UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO DE GRADUAÇÃO

MARCIO DE OLIVEIRA
VINICIUS TINELI PAIVA

ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS DO RU-UFES

VITÓRIA
2016

MARCIO DE OLIVEIRA

VINICIUS TINELI PAIVA

ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS DO RU-UFES

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli

VITÓRIA

2016

ANÁLISE DE DESEMPENHO DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS DO RU-UFES

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em ____ de _____ de 20___.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador

_____

Prof. Dr. Elias Antônio Dalvi

Universidade Federal do Espírito Santo

_____

Prof. Me. Leonardo Rodrigues de Araújo

Instituto Federal do Espírito Santo

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de nós, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao orientador Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos nossos familiares, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

"A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula."

Lee Iacocca

RESUMO

As câmaras frigoríficas são muito importantes para o armazenamento de produtos, principalmente alimentícios, a uma temperatura regulamentada por norma, de forma a não perderem as suas propriedades. Elas passam por diversas fases durante sua “vida útil” como, por exemplo, projeto, montagem, testes, operação, manutenção e reutilização/descarte. Todas essas fases devem estar funcionando da maneira mais correta possível para que se possa obter uma câmara fria com um desempenho satisfatório. Neste projeto, as câmaras frigoríficas do Restaurante Universitário da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) são analisadas e confrontadas com a teoria apresentada no decorrer deste projeto. Após essa análise, melhorias são propostas e a viabilidade das alterações, analisadas. Observando a situação atual do RU-UFES, é possível identificar alguns desvios de operação com relação ao projeto como, por exemplo, à disposição dos alimentos nas câmaras e nos equipamentos. Além disso, houve mudanças nos aparelhos durante o período de análise. Depois, foram propostas mudanças para melhorias na higiene e segurança dos operadores de modo a adequar a operação às normas estabelecidas para esse tipo de sistema, na logística do armazenamento dos alimentos e o implemento de um gerador para funcionar caso haja alguma queda de energia na UFES, evitando que alimentos pereçam ou para funcionar nos horários de pico, economizando na energia elétrica. Mediante os resultados obtidos, conclui-se que as propostas de melhorias são viáveis.

Palavras-chave: câmaras frigoríficas, projeto, operação, restaurante universitário, UFES.

ABSTRACT

Cold storage rooms are very important to storage products, especially foods, at a standard temperature in order to do not lose their properties. In the case of foods, spoiling. They have many stages during their “life cycle” like, for example, design, installation, testing, operation, maintenance and reuse/disposal. All those stages must be working in the most correctly possible way, so you can have a cold storage room with a satisfactory performance. In this project, the Universidade Federal do Espírito Santo’s (UFES) University Restaurant’s cold storage rooms are analyzed and compared with the theory presented during this project. After this analysis, improvements are proposed and the changes’ viability is analyzed. Observing the current situation of UFES’ cold storage rooms, it is possible to identify some operating deviations from the project as, for example, the foods’ organization in the cold rooms and the equipment. In addition, there were changes in equipment during the analysis period. Moreover, improvements were proposed on the health and safety of the operators, in order to adapt the operation to the standards set for this type of system, on the logistics, on the foods’ organization and the purchase of a generator to work if any failure on the energy supply happened, preventing food to spoil or to work on the time that electric energy is more expensive, saving money. From the results obtained, it is concluded that the proposed improvements are feasible.

Keywords: Cold storage rooms, project, operation, University Restaurant, UFES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de uma Câmara Frigorífica em Alvenaria.....13
Figura 2 - Exemplo de Porta em Câmaras em Alvenaria 14
Figura 3 - Esquema de uma Câmara Frigorífica Modular.....15
Figura 4 - Componentes de Fixação e Vedação.....16
Figura 5 - Exemplo de Porta em Câmaras Frigoríficas Modulares.....16
Figura 6 - Exemplo de Porta em Câmaras Frigoríficas Modulares.....17
Figura 7 - Controle de Temperatura.....17
Figura 8 - Cantos Arredondados em uma Câmara Frigorífica Modular.....18
Figura 9 - Utilização de sarrafos ou arames com chumbadores para fixação.....21
Figura 10- Utilização de sarrafos ou arames com chumbadores para fixação nos forros de concreto.....21
Figura 11 - Utilização de Porão Ventilado.....22
Figura 12 - Drenagem e aquecimento do piso.....22
Figura 13 - Painéis Isolantes do tipo "sanduíche".....23
Figura 14 - Caminhão Frigorífico.....31
Figura 15 - Antecâmara.....32
Figura 16 - Comparativo do Gasto de Energia Elétrica.....51
Figura 17 - Armazenamento de Caixotes.....54
Figura 18 - Sensores de temperatura instalados nos ventiladores.....55
Figura 19 - Monitoramento de Temperaturas.....55
Figura 20 - Higienizador de Botas.....57
Figura 21 - Desenho da Prateleira das Câmaras de Congelado.....60
Figura 22 - Disposição das Prateleiras nas Câmaras de Congelados.....60
Figura 23 - Análise de Viabilidade de um Gerador.....63
Figura 24 - Gráfico do Comportamento do Retorno de Investimento.....64
Figura 25 - Planta das Câmaras Frigoríficas do RU UFES.....77
Figura 26 - Câmaras que Sofreram Alterações nos Equipamentos.....77
Figura 27 - Unidade Evaporadora da Câmara 1.....78
Figura 28 - Especificações da Unidade Evaporadora da Câmara 1.....78
Figura 29 - Unidade Evaporadora das Câmaras 2, 3, 4, 5, 6 e 7.....79
Figura 30 - Especificações das Unidades Evaporadoras das Câmaras 2, 3, 4, 5, 6, e 7.....79

