



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



ALEX DUARTE FERREIRA

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DE CÂMARAS
FRIGORÍFICAS DE UMA DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS COM
RELAÇÃO À DEMANDA DE UTILIZAÇÃO**

**OURO PRETO - MG
2021**

ALEX DUARTE FERREIRA
alexduarteferreira@hotmail.com

**ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DE CÂMARAS
FRIGORÍFICAS DE UMA DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS COM
RELAÇÃO À DEMANDA DE UTILIZAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro Preto
como requisito para a obtenção do
título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: DSc. Luís Antônio Bortolaia

OURO PRETO – MG
2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F383a Ferreira, Alex Duarte.

Análise do dimensionamento de câmaras frigoríficas de uma distribuidora de bebidas com relação à demanda de utilização.

[manuscrito] / Alex Duarte Ferreira. - 2021.

83 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Luís Antônio Bortolaia.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Refrigeração. 2. Frigoríficos. 3. Câmara fria. 4. Câmara frigorífica. I. Bortolaia, Luís Antônio. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.



FOLHA DE APROVAÇÃO

Alex Duarte Ferreira

Análise do dimensionamento de câmaras frigoríficas de uma distribuidora de bebidas com relação à demanda de utilização

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 12 de Agosto de 2021

Membros da banca

DSc. Luís Antônio Bortolaia - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Luiz Joaquim Cardoso Rocha (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Edson Alves Figueira Junior (Universidade Federal de Ouro Preto)

Luís Antônio Bortolaia orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 25/08/2021



Documento assinado eletronicamente por **Luís Antonio Bortolaia, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/08/2021, às 16:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edson Alves Figueira Junior, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/08/2021, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Joaquim Cardoso Rocha, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/08/2021, às 12:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0212476** e o código CRC **5EAC4962**.

Aos meus pais dedico mais essa etapa vencida, por todo apoio, dedicação e carinho durante todo esse tempo.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por estar chegando ao final da minha trajetória acadêmica. Agradeço também aos meus pais, Dário e Vanisia, por terem me dado todo o suporte e confiança durante todos esses anos. Agradeço também ao meu irmão Guilherme, por sempre estar ao meu lado e apoiar nas decisões.

À UFOP, por ter proporcionado acesso ao ensino superior de qualidade, com acesso a professores e profissionais altamente qualificados.

Ao professor Luís Antônio Bortolaia por ter aceito participar desta orientação, ter tido paciência e dedicação ao longo do desenvolvimento do projeto.

À cidade de Ouro Preto, por ter proporcionado os melhores anos da minha vida, período este, de grande amadurecimento pessoal/profissional e de grandes amizades.

E por fim, à minha família republicana Saideira, por ter se tornado minha casa e família em Ouro Preto, onde tanto aprendi.

“Não desista. Geralmente é a última chave no chaveiro que abre a porta.”

Paulo Coelho

FERREIRA, Alex Duarte: **Análise do dimensionamento de câmaras frigoríficas de uma distribuidora de bebidas com relação à demanda de utilização**, 2021 (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade verificar o projeto das câmaras frias de um estabelecimento de bebidas, a fim de analisar, se os equipamentos estão bem dimensionados para a demanda de utilização atual. Dos meios de conservação de alimentos, o frio é um dos mais conhecidos e eficientes, utilizado desde os primórdios da humanidade. Com a invenção da máquina frigorífica na metade do século XIX, esse tipo de conservação ganhou grande impulso. Nos dias atuais a utilização dos equipamentos de refrigeração acontece em largas escalas e em praticamente todos os ambientes, desde o doméstico ao industrial. As câmaras frias são de grande importância pois têm como objetivo prolongar a vida útil dos alimentos, preservando os aspectos de qualidade dos mesmos. Na concepção de um projeto de uma câmara, deve-se levar em consideração vários fatores, como: produto a ser armazenado, volume de produto, massa de produto a ser estocado, condições climáticas do local, condições de utilização da câmara, dentre outros. É importante realizar o levantamento de todas as informações para que se possa obter o valor correto de carga térmica requerida, para se ter o mais próximo possível da exatidão, e assim realizar o dimensionamento dos equipamentos da câmara fria. Com o passar do tempo, muitos estabelecimentos acabam mudando a rotina de utilização das câmaras, porém a revisão do projeto inicial não é realizada. O estudo teve o intuito em verificar se os projetos iniciais, estavam de acordo com a demanda de utilização atual. Sendo assim, o presente estudo engloba: (i) a apresentação do problema, determinação dos objetivos, revisão bibliográfica, para ajudar na solução do problema estudado, metodologia adotada na captação de dados e apresentação dos resultados, (ii) apresentação dos dados relativos as câmaras pré-existentes, local de instalação e rotina de utilização das mesmas, (iii) cálculo das cargas térmicas requeridas e verificação dos equipamentos instalados, (iv) apresentação dos problemas encontrados durante a visita de campo, (v) conclusão a respeito do dimensionamento e sugestões de melhoria. Foi verificado que os evaporadores das câmaras 1 e 3 estão subdimensionados, sendo assim, foi sugerido novos evaporadores para que a demanda de utilização seja atendida.

Palavras-chave: Carga térmica de refrigeração. Dimensionamento. Câmara fria.

FERREIRA, Alex Duarte: Case study: verification and selection of equipment for existing cold rooms of a beverage distributor, 2021 (Graduate in Mechanical Engineering). Federal University of Ouro Preto.

ABSTRACT

The present work has as necessary to verify the design of the chambers of a beverage establishment, an analysis purpose, if the equipment's are well dimensioned for the current usage demand. The cold method, is the best and most efficient way of food preservation that we known, and it's used since the dawn of humanity. With the invention of the refrigerating machine in the mid-nineteenth century, this type of conservation gained great momentum. Nowadays, the use of refrigeration equipment happens on large scales and in practically all environments, from domestic to industrial. Cold rooms are of great importance as they aim to prolong the shelf life of food, preserving its quality aspects. When designing a chamber project, several factors must be taken into account, such as: product to be stored, product volume, mass of product to be stored, local weather conditions, chamber use conditions, among others. It is important to carry out the survey of all the information so that you can obtain the correct value of the required thermal load, in order to have the closest possible accuracy, in order to carry out the dimensioning of the cold room equipment. Over time, many establishments end up changing the routine of using the chambers, but the initial project review is not carried out. The study aimed to verify if the initial projects were in accordance with the current usage demand. Therefore, this study encompasses: (i) the presentation of the problem, determination of objectives, literature review, to help solve the problem studied, methodology adopted in data collection and presentation of results, (ii) presentation of data related to pre-existing chambers, installation site and routine for their use, (iii) calculation of required thermal loads and verification of installed equipment, (iv) presentation of problems encountered during the field visit, (v) conclusion regarding the design and suggestions for improvement. It was found that the evaporators in chambers 1 and 3 are undersized, so new evaporators were suggested so that the demand for use is met.

Keywords: Cooling thermal load. Sizing. Cold chamber.

LISTA DE SIMBOLOS

$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
MG	Minas Gerais
PUR	Espuma rígida de Poliuretano
EPS	Poliestireno expandido
PVC	Policloreto de vinila
\dot{Q}	Fluxo de calor que penetra na câmara através das superfícies (kcal/h)
A	Área das superfícies (m^2)
ΔT	Diferencial de temperatura entre o ambiente externo e interno
R_T	Resistência térmica imposta ao fluxo de calor (K/W)
α_e	Coefficiente de convecção externo(kcal/h.m ² .°C)
α_i	Coefficiente de convecção interno(kcal/h.m ² .°C)
k_a	Condutividade térmica da alvenaria(kcal/h.m.°C)
k_i	Condutividade térmica do isolante(kcal/h.m. °C)
L_a	Espessura da alvenaria(m)
L_i	Espessura do isolante(m)
T_{ext}	Temperatura externa (°C)
T_{cam}	Temperatura interior da câmara (°C)
$\Delta T'$	Correção para a diferença de temperaturas em câmaras frigoríficas(°C)
G_M	Movimentação diária de um determinado produto na câmara (kg/dia)
$c_{p,1}$	Calor específico do produto antes do congelamento (kcal/kg.°C)
h_{cg}	Calor latente do produto (kcal/kg)
$c_{p,2}$	Calor específico do produto após o congelamento (kcal/kg.°C)
G_T	Quantidade total de produtos na câmara (kg)
Q_{resp}	Quantidade de calor liberado pela respiração do produto (kcal/kg.dia)
Q_{emb}	Calor devido à embalagem (kJ/24h)
M_{emb}	Massa diária de embalagem (kg/24h)
$C_{p,e}$	Calor específico da embalagem (kJ/kg°C)
T_p	Temperatura inicial da embalagem (°C)

T_i	Temperatura interna da câmara frigorífica (°C)
V_{cam}	Volume da câmara (m ³)
FTA	Fator de troca de ar (Trocas/dia)
$\Delta H'$	Calor cedido por metro cúbico de ar que entra na câmara (kcal/m ³)
A	Área (m ²)
T	Tempo de utilização (horas/24horas)
n	Número de pessoas no interior da câmara
q	Calor liberado pelos ocupantes (kcal/h.pessoa)
τ	Tempo de ocupação (h)
W_{vent}	Potência total dos ventiladores (cv)
η_{vent}	Rendimento dos ventiladores
τ_{vent}	Tempo de operação dos ventiladores compressores (h/dia)
Q_t	Soma de todas as cargas térmicas (kcal/dia)
τ_{op}	Tempo de operação do compressor (h/dia)
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de câmara de alvenaria	5
Figura 2: Esquema de câmara modular	6
Figura 3: Componentes de fixação e vedação.	8
Figura 4: Liberação de porta frigorífica por dentro.	9
Figura 5: Comportamento do fluxo de ar da cortina à entrada da câmara, em função da velocidade e fluxo de ar adotado.	10
Figura 6: Fatores que afetam as cargas térmicas	12
Figura 7: Esquema de uma parede de alvenaria de uma câmara frigorífica.....	14
Figura 8: Variação do coeficiente de convecção com a velocidade do ar.....	15
Figura 9: Gráfico de calor devido a motores internos.	24
Figura 10: Software para cálculo de carga térmica - Coolselector 2.....	26
Figura 11: Software de cálculo de carga térmica - Elgin Refrigeração.....	27
Figura 12: Fluxograma de materiais e métodos.....	30
Figura 13: Unidade evaporadora MIPAL modelo MI0062 da câmara 1.....	34
Figura 14: Capacidade frigorífica evaporador MIPAL modelo MI0062.	34
Figura 15: Compressor BRISTOL modelo H23A423ABCA da câmara 1.	34
Figura 16: Capacidade frigorífica do compressor BRISTOL modelo H23A423ABCA.....	35
Figura 17: Unidade evaporadora Delta Frio modelo DFT 52.74 da câmara 2.	35
Figura 18: Capacidade frigorífica unidade evaporadora Delta Frio modelo DFT 52.74	35
Figura 19: Unidade condensadora Danfoss modelo HCZ022B20N da câmara 2.	36
Figura 20: Capacidade frigorífica unidade condensadora Danfoss modelo HCZ022B20N. ...	36
Figura 21: Unidade evaporadora Delta Frio modelo DF 15.47 da câmara 3.....	36
Figura 22: Capacidade frigorífica unidade evaporadora Delta Frio modelo DF 15.47.....	37
Figura 23: Compressor BRISTOL modelo H23A423ABCA da câmara 3.	37
Figura 24: Peso de uma garrafa de vidro de 1l.	38
Figura 25: Peso do engradado que comporta as 12 garrafas.	38

Figura 26 - Avarias encontradas nas portas.....	40
Figura 27: Evaporador congelado.	40
Figura 28: Distribuição de caixas no interior das câmaras.....	41
Figura 29: Estoque ao ar livre.....	41
Figura 30: Input de dados da câmara 1.....	51
Figura 32:Input de dados da câmara 3.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficiente Global de Transmissão de calor (U) - PUR	7
Tabela 2: Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) - EPS	7
Tabela 3: Parâmetros de projeto para algumas cidades brasileiras	12
Tabela 4: Condutividade térmica de alguns materiais usados na refrigeração industrial.....	16
Tabela 5: Classificação do isolamento x Fluxo de calor	16
Tabela 6: Correção para a diferença de temperaturas em câmaras frigoríficas ($\Delta T'$).....	17
Tabela 7: Calor específico para embalagens comuns.....	19
Tabela 8: Fator de troca de ar de câmaras frigoríficas para conservação.....	20
Tabela 9: Calor cedido pelo ar externo ao entrar na câmara	21
Tabela 10: Calor liberado por ocupante em função da temperatura da câmara	23
Tabela 11: Calor dissipado por motores elétricos	24
Tabela 12: Tempo de operação típico de compressores frigoríficos.....	25
Tabela 13: Variáveis e indicadores da pesquisa.	31
Tabela 14: Dados construtivos das câmaras frias.....	33
Tabela 15: Condições de contorno para as câmaras 1 e 3.	42
Tabela 16: Condições de contorno para a câmara 2.	43
Tabela 17: Cálculo do calor transmitido através das paredes para a câmara 1.	43
Tabela 18: Cálculo do calor transmitido através dos produtos para câmara 1.	43
Tabela 19: Cálculo do calor transmitido através das embalagens da câmara 1.....	44
Tabela 20: Cálculo do calor transmitido através da infiltração de ar para câmara 1.....	44
Tabela 21: Cálculo do calor transmitido através das pessoas para câmara 1.	44
Tabela 22: Cálculo do calor transmitido pela iluminação para câmara 1.....	45
Tabela 23: Cálculo do calor transmitido pelos motores internos para câmara 1.....	45
Tabela 24: Cálculo da carga térmica total da câmara 1.....	45

Tabela 25: Cálculo do calor transmitido através das paredes para câmara 2.	46
Tabela 26: Cálculo do calor transmitido através dos produtos para a câmara 2.	46
Tabela 27: Cálculo do calor transmitido através da infiltração de ar para câmara 2.....	46
Tabela 28: Cálculo do calor transmitido através das pessoas para câmara 2.	47
Tabela 29: Cálculo do calor transmitido pela iluminação para câmara 2.....	47
Tabela 30: Cálculo do calor transmitido pelos motores internos para a câmara 2.	47
Tabela 31: Cálculo da carga térmica total para a câmara 2.	48
Tabela 32: Cálculo do calor transmitido através das paredes para câmara 3.	48
Tabela 33: Cálculo do calor transmitido através dos produtos para câmara 3.	48
Tabela 34: Cálculo de calor transmitido através das embalagens para câmara 3.....	49
Tabela 35: Cálculo do calor transmitido através da infiltração de ar para câmara 3.....	49
Tabela 36: Cálculo do calor transmitido através das pessoas para câmara 3.	49
Tabela 37: Cálculo do calor transmitido pela iluminação para câmara 3.....	49
Tabela 38: Cálculo do calor transmitido pelos motores internos para a câmara 3.	50
Tabela 39: Cálculo da carga térmica total para a câmara 3.	50
Tabela 40: Percentual das cargas térmicas individuais.	50
Tabela 41: Resultado Coolselector2 para a câmara 1.....	53
Tabela 42: Resultado Coolselector2 para a câmara 3.....	54
Tabela 43: Comparativo entre valores calculados.....	55
Tabela 44: Comparativo entre valores calculados sem o fator de segurança.....	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Geral	3
1.3.2	Específicos.....	3
1.4	Estrutura do Trabalho	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Câmara frigorífica.....	4
2.2	Tipos de câmara frigorífica.....	5
2.2.1	Câmara frigorífica em alvenaria	5
2.2.2	Câmara frigorífica modular	6
2.3	Componentes das câmaras frigoríficas	6
2.3.1	Módulo frigorífico	7
2.3.2	Porta frigorífica.....	8
2.3.3	Equipamentos de refrigeração	9
2.3.4	Acessórios.....	10
2.4	Carga térmica.....	11
2.4.1	Condições externas de projeto.....	12
2.4.2	Condições internas de projeto.....	13
2.4.3	Carga térmica devido a transmissão de calor	13
2.4.4	Carga térmica devido aos produtos	17
2.4.5	Carga térmica devido a embalagem	18
2.4.6	Carga térmica devido à infiltração de ar externo.....	19
2.4.7	Carga térmica devido à iluminação	22
2.4.8	Carga térmica devido à presença de pessoas	22
2.4.9	Carga térmica devido aos motores dos ventiladores	23
2.4.10	Capacidade frigorífica	25
2.5	Uso de softwares para estimativa de carga térmica.....	25
2.6	Boas práticas para utilização das câmaras frias.....	27
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	Tipo de pesquisa	29

3.2	Materiais e métodos.....	30
3.3	Variáveis e indicadores.....	31
3.4	Instrumento de coleta de dados	32
3.5	Tabulação de dados	32
3.6	Considerações finais do capítulo	32
4	RESULTADOS	33
4.1	Descrição da aplicação	33
4.2	Descrição dos equipamentos	33
4.2.1	Equipamentos da câmara 1	34
4.2.2	Equipamentos da câmara 2	35
4.2.3	Equipamentos da câmara 3	36
4.2.4	Características do local	37
4.2.5	Características dos produtos armazenados	37
4.2.6	Abertura de porta	39
4.2.7	Iluminação	39
4.2.8	Circulação de pessoas	39
4.2.9	Possíveis problemas.....	39
4.3	Cálculo da carga térmica	42
4.4	Composição da Carga Térmica.....	42
4.4.1	Câmara 1	43
4.4.2	Câmara 2.....	46
4.4.3	Câmara 3.....	48
4.5	Representatividade das cargas térmicas individuais no sistema.....	50
4.6	Validação dos Dados no Software.....	51
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	55
5.1	Conclusão	55
5.2	Melhorias no sistema	56
5.3	Recomendações	57
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	58
	ANEXO 1 - TABELA DE DADOS RELACIONADOS AOS PRODUTOS	61
	ANEXO 2 - CATÁLOGO DE EVAPORADORES - MIPAL	63
	ANEXO 3 - CATÁLOGO DE COMPRESSORES - BRISTOL	64

ANEXO 4 - CATÁLOGO DE EVAPORADORES MODELO DFT - DELTAFRIO.....	65
ANEXO 5 - CATÁLOGO DE UNIDADE EVAPORADORA - DANFOSS	66
ANEXO 6 - CATÁLOGO DE EVAPORADORES MODELO DF - DELTAFRIO	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

O frio é um dos métodos mais conhecidos para a conservação de produtos. “Entretanto, foi com a invenção da máquina frigorífica na metade do século XIX que a conservação dos alimentos pelo frio tomou um grande impulso” (COSTA, 1982, p. 255).

