UNIVERSIDADE IGUAÇU
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

FABRICIO SOUTO CAMPOS DA SILVA

AVALIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO VRF E ÁGUA GELADA PARA UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE CIGARROS

NOVA IGUAÇU - RJ

2020

FABRICIO SOUTO CAMPOS DA SILVA

AVALIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO VRF E ÁGUA GELADA PARA UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE CIGARROS

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Iguaçu - UNIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. Orientador: Prof. M.: Nelson Rodrigues Braga júnior

NOVA IGUAÇU - RJ

2020

S586a Silva, Fabricio Souto Campos da.

Avaliação entre os sistemas de refrigeração VRF e água gelada para um centro de distribuição de uma indústria de cigarros / Fabricio Souto Campos da Silva. - 2020.

131f. : il.

Graduação (Engenharia Mecânica). Universidade Iguaçu, Nova Iguaçu, 2020.

Bibliografia: f.: 83-84.

· Refrigeração. 2. Evaporador. 3. Condensador.
4. Variable Refrigerant Flow (VRF). 5. Chiller. I. Título.

CDD 621.56

Fabricio Souto Campos da Silva

AVALIAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO VRF E ÁGUA GELADA PARA UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE CIGARROS

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Iguaçu - UNIG, com requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Data de aprovação: 25/06 /2020.

Banca Examinadora:

Presidente: _____

Professor M. Erick de Souza Marouço

Universidade Iguaçu – UNIG

1º. Examinador: _____

Professor Orientador M. Nelson Rodrigues Braga Junior

Universidade Iguaçu – UNIG

2o. Examinador: _____

Professor M. Jorge João Ferreira de Souza Junior

Universidade Iguaçu – UNIG

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus familiares, principalmente meus pais, a minha noiva que também me apoiou e aos amigos que me deram apoio em todas as escolhas, e por sempre estarem ao meu lado, mesmo quando pensei em desistir, me incentivaram e me ajudaram a continuar.

Agradecimento

Primeiramente agradeço a Deus porque se não fosse a mão dele me sustentando até o fim eu não conseguiria, dedico esse trabalho e agradeço aos meus familiares que me incentivaram, motivaram e sempre me apoiaram em meio a tantas dificuldades e a não desistir, aos meus amigos que compartilharam comigo esses anos de graduação e me ajudavam quando pensei em desistir, proporcionando assim foco e garra na construção de toda minha trajetória na faculdade.

Agradeço aos meus professores e orientador pela paciência e pelos ensinamentos ao longo de todo o curso, onde aprendi muito e foi fundamental na minha formação profissional.

E não posso esquecer de agradecer também a minha noiva, que sempre me apoiou e se manteve ao meu lado nos momentos onde mais precisei.

RESUMO

Este projeto tem como objetivo, elaborar a implantação do sistema de climatização em um Centro de Distribuição de Cigarros com base na escolha de dois equipamentos bastante utilizados no mercado atualmente, o Sistema VRF (Variable Refrigerant Flow) e o Sistema Central Água Gelada (Chiller). Esta edificação está situada em uma região de clima quente no Rio de Janeiro e não possui um sistema capaz de climatizar os ambientes administrativos da edificação. Com isso, a execução do projeto se dá com o principal intuito de trazer um ambiente com melhor conforto térmico para os colaboradores desta empresa, melhorando assim o local de trabalho e a forma de se trabalhar. Para a resolução do projeto, além da realização de uma revisão bibliográfica com os principais fundamentos da refrigeração e ar condicionado, coletando maiores informações sobre o assunto, principalmente as informações necessárias para o cálculo de carga térmica que foi idealizado para cada ambiente, foi também utilizado um software chamado Energyplus, projetado especialmente para análises termoenergéticas de edificações. Foram utilizados os cálculos no sistema do Energyplus com base em todo o material disponibilizado pela ABNT NBR 16401 e 6401, além do auxílio do ASHRAE Handbook e entre outras fontes de normatização referência. Com base em todas as considerações realizadas ao longo do projeto, obtiveram-se todas as cargas térmicas das áreas em estudo da edificação o mais próximo e possível da realidade. Ao término do projeto, foi indicado o sistema, dentre os dois estudados, o que mais obteve qualidade e custo-benefício a partir de sua performance e eficiência, destacando através da realização de uma análise de tempo de retorno de investimento o sistema VRF como o sistema de maior potencial a ser escolhido.

Palavras-Chaves: Refrigeração; Evaporador; Condensador; VRF; Chiller.

ABSTRACT

This project aims to elaborate the implementation of the air conditioning system in a Cigarette Distribution Center based on the choice of two equipment widely used in the market today, the VRF (Variable Refrigerant Flow) System and the Central Cold Water System (Chiller). This building is located in a warm climate region in Rio de Janeiro and does not have a system capable of air conditioning the building's administrative environments. With this, the execution of the project takes place with the main intention of bringing an environment with better thermal comfort for the employees of this company, thus improving the workplace and the way of working. For the resolution of the project, in addition to conducting a bibliographic review with the main fundamentals of refrigeration and air conditioning, collecting more information on the subject, especially the information necessary for calculating the thermal load that was designed for each environment, it was also used a software called Energyplus, specially designed for thermoenergetic analysis of buildings. Calculations were used in the Energyplus system based on all the material made available by ABNT NBR 16401 and 6401, in addition to the assistance of ASHRAE and among other sources of reference standards. Based on all the considerations made during the project, all thermal loads of the areas under study of the building were obtained as close and as possible to reality. At the end of the project, it was indicated the system, among the two studied, which obtained the most quality and cost-benefit from its performance and efficiency, highlighting, through an analysis of payback, the VRF system as the system with the greatest potential to be chosen.

Keyword: Refrigeration; Evaporator; Condenser; VRF; Chiller.

LISTA DE SIGLAS

m: Metro;

m²: Metro Quadrado;

w: Watts;

U: Condutividade térmica do material por unidade de comprimento e unidade de área kcal/h.m². °C;(coeficiente global de transmissão de calor);

TBS: Temperatura de Bulbo Seco;

TBU: Temperatura de Bulbo Úmido;

T: Temperatura

ΔT_e: Diferença de temperatura

Te: Temperatura do ambiente externo;

Ti: Temperatura do ambiente interno;

T_{sup}: Temperatura suprida pelo sistema;

T_z: Temperatura da zona;

C_z: Capacidade térmica da zona

C_p: Calor Específico do ar na zona;

$\dot{m}$: Vazão massica

UE1: Umidade Absoluta da Zona Externa;

UE2: Umidade Absoluta da Zona Interna;

m³/h: Metros Cúbicos por Hora;

l/s: Litros por Segundo;

TR: Tonelada de Refrigeração;

BTU: British Thermal Unit ("unidade térmica britânica");

MBH: Mil BTUs Hora;

TSA: Temperatura de saída da água

VRF: Variable Refrigerant Flow

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climáticos de projeto 47

Tabela 2 - Materiais e suas propriedades térmicas 48

Tabela 3 - Materiais e suas propriedades térmicas 49

Tabela 4 - Material e suas propriedades térmicas 49

Tabela 5 - Material e suas propriedades térmicas 49

Tabela 6 - Materiais e suas propriedades térmicas 49

Tabela 7 - Material e sua propriedade térmica 49

Tabela 8 - Informações de ocupação e dissipação do 1º Pavimento 54

Tabela 9 - Informações de ocupação e dissipação do 2º Pavimento 55

Tabela 10 - Dissipação Térmica total de cada zona térmica 56

Tabela 11 - Vazão de Infiltração 57

Tabela 12 - Carga Sensível para escolha das Evaporadoras em cada Zona Térmica 60

Tabela 13–Complemento da tabela 12 – Umidade e Temperatura 61

Tabela 14 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 1º PAV 62

Tabela 15 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 2º PAV 63

Tabela 16 - Escolha das máquinas 1ºPAV. 65

Tabela 17 - Escolha das máquinas 2ºPAV 65

Tabela 18 - Escolha dos Evaporadores do sistema de água gelada 1° Pavimento 67

Tabela 19 - Escolha das Evaporadores do sistema de água gelada 2° Pavimento 68

Tabela 20 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento 69

Tabela 21 - Escolha das Unidades Externas para o 2ºPavimento 70

Tabela 22 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento 72

Tabela 23 - Escolha das Unidades Externas para o 2º Pavimento 73

Tabela 24 - Orçamento Sistema VRF 1° Pavimento 74

Tabela 25 - Orçamento Sistema VRF 2° Pavimento 75

Tabela 26 - Orçamento total sistema VRF 75

Tabela 27 - Orçamento Sistema Água Gelada 1° Pavimento 76

Tabela 28 - Orçamento Sistema Água Gelada 2° Pavimento 77

Tabela 29 - Orçamento total sistema central água gelada 77

Tabela 30 - Tarifas Light 80

Tabela 31 - Investimento x Retorno 81

Tabela 32 - Taxas de calor liberadas por pessoas 85

Tabela 33 - Valores para ocupação dos recintos 86

Tabela 34 - Taxas de calor quanto a Equipamentos Elétricos diversos 86

Tabela 35 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos 87

Tabela 36 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos 87

Tabela 37 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos 88

Tabela 38 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos 88

Tabela 39 - Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação 89

Tabela 40 - Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação 90

Tabela 41 - Absortância para radiação solar e emissividade 91

Tabela 42 - Propriedades térmicas dos materiais 91

Tabela 43 - Propriedades térmicas dos materiais (Continuação) 92

Tabela 44 - Infiltração de ar 92

Tabela 45 - Infiltração de ar (continuação) 93

Tabela 46 - Cargas Equipamentos Sala Elétrica 100

Tabela 47 - Cargas Equipamentos CPD 100

Tabela 48 - Cargas Equipamentos Staff Adm 101

Tabela 49 - Cargas Equipamentos Refeitório 101

Tabela 50 - Cargas Equipamentos Sala de Reunião 101

Tabela 51 - Cargas Equipamentos Recepção 101

Tabela 52 - Cargas Equipamentos Sala CCC 102

Tabela 53 - Cargas Equipamentos Sala DSC 102

Tabela 54 - Cargas Equipamentos Convivência 102

Tabela 55 - Cargas Equipamentos DSC 2 102

Tabela 56 - Cargas Equipamentos Monitoramento 2 103

Tabela 57 - Cargas Equipamentos Distribuição 103

Tabela 58 - Cargas Equipamentos Sala Médica 1 104

Tabela 59 - Cargas Equipamentos Sala Médica 2 104

Tabela 60 - Demanda de pico Sala de Convivência 105

Tabela 61 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Convivência 105

Tabela 62 - Demanda de pico do Corredor 106

Tabela 63 - Condições de pico para refrigeração do Corredor 106

Tabela 64 - Demanda de pico do CPD CCC 107

Tabela 65 - Condições de pico para refrigeração do CPD CCC 107

Tabela 66 - Demanda de pico do CPD 108

Tabela 67 - Condições de pico para refrigeração do CPD 108

Tabela 68 - Demanda de pico da Sala DB 109

Tabela 69 - Condições de pico para refrigeração da Sala DB 109

Tabela 70 - Demanda de pico da Sala DC 110

Tabela 71 - Condições de pico para refrigeração da Sala DC 110

Tabela 72 - Demanda de pico da Sala DS 111

Tabela 73 - Condições de pico para refrigeração da Sala DS 111

Tabela 74 - Demanda de pico da Sala Derby 112

Tabela 75 - Condições de pico para refrigeração da Sala Derby 112

Tabela 76 - Demanda de pico da Área de Descanso 113

Tabela 77 - Condições de pico para refrigeração da Área de Descanso 113

Tabela 78 - Demanda de pico da Sala da Distribuição 114

Tabela 79 - Condições de pico para refrigeração da Sala da Distribuição 114

Tabela 80 - Demanda de pico do DSC 115

Tabela 81 - Condições de pico para refrigeração do DSC 115

Tabela 82 - Demanda de pico da Área da Escada 116

Tabela 83 - Condições de pico para refrigeração da Área da Escada 116

Tabela 84 - Demanda de pico da Sala Hollywood 117

Tabela 85 - Condições de pico para refrigeração da Sala Hollywood 117

Tabela 86 - Demanda de pico da Sala Kent 118

Tabela 87 - Condições de pico para refrigeração da Sala Kent 118

Tabela 88 - Demanda de pico Sala Lucky 119

Tabela 89 - Condições de pico para refrigeração da Sala Lucky 119

Tabela 90 - Demanda de pico da Sala Médica 120

Tabela 91 - Condições de pico para refrigeração da Sala Médica 120

Tabela 92 - Demanda de pico da Sala Minister 121

Tabela 93 - Condições de pico para refrigeração da Sala Minister 121

Tabela 94 - Demanda de pico da Sala de Monitoramento 122

Tabela 95 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Monitoramento 122

Tabela 96 - Demanda de pico da Recepção 123

Tabela 97 - Condições de pico para refrigeração da Recepção 123

Tabela 98 - Demanda de pico do Refeitório 124

Tabela 99 - Condições de pico para refrigeração do Refeitório 124

Tabela 100 - Demanda de pico da CCC 125

Tabela 101 - Condições de pico para refrigeração da CCC 125

Tabela 102 - Demanda de pico da Sala Elétrica 126

Tabela 103 - Condições de pico para refrigeração da Sala Elétrica 126

Tabela 104 - Demanda de pico do Staff ADM 127

Tabela 105 - Condições de pico para refrigeração do Staff ADM 127

Tabela 106 - Demanda de pico da Sala Telepresence 128

Tabela 107 - Condições de pico para refrigeração da Sala Telepresence 128

Tabela 108 - Demanda de pico da Sala de Vendas 129

Tabela 109 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Vendas 129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento de refrigeração de Jacob Perkins 26

Figura 2 - Equipamento de Refrigeração de James Harrison 26

Figura 3 - Tipo de Transferência de calor 28

Figura 4 - Carta Psicométrica Área Externa 30

Figura 5 - Carta Psicométrica Área Interna (Zonas Térmicas) 31

Figura 6 - Vista em corte de um compressor 32

Figura 7 - Condensador carcaça e tubo. 33

Figura 8 - Evaporador de serpentina aletada 34

Figura 9 - Ilustração Sistema VRF 36

Figura 10 - Sistema com Chiller de condensação a água. 37

Figura 11 - Sistema com Chiller de condensação a ar. 37

Figura 12 - Centro de Distribuição - Modelagem x Vista Real 41

Figura 13 - Planta Baixa 1º Pavimento 42

Figura 14 - Planta Baixa 2º Pavimento 42

Figura 15 - Modelagem Edifício 44

Figura 16 - Interface OpenStudio 45

Figura 17 - Temperatura Máxima de Bulbo seco 47

Figura 18–Ganhos de calor para o cálculo de refrigeração. 48

Figura 19 - Posição nascer do sol próximo das 07H 50

Figura 20 - Posição Pôr de Sol próximo das 18H 50

Figura 21 - Balanço de calor 53

Figura 22 - Entalpia sensível e latente 59

Figura 23 - Catálogo de Unidades internas (Evaporadores) 64

Figura 24 - Fan Coil Wave FL 66

Figura 25 - Fancolete HFCF 66

Figura 26 - Representação dos equipamentos externos 69

Figura 27 - Representação Chiller a ar Trane modelo CGAD 71

Figura 28 - Especificações Evaporadores Trane 93

Figura 29 - Especificações Evaporadores Trane 94

Figura 30 - Especificações Evaporadores Trane 94

Figura 31 - Especificações Evaporadores Trane 95

Figura 32 - Especificações Evaporadores Trane 95

Figura 33 - Especificações Evaporadores Trane 96

Figura 34 - Especificações Condensadora VRF 96

Figura 35 - Especificações FanCoilWave FL 97

Figura 36 - Especificações Fancolete HFCF 97

Figura 37 - Especificações Fancolete HFCF 98

Figura 38 - Especificações Fancolete HFCF 98

Figura 39 - Especificações Fancolete HFCF 98

Figura 40 - Especificações Chiller Modelo CGAM 99

Figura 41 - Especificações Chiller Modelo CGAD 99

Figura 42 - Dados de Performance Chiller CGAD 100

Figura 43 - Cargas Equipamentos Salas DC/DS/DB 104

Figura 44 - Contato com o fabricante Trane para orçamento do sistema VRF 130

Figura 45 - Contato com o fabricante Trane para orçamento Sistema água gelada 131

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise de Eficiência Energética entre os Sistemas de Refrigeração 80

Gráfico 2 - Payback do sistema VRF 82

SUMÁRIO

1. JUSTIFICATIVA 20

2. INTRODUÇÃO 21

3. METODOLOGIA 23

4. OBJETIVOS 24

4.1. OBJETIVO GERAL 24

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 25

5.1. ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO 25

5.2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE REFRIGERAÇÃO 27

5.2.1. Psicrometria 28

5.2.1.1. Carta Psicrométrica 30

5.3. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO ABORDADOS 31

5.3.1. Equipamentos De Refrigeração 31

5.3.2 Sistemas de refrigeração abordados 34

5.4. VISÃO SOBRE GERENCIAMENTO DE PROJETO 38

6. DESENVOLVIMENTO 40

6.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO 40

6.1.1. Identificação da Organização 40

6.2. ESTRUTURA DA EMPRESA 41

6.3. Projeto De Dimensionamento 43

6.3.1. Programas De Simulação 43

6.3.2. Dados De Entrada Para O Cálculo De Carga Térmica 45

6.3.2.1. Arquivo Climático 46

6.3.2.2. Cargas Internas 47

6.3.2.3. Vazão de Insuflamento 59

7. RESULTADOS E ANÁLISES 62
7.1. ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS 63
7.1.1. Unidades Internas 63
7.1.2. Unidades Externas 68
7.2. ORÇAMENTO 73
7.3. ANÁLISE COMPARATIVA E FACTÍVEL 78

8. CONCLUSÃO 81

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83

APÊNDICE A – TABELAS ABNT NBR 85

APÊNDICE B – CATÁLOGO TRANE UNIDADES INTERNAS E EXTERNAS 93

APÊNDICE C – CARGAS DEVIDO EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS 100

APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO TÉRMICO TOTAL POR ZONA 104

APÊNDICE E – CONTATO COM O FORNECEDOR PARA ORÇAMENTOS 130

1. JUSTIFICATIVA

Essa pesquisa tende a provar e justificar através dos procedimentos descritos pela norma ABNT NBR 16401 a real importância de um projeto de refrigeração antes da implementação de tal sistema em um determinado lugar, seja ele uma Indústria, um comércio ou até mesmo uma residência.

Diversos fatores devem ser estudados antes de qualquer tomada de decisão. Pontos importantes como a área, ambiente, número de pessoas, localização quanto a posição do sol entre outros fatores são levados em consideração dentro de um projeto de refrigeração.

Para tanto, as organizações precisam investir em um projeto ideal e adequado quanto sua estrutura, almejando sempre o melhor para economia da empresa, pois realizar a aquisição e a implementação de um sistema de refrigeração não é algo tão simples como parece. Gastos alarmantes podem vir a acontecer durante a fase de implementação, durante o uso e até mesmo em sua operação e manutenção. Com isso a importância de um projeto bem estruturado em cima da implementação de tal equipamento em um determinado ambiente é, de fato, crucial para qualquer organização. Gerando assim, através da engenharia, o que chamamos de "saving", que são de certa forma, uma economia gerada quando comparado com os diversos sistemas que podem ser implementados.

2. INTRODUÇÃO

Atualmente, nosso país vem sofrendo com o aumento desenfreado das altas taxas impostas pelas concessionárias de energia elétrica, gerando gastos que afetam diversos ramos, principalmente os de maior consumo elétrico como os comércios e indústrias. De acordo com Rosa (2015), os sistemas de refrigeração e climatização podem chegar a representar um gasto de aproximadamente 50% em uma edificação comercial, quando falamos de consumo elétrico. Gastos que em sua grande maioria dificultam a implementação de um projeto do sistema de refrigeração.

Muitos comércios, indústrias e/ou qualquer edificação a nível comercial estão se preocupando cada vez mais com o conforto térmico de seus colaboradores. Tais organizações utilizam da estratégia de que dispondo um ambiente climatizado, pode-se de fato, melhorar a atenção e qualidade no serviço prestado por seus colaboradores. E por ser, como já mencionado, ambientes comerciais e/ou administrativos são, geralmente, locais com um alto nível de funcionamento, possuindo diversos equipamentos elétricos, luzes e muita troca de calor devido ao grande fluxo de pessoas, gerando um elevado gasto energético. Havendo a necessidade de optar por sistemas mais eficientes dentre os sistemas de refrigeração.

Desta forma, os sistemas de refrigeração em sua totalidade necessitavam de uma adequação mediante os altos consumos energéticos, de modo que atendesse as necessidades do mercado atual com melhores índices de eficiência energética. Tendo a necessidade de criar novos equipamentos com melhores tecnologias, como são os casos dos VRFs e Central de Água Gelada, que são sistemas que possuem os melhores COP - Coeficientes de Desempenho quando comparado a outros sistemas, conforme mencionado por Cordeiro (2018). Todavia, é de suma importância a realização da comparação entres tais sistemas, com a finalidade de escolher o melhor sistema com menores custos energéticos, menores custos de manutenção e melhor desempenho.

A partir do momento em que uma Indústria ou qualquer comércio opta por implementar um sistema de refrigeração em seu ambiente de trabalho, tal entidade se depara com diversos tipos de incógnitas, como por exemplo, qual sistema colocar? determinado sistema atenderá minha necessidade? A manutenção do sistema escolhido é favorável? Tal sistema é o mais econômico em questão de consumo energético?

Para que as diversas perguntas e incógnitas que surgem durante a fase de implementação dos diversos tipos de sistemas sejam sanadas e devidamente respondidas, deve ser realizado previamente o Projeto de implementação do sistema de Refrigeração, de modo que no projeto seja feita a escolha correta do melhor sistema para tal solicitação e tudo dentro dos padrões da norma ABNT NBR 16401.

Através dessas informações, seguindo e tendo como base principal as normas ABNT NBR 16401 e 6401, esta pesquisa busca expor seu objetivo principal que é através do projeto de refrigeração, escolher dentre os principais sistemas no ramo e no atual cenário do país o melhor equipamento que atenda os ambientes de trabalho nas unidades administrativas de um Centro de Distribuição de uma Indústria de Cigarros.

Sendo mais específico o possível, serão realizados a comparação entre os sistemas VRFs e Água gelada (Chiller). Através do entendimento destes dois sistemas, a busca pelas informações como custos da implementação e após este, a sua manutenção, só assim tenderemos a concluir que tal equipamento será o escolhido para o determinado local em estudo.

3. METODOLOGIA

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa aplicada, uma vez que utilizará conhecimento da pesquisa básica para resolver problemas.

Para um melhor tratamento dos objetivos e melhor apreciação desta pesquisa, observou-se que ela é classificada como pesquisa exploratória. Detectou-se também a necessidade da pesquisa bibliográfica no momento em que se fez uso de materiais já elaborados: Normas ABNT, livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos e enciclopédias na busca e alocação de conhecimento sobre o projeto de implementação de um sistema de Refrigeração como forma de facilitar a escolha do melhor sistema para o local em estudo, correlacionando tal conhecimento com abordagens já trabalhadas por outros autores.

A pesquisa assume como estudo de caso, sendo explicatória, por sua vez, proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele através de principalmente do levantamento bibliográfico. Por ser um tipo de pesquisa muito específica, quase sempre ela assume a forma de um estudo de caso (GIL, 2008)

Como procedimentos, podemos citar a necessidade de pesquisa Bibliográfica, isso porque faremos uso de material já publicado, constituído principalmente de livros, também entendemos como um procedimento importante o estudo de caso como procedimento técnico. Tem-se como base para o resultado da pesquisa um caso em específico que poderá ser expandido futuramente.

A abordagem do tratamento da coleta de dados do estudo de caso será bibliográfica, uma vez que, a pesquisa bibliográfica implica em que os dados e informações necessárias para realização da pesquisa sejam obtidos a partir do apuramento de autores especializados através de livros, artigos científicos e revistas especializadas, entre outras fontes.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral apontar, através da utilização de um software específico baseado nas normas ABNT NBR 16401 e 6401, como a análise do projeto de implementação de um sistema de refrigeração auxilia ter um bom ambiente de trabalho refrigerado da maneira correta como forma de facilitar a escolha do melhor sistema de Refrigeração para o local em estudo, com a finalidade de estruturar os prós com menores custos devido a escolha correta do melhor sistema de Refrigeração para um Centro de Distribuição de uma indústria de Cigarros.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Verificar toda a estrutura e área a ser refrigerada;
b) Realizar o cálculo de carga térmica;
c) Comparar o melhor sistema de refrigeração, tanto economicamente quanto estruturalmente;
d) Apontar os principais pontos positivos e negativos para cada sistema;
e) Apresentar como resultado final o sistema ideal para o ambiente estudado.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. ASPECTOS HISTÓRICOS SOBRE EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO

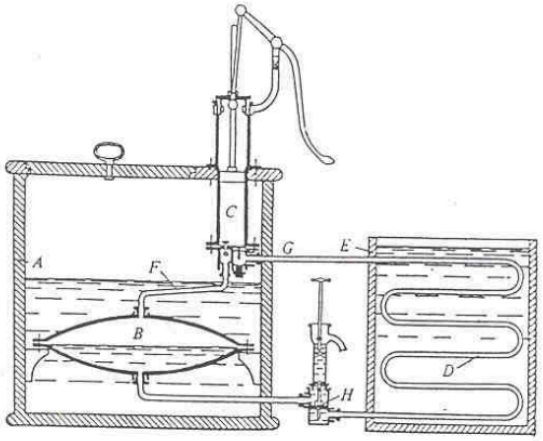
O uso da refrigeração representou um dos mais importantes avanços da civilização moderna. A possibilidade de guardar e distribuir alimentos e de viver e trabalhar em climas adversos deu às atividades humanas perspectivas muito maiores do que aquelas anteriormente possíveis. (Smith, 2003).

De acordo com Corrêa (2009), a prática da refrigeração é algo já usado a muitos anos e foi conseguida inicialmente pelo uso do gelo ou de misturas de sal e neve. Daí por diante diversas práticas e estudos vinculados a melhoria e inovação de um sistema de refrigeração foram iniciados até os primeiros projetos de refrigeração artificial surgirem.

O primeiro método de produção artificial de frio foi demonstrado na Escócia, na Universidade de Glasgow, em 1748, pelo professor William Cullen (1794-1872), que usou uma bomba para obter vácuo em um recipiente contendo éter etílico. O éter entrou em ebulição, absorvendo o calor do ar em sua volta e produzindo certa quantidade de gelo. Seu processo não teve aplicação prática imediata. Quase seis décadas depois, em 1805, o inventor norte americano Oliver Evans (1755-1819) projetou, mas nunca chegou a construir um sistema de refrigeração baseado na compressão de vapor, ao invés de usar soluções químicas e líquidos voláteis (Costa, 2011).

Uma das primeiras descrições que veio a ser realizado de forma completa de um equipamento de refrigeração, operando de maneira cíclica, foi idealizada por Jacob Perkins, em 1834 (British Patent 6662). O trabalho de Perkins não despertou tanto interesse diante da sociedade, pois não foi mencionado ou citado na literatura da época e permaneceu esquecido por aproximadamente 50 anos, até que uma outra pessoa, denominada Bramwell, descreveu o artigo para o Journal of the Royal Society of Arts (Costa, 2011). É apresentando na figura 1 abaixo, a representação da máquina criada por Perkins.