Figura 31 - Unidade Condensadora das Câmaras 1, 3 e 7.....80
Figura 32 - Especificações das Unidades Condensadoras das Câmaras 1, 3 e 7....80
Figura 33 - Unidade Condensadora da Câmara 2.....81
Figura 34 - Especificações da Unidade Condensadora da Câmara 2.....81
Figura 35 - Unidade Condensadora das Câmaras 4 e 6.....82
Figura 36 - Especificações das Unidades Condensadoras das Câmaras 4 e 6.....82
Figura 37 - Unidade Condensadora da Câmara 5.....83
Figura 38 - Especificações da Unidade Condensadora da Câmara 5.....83
Figura 39 - Unidade Condensadora da Câmara 7.....84
Figura 40 - Especificações da Unidade Condensadora da Câmara 7.....84
Figura 41 - Temperatura das Câmaras 1, 2 e 3.....85
Figura 42 - Temperatura das Câmaras 4, 5 e 6.....85
Figura 43 - Temperatura da Câmara 7.....85
Figura 44 - Especificações da Câmara 1.....86
Figura 45 - Especificações da Câmara 2.....86
Figura 46 - Especificações da Câmara 3.....87
Figura 47 - Especificações da Câmara 4.....87
Figura 48 - Especificações da Câmara 5.....88
Figura 49 - Especificações da Câmara 6.....88
Figura 50 - Especificações da Câmara 7.....89
Figura 51 - Manutenção do Gerador.....94
Figura 52 - Conta de Energia da UFES (página1).....95
Figura 53 - Conta de Energia da UFES (página 2).....96
Figura 54 - Cálculo de impostos sobre energia elétrica.....97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) – PUR.....24
Tabela 2 - Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) – EPS.....24
Tabela 3 - Classificação do Isolamento x Fluxo de Calor.....25
Tabela 4 - Fluxo de calor (kcal/h.m2) x ΔT (°C) – PUR.....25
Tabela 5 - Fluxo de calor (kcal/h.m2) x ΔT (°C) – EPS.....25
Tabela 6 – Equipamentos Presentes nas câmaras na primeira visita.....39
Tabela 7 – Comparação do Projeto x Observado.....43
Tabela 8 - Substâncias x Potencial de Destruição da Camada de Ozônio.....44
Tabela 9 - Cronograma para eliminação do uso de HCFC's.....45
Tabela 10 – Equipamentos presentes nas câmaras.....46
Tabela 11 – Resumo da Seleção de Equipamentos.....50
Tabela 12 – Consumo de Energia Elétrica dos Aparelhos Atuais.....50
Tabela 13 – Consumo de Energia Elétrica dos Aparelhos Recomendados.....50
Tabela 14 – Tabela de Potência dos Equipamentos.....58
Tabela 15 – Calor de Respiração.....71
Tabela 16 – Fator F para Carga de Pessoas.....72
Tabela 17 – Catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras (R-404a) ….90
Tabela 18 – Unidades condensadoras da DANFOSS (R-22) 91
Tabela 19 – Unidades Evaporadoras da TRINEVA.....92
Tabela 20 – Especificações de Unidades Evaporadoras da TRINEVA.....92
Tabela 21 – Catálogo de Gerador. 93
Tabela 22 – Manutenção do Gerador.....94

LISTA DE SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANP Agência Nacional do Petróleo

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CFC Clorofluorcarbono

EPI Equipamento de proteção individual

EPS Poliestireno expandido

FIFO First In First Out

HCFC Hidroflorofluorcarbono

IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

N_2 Nitrogênio

PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PUR Poliuretano

RU Restaurante Universitário

TIR Taxa Interna de Retorno

UFES Universidade Federal do Espírito Santo

VPL Valor Presente Líquido

A Área da superfície externa das paredes [ft^2]

C Capacidade do equipamento [Btu/h]

C_1 Calor específico antes do congelamento [Btu/lb.ºF]

C_2 Calor específico depois do congelamento [Btu/lb.ºF]

C_r Calor de respiração [Btu/lb.h]

ΔT_1 Troca na temperatura do produto [ºF]

D Diferencial de temperatura através da parede [ºF]

F Fator

F_S Fator de segurança

h_{if} Quantidade de calor latente do produto [Btu/lb]

m Massa do produto [lb]

n Número de Lâmpadas

N Número de operadores

Q_1 Quantidade de calor transferido [Btu/24h]

Q_2 Quantidade de calor sensível antes do congelamento [Btu/24h]

Q_3 Quantidade de calor latente [Btu/24h]

Q_4 Quantidade de calor sensível depois do congelamento [Btu/24h]

Q_5 Carga de respiração [Btu/24h]

Q_6 Carga proveniente das lâmpadas [Btu/24h]

Q_7 Carga proveniente das pessoas [Btu/24h]

Q_T Carga térmica total [Btu/24h]

T_F Temperatura de funcionamento [ºF]

W Potência das lâmpadas [W]

Sumário

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 Objetivos 10
1.1.1 Objetivo Geral 10
1.1.2 Objetivos Específicos 11
1.1.3 Motivação 11
1.1.4 Organização do Trabalho 11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13
2.1 Tipos de Câmaras Frigoríficas 13
2.1.1 Câmaras Frigoríficas em Alvenaria 13
2.1.2 Câmaras Frigoríficas Modulares 15
2.2 Procedimentos em um Projeto de Câmaras Frigoríficas 18
2.2.1 Construção/Montagem 19
2.2.2 Testes 26
2.2.3 Operação 29
2.2.3.1 Sistemas de Degelo 29
2.2.3.1.1 Procedimentos no Sistema de Degelo 29
2.2.3.1.2 Controle do Degelo 30
2.2.3.2 Logística 31
2.2.3.3 Vigilância Sanitária 33
2.2.4 Manutenção 34
2.2.5 Modernização/Substituição 35
3 ESTUDO DE CASO 37
3.2 Análise das câmaras frigoríficas do RU UFES 43
3.2.2 Seleção de Equipamentos 46
3.2.4 Logística 53
3.2.5 Identificação de Técnicas de Manutenção 54
3.3 Propostas de Melhorias 56
3.3.1 Disposição dos Alimentos 56
3.3.2 Higiene e Segurança dos Operadores 56
3.3.3 Implementação de Equipamento 57
3.3.4 Operação/Logística 59
4 ANÁLISE FINANCEIRA 62
5 COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES 65

REFERÊNCIAS.....66
APÊNDICE A – CÁLCULO DAS CARGAS TÉRMICAS.....69
ANEXO A – PLANTAS DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS DO RU-UFES 77
ANEXO C – ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....86
ANEXO D – CATÁLOGOS DE EQUIPAMENTOS 90
ANEXO E –INFORMAÇÕES DO GERADOR SELECIONADO.....93
ANEXO F – CONTA DE ENERGIA DA UFES.....95

1 INTRODUÇÃO

As câmaras frigoríficas têm, como importância fundamental, a conservação de alimentos. O armazenamento em câmaras frias conserva os alimentos frescos em temperaturas baixas e essa alocação retarda o desenvolvimento de microrganismos e a ação das enzimas (SOARES, 2010). Esse fator, juntamente com a umidade relativa adequada (a umidade favorece a proliferação de fungos), permitem estocar o alimento para um uso futuro sem que ele estrague.

O sucesso na instalação e a permanência eficiente de uma câmara frigorífica estão diretamente ligados à qualidade do projeto (montagem, testes, operação e manutenção), profissionais competentes e segurança dos operadores (FRIGONEWS, 2011). Sendo assim, de modo a garantir uma boa qualidade do projeto, diversas características devem ser consideradas como, por exemplo, as dimensões das câmaras, temperatura de operação, finalidade (resfriamento, congelamento, estocagem), características térmicas do produto a ser armazenado e capacidade total e de movimentação (giro) de produtos. Além disso, o conhecimento das características climáticas em que a câmara fria será instalada é de grande importância.