A refrigeração é conceituada de acordo com Costa (1982), como o processo de retirada de calor dos corpos com consumo de energia, ou seja, um processo forçado de troca de calor. Ainda segundo Costa (1982) a quantidade de calor a ser retirada do sistema que irá sofrer o processo de refrigeração, por unidade de tempo, é denominado como potência frigorífica ou carga térmica de refrigeração.

A refrigeração para conservação de produtos é utilizada em várias áreas, desde o uso doméstico até o uso industrial e de transporte (VILAIN, 2018).

De acordo com Vilain (2018), como aplicação doméstica tem-se os refrigeradores domésticos, que são divididos em dois compartimentos, o de congelados, que varia entre -8°C e -18°C e o de resfriados que varia de $+2^{\circ}\text{C}$ e 7°C .

Já as aplicações industriais, de acordo com Vilain (2018) envolvem temperaturas de congelamento e estocagem que variam entre -5°C e -35°C . As fábricas de gelo, grandes instalações de empacotamento de gêneros alimentícios (carnes, peixes, aves), cervejarias, fábricas de laticínios, de processamento de bebidas concentradas e outras podem ser classificados como utilização de escala industrial.

Segundo Vilain (2018) a refrigeração para transporte se faz cada vez mais necessária nos dias atuais, visto que grandes conglomerados urbanos não são capazes de produzir todos os produtos necessários para o consumo. O transporte de produtos refrigerados oriundos de outras regiões se faz muito necessário, carregamentos que muitas vezes são realizados através de navios, caminhões e contêineres refrigerados.

As câmaras frias ou frigoríficas, tratam-se de locais para armazenagem de produtos com condições internas controladas por um sistema de refrigeração, podendo ser para armazenar resfriados ou congelados (VILAIN, 2018).

Chagas (2012) relata a importância de realizar um estudo prévio das condições de serviço a ser realizado dentro da câmara, do produto a ser armazenado, da quantidade de produto

estocado e das condições climáticas do local, levando sempre em consideração as condições mais críticas e a periodicidade de ocorrência dessas condições.

Ainda de acordo com Chagas (2012) é através dessas informações que é possível efetuar um correto balanço térmico e determinar a capacidade de refrigeração necessária dos equipamentos do sistema de refrigeração, de forma a evitar um subdimensionamento e superdimensionamento dos equipamentos, assim obtendo a racionalização do consumo de energia elétrica.

Este trabalho tem por objetivo analisar as condições de operação de uma distribuidora de bebidas da cidade de Ouro Preto -MG e validar através da determinação da carga térmica requerida pela operação, se os equipamentos utilizados estão bem dimensionados para a demanda de utilização relatada pelo dono do estabelecimento durante entrevistas de campo.

Sendo assim, chega-se ao problema:

Como realizar verificação do dimensionamento de câmaras frias já existentes com relação à demanda de utilização?

1.2 Justificativa

Com base em experiências vividas pelas repúblicas estudantis da cidade de Ouro Preto, onde na maioria das vezes as bebidas são entregues a uma temperatura elevada para o consumo. Com o intuito de buscar respostas do porquê disso, foi realizado visitas a um centro de distribuição de bebidas.

O presente trabalho é justificado pelo fato de muitas vezes os projetos de câmaras frigoríficas serem concebidos e ficarem longos períodos sem sofrer nenhum tipo de revisão. A demanda de utilização e produtos armazenados em seu interior sofrem alterações, mas os equipamentos selecionados na concepção do projeto permanecem os mesmos.

A revisão do projeto inicial e realização de manutenções é importante para que o estabelecimento não perca a qualidade do produto e do atendimento, gerando insatisfação do cliente em relação aos produtos entregues pelo local.

É importante também verificar se está ocorrendo algum subdimensionamento ou superdimensionamento do sistema de refrigeração para evitar um gasto desnecessário de energia elétrica

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Realizar a verificação do projeto de câmaras frias já existentes e analisar se os equipamentos estão bem dimensionados.

1.3.2 Específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre câmara frigorífica, tipos de câmaras, cálculo da carga térmica, boas práticas para armazenamento de bebidas e utilização de softwares para projetos;
- Realizar o levantamento de dados do projeto a ser utilizado;
- Realizar o cálculo da carga térmica das câmaras;
- Analisar a câmara já instalada de acordo com a demanda de uso relatada;
- Analisar os componentes da câmara frigorífica;
- Avaliar e propor melhorias para uma melhor utilização.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentada a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos geral e específicos. O segundo capítulo, apresentará a revisão bibliográfica sobre o conceito de câmaras frias, os tipos de câmaras, o cálculo para determinação da carga térmica requerida, boas práticas para armazenamento de bebidas em ambientes refrigerados e utilização de softwares para determinação da carga térmica e seleção de equipamentos. No terceiro capítulo, será apresentada a metodologia da pesquisa. No quarto capítulo, serão analisados os resultados obtidos e no último será apresentada a conclusão do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Câmara frigorífica

Segundo Chagas (2012, p.1):

Uma câmara frigorífica é qualquer espaço de armazenagem, que tenha as suas condições internas controladas por um sistema de refrigeração. Existem basicamente dois tipos de câmaras:

- Câmaras de resfriados, cuja finalidade é proteger os produtos em temperaturas próximas de 0 °C.
- Câmaras de congelados, cuja finalidade é proteger o período de estocagem dos produtos, à baixas temperaturas, em geral abaixo de -18 °C.

As câmaras frigoríficas são ambientes amplos e customizados à necessidade do cliente e utilização, o que permite a movimentação de pessoas e produtos no seu interior, o que se torna um diferencial em comparação a sistemas domésticos. Dessa forma sempre deve ser feito um estudo e projeto específico para cada câmara frigorífica, de acordo com a necessidade de cada cliente (DUFRIIO, 2017).

De acordo com Campos (2015), a câmara frigorífica tem como objetivo manter ou reduzir a temperatura do produto até a temperatura desejada através do dimensionamento, levando em consideração os acréscimos de temperatura devido a respiração do produto, iluminação da câmara, motores (ventiladores, empilhadeiras), infiltrações de ar quente devido a movimentação de pessoas, abertura de entradas do sistema e fluxo de calor através de paredes, piso e teto.

Ainda de acordo com Dufrio (2017), o ideal é sempre recorrer a uma empresa especializada e confiável no assunto, que ofereça um adequado suporte e uma boa engenharia de aplicação, para auxiliar no dimensionamento, definição de modelo e instalação de toda estrutura mais adequada, dentro do melhor custo x benefício.

2.2 Tipos de câmara frigorífica

2.2.1 Câmara frigorífica em alvenaria

De acordo com Oliveira e Paiva (2016), as câmaras frigoríficas de alvenaria devem ser utilizadas quando deseja-se armazenar um grande volume de produtos. Como característica, este tipo de câmara deve ser instalado onde irá funcionar, por tratar-se de uma estrutura fixa. Portanto, para a construção e armazenamento do produto, uma área maior é necessária. A Figura 1 apresenta um esquemático da estrutura de uma câmara de alvenaria.

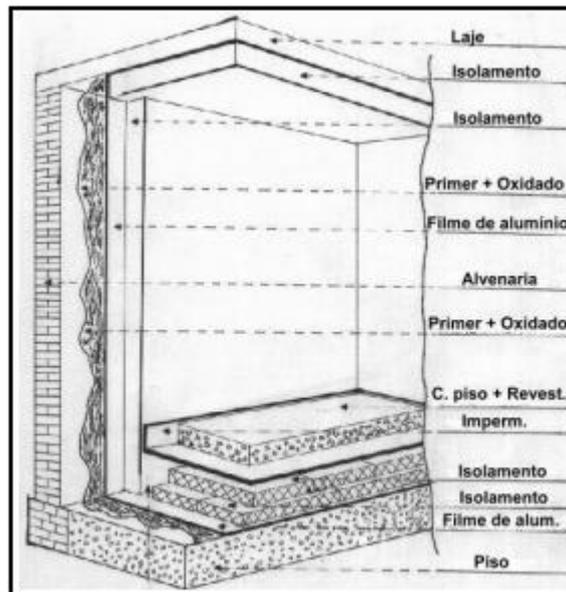


Figura 1: Esquema de câmara de alvenaria
 Fonte: (<https://tectermica.com.br/>).

Segundo Costa (1982), as portas desse tipo de câmara devem ser isotérmicas e possuir a espessura do isolamento, sempre que possível igual à do isolamento das paredes. Geralmente as portas são feitas de madeira de lei, chapa de ferro ou até mesmo plástico. E como isolante pode ser adotado cortiça, poliestireno ou espuma rígida de poliuretano expandido.

Ainda de acordo com Costa (1982), as portas podem ser de encaixar ou sobrepor, de dobradiças ou de correr. Sendo a de sobrepor corredeiras de acionamento mecânico automático a mais utilizada. Para garantir uma vedação perfeita, o batente das portas frigoríficas, deve ser contínuo, inclusive na soleira.

“Nas construções modernas onde as câmaras geralmente tem ligação direta com o exterior, para evitar grandes penetrações de calor através da porta quando a mesma está aberta,

são adotadas como proteção adicional: portas de vai e vem de plásticos ou cortinas de ar” (COSTA, 1982, p.241).

2.2.2 Câmara frigorífica modular

De acordo com Silva (2016), as câmaras modulares podem ser feitas em qualquer dimensão com o uso de painéis pré-moldados, o que permite uma construção de forma ágil, econômica por não ter que alterar a estrutura do local e permite a ampliação e remoção com rapidez. A Figura 2 apresenta e exemplifica a estrutura de uma câmara modular.



Figura 2: Esquema de câmara modular
Fonte: (<https://www.gfrio.com.br/>)

Ainda segundo Silva (2016), o alto custo e tempo de construção prolongado das câmaras de alvenaria, foram fatores que contribuíram para a difusão das câmaras modulares, construídas por painéis isolantes pré-moldados, com rigidez obtida através do acoplamento do isolante propriamente dito e camadas de revestimento. A conexão entre os painéis é feita através de junções metálicas.

2.3 Componentes das câmaras frigoríficas

Em sua obra, Vilain (2018), divide as câmaras em quatro principais componentes:

- Modulo frigorífico: painel frigorífico (autoportante e desmontável) ou alvenaria (requer paredes/laje para fixar o isolamento térmico);

- Porta frigorífica: giratória, correr, guilhotina, entre outras;
- Equipamentos de refrigeração: Split system (remoto) ou Plug-in (fixado na lateral da câmara);
- Acessórios: cortina, pallet, estantes, estrado, entre outros.

2.3.1 Módulo frigorífico

De acordo com Vilain (2018), os painéis de câmaras modulares geralmente possuem 50mm espessura ou mais, com revestimento de chapas de aço galvanizado e pré-pintado, na cor branca. Esses painéis que são constituídos por duas chapas metálicas interligados por um núcleo isolante são descritos por Chagas (2012), como painéis “sanduíche”.

De acordo com Chagas (2012), dois tipos de isolantes são predominantes nesses tipos de painéis:

- Espuma rígida de Poliuretano (PUR);
- Poliestireno expandido (EPS).

Através da Tabela 1 e Tabela 2 pode-se obter o coeficiente global de transmissão de calor (U) para os dois materiais, correlacionando com a espessura do isolante.

Tabela 1: Coeficiente Global de Transmissão de calor (U) - PUR

Espessura (mm)	U (kcal/h. m ² . °C)
50	0,042
80	0,026
100	0,021
120	0,017
150	0,014
175	0,012
200	0,010
250	0,008

Fonte: Chagas (2012)

Tabela 2: Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) - EPS

Espessura (mm)	U (kcal/h. m ² . °C)
50	0,055
80	0,035
100	0,028
125	0,022
165	0,017
200	0,014
250	0,011

Fonte: Chagas (2012)

Segundo Vilain (2018) esses painéis são interligados através de juntas do tipo Macho e fêmea com perfil de recobrimento metálico da junta, caixas de junção com corpo de plástico e gancho em aço desenvolvido para a estruturação e aplicação de cordão de silicone pelo lado que corresponde à barreira de vapor. Esse modelo construtivo pode ser observado através da Figura 3.



Figura 3: Componentes de fixação e vedação.
Fonte: Wirz, 2011.

2.3.2 Porta frigorífica

A porta frigorífica é um dos elementos mais importantes da câmara fria. De acordo com Vilain (2018) elas são divididas em dois principais tipos: portas giratória e de correr. A primeira é fixada por meio de dobradiças e a segunda funciona por meio de trilhos.

Para a escolha do tipo de porta mais adequado a ser utilizado deve-se levar em consideração a necessidade. Segundo Vilain (2018) as portas giratórias necessitam de um espaço frontal disponível para que elas sejam abertas, por outro lado, as portas de correr exigem que a parede da câmara em que a porta está instalada, possua ao menos o dobro da largura da porta, para que a porta possa ser aberta por completo, além de possuir um custo mais elevado.

Em sua obra Wirz (2011), fala que a maioria das portas de câmaras frigoríficas são embutidas, de fechamento automático e vedação automática. A porta fica igual ao nível da

parede quando fechada; quando a porta é fechada, as gaxetas são bem ajustadas ao marco da porta para vedar o frio.

Um medo comum de várias pessoas é ficar preso por dentro das câmaras frias, mas de acordo com Wirz (2011), as seções das portas são feitas com um mecanismo para abrir pelo interior. Esses mecanismos permitem que a porta possa ser aberta por dentro, mesmo se estiverem trancadas por fora, como pode ser observado na Figura 4.



Figura 4: Liberação de porta frigorífica por dentro.

Fonte: Wirz, 2011.

2.3.3 Equipamentos de refrigeração

Entre os principais itens de equipamentos de uma câmara frigorífica, de acordo com Vilain (2018), destacam-se:

- Unidade evaporadora;
- Unidade condensadora;
- Válvula de expansão;
- Controlador;
- Válvulas solenoides;
- Visor de líquido;
- Filtro secador;

- Tubulações.

Os equipamentos de refrigeração de uma câmara fria podem ser divididos em dois tipos, segundo Vilain (2018):

- Plug-in (fixado na lateral da câmara) – Tem o sistema de resfriamento acoplado, semelhante a um ar condicionado do tipo janela. É de fácil instalação e possui melhor eficiência para câmaras de pequeno porte;
- Split system (remoto) – Equipamento tradicional encontrado mais comumente nas câmaras frias, composto por evaporadores, unidade condensadora, dispositivo de expansão, visor de líquido, dentre outros. Alguns componentes podem ser escolhidos de forma conjunta, mas também é possível selecionar um a um.

2.3.4 Acessórios

2.3.4.1 Cortinas de ar e termoplásticas

Em sua obra Chagas (2012) destaca a importância das cortinas de ar, que possuem como principal função minimizar o fluxo de ar quente e úmido para o interior da câmara. Esse tipo de acessório é extremamente recomendado quando há um intenso fluxo de movimentação de produto e uma contínua abertura de portas.

Chagas (2012), continua demonstrando a importância de uma correta distribuição e direção do ar para que se obtenha uma proteção eficiente à entrada do ar externo no interior da câmara, como pode ser observado pela Figura 5.

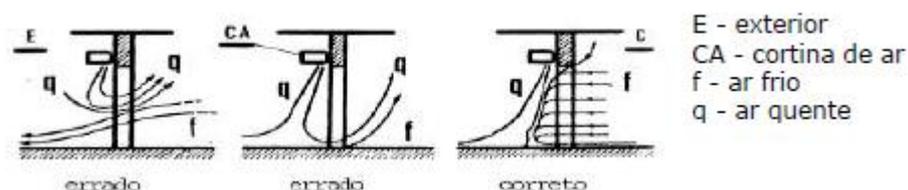


Figura 5: Comportamento do fluxo de ar da cortina à entrada da câmara, em função da velocidade e fluxo de ar adotado.

Fonte: Chagas,2012.

As cortinas termoplásticas, possuem o mesmo objetivo das cortinas de ar, minimizar o fluxo de ar quente para o interior da câmara. O material das cortinas na maioria dos casos é

PVC, possui fácil processo de instalação e o investimento é rapidamente compensado pelo fato de não haver gasto de energética elétrica (TECTERMICA, 2021).

2.3.4.2 Prateleiras

As prateleiras têm como principal objetivo garantir uma maior organização no interior da câmara, de forma que o produto seja refrigerado de forma correta e homogênea, e garanta espaço suficiente para circulação de pessoas no interior do ambiente refrigerado, garantindo agilidade e menor tempo de circulação de pessoas no espaço interno (MULTIFRIO, 2021).

2.4 Carga térmica

De acordo com Menezes, 2005(apud Ferreira e Marques, 2018), a carga térmica é a quantidade de calor que deve ser removida por unidade de tempo ou fornecida a um determinado local ou sistema para manter certas condições térmicas.

Ainda segundo Ferreira e Marques (2018), o cálculo da carga térmica é o principal item do projeto, pois este afeta no dimensionamento de todos os componentes: ventiladores, tubulação, dutos, difusores, serpentinas, compressores, etc. Portanto, é um cálculo que influencia significativamente no custo inicial do investimento, custo operacional e consumo de energia.

Segundo Venturini e Pirani (2005, p.67), “para o cálculo da carga térmica de câmaras frigoríficas para resfriamento, congelamento e armazenamento de produtos, além de um correto estabelecimento das condições climáticas do local e das condições internas da câmara, devem ser consideradas as seguintes parcelas”:

- Carga térmica decorrente da transmissão de calor pelas paredes, teto e piso;
- Carga térmica decorrente dos produtos contidos no interior da câmara;
- Carga térmica decorrente da infiltração de ar externo quando da abertura e fechamento das portas de acesso das câmaras; e
- Carga térmica decorrente das luzes, pessoas e outras fontes de calor no interior da câmara.

Na Figura 6 pode-se observar como os fatores atuam sobre a carga térmica dentro do recinto. Devido as cargas térmicas a temperatura do recinto sofrerá variação, e o papel do

sistema de refrigeração é compensar as perdas, mantendo o recinto na temperatura desejada (STOECKER e JONES, 1985).