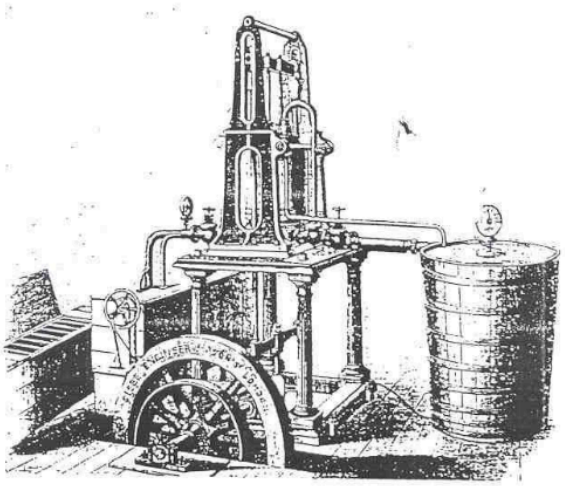
Figura 1 - Equipamento de refrigeração de Jacob Perkins



Fonte: Strobel (2020)

O principal responsável, de fato, por tornar o princípio de refrigeração por compressão mecânica em um equipamento real foi James Harrison (escocês, nascido em 1815 ou 1816). Não se sabe se Harrison conhecia ou não o trabalho de Perkins. Em 1856 e em 1857 obteve, respectivamente, as patentes britânicas 747 e 2362 (Strobel, 2020.) Abaixo, na figura 2, é apresentado o equipamento de James Harrison.

Figura 2 - Equipamento de Refrigeração de James Harrison



Fonte: Strobel (2020)

Em uma exibição internacional em Londres, ocorrida em 1862, o equipamento de Harrison, fabricado por Daniel Siebe, foi apresentado à sociedade daquela época.

Daí em diante, foram desenvolvidos diversos sistemas de produção de frio artificial e também vários tipos de gás refrigerante foram desenvolvidos e usados. Depois de muito esforço perdido em sistemas falidos, a engenharia da refrigeração recebeu uma contribuição decisiva. Devido a descoberta da eletricidade, que ocorreu no começo do século, por Thomas Edson, pode-se presenciar em 1918 o surgimento do primeiro refrigerador automático movido à eletricidade e com um pequeno motor. Quem fabricou o primeiro refrigerador em pequena escala foi Kelvinator Company, dos Estados Unidos. Mas só em 1928 que surgiram os gases refrigerantes fluorados, desenvolvidos por Sr. Thomas Midgely e esta substância demonstrou-se que não era tóxica, a partir daí a indústria de refrigeração desenvolveu-se a todo vapor, onde abrange os mais variados tipos de aplicação (Matos, s.d.).

5.2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE REFRIGERAÇÃO

Antes de abordarmos sobre quaisquer tipos de assunto pertinente a esta pesquisa realizada, devemos ter um nível mínimo de entendimento sobre os diversos pontos e conceitos que tangem esta área da Refrigeração, como por exemplo:

- **Refrigeração**

Consiste no processo de retirar calor de um corpo ou espaço para reduzir sua temperatura e transferir este calor para um outro espaço ou corpo (Strobel,2020).

- **Isolamento Térmico**

O espaço refrigerado se encontra a temperatura abaixo do ambiente que o envolve. Para limitar o fluxo de calor para o interior do espaço refrigerado a um mínimo prático, é necessário isolar o espaço refrigerado utilizando um bom isolante térmico (Strobel,2020).

- **Agente Refrigerante**

É o corpo empregado como absorvedor de calor ou agente de resfriamento do espaço refrigerado. Exs.: Gelo, gelo seco (dióxido de carbono) e refrigerantes líquidos (Strobel,2020).

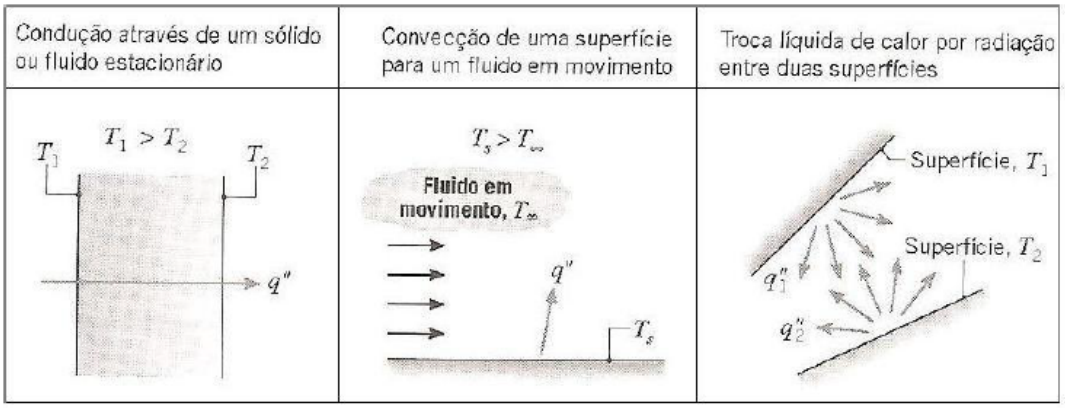
- **Calor Latente e Calor Sensível**

Calor Latente é o calor de evaporação ou condensação do vapor de água do ar, que produz uma variação do conteúdo de umidade do ar sem alteração de temperatura (NBR 16401). Enquanto Calor Sensível é o calor que produz uma variação da temperatura do ar sem alteração do conteúdo de umidade (NBR 16401).

- **Transferência de Calor**

Para a realização do cálculo da carga térmica, é de extrema importância o conhecimento dos princípios de transferência de calor. Calor é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço, INCROPERA (2008). Essa transferência de calor é dividida em três tipos: condução, convecção e radiação. A figura 3 mostra os três tipos de transferência de calor.

Figura 3 - Tipo de Transferência de calor



Fonte: Campos (2010)

5.2.1. Psicrometria

De acordo com Pizzeti (1970), a psicrometria baseia-se no estudo das misturas de ar e de vapor de água. Nos sistemas de ar condicionado o ar não pode ser considerado seco, deve ser considerado uma mistura de ar e de vapor d'água, resultando daí a grande importância da psicrometria. Em alguns processos a água é removida do ar, enquanto em outros é adicionada.

Na elaboração de projetos, principalmente de condicionamento de ar, necessita-se de determinadas propriedades, que são denominadas propriedades psicrométricas. As propriedades psicrométricas, na maioria dos casos, são obtidas através de cartas. Estas cartas, denominadas diagramas ou cartas psicrométricas, relacionam várias grandezas que se consideram em instalações de ventilação e, principalmente, nas de ar condicionado (De Jesus,2002).

Como descrito por Campos (2010), segue abaixo as principais propriedades na psicrometria:

a) **Umidade absoluta –** é definida como a razão entre a massa de vapor e a massa de ar seco.
b) **Umidade relativa –** é definida como a relação entre a pressão parcial do vapor de água na mistura e a pressão de saturação correspondente à temperatura da mistura.
c) **Entalpia específica do ar úmido –** a entalpia de uma mistura de gases é igual à soma das entalpias dos componentes da mistura. Assim, para o ar úmido, a entalpia é igual à soma das entalpias do ar seco e do vapor de água.
d) **Volume específico do ar úmido –** é definido como a razão entre o volume da mistura em m³ e a massa de ar seco em kg.
e) **Temperatura de bulbo seco –** é a temperatura indicada por um termômetro comum, não exposto à radiação.
f) **Temperatura de bulbo úmido –** Se o bulbo de um termômetro for coberto com uma mecha de algodão saturado com água, a sua temperatura descerá primeiro rapidamente e depois lentamente até atingir

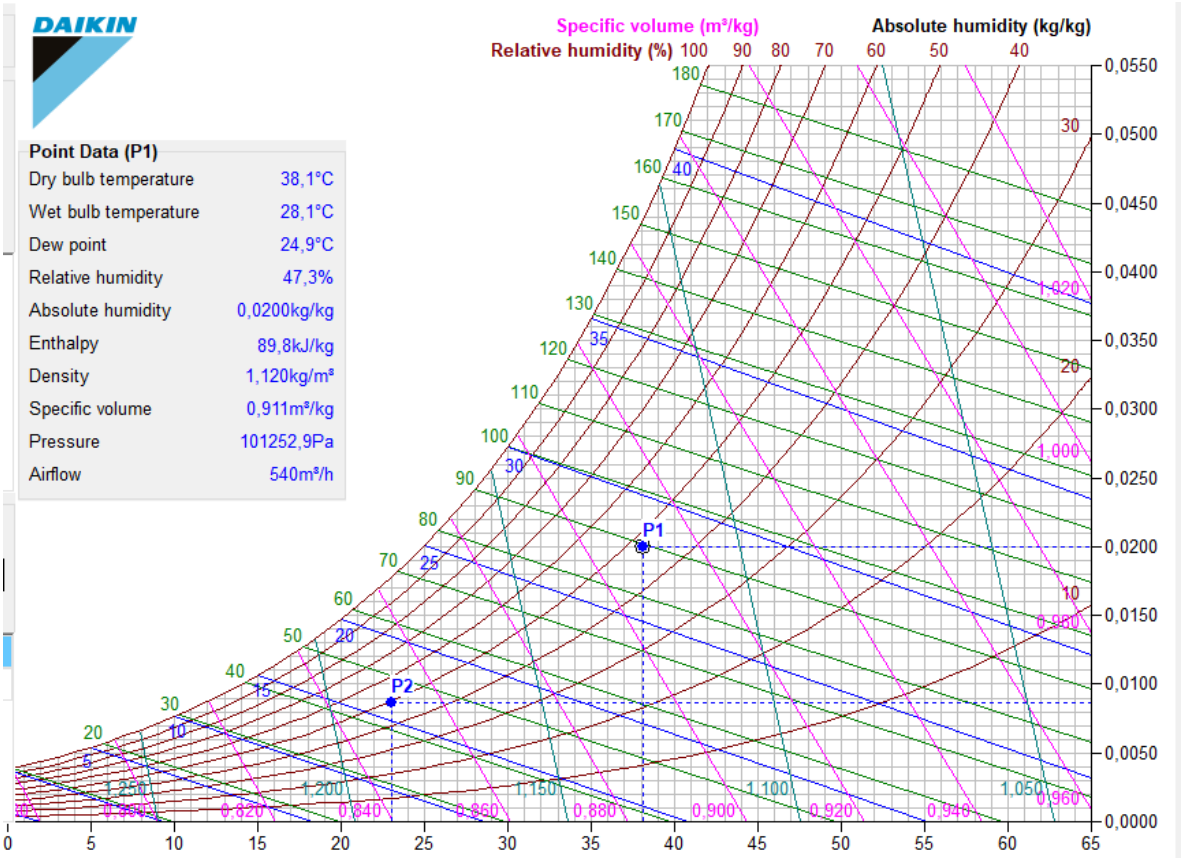
um ponto estacionário. A leitura neste ponto é chamada de temperatura de bulbo úmido do ar.

g) **Temperatura de orvalho –** é a temperatura na qual o vapor de água se condensa, ou solidifica, quando resfriado a pressão e umidade absoluta constante.

5.2.1.1. Carta Psicrométrica

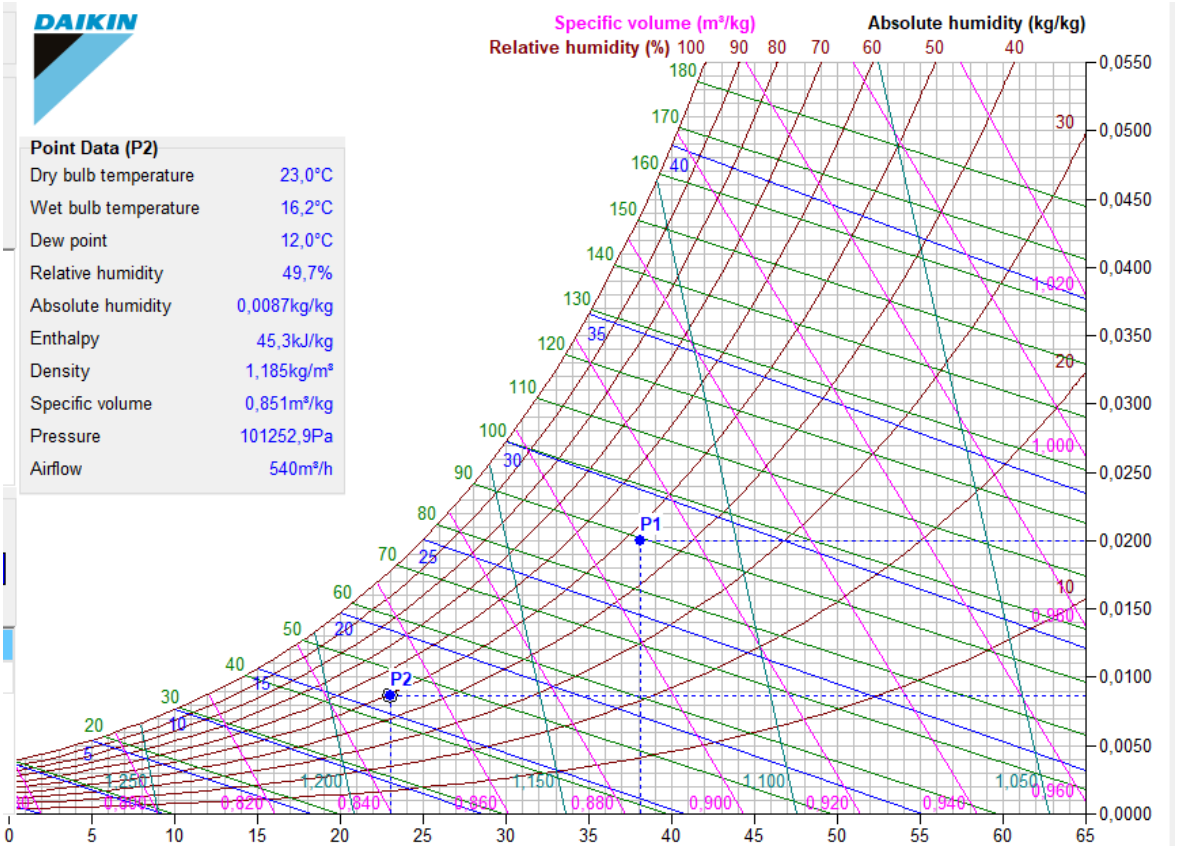
A carta psicrométrica é a representação gráfica dos parâmetros mencionados anteriormente, sendo de extrema importância para a visualização da zona de conforto térmico para o condicionamento do ar, e assim, definir o ciclo de ar condicionado (Campos, 2010). As figuras 4 e 5 apresentam exemplos das cartas psicrométricas do Rio de Janeiro com as informações mais próximas do local o possível, de modo a ser o mais preciso com as informações geradas pela carta psicométrica, a fim de se ter uma maior confiabilidade no uso de tais informações.

Figura 4 - Carta Psicométrica Área Externa



Fonte: Próprio (2020)

Figura 5 - Carta Psicométrica Área Interna (Zonas Térmicas)



Fonte: Próprio (2020)

5.3. SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO ABORDADOS

Como já bem mencionado nos capítulos anteriores, atualmente possuímos uma vasta gama de sistemas e equipamentos de refrigeração, porém será destacado apenas os equipamentos que serão dimensionados no respectivo projeto.

4.2.1. Equipamentos De Refrigeração

Mesmo após conhecermos alguns conceitos básicos referentes ao ramo da refrigeração, para que adentremos no assunto, precisamos também conhecer os principais componentes que integram os sistemas de refrigeração. São eles:

a) Compressor

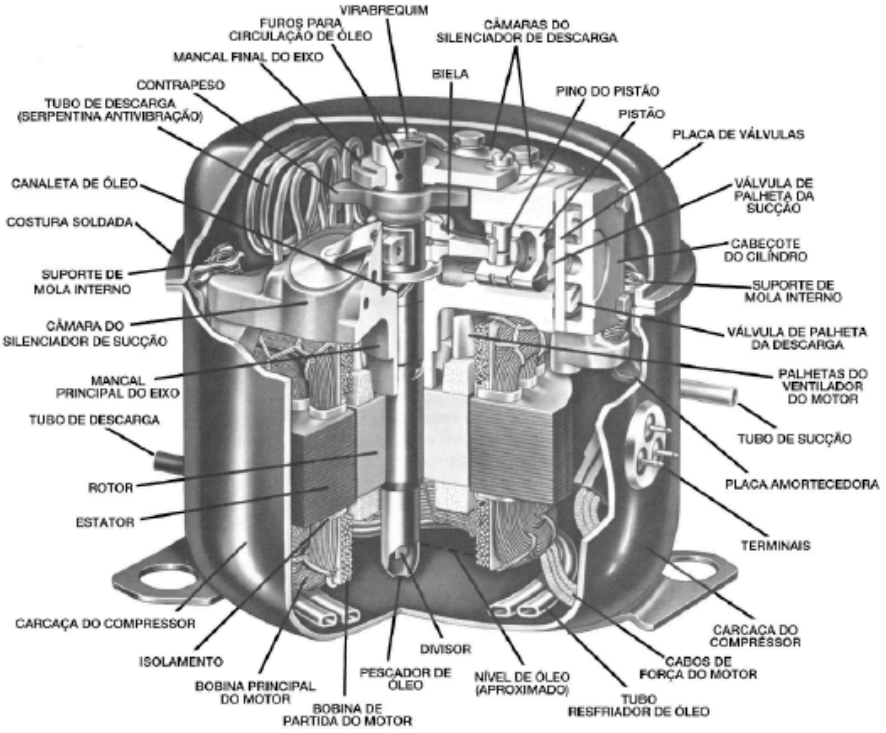
É a principal peça do ar-condicionado (e também a mais cara), sua função é receber e comprimir o fluido refrigerante vindo da evaporadora, elevando a pressão do gás e a temperatura nesse processo. Após deixar o compressor, o gás passa

novamente pelo condensador onde então é feita a troca de calor com o ambiente. (TAVEIRA, 2008).

De acordo com Carvalho (2009), os compressores podem ser classificados segundo sua forma de compressão podendo ser: alternativos, scroll, centrífugos, de parafuso e palhetas. São classificados também segundo a sua disposição: herméticos, semi-herméticos e abertos. Para a escolha do compressor, deve ser levado em consideração alguns fatores como: características do fluido refrigerante e potência teórica de compressão necessária para atender a carga térmica do ambiente a ser resfriado.

Na figura 6 é apresentado um compressor do tipo alternativo, com a identificação de seus principais componentes.

Figura 6 - Vista em corte de um compressor



Fonte: Miller (2014)

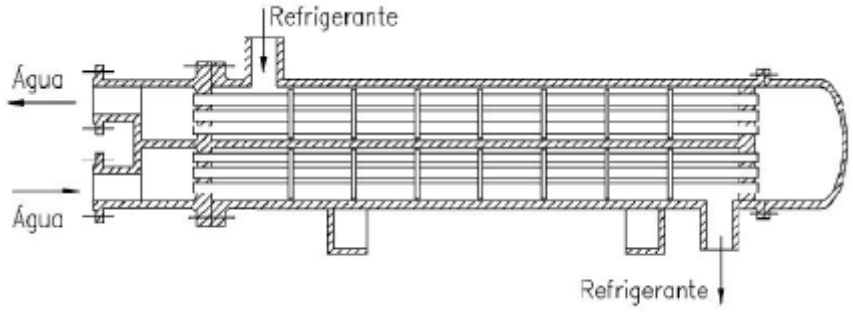
b) Condensador

Conforme explicado por Carvalho (2009), os condensadores possuem a função de condensar o fluido refrigerante que sai do compressor na forma de vapor superaquecido, transformando-o em líquido saturado ou comprimido na sua saída.

São trocadores de calor constituídos por serpentinas de tubos ou placas por onde passa o fluido refrigerante, permitindo a troca de calor entre o meio em que se encontra e o fluido refrigerante. Podendo ser classificados segundo o método a ser refrigerado que são os condensadores resfriados a ar ou a água e também pela sua disposição, como os condensadores de placa, carcaça e serpentina, carcaça e tubo, duplo tubo e evaporativos. A escolha do tipo de condensador depende de fatores como a temperatura de evaporação, temperatura de condensação, entre outros.

Na figura 7, abaixo, é apresentado o exemplo de um condensador carcaça e tubo.

Figura 7 - Condensador carcaça e tubo.



Fonte: Carvalho (2009)

c) Dispositivo De Expansão

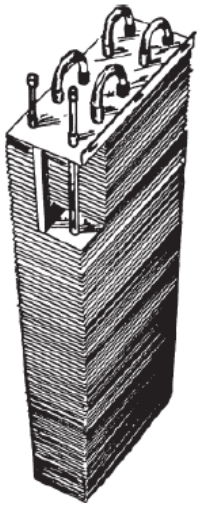
Tais dispositivos, separam o lado de alta pressão do lado de baixa pressão do sistema de refrigeração. Atuam como um controlador de pressão, permitindo a passagem da quantidade correta de fluído refrigerante para o interior do evaporador. Podendo ser encontrada nos sistemas com os seguintes tipos: Válvula de expansão manual e Válvula de expansão automática (Miller, 2014).

d) Evaporador

Este equipamento é um trocador de calor, responsável pela remoção do calor do espaço que está sendo resfriado. Conforme o ar vai sendo resfriado, ele condensa vapor d'água, que deve ser drenado. Ele recebe fluído refrigerante frio, de baixa pressão vindo do dispositivo de expansão e através da absorção do calor de alguma substância, vaporiza-o em seu interior. Essa substância pode ser o ar, água, outro fluído ou até mesmo um sólido (Miller, 2014).

Segue abaixo na figura 8, um exemplo de serpentina aletada de um evaporador.

Figura 8 - Evaporador de serpentina aletada



Fonte: Miller (2014)

5.3.2 Sistemas de refrigeração abordados

Será descrito nos itens abaixo, uma breve explicação dos dois sistemas que serão estudados, dimensionados e, dependendo dos resultados, um deles será escolhido para a plena utilização. Porém antes de serem descritos, é muito importante o entendimento dos tipos de expansão do sistema, dos quais podem ser classificados como expansão *direta* ou *indireta*. De acordo com De Souza(2010), a expansão direta ocorre em sistemas onde o próprio fluido refrigerante realiza a troca

de calor com o ambiente, de forma contrária aos sistemas com expansão indireta, no qual o fluido refrigerante troca calor com outro fluido (normalmente água) e este trocará calor com o ambiente. Tendo ciência dessa diferenciação entre os tipos de sistemas de expansão, podemos seguir com a descrição dos sistemas de refrigeração.

a) VRF

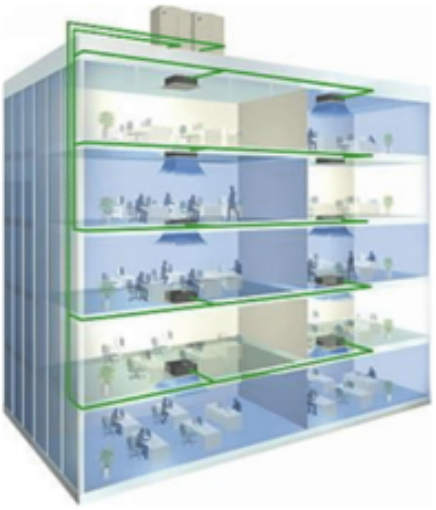
O VRF é um tipo de sistema classificado como um sistema central, possuindo seu conjunto de unidades de tratamento de ar considerado um sistema de expansão direta. Cada unidade, também chamadas de evaporadores, que são as unidades internas, são controladas e operadas independentemente das demais, sendo suprido por fluido refrigerante líquido em vazão variável (VRF – Variable Refrigerant Flow) por uma unidade condensadora central, instalada externamente (designada unidade externa), (ABNT NBR 16401, 2008).

Este sistema é dotado de um compressor composto por um controlador por variador de frequência, que permite variar o fluxo refrigerante. Seu consumo é menor em relação aos outros sistemas, devido principalmente a sua constante mudança de frequência, que leva ao sistema não operar com 100% de sua potência (CORDEIRO, 2018).

Este sistema se diferencia dos demais pois pode possuir várias unidades evaporadoras conectadas a uma condensadora, tudo graças a uma automação presente em seu equipamento. Se destacando pela sua ecoeficiência de operação, baixo consumo elétrico, baixo nível de ruído (OLIVEIRA e MARTINS, 2004).

Segue abaixo, na figura 9, a ilustração do exemplo de operação em conjunto dos equipamentos VRF em um edifício, onde duas unidades condensadoras presentes na área externa suprem 10 unidades evaporadoras presentes na área interna do prédio.

Figura 9 - Ilustração Sistema VRF



Fonte: Cordeiro (2018)

b) Central Água gelada

De acordo com ABNT (2008), é um sistema central em que uma ou mais unidades de tratamento de ar, cada uma operada e controlada independentemente das demais, são supridas com água gelada (ou fluido térmico) produzido numa central frigorífica constituída por um ou mais grupos resfriadores de água e distribuída por bombas, em circuito fechado.

Este sistema pode apresentar maior eficiência em relação aos demais, entretanto é um sistema complexo, de alto custo de aquisição e de manutenção, se tornando atrativo apenas para grandes capacidades (CORDEIRO, 2018).

Alves (2013), descreve que o sistema Central de água gelada, também conhecido como CAG é dividido quanto ao seu tipo de condensação, podendo ser:

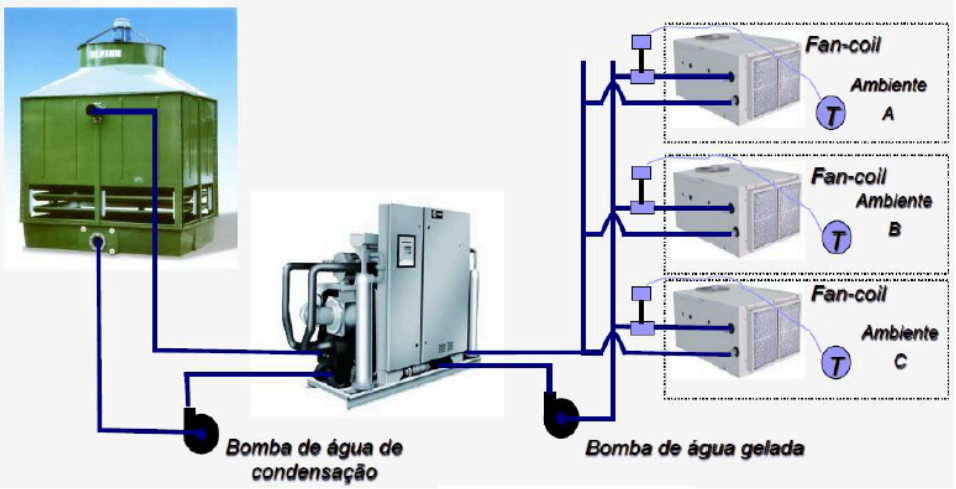
- Chiller de Condensação a ar;
- Chiller de Condensação a água.

Como descrito por Cordeiro (2018) e demonstrado na figura 10, o sistema de condensação a água é composto por torre de resfriamento de água, Chiller, bombas, tubulação de água gelada, FanCoil e válvulas. Diferentemente do Chiller por

condensação a ar que não necessita da torre de resfriamento e nem bomba de água de condensação. O Chiller é o equipamento responsável por resfriar a água que será utilizada para a refrigeração até uma temperatura de aproximadamente 8º Celsius. O FanCoil, por sua vez, é o evaporador que realizará a troca de calor da água gelada com o ar do ambiente a ser refrigerado.