Este trabalho detalhará os tipos de câmaras frigoríficas e aplicações, como deve ser feito o projeto de uma câmara fria e descreverá um estudo de caso das câmaras frigoríficas do restaurante universitário da Universidade Federal do Espírito Santo, identificando divergências com a teoria apresentada e propondo melhorias.

1.1 Objetivos

A seguir são apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é detalhar o ciclo de vida de uma câmara frigorífica e propor melhorias para as câmaras frias do restaurante universitário da Universidade Federal do Espírito Santo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudo dos tipos de câmaras frigoríficas;
- Estudo de um projeto de câmara frigorífica, identificando todas as fases e ciclo de vida de uma câmara frigorífica (montagem, testes, operação, manutenção e modernização/substituição);
- Análise das câmaras frigoríficas do restaurante universitário da Universidade Federal do Espírito Santo, confrontando as situações encontradas com a teoria estudada;
- Propor soluções para melhorias das câmaras frias do restaurante universitário da Universidade Federal do Espírito Santo.

Portanto, o presente trabalho pretende contribuir para o conhecimento e a aprendizagem a respeito de câmaras frigoríficas, além de contribuir para melhorias das câmaras frias do restaurante universitário da Universidade Federal do Espírito Santo.

1.1.3 Motivação

A proposta deste trabalho surgiu da motivação de realizar um estudo prático de refrigeração tendo como estudo de caso as câmaras frigoríficas da Universidade Federal do Espírito Santo, que apresentavam temperaturas de armazenamento de produtos congelados divergentes com a norma.

1.1.4 Organização do Trabalho

O trabalho é apresentado em seis capítulos, onde são mostrados os fundamentos teóricos de câmaras frigoríficas, o ciclo de vida de uma câmara fria (projeto) e um estudo de caso.

No capítulo I, é mostrada a introdução do trabalho, são definidos os objetivos, motivação e estruturação da dissertação.

No capítulo II, é apresentada uma revisão bibliográfica com toda a fundamentação teórica a respeito de câmaras frigoríficas. Este capítulo é subdividido em capítulos que

abrangem os tipos de câmaras frigoríficas e os procedimentos de um projeto de câmaras frias (construção, testes, operação, manutenção e modernização/substituição).

No capítulo III, é apresentado um estudo de caso a respeito das câmaras frigoríficas do RU-UFES. Neste capítulo, as câmaras são descritas, analisadas e propostas de melhorias são sugeridas.

No capítulo IV, uma análise das câmaras uma análise financeira para saber a viabilidade das modificações propostas. Neste capítulo, conceitos de Matemática Financeira como, por exemplo, VPL, TIR e PAYBACK são utilizados.

No capítulo VI, são feitos comentários finais baseados nos resultados e discussões obtidos no decorrer do projeto, além de sugestões de possíveis trabalhos futuros baseados neste projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica, as principais informações a respeito de câmaras frigoríficas são abordadas. No decorrer deste capítulo, os diferentes tipos de câmaras frias e suas aplicações e os procedimentos realizados em um projeto de câmara frigorífica desde a construção até a modernização/substituição das mesmas são apresentados.

Além disso, no durante os assuntos abordados, normas vigentes a respeito de sistemas de refrigeração e vigilância sanitária são analisadas e confrontadas com o funcionamento das câmaras frias, de modo a ter-se um sistema normatizado e funcionando de maneira eficiente.

2.1 Tipos de Câmaras Frigoríficas

Uma câmara frigorífica é qualquer espaço de armazenagem, que tenha as suas condições internas controladas por um sistema de refrigeração (CHAGAS, 2012).

Dentro dessa definição, podem-se destacar dois tipos de câmaras frigoríficas: a câmara frigorífica de alvenaria e a câmara frigorífica modular.

2.1.1 Câmaras Frigoríficas em Alvenaria

As câmaras frigoríficas de alvenaria (Figura 1) são amplamente utilizadas quando deseja-se armazenar grande quantidade de produtos.

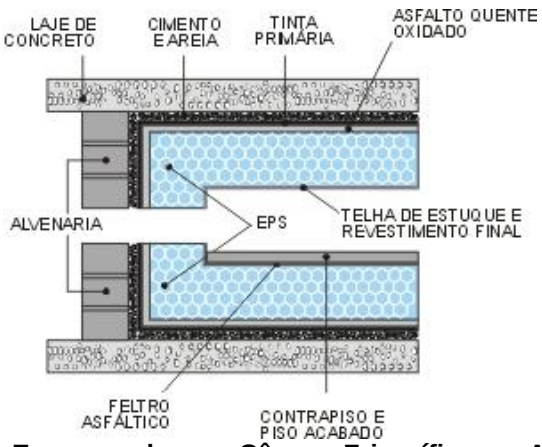


Figura 1: Esquema de uma Câmara Frigorífica em Alvenaria
Fonte: (http://www.abrapex.com.br/).

Como característica, esse tipo de câmara deve ser montado no local onde irá atuar. Sendo assim, para a construção dela e armazenagem de produtos, é necessário um perímetro relativamente grande.

Como detalhes, podem ser destacados algumas características das portas frigoríficas deste tipo de câmara. Elas devem ser isotérmicas, com isolamento de espessura, sempre que possível igual à do isolamento das paredes. Com relação ao material, utilizam-se chapa de ferro, madeira de lei, ou mesmo de plástico (COSTA, 1982).

Com relação aos tipos de portas, podem ser utilizadas portas de encaixar ou de sobrepor, de dobradiças ou de correr, sendo que as mais utilizadas são as de corrediças de acionamento mecânico automático (por buzina, por alta frequência, por célula foto elétrica etc) (Figura 2).

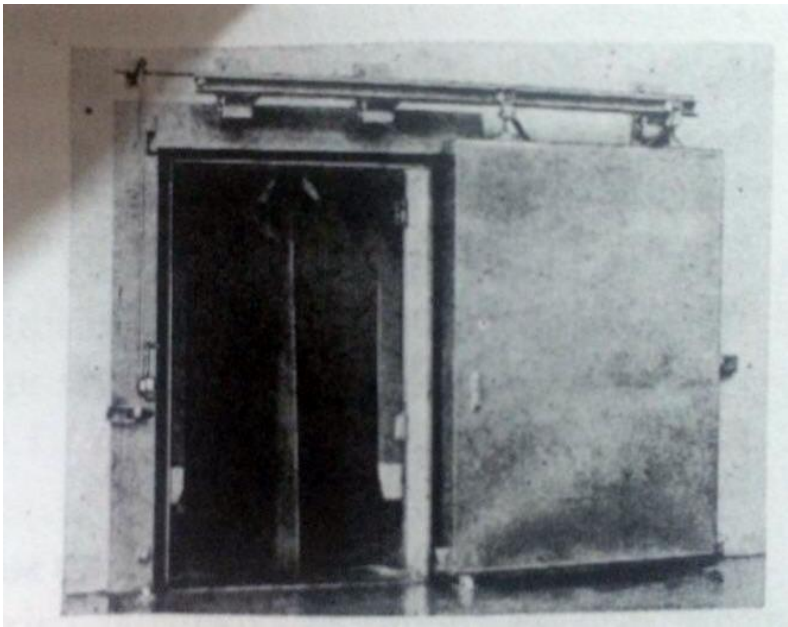


Figura 2 - Exemplo de Porta em Câmaras em Alvenaria
Fonte: (COSTA, 1982, p.241).