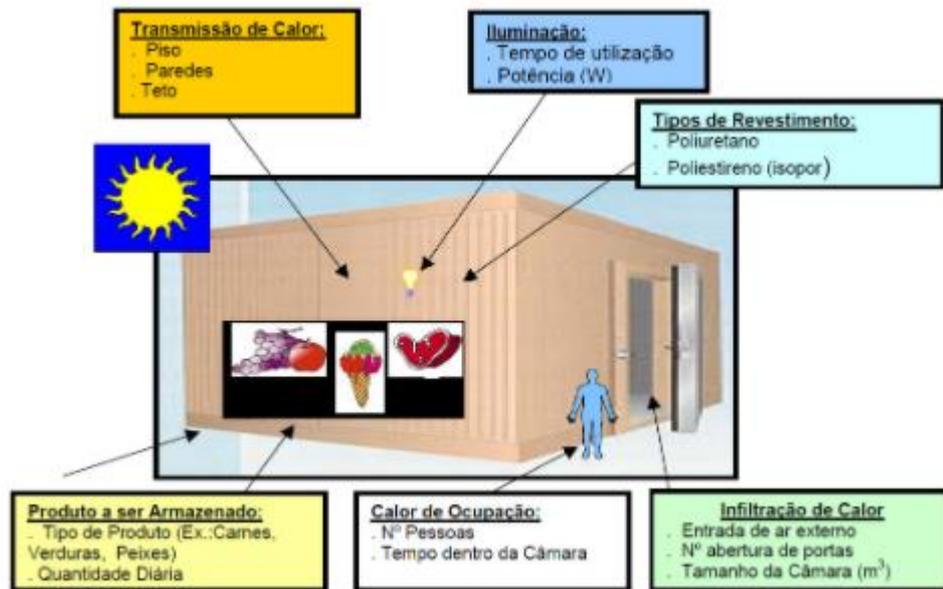


Figura 6: Fatores que afetam as cargas térmicas
Fonte: Silva (2016).

2.4.1 Condições externas de projeto

As condições externas de projeto podem ser obtidas através de normas técnicas, como a NBR-6401 e o livro de Goulart et al. (1998), ou de fontes específicas para a cidade considerada no projeto. Essas condições devem ser sobre o verão nas respectivas localidades (VENTURINI e PIRANI, 2005). A Tabela 3 apresenta informações sobre parâmetros de projeto para algumas cidades brasileiras.

Tabela 3: Parâmetros de projeto para algumas cidades brasileiras

CIDADE	TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)	ALTITUDE (M)
Belo Horizonte	32,0	52,0	858,0
Cuiabá	36,0	50,0	176,0
Florianópolis	32,0	62,0	Nível do mar
Manaus	35,0	65,0	92,0

Recife	32,0	62,0	Nível do mar
Rio de Janeiro	35,0	50,0	Nível do mar
Salvador	32,0	62,0	Nível do mar
São Paulo	31,0	55,0	760,0

Fonte: Venturini e Pirani, 2005.

2.4.2 Condições internas de projeto

De acordo com Venturini e Pirani (2005), para melhores resultados, cada produto deveria ser armazenado de acordo com suas características específicas de temperatura e umidade relativa, especificados em manuais. Porém não é o que ocorre na maioria das vezes, pois não é viável construir uma câmara para somente um tipo de produto. Assim, os produtos são divididos em grupos que requerem condições de armazenamento semelhantes.

Segundo Costa (1982), também deve-se determinar a finalidade da câmara (estocar, resfriar ou congelar), quantidade de produto a ser armazenado, condições de embalagem e de conservação (temperatura, umidade, atmosfera, duração), características técnicas sobre os produtos, características da construção da câmara, equipamentos no interior do recinto, etc.

2.4.3 Carga térmica devido a transmissão de calor

Venturini e Pirani (2005), definem a carga térmica devido a transmissão de calor como uma função do diferencial da temperatura entre os ambientes interno e externo da câmara, da condutividade térmica dos elementos construtivos do recinto (paredes, piso, teto, portas, etc.) e da área das superfícies expostas ao diferencial de temperaturas. Sendo assim, a carga térmica por ser calculada através da equação (1):

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \frac{\Delta T}{R_T} \quad (1)$$

Sendo:

\dot{Q} – Fluxo de calor que penetra na câmara através das superfícies (kcal/h);

A – Área das superfícies (m^2);

ΔT – Diferencial de temperatura entre o ambiente externo e interno ($^{\circ}C$);

R_T – Resistência térmica imposta ao fluxo de calor ($K/kcal/h.m^2$).

Para calcular a resistência térmica, Venturini e Pirani (2005) demonstram que se deve levar em consideração o coeficiente externo de convecção, a condutividade térmica dos elementos construtivos da parede, e o coeficiente de convecção interno. A Figura 7 representa a resistência térmica tomando-se uma câmara frigorífica de paredes de alvenaria.

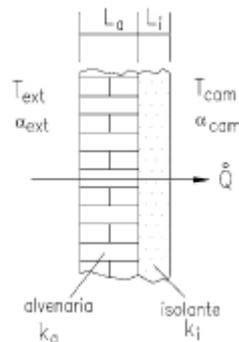


Figura 7: Esquema de uma parede de alvenaria de uma câmara frigorífica
Fonte: Venturini e Pirani (2005).

A resistência térmica é dada pela equação (12):

$$R_T = \frac{1}{\alpha_{ext}A} + \frac{L_a}{k_aA} + \frac{L_i}{k_iA} + \frac{1}{\alpha_{cam}A} \quad (2)$$

Onde:

α_e – Coeficiente de convecção externo($kcal/h.m^2.^{\circ}C$);

α_i – Coeficiente de convecção interno($kcal/h.m^2.^{\circ}C$);

k_a – Condutividade térmica da alvenaria($kcal/h.m.^{\circ}C$);

k_i – Condutividade térmica do isolante($kcal/h.m.^{\circ}C$);

L_a – Espessura da alvenaria(m);

L_i – Espessura do isolante(m).

Frota e Schiffer (2001, p32) dizem que “as trocas de calor por convecção são ativadas pela velocidade do ar, quando se trata de superfícies verticais. Nesse caso, mesmo que o

movimento do ar advinha de causas naturais, como o vento, o mecanismo de troca entre a superfície e o ar passa a ser considerado convecção forçada.”

Ainda de acordo com Frota e Schiffer (2001), o coeficiente de convecção pode ser definido através do gráfico da Figura 8.

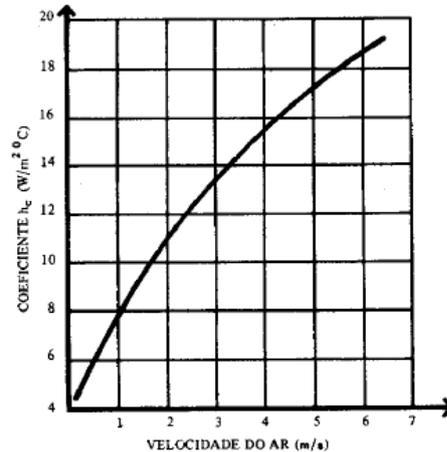


Figura 8: Variação do coeficiente de convecção com a velocidade do ar
Fonte: Croiset (1972, apud Frota e Schiffer 2001, p. 33)

Venturini e Pirani (2005), em sua obra afirmam que para o coeficiente interno de convecção utiliza-se valores entre 7,0 e 15,0 kcal/h.m².°C, e para o coeficiente externo adota-se 7,0 kcal/h.m².°C para o ar parado e até 35 kcal/h.m².°C para o ar com velocidade próxima a 20km/h.

Ainda de acordo com Venturini e Pirani (2005) a condutividade térmica dos materiais constituintes da câmara pode ser obtida através de dados fornecidos pelo fabricante ou através de tabelas, como a Tabela 4.

Tabela 4: Condutividade térmica de alguns materiais usados na refrigeração industrial

MATERIAL	k [kcal/h.m.oC]
Chapas de fibra de madeira	0,028
Cimento celular leve	0,06 - 0,103
Cortiça expandida pura	0,035
Cortiça granulada	0,05 - 0,069
Fibras de vidro	0,026
Folhas de papel corrugado	0,033
Poliuretano	0,018 - 0,028
Poliestireno (15 a 30 kg/m ³)	0,025 a 0,040
Resinas fenólicas	0,026
Vermiculite agregada ao cimento	0,06 - 0,086

Fonte: Venturini e Pirani, 2005, p. 190.

A espessura do isolante pode ser calculada de maneira simplificada, como citado por Venturini e Pirani (2005), o método consiste em fixar um valor para o fluxo de calor por área de parede. Segundo Costa (1982) e Chagas (2000), apud Venturini e Pirani (2005), os valores de fluxo são adotados de acordo com a qualidade do isolamento, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5: Classificação do isolamento x Fluxo de calor

Classificação do isolamento	Fluxo de Calor (kcal/h . m ²)
Excelente	8
Bom	10
Aceitável	12
Regular	15
Ruim	>15

Fonte: Chagas (2012, p. 6).

Fixado o valor do fluxo e desconsiderando-se a resistência térmica imposta pelo ar interno, pela parede e pelo ar externo, determina-se a espessura do isolamento através da equação (12).

$$L_i = \frac{k_i \Delta T}{(\dot{Q}/A)} \quad (3)$$

Venturini e Pirani (2005) definem que o diferencial de temperatura da equação 3 se dá pela diferença entre a temperatura externa e a temperatura da câmara, isto para equipamentos que não estão expostos ao sol. Já para equipamentos que sofrem de incidência de radiação solar direta, o ΔT deve ser corrigido em função da coloração e da orientação da parede exposta, sendo o cálculo realizado de acordo com a equação (12), e o $\Delta T'$ é dado pela Tabela 6.

$$\Delta T = (T_{ext} - T_{cam}) + \Delta T' \quad (4)$$

Tabela 6: Correção para a diferença de temperaturas em câmaras frigoríficas ($\Delta T'$)

TIPO DE SUPERFÍCIE	PAREDES			TETO
	LESTE	OESTE	NORTE	PLANO
Cor escura (preto, azul escuro, marrom, ardósia, etc).	5,0 °C	5,0 °C	3,0 °C	11,0 °C
Cor Média (cinza, amarelo, azul, etc).	4,0 °C	4,0 °C	2,5 °C	9,0 °C
Cor Clara (branco, azul claro, verde claro).	3,0 °C	3,0 °C	2,0 °C	5,0 °C

Fonte: Venturini e Pirani, 2005, p. 71.

Por fim, a carga térmica por transmissão de calor, de acordo com Venturini e Pirani (2005), pode ser calculada através da equação (12), onde (\dot{Q}/A) pode ser adotado de acordo com a qualidade do isolamento, e A corresponde a todas as áreas de superfície da câmara.

$$\dot{Q}_{trn} = \left(\frac{\dot{Q}}{A}\right) \cdot A \cdot 24 \quad (5)$$

2.4.4 Carga térmica devido aos produtos

De acordo com Costa (1982) e Venturini e Pirani (2005), a carga térmica devido a produtos no interior da câmara é a parcela de maior relevância na carga total da câmara e é composta pelas seguintes parcelas.

- Calor sensível antes do congelamento. Esta parcela se deve somente ao resfriamento do produto, para reduzir sua temperatura desde a temperatura de entrada até o início do congelamento;

- Calor latente de congelamento. Corresponde a parcela de retirada de calor do produto para que ocorra a mudança de fase;
- Calor sensível após o congelamento. Corresponde ao calor retirado do produto já congelado até a temperatura final de armazenamento do produto no interior da câmara;
- Calor de respiração. Calor liberado devido ao processo de respiração de frutas frescas e vegetais. A liberação desse calor varia com a temperatura, quanto maior for a temperatura menor será o calor devido a respiração.

Levantados todos os calores que influenciam na carga térmica devido aos produtos, a carga térmica pode ser definida pela equação (12).

$$\dot{Q}_{prod} = G_M [c_{p,1}(T_{ent} - T_1) + h_{cg} + c_{p,2}(T_1 - T_2)] + G_T Q_{resp} \quad (6)$$

Onde:

G_M – É a movimentação diária de um determinado produto na câmara (kg/dia);

$c_{p,1}$ – É o calor específico do produto antes do congelamento (kcal/kg.°C);

T_1 – Para câmaras de resfriamento, é a temperatura final do produto. Já para câmaras de congelamento é a temperatura de congelamento do produto (°C);

h_{cg} – É o calor latente do produto (kcal/kg);

$c_{p,2}$ – É o calor específico do produto após o congelamento (kcal/kg.°C);

T_2 – É a temperatura final do produto congelado (°C);

G_T – Quantidade total de produtos na câmara (kg);

Q_{resp} – É a quantidade de calor liberado pela respiração do produto (kcal/kg.dia).

Os dados para o cálculo de carga térmica pelos produtos podem ser observados no anexo 1.

2.4.5 Carga térmica devido a embalagem

De acordo com Silva (2016), a carga térmica devido a embalagens só é considerada quando o peso da embalagem representa um mínimo de 10% do peso bruto que entra na câmara. A carga térmica devido a embalagem pode ser calculada pela equação (12) e o valor de calor específico do material da embalagem pode ser encontrado através da Tabela 7.

$$Q_{emb} = m_{emb} \cdot c_{p,e} (T_p - T_i) \quad (7)$$

Onde:

Q_{emb} – É o calor devido à embalagem (kJ/24h);

M_{emb} – É a massa diária de embalagem (kg/24h);

$C_{p,e}$ – É o calor específico da embalagem (kJ/kg°C);

T_p – É a temperatura inicial da embalagem (°C);

T_i – É a temperatura interna da câmara frigorífica (°C).

Tabela 7: Calor específico para embalagens comuns

Tipo de Embalagem	Calor Específico (Kcal / kg °C)
Alumínio	0,2
Vidro	0,2
Ferro ou aço	0,1
Madeira	0,6
Papel Cartão	0,35
Caixa de Plástico	0,4

Fonte: Silva, 2016.

2.4.6 Carga térmica devido à infiltração de ar externo

A carga térmica devido a infiltração de ar externo de acordo Costa (1982) e Venturini e Pirani (2005), é relacionada através da entrada de ar externo para o interior da câmara e saída do ar gelado interno para o exterior da câmara, troca essa, que se dá através das aberturas da câmara ou através da abertura de portas.

Várias são as maneiras de se estimar a quantidade de ar que entra na câmara. Venturini e Pirani (2005), demonstram que o valor pode ser considerado através do fator de troca de ar (FTA) de uma câmara, levando em consideração o volume e o tipo de câmara. O FTA pode ser obtido através da Tabela 8 .

Ainda de acordo com Venturini e Pirani (2005), depois de conhecido o valor da troca de ar realizada diariamente pela câmara, pode-se calcular a carga térmica devido à infiltração de ar pela equação (12).

$$\dot{Q}_{inf} = V_{cam} \cdot FTA \cdot \Delta H' \quad (8)$$

Onde:

V_{cam} – É o volume da câmara (m^3);

FTA – É o fator de troca de ar (Trocas/dia);

$\Delta H'$ – É o calor cedido por metro cúbico de ar que entra na câmara ($kcal/m^3$. Tabela 9).

Tabela 8: Fator de troca de ar de câmaras frigoríficas para conservação

TABELA 2 - TROCA DE AR/24h POR ABERTURA DA PORTA E INFILTRAÇÃO							
Para Câmaras de Conservação $t/Temp. > 0^{\circ}C$				Para Câmaras de Conservação $t/Temp. < 0^{\circ}C$			
Vol. (m^3)	Trocas 24h	Vol. (m^3)	Trocas 24h	Vol. (m^3)	Trocas 24h	Vol. (m^3)	Trocas 24h
5	47	200	6	5	36	200	4,5
7	39	300	5	7	30	300	3,7
10	32	400	4,1	10	24	400	3,2
15	26	500	3,6	15	20	500	2,8
20	22	700	3	20	17	700	2,3
25	19	1000	2,5	25	15	1000	1,9
30	17	1200	2,2	30	13	1200	1,7
40	15	1500	2	40	11	1500	1,5
50	13	2000	1,7	50	10	2000	1,3
60	12	3000	1,4	60	9	3000	1,1
80	10	4000	1,2	80	8	4000	1,1
100	9	5000	1,1	100	7	5000	1
125	8	10000	0,95	125	6	10000	0,8
150	7	15000	0,9	150	5,5	15000	0,8

Obs.: Para uso intenso multiplicar por "2" os valores acima

Fonte: Coleção técnica 2.

Tabela 9: Calor cedido pelo ar externo ao entrar na câmara

COND. EXTERNAS		TEMPERATURA NA CÂMARA [°C]									
UR [%]	T _{ext} [°C]	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5
	15,0	23,2	21,3	19,4	17,4	15,5	13,4	11,1	8,5	5,5	2,2
	20,0	26,5	24,6	22,7	20,8	18,8	16,7	14,4	11,8	8,8	5,6
40	25,0	30,5	28,6	26,7	24,7	22,7	20,6	18,3	15,7	12,7	9,4
	30,0	35,1	33,2	31,3	29,3	27,3	25,1	22,8	20,2	17,2	13,9
	35,0	40,6	38,7	36,7	34,7	32,7	30,5	28,2	25,6	22,6	19,3
	40,0	47,2	45,2	43,2	41,2	39,1	37,0	34,6	32,0	28,9	25,6
	15,0	24,5	22,6	20,7	18,8	16,8	14,7	12,4	9,8	6,8	3,5
	20,0	28,4	26,5	24,6	22,6	20,6	18,5	16,2	13,6	10,6	7,3
50	25,0	33,0	31,0	29,	27,1	25,1	23,0	20,6	18,0	15,0	11,7
	30,0	38,4	36,5	34,5	32,5	30,5	28,3	26,0	23,4	20,3	17,0
	35,0	45,0	43,0	41,0	39,0	36,9	34,7	32,4	29,7	26,7	23,4
	40,0	52,8	50,8	48,8	46,7	44,6	42,4	40,0	37,4	34,3	30,9
	15,0	25,9	23,9	22,0	20,1	18,1	16,0	13,7	11,1	8,1	4,8
	20,0	30,2	28,3	26,4	24,4	22,4	20,2	17,9	15,3	12,3	9,0
60	25,0	35,4	33,5	31,5	29,6	27,5	25,4	23,0	20,4	17,4	14,1
	30,0	41,7	39,7	37,8	35,7	33,7	31,5	29,1	26,5	23,5	20,1
	35,0	49,3	47,3	45,3	43,2	41,1	38,9	36,5	33,9	30,8	27,4
	40,0	58,5	56,4	54,4	52,3	50,1	47,9	45,5	42,8	39,7	36,3
	15,0	27,2	25,3	23,4	21,4	19,4	17,3	14,9	12,3	9,3	6,0
	20,0	32,1	30,1	28,2	26,2	24,2	22,0	19,7	17,1	14,1	10,7
70	25,0	37,9	35,9	34,0	32,0	29,9	27,7	25,4	22,8	19,7	16,4
	30,0	45,0	43,0	41,0	39,0	36,9	34,7	32,3	29,6	26,6	23,2
	35,0	53,6	51,6	49,5	47,5	45,4	43,1	40,7	38,0	34,9	31,5
	40,0	64,1	62,0	60,0	57,8	55,7	53,4	50,9	48,2	45,1	41,6

Fonte: Venturini e Pirani, 2005

2.4.7 Carga térmica devido à iluminação

Para o cálculo da carga térmica dissipada pelas lâmpadas de acordo com Venturini e Pirani (2005), é necessário conhecer a potência das lâmpadas instaladas e o tempo de uso das mesmas. Porém pode-se considerar como a potência dissipada pelo sistema de iluminação como aproximadamente 10 W/m^2 . A Carga térmica devido a iluminação pode ser calculada através da equação (12).

$$\dot{Q}_{ilum} = 10 \cdot A \cdot \tau \cdot 0,86 \quad (9)$$

Onde:

A - Área da câmara (largura x comprimento) (m^2);

T - Tempo de utilização (horas/24horas).