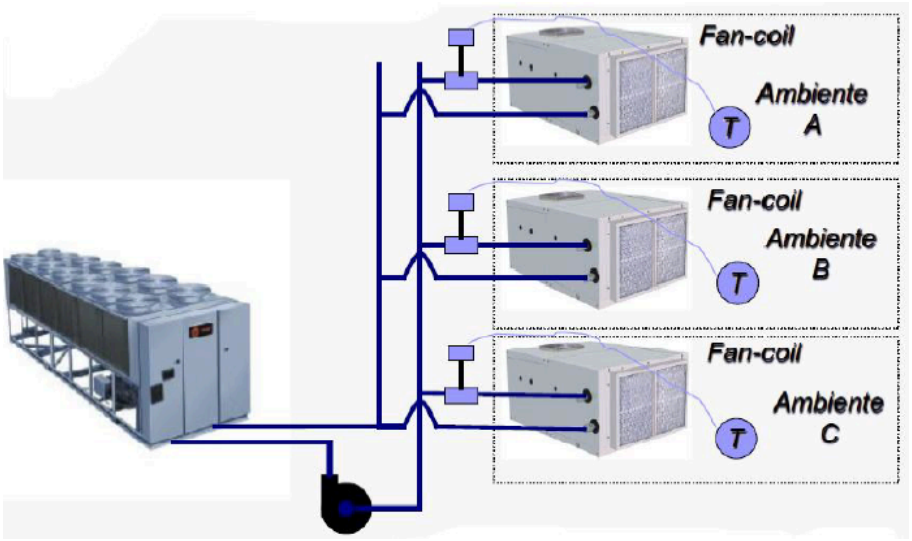
Seguem abaixo, nas figuras 10 e 11, exemplos de configuração dos sistemas Central água gelada, com condensação a água e condensação a ar.

Figura 10 - Sistema com Chiller de condensação a água.



Fonte: Alves (2013)

Figura 11 - Sistema com Chiller de condensação a ar.



Fonte: Alves (2013)

4.3. VISÃO SOBRE GERENCIAMENTO DE PROJETO

No Brasil, para muitos projetos dentro do campo da Engenharia Mecânica, tem-se como base fundamental as normas da ABNT NBRs, não diferente para a área de refrigeração existem hoje diversas normas que regem o assunto especificando de forma clara para os devidos projetistas, como se deve seguir determinadas diretrizes para um projeto voltado a tais assuntos. Segundo o PMBOK 2008 (Project Management Body of Knowledge), um guia com práticas em gerenciamento de projetos do PMA (Project Management Institute), um projeto é definido como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Tal projeto pode criar:

- Um produto que pode ser o item final ou um item componente de outro item;
- Uma capacidade de realizar um serviço ou serviços, como funções de negócios que dão suporte à produção ou à distribuição, ou;
- Um resultado, como por exemplo um produto ou um documento (ex.: um projeto de pesquisa).

A finalidade do gerenciamento de projetos é pôr em prática o plano de projeto, o que ocorre por meio da aplicação e da integração dos seguintes grupos de processos de gerenciamento: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento. Em síntese, um projeto bem-sucedido é aquele que alcançou suas metas, objetivos e propósitos e atingiu as expectativas das partes interessadas. Nesse sentido, produziu todas as entregas conforme planejado, foi executado de acordo com o cronograma e orçamento aprovados e foi entregue de acordo com todas as especificações de performance e de qualidade (do Vale, 2014).

Trazendo essas informações para o âmbito da área da Refrigeração já tendo todo o propósito definido, podemos assim então iniciar, ou seja, pôr em prática todo o estudo necessário para darmos início a toda elaboração dos conteúdos primordiais para a implementação do sistema de Refrigeração. Em seguida, será feito o

Planejamento, fase em que é planejado todo o tempo, atividades, ações desde o início ao fim do projeto, inclusive o levantamento de todo o custo necessário. Após esta, damos prosseguimento na execução, que como o próprio nome já diz, são executadas todas as ações que anteriormente foram planejadas. E com isso, é realizado um monitoramento para saber se, de fato, o que foi executado realmente cumpre com o que foi planejado. Tendo em vista que todas as etapas foram bem aceitadas pelo cliente e cumpriram com tal expectativa e planejamento, só resta o encerramento do projeto.

5. DESENVOLVIMENTO

6.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

6.1.1. Identificação da Organização

Esta indústria de cigarro, na qual está sendo realizado o estudo de caso, possui a mais complexa rede de distribuição de toda sua organização. Sua área de distribuição e logística não apenas serve como referência para as demais empresas do grupo, como também é considerada uma referência internacional para outras empresas em distribuição, pontualidade e acuracidade das entregas.

Sua expertise na área de distribuição é uma importante vantagem competitiva da Companhia. A organização atende diretamente cerca de 300 mil pontos de venda em mais de 5.500 mil municípios brasileiros – que representam aproximadamente 95% do total do país.

Para garantir que seja realizado o abastecimento de toda a sua base de varejos, a Companhia possui seis Regionais de Marketing e Centrais Integradas de Distribuição (CIDs), localizadas em Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Porto Alegre (RS), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP) – esta última é a maior e mais moderna da América Latina no segmento de tabaco.

Completando a rede de abastecimento, possui 31 Centrais Operacionais de Distribuição (CODs) nas capitais e grandes cidades, além de dezenas de postos de abastecimento no interior do país. Ao todo, são 2.800 veículos e 3.500 colaboradores envolvidos nestas operações.

O vasto alcance por tal organização demanda um alto investimento em tecnologia, segurança e bem-estar dos colaboradores. Modernos sistemas de definição de rota, boas práticas de monitoramento e segurança, e ambientes climatizados e refrigerados trazendo conforto e comodidade para os colaboradores, por exemplo, são algumas das medidas que garantem o sucesso da distribuição desta Organização.

6.2. ESTRUTURA DA EMPRESA

Figura 12 - Centro de Distribuição - Modelagem x Vista Real



Fonte: Próprio (2020)

Para o site em questão, ou seja, a unidade que está sendo realizada tal estudo, é designada como Centro de Distribuição do Rio de Janeiro. Possui uma estrutura, em questão de área total equivalente a 12.000 m² (doze mil metros quadrados). Porém, grande parte desse espaço não é refrigerado, como por exemplo, o galpão ou estoque, onde ficam armazenados todos os paletes de tabacos e demais produtos da Organização.

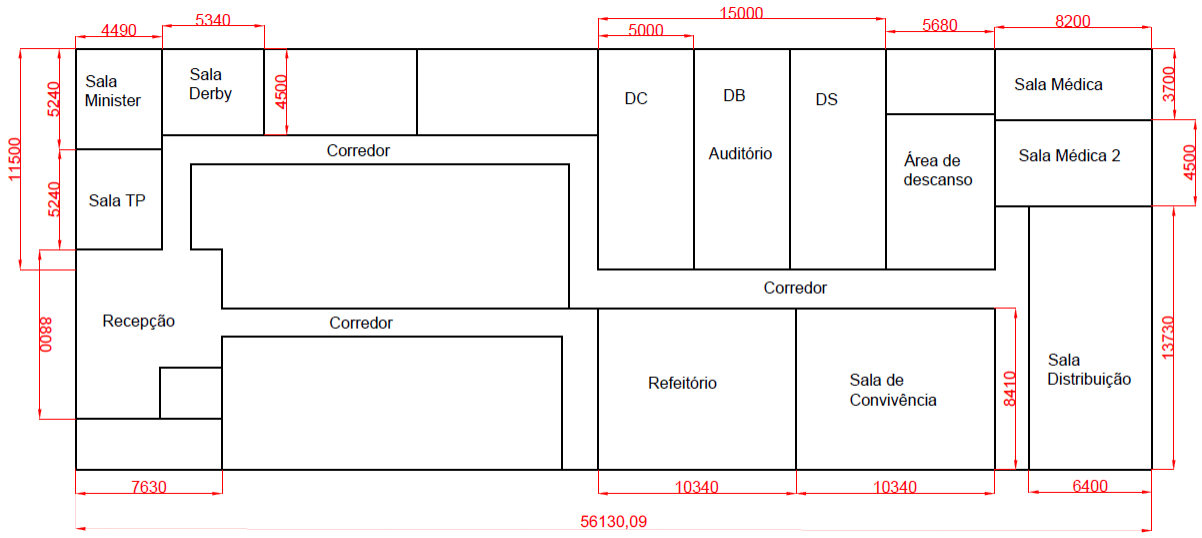
O sistema de refrigeração implementado no projeto para esta unidade, contempla todas as áreas administrativas, ou seja, todos os escritórios, corredores, recepção, salas de reunião entre outros lugares, como departamento médico, refeitório e sala de convivência, gerando num total de 26 áreas refrigeradas, que serão identificadas como zonas térmicas.

Para cada área, há um tipo de particularidade com relação a seu uso, por exemplo, existem áreas que necessitam do sistema de refrigeração, porém, não para o simples conforto térmico pessoal, mas sim para a refrigeração de equipamentos, como é o caso da sala elétrica (sala de NoBreaks) e sala do CPD.

O edifício em questão é dotado de dois pavimentos com áreas internas refrigeradas. O primeiro pavimento é constituído pelas áreas da Recepção, Sala de TP (Telepresence), Sala Minister, Sala Derby, Auditório (que são 3 salas compartilhadas com divisórias), Serviço Médico, Sala de Distribuição, Refeitório,

Sala de Convivência e os corredores de acesso a cada área, conforme apresentado abaixo na figura 13, constando a planta baixa do 1º Pavimento.

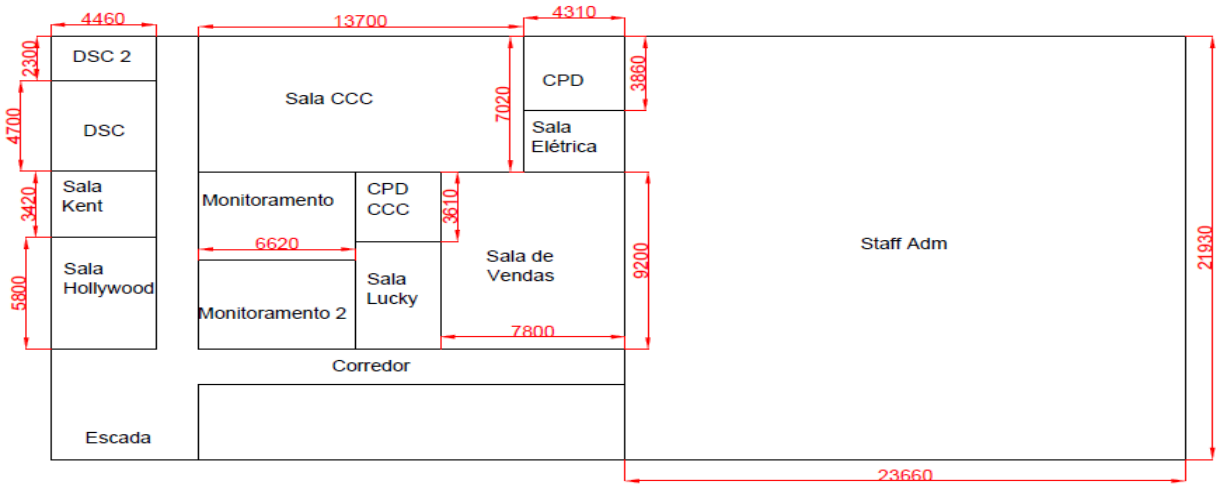
Figura 13 - Planta Baixa 1º Pavimento



Fonte: Próprio (2020)

Já para o segundo pavimento tem-se para dados de áreas, o Staff administrativo, Sala de Vendas, Salas dos CPDs, Sala DSC, Sala CCC, Sala Hollywood, Sala Lucky, Sala Kent, Sala CFTV e os corredores de acesso para cada área, conforme a Planta baixa do 2º Pavimento apresentada abaixo na figura 14.

Figura 14 - Planta Baixa 2º Pavimento



Fonte: Próprio (2020)

PROJETO DE DIMENSIONAMENTO

5.3.1. Programas De Simulação

a) Energyplus

Criado e desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), o EnergyPlus é um software de análise térmica e energética de edificações. É um programa open-source, ou seja, de graça e livre para uso, atualmente na versão 9.1.0.

Esta ferramenta permite avaliar todo o comportamento termo-energético de uma edificação por meio de parâmetros como, insolação, temperatura dos ambientes, fator de sombra, umidade relativa, fluxo de calor através das superfícies da edificação, carga térmica devido a ocupação e a equipamentos eletroeletrônicos. É capaz também de realizar uma avaliação mensal e anual do consumo energético da edificação, apresentando de forma individual os valores parciais de cada sistema envolvido no prédio, tal como ar-condicionado, equipamentos e iluminação.

Este software possui uma base de cálculo para resolução do balanço de calor da zona, que é apresentado pela seguinte equação diferencial ordinária:

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{Si}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{sup}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zonas}} \dot{m}_i c_p (T_{zi} - T_z) + \dot{m}_{inf} c_p (T_\infty - T_z) + \dot{m}_{sis} c_p (T_{sup} - T_z) \quad (6.1)$$

Onde:

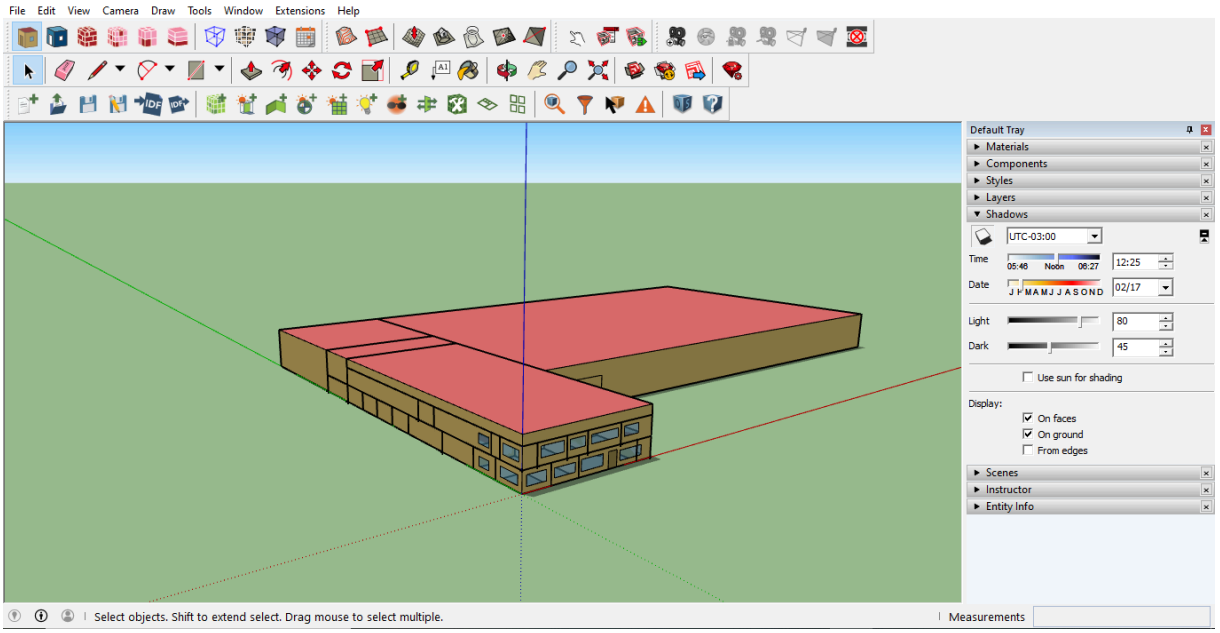
- Cz$\frac{dTz}{dt}$consistena taxa de energia acumulada na zona térmica;
- $\sum_{i=1}^{Nsi} \dot{Q}i$ equivale ao somatório das cargas internas do ambiente em estudo;

- $\sum_{i=1}^{Nsup} hiAi(Tsi - Tz)$refere-se a taxa de calor devido a convecção através das superfícies da zona térmica
- $\sum_{i=1}^{Nzonas} \dot{m}iCp(Tzi - Tz)$consiste no somatório das taxas de calor provenientes das outras zonas;
- $\dot{m}\,\mathrm{inf}\,inf\ Cp\ (T_{\infty} - Tz)$ refere-se a taxa de calor proveniente da infiltração de ar externo na zona;
- $\dot{m}_{sis}\ Cp(T_{sup} - Tz)$ consiste na taxa de calor fornecida pelo sistema de ar-condicionado à zona, tudo em W.

b) Sketchup

É também utilizado mais um software para auxílio na confecção das zonas térmicas por meio da criação dos espaços/áreas modelando-as. Software desenvolvido originalmente pela At Last Software, é partir deste programa que é realizado a modelagem 3D para ambientes arquitetônicos, utilizado também na Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, entre outras áreas de estudo. Abaixo é demonstrado na figura 15 um pouco da interface do software com a modelagem do edifício de acordo com as dimensões.

Figura 15 - Modelagem Edifício



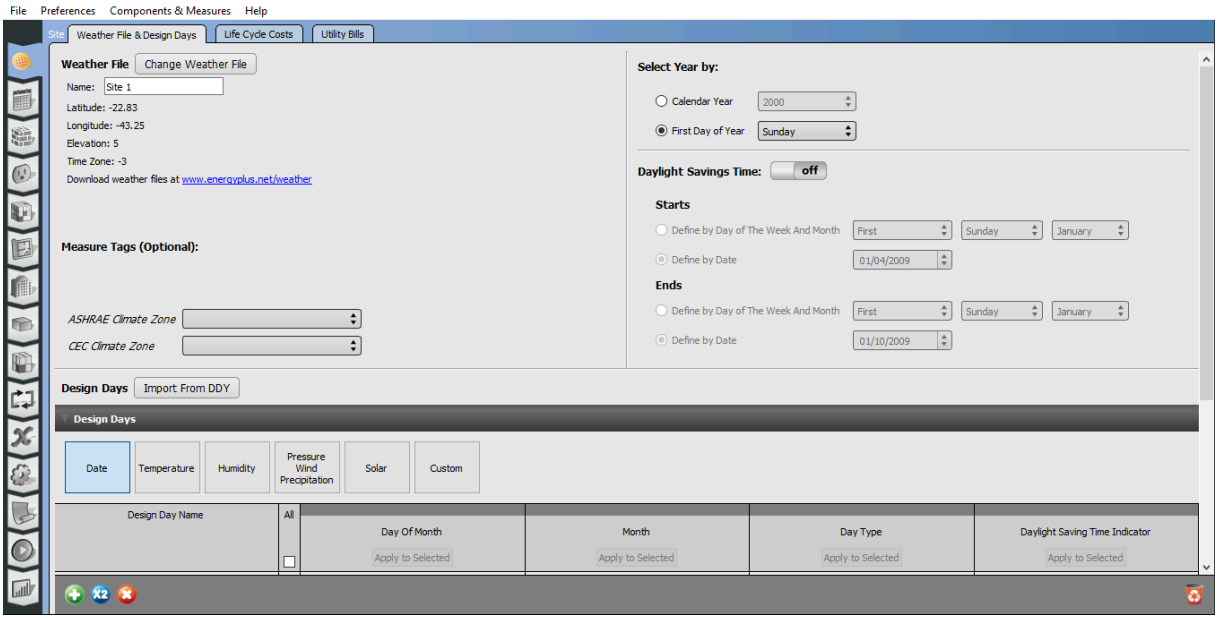
Fonte: Próprio (2019)

c) OpenStudio

Desenvolvido pela National Renawable Energy Laboratory, originado no Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), o OpenStudio é o plugin que permite a união e utilização das interfaces do Sketchup e do EnergyPlus, já mencionados anteriormente.

Abaixo é apresentada a figura 16 evidenciando um pouco sobre a interface do software da OpenStudio, onde foram incluídas todas as informações pertinentes ao dimensionamento da carga térmica.

Figura 16 - Interface OpenStudio



Fonte: Próprio (2020)

6.3.2. Dados De Entrada Para O Cálculo De Carga Térmica

A carga térmica é, basicamente, o somatório de todas as formas de calor presentes em um ambiente. Este cálculo envolve a identificação das variáveis climáticas, das variáveis humanas e das variáveis arquitetônicas, que devem ser coletadas para posterior utilização no cálculo.

De acordo com a ABNT NBR 16401 no item 7, são apresentados os critérios que são adotados no projeto, primeiramente, não se deve superdimensionar o sistema, o cálculo da carga térmica deve ser o mais exato possível, e, por isso, deve-se evitar o uso de fatores de segurança.

Deve-se considerar subdividir o sistema em módulos menores, no caso de grande variação de carga térmica, para aumentar a confiabilidade do sistema, pois a falha em um módulo não paralisa todo o sistema de refrigeração.

Deve-se prever sistemas independentes de refrigeração para locais que funcionem fora do horário previsto das demais áreas comuns (como salas de segurança e monitoramento, vigia, etc.) e, finalmente, para locais que necessitem de

exigências especiais nas condições do ar, temperatura, umidade, etc., não é recomendado que seja o mesmo sistema de refrigeração das demais áreas.

Para se encontrar o valor mais próximo da carga térmica real, a abordagem é rigorosa e detalhista. Por isso é requerido o uso de computadores para realizar esse cálculo. Muitos programas de cálculo desta energia têm sido usados há muitos anos, sendo a primeira implementação que incorporou todos os elementos para formar um método completo foi o NBSLD (National Bureau of Standards Load DeterminationProgram) em 1967.

O Capítulo 18 da ASHRAE Handbook (CHAPTER 18 - NONRESIDENTIAL COOLING AND HEATING LOAD CALCULATIONS), indicado pela ABNT NBR 16401, aponta dois métodos computacionais como referências para o cálculo de carga térmica, isto é, o Modelo HB (Heat Balance) e o Modelo RTS (Radiant Time Series).

Mediante a complexidade referente aos métodos adotados para elaboração do cálculo de carga térmica, será realizado o uso de um software destinado a análise térmica e energética de edificações chamado EnergyPlus.

Através da fácil interface do programa, foram confeccionadas as áreas de toda estrutura a ser estudada respeitando todas as medidas de acordo com os dados coletados no local.

6.3.2.1. Arquivo Climático

São dados necessários para aprimoramento dos resultados a serem obtidos. Dados que servem como indicadores como por exemplo longitude, latitude, altitude, fuso-horário, condições de pico para projeto, período de verão entre outras informações. Esse arquivo também inclui informações como temperatura de bulbo seco, temperatura de orvalho, umidade relativa, direção e velocidade do vento.

Essas informações podem ser retiradas da tabela da ABNT NBR 16401-1 e imputadas no software, porém o mesmo pode ser carregado por um único arquivo selecionando o local a ser estudado ou o mais próximo possível, o qual foi utilizado o arquivo para cidade Rio de Janeiro – Galeão, arquivo esse disponibilizado pelo

próprio site do EnergyPlus no formato EPW (EnergyPlus Weather). Na tabela 1, apresentada abaixo, mostra os dados climáticos disponibilizados pela NBR 16401-1, que foram carregados no software.

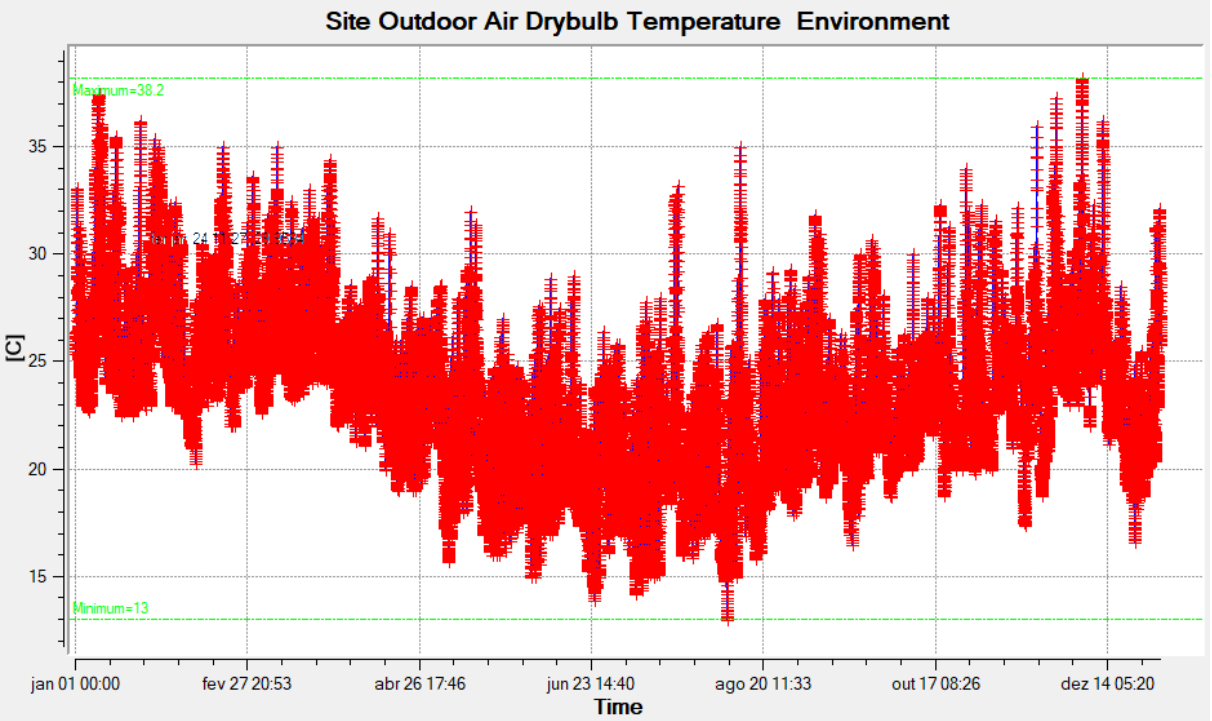
Tabela 1 - Dados climáticos de projeto

RJ	Rio de Janeiro Galeão		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU
			22,82S	43,25W	6m	101,25	82/01		32,4
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.
Fev	anual	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul	anual
	0,4%	38,1	25,6	28,1	32,8	27,1	22,9	30,1		99,6%
ΔTmd	1%	36,2	25,3	27,5	32,0	26,2	21,7	29,3		99%
9,8	2%	35,0	25,2	27,0	31,3	26,0	21,4	29,1		

Fonte: ABNT (2008) - Modificada

É apresentado abaixo, após carregado o arquivo climático, a evolução da temperatura de bulbo seco do Rio de Janeiro ao longo do ano:

Figura 17 - Temperatura Máxima de Bulbo seco



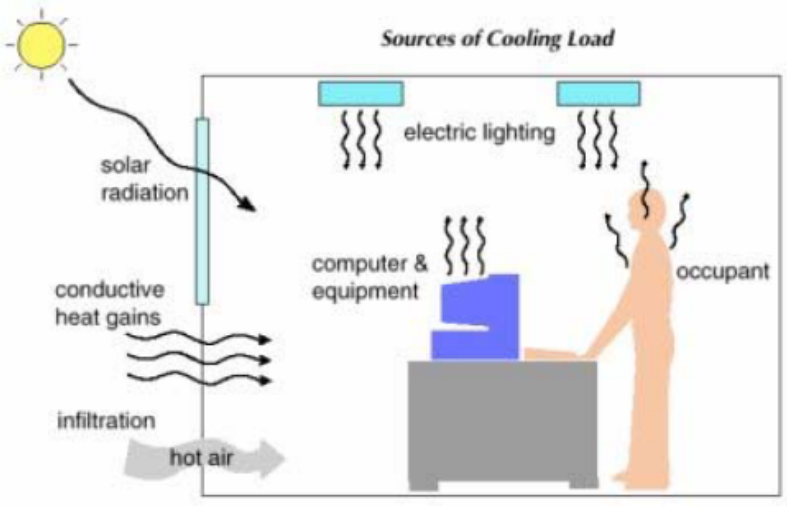
Fonte: Energyplus (2019)

6.3.2.2. Cargas Internas

As cargas internas correspondem, praticamente, a maior parcela do calor liberado ao ambiente. Essas cargas são provenientes do calor liberado por:

Envoltória, pessoas, equipamentos elétricos, iluminação, renovação de ar e infiltrações de ar.

Figura 18–Ganhos de calor para o cálculo de refrigeração.



Fonte: Bhatia (2004)

a) Envoltória

De acordo com a ABNT (2008), devem ser considerados fatores como a orientação solar das fachadas; o tipo, material e coeficientes de transmissão de calor da envoltória externa opaca e interna (paredes e cobertura) e vãos externos translúcidos (janelas e claraboias).