Com o objetivo de garantir uma vedação perfeita, os batentes das portas frigoríficas devem ser contínuos, inclusive na soleira. Normalmente, a vedação da porta contra o batente é dupla e é adotado um aquecimento para evitar o congelamento das partes em contato em câmaras que funcionam a temperaturas inferiores a 0° C (Costa, 1982).

Além disso, como proteção, em muitas câmaras também são utilizadas portas de vai e vem de plástico ou cortinas de ar.

2.1.2 Câmaras Frigoríficas Modulares

As câmaras frigoríficas modulares (Figura 3) são as câmaras frias que podem ser pré-montadas antes de serem levadas ao local onde irão atuar.

Figura 3 - Esquema de uma Câmara Frigorífica Modular
Fonte: (http://ambientegelado.com.br/).

Esse tipo de câmara fria é o mais utilizado atualmente. Ele pode ser encontrado em bares, cozinhas industriais, laboratórios, padarias, pizzarias, entre outros.

Como vantagens, podem ser destacadas a praticidade na montagem e o menor custo, se comparadas com as câmaras de alvenaria.

A respeito dos componentes deste tipo de câmara, devem ser destacados:

. A Fixação e a vedação

Figura 4 - Componentes de Fixação e Vedação
Fonte: (http://www.saorafael.com.br/).

A fixação e a vedação entre painéis são feitas através de locks de acionamento interno (Figura 4), proporcionando alinhamento preciso dos painéis, assim como total vedação, preservação da temperatura e proteção contra infiltração de resíduos.

. As portas

Figura 5 - Exemplo de Porta em Câmaras Frigoríficas Modulares
Fonte: (http://www.saorafael.com.br/).

Figura 6 - Exemplo de Porta em Câmaras Frigoríficas Modulares
Fonte: (http://www.saorafael.com.br/).

As portas (Figuras 5 e 6) podem ser giratórias e de correr com sistemas anticondensação, expositoras, vaivém e portinhola. Elas podem ter várias dimensões, com diferentes sentidos de abertura. A fechadura é externa, com dispositivo de segurança interno de emergência (caso alguém fique preso no interior da câmara). Para evitar carga de infiltração, elas podem ter dobradiças de autofechamento.

. Controle eletrônico de Temperatura

Figura 7 - Controle de Temperatura
Fonte: (http://www.saorafael.com.br/).

O controle de temperatura (Figura 7) deve ser moderno, no exterior da câmara, tornando a operação mais rápida e segura, além de evitar que operadores tenham que entrar nas câmaras frias para verificar a temperatura, o que ocasionaria uma maior carga térmica e, consequentemente, um maior gasto.

. Iluminação Interna de LED

O que proporciona um menor consumo de energia elétrica e uma menor carga térmica por conta da iluminação.

. Cantos arredondados

Figura 8 - Cantos Arredondados em uma Câmara Frigorífica Modular
Fonte: (http://www.saorafael.com.br/).

Os cantos arredondados (Figura 8) são para facilitar a higienização. A vigilância sanitária é muito rigorosa com relação a esse fator, pois se trata de um local de armazenamento de alimentos.

2.2 Procedimentos em um Projeto de Câmaras Frigoríficas

Um projeto de câmaras frigoríficas envolve um estudo detalhado do ambiente em que a câmara irá atuar, além dos fatores que vão levá-la a continuar funcionando corretamente.

Segundo Adriano Zanoni (coordenador de montagem) e Marcelo Colombo (engenheiro), ambos da empresa Dânica (FRIGONEWS, 2011), “um bom projeto de construção de ambientes com controles de temperatura, climatizados passando por resfriados e congelados, depende do levantamento das necessidades do mesmo. É de suma importância o conhecimento dos produtos, movimentações diárias, temperatura de trabalho e capacidade de armazenamento, para que possa ser definido adequadamente o equipamento de refrigeração, espessuras corretas de isolamento e necessidades mínimas de vedação, buscando a melhor relação custo benefício”.

Sendo assim, para um projeto eficiente de câmaras frigoríficas, devem ser destacados: a montagem, os testes, a operação, a manutenção e a modernização/substituição das câmaras.

2.2.1 Construção/Montagem

Primeiramente, a carga térmica na câmara fria deve ser calculada. O cálculo da carga térmica é de suma importância para a escolha dos equipamentos de refrigeração adequados a operação correta das câmaras frigoríficas.

Essa carga térmica é composta dos seguintes itens (STOECKER & JONES, 1982):

. Calor recebido por condução e irradiação através das paredes, teto e piso;

. Calor recebido por irradiação decorrente de vidros ou materiais transparentes;

. Calor recebido através da circulação de ar através das portas quando abertas ou mesmo frestas;

. Calor cedido pelo produto armazenado quando sua temperatura é reduzida ao nível desejado;

. Calor cedido pelas pessoas que circularem no espaço refrigerado;

. Calor cedido por equipamentos e iluminação que gerem calor dentro do espaço refrigerado.

As fórmulas e maneiras de calcular a carga térmica estão contidas no Apêndice A, caso o leitor deseje visualizá-las.

Atualmente, dificilmente os fabricantes fazem esse cálculo manualmente. Existem softwares que calculam automaticamente a carga térmica em um determinado local e que equipamentos de refrigeração devem ser utilizados (segundo o catálogo do fabricante) para que haja um funcionamento adequado da câmara. Um exemplo de software é o “SR 2015” (HEATCRAFT, 2015). Ele é um software do fabricante Heatcraft e está disponível gratuitamente no próprio site do fabricante.

Com esse software, é possível obter uma especificação completa da carga térmica do local, da unidade condensadora (e dimensões), do evaporador (e

dimensões) e do sistema integrado (e dimensões do rasgo da câmara) através de valores de entrada, como dimensões da câmara, tipo e espessura do isolamento, temperatura ambiente, temperatura interna, tipo de produto, temperatura de entrada na câmara, quantidade de produto por dia, tempo de processamento, número de pessoas na câmara, tempo de permanência, tempo de funcionamento da unidade condensadora e especificações de equipamentos que geram calor no interior da câmara. Sendo assim, o cálculo da carga térmica e a seleção dos equipamentos de refrigeração tornam-se simples.