2.4.8 Carga térmica devido à presença de pessoas

Segundo Venturini e Pirani (2005), a carga térmica devido à presença de pessoas vai depender da atividade que a pessoa irá realizar dentro da câmara, o tipo de vestimenta e da temperatura da câmara. De acordo com Costa (1982) quanto menor for a temperatura da câmara maior será a quantidade de calor liberada pelos ocupantes.

A carga térmica devido aos ocupantes pode ser calculada através da equação (12) e a quantidade de calor liberada por ocupante pode ser obtido através da Tabela 10.

$$\dot{Q}_{pes} = n \cdot q \cdot \tau \quad (10)$$

Onde:

n - É o número de pessoas no interior da câmara;

q - É o calor liberado pelos ocupantes (kcal/h.pessoa);

τ - É o tempo de ocupação (h).

Tabela 10: Calor liberado por ocupante em função da temperatura da câmara

$t_{\text{câmara}}$	kcal/h.pessoa
+10°C	180
+4	215
-1	240
-7	265
-12	300
-18	330
-24	360

Fonte: Costa, 1982, p. 284.

2.4.9 Carga térmica devido aos motores dos ventiladores

Outra fonte de calor importante, são dos motores dos ventiladores dos evaporadores no interior da câmara, no entanto, segundo Venturini e Pirani (2005), só é possível determinar a potência dissipada pelos ventiladores depois da escolha e seleção dos evaporadores, através de consulta ao catálogo do fabricante.

Continuando o raciocínio, de acordo Venturini e Pirani (2005), os evaporadores só podem ser selecionados após a determinação da carga total da câmara, o que inclui o calor liberado pelo próprio evaporador. A solução para essa situação é primeiro estimar a potência dos ventiladores e, em seguida, seleciona-se os evaporadores. A potência dos ventiladores selecionados, dada pelo catálogo do fabricante deve ser comparada a potência estimada. Caso não haja semelhança entre os valores, uma nova potência deve ser estimada e um novo equipamento deve ser selecionado.

Ainda seguindo a linha de raciocínio abordada por Venturini e Pirani (2005), para estimativa inicial, podem ser utilizados valores entre 0,5 e 1,0 cv por tonelada de refrigeração, para a potência mecânica dos ventiladores. Assim, a carga térmica devido aos ventiladores pode ser dada pela equação ou através da Tabela 11 ou através do método gráfico da Figura 9.

$$\dot{Q}_{vent} = \frac{W_{vent}}{\eta_{vent}} \tau \cdot 632 \quad (11)$$

Onde:

W_{vent} – É a potência total dos ventiladores (cv);

τ – É o tempo de operação dos ventiladores, que é igual ao tempo de operação dos compressores (h/dia);

η_{vent} – é o rendimento dos ventiladores (ver Tabela 11).

Tabela 11: Calor dissipado por motores elétricos

POTÊNCIA DO MOTOR [cv]	RENDIMENTO DO MOTOR [%]	CALOR LIBERADO [kcal/h.cv] (motor e carga na câmara)	CALOR LIBERADO [kcal/h.cv] (carga na câmara e motor fora)
Menor que 1/4	≈ 60	1050 (1,221)	632 (0,735)
1/2 a 1,0	≈ 70	900 (1,046)	632 (0,735)
1 ^{1/2} a 5,0	≈ 78	800 (0,930)	632 (0,735)
7 ^{1/2} a 20	≈ 84	750 (0,872)	632 (0,735)
Acima de 20 cv	≈ 88	725 (0,843)	632 (0,735)

Obs.: Os valores entre parênteses estão em kW/cv.

Fonte: Venturini e Pirani, 2005

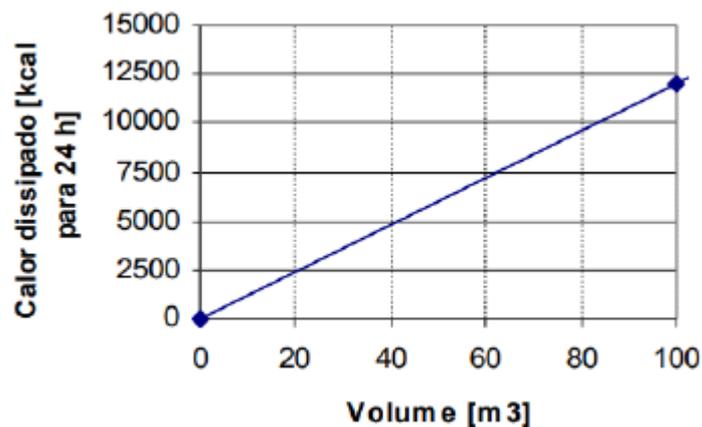


Figura 9: Gráfico de calor devido a motores internos.
Fonte: Vilain, 2018.

2.4.10 Capacidade frigorífica

O próximo passo após ser calculado todas as cargas térmicas dentro do ambiente refrigerado é determinar a capacidade frigorífica. De acordo com Venturini e Pirani (2005), o tempo de operação dos compressores, geralmente varia entre 16 a 20h/dia, de acordo com o tipo de instalação e temperatura da câmara, como pode ser observado na Tabela 12. Venturini e Pirani (2005) ainda dizem que o tempo de operação dos ventiladores dos evaporadores só é diferente ao dos compressores em câmara com degelo por circulação de ar.

Então, a capacidade frigorífica pode ser definida pela equação (12) .

$$\dot{Q}_o = \frac{\dot{Q}_t}{\tau_{op}} \quad (12)$$

Sendo:

\dot{Q}_t – É a soma de todas as cargas térmicas (kcal/dia);

τ_{op} – É o tempo de operação do compressor (h/dia).

Tabela 12: Tempo de operação típico de compressores frigoríficos

TIPO DE DEGELAMENTO DOS EVAPORADORES	TEMPO DE OPERAÇÃO DOS COMPRESSORES
Natural ($T_{CAM} > +1 \text{ }^\circ\text{C}$)	16 a 18 h/dia
Circulação de Ar e Aspersão de Água ($T_{CAM} > +1 \text{ }^\circ\text{C}$)	18 a 20 h/dia
Elétrico	até 20 h/dia
Por Gás Quente	20 a 22 h/dia

Fonte: Venturini e Pirani, 2005.

2.5 Uso de softwares para estimativa de carga térmica

Conforme Vilain (2018), diversos softwares diferentes podem ser adotados para a automatização do cálculo da carga térmica e geralmente são de empresas fabricantes de produtos que desejam auxiliar o cliente a selecionar os seus equipamentos.

Um ponto importante a ser destacado de acordo com Vilain (2018), é que geralmente os cálculos realizados por softwares e cálculos realizados manualmente não terão o mesmo valor

final de carga térmica, mas sim valores aproximados. Os cálculos tratam-se de estimativas, nas quais podem ter sido adotadas variáveis diferentes para as diversas etapas do cálculo. Porém um método não invalida o outro.

A Danfoss (2021), possui o software Coolselector 2 em que permite que o usuário selecione os componentes mais adequados com base em diversos parâmetros decisivos, como a capacidade de refrigeração, fluido refrigerante, temperatura de evaporação e condensação. O funcionamento do software através da Figura 10, onde pode-se ver os campos para preenchimento das variáveis do projeto.

Câmara Frigorífica - Passo 2 para 5: Revise a carga da câmara fria

As entradas abaixo são necessárias para calcular a capacidade de refrigeração requerida da Câmara Fria:

Comprimento: 6,00 m
Largura: 5,00 m
Altura: 3,60 m

Condições da câmara:
Temperatura: 278 K
Humidade relativa: 80 %
Horas de funcionamento: 17,3 h

Produtos:
Produtos diversificados
Quantidade por dia: 4000 kg
Temperatura de entrada: 283 K

Carga de calor de respiração:
Massa total na câmara: 20000 kg

Dimensões internas
 Dimensões externas

Troca de ar (infiltração):
Temperatura: 301 K
Humidade relativa: 55 %
 Abertura das portas:
Regular
 Taxa de troca do ar: 4,81
(vezes o volume da câmara por 24 horas)

Transferência de calor:
 Painéis padrão
 Painéis personalizados
Tipo: Poliuretano
Espessura: 0,1000 m
Temperatura do ambiente: 301 K
Temperatura abaixo do piso: 283 K
 O piso é isolado

Cargas adicionais:
Luzes: 240 W
Ventiladores: 210 W
Pessoas: 1 horas/dia
Outros: 0 W

Degelo
 Elétrico
 Natural
Potência: 1510 W
Degelos por dia: 4
Tempo de degelo: 30 mínimo

Ajuda < Anterior Próximo >

Figura 10: Software para cálculo de carga térmica - Coolselector 2.
Fonte: Autor, 2021.

Outro software conhecido é o da Elgin (2021), que possui suporte para cálculo de carga térmica, tanto na versão web que pode ser observado na Figura 11 quanto em aplicativo para celular.

Características do local de armazenagem

1 2 3 4 5

Data* 20/06/2021

Nome do Cliente*

Obra

Comprimento* 0 m

Largura* 0 m

Altura* 0 m

Volume* 0 m³

Área de Piso 0 m²

Temperatura Interna* 0 °C

Tipo de isolamento* Seleccione kcal m / m² h °C

Condutividade térmica (k)* 0 kcal m / m² h °C

Espessura do isolamento* 0 mm

Temperatura externa* Seleccione °C

PRÓXIMO

Figura 11: Software de cálculo de carga térmica - Elgin Refrigeração
 Fonte: Autor, 2021.

2.6 Boas práticas para utilização das câmaras frias

Muitas são as formas de se ter um adequado uso das câmaras frigoríficas visando-se ter um menor consumo de energia elétrica. Silva (2016) listas uma série de medidas que podem ser adotadas com boas práticas:

- Assim como nos balcões frigoríficos, deve-se evitar a entrada de produtos “quentes” nas câmaras frigoríficas, a grande maioria dos projetos de câmaras frigoríficas para supermercados é para produtos “pré –resfriados” e “pré – congelados”, sendo assim, as câmaras terão apenas que conservar os produtos que necessariamente terão que entrar com a temperatura próxima àquela que deve ser mantida;
- Evitar ultrapassar a capacidade máxima de armazenagem dos produtos ao qual a câmara foi dimensionada;
- Evitar misturar os produtos a serem conservados no interior das câmaras; cada produto possui uma temperatura de conservação diferente do outro;
- Luzes internas deverão ser apagadas quando as câmaras não estiverem sendo utilizadas;
- As portas das câmaras devem estar fechadas o máximo possível, uma prática errada é a de deixar a porta de uma câmara frigorífica aberta por períodos longos. Esta prática não só cria problemas para o conteúdo da câmara pela entrada de ar quente e úmido, mas também provoca o acúmulo de gelo no evaporador. Por outro lado, esse gelo excessivo impede o sistema de refrigeração de funcionar

com 100% de eficiência até o próximo período de degelo. Em situações onde as portas das câmaras não podem ficar fechadas, uma boa saída é a instalação de cortinas de PVC que excluirá a necessidade constante da reposição do frio, reduzindo o consumo de energia, já que a perda é mínima;

- Evitar obstruir a circulação do ar na saída dos evaporadores, além de não garantir a uniformidade da temperatura no interior da câmara, provocará também um maior acúmulo de gelo no evaporador;
- Ajustar corretamente a duração e os intervalos de degelo;
- Sempre observar se não há acúmulo de gelo no evaporador, havendo resistência elétrica queimada, a mesma deverá ser substituída com urgência, caso contrário poderá haver retorno de líquido na sucção do compressor;
- Evitar que a água do degelo fique no interior da câmara, pois além de ocupar área útil no interior da câmara com o acúmulo do gelo no piso, o mesmo fica escorregadio podendo provocar acidentes e também o sucessivo bloqueio de gelo no evaporador ocorrerá facilmente, etc.

3 METODOLOGIA

Ao longo deste capítulo é apresentado e desenvolvido a metodologia de pesquisa do presente trabalho. Para isso se dará o desenvolvimento da pesquisa, suas características particulares, os métodos utilizados no trabalho, as variáveis e considerações que deverão ser feitas para o desenvolvimento do estudo

3.1 Tipo de pesquisa

Uma pesquisa científica pode ser apontada de várias maneiras diferentes, como: finalidade, objetivo, área da ciência, natureza, formas de abordagem, procedimentos e entre outros (ASSIS, 2021).

Gil (2002) divide a classificação da pesquisa quanto ao objetivo de três maneiras: descritiva, explicativa e exploratória. A pesquisa descritiva é voltada ao estudo de informações e características de um grupo, através de coleta de dados de forma padronizada, por meio de questionários e observação sistemática. Já a pesquisa explicativa tem como objetivo identificar fatores que determinam a ocorrência do fenômeno explicando a razão das coisas nos mínimos detalhes. Enquanto a pesquisa exploratória tem como objetivo o estabelecimento de relações entre variáveis, visando tornar os problemas explícitos de forma a possibilitar a construção de hipóteses para resolução de tais problemas.

Em sua obra Minayo (200), relata que existem dois métodos de pesquisa quanto a forma de abordagem: a qualitativa e a quantitativa.

De acordo com Denzi & Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa abrange do uso e a coleta de uma variedade de materiais empíricos – estudos de casos; experiência pessoal, introspecção, entre outros. Pesquisadores envolvidos nessa área sempre utilizam de práticas interpretativas interligadas com o intuito de conseguirem compreender melhor o assunto estudado.

Por outro lado, Fonseca (2002), define a pesquisa quantitativa centrada na objetividade. Esse tipo de pesquisa procura traduzir toda a informação obtida em números, fazendo o uso da linguagem matemática. A maneira ideal de se trabalhar seria fazendo o uso conjunto da pesquisa quantitativa e da qualitativa, pois obtêm-se melhores resultados e maiores informações.

A respeito dos procedimentos técnicos, de acordo com Gil (2002), a pesquisa bibliográfica é realizada a partir de um material de apoio já existente e realizada principalmente a partir de livros e artigos científicos publicados. A pesquisa documental difere da pesquisa

bibliográfica pelo fato desta ainda não ter passado por uma análise científica ou tratamento analítico. Já a pesquisa experimental, define um objeto de estudo e estabelece as variáveis que poderão influenciar no processo e analisam o efeito gerado no objeto de estudo.

Já o estudo de caso para Gil (2002), caracteriza-se pelo estudo de um ou poucos objetos de forma aprofundada e detalhada, permitindo um amplo conhecimento e contendo detalhes dos fenômenos envolvidos.

Diante das informações apresentadas, o presente trabalho consiste em uma pesquisa exploratória, quanto aos objetivos, pois serão levantadas hipóteses para a solução dos problemas. Em relação a forma de abordagem, utiliza-se pesquisas quantitativa e qualitativa, pois, tem por objetivo o uso de métodos matemáticos para o alcance dos seus resultados e consequente análise classificatória dos dados obtidos, fazendo uso de pesquisa bibliográfica no seu desenvolvimento. Pode também ser considerado um estudo de caso.

3.2 Materiais e métodos

De acordo com a Figura 12, baseando-se na revisão bibliográfica e no equacionamento da carga térmica total, os dados e equações serão implementadas no Software Excel para a obtenção de cada uma das cargas térmicas.

Os cálculos serão realizados através de um estudo de caso de um estabelecimento específico na cidade de Ouro Preto.

Após a realização de todas as etapas abordadas espera-se ser possível fazer uma análise concreta a respeito dos equipamentos utilizados, se eles estão bem dimensionados para a rotina de utilização e propor melhorias para o sistema.

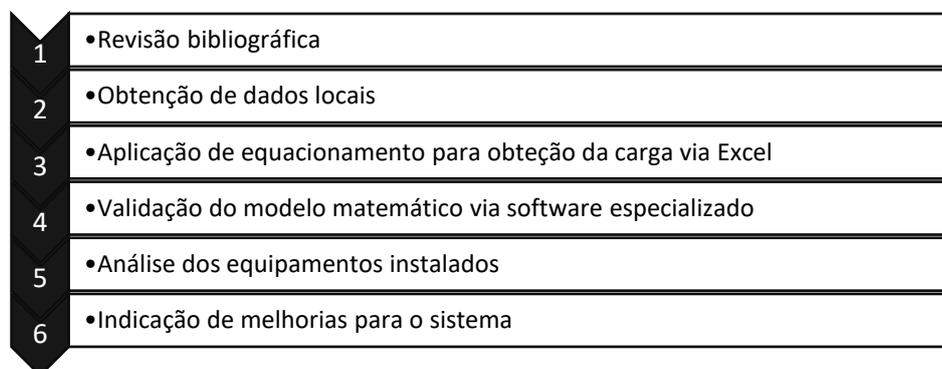


Figura 12: Fluxograma de materiais e métodos.
Fonte: Pesquisa direta, 2021.