Com isso, é mostrado nas tabelas abaixo a seleção dos materiais utilizados para simulação do dimensionamento térmico baseado no Projeto 02:135.07-001/2 Desempenho Térmico de Edificações Parte 2 (ABNT, 2003).

As tabelas 2 e 3 apresentadas abaixo, mostram os dados que foram carregados no software com relação as informações de Materiais e suas propriedades térmicas utilizadas nas *paredes externas e internas.*

Tabela 2 - Materiais e suas propriedades térmicas

Paredes Externas		
Material	Cond. Térmica	C. Específico (kJ/(kg.K))
Reboco 1'	1,1500 W/m.K	1,00
Tijolo de concreto 8'	1,7500 W/m.K	1,00
Gesso 1/2'	0,500 W/m.K	0,84

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 3 - Materiais e suas propriedades térmicas

Paredes Internas		
Material	Cond. Térmica	C. Específico (kJ/(kg.K))
Parede de gesso(Drywall)	0,35 W/m.K	0,84
Resistência do ar(entre placas)	0.15 m².K/W	1,00
Parede de gesso(Drywall)	0,35 W/m.K	0,84

Fonte: Próprio (2020)

Já nas tabelas 4 e 5, apresentadas abaixo, constam respectivamente as informações do Material e sua propriedade térmica das *portas internas e externas.*

Tabela 4 - Material e suas propriedades térmicas

Portas internas		
Material	Cond. Térmica	C. Específico (kJ/(kg.K))
Madeira	0,29 W/m.K	1,34

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 5 - Material e suas propriedades térmicas

Porta Externa		
Material	Cond. Térmica	C. Específico (kJ/(kg.K))
Vidro	1,00 W/m.K	0,84

Fonte: Próprio (2020)

Abaixo, é informado na tabela 6 o Material e sua propriedade para o *Teto.*

Tabela 6 - Materiais e suas propriedades térmicas

Teto		
Material	Cond. Térmica	C. Específico (kJ/(kg.K))
Parede de gesso(Drywa	0,35 W/m.K	0,84

Fonte: Próprio (2020)

Para a *janela*, foram carregadas no sistema as informações de Material e sua propriedade térmica conforme apresentada na tabela 7, abaixo:

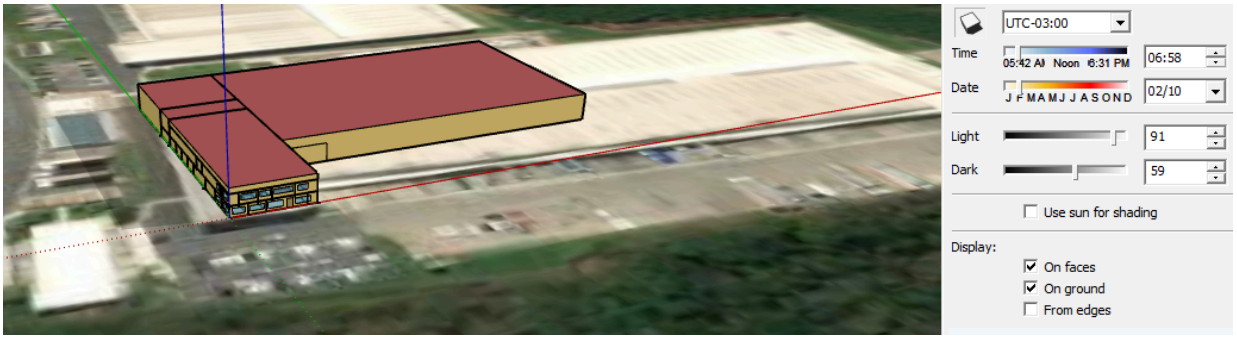
Tabela 7 - Material e sua propriedade térmica

Janela		
Material	Cond. Térmica	C. Específico (kJ/(kg.K))
vidro	1,00 W/m.K	0,84

Fonte: Próprio (2020)

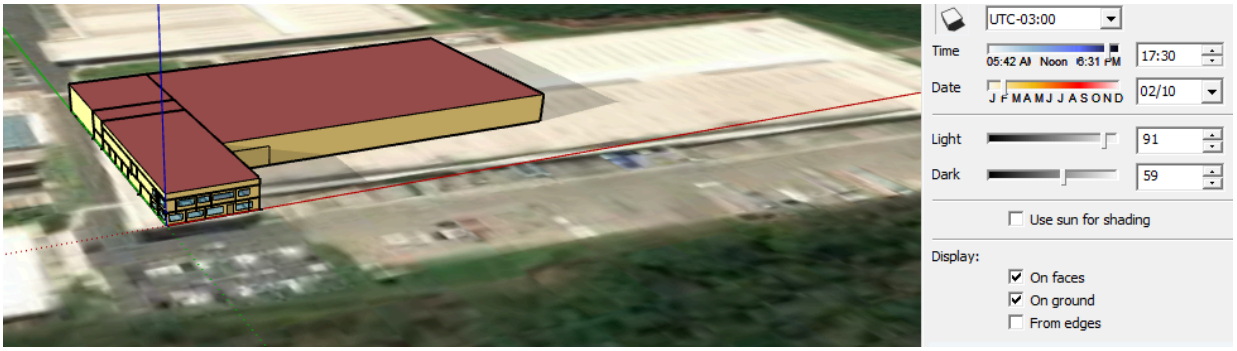
É apresentado abaixo nas figuras 19 e 20 a representação da posição do sol quanto a geolocalização com o time-lapse do horário do nascer do sol e o pôr do sol que é feito no programa, indicando as posições e locais de maiores incidências do raio solar em toda a envoltura do prédio.

Figura 19 - Posição nascer do sol próximo das 07H



Fonte: Sketchup (2020)

Figura 20 - Posição Pôr de Sol próximo das 18H



Fonte: Sketchup (2020)

Observa-se na figura 19, que o sol está nascendo no canto direito da imagem conforme é formado a sombra nas paredes da edificação na parte esquerda da imagem, o que obviamente indica que as paredes projetadas ao lado Leste sofrerão com maior intensidade a radiação solar durante a parte da mahã. Enquanto na figura 20, é observado que as paredes da edificação no canto esquerdo da figura sofrerão com a intensidade da radiação solar durante o entardecer devido ao sol se pondo no Oeste.

Para o dimensionamento das cargas da envoltória, de acordo com o arquivo disponibilizado pelo EnergyPlus - Engineering Reference, é realizado a simulação do balanço de calor e as condições de fronteira calculando a condução, convecção e radiação, utilizando a Funções de Transferências de Condições (CFTs), conforme descrito por Gomes (2012).

De acordo com o documento Engineering Reference disponibilizado pelo Energyplus (2019), o balanço térmico das cargas das paredes externas para as paredes internas é dado pela equação 6.2 apresentada abaixo:

$$q''_{\alpha sol} + q''_{LW\,R} + q''_{conv} - q''_{ko} = 0 \qquad (6.2)$$

Onde:

- $q''_{\alpha sol}$ = Fluxo de calor da radiação solar direta e difusa absorvida (comprimento de onda curta);

- q''_{LWR} = Troca líquida de fluxo de radiação de comprimento de onda longa (térmico) com o ar e os arredores;
- q''_{conv} = Troca de fluxo convectivo com ar externo;
- q''_{Ko} = Fluxo de calor de condução (q / A) na parede.

Para a **Radiação Solar**, são consideradas as radiações de comprimento de onda longa (q''_{LWR}) e curta ($q''_{\alpha sol}$), que com base no Engineering Reference – Energyplus (2019) que utiliza o ASHRAE como fonte, descreve as seguintes equações 6.3 e 6.5 respectivamente:

$$q''_{LWR} = q''_{gnd} + q''_{sky} + q''_{atr} \tag{6.3}$$

Onde:

- q''_{gnd}= Troca de radiação com o chão;
- q''_{sky}= Troca de radiação com o céu;
- q''_{air}= Troca de radiação com o ar.

Aplicando a *Lei de Stefan-Boltzmann* nos campos de cada componente da equação 6.3, temos a equação 6.4 apresentada abaixa:

$$q''_{LWR} = \varepsilon\sigma F_{gnd}(T^4_{gnd} - T^4_{surf}) + \varepsilon\sigma F_{sky}(T^4_{sky} - T^4_{surf}) + \varepsilon\sigma F_{atr}(T^4_{atr} - T \tag{6.4}$$

Onde:

- ε = Emissividade de comprimento de onda longo da superfície;
- σ = Constante de Stefan-Boltzmann (5,7x10^{-8} W/m².K^4);
- F_{gnd}= Fator de visualização da superfície da parede à temperatura da

superfície do solo;

- F_{Sky}= Fator de visualização da superfície da parede em relação à temperatura do céu;
- F_{Air} = Fator de visualização da superfície da parede em relação à temperatura do ar;
- T_{Surf}= Temperatura da superfície externa (K)
- T_{gnd}= Temperatura da superfície do solo (K);
- T_{Sky}= Temperatura do céu (K);
- T_{Air}= Temperatura do ar (K).

Já para o comprimento de onda curta, o Energyplus (2019) utiliza a equação 6.5 apresentada abaixo:

$$Q_{so} = \alpha \cdot \left(I_b \cdot \cos\theta \cdot \frac{S_s}{S} + I_s \cdot F_{ss} + I_g \cdot F_{sg} \right) \quad (6.5)$$

Onde:

- α= Absortância solar da superfície;
- I_b= Intensidade do feixe de radiação (direto);
- θ= Ângulo de incidência dos raios solares;
- S_s= Área iluminada pelo sol;
- S= Área do superfície ;
- I_s= Intensidade de radiação difusa do céu;
- F_{ss}= Fator de ângulo entre a superfície e o céu;

- F_{sg} = Fator de ângulo entre superfície e o chão.

Para a **Convecção,** de acordo com o EnergyPlus (2019), a transferência de calor é modelada usando a formulação clássica apresentada na equação 6.6 abaixo:

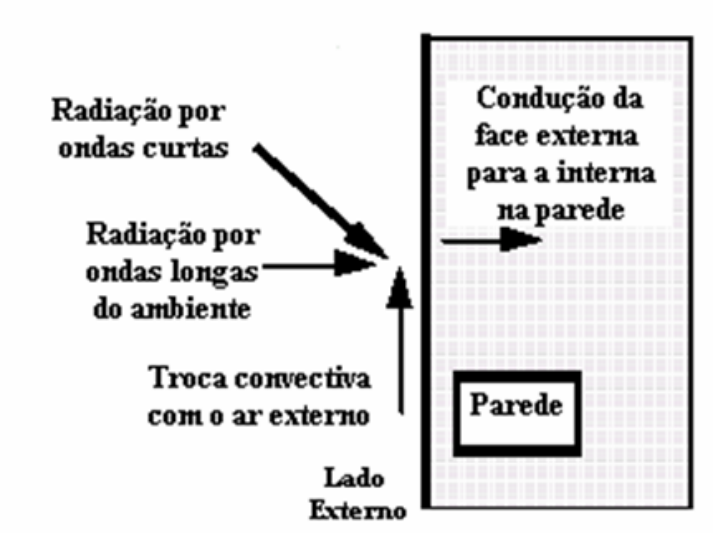
$$Q_c = h_{c,ext} A \left(T_{surf} - T_{air}\right) \quad (6.6)$$

Onde:

- Q_c = taxa de transferência de calor por convecção externa (q″conv);
- $h_{c,ext}$ = coeficiente de convecção exterior;
- A = área de superfície;
- T_{surf}= temperatura da superfície;
- T_{air} = temperatura do ar externo.

E tal sistema de balanço é exemplificado abaixo na figura 21, onde é apresentado balanço de calor entre os três tipos de transferência de calor: Radiação, Convecção e Condução.

Figura 21 - Balanço de calor



Fonte: Energyplus (2020) - Adaptado

b) Pessoas

Para a determinação daemissão de calor e de ocupação dos ambientes do prédio utilizaram-se as informações de calor latente e de calor sensível para cada tipo de ambiente evidenciado pela ABNT (2008). Abaixo é apresentada a tabela com os valores de calor dissipado por pessoa e a ocupação utilizada por cada zona térmica nos dois andares, conforme orienta ABNT NBR 16401 e 6401.

Tabela 8 - Informações de ocupação e dissipação do 1º Pavimento

ZONAS	OCUPAÇÃO 1º PAV			
	OCUPAÇÃO		ÁREA	Carga(S+L)/ pessoa
	Flutuantes	m²/Pessoa	m²	W
MINISTER	-	6	24.03	130
SALA MÉDICA 1 SALA MÉDICA 2	-	6	67.24	130
RECEPÇÃO	-	5	69.78	130
REFEITÓRIO	-	2	86.96	160
TELEPRESENCE	-	2	24.03	130
CONVIVÊNCIA	-	5	86.96	130
CORREDOR	2	-	61.61	130
DB	-	2	57.50	130
DC	-	2	57.50	130
DS	-	2	57.50	130
DERBY	-	2	17.68	130
DESCANSO	6	-	46.11	130
DISTRIBUIÇÃO	-	6	87.87	130
ESCADA	2	-	35.74	130

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 9 - Informações de ocupação e dissipação do 2º Pavimento

ZONAS	OCUPAÇÃO 2º PAV			
	OCUPAÇÃO		ÁREA	Carga(S+L)/ pessoa
	Flutuantes	m²/Pessoa	m²	W
STAFF ADM	-	6	518.00	130
CPD	2	-	16.64	130
VENDAS	-	6	71.76	130
SALA ELÉTRICA	2	-	13.62	130
SALA CCC	-	6	96.17	130
CPD CCC	2	-	12.96	130
MONITORAMENTO MONITORAMENTO 2	-	6	60.90	130
LUCKY	-	2	20.07	130
KENT	-	2	15.25	130
HOLLYWOOD	-	2	25.87	130
DSC DSC 2	-	6	31.22	130

Fonte: Próprio (2020)

Para as tabelas 8 e 9 apresentadas acima, foram listadas as informações de carga térmica em Watts por pessoa, informações estas que foram introduzidas no Energyplus para posteriormente gerar os resultados de carga térmica final.

Para o cálculo de carga térmica referente as pessoas, o EnergyPlus (2019) se baseia na equação 6.7 apresentada abaixo:

$$Q_{pessoas} = n \times (q_s + q_l) \qquad (6.7)$$

Sendo:

n – número de pessoas na zona térmica;

q_S – calor sensível [W];

q_l – calor latente [W].

c) Equipamentos Elétricos

Os equipamentos são responsáveis por grande parte da carga térmica de um ambiente. Para as diversas zonas da edificação citam-se equipamentos como: computadores, impressoras, televisores, cafeteiras, refrigeradores entre outros. Segue na tabela abaixo a dissipação de calor total de equipamentos elétricos de cada sala seguindo as recomendações propostas pelas tabelas da ABNT evidenciadas no Apêndice A. No apêndice B, são apresentados de forma mais clara e específica os equipamentos presentes e utilizados em cada sala.

Tabela 10 - Dissipação Térmica total de cada zona térmica

ZONAS	POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS	ZONAS	POTÊNCIA DE EQUIPAMENTOS
	W		W
STAFF ADM	5875	MINISTER	1481,85
CPD	2000	SALA MÉDICA 1	725
VENDAS	160	SALA MÉDICA 2	1290
SALA ELÉTRICA	9800	RECEPÇÃO	305
SALA CCC	2610	REFEITÓRIO	15160
CPD CCC	2000	TELEPRESENCE	160
MONITORAMENTO	1145	CONVIVÊNCIA	2490
MONITORAMENTO 2	145	CORREDOR	0
LUCKY	1263,75	DB	1810
KENT	998,93	DC	1810
HOLLYWOOD	1582,74	DS	1810
DSC	1290	DERBY	1132
DSC 2	145	DESCANSO	0
		DISTRIBUIÇÃO	1220
		ESCADA	0

Fonte: Próprio (2020)

d) Iluminação

Com relação a iluminação foram utilizadas as recomendações propostas na ABNT 6401 (1980). Por ser projetada em toda sua área por ambientes

administrativos do tipo escritório, foi utilizado para o projeto os valores de iluminação para cada tipo de área a taxa de dissipação de 40W/m² pelo fato das zonas serem “Escritórios” e o tipo de iluminação “Fluorescente”, levando-se em consideração o nível de luminosidade Lux igual a 1000, conforme tabela 39 no Apêndice A.

e) Ar Exterior

Infiltração

De acordo com a ABNT (2008), a Infiltração é o fluxo de ar externo para dentro da edificação através de frestas e outras aberturas não intencionais. Este processo é normalmente provocado pelo efeito de ventos e de diferenças de pressão devido ao efeito chaminé e, quando não mantida sob controle, implica taxa adicional de ar exterior e consequentemente de carga térmica para o sistema.

Para o dimensionamento em questão, foi utilizado o valor mínimo para infiltração de 1,5 renovações por hora como indicado pela ABNT (1980), presente na tabela 45 do Apêndice A. Abaixo, na tabela 11 são apresentadas as informações de vazão de infiltração (Flow rate) geradas pelo EnergyPlus necessárias para o cálculo da carga proveniente da Infiltração.

Tabela 11 - Vazão de Infiltração

Zone Name	Area [m2]	Volume [m3]	Zone Occupants	Flow Rate [m3/s]
DSC TZ	31,22	93,66	5,2	0,0128
DSC TZ				0,0262
MéDICA TZ	67,24	201,72	11,2	0,0379
MéDICA TZ				0,0461
MONITORAMENTO TZ	60,9	182,71	10,2	0,0381
MONITORAMENTO TZ				0,0381
DB TZ	57,5	172,5	38,3	0,0719
DC TZ	57,5	172,5	38,3	0,0719
DS TZ	57,5	172,5	38,3	0,0719
CPD CCC TZ	12,96	38,88	2	0,0162
CPD TZ	16,64	49,91	2	0,0208
ESCADA TZ	35,74	107,23	2	0,0447
DESCANSO TZ	46,11	138,33	6	0,0576
DISTRIBUIçãO TZ	87,87	263,62	14,6	0,1100
RECEPçãO TZ	69,78	209,34	14	0,0872
REFEITóRIO TZ	86,96	260,88	43,5	0,1090
SALA CCC TZ	96,17	288,52	16	0,1200
CONVIVêNCIA TZ	86,96	260,88	17,4	0,1090
SALA ELéTRICA TZ	13,62	40,86	2	0,0170
DERBY TZ	17,68	53,03	8,8	0,0221
HOLLYWOOD TZ	25,87	77,6	12,9	0,0323
KENT TZ	15,25	45,76	7,6	0,0191
LUCKY TZ	20,07	60,2	10	0,0251
MINISTER TZ	24,03	72,09	12	0,0300
STAFF ADM TZ	518	1553,99	86,3	0,6475
TELEPRESENCE TZ	24,03	72,09	4	0,0300
VENDAS TZ	71,76	215,28	12	0,0897

Fonte: Energyplus (2020)

Renovação de Ar

De acordo com a ABNT NBR 16401-3 pág. 4, cap. 5.2, devem ser acrescentadas as cargas de calor, sensível e latente, do ar exterior a ser admitido no sistema destinado a renovação. É estipulado a vazão de ar exterior em L/s pela equação 6.8:

$$V_{ef} = P_z \times F_p + A_z \times F_a \quad (6.8)$$

Onde:

- V_{ef} - vazão eficaz de ar exterior (L/s);
- F_p - vazão por pessoa (L/s x pessoa);

- F_a - vazão por área útil ocupada (L/s . m²);
- P_z - n° máximo de pessoas na zona de ventilação;
- A_z - área útil ocupada pelas pessoas (m²).

Após encontrado as vazões para os dois casos relacionados ao Ar Exterior, é realizado o somatório desses resultados para ser encontrado a carga térmica, ou podendo também ser encontrados separadamente, mediante a equação 6.9 utilizada pelo Energyplus (2019) disponibilizado no Engineering Reference apresentada abaixo:

$$\dot{Q}_{MixingFlowToReceivingZone} = \sum_{AllSourceZones} \rho_{Avg} C_{p,Avg} \dot{V}_{Air} (T_{sourceZone} - T_{receivingZone}) \quad (6.9)$$

Onde:

- $\dot{Q}$= Energia adicionada a zona do recebimento da mistura de ar externo (w);
- ρ_{Avg}= Massa específica média entre as duas zonas (Kg/m³);
- $C_{p,Avg}$= Calor específico médio (J/Kg.K);
- $\dot{V}_{Air}$= Vazão do ar exterior (m³/s).;
- $T_{SourceZone}$= Temperatura da área externa e/ou zona adjacente (° C);
- $T_{receivingZone}$= Temperatura da zona de recebimento (°C)

Observando a equação 6.9 acima, nota-se que esta equação é a mesma da variação de entalpia em forma de taxa de energia. Com isso, como descrito por Unisanta (2020), a mesma pode ser separada tanto para os valores de carga (6.10) sensível quanto para carga latente, de acordo com as equações

$$Q_{AES} = \dot{m}.\ \Delta h \text{ sensível} = (\dot{V}/v)\ .\ \Delta h \text{ sensível} \quad (6.11)$$

$$Q_{AEL} = \dot{m}.\ \Delta h \text{ latente} = (\dot{V}/v)\ .\ \Delta h \text{ latente}$$

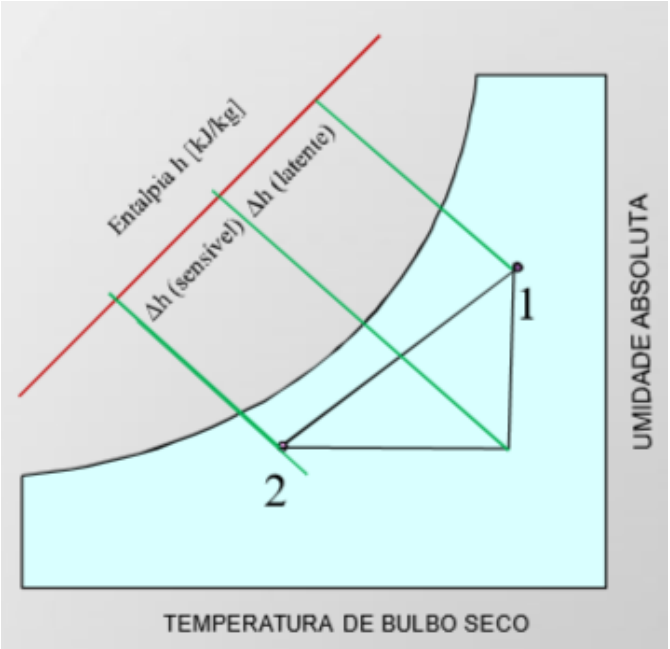
Onde:

- $\dot{m}$ = vazão de ar externo em massa (kg/s)

- $\dot{V}$ = vazão de ar externo em volume (m³/s)
- v= volume específico do ar externo (m³/kg)
- Δh = Variação de Entalpia (KJ/Kg)

São apresentados, nas tabelas disponibilizadas no **Apêndice E,** os resultados obitdos de vazão de ar exterior e a carga térmica gerada por isso, para cada zona em estudo.

Figura 22 - Entalpia sensível e latente



Fonte: UNISANTA (2020)

6.3.2.3. Vazão de Insuflamento

Para que se possa dar início a escolha dos equipamentos, de acordo com a NBR 16401, levando-se em conta o total encontrado de carga sensível para cada ambiente, é realizado o cálculo de vazão térmica a ser insuflado para cada zona térmica dimensionada. Segue abaixo na equação 6.12 o cálculo utilizado pelo EnergyPlus (2019) e em seguida as tabelas 12 e 13 geradas pelo software com tais informações.

$$Vazão_{(\text{Equipamento})} = Q^{Local} \div [\,0{,}29 \times (\,T^{Desejada} - T^{Insuflado})] \quad (6.12)$$

Onde:

- Vazão – (m³/h)
- Q = Carga térmica (Kcal/h)
- T = Temperatura em (ºC)

Obs.: Foi utilizado para a temperatura de insuflamento o valor de 14°C, por ser uma média padrão para os evaporadores, conforme descrito por Neto (2017).

Tabela 12 - Carga Sensível para escolha das Evaporadoras em cada Zona Térmica

	Calculated Load [W]	Calculated Air Flow [m3/s]	Setpoint Temp. at Peak Load [C]	Indoor Temp. at Peak Load [C]
CONVIVêNCIA TZ	10863.93	0.886	24.00	23.98
CORREDOR TZ	3911.76	0.319	24.00	23.99
CPD CCC TZ	3015.44	0.246	24.00	23.99
CPD TZ	3506.75	0.286	24.00	24.00
DB TZ	8148.44	0.665	24.00	23.97
DC TZ	8209.11	0.670	24.00	23.97
DERBY TZ	3815.99	0.311	24.00	23.98
DESCANSO TZ	3021.68	0.246	24.00	23.99
DISTRIBUIçãO TZ	11870.39	0.967	24.00	23.99
DS TZ	8206.56	0.670	24.00	23.97
DSC TZ	4479.83	0.365	24.00	23.99
ESCADA TZ	3755.73	0.306	24.00	23.99
HOLLYWOOD TZ	4820.49	0.393	24.00	23.98
KENT TZ	2778.87	0.227	24.00	23.98
LUCKY TZ	3421.77	0.279	24.00	23.98
MéDICA TZ	8263.75	0.673	24.00	23.99
MINISTER TZ	5206.14	0.425	24.00	23.98
MONITORAMENTO TZ	5395.26	0.440	24.00	23.99
RECEPçãO TZ	6369.81	0.519	24.00	23.99
REFEITóRIO TZ	25830.65	2.109	24.00	23.97
SALA CCC TZ	10765.31	0.877	24.00	23.99
SALA ELéTRICA TZ	10158.18	0.827	24.00	23.99
STAFF ADM TZ	57455.08	4.683	24.00	23.99
TELEPRESENCE TZ	4562.57	0.372	24.00	23.99
VENDAS TZ	8679.60	0.707	24.00	23.99

Fonte: Energyplus (2020)

Na tabela 12 apresentada acima, são levantadas pelo EnergyPLus todas as informações necessárias para a escolha dos equipamentos, onde se destacam as informações de carga total calculada (2° coluna) e a vazão calculada para cada zona térmica (3° coluna).

Tabela 13–Complemento da tabela 12 – Umidade e Temperatura

	Indoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Outdoor Temp. at Peak Load [C]	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load [kgWater/kgAir]	Minimum Outdoor Air Flow Rate [m3/s]
NVIVêNCIA TZ	0.01014	37.30	0.01558	0.089
CORREDOR TZ	0.00941	36.39	0.01558	0.037
CPD CCC TZ	0.00905	32.29	0.01558	0.011
CPD TZ	0.00876	32.48	0.01558	0.013
DB TZ	0.01069	36.94	0.01558	0.142
DC TZ	0.01068	36.84	0.01558	0.142
DERBY TZ	0.00974	35.12	0.01558	0.034
DESCANSO TZ	0.01003	36.84	0.01558	0.037
STRIBUIçãO TZ	0.00943	36.51	0.01558	0.081
DS TZ	0.01068	36.84	0.01558	0.142
DSC TZ	0.00938	36.03	0.01558	0.029
ESCADA TZ	0.00904	36.63	0.01558	0.020
OLLYWOOD TZ	0.00991	36.94	0.01558	0.050
KENT TZ	0.00994	37.03	0.01558	0.030
LUCKY TZ	0.01003	37.03	0.01558	0.039
MéDICA TZ	0.00947	35.57	0.01558	0.062
MINISTER TZ	0.00974	35.57	0.01558	0.047
ORAMENTO TZ	0.00985	36.75	0.01558	0.056
RECEPçãO TZ	0.00995	36.94	0.01558	0.071
REFEITóRIO TZ	0.00958	36.84	0.01558	0.170
SALA CCC TZ	0.00960	36.03	0.01558	0.088
A ELéTRICA TZ	0.00858	36.63	0.01558	0.012
STAFF ADM TZ	0.00960	36.63	0.01558	0.475
EPRESENCE TZ	0.00918	36.75	0.01558	0.022
	0.00952	36.75	0.01558	0.066

Fonte: Energyplus (2020)

A tabela 13 apresentada acima é o complemento da tabela 12, a qual disponibiliza as informações de umidade absoluta interna e externa, temperatura externa e vazão mínima de ar externo para renovação.