No procedimento de montagem, um importante fator a ser considerado é a escolha dos materiais isolantes, assim como suas respectivas espessuras.

A finalidade desses materiais é reduzir as trocas térmicas indesejáveis e manter a temperatura da parede externa do recinto isolado próxima à do ambiente externo para evitar problemas de condensação.

Os isolantes são, normalmente, porosos e a sua resistência térmica se deve, em grande parte, à baixa condutividade térmica do ar contido nos seus vazios (CHAGAS, 2012).

Na realidade, a transferência de calor se dá através de condução na parte sólida, enquanto que nos vazios acontece por condução, convecção e radiação. Entretanto, devido à imobilidade do ar e ao princípio das placas intermediárias, tanto a convecção quanto a irradiação nos materiais isolantes são desprezíveis (COSTA, 1982).

Para paredes em alvenaria, o isolante deve ser aplicado sempre em duas ou mais camadas contrafiadas. De modo a fixar o isolante, podem ser adotados sarrafos ou arames com chumbadores (COSTA, 1982) (Figura 9).

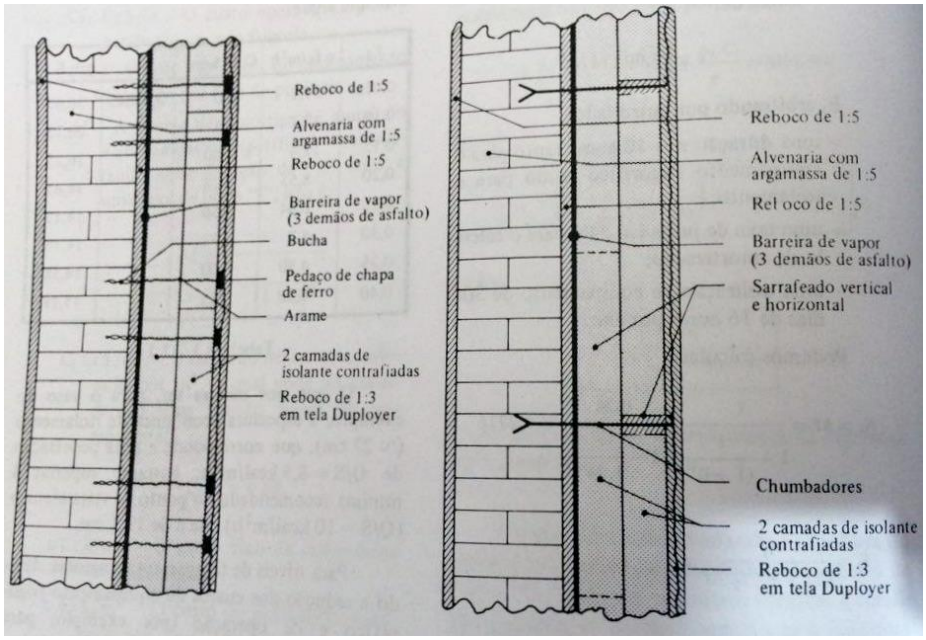


Figura 9 - Utilização de sarrafos ou arames com chumbadores para fixação
Fonte: (COSTA, 1982, p.234).

A mesma técnica pode ser utilizada para a colocação do isolamento nos forros de concreto (Figura 10).

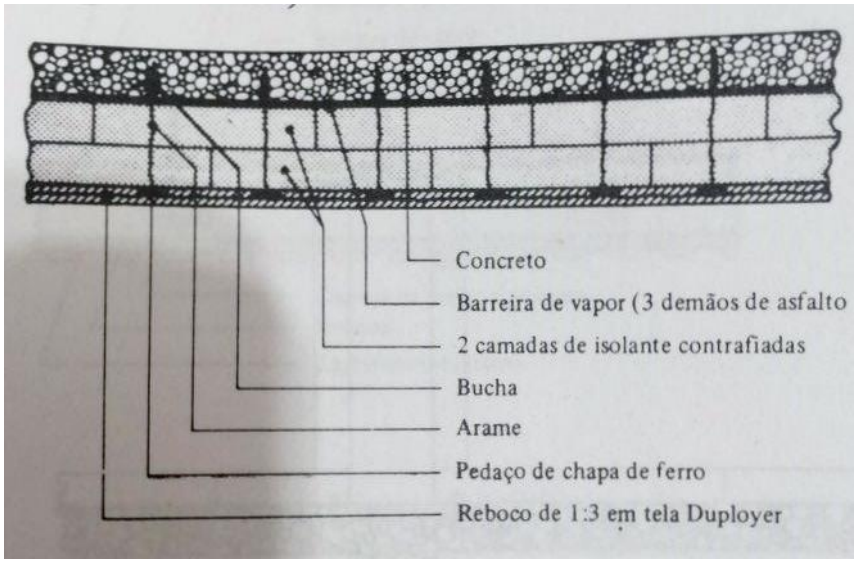


Figura 10 - Utilização de sarrafos ou arames com chumbadores para fixação nos forros de concreto
Fonte: (COSTA, 1982, p.235).

Nos pisos de concreto, o isolante é lançado em 2 camadas contrafiadas simplesmente coladas com asfalto e protegidas por laje de concreto para uniformização da carga. Para pisos térreos com câmaras de temperaturas superiores a 0°C, uma simples drenagem é suficiente. Entretanto, tratando-se de piso térreo com câmaras de temperaturas inferiores a 0° C, adota-se porão ventilado para evitar o congelamento (COSTA, 1982) (Figura 11).

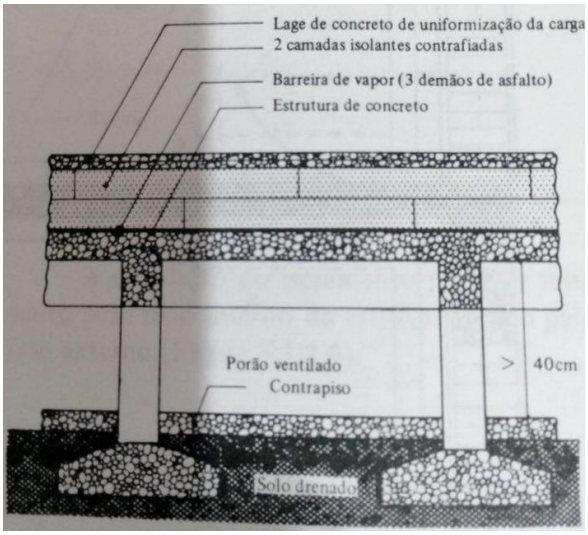


Figura 11 - Utilização de Porão Ventilado
Fonte: (COSTA, 1982, p.235).