3.3 Variáveis e indicadores

Assis (2018, p.23) define variável como “o fenômeno a ser pesquisado, o campo de variação de cada tipo de dado a ser pesquisado”. Ainda pode-se dizer que uma variável pode ser classificada em duas ou mais categorias. Ela é uma classificação ou uma medida, uma quantidade variável que contém valores que possam ser verificados, possui propriedades, aspectos ou fator (GIL, 2002).

A partir das variáveis pode-se obter os indicadores em função do objetivo do trabalho, podendo estes serem qualitativos ou quantitativos.

A Tabela 13, apresenta as variáveis e os respectivos indicadores abordados nesse trabalho.

Tabela 13: Variáveis e indicadores da pesquisa.

VARIÁVEIS	INDICADORES
Tipos de câmara fria	- Alvenaria; - Modular.
Fatores Internos	- Volume da câmara; - Abertura de portas e iluminação; - Massa de produto a ser resfriado e sua embalagem; - Isolante; - Movimentação de pessoas; - Temperatura interna.
Fatores externos	- Insolação; - Temperatura externa.
Mecanismo adotado (avaliação/análise do projeto)	- Carga térmica encontrada; - Equipamentos pré-existentes.

Fonte: Pesquisa direta (2021).

3.4 Instrumento de coleta de dados

De acordo com o tema proposto, e com o objetivo de obter-se um embasamento suficiente para a realização da pesquisa, foi realizada uma coleta de dados. Levando em consideração que esta pesquisa é de caráter quantitativo, qualitativo, bibliográfico e estudo de casos, os principais meios de coleta de dados estão em literaturas, artigos, catálogos e pesquisa de campo.

3.5 Tabulação de dados

Os dados obtidos durante o processo de coleta de dados em campo serão organizados em tabelas no Software Microsoft Excel e será realizado o cálculo através do mesmo, logo em seguida será utilizado o software Coolselector 2 para verificação dos valores obtidos através do cálculo via Excel. O Software Microsoft Word será utilizado para processar os resultados obtidos através de textos.

Portanto, os Softwares apresentados permitem a visualização, automatização e arranjo dos dados obtidos.

3.6 Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foram mostradas as características da pesquisa realizada neste trabalho, seu caráter, métodos e objetivos. Ainda é apresentado um fluxograma com a metodologia utilizada na sua concepção, as variáveis e indicadores presentes no ciclo, os instrumentos utilizados na coleta de dados e os softwares utilizados para a tabulação dos dados.

No próximo capítulo serão abordados os resultados obtidos a partir da simulação matemática realizada no estudo de caso proposto, os gráficos, fluxogramas e dados de performance do ciclo e o efeito de refrigeração gerado.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos os dados obtidos a partir da coleta de informações sobre as câmaras instaladas na distribuidora de bebidas na cidade de Ouro Preto, e também os resultados alcançados do cálculo do equacionamento matemático da carga térmica, com objetivo de verificar os equipamentos já instalados e propor melhorias para o sistema.

4.1 Descrição da aplicação

Para realizar o dimensionamento de uma câmara fria é necessário conhecer sobre o local onde ela será instalada, dados acerca do produto, quantidade de produto a ser estocada e sobre a rotina de utilização do ambiente refrigerado.

Com o objetivo de conhecer melhor sobre o estabelecimento de entrega de bebidas localizado na cidade de Ouro Preto – MG, foram realizadas duas visitas ao local para levantamento de dados das câmaras pré-existentes e da rotina de funcionamento do local, para que pudesse ser feito o cálculo da carga térmica e a partir disso propor soluções para uma melhor utilização.

4.2 Descrição dos equipamentos

A distribuidora de bebidas possui 3 câmaras frias distintas entre si, sendo as câmaras 1 e 3 utilizadas para o armazenamento de bebidas e a câmara 2 utilizada para o armazenamento de gelo.

Através da Tabela 14, têm-se os dados construtivos das 3 câmaras disponíveis no local e que serão analisadas neste trabalho.

Tabela 14: Dados construtivos das câmaras frias

CÂMARA			
DIMENSÕES	1	2	3
ALTURA (M)	2,61	2,10	2,70
LARGURA (M)	2,05	1,23	3,20
COMPRIMENTO (M)	5,90	3,71	3,84
ESPESSURA (M)	0,14	0,06	0,14
ISOLANTE	POLIESTIRENO EXPANDIDO	POLIESTIRENO EXPANDIDO	POLIESTIRENO EXPANDIDO

Fonte: Pesquisa direta (2021).

H23A SERIES														
Model	Volts Phase Hz	@45/130					@45/100			Electrical Data			Displacement	
		Capacity		Motor Input WATTS	EER/COP		Capacity	Motor Input WATTS	EER					
		BTU/H	WATTS		BTU/WH	WW				BTU/H	BTU/WH	RLA	LRA	MCC
H23A SERIES (R22)														
H23A423DBE	406-3-60	42100	12353	4070	10.4	3.0	53900	3310	16.3	5.7	39	9.5	4.505	73.82

Figura 16: Capacidade frigorífica do compressor BRISTOL modelo H23A423ABCA. Fonte: Catálogo BRISTOL.

4.2.2 Equipamentos da câmara 2

A câmara 2 possui uma unidade evaporadora da DeltaFrio modelo DFTD 52.84, como pode ser observado na Figura 17, cuja capacidade de refrigeração pode ser obtida através da Figura 18. Uma unidade condensadora da Danfoss modelo HCZ022B20N também foi constatado como ilustrado na Figura 19, os dados a respeito do equipamento pode ser identificado na Figura 20.



Figura 17: Unidade evaporadora Delta Frio modelo DFT 52.74 da câmara 2. Fonte: Pesquisa direta (2021).

Modelo	Capacidade (Kcal/h)								Ventiladores					Degelo			Conexões			Dimensões equipamento			Peso Transp. (Kg)
	Temperatura de evaporação								Qtd.	Cor. (A)	Hélice (mm)	Flecha (m)	Vazão (m³/h)	Qtd.	Modelo	Cor. (A)	Entr. (pol)	Saída (pol)	Dreno (pol)	Comp. X (mm)	Altura Y (mm)	Prof. Z (mm)	
	+10°C	+5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C															
DFT 52.74	4767	4361	3979	3708	3437	3208	2978	2792	7	2,45	203	5,1	2940	1	B7	16,1	1/2	5/8	1/2	2680	185	490	29

Figura 18: Capacidade frigorífica unidade evaporadora Delta Frio modelo DFT 52.74. Fonte: Catálogo Delta Frio.



Figura 19: Unidade condensadora Danfoss modelo HCZ022B20N da câmara 2.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Unidades Condensadoras Modelos	Referência Comercial (HP)	TE TA	+10°C	+5°C	0°C	- 5°C	- 10°C	- 15°C
			Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h
HCZ 022	2,0	32	4509	3685	2955	2320	1780	1272
		35	4322	3530	2829	2218	1697	1217

Figura 20: Capacidade frigorífica unidade condensadora Danfoss modelo HCZ022B20N.
Fonte: Catálogo Danfoss.

4.2.3 Equipamentos da câmara 3

A câmara 3 possui uma unidade evaporadora Delta Frio de modelo DF 15.47 (Figura 21), cujos dados são identificados na Figura 22 e um compressor da Bristol modelo H23A4234ABCA (Figura 23), detalhado na Figura 16.



Figura 21: Unidade evaporadora Delta Frio modelo DF 15.47 da câmara 3.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Modelo	Capacidade (Kcal/h)								Ventiladores					Degelo			Conexões			Dimensões equipamento				Peso
	Temperatura de evaporação								Qtd.	Cor.	Hélice (mm)	Flecha (m)	Vazão (m³/h)	Qtd.	Modelo	Cor.	Entr. (pol)	Saída (pol)	Dreno (pol)	Comp. X (mm)	Altura Y (mm)	Prof. Z (mm)	Transp. (Kg)	
	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-35°C																
DF 15.47	5549	5156	4813	4459	4174	3891	3637	3434	4	1,8	254	10	3822	4	A1-v2	18	1/2	5/8	1	1660	360	435	43	

Figura 22: Capacidade frigorífica unidade evaporadora Delta Frio modelo DF 15.47.

Fonte: Catálogo Delta Frio.



Figura 23: Compressor BRISTOL modelo H23A423ABCA da câmara 3.

Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.2.4 Características do local

O estabelecimento fica localizado na cidade de Ouro Preto que de acordo com o Climate-Data (2015), possui temperatura média anual de 18,4 °C e durante o mês mais quente que é fevereiro, possui temperatura média de 25,3 °C. A umidade relativa média ao longo do ano é de 76%.

4.2.5 Características dos produtos armazenados

As câmaras 1 e 3 armazenam cerveja em caixas compostas por 12 garrafas de 1 litro cada. Os produtos são introduzidos no interior da câmara durante a noite, então será considerado a temperatura de 20 °C para a entrada desse produto, visto que no cálculo será considerado a temperatura externa como 25,3 °C.

Deverá ser considerada uma parcela de carga térmica devida à embalagem, sendo que cada caixa possui 12 garrafas de vidro cujo peso de cada é de 0,695 kg, como pode ser observado na Figura 24, totalizando 8,34 kg de vidro a cada caixa de cerveja. Também deve ser considerado o peso do engradado de plástico, de 2,235 kg, podendo ser visualizado na Figura 25.

A câmara 2 armazena sacos de gelo, onde cada unidade pesa 20 kg. Os sacos de gelo chegam até o estabelecimento em caminhões refrigerados e são colocados no interior da câmara. Para efeitos de cálculo, irá ser considerado a temperatura de entrada de 0°C.



Figura 24: Peso de uma garrafa de vidro de 1l.
Fonte: Pesquisa direta (2021).



Figura 25: Peso do engradado que comporta as 12 garrafas.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

A câmara 1 armazena 430 caixas de cerveja, enquanto a câmara 3 armazena 460 caixas. Já a câmara 2 armazena 180 sacos de gelo, sendo a massa da embalagem desprezível, por se tratar apenas de um saco plástico.

4.2.6 Abertura de porta

As câmaras 1 e 3 possuem uma grande quantidade de abertura de portas diária, sendo cerca de 180 aberturas por dia, e cada abertura com duração de 15 segundos, totalizando 45 minutos de porta aberta por dia. Já a câmara 2 possui uma média de 20 aberturas de porta por dia, sendo cada abertura de 15 segundos, totalizando 5 minutos de abertura por dia.

4.2.7 Iluminação

Cada uma das câmaras possui uma lâmpada de led que é acesa no momento em que há abertura das portas, então as câmaras 1 e 3 possuem 45 minutos de luz acesa e a câmara 2 possui 5 minutos de lâmpada acesa.

4.2.8 Circulação de pessoas

Para as 3 câmaras só há circulação de uma pessoa, no mesmo período em que há abertura de porta.

4.2.9 Possíveis problemas

Durante visita técnica foram encontrados alguns pontos de possível aumento da capacidade frigorífica requerida nas câmaras, como avarias nas portas, conforme observa-se na Figura 26, impossibilitando uma correta vedação, gerando frestas entre os ambientes interno e externo. Além disso foi observado também o congelamento do evaporador, que causa deficiência na troca de calor do equipamento com a câmara, conforme destacado na Figura 27. Percebe-se também uma grande quantidade de caixas armazenadas dentro das câmaras de forma muito próximas, o que pode vir a dificultar a circulação do ar frio entre os produtos (Figura 28) e por último a observação sobre o armazenamento do estoque que fica ao ar livre (Figura 29), que fica exposto a radiação solar durante todo o período até ser inserido no interior das câmaras.

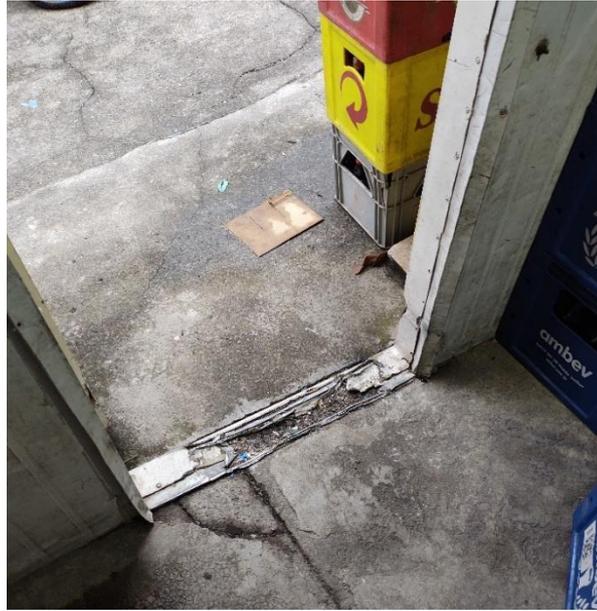


Figura 26 - Avarias encontradas nas portas.
Fonte: Pesquisa direta (2021).



Figura 27: Evaporador congelado.
Fonte: Pesquisa direta (2021).



Figura 28: Distribuição de caixas no interior das câmaras.
Fonte: Pesquisa direta (2021).



Figura 29: Estoque ao ar livre.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.3 Cálculo da carga térmica

Para o cálculo da carga térmica das câmaras frigoríficas foi utilizado o software Excel para organização das informações e obtenção de valores, de acordo com o passo a passo de cálculo apresentado durante a revisão bibliográfica deste estudo. Após a obtenção dos valores, foi verificado através do software Coolselector 2.

4.4 Composição da Carga Térmica

Para definição da carga térmica total das câmaras frias foram utilizadas algumas condições de contorno. A consideração foi desprezar a resistência térmica das chapas de revestimento da parede isolante, visto que são muito finas, e sendo assim, foi considerado no cálculo apenas a espessura e a condutividade térmica do isolante e as convecções externa e interna.

Devido a câmara fria já estar construída, o valor da espessura do isolante foi mantido conforme projeto. Como o galpão já possui cobertura, a parede norte é a única que recebe incidência de radiação solar, portanto foi desconsiderado nas demais orientações.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as condições de contorno consideradas para o cálculo da resistência térmica equivalente das câmaras 1 e 3 e a Tabela 16 para a câmara 2, valores estes, utilizados para o cálculo do valor de ΔT através da equação (4), vale observar que as três câmaras são da cor amarela.

Tabela 15: Condições de contorno para as câmaras 1 e 3.

CONDIÇÕES DE CONTORNO			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Delta T norte	2,5	°C	Tabela 6
Delta T sul, leste e oeste	0,0	°C	Não sofre radiação direta
Delta T Teto	0,0	°C	Não sofre radiação direta
Condutividade Térmica do Isolante	0,025	kcal/h.m.°C	Tabela - 4
Condutividade Térmica externa	7	kcal/h.m.°C	Citado por Venturini e Pirani (2005)
Condutividade Térmica interna	10	kcal/h.m.°C	Citado por Venturini e Pirani (2005)
Rt"	5,84	(h.m ² .°C)/kcal	Equação 2

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 16: Condições de contorno para a câmara 2.

CONDIÇÕES DE CONTORNO			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Delta T norte	2,5	°C	Tabela 6
Delta T sul, leste e oeste	0,0	°C	Não sofre radiação direta
Delta T Teto	0,0	°C	Não sofre radiação direta
Condutividade Térmica do Isolante	0,025	kcal/h.m.°C	Tabela - 4
Condutividade Térmica externa	7	kcal/h.m.°C	Citado por Venturini e Pirani (2005)
Condutividade Térmica interna	10	kcal/h.m.°C	Citado por Venturini e Pirani (2005)
Rt"	2,64	(h.m ² .°C)/kcal	Equação 2

Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.4.1 Câmara 1

Primeiramente foi realizado o cálculo da carga térmica (Tabela 17) devido a transmissão de calor nas paredes com base nos dados coletados em campo e na teoria de cálculo de carga térmica para câmaras frias.

Tabela 17: Cálculo do calor transmitido através das paredes para a câmara 1.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DAS PAREDES			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q norte	1.442,16	kcal/dia	Equação 5
Q paredes+teto	3.184,85	kcal/dia	Equação 5
Q piso	248,41	kcal/dia	Equação 5
Q total	4.875,41	kcal/dia	Soma das cargas térmicas das superfícies
Q total	270,86	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Com base na quantidade de produtos a ser estocado na câmara, foi realizado o cálculo da carga térmica devido aos produtos (Tabela 18), para efeito de cálculo o calor específico da cerveja foi considerado com 1 kcal/kg.°C, totalizando 12 kg de produto por caixa de cerveja.

Tabela 18: Cálculo do calor transmitido através dos produtos para câmara 1.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DOS PRODUTOS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q prod	77.400,00	kcal/dia	Equação 6
Q prod	4300,00	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

O cálculo da carga térmica através das embalagens foi realizado considerando o vasilhame de plástico e as garrafas de vidro da cerveja, visto na Tabela 19:

Tabela 19: Cálculo do calor transmitido através das embalagens da câmara 1.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA EMBALAGEM			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q vidro	10758,60	kcal/dia	Equação 7 (Cp vidro = 0,20 - Tabela 7)
Q vasilhame	5766,30	kcal/dia	Equação 7 (Cp plástico = 0,40 - Tabela 7)
Qt embalagens	16.524,90	kcal/dia	Soma das cargas térmicas das embalagens
Qt embalagens	918,05	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

O próximo passo foi realizar o cálculo da carga térmica devido a infiltração de ar externo dentro da câmara (Tabela 20).

Tabela 20: Cálculo do calor transmitido através da infiltração de ar para câmara 1.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA INFILTRAÇÃO DE AR			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
FTA	34	trocias/dia	Tabela 8 - Considerando câmara com 30m ³ , para uso intenso
delta H	16,4	kcal/m ³	Valor tabelado para 70% de UM, Text De 25°C e Tint de 5°C (Tabela 9)
Qinf	17.602,29	kcal/dia	Equação 8
Qinf	977,90	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

A quantidade de pessoas que entram e saem da câmara fria também influenciam na troca térmica realizada na câmara (Tabela 21).