7. RESULTADOS E ANÁLISES

Para o dimensionamento do sistema, foram realizadas as simulações do modelo criado em modo autosize. Para este modo a simulação do sistema de ar-condicionado foi utilizado a opção como máquinas virtuais. O objetivo dessa

simulação é obter as máximas potências de refrigeração para cada ambiente da edificação. Essa simulação ocorreu utilizando-se o arquivo climático da cidade do Rio de Janeiro e foi baseada nas frequências de ocorrências cumulativas anuais de 0,4, 1,0 e 2,0% das 8760h do ano, conforme ABNT (2008). O limite escolhido para esse trabalho foi de 0,4%, que correspondem à 35h anuais.

A partir daí, reunindo todas as informações já disponibilizadas e geradas pelo EnergyPlus, que podem ser encontradas no Apêndice E, foram criadas as tabelas 14 e 15, apresentadas abaixo, com todo o dimensionamento das zonas térmicas do 1º Pavimento e do 2º Pavimento respectivamente, já inclusa a carga total (sensível e latente) nas unidades em Watts e BTU, para ser realizado o processo de escolha dos equipamentos.

Tabela 14 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 1º PAV

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 1º PAV		
	Carga	Carga	Vazão
	W	BTU	m^3/s
MINISTER	6855,29	23390,94	0,42
SALA MÉDICA 1	10335,34	35265,21	0,67
SALA MÉDICA 2			
RECEPÇÃO	8730,45	29789,17	0,52
REFEITÓRIO²	32962,09	112469,95	2,11
TELEPRESENCE	5347,97	18247,81	0,37
CONVIVÊNCIA	15403,64	52558,76	0,89
CORREDOR	4814,31	16426,91	0,32
DB	12672,31	43239,19	0,67
DC	12739,49	43468,41	0,67
DS	12736,68	43458,83	0,67
DERBY	5022,82	17138,36	0,31
DESCANSO	4198,65	14326,21	0,25
DISTRIBUIÇÃO	14665,06	50038,65	0,97
ESCADA	4235,89	14453,28	0,31
Total	150719,99	514271,68	

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 15 - Dimensionamento Total para escolha dos equipamentos 2º PAV

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 2º PAV		
	Carga	Carga	Vazão
	W	BTU	m³/s
STAFF ADM[1]	73614,41	251179,73	4,68
CPD	3741,34	12765,83	0,29
VENDAS	10928,10	37287,77	0,71
SALA ELÉTRICA	10353,54	35327,31	0,83
SALA CCC	13771,12	46988,44	0,88
CPD CCC	3428,10	11697,02	0,25
MONITORAMENTO	7231,53	24674,70	0,44
MONITORAMENTO 2			
LUCKY	4743,32	16184,68	0,28
KENT	3796,79	12955,03	0,23
HOLLYWOOD	6555,04	22366,45	0,39
DSC	5460,43	18631,53	0,37
DSC 2			
CORREDOR	4814,31	16426,91	0,32
Total	148438,03	506485,40	

Fonte: Próprio (2020)

Conforme cálculo realizado pelo Energyplus e a geração dos resultados de carga térmica tanto para 1º Pavimento quanto para o 2º Pavimento, os mesmos estão de acordo com o esperado pois as zonas de maior área e maior fluxo de pessoas apresentam carga térmica mais elevadas.

7.3. ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS

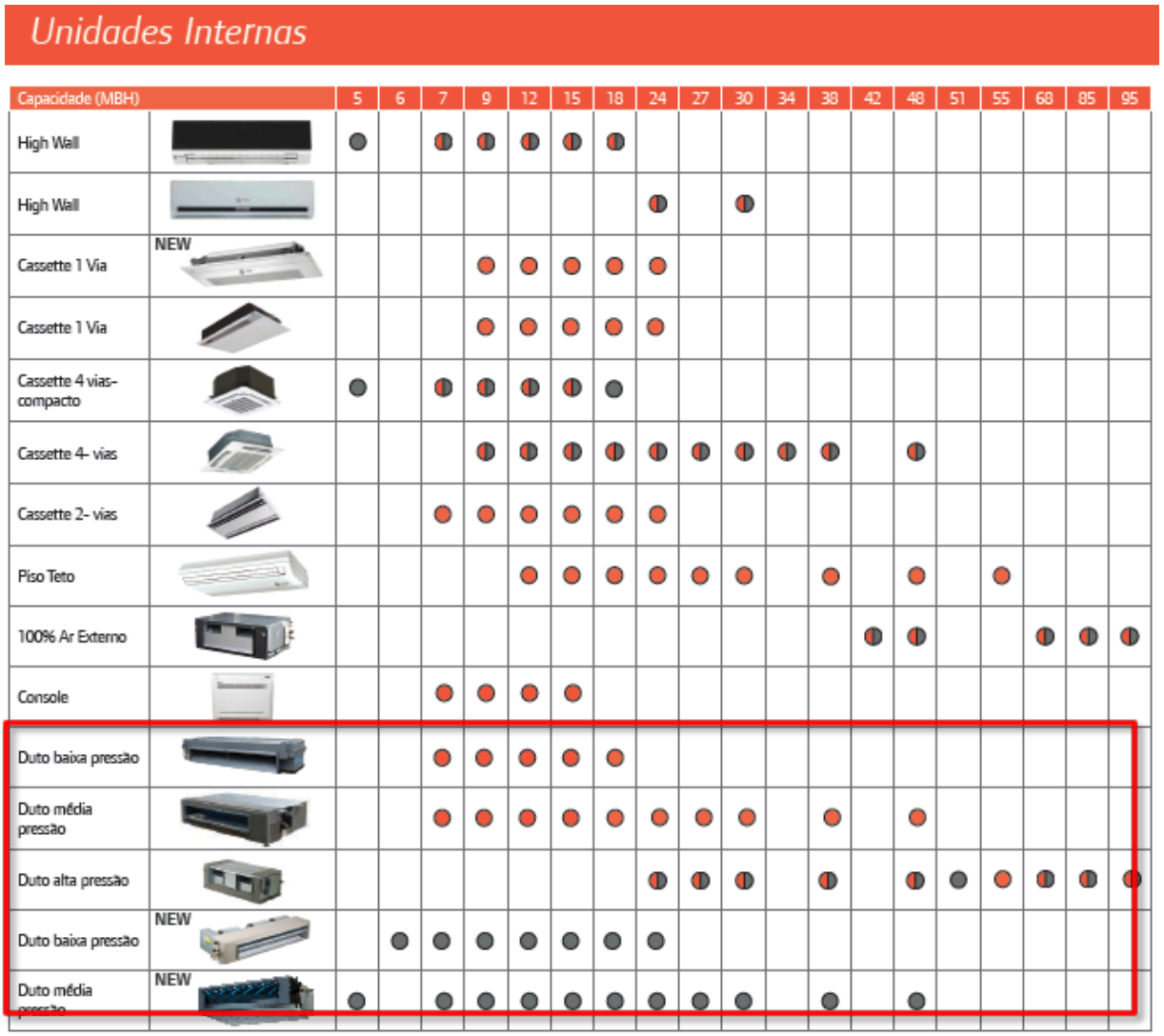
7.3.2. Unidades Internas

a) Sistema VRF

Para as unidades internas utilizando o sistema VRF, de modo a entregar uma melhor beleza estética ao ambiente refrigerado, foram utilizados como base os equipamentos do tipo dutado do fabricante Trane, utilizando o catálogo do fornecedor foi buscado os itens de acordo com a correção de carga com base no dimensionamento junto aos equipamentos disponibilizados pela Trane. Segue

abaixo na figura 24 o catálogo do fornecedor com as máquinas que foram selecionadas.

Figura 23 - Catálogo de Unidades internas (Evaporadores)



Fonte: TRANE (2018)

Abaixo, nas tabelas 16 e 17 são apresentadas as informações dos modelos dos equipamentos e suas cargas térmicas em BTU para cada zona térmica do 1º Pavimento e 2º Pavimento respectivamente, de acordo com catálogo do fabricante com as informações detalhadas presente nas figuras 29 a 34 no Apêndice B.

Tabela 16 - Escolha das máquinas 1ºPAV.

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 1º PAV		
		Correção	Vazão
	Equipamento	BTU	m³/s
MINISTER	4TVA0024B10	24000	0,42
SALA MÉDICA 1	4TVA0038B10	38000	0,67
SALA MÉDICA 2			
RECEPÇÃO	4TVA0030B10	30000	0,52
REFEITÓRIO[2]	4TVA0048B10	116000	2,11
	4TVA0068B10		
TELEPRESENCE	4TVA0024B10	24000	0,37
CONVIVÊNCIA	4TVA0055B10	55000	0,89
CORREDOR	4TVL0018DF0	18000	0,32
DB	4TVA0048B10	48000	0,67
DC	4TVA0048B10	48000	0,67
DS	4TVA0048B10	48000	0,67
DERBY	4TVL0018DF0	18000	0,31
DESCANSO	4TVL0015DF0	15000	0,25
DISTRIBUIÇÃO	4TVA0051DF0	51000	0,97
ESCADA	4TVL0015DF0	15000	0,31
Total		548000	

Fonte: Próprio (2020)

Tabela 17 - Escolha das máquinas 2ºPAV

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 2º PAV		
		Correção	Vazão
	Equipamento	BTU	m³/s
STAFF ADM[1]	3x 4TVA0085B10	255000	4,68
CPD	4TVL0015DF0	15000	0,29
VENDAS	4TVA0038B10	38000	0,71
SALA ELÉTRICA	4TVA0038B10	38000	0,83
SALA CCC	4TVA0048B10	48000	0,88
CPD CCC	4TVL0012DF0	12000	0,25
MONITORAMENTO	4TVA0027B10	27000	0,44
MONITORAMENTO 2			
LUCKY	4TVL0018DF0	18000	0,28
KENT	4TVL0015DF0	15000	0,23
HOLLYWOOD	4TVA0024B10	24000	0,39
DSC	4TVA0024B10	24000	0,37
DSC 2			
CORREDOR	4TVL0018DF0	18000	0,32
Total		532000	

Fonte: Próprio (2020)

b) Sistema Água Gelada

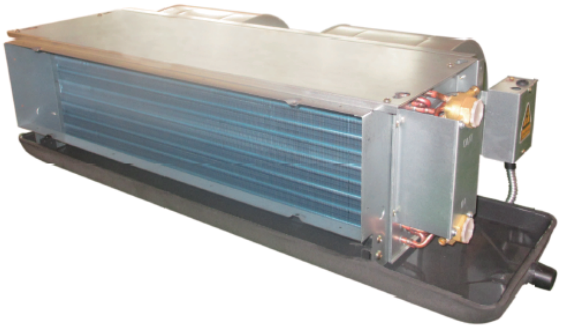
Para as unidades evaporadoras do sistema tipo água gelada, foram escolhidos dois tipos de evaporadoras do fabricante Trane devido aos ambientes com altas taxas de troca de calor. Nas figuras 25 e 26 abaixo, são apresentados respectivamente os equipamentos FanCoil/Air Handler – Wave FL (para altas cargas térmicas) e o Fancolete – HFCF.

Figura 24 - Fan Coil Wave FL



Fonte: TRANE (2019)

Figura 25 - Fancolete HFCF



Fonte: TRANE (2016)

São apresentadas abaixo, respectivamente nas tabelas 18 e 19, a escolha dos evaporadores do sistema de água gelada do 1º pavimento e do 2º pavimento de acordo com o catálogo do fabricante Trane, já ilustrados nas imagens acima e que estão evidenciados com maiores detalhes técnicos nas figuras 36 a 40 no Apêndice B.

Tabela 18 - Escolha dos Evaporadores do sistema de água gelada 1° Pavimento

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 1º PAV				
	Carga	Carga	Unidade Interna		
	W	BTU	Equipamento	W	BTU
MINISTER	6855,29	23390,94	HFCF06L4032000A02	7010	23918,821
SALA MÉDICA 1	10335,34	35265,21	HFCF12L3032000A02	11100	37874,31
SALA MÉDICA 2					
RECEPÇÃO	8730,45	29789,17	HFCF08L4032000A02	9210	31425,441
REFEITÓRIO	32962,09	112469,9	TAHP08AC3BS1XXB8WAAXXXXX	40913,67623	139601,5547
TELEPRESENCE	5347,97	18247,81	HFCF06L2032000A02	5400	18425,34
CONVIVÊNCIA	15403,64	52558,76	TAHP08AC3BS1XXB4WAAXXXXX	16722,98105	57060,48366
CORREDOR	4814,31	16426,91	HFCF05L3032000A02	5060	17265,226
DB	12672,31	43239,19	HFCF14L3032000A02	13000	44357,3
DC	12739,49	43468,41	HFCF14L3032000A02	13000	44357,3
DS	12736,68	43458,83	HFCF14L3032000A02	13000	44357,3
DERBY	5022,82	17138,36	HFCF05L3032000A02	5060	17265,226
DESCANSO	4198,65	14326,21	HFCF05LA032000A02	4500	15354,45
DISTRIBUIÇÃO	14665,06	50038,65	HFCF14L4032000A02	14930	50942,653
ESCADA	4235,89	14453,28	HFCF05LA032000A02	4500	15354,45
Total	150720	514271,7		163406,6573	557559,8553

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Pode-se destacar também na tabela 18, apresentada acima, que além de constar as informações de carga térmica, tanto em Watts quanto em BTU, mais as informações dos modelos dos equipamentos destinados a cada zona térmica, é apresentado também no final da mesma o total de carga térmica para o 1º Pavimento. Informação esta, que também é válida para o 2º Pavimento, apresentado na tabela 19, abaixo:

Tabela 19 - Escolha das Evaporadores do sistema de água gelada 2° Pavimento

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 2º PAV				
	Carga	Carga	Unidade Interna		
	W	BTU	Equipamento	W	BTU
CPD	3741,34	12765,83	HFCF04LA032000A02	3810	13000,101
CPD CCC	3428,1	11697,02	HFCF04L2032000A02	3600	12283,56
SALA ELÉTRICA	10353,54	35327,31	HFCF12L3032000A02	11100	37874,31
CORREDOR	4814,31	16426,91	HFCF05L3032000A02	5060	17265,226
STAFF ADM	73614,41	251179,7	TAHP21AC3BS1XXB4WAAXXXXX	74531,76	254309,8334
VENDAS	10928,1	37287,77	HFCF12L3032000A02	11100	37874,31
SALA CCC	13771,12	46988,44	HFCF14L4032000A02	14930	50942,653
MONITORAMENTO MONITORAMENTO 2	7231,53	24674,7	HFCF08L3032000A02	8000	27296,8
LUCKY	4743,32	16184,68	HFCF05L3032000A02	5060	17265,226
KENT	3796,79	12955,03	HFCF04LA032000A02	3810	13000,101
HOLLYWOOD	6555,04	22366,45	HFCF06L4032000A02	7010	23918,821
DSC DSC 2	5460,43	18631,53	HFCF05L4032000A02	5550	18937,155
Total	148438	506485,40		153561,76	523968,0964

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

7.3.3. Unidades Externas

a) Sistema VRF

Como mandatório pela própria NBR 16401, é de suma importância considerar subdividir o sistema em módulos menores, no caso de grande variação de carga térmica, para aumentar a confiabilidade do sistema, pois a falha em um módulo não paralisa todo o sistema de refrigeração. Com isso para o primeiro pavimento foram selecionados 3 equipamentos, de modo a suprir os 548 MBH gerado pelo somatório

das unidades internas e para o segundo pavimento um equipamento para suprir os 83 MBH refrigerando os CPDs, Sala Elétrica, mais o Corredor* dedicado como explica a ABNT e para o restante do 2º pavimento mais três máquinas, para suprir 449 MBH.

Segue abaixo na figura 27 a representação das máquinas e suas respectivas capacidades. Logo em seguida na tabela 20 a escolha dos equipamentos externos para realização do orçamento.

Figura 26 - Representação dos equipamentos externos



Fonte: (Trane, 2018)

Tabela 20 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 1º PAV				
	Unidade Interna		Unidade Externa		
	Equipamento	BTU	Demanda(BTU)	Equipamento	Capacidade(BTU)
MINISTER	4TVA0024B10	24000	-	2x 4TVH0170D60	340000
SALA MÉDICA 1	4TVA0038B10	38000			
SALA MÉDICA 2					
RECEPÇÃO	4TVA0030B10	30000			
REFEITÓRIO²	4TVA0048B10	116000			
	4TVA0068B10				
TELEPRESENCE	4TVA0024B10	24000			
CONVIVÊNCIA	4TVA0055B10	55000			
CORREDOR	4TVL0018DF0	18000			
DB	4TVA0048B10	48000			
DC	4TVA0048B10	48000			
DS	4TVA0048B10	48000		1x 4TVH0210D60	210000
DERBY	4TVL0018DF0	18000			
DESCANSO	4TVL0015DF0	15000			
DISTRIBUIÇÃO	4TVA0051DF0	51000			
ESCADA	4TVL0015DF0	15000			
Total		548000			550000

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Como observado na tabela 20, para o 1º pavimento foram escolhidas três unidades condensadoras pelo catálogo do fabricante Trane, trabalhando de forma em conjunta no abastecimento dos evaporadores em todo o primeiro pavimento, ou seja, para este caso não houve nenhum tipo de designação de equipamento para uma área em específico. Todos os três equipamentos abastecem todos os evaporadores do 1º pavimento. Considerando um equipamento principal e os outros dois “máquinas escravas”, pois dependem da máquina principal para seu funcionamento. Com esse método de separação da demanda total em módulos menores, beneficia o fato de que se um dos equipamentos der algum tipo de problema, os outros dois podem de certa forma suprir as necessidades de forma parcial, sem comprometer o conforto térmico em todo o pavimento.

Tabela 21 - Escolha das Unidades Externas para o 2ºPavimento

ZONAS	DIMENSIONAMENTO 2º PAV				
	Unidade Interna		Unidade Externa		
	Equipamento	BTU	Demanda(BTU)	Equipamento	Capacidade(BTU)
CPD	4TVL0015DF0	15000	83000	1x 4TVH0086D60 para CPDs, Sala Elétrica e o Corredor	86000
CPD CCC	4TVL0012DF0	12000			
SALA ELÉTRICA	4TVA0038B10	38000			
CORREDOR	4TVL0018DF0	18000			
STAFF ADM[1]	3x 4TVA0085B10	255000	449000	1x 4TVH0210D60 1x 4TVH0155D60 1x 4TVH0086D60 para o restante Pavimento.	451000
VENDAS	4TVA0038B10	38000			
SALA CCC	4TVA0048B10	48000			
MONITORAMENTO	4TVA0027B10	27000			
MONITORAMENTO 2					
LUCKY	4TVL0018DF0	18000			
KENT	4TVL0015DF0	15000			
HOLLYWOOD	4TVA0024B10	24000			
DSC	4TVA0024B10	24000			
DSC 2					
Total		532000			537000

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Conforme tabela 21, apresentada acima, de acordo com a demanda das unidades internas que totalizam 532000 BTUs, foram selecionados 4 equipamentos para as unidades externas de acordo com o catálogo do fabricante Trane, que somando equivalem a 537000 BTUs. Porém de forma diferente do que foi idealizado no 1º Pavimento, houve a necessidade de designar uma condensadora para abastecer apenas as áreas críticas que são os CPDs e Sala Elétrica, porém como a máquina de menor potência frigorífica era muito além do que o somatório dessas zonas térmicas, foi acrescido também a carga do Corredor junto destas zonas, para assim utilizarmos quase que 100% da máquina sem desperdiçar sua potência.

b) Tipo Água gelada

Para o dimensionamento da unidade externa do sistema água gelada, foi idealizado da forma do sistema VRF com o intuito de subdividir em módulos menores a carga total, com isso para a escolha do Chiller, foi selecionado um de

condensação a ar, por possuírem capacidades menores quando comparados aos de condensação a água, podendo assim selecionar dois equipamentos. Segue abaixo na figura 28 a representação da unidade externa e em seguida nas tabelas 22 e 23 a escolha destes equipamentos de acordo com o catálogo da Trane Modelo CGAD evidenciado no Apêndice B.

Figura 27 - Representação Chiller a ar Trane modelo CGAD



Fonte: (TRANE, 2015)

Tabela 22 - Escolha das Unidades Externas para o 1º Pavimento

ZONAS	ORÇAMENTO 1º PAV				
	Unidade Interna		Unidade Externa		
	W	BTU	Demanda(TR)	Equipamento	Capacidade(TR)
MINISTER	7010,00	23918,82	46,46	CGAD050	49,9
SALA MÉDICA 1	11100,00	37874,31			
SALA MÉDICA 2					
RECEPÇÃO	9210,00	31425,44			
REFEITÓRIO	40913,68	139601,55			
TELEPRESENCE	5400,00	18425,34			
CONVIVÊNCIA	16722,98	57060,48			
CORREDOR	5060,00	17265,23			
DB	13000,00	44357,30			
DC	13000,00	44357,30			
DS	13000,00	44357,30			
DERBY	5060,00	17265,23			
DESCANSO	4500,00	15354,45			
DISTRIBUIÇÃO	14930,00	50942,65			
ESCADA	4500,00	15354,45			
Total (BTU)	557559,86				598800

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Conforme apresentado na tabela 22, foi escolhido o equipamento Chiller de condensação a ar modelo CGAD050, com uma capacidade de refrigeração de até 49,9TRs (Fluído refrigerante R407 / TSA =10°C/ Temp. de entrada do ar Condensadora = 45°C, conforme dados de performance do fabricante na figura 42 no Apêndice B). Este equipamento possui capacidade para abastecimento total do 1° Pavimento, podendo também trabalhar em paralelo com o Chiller escolhido para o 2° Pavimento, caso algum compressor venha a entrar em falha, tendo assim o auxílio de abastecimento do outro Chiller.

Tabela 23 - Escolha das Unidades Externas para o 2º Pavimento

ZONAS	ORÇAMENTO 2º PAV				
	Unidade Interna			Unidade Externa	
	W	BTU	Demanda(TR)	Equipamento	Capacidade(TR)
CPD	3810,00	13000,10	43,66	CGAD050	49,9
CPD CCC	3600,00	12283,56			
SALA ELÉTRICA	11100,00	37874,31			
CORREDOR	5060,00	17265,23			
STAFF ADM	74531,76	254309,83			
VENDAS	11100,00	37874,31			
SALA CCC	14930,00	50942,65			
MONITORAMENTO	8000,00	27296,80			
MONITORAMENTO 2					
LUCKY	5060,00	17265,23			
KENT	3810,00	13000,10			
HOLLYWOOD	7010,00	23918,82			
DSC	5550,00	18937,16			
DSC 2					
Total(BTU)	523968,10				598800

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Igualmente ao 1° Pavimento, foi escolhido também, conforme apresentado acima na tabela 23, o Chiller CGAD50 para o 2° Pavimento com seus 49,9 TRs para abastecer um total de praticamente 44 TRs, podendo assim ter a oportunidade de acrescentar mais unidades internas caso haja a necessidade.

7.4. ORÇAMENTO

Seguem abaixo as tabelas com o orçamento total para cada tipo de instalação, tanto para o sistema VRF, quanto para o sistema de água gelada (Chiller-Fancoil). Essas tabelas foram criadas com base no contato realizado com o fornecedor Trane via e-mail, evidenciado nas figuras 44 e 45 do Apêndice F, o qual disponibilizou os valores para cada unidade.

a) Sistema VRF

Tabela 24 - Orçamento Sistema VRF 1° Pavimento

ZONAS	ORÇAMENTO 1º PAV			
	Unidade Interna		Unidade Externa	
	Equipamento	Preço unitário(R$)	Equipamento	Preço unitário(R$)
MINISTER	4TVA0024B10	R$ 3.410,00	2x 4TVH0170D60	R$ 50.450,00
SALA MÉDICA 1	4TVA0038B10	R$ 4.092,00		
SALA MÉDICA 2				
RECEPÇÃO	4TVA0030B10	R$ 3.730,00		
REFEITÓRIO²	4TVA0048B10	R$ 4.482,00		
	4TVA0068B10	R$ 8.478,00		
TELEPRESENCE	4TVA0024B10	R$ 3.410,00		
CONVIVÊNCIA	4TVA0055B10	R$ 4.804,00		
CORREDOR	4TVL0018DF0	R$ 3.336,00		
DB	4TVA0048B10	R$ 4.482,00		
DC	4TVA0048B10	R$ 4.482,00		
DS	4TVA0048B10	R$ 4.482,00	1x 4TVH0210D60	R$ 61.180,00
DERBY	4TVL0018DF0	R$ 3.336,00		
DESCANSO	4TVL0015DF0	R$ 3.254,00		
DISTRIBUIÇÃO	4TVA0051DF0	R$ 4.804,00		
ESCADA	4TVL0015DF0	R$ 3.254,00		
Total		R$ 63.836,00		R$ 111.630,00
				R$ 175.466,00

Fonte: Próprio, 2020

Como apresentado acima na tabela 24, o total orçado para os equipamentos de refrigeração do 1° pavimento, sendo eles as unidades internas (evaporadores) e unidades externas (condensadores), foi de R$ 175.466,00.

Tabela 25 - Orçamento Sistema VRF 2° Pavimento

ZONAS	ORÇAMENTO 2º PAV			
	Unidade Interna		Unidade Externa	
	Equipamento	Preço unitário(R$)	Equipamento	Preço unitário(R$)
CPD	4TVL0015DF0	R$ 3.254,00	1x 4TVH0086D60 para CPDs, Sala Elétrica e o Corredor	R$ 29.620,00
CPD CCC	4TVL0012DF0	R$ 2.614,00		
SALA ELÉTRICA	4TVA0038B10	R$ 4.092,00		
CORREDOR	4TVL0018DF0	R$ 3.336,00		
STAFF ADM[1]	3x 4TVA0085B10	R$ 8.654,00	1x 4TVH0210D60	R$ 61.180,00
VENDAS	4TVA0038B10	R$ 4.092,00		
SALA CCC	4TVA0048B10	R$ 4.482,00		
MONITORAMENTO	4TVA0027B10	R$ 3.554,00	1x 4TVH0155D60	R$ 45.128,00
MONITORAMENTO 2				
LUCKY	4TVL0018DF0	R$ 3.336,00	1x 4TVH0086D60 para o restante Pavimento.	R$ 29.620,00
KENT	4TVL0015DF0	R$ 3.254,00		
HOLLYWOOD	4TVA0024B10	R$ 3.410,00		
DSC	4TVA0024B10	R$ 3.410,00		
DSC 2				
Total		R$ 64.796,00		R$ 165.548,00
				R$ 230.344,00

Fonte: Próprio, 2020

Conforme apresentado acima na tabela 25, o total orçado para os equipamentos de refrigeração do 2° pavimento, sendo eles as unidades externas e unidades internas, foi de R$ 230.344,00.

Com isso, foi obtido para o sistema VRF um orçamento total de R$405.810,00, conforme mostrado abaixo na tabela 26.