Quando o piso é lançado diretamente sobre o solo, este deve ser drenado e aquecido eletricamente ou por canalização de água ou óleo quente (Figura 12).

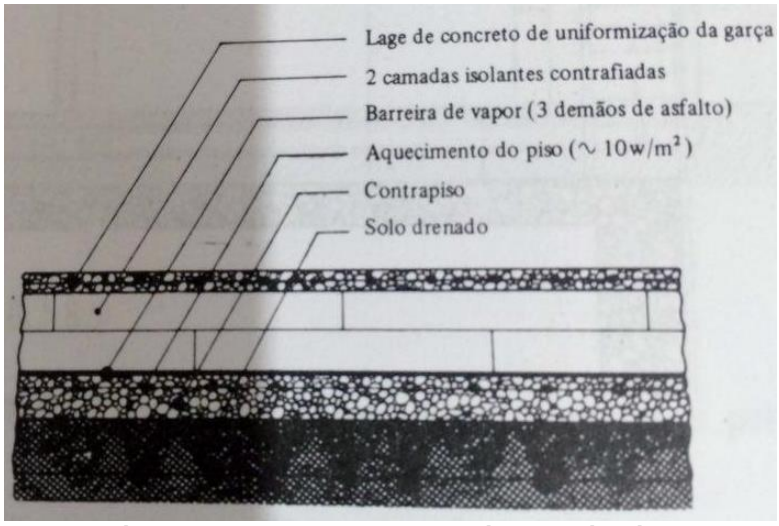


Figura 12 - Drenagem e aquecimento do piso
Fonte: (COSTA, 1982, p.235).

Em estruturas mais modernas, para o isolamento em câmaras frias, normalmente são utilizados painéis autoportantes, pré-fabricados, completos, do tipo “sanduíche”, que são constituídos por dois revestimentos metálicos interligados por um núcleo isolante e dispensam revestimentos adicionais (Figura 13).

Figura 13 - Painéis Isolantes do tipo "sanduíche"
Fonte: (http://www.saorafael.com.br/).

A barreira de vapor após a colocação de isolante é completada colando-se as juntas com plástico ou cola a base de silicone no caso de revestimentos de alumínio. Essa barreira serve para proteção contra danos mecânicos e a ação do tempo provenientes do vapor d’água que atravessa o isolante a partir do lado quente, permanecendo no lado frio, onde pode congelar, destruindo o isolamento.

Na maioria dos casos, são utilizados os seguintes materiais isolantes:

. Espuma Rígida de Poliuretano (PUR): obtida pela reação química de 2 componentes líquidos (isocianato e poli-hidroxilo), em presença de catalisadores;

. Poliestireno Expandido (EPS): é um derivado de petróleo que, expandido por meio de vapor d’água, torna-se um material plástico altamente poroso e praticamente impermeável.

A escolha entre os materiais isolantes depende de uma análise da condutividade térmica de cada um e dos custos (CHAGAS, 2012).

Para uma mesma espessura de isolamento, o painel com PUR apresenta um coeficiente global de transmissão de calor (U) menor do que o com EPS, tornando-se um isolante mais eficiente, como ilustram as tabelas 1 e 2.

Espessura (mm)	U (kcal/h. m². °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

Tabela 1 - Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) - PUR
Fonte: (CHAGAS, 2012).

Espessura (mm)	U (kcal/h. m². °C)
50	0,055
80	0,035
100	0,028
125	0,022
165	0,017
200	0,014
250	0,011

Tabela 2 - Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U) - EPS
Fonte: (CHAGAS, 2012).

Entretanto, na maioria dos casos, compensa, financeiramente, aumentar a espessura do isolamento de EPS, uma vez que o custo de aquisição do EPS é significantemente menor do que os de PUR.

A utilização de um fator de fluxo de calor de 8 kcal/h.m^2 possibilita um bom balanço entre os custos de isolamento e de energia elétrica (CHAGAS, 2012). A espessura necessária será definida conforme o material e o diferencial de temperatura desejado (Tabela 3).

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

Tabela 3 - Classificação do Isolamento x Fluxo de Calor
Fonte: (CHAGAS, 2012).

Sendo assim, as tabelas 4 e 5 podem ser utilizadas como indicações para a escolha do isolamento e espessuras.

Δt (°C) / e (mm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
50	6	**8**	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	32	34	36
80	4	5	7	**8**	9	11	12	13	14	16	17	18	20	21	22
100	3	4	5	6	7	**8**	9	11	12	13	14	15	16	17	18
120	3	4	4	5	6	7	**8**	9	10	11	11	12	13	14	15
150	2	3	4	4	5	6	6	7	**8**	**8**	9	10	11	11	12
175	2	2	3	4	4	5	5	6	7	7	**8**	**8**	9	10	10
200	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	**8**	**8**	9
250	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	**8**

Tabela 4 - Fluxo de calor (kcal/h.m2) x ΔT (°C) – PUR
Fonte: (CHAGAS, 2012).

Δt (°C) / e (mm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
50	**8**	11	14	17	20	22	25	28	31	34	36	39	42	45	48
80	5	**8**	9	11	12	14	16	18	19	21	23	25	26	28	30
100	4	6	7	**8**	10	11	13	14	15	17	18	20	21	22	24
125	3	4	6	7	**8**	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19
165	3	3	4	5	6	7	**8**	**8**	9	10	11	12	13	14	14
200	2	3	4	4	5	6	6	7	**8**	**8**	9	10	11	11	12
250	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	**8**	**8**	9	10

Tabela 5 - Fluxo de calor (kcal/h.m2) x ΔT (°C) – EPS
Fonte: (CHAGAS, 2012.).

Com relação à estrutura em si de entrepostos frigoríficos (conjuntos de câmaras frias), ela pode ser tanto de concreto armado quanto metálica. Normalmente, são adotados tijolos cheios, furados ou aglomerados de cimento que resistem melhor às baixas temperaturas (COSTA, 1982).

A argamassa adotada deve ser de cimento e areia, na proporção de 1:3 para o levantamento da alvenaria e de 1:5 para reboco, que resiste melhor às baixas temperaturas e não ataca o isolante (COSTA, 1982).

A respeito do forro, ele pode ser de chapa de concreto armado ou do próprio material isolante, o qual é preso por meio de estrutura de ferros em T, ligada à estrutura principal por meio de suspensão curta e articulada (DIAS, 2012).

No contorno das câmaras, a vedação entre as paredes e o forro é feita por colagem de material impermeabilizante com uma grande onda, prevendo a possibilidade de uma dilatação considerável.