Tabela 21: Cálculo do calor transmitido através das pessoas para câmara 1.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DAS PESSOAS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Tempo de permanência das pessoas	0,7500	h/dia	Para T da câmara igual a 4°C, o calor liberado por ocupante é de 215 kcal/h.pessoa (Tabela 10)
Número de pessoas	1	Unidade	
Q pes	161,25	kcal/dia	Equação 10
Q pes	8,96	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

As lâmpadas presentes no interior da câmara realizam troca térmica com o ambiente, a potência dissipada é apresentada na Tabela 22:

Tabela 22: Cálculo do calor transmitido pela iluminação para câmara 1.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA ILUMINAÇÃO			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q _{ilum}	78,01	kcal/dia	Equação 9
Q _{ilum}	4,33	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Os motores elétricos presentes no interior da câmara também são responsáveis por gerar carga térmica. Utilizando o método de análise gráfica através do volume da câmara, pode-se obter o valor da carga térmica correspondente, conforme Tabela 23.

Tabela 23: Cálculo do calor transmitido pelos motores internos para câmara 1.

CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA DEVIDO A MOTORES ELÉTRICOS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Vcâmara	31,57	m ³	Método gráfico - Figura 9
Q _{mot}	3945,00	kcal/dia	
Q _{mot}	197,25	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

A carga térmica total é dada pela soma de todas as cargas térmicas calculadas anteriormente. Por segurança foi adicionado um fator de 5% para compensar possíveis desvios de cálculos. O cálculo fornece a quantidade em kcal por dia, todavia, o equipamento precisa de um tempo para manutenção e descongelamento diário do evaporador e com isso o dia do equipamento é considerado com 18 horas de funcionamento. Assim, a carga térmica total da câmara frigorífica pode ser observada na Tabela 24.

Tabela 24: Cálculo da carga térmica total da câmara 1.

Carga térmica	VALOR	UNIDADE
Q _{total}	120.586,86	kcal/dia
Q _{total}	6.699,27	kcal/h
Q _{total} (Fator de segurança)	126.616,21	kcal/dia
Q _{total} (Fator de segurança)	7.034,23	kcal/h

Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.4.2 Câmara 2

De maneira semelhante ao processo feito para a câmara 1, primeiramente foi realizado o cálculo da carga térmica devido a transmissão de calor nas paredes (Tabela 25).

Tabela 25: Cálculo do calor transmitido através das paredes para câmara 2.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DAS PAREDES			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q norte	3.028,13	kcal/h	Equação 5
Q paredes+teto	6.411,86	kcal/h	Equação 5
Q piso	1.035,99	kcal/h	Equação 5
Q total	10.475,98	kcal/dia	Soma das cargas térmicas das superfícies
Q total	582,00	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Com base na quantidade de sacos de gelo a ser estocado na segunda câmara, foi realizado o cálculo da carga térmica devido ao produto, sabendo que o calor específico do gelo é de 0,5 kcal/kg. °C (Tabela 26):

Tabela 26: Cálculo do calor transmitido através dos produtos para a câmara 2.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DOS PRODUTOS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q prod	27.000,00	kcal/dia	Equação 6
Q prod	1500,00	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Devido a embalagem dos sacos de gelo ser um saco plástico de massa desprezível quando se comparado a massa do produto, o calor devido a embalagens foi desconsiderado.

O próximo passo foi realizar o cálculo da carga térmica devido a infiltração de ar externo dentro da câmara, Tabela 27.

Tabela 27: Cálculo do calor transmitido através da infiltração de ar para câmara 2.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA INFILTRAÇÃO DE AR			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
FTA	24	trocas/dia	Tabela 8 - Considerando câmara com 10m ³
delta H	27,7	kcal/m ³	Valor tabelado para 70% de UM, Text De 25°C e Tint de -15°C (Tabela 9)
Qinf	6.370,73	kcal/dia	Equação 8
Qinf	353,93	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Por ser uma câmara de menor utilização, a carga térmica devido a ocupantes é quase desprezível, porém, foi calculada, como pode ser observado na Tabela 28.

Tabela 28: Cálculo do calor transmitido através das pessoas para câmara 2.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DAS PESSOAS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Tempo de permanência das pessoas	0,08	h/dia	Para T da câmara igual a -15°C, o calor liberado por ocupante é de 315 kcal/h.pessoa (Tabela 10)
número de pessoas	1	Unidade	
Q pes	26,25	kcal/dia	Equação 10
Q pes	1,46	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

As lâmpadas presentes no interior da câmara realizam troca térmica com o ambiente, a potência dissipada é apresentada na Tabela 29:

Tabela 29: Cálculo do calor transmitido pela iluminação para câmara 2.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA ILUMINAÇÃO			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q ilum	3,27	kcal/dia	Equação 9
Q ilum	0,18	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Através do método de análise gráfica pôde-se obter a carga térmica devido aos motores elétricos (Tabela 30).

Tabela 30: Cálculo do calor transmitido pelos motores internos para a câmara 2.

CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA DEVIDO A MOTORES ELÉTRICOS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Vcâmara	9,58	m ³	Método gráfico - Figura 9
Q mot	1250,00	kcal/dia	
Q mot	69,44	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Assim como para a câmara 1, a carga térmica total é a soma de todas as cargas térmicas, adicionado o fator de 5% para compensar possíveis desvios de cálculos (Tabela 31).

Tabela 31: Cálculo da carga térmica total para a câmara 2.

Carga térmica	VALOR	UNIDADE
Q total	45.126,24	kcal/dia
Q total	2.507,01	kcal/h
Q total (Fator de segurança)	47.382,55	kcal/dia
Q total (Fator de segurança)	2.632,36	kcal/h

Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.4.3 Câmara 3

Por ser uma câmara bem parecida com a câmara 1, e já ter sido apresentada a metodologia de cálculos das cargas térmicas, têm-se na Tabela 32 o calor transmitido através das paredes, na Tabela 33 o calor transmitido através dos produtos, na Tabela 34 o calor devido as embalagens, na Tabela 35 a carga térmica devido a infiltração de ar, nas Tabela 36 e Tabela 37 o calor devido a pessoas e iluminação, respectivamente, e na Tabela 38 o calor devido a motores elétricos. Por fim, têm-se na Tabela 39 a carga térmica total, acrescida dos 5% de fator de segurança.

Tabela 32: Cálculo do calor transmitido através das paredes para câmara 3.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DAS PAREDES			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q norte	970,99	kcal/dia	Equação 5
Q paredes+teto	3.330,02	kcal/dia	Equação 5
Q piso	252,37	kcal/dia	Equação 5
Q total	4.553,38	kcal/dia	Soma das cargas térmicas das superfícies
Q total	252,97	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 33: Cálculo do calor transmitido através dos produtos para câmara 3.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DOS PRODUTOS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q prod	82.800,00	kcal/dia	Equação 6
Q prod	4600,00	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 34: Cálculo de calor transmitido através das embalagens para câmara 3.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA EMBALAGEM			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q vidro	11509,20	kcal/dia	Equação 7 (Cp vidro = 0,20 - Tabela 7)
Q engradado	6168,60	kcal/dia	Equação 7 (Cp plástico = 0,40 - Tabela 7)
Qt embalagens	17.677,80	kcal/dia	Soma das cargas térmicas das embalagens
Qt embalagens	982,10	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 35: Cálculo do calor transmitido através da infiltração de ar para câmara 3.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA INFILTRAÇÃO DE AR			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
FTA	34	trocas/dia	Tabela 8 - Considerando câmara com 30m ³ , para uso intenso
delta H	16,4	kcal/m ³	Valor tabelado para 70% de UM, Text De 25°C e Tint de 5°C (Tabela 9)
Qinf	18.499,83	kcal/dia	Equação 8
Qinf	1.027,77	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 36: Cálculo do calor transmitido através das pessoas para câmara 3.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DAS PESSOAS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Tempo de permanência das pessoas	0,7500	h/dia	Para T da câmara igual a 4°C, o calor liberado por ocupante é de 215 kcal/h.pessoa (Tabela 10)
número de pessoas	1	Unidade	
Q pes	161,25	kcal/dia	Equação 10
Q pes	8,96	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 37: Cálculo do calor transmitido pela iluminação para câmara 3.

CÁLCULO DO CALOR TRANSMITIDO ATRAVÉS DA ILUMINAÇÃO			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Q ilum	79,26	kcal/dia	Equação 9
Q ilum	4,40	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 38: Cálculo do calor transmitido pelos motores internos para a câmara 3.

CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA DEVIDO A MOTORES ELÉTRICOS			
Calor	VALOR	UNIDADE	OBS
Vcâmara	33,18	m ³	Método gráfico - Figura 9
Q mot	4147,50	kcal/dia	
Q mot	230,42	kcal/h	Para 18 h de funcionamento

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Tabela 39: Cálculo da carga térmica total para a câmara 3.

Carga térmica	VALOR	UNIDADE
Q total	127.919,02	kcal/dia
Q total	7.106,61	kcal/h
Q total (Fator de segurança)	134.314,97	kcal/dia
Q total (Fator de segurança)	7.461,94	kcal/h

Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.5 Representatividade das cargas térmicas individuais no sistema

Calculado a carga térmica total para as 3 câmaras, foi montado um comparativo da representatividade das cargas térmicas individuais sobre o total, como pode ser observado na Tabela 40. Pode-se perceber que a carga térmica devido a produtos, embalagens e infiltração de ar são as principais componentes da carga térmica total, enquanto a taxa devido a iluminação e pessoas é praticamente irrelevante dentro do cálculo, podendo ser até mesmo desconsideradas.

Tabela 40: Percentual das cargas térmicas individuais.

Representatividade das cargas térmicas sobre a carga total	Câmara 1	Câmara 2	Câmara 3
	Percentual	Percentual	Percentual
Transmissão pelas paredes	4,04%	23,21%	3,56%
Produtos	64,19%	59,83%	64,73%
Embalagens	13,70%	0,00%	13,82%
Infiltração de ar	14,60%	14,12%	14,46%
Pessoas	0,13%	0,06%	0,13%
Iluminação	0,06%	0,01%	0,06%
Motores elétricos	3,27%	2,77%	3,24%

Fonte: Pesquisa direta (2021).

4.6 Validação dos Dados no Software

Para a validação dos cálculos realizados a partir da teoria, foi utilizado o software Coolselector2 da empresa Danfoss. A visualização dos dados a serem inseridos é bem intuitiva, porém falta a opção de inserção de alguns dados importantes, como as informações das embalagens dos produtos, cálculo automático da carga devido a ventiladores e melhor seleção do tipo de produto.

Nas Figuras 30 e 31 pode-se observar os dados inseridos no software a respeito das câmaras 1 e 3. As cargas térmicas devido a iluminação, motores e embalagem dos produtos foram adicionadas manualmente, conforme valores calculados através do Excel. Foi realizada a conversão dos valores calculados em kcal/h para W, para que pudesse ser imputado de forma correta no software.

Câmara Frigorífica - Passo 2 para 5: Revise a carga da câmara fria

As entradas abaixo são necessárias para calcular a capacidade de refrigeração requerida da Câmara Fria:

Comprimento: 5,90 m	Condições da câmara:	Produtos: Bebidas
Largura: 2,05 m	Temperatura: 5,0 °C	Quantidade por dia: 5160 kg
Altura: 2,61 m	Humidade relativa: 80 %	Carga de calor de respiração:
<input type="radio"/> Dimensões internas	Horas de funcionamento: 18 h	Temperatura de entrada: 20,0 °C
<input checked="" type="radio"/> Dimensões externas		Massa total na câmara: 20000 kg

Troca de ar (infiltração):

Temperatura: 25,3 °C
 Humidade relativa: 76 %
 Abertura das portas: Regular
 Taxa de troca do ar: 34 (vezes o volume da câmara por 24 horas)

Transferência de calor:

Painéis padrão Painéis personalizados
 Tipo: Poliestireno
 Espessura: 140,0 mm
 Temperatura do ambiente: 25,3 °C
 Temperatura abaixo do piso: 10,0 °C

O piso é isolado

Cargas adicionais

Luzes: 5,04 W
 Ventiladores: 229,4 W
 Pessoas: 0,75 horas/dia
 Outros: 1068 W

Degelo Elétrico Natural
 Potência: 1510 W
 Degelos por dia: 12
 Tempo de degelo: 30 minutos

[Ajuda](#) [< Anterior](#) [Próximo >](#)

Figura 30: Input de dados da câmara 1.
 Fonte: Pesquisa direta (2021).

Câmara Frigorífica - Passo 2 para 5: Revise a carga da câmara fria

As entradas abaixo são necessárias para calcular a capacidade de refrigeração requerida da Câmara Fria:

Comprimento:	3,84 m	Condições da câmara:	Temperatura:	5,0 °C	Produtos:	Bebidas	
Largura:	3,20 m	Humidade relativa:	80 %	Quantidade por dia:	5520 kg	Carga de calor de respiração:	
Altura:	2,70 m	Horas de funcionamento:	18 h	Temperatura de entrada:	20,0 °C	Massa total na câmara:	20000 kg

Dimensões internas
 Dimensões externas

Troca de ar (infiltração):

Temperatura:	25,3 °C
Humidade relativa:	76 %

Abertura das portas:
Regular

Taxa de troca do ar: 34
(vezes o volume da câmara por 24 horas)

Transferência de calor:

Painéis padrão Painéis personalizados

Tipo: Poliestireno

Espessura: 140,0 mm

Temperatura do ambiente: 25,3 °C

Temperatura abaixo do piso: 10,0 °C

O piso é isolado

Cargas adicionais

Luzes:	5,12 W	<input type="checkbox"/> Degelo	<input type="radio"/> Elétrico	<input checked="" type="radio"/> Natural
Ventiladores:	268 W	Potência:	1510 W	
Pessoas:	0,75 horas/dia	Degelos por dia:	12	
Outros:	1142 W	Tempo de degelo:	30 mínimo	

Ajuda

< Anterior Próximo >

Figura 31: Input de dados da câmara 3.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

A Tabela 41 apresenta os cálculos realizados pelo software para a câmara 1, no qual apresentou resultados bem próximos, diferença de menos de 1% em relação ao resultado calculado através do Excel antes de se adicionar o fator de segurança de 5%, como pode ser observado na Tabela 24.

Tabela 41: Resultado Coolselector2 para a câmara 1.

Calculada carga da câmara fria:	
Transmissão:	278,8 kcal/h
Infiltração:	590,0 kcal/h
Gelo no evaporador:	46,11 kcal/h
Total de produtos:	3985 kcal/h
Produtos, refrigeração:	3985 kcal/h
Produtos, respiração:	0 kcal/h
Luz:	0,181 kcal/h
Pessoas:	8,670 kcal/h
Ventiladores:	197,2 kcal/h
Outros:	1224 kcal/h
Degelo:	386,7 kcal/h
Total:	6717 kcal/h

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Para a câmara 2, o software demonstrou não ser uma ferramenta eficaz para o dimensionamento deste tipo de câmara, o valor resultante de carga térmica encontrado foi totalmente diferente ao valor calculado através da ferramenta Excel. A câmara 2 é responsável pelo armazenamento de gelo, que já chega congelado ao estabelecimento, então a câmara é responsável por fazer a manutenção do produto no estado sólido.

O software não apresenta a opção de gelo como produto a ser resfriado, foi realizado vários testes com outros produtos, porém nenhuma opção resultou em um resultado considerável ou que se aproxima da condição de gelo.

A Tabela 42 traz os cálculos realizados pelo software para a câmara 3. De forma semelhante ao que ocorreu com a câmara 1, foi encontrado resultados muito próximos ao encontrado através do Excel (Tabela 39) antes de adicionar o fator de segurança de 5%.

Tabela 42: Resultado Coolselector2 para a câmara 3.

Calculada carga da câmara fria:

Transmissão:	263,8 kcal/h
Infiltração:	640,3 kcal/h
Gelo no evaporador:	50,05 kcal/h
Total de produtos:	4263 kcal/h
Produtos, refrigeração:	4263 kcal/h
Produtos, respiração:	0 kcal/h
Luz:	0,183 kcal/h
Pessoas:	8,670 kcal/h
Ventiladores:	230,4 kcal/h
Outros:	1309 kcal/h
Degelo:	382,7 kcal/h
Total:	7149 kcal/h

Fonte: Pesquisa direta (2021).

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

Por fim, fazendo a comparação entre os valores encontrados após realização dos cálculos teóricos e os encontrados pelo software, temos a Tabela 43:

Tabela 43: Comparativo entre valores calculados.

CARGA TÉRMICA TOTAL (kcal/h)		
Valores	CÂMARA 1	CÂMARA 3
Valor Excel (Fator de segurança)	7.034,23	7.461,94
Valor do software	6.717,00	7.149,00
Delta	-4,5%	-4,2%

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Para as câmaras 1 e 3, que foram dimensionadas para estocagem de cerveja apresentam uma diferença de cerca de 4,5% em relação aos valores encontrados no software, diferença essa ocasionada pela adição do fator de 5% no cálculo via Excel para compensar possíveis desvios nos cálculos. Caso não fosse adicionado o fator de segurança, os valores encontrados em ambos os processos de cálculos seriam praticamente idênticos, como observado na Tabela 44.

Tabela 44: Comparativo entre valores calculados sem o fator de segurança.

CARGA TÉRMICA TOTAL (kcal/h)		
Valores	CÂMARA 1	CÂMARA 3
Valor Excel (Sem fator de segurança)	6.699,27	7.106,61
Valor do software	6.717,00	7.149,00
Delta	0,3%	0,6%

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Para a câmara 2, pode-se concluir que o software Coolselector 2 não é uma boa ferramenta para cálculo da carga térmica requerida do equipamento para a manutenção do produto gelo, visto que, não há opção deste produto e nenhum outro semelhante dentro do programa para seleção. A utilização do software para seleção de equipamentos para essa câmara poderia acarretar em um grande erro de cálculo, obtendo equipamentos não adequados para a demanda de utilização.

Para as câmaras 1 e 3 percebe-se que os equipamentos responsáveis pela evaporação estão subdimensionados, visto que a unidade evaporadora da câmara 1 da fabricante Mipal-

MI0062 possui capacidade de refrigeração de 6283 kcal/h e o requerido é de 6717 kcal/h de acordo com o cálculo realizado pelo software Coolselector 2, o que resulta em um déficit de 6,91%. Já a câmara 3 possui instalado a unidade evaporador DF 15.47 da fabricante Delta Frio com uma capacidade de refrigeração de 5549 kcal/h e o requerido é de 7149 kcal/h, também calculado conforme o software, gerando um déficit de 28,83%.