Tabela 26 - Orçamento total sistema VRF

ORÇAMENTO 1º PAV	R$	175.466,00
ORÇAMENTO 2º PAV	R$	230.344,00
Total	R$	405.810,00

b) Sistema Central Água Gelada

Tabela 27 - Orçamento Sistema Água Gelada 1° Pavimento

ZONAS	ORÇAMENTO 1º PAV			
	Unidade Interna		Unidade Externa	
	Equipamento	Preço unitário(R$)	Equipamento	Preço unitário(R$)
MINISTER	HFCF06L4032000A02	R$ 1.288,00		
SALA MÉDICA 1	HFCF12L3032000A02	R$ 2.210,00		
SALA MÉDICA 2				
RECEPÇÃO	HFCF08L4032000A02	R$ 1.770,00		
REFEITÓRIO	TAHP08AC3BS1XXB8WAAXXXXX	R$ 11.868,00		
TELEPRESENCE	HFCF06L2032000A02	R$ 1.288,00		
CONVIVÊNCIA	TAHP08AC3BS1XXB4WAAXXXXX	R$ 11.868,00		
CORREDOR	HFCF05L3032000A02	R$ 1.202,00	CGAD050	R$ 126.667,00
DB	HFCF14L3032000A02	R$ 2.298,00		
DC	HFCF14L3032000A02	R$ 2.298,00		
DS	HFCF14L3032000A02	R$ 2.298,00		
DERBY	HFCF05L3032000A02	R$ 1.202,00		
DESCANSO	HFCF05LA032000A02	R$ 1.202,00		
DISTRIBUIÇÃO	HFCF14L4032000A02	R$ 2.298,00		
ESCADA	HFCF05LA032000A02	R$ 1.202,00		
Total(BTU)		R$ 44.292,00		R$ 126.667,00
				R$ 170.959,00

Fonte: Próprio, 2020

De acordo com a tabela 27 apresentada acima, o valor orçado dos equipamentos de refrigeração referentes ao sistema central água gelada para o 1° pavimento foi equivalente a R$ 170.959,00

Tabela 28 - Orçamento Sistema Água Gelada 2° Pavimento

ZONAS	ORÇAMENTO 2º PAV			
	Unidade Interna		Unidade Externa	
	Equipamento	Preço unitário(R$)	Equipamento	Preço unitário(R$)
CPD	HFCF04LA032000A02	R$ 1.096,00	CGAD050	R$ 126.667,00
CPD CCC	HFCF04L2032000A02	R$ 1.096,00		
SALA ELÉTRICA	HFCF12L3032000A02	R$ 2.210,00		
CORREDOR	HFCF05L3032000A02	R$ 1.202,00		
STAFF ADM	TAHP21AC3BS1XXB4WAAXXXXX	R$ 21.651,00		
VENDAS	HFCF12L3032000A02	R$ 2.210,00		
SALA CCC	HFCF14L4032000A02	R$ 2.298,00		
MONITORAMENTO	HFCF08L3032000A02	R$ 1.770,00		
MONITORAMENTO 2				
LUCKY	HFCF05L3032000A02	R$ 1.202,00		
KENT	HFCF04LA032000A02	R$ 1.096,00		
HOLLYWOOD	HFCF06L4032000A02	R$ 1.288,00		
DSC	HFCF05L4032000A02	R$ 1.202,00		
DSC 2				
Total(R$)		R$ 38.321,00		R$ 126.667,00
				R$ 164.988,00

Fonte: Próprio, 2020

Já para o 2° pavimento, de acordo com a tabela 28 apresentado acima, o total orçado dos equipamentos do sistema central água gelada foi de R$ 164.988,00.

Com isso, temos então um orçamento total dos equipamentos do sistema de refrigeração Central água gelada para toda a edificação um valor equivalente a R$ 335.947,00, conforme mostrado na tabela 29 abaixo.

Tabela 29 - Orçamento total sistema central água gelada

ORÇAMENTO 1º PAV	R$ 170.959,00
ORÇAMENTO 2º PAV	R$ 164.988,00
TOTAL	R$ 335.947,00

7.5. ANÁLISE COMPARATIVA E FACTÍVEL

Baseado em todas as informações já coletadas dos dois sistemas apresentados, segue abaixo os principais pontos comparativos levados em consideração para a escolha do sistema ideal.

a) Área externa disponibilizada para instalação

Antes de instalar qualquer que seja o tipo de unidade condensadora que venha ser escolhida, é necessário como mandatório de projeto o estudo do espaço a ser instalado, sabendo as dimensões disponibilizadas pelo cliente e as dimensões dos equipamentos.

Para o caso em estudo, há na área externa um espaço disponibilizado pelo cliente com as dimensões de: 15 metros de comprimento e 2 metros de largura. Com isso, segue abaixo as dimensões, de acordo com as informações do catálogo comercial de cada sistema, para o teste de factibilidade:

●VRF: 7 unidades condensadoras de 1340 mm de comprimento = 9380mm de comprimento e largura de 790mm – **OK**

●Chiller: 2 unidades de 2989mm de comprimento = 5978 mm de comprimento e largura de 1880 – **Parcialmente OK,** pois a largura para comportar o Chiller é muito próxima da dimensão dele, não dando espaço suficiente para as possíveis manutenções que possam vir a acontecer.

b) COP médio de cada equipamento

O COP é o coeficiente de performance do sistema de refrigeração, conhecido também pela sigla EER (Energy Efficiency Ratio). Esse coeficiente é a correlação entre carga térmica total e o consumo de energia. Este parâmetro possui um impacto significativo no desempenho energético de qualquer edificação que opte em realizar um projeto de refrigeração. Segue abaixo os dados de COP para os dois sistemas, de acordo com os catálogos do fabricante de cada um deles:

- VRF = 3,52
- Chiller Scroll a ar = 3,03

c) Consumo anual médio das unidades externas

Foi realizado um simples cálculo de consumo médio anual com base nos dados disponibilizados pelo catálogo do fornecedor TRANE dos dois tipos de sistemas de refrigeração, pegando como base apenas as unidades externas que mais se diferenciam e mais geram custos energéticos por conta dos compressores, quando comparados as unidades internas que possuem apenas os ventiladores . Segue abaixo os resultados de consumo energético por ano **(KW/ANO)*(**10^{-3}**) :**

- VRF =703,6*
- Chiller Scroll CAGD = 944,32

***Obs.: Sem levar em consideração que o sistema VRF possui uma tecnologia embarcada que permite a variação de seu fluído refrigerante devido aos seus compressores e ventiladores possuírem inversores de frequência, o que retira os picos de alta corrente gerados durante o desarme e rearme do compressor, podendo assim diminuir mais ainda o valor do consumo elétrico.**

De acordo com a tabela 30, é apresentado as tarifas da concessionária de luz do local estudado (Light), onde é imposta uma taxa de R$ 0,85973 /KWh, por ser uma edificação “Não residencial”.

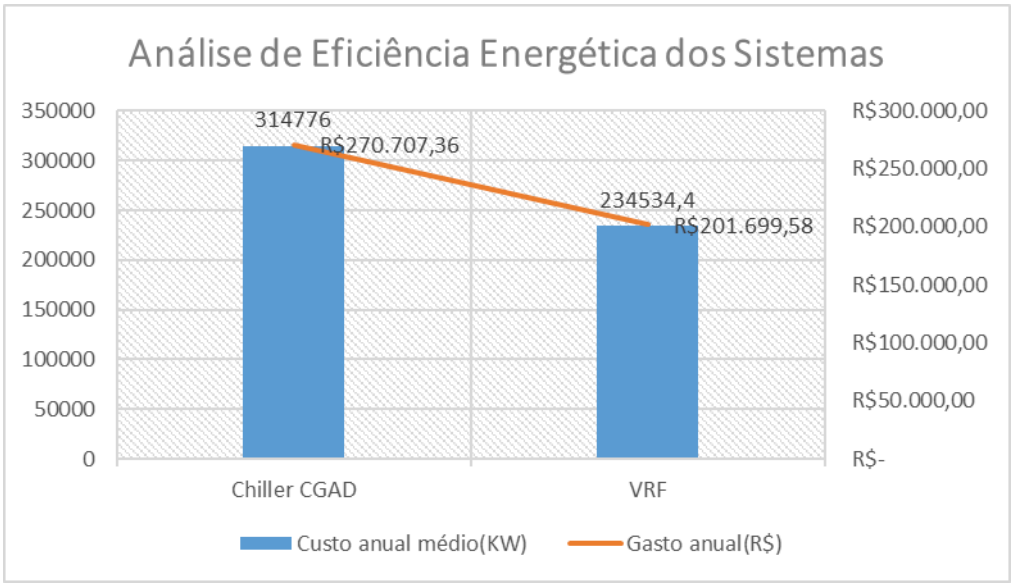
Tabela 30 - Tarifas Light

TARIFAS DE BAIXA TENSÃO - R$/kWh - Maio/2020							
Classe de consumo	Tarifa com PIS/COFINS e ICMS					Tarifa homologada pela ANEEL sem incidência de ICMS/PIS/ COFINS	Tarifa com PIS/COFINS isenta de ICMS
	Faixa consumo						
	até 50 kWh	de 51 até 300 kWh	até 300 kWh	de 301 até 450 kWh	acima de 450 kWh		
	Residencial	Residencial	Demais Classes	Todas as Classes	Todas as Classes		
	(isento de ICMS)	(ICMS de 18%)	(ICMS de 20%)	(ICMS de 31%)	(ICMS de 30%)		
Residencial	0,68270	0,83800	-	1,00274	1,01813	0,66311	0,68270
Tarifa Social							
· até 30 kWh	0,21118	0,25922	-	0,31018	0,31494	0,20512	0,21118
· 31 até 50 kWh	0,36203	0,44438	-	0,53173	0,53990	0,35164	0,36203
· 51 até 100 kWh	0,36203		-				
· 101 até 220 kWh	-	0,66657	-	0,79760	0,80985	0,52745	0,54304
· acima de 220 kWh	-	0,74063	-	0,88622	0,89983	0,58606	0,60338
Não residencial	-	-	0,85973	1,00274	1,01813	0,66311	0,68270
Rural	-	-	0,70497	0,82223	0,83485	0,54374	0,55981
Iluminação Pública							
· Rede de Distribuição	-	-	0,47285	0,55150	0,55997	0,36471	0,37549
· Bulbo da Lâmpada	-	-	0,51584	0,60165	0,61089	0,39787	0,40963

Fonte: LIGHT, 2020

Com base nos dados realizados de consumo, mais as informações de custo da concessionária, obtém-se então a Análise de Eficiência Energética dos Equipamentos em um modelo de consumo de 8 horas por dia e 365 dias por ano, evidenciado no gráfico 1 apresentado abaixo.

Gráfico 1 - Análise de Eficiência Energética entre os Sistemas de Refrigeração



Fonte: Próprio, 2020

8. CONCLUSÃO

Este projeto apresentou uma comparação entre dois sistemas de Ar Condicionado, o sistema VRF e o sistema de Água Gelada, comumente utilizados no mercado. Através das simulações de modelagem realizadas no software *EnergyPlus,* e realizando as correlações de desempenho através das informações obtidas nos catálogos do fabricante, conseguiu-se analisar a edificação em sua modelagem o mais próximo da realidade.

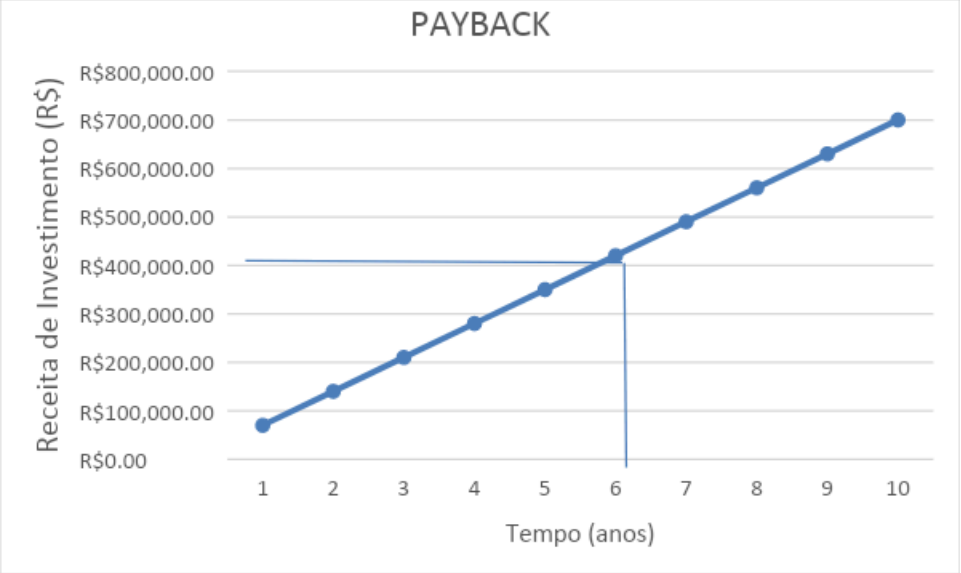
Com os resultados de carga térmica total obtida, mais as informações de desempenho para cada sistema, verificou-se que o sistema VRF, além de estar dentro para o requisito de área disponível para instalação, apresenta um melhor COP e consequentemente uma melhor eficiência energética em comparação a Água Gelada, apesar do orçamento do sistema VRF ter sido maior. Porém realizando uma análise de *Payback* (análise de tempo de retorno do investimento) com o retorno gerado pela economia energética, observa-se que em menos de 6 anos o cliente do projeto solicitado teria o retorno de seu investimento, conforme informações disponíveis da tabela 31 que correlaciona o Investimento x Retorno e o gráfico 02 com o Payback do sistema VRF, apresentados abaixo:

Tabela 31 - Investimento x Retorno

Sistemas de Refrigeração	Investimento Inicial	Diferença de gastos	Custo Operacional	Custo de energia evitado
VRF	R$405.810,00	R$ 69.863,00	R$ 201.699,58	R$ 69.007,78
CAG	R$335.947,00	-	R$ 270.707,36	-

Fonte: Próprio (2020)

Gráfico 2 - Payback do sistema VRF



Fonte: Próprio (2020)

De acordo com a IN SRF n° 162/98 (Instrução Normativa), a vida útil para esses equipamentos é de 10 anos. Com isso, podemos concluir que o sistema VRF é a melhor escolha para a edificação em estudo quando comparado com o sistema Central Água Gelada (Chiller), pois o retorno de seu investimento é de aproximadamente 6 anos, conforme apresentado no Gráfico 2 acima, chegando a dar um retorno próximo da metade de seu tempo de vida útil. Mesmo possuindo um custo maior de aquisição e instalação, conseguem proporcionar menores custos operacionais, além de possuir uma melhor distribuição do conforto térmico, viabilizando sua escolha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Diego Nascimento. “**Procedimento básico de elaboração e implantação de Projetos de sistemas de ar condicionado baseado na ABNT Nbr 16401**”. Vitória, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações**. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico**. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 3:Qualidade do ar interior**. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07-001/2 ABNT** - **Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Setembro, 2003

Azevedo, Dauberson da Nóbrega Batista. **Projeto de Dimensionamento e Auditoria do Sistema de Ar Condicionado para o Bloco C da Central de Aulas**. Disponível em:<https://www.passeidireto.com/arquivo/22696166/auditoria-bloco-c-da-central-de-aulas-calculo-da-carga-termica-por-dauberson-e-a> . Acessado em 20 de janeiro de 2020.

Bhatia,A.**Cooling Load Calculations and Principles – CED Engineering.** New York, 2004

CARVALHO, LEONARDO SOUZA. Projeto de Graduação - **Estudo entre carga térmica detalhada e simplificada para climatização ambiental**. Salvador, 2009.

Cordeiro, Daiwson Fernandes. Projeto de Graduação - **Dimensionamento De Um Sistema De Ar Condicionado Para Um Templo Religioso Em Aracruz, ES.** Aracruz, 2018.

Costa, L.. “**História da Refrigeração**”, [consultado 2019-09-29] Disponível na www:URL:https://stravaganzastravaganza.blogspot.com/2011/03/historia-da-refrigeracao.html;

Corrêa, B.W. **Análise Da Viabilidade Técnica De Instalação De Um Sistema De Condicionamento De Ar Com Variação De Fluxo De Refrigerante (Vrf/Vrv) Para Uma Unidade Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro Na Cidade De Macaé**, disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007256.pdf>, acessado em 20 de janeiro de 2020.

Corrêa, Gilberto Arejano. Projeto de Pós Graduação - **Avaliação De Sistemas Integrados De Refrigeração E Sua Aplicação Na Indústria Pesqueira.** Rio Grande do Sul, 2009.

De Jesus, Marcos Fábio. **PROGRAMA PARA ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES PSICROMÉTRICAS** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.4, n.1, p.63-70, 2002.

Department of Energy - EnergyPlus, **Engineering Reference,** Disponível em EnergyPlus Documentation. U.S, 2020

GERNER, Valter Rubens. **Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) (Materiais de Construção Utilizados no Brasil)**, 1981. Disponivel em: <http://livrozilla.com/doc/537406/valter-rubens-gerner>. Acesso em: 11 jan. 2020.

MILLER, Rex. **Ar-Condicionado e Refrigeração.** 2. ed. São Paulo: LTC, 2014

Matos, Rudmar. "**História da Refrigeração**", [consultado 2019-09-29] Disponível na www: <URL:https://pt.slideshare.net/Bteruel/historia-da-refrigerao>;

Neto, Alberto Hernandez. **Sistemas de Climatização e Componentes – I**. USP. São Paulo, 2017. Disponível na www:URL:< https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3293278/mod_resource/content/1/Sistemas%20e%20componentes%20I%202017.pdf>. Acessado em 14 de junho de 2020.

OLIVEIRA, D. F.; MARTINS, J. C. **Metodologia Para Análise E Escolha De Um Sistema De Condicionamento De Ar**. Monografia (Graduação em Engenharia mecânica) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2004.

Receita Federal do Brasil. **Instrução Normativa SRF nº 162**. Brasil, 1998.

ROSA, F. A. **Estudo comparativo entre sistemas de climatização em um teatro através de simulação computacional**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2015.

S.D. Universidade Santa Cacília. **Carga Térmica**. Disponível em:<https://www.unisanta.br/materialdidaticorm/arquivos/AULA03a94519.pdf> acessado em 01/03/2020.

Strobel, Cristian. **Refrigeração e Ar Condicionado: Introdução à Refrigeração**– UFPR, disponível em:<http://www.demec.ufpr.br/portal/graduacao/curso-de-engenharia-mecanica-diurno/>. Acessado em 15 de março de 2020.

TAVEIRA, S. B. **Sistema de ventilação com resfriador de ar experimental**.2008.108f. Monografia - Centro Universitário de Brasília – uniceub,Brasilia,2008.

APÊNDICE A – TABELAS ABNT NBR

Tabela 32 - Taxas de calor liberadas 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
Tralhalho 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:

Adaptado de 2005 ASHRAE *Fundamentals Handbook*, Capítulo 30, "*Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations*", Tabela 1.

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 33 - Valores para ocupação dos recintos

Local	m²/pessoa
Dormitórios	10
Salas residenciais	8
Salões de hotel	6
Escritórios privados	8
Escritórios em geral	6
Bancos - recintos privados	7
Bancos - recintos públicos	4
Lojas de pouco público	5
Lojas de muito público	3
Restaurantes	2
Boates	1
Auditórios - Conferências	1,5
Teatros - Cinemas	0,75

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 34 - Taxas de calor quanto a Equipamentos Elétricos diversos

Equipamentos diversos	kcal/h		
	Sensível	Latente	Total
Equipamento elétrico			
Aparelhos elétricos - por kW	860	0	860
Forno elétrico - Serviço de cozinha por kW	690	170	860
Torradeiras e aparelhos de grelhar por kW	770	90	860
Mesa quente - por kW	690	170	860
Cafeteiras - por litro	100	50	150

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 35 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

Equipamento	Tamanho	Potência W	Ganho de calor W			
			Sem coifa			Com coifa
		Plena Carga	Sensível	Latente	Total	Sensível
Elétrico (sem exigência de coifa)						
Armário (grande, servir quente)	1,06 a 1,15 m³	2 000	180	90	270	82
Armário (provador grande)	0,45 a 0,48 m³	2 030	180	90	270	82
Armário (pequeno, manter quente)	0,09 a 0,18 m³	900	80	40	120	37
Cafeteira	12 xícaras	1 660	1 100	560	1 660	530
Expositor refrigerado, por metros cúbicos de interior	0,17 a 1,9 m³	1 590	640	0	640	0
Aquecedor de alimentos (lâmpada infra-vermelha), por lâmp.	1 a 6 lâmpadas	250	250	-	250	250
Aquecedor de alimentos (tipo prateleira), por metro quadrado de superfície	0,28 m^3 a 0,84 m³	2 930	2 330	600	2 930	820
Aquecedor de alimentos (tubo infravermelho), por metro linear	1,0 m^3 a 2,1 m	950	950	-	950	950
Aquecedor de alimentos (água quente), por metro cúbico de banho	20 a 70 L	37 400	12 400	6 360	18 760	6 000
Congelador (grande)	2,07 m³	1 340	540	-	540	0
Congelador (pequeno)	0,51 m³	810	320	-	320	0
Grelha de cachorro quente	48 a 56 unidades	1 160	100	50	150	48
Forno de microondas (resistente, comercial)	20 L	2 630	2 630	-	2 630	0
Forno de microonda (tipo residencial)	30 L	600 a 1 400	600 a 1 400	-	600 a 1 400	0
Refrigerador (grande), por metro cúbico de espaço de interior	0,71 a 2,1 m³	780	310	-	310	0
Refrigeralor (pequeno) por metro cúbico de espaço de interior	0,17 a 0,71 m³	1 730	690	-	690	0
Carrinho de transporte (quente), por metro cúbico de banho	50 L a 90 L	21 200	7 060	3 530	10 590	3 390
Aquecedor de caldas, por litro de capacidade	11 L	87	29	16	45	14
Torradeira (grande automático)	10 fatias	5 300	2 810	2 490	5 300	1 700
Torradeira (pequeno automático)	4 fatias	2 470	1 310	1 160	2 470	790
Chapa de *Waffle*	0,05 m²	1 640	700	940	1640	520

Fonte: (ABNT, 2008)

Tabela 36 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

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: (ABNT, 2008)

Tabela 37 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

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: (ABNT, 2008)

Tabela 38 - Taxas de calor quanto aos Equipamentos Elétricos

Impressoras e copiadoras	Uso contínuo W	1 página por minuto W	Ligada, em espera W
Impressoras a *laser*			
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: (ABNT, 2008)

Tabela 39 - Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação LUX	Potência dissipada W/m²
Escritórios	Fluorescente	1000	40
Lojas	Fluorescente	1000	50
Residências	Incandescente	300	30
Supermercados	Fluorescente	1000	35
Barbearias e salões de beleza	Fluorescente	500	20
Cinemas e teatros	Incandescente	60	15
Museus e bibliotecas	Fluorescente Incandescente	500 500	45 70
Restaurantes	Fluorescente Incandescente	150 150	15 25

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 40 - Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

Local	D pessoas/ 100 m²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m² [a]
		F_p L/s*pess.	F_a L/s*m²	F_p L/s*pess	F_a L/s*m²	F_p L/s*pess	F_a L/s*m²	
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: (ABNT, 2008)

Tabela 41 - Absortância para radiação solar e emissividade

Tipo de superfície		α	ε
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25	0,25
Caiação nova		0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro		0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro		0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor		0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido		0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado		0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:	Branca	0,20	0,90
	Amarela	0,30	0,90
	Verde clara	0,40	0,90
	"Alumínio"	0,40	0,50
	Verde escura	0,70	0,90
	Vermelha	0,74	0,90
	Preta	0,97	0,90

Fonte: (ABNT, 2003)

Tabela 42 - Propriedades térmicas dos materiais

Material	ρ (kg/m³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Argamassas			
argamassa comum	1800-2100	1,15	1,00
argamassa de gesso (ou cal e gesso)	1200	0,70	0,84
argamassa celular	600-1000	0,40	1,00
Cerâmica			
tijolos e telhas de barro	1000-1300	0,70	0,92
	1300-1600	0,90	0,92
	1600-1800	1,00	0,92
	1800-2000	1,05	0,92
Fibro-cimento			
placas de fibro-cimento	1800-2200	0,95	0,84
	1400-1800	0,65	0,84
Concreto (com agregados de pedra)			
concreto normal	2200-2400	1,75	1,00
concreto cavernoso	1700-2100	1,40	1,00

Fonte: (ABNT, 2003)

Tabela 43 - Propriedades térmicas dos materiais (Continuação)

Gesso			
projetado ou de densidade massa aparente elevada	1100-1300	0,50	0,84
placa de gesso; gesso cartonado	750-1000	0,35	0,84
com agregado leve (vermiculita ou perlita expandida)			
dosagem gesso:agregado = 1:1	700-900	0,30	0,84
dosagem gesso:agregado = 1:2	500-700	0,25	0,84
Vidro			
vidro comum	2500	1,00	0,84

Fonte: (ABNT, 2003)

Tabela 44 - Infiltração de ar

A) Pelas frestas

Tipo de abertura	Observação	m^3/h por metro de fresta[A]
Janelas		
- comum		3,0
- basculante		3,0
- guilhotina com caixilho de madeira	Mal ajustada	6,5
	Bem ajustada	2,0
- guilhotina com caixilho metálico	Sem vedação	4,5
	Com vedação	1,8
Portas	Mal ajustada	13,0
	Bem ajustada	6,5

B) Pelas portas

Local	m^3/h por pessoa	
	Porta giratória (1,80 m)	Porta de vai-e-vem (0,90 m)
Bancos	11	14
Barbearias	7	9
Drogarias e Farmácias	10	12
Escritórios de corretagem	9	9
Escritórios privados	-	4
Escritórios em geral	-	7
Lojas em geral	12	14
Restaurantes	3	4
Lanchonetes	7	9

Fonte: (ABNT, 1980)

Tabela 45 - Infiltração de ar (continuação)

C) Pelas portas abertas		
	Porta até 90 cm	- 1 350m³/h
	Porta de 90 cm até 180 cm	- 2 000 m³/h

(A) Largura da fresta considerada de 4,5 mm.