Tratando-se da cobertura, ela é composta de cimento amianto ou placas metálicas (preferencialmente de alumínio).

2.2.2 Testes

O procedimento de testes em câmaras frigoríficas é de importância fundamental para que haja a garantia de que as instalações construídas sejam utilizadas para os devidos fins a que se destinam.

Sendo assim, os testes visam verificar a confiabilidade e o comportamento de funcionamento das câmaras frigoríficas, observando e avaliando diversos aspectos dos vários componentes dos sistemas envolvidos.

O processo de verificação inicia-se durante a própria supervisão da construção. A primeira etapa é o acompanhamento da montagem do gabinete em painéis isotérmicos pré-moldados (que representa quase a totalidade do isolamento das câmaras fabricadas no Brasil). Essa verificação tem como objetivo a garantia da perfeita continuidade entre os isolantes térmicos, eliminação de pontes de frio e a aplicação adequada de barreiras de vapor onde necessário (NETO e SALOMÃO, 2002).

Com relação à verificação dos equipamentos e componentes, devem-se utilizar catálogos de seleção para a verificação de suas adequações aos requisitos do projeto. Utilizando esse critério, devem ser verificados: as unidades evaporadoras, os filtros secadores, separadores de líquido, tanques de líquido, válvulas de controle, válvulas de expansão etc (NETO e SALOMÃO, 2002). Essa verificação engloba:

. Capacidades de refrigeração dos equipamentos frigorígenos;

. Verificação qualitativa, quantitativa e/ou dimensional dos componentes das instalações frigoríficas.

Com relação à verificação das tubulações frigoríficas, deve-se:

. Verificar a estanqueidade e resistência dos circuitos frigoríficos, submetendo-os à pressão de 300 a 350 psig, com N_2, durante 48 horas;

. Testar a resistência das tubulações frigoríficas e seus acessórios às pressões negativas. Os circuitos frigorígenos são submetidos à uma pressão de vácuo de, ao menos, 250 microns, que deverá ser mantida por 24 horas;

. Verificar a ocorrência de condensação no isolamento térmico da tubulação e acessórios que necessitam de isolamento térmico.

Deve-se lembrar, também, dos componentes das instalações elétricas das câmaras. Levando-os em consideração, deve-se:

. Verificar os componentes dos quadros de comando e das instalações, comparando-os com as especificações do projeto;

. Verificar a amperagem das fases dos circuitos alimentadores dos equipamentos;

. Verificar as configurações dos relés térmicos instalados;

. Verificar os temporizadores;

. Verificar a atuação do relé supervisor de fase, pela simulação da queda de fase (GIACOMINI, 2004).

Com relação aos componentes eletroeletrônicos, o emprego dos controladores do tipo termostato lógico programáveis requer cuidados com a programação e isso é feito

através de simulações. Deve ser alcançada a programação mais adequada, além da melhor localização dos sensores de temperatura (ambiente e de evaporador). Esses aparelhos devem ser calibrados de forma confiável, em função das extensões das sondas.

Como o comportamento dos sistemas de refrigeração, sua confiabilidade e longevidade dependem do melhor ajuste obtido, devem-se verificar o funcionamento dos equipamentos e acessórios. Sendo assim, verificam-se os parâmetros termodinâmicos dos equipamentos (pressões de sucção e descarga, temperaturas de sucção e descarga, superaquecimento e subresfriamento).

Tratando-se do isolamento térmico das câmaras frias, devem-se verificar os pontos de condensação, o tempo para redução da temperatura (retomada ao set-point) e da estanqueidade atmosférica dos eletrodutos no interior das câmaras.

Passados os itens de verificação para a ocorrência dos testes, eles devem proceder da seguinte maneira:

Primeiramente, uma equipe técnica responsável deve receber toda a documentação técnica de execução e montagem da câmara. Essa equipe deve etiquetar todos os componentes dos quadros de comando e proteção elétrica, identificando a vinculação de cada componente à parte do sistema em que ele atua.

Após a etiquetação, os componentes do sistema frigorífico são avaliados separadamente um a um. Após essa etapa, eles são avaliados como um conjunto para verificar o correto funcionamento do mesmo.

Em seguida, os parâmetros elétricos e termodinâmicos são medidos e os valores devem seguir os valores calculados previamente para o funcionamento eficiente das câmaras frigoríficas.

Para a verificação dos sensores dos termostatos, 8 deles devem ser utilizados para medir simultaneamente a temperatura da câmara. Os valores devem coincidir para que se tenha a garantia de um bom funcionamento, aceitando-se uma pequena margem de erro.

Deve-se ressaltar também que todos os resultados obtidos nos testes (medições, comparações e comentários) devem ser registrados e documentados para uma posterior avaliação, se necessário.

2.2.3 Operação

Na etapa de operação, devem-se tomar alguns cuidados. Primeiramente, com relação às temperaturas em que os alimentos devem ser armazenados. Cada tipo de alimento deve ser mantido a uma temperatura específica para preservar suas propriedades. Por exemplo, frutas e verduras devem operar a 3 °C e umidade relativa de 80%, além de uma sala de preparo que deve ser mantida a 15 °C. Por sua vez, carnes e frios devem ser armazenados a 0 °C e umidade relativa de 80 °C, além de uma sala de preparo a 13 °C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Há também outros tipos de alimentos como, por exemplo, laticínios, pescados e congelados, sendo, este último, armazenado a -20 °C (FELLOWS, 2006). De modo a garantir o funcionamento correto das câmaras, com elas operando nos valores estabelecidos pela norma, o sistema de degelo e a logística de operação tornam-se fundamentais, além das operações das câmaras terem que seguir regras estabelecidas pela vigilância sanitária por tratarem de alimentos.

2.2.3.1 Sistemas de Degelo

Degelos periódicos são necessários para a remoção de gelo, pois sua acumulação nas serpentinas afeta o desempenho térmico do seu aparelho de refrigeração. Para um sistema de degelo completo, procedimentos adequados a cada situação e o controle de degelo são fundamentais.

2.2.3.1.1 Procedimentos no Sistema de Degelo

Degelos periódicos são necessários para a remoção de gelo, pois sua acumulação nas serpentinas afeta o desempenho térmico do seu aparelho de refrigeração. Dentre os métodos de degelo existentes, os mais utilizados na atualidade são:

a) Degelo natural

Utiliza-se esse sistema de degelo para câmaras que mantém uma temperatura de operação acima de 0° C para derreter o gelo acumulado. Durante o degelo, o sistema de ventilador deve ser mantido para a circulação do ar e a circulação do fluido frigorífico deve ser interrompida pela parada do compressor ou pelo bloqueio da linha de líquido por meio da válvula solenoide.

b) Degelo forçado

Esse sistema de degelo pode ser feito por aspersão de solução aquosa aquecida, resistência elétrica ou por gás quente. Quando em temperaturas acima de 0° C, os ventiladores devem ser mantidos ligados e, quando em temperaturas abaixo desse valor, eles devem ser parados.