Para ambas as câmaras, dentre os modelos apresentados nos anexos 2, 4 e 6 deste estudo, a utilização da unidade evaporadora MI0078 produzida pela Mipal seria mais adequada, visto que possui capacidade de refrigeração de 7867 kcal/h.

A câmara 2 possui o equipamento DFT 52.74 instalado, com capacidade de refrigeração de 3208 kcal/h, enquanto é requerido somente 2632,36 kcal/h de acordo com o cálculo realizado via Excel. Portanto, conclui-se que a utilização do modelo DFT 52.64 que possui capacidade de refrigeração de 2756 kcal/h seria mais adequado.

5.2 Melhorias no sistema

Como observado através das visitas feitas ao local, os equipamentos possuem algumas avarias nas soleiras das portas e alguns problemas de vedação das portas, devido a borrachas velhas. A manutenção destes itens poderia ser realizada a fim de evitar infiltrações do ar externo para o interior da câmara.

Outra melhoria observada que poderia ser adota é a implantação de cortinas de ar ou cortinas termoplásticas a fim de diminuir as trocas de ar feitas entre o ambiente externo e interno durante as aberturas de portas, visto que a carga térmica devido a infiltração de ar contribuiu com uma parcela considerável. As câmaras 1 e 3 possuem uma intensa abertura de portas, esta melhoria seria interessante especificamente para esses dois equipamentos.

Outro ponto observado é em relação ao armazenamento das cervejas antes de serem inseridas ao interior da câmara para refrigeração. Os produtos ficam expostos ao tempo, por isso sofrem incidência solar direta em dias de sol, o que pode vir a elevar a temperatura de entrada do produto. Durante as visitas foi sugerido a construção de cobertura para evitar esse aumento de temperatura de entrada do produto. Os proprietários já até tentaram fazer este projeto, porém, a obra não foi permitida pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional).

Outra possível solução para que os equipamentos de evaporação atendessem ao projeto, seria diminuir a quantidade de produto a ser estocado nas câmaras 1 e 3. Através das planilhas de Excel utilizadas pôde-se chegar à quantidade de 370 caixas a ser armazenar na câmara 1 e 310 caixas na câmara 3, para ambas mantendo a faixa de segurança de 5%.

5.3 Recomendações

Para trabalhos futuros recomenda-se fazer:

- Análise da viabilidade técnica e econômica de substituição de equipamentos;
- Estudo de medidas para diminuir a capacidade de refrigeração requerida;
- Avaliação da carga térmica adotando as melhorias sugeridas neste trabalho.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACESSÓRIOS essenciais para Câmara Fria. [S. l.], 17 dez. 2020. Disponível em: <https://www.multifrio.com.br/conteudo/acessorios-essenciais-para-camara-fria.html>. Acesso em: 9 fev. 2021.

ASSIS, M. C. D. E. **Metodologia do Trabalho Científico**. Disponível em: <http://biblioteca.virtual.ufpb.br/files/pub_1291081139.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2021.

CÁLCULO de Carga Térmica para Câmaras Frigoríficas. São Paulo: Rpa Editorial Ltda., [19-].

CARGA Térmica: princípios básicos. [S. l.], 5 jan. 2018. Disponível em: <http://www.engenhariaearquitectura.com.br/2018/01/carga-termica-principios-basicos>. Acesso em: 9 fev. 2021.

CÂMARAS Frigoríficas — o que são, para que servem e como escolher? 2017. Disponível em: <https://www.dufrio.com.br/blog/refrigeracao/camaras-frigorificas-o-que-sao-para-que-servem-e-como-escolher/>. Acesso em: 1 fev. 2021.

CAMPOS, Carolina de. **Módulo prático para estudos de sistemas de refrigeração mecânica por compressão**. 2015. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

CHAGAS, José Augusto Castro. **Projeto e construção de câmaras frigoríficas**. Joinville: York Refrigeration, 2012

CLIMATE DATA. Temperatura média de Ouro Preto - 2015. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/ouro-preto-765135/>>. Acesso em 7 de março de 2021.

CORTINA **termoplástica para câmara fria**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://tectermica.com.br/produtos/cortina-termoplastica-camara-fria/>. Acesso em: 9 fev. 2021.

COSTA, Ennio Cruz da. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 1982.

DELTAFRIO. **Evaporador para câmara fria** – 2021. Disponível em: <<https://www.deltafrio.com.br/pt-br/produtos/evaporadores-para-camaras-frias/df-evaporadores-comerciais>>. Acesso em 31 de julho de 2021.

DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Orgs.). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERREIRA, Fabiano Domingues; MARQUES, Tássia Helena Teixeira. **Carga Térmica: princípios básicos.** 2018. Disponível em: <[http://www.engenhariaarquitectura.com.br/2018/01/carga-termica-principios-basicos#:~:text=Carga%20t%C3%A9rmica%20%C3%A9%20a%20quantidade,t%C3%A9rmicas%20\(MENEZES%2C%202005\)>](http://www.engenhariaarquitectura.com.br/2018/01/carga-termica-principios-basicos#:~:text=Carga%20t%C3%A9rmica%20%C3%A9%20a%20quantidade,t%C3%A9rmicas%20(MENEZES%2C%202005)>)>. Acesso em: 03 fev. 2021.

FONSECA, João José Saraiva da. **Curso de especialização em comunidades virtuais de aprendizagem – informática educativa.** Ceará: Universidade Federal do Ceará, 2002.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramso. **Manual de Conforto Térmico.** 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org); DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade.** 28. ed. Petrópolis :Vozes, 2009.

MIPAL. **Evaporador de ar forçado de baixo perfil – 2020.** Disponível em: <<http://mipal.hospedagemdesites.ws/wp-content/uploads/2020/12/1.-Mi.pdf>>. Acesso em 31 de julho de 2021.

OLIVEIRA, Marcio de; PAIVA, Vinicius Tineli. **Análise de desempenho das câmaras frigoríficas do ru-ufes.** 2016. 103 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

PORTAL ELETRODOMESTICO. **Catálogo de Seleção e Aplicação de Unidades Condensadoras** – 2002. Disponível em: <http://www.portaldoeletrodomestico.com.br/material-recebido/1/compact_line_danfoss.pdf>. Acesso em 31 de julho de 2021.

REFRIGERATION. **Product information & specifications** – 2012. Disponível em: <https://www.refrigeration.lt/uploads/Products/product_18531/Bristol_compressor_catalogue.pdf>. Acesso em 31 de julho de 2021.

SILVA, Alessandro da. **Câmaras Frigoríficas - aplicação, tipos, cálculo da carga térmica e boas práticas de utilização visando a racionalização da energia elétrica.** 2016. Disponível em: <http://www.ambientegegado.com.br/artigos-tecnicos/camaras-frigorificas/291-camaras-frigorificas-aplicacao-tipos-calculo-da-carga-termica-e-boas-praticas-de-utilizacao-visando-a-racionalizacao-da-energia-eletrica>. Acesso em: 03 fev. 2021.

STOECKER, Wilber F.; JONES, Jerold W.. **Refrigeração e ar condicionado.** São Paulo: Afiliada, 1985.

VENTURINI, Osvaldo José; PIRANI, Marcelo José. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

VILAIN, Rogério (org.). **Projeto de Câmaras frias de pequeno porte**. São José: If-Sc, 2018.

Wirz, D. **Refrigeração comercial - para técnicos em ar-condicionado** - Tradução da 2ª edição norte-americana. [São Paulo]: Cengage Learning Brasil, 2012. 9788522113316. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522113316/>. Acesso em: 2021 jul. 31.

ANEXO 1 - TABELA DE DADOS RELACIONADOS AOS PRODUTOS

TABELA 4 - DADOS RELACIONADOS AOS PRODUTOS									
Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Produto	Temperat. conservação (°C)	Umidade relativa (%)	Calor especif. antes congel. (kcal/kg°C)	Calor especif. pós-congel. (kcal/kg°C)	Cal. l. (kcal/kg)	Ponto congel. (°C)	Cal. resp. (kcal/kg 24h)	Tempo Conser. Aprox.	% d'água
CARNES									
Cordeiro cong.	-18	90	-	0,3	46	-1,7	-	6 - 8 meses	58
Cordeiro fresco	0..1	85..90	0,67	-	-	-	-	5 - 12 dias	58
Fígado	0..1	80..85	0,72	0,4	52	-1,7	-	1 - 6 semanas	65,5
Toutinho	7	90..95	0,52	-	-	-	-	4 - 8 meses	-
Lombo	0..1	85..90	0,68	0,38	48	-2,8	-	7 - 12 dias	60
Porco defum.	-	-	0,6	0,32	-	-	-	-	57
Porco cong.	18	90..95	-	0,38	48	-2,2	-	4 - 6 meses	60
Porco fresco	0..1	85..90	0,68	-	-	-	-	3 - 7 dias	60
Nav. gordo cong.	-15	90..95	-	0,35	44	-2,2	-	6 - 9 meses	-
Nav. gordo fres.	-1..1	88..92	0,6	-	-	-	-	1 - 6 semanas	-
Nav. magro cong.	-15	90..95	-	0,4	56	-1,7	-	6 - 9 meses	68
Nav. magro fres.	-1..1	88..92	0,77	-	-	-	-	1 - 6 semanas	68
Nav. limpo	-	-	0,22..0,24	0,19..0,26	4..12	-	-	-	-
Bucho	1..4,5	85	0,5	0,3	14	-	-	2 - 6 semanas	20
Ávos cong.	-29	90..95	-	0,37	59	-2,8	-	9 - 10 meses	74
Aves frescas	0	85..90	0,79	-	-	-	-	1 semana	74
Presunto	0..1	85..90	0,68	0,38	48	-2,8	-	7 - 12 dias	60
Salame defum.	4,5..7	85..90	0,86	0,56	48	-3,9	-	6 meses	60
Salame seco	-	-	0,39	0,56	52	-3,3	-	-	65
Salame fresco	-	-	0,89	0,56	52	-3,3	-	-	65
Bezerro	0..1	90..95	0,71	0,39	51	-1,7	-	5 - 10 dias	63
FRUTAS									
Damasco	-0,5..1	85..90	0,88	0,4	68	-2,2	-	1 - 2 semanas	85
Ananás	4,5..7	85..90	0,88	0,45	68	-1,4	-	2 - 6 semanas	85
Melancia	2..4,5	85..90	0,97	0,48	73	-1,6	-	2 - 3 semanas	92
Laranja	0..1	85..90	0,9	0,46	69	-2,2	0,22	8 - 12 semanas	87
Abacate	7..13	85..90	0,91	0,49	76	-2,7	3,7..11	4 semanas	94
Bananas	14..16	85..95	0,8	0,42	60	-2,2	2,5	1 - 2 semanas	75
Cidra	9..10	85..90	0,89	0,46	68	-1,7	0,23	6 - 8 semanas	86
Cereja cong.	-18	90	-	0,45	68	-3,3	-	10 - 12 meses	83
Cereja fresca	-0,5..0	85..90	0,87	-	-	-	-	10 - 14 dias	83
Tâmara seca	0	50..60	0,36	0,26	16	-20	-	9 - 12 meses	20
Tâmara fresca	-2..0	85..90	0,82	0,43	62	-2,7	-	5 - 7 meses	78
Figo seco	0..4,5	50..60	0,39	0,27	19	-	-	9 - 12 dias	24
Figo fresco	-2..0	85..90	0,82	0,43	62	-2,7	-	5 - 7 dias	78
Morango cong.	18	90	-	0,47	72	-1,2	-	10 - 12 meses	90
Morango fresco	-0,5..0	85..90	0,92	-	-	-	-	7 - 10 dias	90
Coqui	-1	85..90	0,84	0,43	62	-2	-	2 meses	78
Framboesa	-0,5..0	85..90	0,85	0,45	68	-1	1,9..2,4	7 dias	82
Limão	0..10/15	85..90	0,92	0,46	71	-2,2	0,23	1 - 4 meses	89
Tangerina	-0,5..3,3	90..95	0,93	0,51	70	-2,2	0,9	3 - 4 semanas	87
Manga	10	85..90	0,9	0,46	74	0	-	2 - 3 semanas	93
Romã	1..1,7	85..90	0,87	0,48	62	-2,2	-	2 - 4 meses	77
Maçã	-1..0	85..90	0,86	0,45	67	-2	0,25	2 - 6 meses	84
Maçã doce	-0,5..0	85..90	0,88	0,45	68	-2,2	-	2 - 3 meses	85
Melão	0..4,5	85..90	0,84	0,48	73	-1,7	0,55	5 dias	93

Tabela 4 – continuação									
Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Murta	2...4,5	85...90	0,9	0,46	69	-2,6	-	1 - 4 meses	87
Amora	-0,5...0	85...90	0,88	0,46	68	-1,7	-	7 dias	85
Pera	1,7...0,5	85...90	0,86	0,45	66	-2	0,21	2 - 6 meses	84
Pêssego cong.	-18	90	-	0,46	69	-1,4	-	10 - 12 meses	87
Pêssego fresco	-0,5...0	85...90	0,9	-	-	-	0,31	2 - 4 semanas	87
Polpas	10	85...90	0,91	0,46	70	-2,2	0,3	4 - 8 semanas	89
Ameixas	-0,5...0	80...85	0,88	0,45	68	-2	-	3 - 4 semanas	86
Ribes	0	80...85	0,88	0,45	67	-1	-	10 - 14 semana	85
Uva Itália	-0,5...0	80...85	0,9	0,46	70	-1,7	-	3 - 4 semanas	88
Uva	-0,5...0	85...90	0,86	0,44	64	-3,2	0,23	3 - 8 semanas	82
PEIXES									
Merlusa	0...1,7	90...95	0,9	0,49	66	-2,2	-	5 - 15 dias	-
Peixe seco	4...10	50...60	0,56	0,34	36	-	-	6 - 8 meses	-
Peixe gordo cong.	-18	85...90	-	0,38	50	-2,2	-	2 - 4 meses	60
Peixe gordo	0...1,5	85...90	0,7	-	-	-	-	1 semana	60
Peixe magro cong.	-18	85...90	-	0,45	68	-1,7	-	3 - 4 meses	70
Peixe magro fres.	0...1	85...90	0,86	-	-	-	-	5 - 15 dias	70
VÁRIOS									
Cerveja	5	-	1	-	-	-2,2	-	-	92
Manteiga	0...4,5	80...85	0,64	0,34	8	-1	-	2 meses	15
Crustáceos	0,5	90...95	0,83	0,45	66	-2,2	-	3 - 7 dias	71
Doces em geral	-18...10	40...65	0,93	-	-	-	-	-	-
Farinhas	-	-	0,38	0,28	-	-	-	-	13,5
Flores cortadas	-0,5...7	80...85	-	-	-	0	-	-	-
Queijos	-1...7	65...70	0,64...0,7	0,32...0,4	44...48	-9...-7	1...1,4	varia	55...60
Sorvete	-26	-	0...78	0,45	53	-2,8	-	mais de 1 mês	58...66
Leite	0,5	-	0,93	0,49	69	-0,5	-	7 dias	88
Levedura/Ferm.	-0,5...0	-	0,77	0,41	57	-	-	-	71
Lúpulo	-1,7...0	50...60	-	-	-	-	0,42	mais de 1 mês	-
Malte	-	-	-	-	-	-	0,42	-	-
Margarina	1,7	60...70	0,32	0,25	12	-	-	1 ano	15
Mel	-	-	0,35	0,26	14	-	0,39	mais de 1 ano	18
Moz seca	0...10	65...75	0,2...0,29	0,19...0,24	2...8	-	0,28	8 - 12 meses	3...10
Óleo	1...2	-	-	-	-	-	-	10 - 12 meses	-
Ostra	0,5	90...95	0,83	0,44	64	-2,8	-	3 - 7 dias	80
Pão cong.	-18	-	0,7	0,34	26...29	-	-	mais de 1 semana	32...37
Nata	0,5	-	0,85	0,4	50	-2,2	-	7 dias	73
Memb. vinhos	-15...-18	40...60	-	-	-	-	-	mais de 1 ano	-
Massa/sovar	1...4,5	45...55	-	0,4	-	-	-	muitos anos	-
Ovas cong.	-18	-	-	0,4	56	-2,8	-	12 meses	-
Ovas frescas	-1,7...1,5	80...85	0,76	-	-	-	-	6 - 9 meses	-
VERDURAS									
Aspargos cong.	-18	85...90	-	0,48	74	-1,2	-	6 - 12 meses	93
Aspargos fres.	0	90...95	0,94	-	-	-	3,2...6,4	2 - 3 semanas	93
Beterraba	0	90...95	0,9	0,46	70	-0,5	0,75	1 - 3 meses	88
Brócoli	0	90...95	0,92	0,47	72	-1,6	3...4,7	7 - 10 dias	90
Alcachofra cong.	-18	85...90	-	0,45	67	-1,6	-	6 - 12 meses	84
Alcachofra fresca	-0,5...0	90...95	0,87	-	-	-	2,8	1 - 2 semanas	84
Cenoura cong.	-18	80...85	-	0,46	70	-1,3	-	6 - 12 meses	88

ANEXO 2 - CATÁLOGO DE EVAPORADORES - MIPAL

Capacidades • Motoventiladores AC

Modelo	Kcal/h									Watts								
	Temperaturas de Evaporação																	
	-31 °F -35 °C	-22 °F -30 °C	-13 °F -25 °C	-4 °F -20 °C	5 °F -15 °C	14 °F -10 °C	23 °F -5 °C	32 °F 0 °C	41 °F 5 °C	-31 °F -35 °C	-22 °F -30 °C	-13 °F -25 °C	-4 °F -20 °C	5 °F -15 °C	14 °F -10 °C	23 °F -5 °C	32 °F 0 °C	41 °F 5 °C
0013	946	983	1015	1047	1077	1107	1141	1231	1284	1100	1143	1180	1217	1252	1287	1326	1431	1493
0015	1186	1232	1272	1312	1350	1387	1430	1543	1610	1379	1432	1479	1525	1569	1612	1662	1794	1871
0018	1350	1403	1448	1494	1537	1579	1628	1757	1832	1569	1631	1683	1736	1786	1836	1892	2042	2130
0025	1892	1966	2029	2093	2153	2213	2281	2462	2567	2199	2285	2358	2432	2502	2572	2651	2861	2984
0031	2317	2407	2485	2562	2636	2710	2793	3014	3144	2692	2797	2888	2978	3064	3149	3246	3503	3654
0038	2837	2947	3042	3138	3228	3318	3420	3691	3849	3297	3425	3536	3647	3751	3856	3975	4289	4474
0046	3463	3598	3714	3830	3940	4051	4175	4505	4699	4025	4182	4317	4452	4580	4708	4852	5236	5462
0051	3782	3930	4057	4184	4304	4424	4560	4921	5133	4396	4567	4715	4862	5002	5142	5300	5719	5965
0062	4630	4810	4966	5121	5268	5416	5582	6024	6283	5381	5591	5771	5952	6123	6294	6487	7001	7302
0078	5797	6023	6217	6412	6596	6781	6989	7542	7867	6737	7000	7226	7452	7666	7881	8123	8766	9143
0094	6930	7200	7433	7665	7886	8106	8355	9016	9404	8054	8368	8638	8909	9165	9421	9710	10479	10930
0110	8103	8419	8691	8962	9220	9478	9769	10542	10996	9417	9784	10100	10416	10716	11015	11354	12252	12779
0125	9285	9647	9958	10270	10565	10860	11194	12080	12600	10791	11212	11574	11936	12279	12622	13010	14039	14644

Capacidades (DT=10,8°F / DT1=6°K)

(*) Mesmas capacidades para 50Hz e 60Hz. Capacidade em R-22, outros refrigerantes, NH₃ ou CO₂, contate-nos.