Notas: a) Os valores das infiltrações pelas frestas são baseados na velocidade de 15 km/h para o vento.

b) Os valores das infiltrações pelas portas são baseados em:

- infiltrações de 2,2 m³/h e 3,4 m³/h, por pessoa que transpõe, respectivamente, porta giratória e porta vai-e-vem;
- velocidade de vento nula; a infiltração, devida ao vento, pode ser desprezada no caso do resfriamento do ar, mas deve ser considerada no caso do aquecimento;
- porta ou portas vai-e-vem situadas em única parede externa.

c) Os valores das infiltrações pelas portas abertas são baseados em:

- ausência de ventos;
- somente uma porta aberta em uma parede externa.

d) No caso de resfriamento, deve-se considerar com o valor mínimo da infiltração 1,5 renovações por hora de ar nos ambientes condicionados; entretanto, para grandes volumes com pequena ocupação em ambientes praticamente estanques, este limite

Fonte: (ABNT, 1980)

APÊNDICE B – CATÁLOGO TRANE UNIDADES INTERNAS E EXTERNAS

Figura 28 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Baixa Pressão 4TVL - 60 Hz

Modelo			4TVL0007B10	4TVL0009B10	4TVL0012B10	4TVL0015B10	4TVL0018B10
Alimentação elétrica		V/ Hz/ø	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Capacidade	Resfriamento	kW	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6
		Btu/h	7.500	9.600	12.300	15.400	19.100
	Aquecimento	kW	2,6	3,2	4	5	6,3
		Btu/h	8.900	10.900	13.600	17.100	21.500
Consumo Elétrico		W	32	35		43	43
Amperagem		A	0,17				0,24
Fluxo de ar (A/M/B)		m³/h	452/409/310	521/460/372		831/712/591	
Pressão estática externa interna (A)		Pa	5				
Nível de pressão sonora (A/M/B)		dB(A)	34/29/21	36/34/30		37/35/31	
Dimensões (C/A/P)		mm	850/190/405			1030/190/430	
Peso líquido		kg	11,5			14	
Tubulação de refrigerante	Linha de líquido	mm	6,35			9,52	
	Linha de gás	mm	12,7			15,9	
Conexão de tubo de drenagem de condensados		mm	20				

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 29 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Baixa Pressão Motor DC - 60 Hz

Modelo			4TVL0006DF0	4TVL0007DF0	4TVL0009DF0	4TVL0012DF0	4TVL0015DF0	4TVL0018DF0	4TVL0024DF0
Alimentação elétrica		V/ Hz/ø	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Capacidade	Cooling	kW	1.8	2.2	2.8	3.6	4.5	5.6	7.1
		Btu/h	6,100	7,500	9,600	12,300	15,400	19,100	24,200
	Heating	kW	2.2	2.6	3.2	4	5	6.3	8
		Btu/h	7,500	8,900	10,900	13,600	17,100	21,500	27,300
Consumo Elétrico		W	23			30	46	53	
Amperagem		A	0,31			0.36	0.4	0.5	
Fluxo de ar (A/M/B)		m3/h	590/520/415			655/560/465	856/740/600	905/740/580	970/800/660
Pressão estática externa interna (A)		Pa	10(10-30)						
Nível de pressão sonora (A/M/B)		dB(A)	34/26/24			37/31/28	38/31/28		40/32/29
Dimensões (C/A/P)		mm	740/210/470				960/210/470		1180/210/470
Peso líquido		kg	13.5				17.5		21
Tubulação de refrigerante	Linha de líquido	mm	6.35					9.53	
	Linha de gás	mm	12.7					15.9	
Conexão de tubo de drenagem de condensados		mm	25						

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 30 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Média Pressão 4TVD – 60 Hz

Modelo			4TVD0007B10	4TVD0009B10	4TVD0012B10	4TVD0015B10	4TVD0018B10	4TVD0024B10	4TVD0027B10	4TVD0030B10	4TVD0038B10	4TVD0048B10
Alimentação elétrica		V/ Hz/ø	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Capacidade	Resfriamento	kW	2,2	2,8	3,2	4,5	5,6	7,1	8	9	11,2	14
		Btu/h	7.500	9.600	12.300	15.400	19.100	24.200	27.300	30.700	38.200	47.800
	Aquecimento	kW	2,6	3,2	4	5	6,3	8	9	10	12,5	15,5
		Btu/h	8.900	10.900	13.600	17.100	21.500	27.300	30.700	34.100	42.650	52.900
Consumo Elétrico		W	66	72	77	101	100	125	133	134	378	352
Amperagem		A	0,28			0,5		0,7	1,16		1,65	1,8
Fluxo de ar (A/M/B)		m^3/h	476/399/335	476/399/335	534/452/391	746/558/470	750/563/470	998/820/607	1226/1018/861	1230/1019/859	1750/1552/1389	1789/1539/1250
Pressão estática externa interna (A)		Pa	10(10-30)						20(10-50)		40(10-80)	40(10-100)
Nível de pressão sonora (A/M/B)		dB(A)	38/35/32		40/38/36	41/38,9/36		42/40/35	45,4/39,8/37		48,0 /41,9/38	47,7/43,2/39,0
Dimensões (C/A/P)		mm	700/210/635			920/210/635		1140/210/635				1200/300/865
Peso líquido		kg	21,5		22	27		31,8	38	40		49
Tubulação de refrigerante	Linha de líquido	mm	6,35				9,52					
	Linha de gás	mm	12,7				15,9					
Conexão de tubo de drenagem de condensados		mm	32									

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 31 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Média Pressão - 4TVD Motor DC - 60 Hz

Modelo			4TVD0005DF0	4TVD0007DF0	4TVD0009DF0	4TVD0012DF0	4TVD0015DF0	4TVD0018DF0	4TVD0024DF0
Alimentação elétrica		V/ Hz/ø	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Capacidade	Resfriamento	kW	1.5	2.2	2.8	3.6	4.5	5.6	7.1
		Btu/h	5,100	7,500	9,600	12,300	15,400	19,100	24,200
	Aquecimento	kW	1.7	2.6	3.2	4	5	6.3	8
		Btu/h	5,800	8,900	10,900	13,600	17,100	21,500	27,300
Consumo Elétrico		W	23	24		29	40	47	
Amperagem		A	0.31			0.33	0.36		0.47
Fluxo de ar (A/M/B)		m3/h	509/420/370	521/450/380		592/541/426	748/640/550	821/640/566	1021/940/778
Pressão estática externa interna (A)		Pa	10(10-30)						
Nível de pressão sonora (A/M/B)		dB(A)	35/33/31	35/34/31		37/36/33	38/37/33		40/38/34
Dimensões (C/A/P)		mm	740/210/500				960/210/500		1180x210x500
Peso líquido		kg	17.5				22.5		28
Tubulação de refrigerante	Linha de líquido	mm	6.35					9.53	
	Linha de gás	mm	12.7					15.9	
Conexão de tubo de drenagem de condensados		mm	25						

Modelo			4TVD0027DF0	4TVD0030DF0	4TVD0038DF0	4TVD0048DF0
Alimentação elétrica		V/ Hz/ø	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Capacidade	Resfriamento	kW	8	9	11.2	14
		Btu/h	27300	30700	38200	47800
	Aquecimento	kW	9	10	12.5	15.5
		Btu/h	30700	34100	42700	52900
Consumo Elétrico		W	67	68	200	160
Amperagem		A	1		1.8	1.55
Fluxo de ar (A/M/B)		m3/h	1290/1090/940		1780/1550/1352	1950/1600/1400
Pressão estática externa interna (A)		Pa	20(10-50)		40(10-80)	40(10-100)
Nível de pressão sonora (A/M/B)		dB(A)	44/38/37		47/41/37	47/42/38
Dimensões (C/A/P)		mm	1180/270/775			1240/300/865
Peso líquido		kg	38	40		49
Tubulação de refrigerante	Linha de líquido	mm	9.53			
	Linha de gás	mm	15.9			
Conexão de tubo de drenagem de condensados		mm	25			

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 32 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Alta Pressão 4TVA - 60 Hz

Modelo			4TVA0024B10	4TVA0027B10	4TVA0030B10	4TVA0038B10	4TVA0048B10	4TVA0055B10	4TVA0068B10	4TVA0085B10	4TVA0095B10
Alimentação elétrica		V/ Hz/ø	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Capacidade	Resfriamento	kW	7,1	8	9	11,2	14	16	20	25	28
		Btu/h	24.200	27.300	30.700	38.200	47.800	54.600	68.250	85.300	95.600
	Aquecimento	kW	8	9	10	12,5	16	18	22,5	26	31,5
		Btu/h	27.300	30.700	34.100	42.650	54.600	61.400	76.800	88.700	107.500
Consumo Elétrico		W	414	402	409	524	627	832	1516		
Amperagem		A	1,1		1,8	2,3	2,7	3,6	6,6		
Fluxo de ar (A/M/B)		m^3/h	1758/1568/1342	1602/1494/1302	2250/2020/1595		3030/2711/2490		4487/3432/2325		
Pressão estática externa interna (A)		Pa	40(30- 196)			50(30- 196)			196(50-250)		
Nível de pressão sonora (A/M/B)		dB(A)	48/46/44,5		52/49/47		53/50/48	54/52/50	59/55/52		
Dimensões (C/A/P)		mm	952/420/690				1200/400/600		1356/470/763		
Peso líquido		kg	46,5		50	50,6	70		115		
Tubulação de refrigerante	Linha de líquido	mm	9,52								
	Linha de gás	mm	15,9								
Conexão de tubo de drenagem de condensados		mm	32								

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 33 - Especificações Evaporadores Trane

Unidade Duto de Alta Pressão - 4TVA Motor DC - 60 Hz

Modelo			4TVA0024DF0	4TVA0027DF0	4TVA0030DF0	4TVA0038DF0	4TVA0048DF0	4TVA0051DF0	4TVA0068DF0	4TVA0085DF0	4TVA0095DF0
Alimentação elétrica		V/ Hz/ø	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1	220/60/1
Capacidade	Resfriamento	kW	7.1	8	9	11.2	14	16	20	25	28
		Btu/h	24,200	27,300	30,700	38,200	47,800	51,200	68,200	85,300	95,500
	Aquecimento	kW	8	9	10	12.5	16	17	22.5	26	31.5
		Btu/h	27,300	30,700	34,100	42,700	54,600	58,000	76,800	88,700	107,500
Consumo elétrico		W	180		220	380	420	700	800		
Amperagem		A	1.4		1.9	2.9	4.5		6		
Fluxo de ar (A/M/B)		m3/h	1500/1390/1250	1450/1340/1190	1780/1650/1530	2080/1930/1710	2860/2440/2010	3400/2660/2400	4820/4660/4620	4870/4760/4690	
Pressão estática externa interna (A)		Pa	25(0~196)	37(0~196)			50(0~196)		62(40~200)		
Nível de pressão sonora (A/M/B)		dB(A)	46/44/42		50/47/45		53/50/48	54/52/50	57/53/50		
Dimensões (C/A/P)		mm	952/420/690				1436/450/768		1509/550/990		
Peso líquido		kg	41		47		68	70	108		
Tubulação de refrigerante	Linha de líquido	mm	9.53								
	Linha de gás	mm	15.9						15.9x2		
Conexão de tubo de drenagem de condensados		mm	25						32		
Filtro de Nylon Classe G1											

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 34 - Especificações Condensadora VRF

Unidades Externas Heat Pump Modular TVR™LX - Compressores 100% Inverter

Modelo		<E>	4TVH0086DE0	4TVH0096DE0	4TVH0115DE0	4TVH0140DE0	4TVH0155DE0	4TVH0170DE0	4TVH0192DE0	4TVH0210DE0
		<6>	4TVH0086D60	4TVH0096D60	4TVH0115D60	4TVH0140D60	4TVH0155D60	4TVH0170D60	4TVH0192D60	4TVH0210D60
Resfriamento	Capacidade	kW	25,2	28	33,5	40	45	50	56	61,5
		Btu/h	86.000	95.500	114.300	136.500	153.500	170.500	191.100	210.000
	Consumo elétrico	kW	5,36	6,22	7,79	9,30	10,98	12,87	14,51	16,44
	Intervalo de capacidade (50% – 130%)	MBtu/h	43-112	48-124	58-150	69-177	78-202	85-222	96-248	105-273
	COP	W/W	4,7	4,5	4,3	4,3	4,1	3,9	3,86	3,74
Aquecimento	Capacidade	kW	27	31,5	37,5	45	50	56	63	69
		Btu/h	92.100	107.500	128.000	153.500	170.600	191.100	214.900	235.400
	Consumo elétrico	kW	4,87	5,94	7,65	9,38	10,87	13,18	15,29	17,12
	Intervalo de capacidade (50% – 130%)	MBtu/h	46-120	54-139	64-166	77-200	85-222	96-248	107-279	118-306
	COP	W/W	5,6	5,3	4,9	4,8	4,6	4,25	4,12	4,03
Faixa de Operação de Resfriamento		C	-5 °C ~ 48 °C							
Faixa de Operação de Aquecimento		C	-20 °C ~ 24 °C							
Vazão de ar		m³/h	12.000			14.000		16.000		
Nível de Pressão Sonora		dB(A)	57		58	60		61		
Tipo de aleta			Alumínio hidrofílico							
Dimensões (C/A/P)		mm	990x1635x790			1340x1635x790				
Peso líquido		kg	219		237	297		305	340	
Refrigerante			R410A							
Carga de refrigerante		kg	9		11	13			16	
Marca do óleo			FVC68D / 500 ml							
Quantidade de óleo		ml	500			500x2				
Tubulação de refrigerante	Diâmetro Tubulação de líquido	mm	Ø9,53		Ø12,7			Ø15,9		
	Diâmetro Tubulação de Gás	mm	Ø22,2		Ø25,4		Ø28,6			
	Tubo de equalização de óleo	mm	Ø6							
	Distância máxima equivalente entre UE e UI	m	200							
	Desnível máximo entre UI	m	30							
	Desnível máximo quando UE acima de UI	m	90							
	Desnível máximo quando UE abaixo de UI	m	110							
Quantidade máxima de IU conectadas a EU			13	16	20	23	26	29	33	36

<E> = 380 V, 3ø, 60 Hz
<6> = 220 V, 3ø, 60 Hz

Fonte: (Trane, 2018)

Figura 35 - Especificações FanCoilWave FL

Modelo	Área Face Serpentina	Vazão de ar	Pressão Estática Externa Disponível	4 rows			6 rows			8 rows		
				Capac.	Vazão Água	ΔP água	Capac.	Vazão Água	ΔP água	Capac.	Vazão Água	ΔP água
	m²	m³/h	mmca	kcal/h	m³/h	m H2O	kcal/h	m³/h	m H2O	kcal/h	m³/h	m H2O
TAHP02	0,20	1795	15	3303	0,64	0,01	4884	0,92	0,04	6588	1,23	0,09
TAHP03	0,27	2393	15	4324	0,83	0,01	6400	1,21	0,04	8434	1,57	0,08
TAHP04	0,35	3171	15	5692	1,10	0,03	9289	1,75	0,10	14964	2,77	0,29
TAHP06	0,50	4535	15	8043	1,56	0,04	15813	2,95	0,19	23003	4,24	0,47
TAHP08	0,68	6135	15	14379	2,74	0,15	27244	5,05	0,65	35179	6,47	1,32
TAHP10	0,89	7976	20	18829	3,63	0,15	35489	6,62	0,65	45772	8,46	1,34
TAHP12	1,03	9239	20	26775	5,08	0,32	44005	8,18	1,09	55117	10,17	2,13
TAHP14	1,23	11096	20	37099	7,02	0,67	55890	10,39	1,99	68367	12,63	3,73
TAHP17	1,40	12582	20	45020	8,48	1,05	65316	12,12	2,94	79069	14,59	5,42
TAHP21	1,82	16345	20	64085	11,98	2,49	89053	16,46	6,49	106254	19,55	11,70
TAHP25	2,29	20574	25	77961	14,66	1,82	109775	20,37	4,85	131740	24,31	8,81
TAHP31	2,74	24689	25	98270	18,46	3,27	135725	25,18	8,43	161406	29,78	15,09
TAHP35	3,21	28918	25	112992	21,23	2,82	156968	29,12	7,34	187310	34,56	13,21
TAHP40	3,49	31433	25	125296	23,52	3,66	172795	32,04	9,42	205409	37,89	16,85

Fonte: TRANE (2019) - Modificada

Figura 36 - Especificações Fancolete HFCF

Unidade de 3 fileiras (2 tubos)

			02	03	04	05	06	08	10	12	14
Fluxo de ar	Velocidade alta	CMH	340	510	680	850	1020	1360	1700	2040	2380
	Velocidade média	CMH	280	410	550	690	830	1100	1360	1630	1900
	Velocidade baixa	CMH	190	270	350	440	520	690	860	1020	1190
Aplicação normal[2]	Capacidade de resfriamento	kW	2.21	3.16	4.17	5.06	6.10	8.00	9.30	11.10	13.00
	Capacidade de aquecimento	kW	3.50	5.20	6.70	8.12	9.70	13.00	15.50	18.00	20.80
	Capacidade do aquecedor. (por aquecedor E-)[6]	kW	0.50	1.00	1.40	1.60	1.80	2.80	3.20	3.60	4.60
	Fluxo de água	l/s	0.11	0.15	0.20	0.25	0.30	0.39	0.45	0.53	0.63
	Queda de pressão de água	kPa	25	24	25	30	40	35	35	40	50

Fonte: (TRANE, 2016)

Figura 37 - Especificações Fancolete HFCF

Unidade de 4 fileiras (2 tubos)

			02	03	04	05	06	08	10	12	14
Fluxo de ar	Velocidade alta		340	510	680	850	1020	1360	1700	2040	2380
	Velocidade média		280	410	550	690	830	1100	1360	1630	1900
	Velocidade baixa		180	270	350	440	520	690	860	1020	1190
Aplicação normal[2]	Capacidade de resfriamento	kW	2.54	3.66	4.73	5.55	7.01	9.21	11.16	13.07	14.93
	Capacidade de aquecimento	kW	4.00	5.69	7.20	8.82	10.73	14.17	17.61	20.16	23.43
	Capacidade de aquecimento (por calefação E)[5]	kW	0.50	1.00	1.40	1.60	1.80	2.80	3.20	3.60	4.60
	Fluxo de água	l/s	0.12	0.18	0.23	0.27	0.33	0.44	0.53	0.62	0.71
	Queda de pressão de água	kPa	16	20	30	30	34	35	40	40	50

Fonte: (TRANE, 2016)

Figura 38 - Especificações Fancolete HFCF

Unidade de 2 fileiras (2 tubos)

			02	03	04	05	06	08
Fluxo ar CMH	Velocidade alta		350	520	690	870	1040	1380
	Velocidade média CMH		280	410	550	700	830	1100
	Velocidade baixa		180	270	350	450	520	690
Capacidade de resfriamento		kW	1.90	2.80	3.60	4.50	5.40	7.20
Capacidade de aquecimento		kW	3.15	4.93	6.10	7.41	8.90	12.00
Capacidade do aquecedor. (por aquecedor E-)[5]		kW	0.50	1.00	1.40	1.60	1.80	2.80
Fluxo de água		l/s	0.10	0.14	0.17	0.21	0.26	0.34
Queda de pressão de água		kPa	15	30	25	30	34	36

Fonte: (TRANE, 2016)

Figura 39 - Especificações Fancolete HFCF

Unidade de 2+1 fileiras (2 tubos)

			02	03	04	05	06	08
Fluxo ar CMH	Velocidade alta		340	510	680	850	1020	1360
	Velocidade média		280	410	550	690	830	1100
	Velocidade baixa		180	270	350	440	520	690
Capacidade de resfriamento		kW	1.93	2.86	3.81	4.50	5.74	7.22
Fluxo de água		kPa	0.10	0.14	0.19	0.22	0.28	0.35
Queda de pressão de água		kPa	8	16	26	21	25	28
Capacidade aquecimento (1 fileira)		l/s	1.67	2.21	2.50	2.92	3.45	4.11
Fluxo de água		kPa	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
Queda de pressão de água		kPa	30	30	30	30	40	40

Fonte: (TRANE, 2016)

Figura 40 - Especificações Chiller Modelo CGAM

Tabela 01 - Dados Gerais - 60 Hz - IP

Tamanho	20	26	30	35	40	52	60	70	80	90	100	110	120	130
Compressor														
Quantidade #	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6
Tonelagem/circuito[1]	10+10	13+13	15+15	15+20	10+10	13+13	15+15	15+20	20+20	20+25	25+25	25+30	30+30	20+20 +25
Evaporador														
Armazenamento de água (gal)	1.4	2.2	2.2	3.2	2.4	4.1	5.0	7.5	7.0	9.0	10.3	11.5	11.5	12.3
Vazão mínima (gpm)	30	38	42	50	57	74	84	100	115	129	145	157	170	184
Vazão máxima (gpm)	69	89	100	117	136	176	201	238	275	307	346	375	407	440
Conexão de água (pol.)	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
Condensador														
Qtde. serpentinas #	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
Comprimento da serpentina (pol.)	91	91	127	127	91	91	127	127	121	121	144	144	144	180
Altura da serpentina (pol.)	68	68	68	68	68	68	68	68	42	42	42	42	42	42
Qtde. de rows #	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Aletas por pé (fpf.)	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
Ventilador														
Qtde/circuito[1] #	2	2	3	3	4	4	6	6	6	6	8	8	8	10
Diâmetro (pol.)	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Fluxo de ar por ventilador (cfm)	9413	9420	9168	9173	9413	9420	9168	9173	9470	9472	9094	9096	9098	9094
Potência por motor (kW)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
RPM del motor (rpm)	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
Velocidade da ponta (pés/min)	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333	6333

Fonte: (Trane, 2015)

Figura 41 - Especificações Chiller Modelo CGAD

Tab. III-01 - Dados Gerais CGAD 20-150 TR - 60 Hz

Modelo(1) 60Hz		CGAD020	CGAD025	CGAD030	CGAD040	CGAD050	CGAD060	CGAD070	CGAD080
Capacidade Nominal	TR	17,9	21,4	26,5	36,1	42,8	52,6	65,7	76,2
Consumo Nominal (3)	KW	20,0	27,2	30,7	41,3	53,9	61,6	71,8	82,2
MCA (2)	A	54,0	68,0	78,0	97,0	123,0	142,0	163,0	192,0
Eficiência (3)	E.E.R.	10,8	9,4	10,4	10,5	9,5	10,2	11,0	11,1
	KW/TR	1,115	1,273	1,157	1,143	1,258	1,171	1,053	1,079
Compressor									
Modelo (7)		SM125	SM185 SM125	SM185	SM125	SM185 SM125	SM185	SM185 SM125	SM185 SM125
Tipo		Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
Quantidade		2	1/1	2	4	2/2	4	2/4	4/2
Capacidade Nominal	TR	10	15/10	15/15	10	15/10	15	15/10	15/10
Evaporador									
Volume Armazenamento	Litros	44	41	62	52	79	143	151	143
Vazão Mínima de Água	m3/h	5,5	6,8	8,2	10,9	13,6	16,4	21,8	27,3
Vazão Máxima de Água	m3/h	16,4	20,4	24,5	32,7	40,9	49,1	65,4	81,8
Conexão de Entrada (8)		2"	2"	21/2"	21/ 2"	3"	4"	4"	4"
Conexão de Saída (8)		2"	2"	21/2"	21/ 2"	3"	4"	4"	4"

Fonte: (Trane, 2014)

Figura 42 - Dados de Performance Chiller CGAD

Tab. IX-07 - Dados de Performance - R - 407C (TSA = 10ºC)

Temp. de Saída da Água = 10ºC			020	025	030	040	050	060	070	080	090	100	120	150
Temp. de entrada ar condensador (ºC)	30	Capacidade (TR)	19,8	25,4	29,3	39,3	50,7	58,1	73,1	83,7	91,3	106,2	131,3	161,0
		Consumo(kW)	18,1	23,6	28,0	37,6	46,4	56,2	69,4	78,7	87,1	100,3	124,9	147,6
		Vazão (m³/h)	11,2	14,3	16,6	22,7	28,6	32,8	41,3	47,3	51,6	58,0	72,0	88,0
	35	Capacidade (TR)	19,1	24,3	28,1	38,6	48,7	55,7	70,1	80,3	87,6	100,5	124,7	152,8
		Consumo(kW)	20,2	26,1	30,8	42,0	51,3	61,8	76,6	86,3	95,5	109,8	137,9	160,8
		Vazão (m³/h)	10,8	13,7	15,9	21,8	27,5	31,5	39,6	45,4	49,7	55,0	68,0	83,0
	40	Capacidade (TR)	19,5	24,9	28,8	39,6	49,9	57,0	71,8	82,3	89,7	94,9	117,4	144,5
		Consumo(kW)	22,5	28,8	33,8	46,8	56,7	67,9	84,6	94,7	104,8	120,0	152,6	175,3
		Vazão (m³/h)	10,3	13,1	15,2	20,8	26,3	30,0	37,8	43,3	47,2	52,0	64,0	79,0
	45	Capacidade (TR)	17,3	22,0	25,5	35,1	44,3	50,5	63,7	72,9	79,5	88,0	109,5	134,6
		Consumo(kW)	24,9	31,8	37,3	52,1	62,7	74,7	93,3	104,0	115,1	132,3	170,9	192,8

Fonte: (TRANE, 2014)

APÊNDICE C – CARGAS DEVIDO EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Abaixo, estão representadas as tabelas das informações das cargas dos equipamentos elétricos das zonas térmicas que foram introduzidos no software para realização do dimensionamento total, mediante informações das normas ABNT.

As tabelas constando informações de potência com valores de “W/pessoa” consta como resultado total o valor em W da referência vezes a quantidade total de pessoas permitidas na zona em estudo de acordo com a ABNT.

Tabela 46 - Cargas Equipamentos Sala Elétrica

Loads Sala Elétrica		
Equipamentos	Potência(KVA)	Dissipação Térm
NoBreak	10	980
NoBreak	60	5780
Transformador	150	3040

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 47 - Cargas Equipamentos CPD

Loads CPD				
Equipamentos	Quantidade	Consumo Elét.(W)	Consumo Elét. Total(w)	Dissipação Térmica(W)
Switch	6	230	1380	1186
NoBreak Rack	1	1500	1500	1290

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Tabela 48 - Cargas Equipamentos Staff Adm

Loads Staff Adm			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computadores	w/pessoa	75	-
Impressoras	4	275	1100
Bebedouros	2	350	700
Monitores	w/pessoa	70	-

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 49 - Cargas Equipamentos Refeitório

Loads Refeitório			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Geladeiras	5	690	3450
Microondas	8	1400	11200
TV	1	160	160
Bebedouro	1	350	350

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 50 - Cargas Equipamentos Sala de Reunião

Salas de reunião			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
TV	1	160	160
Notebook	w/pessoa	110	

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 51 - Cargas Equipamentos Recepção

Loads Recepção			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
TV	1	160	160
Computador	1	75	75
Monitor	1	70	70

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 52 - Cargas Equipamentos Sala CCC

Sala CCC			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computador	w/pessoa	75	-
Monitores	w/pessoa	70	-
Impressora	1	275	275

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 53 - Cargas Equipamentos Sala DSC

Sala DSC			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computador	w/pessoa	75	-
Monitores	w/pessoa	70	-
Impressora	1	275	275

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 54 - Cargas Equipamentos Convivência

Loads Convivência			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
TV	1	160	160
Geladeira	1	690	690
Chapa de Waffle	1	1640	1640

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 55 - Cargas Equipamentos DSC 2

DSC 2			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computador	w/pessoa	75	-
Monitores	w/pessoa	70	-

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 56 - Cargas Equipamentos Monitoramento 2

Monitoramento 2			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computador	w/pessoa	75	-
Monitores	w/pessoa	70	-

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 57 - Cargas Equipamentos Distribuição

Loads Distribuição			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computador	w/pessoa	75	-
Monitores	w/pessoa	70	-
Bebedouro	1	350	350
Impressora	1	275	275

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 58 - Cargas Equipamentos Sala Médica 1

Sala Médica 1			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computador	w/pessoa	75	-
Monitores	w/pessoa	70	-
Impressora	1	275	275

Fonte: (Próprio, 2020)

Tabela 59 - Cargas Equipamentos Sala Médica 2

Sala Médica 2			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Computador	1	75	75
Monitores	1	70	70

Fonte: (Próprio, 2020)

Figura 43 - Cargas Equipamentos Salas DC/DS/DB

Salas DC/DS/DB			
Equipamentos	Quantidade	Referência(W)	Dissipação Térmica(W)
Projetor	1	500	500
Notebook	w/pessoa	110	-

Fonte: (Próprio, 2020)

Obs.: De acordo com B.W. Correa o **Projetor** é considerado para informações de dissipação térmica iguais a 500 W, informação que a ABNT não havia disponibilizado.

APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO TÉRMICO TOTAL POR ZONA

Segue abaixo, nas tabelas 60 a 109, o dimensionamento da demanda de pico de refrigeração de todas as zonas térmicas geradas pelo EnergyPlus baseado em todas as informações atribuídas no sistema pertinentes ao cálculo de carga térmica. Constando as informações de Carga Sensível (2º coluna) e sensível com atraso (3° coluna) mais a carga latente (3º coluna) e o total (4º coluna), tudo em Watts,

atribuídas aos respectivos tipos (1º coluna): Pessoas, Iluminação, Equipamentos Elétricos, Infiltração e Renovação de Ar, Teto, Paredes, Piso e Janelas.

