentos	35	25	Baixa
Bancos	25	17	
Barbearias	25	17	
Bar	35	25	30%
Cassinos – <i>grill-room</i>	45	35	80%
Escritório geral	25	17	Baixa
Estúdios	35	25	0
Lojas	48	8	0
Quartos (hospitais)	25	17	Baixa
Quartos (hotéis)	25	17	
Residências	35	25	
Restaurantes	35	25	25%
Salas de diretoria	50	40	100%
Salas de operação (hospitais)	-	-	0
Teatros – cinemas – auditórios	13	10	0
Salas de aula	50	40	0
Salas de reunião	35	25	Baixa
<i>Aplicações gerais</i>			
por pessoa (não fumando)	13	8	
por pessoa (fumando)	50	40	

Fonte: TABELA 3.15 – CREDER, 2004

ANEXO Y - Vazão Mínima Eficaz 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: TABELA 1 - NBR 16401-3, 2008