D11: Diferença entre a temperatura de entrada do ar no evaporador e a temperatura de evaporação do refrigerante. °K=Graus Kelvin °F=Graus Fahrenheit

A temperatura de entrada do ar no evaporador é considerada a temperatura da câmara aproximadamente.

Características • Motoventiladores AC

Modelo	HP	Vazão	V		C	Motor AC			Resistências Elétricas		
			dm ³	Refr. Kg		dB(a)	1~ 220V		W	1~ 220V A	3~ 220V A
							W	A			
0013	1	1	1 x 1000 m ³ /h	1,6	0,33	44,3	70	0,6	2 x 600	5,5	5,5d
0015	1 ½	1	1 x 1000 m ³ /h	2,2	0,44	44,3	70	0,6	2 x 600	5,5	5,5d
0018	1 ½	2	2 x 1000 m ³ /h	2,0	0,39	47,3	140	1,2	2 x 1200	10,9	10,9d
0025	2	2	2 x 1000 m ³ /h	2,9	0,59	47,3	140	1,2	2 x 1200	10,9	10,9d
0031	2 ½	2	2 x 1000 m ³ /h	3,9	0,78	47,5	140	1,2	2 x 1200	10,9	10,9d
0038	3	3	3 x 1000 m ³ /h	4,2	0,85	49,3	210	1,8	3 x 1200	16,4	9,5
0046	4	3	3 x 1000 m ³ /h	5,6	1,13	49,5	210	1,8	3 x 1200	16,4	9,5
0051	5	4	4 x 1000 m ³ /h	5,5	1,11	50,3	280	2,4	3 x 1600	21,8	12,6
0062	5 ½	4	4 x 1000 m ³ /h	7,4	1,47	50,5	280	2,4	3 x 1600	21,8	12,6
0078	6 ½	5	5 x 1000 m ³ /h	9,1	1,82	51,5	350	3,0	3 x 2000	27,3	15,8
0094	7 ½	6	6 x 1000 m ³ /h	10,8	2,16	52,5	420	3,0	3 x 2400	32,7	18,9
0110	9	7	7 x 1000 m ³ /h	12,5	2,51	53,5	490	4,2	3 x 2800	38,2	22,1
0125	10	8	8 x 1000 m ³ /h	14,3	2,85	54,5	560	4,8	3 x 3200	43,6	25,2

Legendas

V= Volume interno

C= Carga aproximada de refrigerante

m³/h = Vazão de ar medida a densidade de 1,2M³/Kg

d = Consumo não equilibrado.

Nível de ruído obtido nas condições de campo aberto a uma distância de 1 metro. (O nível de ruído real depende de fatores como: construção da câmara, tipo de carga e número de aparelhos instalados.) Alcance do Ar de 12m com velocidade final de 0,25m/s. A velocidade final de 0,25 m/s é obtida nas condições de campo aberto. O alcance de ar, não pode ser considerado como valor absoluto, devido a muitos fatores que têm influência nesta distância. Recomendamos a utilização deste modelo para câmaras frigoríficas com pé direito até 4 metros.

ANEXO 3 - CATÁLOGO DE COMPRESSORES - BRISTOL

H23A SERIES															
Model	Volts Phase Hz	@45/130					@45/100				Electrical Data			Displacement	
		Capacity		Motor Input WATTS	EER/COP		Capacity	Motor Input WATTS	EER						
		BTU/H	WATTS		BTU/WH	WW				BTU/H	BTU/WH	RLA	LRA	MCC	IN3/REV
H23A SERIES (R22)															
H2 3A303ABC	208-230/1/60	29200	8556	2870	10.2	3.0	3900	2350	16.6	13	81	24	3.280	53.74	
H2 3A303ABH	220-240/1/50	24000	7032	2430	11.4	3.3	32100	1990	16.1	11.4	62	20	3.280	53.74	
H2 3A303ABH	265/1/60	29300	8585	2880	10.2	3.0	39100	2360	16.6	11.6	72	22	3.280	53.74	
H2 3A303DBE	380-415/3/50	23900	7003	2340	10.2	3.0	32100	1910	16.8	4.1	30	8	3.280	53.74	
H2 3A303DBE	460/3/60	29100	8526	2820	10.3	3.0	39100	2310	16.9	4.4	30	8	3.280	53.74	
H23A303DBL	200-220/3/50	24200	7091	2400	10.1	3.0	32400	1960	16.5	9	76	16	3.280	53.74	
H23A303DBL	200-230/3/60	29200	8556	2850	10.3	3.0	39000	2330	16.8	8.8	70	16	3.280	53.74	
H23A353ABC	208-230/1/60	34900	10226	3440	10.1	3.0	45600	2830	16.1	15.9	87	27.5	3.757	61.56	
H23A353ABH	220-240/1/50	28600	8380	2920	9.8	2.9	37400	2400	15.6	13.8	78	24.5	3.757	61.56	
H2 3A353ABH	265/1/60	34600	10138	3490	9.9	2.9	45300	2880	15.7	14.3	78	24	3.757	61.56	
H23A353ABJ	208-230/1/50	29400	8614	2830	10.4	3.0	38500	2330	16.5	14	84	24	3.757	61.56	
H2 3A353DBE	380-415/3/50	28800	8438	2820	10.2	3.0	37700	2290	16.4	5	35	8.3	3.757	61.56	
H2 3A353DBE	460/3/60	34900	10226	3390	10.3	3.0	45600	2760	16.6	4.8	35	8.3	3.757	61.56	
H23A353DBL	200-220/3/50	28800	8438	2880	10.0	2.9	37700	2340	16.1	10	76	18	3.757	61.56	
H23A353DBL	200-230/3/60	34900	10226	3390	10.3	3.0	45600	2760	16.6	9.6	70	18	3.757	61.56	
H2 3A383ABC	208-230/1/60	37900	11121	3690	10.3	3.0	49100	3031	16.2	17	97	30	4.147	67.95	
H23A383ABK	220-240/1/50	32400	9507	3220	10.1	3.0	41000	2640	15.9	15.5	82	28	4.147	67.95	
H23A383DBE	460/3/60	37900	11121	3650	10.4	3.0	49100	2970	16.6	5.5	39	9.5	4.147	67.95	
H2 3A383DBE	380-415/3/50	31400	9216	3050	10.3	3.0	40700	2470	16.5	5.2	39	9.5	4.147	67.95	
H23A383DBF	500/3/50	31700	9288	3100	10.2	3.0	41000	2510	16.3	4.2	36	8	4.147	67.95	
H23A383DBF	575/3/60	37900	11105	3650	10.4	3.0	49100	2970	16.6	4.2	36	8	4.147	67.95	
H23A383DBL	200-230/3/60	37900	11121	3650	10.4	3.0	49100	2970	16.6	10.4	78	20	4.147	67.95	
H23A383DBL	200-220/3/50	32000	9389	3140	10.2	3.0	41440	2540	16.3	10.7	76	20	4.147	67.95	
H2 3A423ABC	208-230/1/60	42100	12353	4090	10.3	3.0	53900	3360	16	18.7	110	31.2	4.505	73.82	
H23A423ABK	220-240/1/50	35000	10270	3420	10.2	3.0	44800	2810	15.9	16.7	90	28	4.505	73.82	
H2 3A423DBE	406-3/60	42100	12353	4070	10.4	3.0	53900	3310	16.3	5.7	39	9.5	4.505	73.82	
H2 3A423DBE	380-415/3/50	35200	10328	3430	10.3	3.0	45000	2790	16.2	5.8	39	9.5	4.505	73.82	
H23A423DBF	575/3/60	42100	12353	4070	10.4	3.0	53900	3310	16.3	4.6	36	8	4.505	73.82	
H23A423DBF	500/3/50	35200	10328	3450	10.2	3.0	45000	2800	16.1	4.6	36	8	4.505	73.82	
H23A423DBL	200-230/3/60	42100	12353	4070	10.4	3.0	53900	3308	16.3	11.7	78	20	4.505	73.82	
H23A423DBL	200-220/3/50	35500	10416	3390	10.5	3.1	45400	2750	16.5	11.2	78	20	4.505	73.82	
H23A423DBW	380-460/3/60	42600	12481	4020	10.6	3.1	54600	3320	16.4	6.7	44	11	4.505	73.82	
H2 3A463ABC	208-230/1/60	46300	13585	4550	10.2	3.0	58855	3745	15.7	21.6	118	36.4	4.926	80.72	
H23A463ABK	220-240/1/50	39200	11485	3760	10.4	3.0	50100	2960	16.7	18.8	101	33	4.926	80.72	
H2 3A463DBE	460/3/60	46300	13585	4430	10.4	3.0	58900	3670	16.0	6.3	45	13	4.926	80.72	
H2 3A463DBE	380-415/3/50	38900	11368	3840	10.1	3.0	49300	3150	15.6	6.3	45	13	4.926	80.72	
H23A463DBF	575/3/60	46300	13585	4460	10.4	3.0	58900	3670	16.0	5	36	10	4.926	80.72	
H23A463DBF	500/3/50	38800	11368	3840	10.1	3.0	49300	3150	15.6	4.9	36	10	4.926	80.71	
H23A463DBL	200-230/3/60	46300	13585	4460	10.4	3.0	58900	3670	16.0	12.6	90	24	4.926	80.72	
H23A463DBL	200-220/3/50	39500	11573	3870	10.2	3.0	50200	3170	15.8	12.7	90	24	4.926	80.71	
H2 3A503ABC	208-230/1/60	49000	14378	4890	10.0	2.9	64000	3980	16.1	22.3	138	40	5.202	85.24	
H2 3A503DBE	460/3/60	49000	14378	4890	10.0	2.9	64000	3980	16.1	6.8	53	12.5	5.202	85.24	

Data Subject to Revision

ANEXO 4 - CATÁLOGO DE EVAPORADORES MODELO DFT - DELTAFRIO

Modelo	Capacidade (Kcal/h)								Ventiladores					Degelo			Conexões			Dimensões equipamento			Peso
	Temperatura de evaporação								Qtd.	Cor. (A)	Hélice (mm)	Flecha (m)	Vazão (m³/h)	Qtd.	Modelo	Cor. (A)	Entr. (pol)	Saída (pol)	Dreno (pol)	Comp. X (mm)	Altura Y (mm)	Prof. Z (mm)	Transp. (Kg)
	+10°C	+5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C															
DFT 62.13	490	403	322	257	208	198	191	187	1	0,26	203	3,9	330	1	C1	2,5	3/8	3/8	1/2	500	140	360	5
DFT 62.15	596	526	465	421	377	345	313	297	1	0,26	203	3,7	312	1	B1	2,3	3/8	3/8	1/2	530	180	400	5,8
DFT 62.17	663	584	514	467	420	384	347	328	1	0,26	203	3,8	321	1	C1	2,5	3/8	3/8	1/2	530	180	400	6
DFT 62.25	1374	1214	1071	981	891	821	751	698	2	0,52	203	3,7	624	1	B2	4,5	1/2	5/8	1/2	930	180	400	11,6
DFT 62.27	1455	1286	1135	1039	943	867	791	734	2	0,52	203	3,8	643	1	C2	5,0	1/2	5/8	1/2	930	180	400	12
DFT 62.35	2056	1808	1591	1458	1325	1217	1109	1043	3	0,78	203	3,7	936	1	B3	6,8	1/2	5/8	1/2	1330	180	400	17,5
DFT 62.37	2215	1947	1713	1572	1431	1312	1193	1121	3	0,78	203	3,8	964	1	C3	7,5	1/2	5/8	1/2	1330	180	400	18
DFT 62.47	2917	2562	2253	2060	1866	1716	1566	1471	4	1,04	203	3,8	1286	1	C4	10,0	1/2	5/8	1/2	1730	180	400	24
DFT 52.54	3335	3051	2784	2589	2394	2236	2078	1964	5	1,75	203	5,1	2100	1	B5	11,4	1/2	5/8	1/2	1960	185	490	25
DFT 52.64	4075	3728	3401	3179	2959	2756	2556	2411	6	2,10	203	5,1	2520	1	B6	13,8	1/2	5/8	1/2	2320	185	490	27
DFT 52.74	4767	4361	3979	3708	3437	3208	2978	2792	7	2,45	203	5,1	2940	1	B7	16,1	1/2	5/8	1/2	2680	185	490	29
DFT 52.84	5014	4587	4185	3880	3596	3344	3074	2922	8	2,80	203	5,3	3360	1	C8	18,2	1/2	1	1/2	3050	185	490	32

Para medida da embalagem acrescentar as seguintes medidas: X + 20mm, Y + 100mm e Z + 20mm

ANEXO 5 - CATÁLOGO DE UNIDADE EVAPORADORA - DANFOSS

Dados de Capacidade em 60 Hz



HCZ

R-134a

Unidades Condensadoras Modelos	Referência Comercial (HP)	TE		+10°C	+5°C	0°C	- 5°C	- 10°C	- 15°C
		TA		Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h	Kcal/h
HCZ 018	1,5	32		3357	2731	2185	1721	1334	999
		35		3204	2602	2077	1629	1256	932
HCZ 022	2,0	32		4509	3685	2955	2320	1780	1272
		35		4322	3530	2829	2218	1697	1217
HCZ 028	2,5	32		5708	4739	3861	3073	2377	1719
		35		5487	4552	3702	2939	2264	1621
HCZ 032	2,75	32		6389	5259	4225	3309	2506	1787
		35		6150	5061	4076	3197	2424	1728
HCZ 036	3,0	32		7201	6004	4927	3969	3130	2557
		35		6931	5771	4725	3794	3077	2495
HCZ 040	3,5	32		8513	7135	5915	4845	3916	3219
		35		8199	6847	5649	4598	3684	3004
HCZ 044	4,0	32		9453	7837	6403	5148	4065	2939
		35		9087	7517	6124	4903	3849	2756
HCZ 050	4,5	32		10393	8539	6890	5451	4215	3281
		35		9973	8188	6598	5208	4013	2861
HCZ 064	5,0	32		13877	11553	9449	7568	5938	4508
		35		12829	11118	9083	7261	5702	4340

Dados de capacidade:

Superaquecimento a 8°C / Subresfriamento a 3°C

TE: Temperatura de Evaporação em °C

TA: Temperatura Ambiente em °C

ANEXO 6 - CATÁLOGO DE EVAPORADORES MODELO DF - DELTAFRIO

Modelo	Capacidade (Kcal/h)								Ventiladores					Degelo			Conexões			Dimensões equipamento			Peso
	Temperatura de evaporação								Qtd.	Cor. (A)	Hélice (mm)	Flecha (m)	Vazão (m³/h)	Qtd.	Modelo	Cor. (A)	Entr. (pol)	Saída (pol)	Dreno (pol)	Comp. X (mm)	Altura Y (mm)	Prof. Z (mm)	Transp. (Kg)
	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-35°C															
DF 15.15	502	465	449	424	404	385	370	364	1	0,5	254	10	997	1	A1-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	14
DF 15.17	866	793	759	708	672	640	618	609	1	0,5	254	10	956	1	A1-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	16
DF 15.19	1298	1176	1109	1024	966	917	883	871	1	0,5	254	9	914	1	A2-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	17
DF 15.25	1523	1375	1298	1199	1131	1075	1036	1022	2	0,9	254	10	1993	2	A1-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	24
DF 15.27	2583	2418	2299	2134	1989	1875	1790	1744	2	0,9	254	10	1911	2	A1-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	26
DF 15.29	3372	3142	2960	2761	2628	2508	2387	2296	2	0,9	254	9	1829	2	A2-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	28
DF 15.37	4149	3871	3643	3400	3214	3039	2892	2784	3	1,4	254	10	2867	3	A1-v2	13,5	1/2	5/8	1	1300	360	435	36
DF 15.39	5152	4777	4454	4159	3918	3633	3388	3189	3	1,4	254	9	2743	3	A2-v2	13,5	1/2	5/8	1	1300	360	435	38
DF 15.47	5549	5156	4813	4459	4174	3891	3637	3434	4	1,8	254	10	3822	4	A1-v2	18	1/2	5/8	1	1660	360	435	43
DF 15.49	6779	6317	5953	5556	5297	5060	4832	4659	4	1,8	254	9	3658	4	A2-v2	18	1/2	1	1	1660	360	435	48
DF 15.59	8673	8062	7556	7045	6743	6314	5969	5719	5	2,3	254	9	4572	5	A2-v2	22,5	1/2	1	1	2020	360	435	59
DF 15.69	10410	9643	9003	8538	7928	7376	6901	6523	6	2,7	254	9	5487	6	A2-v2	27	1/2	1	1	2380	360	435	70
DF 15.79	12111	11269	10582	9824	9460	8912	8457	8149	7	3,2	254	9	6401	7	A2-v2	31,5	1/2	1 1/4	1	2740	360	435	78
DF 15.89	13949	12964	12127	11407	10783	10080	9507	9078	8	3,6	254	9	7316	8	A2-v2	36	1/2	1 1/4	1	3100	360	435	88

Para medida da embalagem acrescentar as seguintes medidas: X + 20mm, Y + 90mm e Z + 20mm