Convivência

Tabela 60 - Demanda de pico Sala de Convivência

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	1157.69	294.58	2694.12	4146.40
Lights	3478.38	0.00		3478.38
Equipment	2490.00	0.00	0.00	2490.00
Infiltration	409.26		420.90	830.16
Zone Ventilation	1335.83		1373.81	2709.64
Roof		37.52		37.52
Exterior Wall		1228.32		1228.32
Interzone Wall		-76.5		-76.5
Interzone Floor		-434.9		-434.9
Fenestration Conduction	546.28			546.28
Fenestration Solar		448.40		448.40
Grand Total	9417.44	1497.38	4488.83	15403.64

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 61 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Convivência

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 14:00:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	37.30
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.41
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.98
Zone Relative Humidity [%]	54.53
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01014
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.89
Outside Air Flow [m3/s]	0.09
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	12493.52
Difference Due to Sizing Factor [W]	1629.59
Peak Sensible Load [W]	10863.93
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	10914.81

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Corredor

Tabela 62 - Demanda de pico do Corredor

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	199.04	100.55	243.65	543.24
Lights	2464.44	0.00		2464.44
Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00
Infiltration	0.00		0.00	0.00
Zone Ventilation	538.85		652.39	1191.24
Roof		279.90		279.90
Exterior Wall		227.87		227.87
Interzone Wall		208.46		208.46
Interzone Floor		-100.8		-100.8
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	3202.33	715.93	896.04	4814.31

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 63 - Condições de pico para refrigeração do Corredor

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:30:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.39
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.18
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	50.61
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00941
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.32
Outside Air Flow [m3/s]	0.04
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	4498.52
Difference Due to Sizing Factor [W]	586.76
Peak Sensible Load [W]	3911.76
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	3918.26

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

CPD CCC

Tabela 64 - Demanda de pico do CPD CCC

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	99.17	5.79	118.32	223.28
Lights	86.40	0.00		86.40
Equipment	2696.00	0.00	0.00	2696.00
Infiltration	35.78		76.68	112.46
Zone Ventilation	100.57		215.53	316.10
Roof		-98.2		-98.2
Exterior Wall		0.00		0.00
Interzone Wall		37.89		37.89
Interzone Floor		54.20		54.20
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	3017.92	-0.4	410.53	3428.10

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 65 - Condições de pico para refrigeração do CPD CCC

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 09:00:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	32.29
Outside Wet Bulb Temperature [C]	24.12
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	48.73
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00905
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.25
Outside Air Flow [m3/s]	0.01
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	3467.75
Difference Due to Sizing Factor [W]	452.32
Peak Sensible Load [W]	3015.44
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	3017.57

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

CPD

Tabela 66 - Demanda de pico do CPD

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	0.00	0.73	0.00	0.73
Lights	0.00	0.00		0.00
Equipment	2696.00	0.00	0.00	2696.00
Infiltration	53.41		102.15	155.56
Zone Ventilation	68.37		130.75	199.12
Roof		-161.3		-161.3
Exterior Wall		988.80		988.80
Interzone Wall		-80.0		-80.0
Interzone Floor		-57.5		-57.5
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	2817.78	690.66	232.90	3741.34

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 67 - Condições de pico para refrigeração do CPD

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 20:20:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	32.48
Outside Wet Bulb Temperature [C]	24.17
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	24.00
Zone Relative Humidity [%]	47.18
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00876
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.29
Outside Air Flow [m3/s]	0.01
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	4032.76
Difference Due to Sizing Factor [W]	526.01
Peak Sensible Load [W]	3506.75
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	3508.44

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala DB

Tabela 68 - Demanda de pico da Sala DB

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	1903.29	1039.27	2264.35	5206.91
Lights	2300.00	0.00		2300.00
Equipment	500.00	0.00	0.00	500.00
Infiltration	271.51		250.40	521.91
Zone Ventilation	2143.15		1976.49	4119.64
Roof		221.28		221.28
Exterior Wall		475.09		475.09
Interzone Wall		-564.7		-564.7
Interzone Floor		-107.8		-107.8
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	7117.95	1063.11	4491.25	12672.31

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 69 - Condições de pico para refrigeração da Sala DB

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 15:40:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.94
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.32
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.97
Zone Relative Humidity [%]	57.47
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01069
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.67
Outside Air Flow [m3/s]	0.14
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	9370.71
Difference Due to Sizing Factor [W]	1222.27
Peak Sensible Load [W]	8148.44
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	8181.06

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala DC

Tabela 70 - Demanda de pico da Sala DC

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	1903.27	1040.71	2264.38	5208.36
Lights	2300.00	0.00		2300.00
Equipment	500.00	0.00	0.00	500.00
Infiltration	270.01		251.13	521.14
Zone Ventilation	2131.31		1982.22	4113.53
Roof		198.65		198.65
Exterior Wall		489.37		489.37
Interzone Wall		-491.3		-491.3
Interzone Floor		-100.3		-100.3
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	7104.59	1137.17	4497.72	12739.49

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 71 - Condições de pico para refrigeração da Sala DC

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 15:50:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.84
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.29
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.97
Zone Relative Humidity [%]	57.40
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01068
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.67
Outside Air Flow [m3/s]	0.14
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	9440.48
Difference Due to Sizing Factor [W]	1231.37
Peak Sensible Load [W]	8209.11
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	8241.76

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala DS

Tabela 72 - Demanda de pico da Sala DS

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	1903.27	1170.47	2264.38	5338.12
Lights	2300.00	0.00		2300.00
Equipment	500.00	0.00	0.00	500.00
Infiltration	270.01		251.10	521.11
Zone Ventilation	2131.31		1982.00	4113.31
Roof		199.22		199.22
Exterior Wall		489.00		489.00
Interzone Wall		-621.6		-621.6
Interzone Floor		-102.5		-102.5
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	7104.59	1134.62	4497.47	12736.68

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 73 - Condições de pico para refrigeração da Sala DS

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 15:50
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.84
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.29
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.97
Zone Relative Humidity [%]	57.41
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01068
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.67
Outside Air Flow [m3/s]	0.14
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	9437.54
Difference Due to Sizing Factor [W]	1230.98
Peak Sensible Load [W]	8206.56
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	8239.21

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Derby

Tabela 74 - Demanda de pico da Sala Derby

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	438.59	135.27	522.38	1096.24
Lights	707.04	0.00		707.04
Equipment	1132.18	0.00	0.00	1132.18
Infiltration	73.34		92.33	165.67
Zone Ventilation	457.62		576.14	1033.76
Roof		-81.3		-81.3
Exterior Wall		631.65		631.65
Interzone Wall		36.51		36.51
Interzone Floor		-25.7		-25.7
Fenestration Conduction	129.53			129.53
Fenestration Solar		197.21		197.21
Grand Total	2938.30	893.67	1190.85	5022.82

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 75 - Condições de pico para refrigeração da Sala Derby

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 18:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	35.12
Outside Wet Bulb Temperature [C]	24.85
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.98
Zone Relative Humidity [%]	52.41
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00974
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.31
Outside Air Flow [m3/s]	0.03
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	4388.39
Difference Due to Sizing Factor [W]	572.40
Peak Sensible Load [W]	3815.99
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	3831.97

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Área de Descanso

Tabela 76 - Demanda de pico da Área de Descanso

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	297.57	53.53	354.90	706.00
Lights	1844.43	0.00		1844.43
Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00
Infiltration	207.84		227.82	435.67
Zone Ventilation	534.33		585.68	1120.01
Roof		191.69		191.69
Exterior Wall		0.00		0.00
Interzone Wall		49.74		49.74
Interzone Floor		-148.9		-148.9
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	2884.17	146.07	1168.40	4198.65

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 77 - Condições de pico para refrigeração da Área de Descanso

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 13:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.84
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.29
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	53.93
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01003
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.25
Outside Air Flow [m3/s]	0.04
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	3474.93
Difference Due to Sizing Factor [W]	453.25
Peak Sensible Load [W]	3021.68
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	3030.24

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala da Distribuição

Tabela 78 - Demanda de pico da Sala da Distribuição

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	726.35	223.19	866.26	1815.79
Lights	3514.88	0.00		3514.88
Equipment	2748.57	0.00	0.00	2748.57
Infiltration	403.44		482.28	885.71
Zone Ventilation	1183.41		1414.68	2598.09
Roof		870.04		870.04
Exterior Wall		2184.38		2184.38
Interzone Wall		-93.1		-93.1
Interzone Floor		-353.4		-353.4
Fenestration Conduction	282.03			282.03
Fenestration Solar		212.04		212.04
Grand Total	8858.68	3043.17	2763.21	14665.06

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 79 - Condições de pico para refrigeração da Sala da Distribuição

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:20
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.51
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.21
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	50.71
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00943
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.97
Outside Air Flow [m3/s]	0.08
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	13650.95
Difference Due to Sizing Factor [W]	1780.56
Peak Sensible Load [W]	11870.39
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	11901.85

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

DSC

Tabela 80 - Demanda de pico do DSC

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	258.04	53.44	307.80	619.28
Lights	1248.80	0.00		1248.80
Equipment	1029.48	0.00	0.00	1029.48
Infiltration	138.22		172.91	311.13
Zone Ventilation	405.44		507.19	912.64
Roof		-38.7		-38.7
Exterior Wall		739.78		739.78
Interzone Wall		-127.3		-127.3
Interzone Floor		-33.4		-33.4
Fenestration Conduction	487.68			487.68
Fenestration Solar		311.06		311.06
Grand Total	3567.68	904.86	987.89	5460.43

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 81 - Condições de pico para refrigeração do DSC

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 17:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.03
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.09
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	50.44
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00938
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.37
Outside Air Flow [m3/s]	0.03
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	5151.80
Difference Due to Sizing Factor [W]	671.97
Peak Sensible Load [W]	4479.83
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	4472.54

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Área da Escada

Tabela 82 - Demanda de pico da Área da Escada

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	0.00	1.85	0.00	1.85
Lights	238.30	0.00		238.30
Equipment	2696.00	0.00	0.00	2696.00
Infiltration	165.03		209.03	374.06
Zone Ventilation	211.24		267.55	478.80
Roof		147.73		147.73
Exterior Wall		222.35		222.35
Interzone Wall		25.54		25.54
Interzone Floor		-101.2		-101.2
Fenestration Conduction	92.48			92.48
Fenestration Solar		59.95		59.95
Grand Total	3403.05	356.26	476.58	4235.89

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 83 - Condições de pico para refrigeração da Área da Escada

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:10
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.63
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.24
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	48.63
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00904
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.31
Outside Air Flow [m3/s]	0.02
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	4319.08
Difference Due to Sizing Factor [W]	563.36
Peak Sensible Load [W]	3755.73
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	3759.31

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Hollywood

Tabela 84 - Demanda de pico da Sala Hollywood

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	641.95	192.72	764.35	1599.02
Lights	1034.72	0.00		1034.72
Equipment	1582.74	0.00	0.00	1582.74
Infiltration	121.93		130.67	252.60
Zone Ventilation	760.82		815.38	1576.20
Roof		68.19		68.19
Exterior Wall		272.71		272.71
Interzone Wall		-125.0		-125.0
Interzone Floor		-77.3		-77.3
Fenestration Conduction	297.57			297.57
Fenestration Solar		73.58		73.58
Grand Total	4439.73	404.91	1710.40	6555.04

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 85 - Condições de pico para refrigeração da Sala Hollywood

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 15:40
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.94
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.32
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.98
Zone Relative Humidity [%]	53.32
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00991
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.39
Outside Air Flow [m3/s]	0.05
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	5543.56
Difference Due to Sizing Factor [W]	723.07
Peak Sensible Load [W]	4820.49
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	4844.64

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Kent

Tabela 86 - Demanda de pico da Sala Kent

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	378.53	72.26	450.71	901.49
Lights	610.13	0.00		610.13
Equipment	998.93	0.00	0.00	998.93
Infiltration	72.21		76.65	148.87
Zone Ventilation	450.60		478.32	928.92
Roof		325.20		325.20
Exterior Wall		176.28		176.28
Interzone Wall		92.86		92.86
Ground Contact Floor		-611.9		-611.9
Fenestration Conduction	194.48			194.48
Fenestration Solar		31.50		31.50
Grand Total	2704.87	86.24	1005.68	3796.79

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 87 - Condições de pico para refrigeração da Sala Kent

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 15:30
Outside Dry Bulb Temperature [C]	37.03
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.34
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.98
Zone Relative Humidity [%]	53.46
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00994
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.23
Outside Air Flow [m3/s]	0.03
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	3195.70
Difference Due to Sizing Factor [W]	416.83
Peak Sensible Load [W]	2778.87
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	2791.11

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Lucky

Tabela 88 - Demanda de pico Sala Lucky

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	498.06	176.88	592.91	1267.85
Lights	802.72	0.00		802.72
Equipment	1263.75	0.00	0.00	1263.75
Infiltration	95.02		99.32	194.34
Zone Ventilation	592.90		619.78	1212.68
Roof		125.25		125.25
Exterior Wall		0.00		0.00
Interzone Wall		-76.6		-76.6
Interzone Floor		-46.7		-46.7
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	3252.45	178.86	1312.01	4743.32

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 89 - Condições de pico para refrigeração da Sala Lucky

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 15:30
Outside Dry Bulb Temperature [C]	37.03
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.34
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.98
Zone Relative Humidity [%]	53.92
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01003
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.28
Outside Air Flow [m3/s]	0.04
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	3935.04
Difference Due to Sizing Factor [W]	513.27
Peak Sensible Load [W]	3421.77
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	3431.31

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Médica

Tabela 90 - Demanda de pico da Sala Médica

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	534.84	135.58	637.87	1308.29
Lights	2689.60	0.00		2689.60
Equipment	1899.97	0.00	0.00	1899.97
Infiltration	289.00		365.86	654.87
Zone Ventilation	830.04		1050.32	1880.36
Roof		-125.8		-125.8
Exterior Wall		2281.89		2281.89
Interzone Wall		-54.2		-54.2
Interzone Floor		-199.6		-199.6
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	6243.46	2037.82	2054.06	10335.34

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 91 - Condições de pico para refrigeração da Sala Médica

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 17:30
Outside Dry Bulb Temperature [C]	35.57
Outside Wet Bulb Temperature [C]	24.97
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	50.96
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00947
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.67
Outside Air Flow [m3/s]	0.06
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	9503.31
Difference Due to Sizing Factor [W]	1239.56
Peak Sensible Load [W]	8263.75
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	8281.28

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Minister

Tabela 92 - Demanda de pico da Sala Minister

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	596.28	211.82	710.12	1518.22
Lights	961.20	0.00		961.20
Equipment	1481.65	0.00	0.00	1481.65
Infiltration	103.37		125.49	228.85
Zone Ventilation	645.00		783.03	1428.03
Roof		-97.6		-97.6
Exterior Wall		701.59		701.59
Interzone Wall		-91.1		-91.1
Interzone Floor		-1.9		-1.9
Fenestration Conduction	399.52			399.52
Fenestration Solar		326.87		326.87
Grand Total	4187.02	1049.64	1618.64	6855.29

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 93 - Condições de pico para refrigeração da Sala Minister

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 17:30
Outside Dry Bulb Temperature [C]	35.57
Outside Wet Bulb Temperature [C]	24.97
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.98
Zone Relative Humidity [%]	52.39
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00974
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.42
Outside Air Flow [m3/s]	0.05
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	5987.06
Difference Due to Sizing Factor [W]	780.92
Peak Sensible Load [W]	5206.14
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	5236.65

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala de Monitoramento

Tabela 94 - Demanda de pico da Sala de Monitoramento

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	503.45	81.90	600.37	1185.72
Lights	2436.16	0.00		2436.16
Equipment	1010.92	0.00	0.00	1010.92
Infiltration	283.36		311.77	595.12
Zone Ventilation	831.18		914.52	1745.70
Roof		358.40		358.40
Exterior Wall		0.00		0.00
Interzone Wall		71.30		71.30
Interzone Floor		-171.8		-171.8
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	5065.06	339.80	1826.66	7231.53

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 95 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Monitoramento

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.75
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.27
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	52.94
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00985
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.44
Outside Air Flow [m3/s]	0.06
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	6204.54
Difference Due to Sizing Factor [W]	809.29
Peak Sensible Load [W]	5395.26
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	5404.86

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Recepção

Tabela 96 - Demanda de pico da Recepção

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	692.21	452.95	825.36	1970.53
Lights	2791.13	0.00		2791.13
Equipment	305.00	0.00	0.00	305.00
Infiltration	329.13		350.17	679.30
Zone Ventilation	1074.27		1142.97	2217.24
Roof		228.53		228.53
Exterior Wall		398.82		398.82
Interzone Wall		-228.4		-228.4
Interzone Floor		-283.9		-283.9
Fenestration Conduction	508.44			508.44
Fenestration Solar		116.16		116.16
Opaque Door		27.55		27.55
Grand Total	5700.19	711.76	2318.50	8730.45

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 97 - Condições de pico para refrigeração da Recepção

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 15:40
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.94
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.32
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	53.48
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00995
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.52
Outside Air Flow [m3/s]	0.07
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	7325.29
Difference Due to Sizing Factor [W]	955.47
Peak Sensible Load [W]	6369.81
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	6411.94

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Refeitório

Tabela 98 - Demanda de pico do Refeitório

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	2296.03	687.37	3676.71	6660.11
Lights	3478.38	0.00		3478.38
Equipment	15160.00	0.00	0.00	15160.00
Infiltration	392.58		464.51	857.10
Zone Ventilation	2449.73		2898.55	5348.28
Roof		-82.1		-82.1
Exterior Wall		1078.37		1078.37
Interzone Wall		-223.3		-223.3
Interzone Floor		-370.5		-370.5
Fenestration Conduction	531.83			531.83
Fenestration Solar		523.87		523.87
Grand Total	24308.55	1613.76	7039.78	32962.09

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 99 - Condições de pico para refrigeração do Refeitório

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 13:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.84
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.29
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.97
Zone Relative Humidity [%]	51.61
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00958
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	2.11
Outside Air Flow [m3/s]	0.17
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	29705.25
Difference Due to Sizing Factor [W]	3874.60
Peak Sensible Load [W]	25830.65
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	25922.31

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

CCC

Tabela 100 - Demanda de pico da CCC

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	795.01	417.27	948.04	2160.32
Lights	3846.96	0.00		3846.96
Equipment	2599.20	0.00	0.00	2599.20
Infiltration	425.85		513.75	939.60
Zone Ventilation	1249.17		1507.00	2756.17
Roof		94.15		94.15
Exterior Wall		1687.71		1687.71
Interzone Wall		-402.1		-402.1
Interzone Floor		-269.1		-269.1
Fenestration Conduction	195.16			195.16
Fenestration Solar		163.02		163.02
Grand Total	9111.36	1690.98	2968.78	13771.12

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 101 - Condições de pico para refrigeração da CCC

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 17:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.03
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.09
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	51.61
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00960
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.88
Outside Air Flow [m3/s]	0.09
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	12380.10
Difference Due to Sizing Factor [W]	1614.80
Peak Sensible Load [W]	10765.31
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	10802.34

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Elétrica

Tabela 102 - Demanda de pico da Sala Elétrica

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	0.00	1.24	0.00	1.24
Lights	90.80	0.00		90.80
Equipment	9800.00	0.00	0.00	9800.00
Infiltration	62.88		85.07	147.95
Zone Ventilation	80.49		108.88	189.37
Roof		71.09		71.09
Exterior Wall		0.00		0.00
Interzone Wall		78.25		78.25
Interzone Floor		-25.2		-25.2
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	10034.17	125.42	193.95	10353.54

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 103 - Condições de pico para refrigeração da Sala Elétrica

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:10
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.63
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.24
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	46.18
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00858
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.83
Outside Air Flow [m3/s]	0.01
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	11681.91
Difference Due to Sizing Factor [W]	1523.73
Peak Sensible Load [W]	10158.18
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	10159.59

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Staff ADM

Tabela 104 - Demanda de pico do Staff ADM

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	4282.14	2567.82	5105.92	11955.88
Lights	20719.86	0.00		20719.86
Equipment	14318.25	0.00	0.00	14318.25
Infiltration	2393.02		2759.98	5153.00
Zone Ventilation	7019.52		8095.95	15115.47
Roof		648.37		648.37
Exterior Wall		7060.27		7060.27
Interzone Wall		-1517.2		-1517.2
Interzone Floor		-2150.1		-2150.1
Fenestration Conduction	1451.54			1451.54
Fenestration Solar		859.08		859.08
Grand Total	50184.31	7468.25	15961.85	73614.41

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 105 - Condições de pico para refrigeração do Staff ADM

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:10
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.63
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.24
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	51.66
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00960
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	4.68
Outside Air Flow [m3/s]	0.47
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	66073.34
Difference Due to Sizing Factor [W]	8618.26
Peak Sensible Load [W]	57455.08
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	57652.56

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala Telepresence

Tabela 106 - Demanda de pico da Sala Telepresence

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	198.62	51.84	236.90	487.37
Lights	961.20	0.00		961.20
Equipment	2380.72	0.00	0.00	2380.72
Infiltration	111.95		137.22	249.17
Zone Ventilation	328.39		402.50	730.90
Roof		54.61		54.61
Exterior Wall		227.94		227.94
Interzone Wall		72.34		72.34
Interzone Floor		-79.9		-79.9
Fenestration Conduction	208.15			208.15
Fenestration Solar		55.44		55.44
Grand Total	4189.04	382.30	776.62	5347.97

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 107 - Condições de pico para refrigeração da Sala Telepresence

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.75
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.27
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	49.39
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00918
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.37
Outside Air Flow [m3/s]	0.02
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	5246.96
Difference Due to Sizing Factor [W]	684.39
Peak Sensible Load [W]	4562.57
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	4571.35

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Sala de vendas

Tabela 108 - Demanda de pico da Sala de Vendas

	Sensible - Instant [W]	Sensible - Delayed [W]	Latent [W]	Total [W]
People	593.22	207.04	707.34	1507.60
Lights	2870.40	0.00		2870.40
Equipment	3534.20	0.00	0.00	3534.20
Infiltration	333.88		387.83	721.72
Zone Ventilation	979.39		1137.64	2117.03
Roof		431.14		431.14
Exterior Wall		0.00		0.00
Interzone Wall		17.38		17.38
Interzone Floor		-271.4		-271.4
Fenestration Conduction	0.00			0.00
Fenestration Solar		0.00		0.00
Grand Total	8311.10	384.19	2232.81	10928.10

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

Tabela 109 - Condições de pico para refrigeração da Sala de Vendas

	Value
Time of Peak Load	02/21/2021 16:00
Outside Dry Bulb Temperature [C]	36.75
Outside Wet Bulb Temperature [C]	25.27
Outside Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.01558
Zone Dry Bulb Temperature [C]	23.99
Zone Relative Humidity [%]	51.23
Zone Humidity Ratio at Peak [kgWater/kgAir]	0.00952
Supply Air Temperature [C]	14.00
Main Fan Air Flow [m3/s]	0.71
Outside Air Flow [m3/s]	0.07
Peak Sensible Load with Sizing Factor [W]	9981.54
Difference Due to Sizing Factor [W]	1301.94
Peak Sensible Load [W]	8679.60
Estimated Instant + Delayed Sensible Load [W]	8695.29

Fonte: (ENERGYPLUS, 2020)

APÊNDICE E – CONTATO COM O FORNECEDOR PARA ORÇAMENTOS

Figura 44 - Contato com o fabricante Trane para orçamento do sistema VRF

Oliveira, Felipe <Felipe.Oliveira@trane.com>
para Fabricio, Raphael, mim

Fabrício,

Segue orçamento para análise, de acordo com a relação enviada.

Equipamento	Preço Unit. (R$)	Preço Total (R$)	Qtd.
4TVH0086- Cond. TVR 86 MBH (8HP) 220V/3F- R-410A	29.620,00	29.620,00	1
4TVH0155- Cond. TVR 155 MBH (16HP) 220V/3F- R-410A	45.128,00	45.128,00	1
4TVH0170- Cond. TVR 170 MBH (18HP) 220V/3F- R-410A	50.450,00	50.450,00	1
4TVH0210- Cond. TVR 210 MBH (22HP) 220V/3F- R-410A	61.180,00	61.180,00	1
4TVD0012- Evap 12 MBH Duct MP 220/60/1	2.614,00	2.614,00	1
4TVD0015- Evap 15 MBH Duct MP 220/60/1	3.254,00	3.254,00	1
4TVD0018- Evap 18 MBH Duct MP 220/60/1	3.336,00	3.336,00	1
4TVD0024- Evap 24 MBH Duct MP 220/60/1	3.410,00	3.410,00	1
4TVD0027- Evap 27 MBH Duct MP 220/60/1	3.554,00	3.554,00	1
4TVD0030- Evap 30 MBH Duct MP 220/60/1	3.730,00	3.730,00	1
4TVD0038- Evap 38 MBH Duct MP 220/60/1	4.092,00	4.092,00	1
4TVA0048- Evap 48 MBH Duct HP 220/60/1	4.482,00	4.482,00	1
4TVA0055- Evap 55 MBH Duct HP 220/60/1	4.804,00	9.608,00	2
4TVA0068- Evap 68 MBH Duct HP 220/60/1	8.478,00	8.478,00	1
4TVA0085- Evap 85 MBH Duct HP 220/60/1	8.654,00	8.654,00	1
TCONTRMUT05B - Controle s/ fio	242,00	2.904,00	12
TODK004HP- Kit RefNet p/ 4 Cond.	1.796,00	1.796,00	1
Valor Total: R$ 246.290,00			
20% ICMS – Frete CIF (RJ) – Entrega: 30/60 dias – Cond. Pgto. 30 dias			

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)

Figura 45 - Contato com o fabricante Trane para orçamento Sistema água gelada

fabricio.souto14@gmail.com

De: Mendes, Matheus <Matheus.Mendes@tranetechnologies.com>
Enviado em: quinta-feira, 23 de abril de 2020 18:20
Para: Fabricio Souto
Cc: Arroio, Raphael; Silva, Fabricio @ UBERLANDIA; Oliveira, Felipe
Assunto: RES: Orçamento Projeto Refrigeração
Anexos: Catalogo_Produto-CGAD(CG-PRC002H-PB) small.pdf; Catalogo_Produto-CGAM(CG-PRC018B-PB) small.pdf

Take Action: My e-mail address recently changed. Please ensure your records are up to date with my current email address. Messages sent to my previous address will only be delivered for a limited time.

Caro Fabricio, boa noite!

Conforme solicitado, segue cotação dos equipamentos de acordo com listagem enviada.
Veja que considerei dois modelos de Chillers para sua apreciação de custo benefício. Catálogos em anexo!

EQUIPAMENTO	PREÇO UNIT. (R$) ICMS 20%	Preço Total (R$) ICMS 20%
HFCF04L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 400 CFM 12 MBH ; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm)	R$ 1.096,00	R$ 1.096,00
HFCF12L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 1200 CFM 36 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm)	R$ 2.120,00	R$ 2.120,00
HFCF05L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 500 CFM 15 MBH ; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm)	R$ 1.202,00	R$ 1.202,00
HFCF14L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 1400 CFM 42 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm)	R$ 2.298,00	R$ 2.298,00
HFCF08L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 800 CFM 24 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm)	R$ 1.770,00	R$ 1.770,00
HFCF06L305200BA0 - FANCOLETE HIDRÔNICO DE DUTO DE 600 CFM 18 MBH; DE PRESSÃO ESTÁTICA DISPONÍVEL DE 50 Pa; SEM VÁLVULA; SEM CONTROLE; COM CAIXA PLENUM TRASEIRA E FILTRO DE NYLON (6mm)	R$ 1.288,00	R$ 1.288,00
CGAD040 - Chiller Scroll 40 Ton	R$ 114.939,00	R$ 114.939,00
CGAD050 - Chiller Scroll 52 Ton	R$ 126.667,00	R$ 126.667,00
CGAM040 - Chiller Scroll 40 Ton	R$ 156.146,00	R$ 156.146,00
CGAM052 - Chiller Scroll 52 Ton	R$ 163.625,00	R$ 163.625,00
TAHP21AAKBS1GGA6WAAXXXXXXXLXS	R$ 21.651,00	R$ 21.651,00
TAHP08AA3BS1EGA6WAAXXXXXXXLXS	R$ 11.868,00	R$ 11.868,00

Fonte: (PRÓPRIO, 2020)