No sistema com resistência elétrica, uma ou mais resistências elétricas são utilizadas para aquecer a serpentina, a bandeja e a tubulação de drenagem de água.

No sistema de degelo por gás quente, o fluido frigorífico no estado de vapor saturado ou superaquecido da descarga do compressor é desviado para o evaporador, onde promove o derretimento do gelo formado.

2.2.3.1.2 Controle do Degelo

Cada sistema de controle de degelo tem suas vantagens e desvantagens. Sendo assim, a escolha do tipo adequado de acionamento deve ser estudada criteriosamente. Os sistemas de degelo utilizados em câmaras frias são:

a) Por tempo predeterminado

Nesse tipo de acionamento, um temporizador é utilizado. Normalmente, o degelo acontece de 6 em 6 horas ou então de 8 em 8 horas. Como vantagem, esse sistema de degelo dificilmente precisa de manutenção. Porém, como desvantagem, o tempo de degelo pode não ser preciso. Ás vezes, o tempo de degelo programado é menor do que necessário, o que acarreta em um degelo incompleto, diminuindo a eficiência do sistema de refrigeração. Além disso, caso o tempo de degelo for maior do que o necessário, a temperatura da câmara pode diminuir consideravelmente, o que pode causar prejuízos aos alimentos.

b) Por demanda

Neste tipo de controle, a conclusão do período de degelo dá-se por parâmetros previamente estabelecidos como, por exemplo, pressão ou temperatura de sucção e temperatura entre as aletas do evaporador. Como vantagens dos sistemas que utilizam o controle por demanda, tem-se que a integridade do produto é preservada, além de ter um consumo menor de energia. Esses fatos diminuem o número de períodos de degelo e a energia consumida se comparado ao sistema de degelo por tempo predeterminado.

2.2.3.2 Logística

Um fator determinante para o desempenho de uma câmara frigorífica é a logística que a envolve.

O começo do processo é em um caminhão frigorífico (Figura 14). O transporte dos alimentos é feito através desse tipo de veículo. Ele possui um compartimento de carga que permite controlar a refrigeração interna. Sendo assim, ele é utilizado no transporte de carnes, derivados de leite, vegetais etc. O transporte desses tipos de alimento deve ser feito através desses caminhões devido ao fato de, além desses alimentos terem de ser mantidos a uma certa temperatura específica para não perecerem, eles não chegarem a uma temperatura alta nas câmaras frias, o que acarretaria em uma maior carga térmica.

Figura 14 - Caminhão Frigorífico
Fonte: (https://www.sontracargo.com.br/).

Após o transporte feito pelos caminhões frigoríficos, eles são descarregados em antecâmaras (Figura 15). Esse é um local intermediário entre as câmaras frigoríficas

e o meio externo. Um dos objetivos desse local é diminuir a diferença de temperatura entre as câmaras frigoríficas e o ambiente que a circunda. Essas câmaras possuem um sistema de refrigeração que objetivam a ocorrência da situação citada. Além disso, as antecâmaras também servem para diminuir a umidade do ambiente, pois elas evitam, em parte, a circulação de ar, o que acarreta em um decréscimo da umidade dela com relação ao meio externo, diminuindo, assim, o risco de formação de gelo nas câmaras frias.

Figura 15 - Antecâmara
Fonte: (http://ambientegelado.com.br/).

Após os alimentos estarem nas antecâmaras, deve-se haver um controle da quantidade de pessoas e o tempo que elas demoram para manuseá-los dentro das câmaras frigoríficas. O objetivo dessa parte é diminuir ao máximo o tempo de circulação das pessoas no interior das câmaras e o consequente aumento da carga térmica. Para isso, é muito importante que haja um planejamento. Definições de horários de chegada e saída de mercadorias são fundamentais, pois, dessa forma, uma estratégia para a otimização do tempo de atuação do interior das câmaras pode ser traçada, evitando que o processo aconteça de forma desordenada.

Além disso, é de extrema importância que as câmaras frias possuam uma organização adequada. A facilidade de acesso dos operadores tanto para o armazenamento/retirada de alimentos tanto para a limpeza da câmara. Um ambiente

organizado acarreta em um controle maior das posições em que os alimentos devem ser estocados, além de facilidade em acessar esses locais. Isso resulta em um menor tempo dos operadores no interior das câmaras frias, além do controle do que entra e do que sai delas.

2.2.3.3 Vigilância Sanitária

Devido ao fato das câmaras frias serem utilizadas para o armazenamento de alimentos, as recomendações da vigilância sanitária devem ser seguidas, de modo que toda a operação seja feita da melhor maneira possível.

O alimento preparado deve ser conservado sob refrigeração a temperaturas inferiores a 5° C ou congelados a temperatura igual ou inferior a -18° C. Além disso, o prazo máximo de consumo do alimento preparado e conservado sob refrigeração a temperatura de 4° C, ou superior, deve ser de 5 dias (ANVISA, 2014).

Algumas normas devem ser seguidas para garantir a higiene e segurança do trabalho (CENTRO DE VIGILÂNCIA DE SÃO PAULO, 2013).

A Seção II trata dos uniformes dos operadores. Deve-se utilizar cabelos presos e totalmente protegidos, sapatos fechados e antiderrapantes em boas condições de higiene e conservação ou botas de borracha para a limpeza e a higienização das câmaras.

Tratando da segurança, a empresa deve fornecer equipamentos de proteção individual (EPI) limpos e em bom estado de conservação, em número e tamanho adequados considerando o número de funcionários e visitantes. Especificamente para câmaras frigoríficas, esses EPI´s são blusas, capas com capuz, luvas e botas impermeáveis.

Para uma maior higiene e uma melhor operação das câmaras, a Seção III trata de equipamentos, utensílios e móveis. De acordo com o artigo 84, as câmaras frias devem conter revestimento com material lavável, impermeável e resistente; termômetro de fácil leitura e calibrado, com visor instalado no lado externo da câmara; interruptor de segurança localizado na parte externa que sinalize “ligado” e “desligado”; prateleiras e estrados em material impermeável, resistente e lavável;

dispositivo de segurança interno que permita abrir a porta por dentro; e isento de ralo ou grelha.

2.2.4 Manutenção

Tratando-se da manutenção, as manutenções preventivas e preditivas ainda são preteridas com relação à manutenção corretiva. É um consenso entre as maiores empresas no ramo de câmaras frigoríficas (Danfoss, Dânica, Heatcraft, InduRefri etc) que as manutenções preventiva e preditiva geram melhores resultados tanto no desempenho quanto no aspecto econômico com relação às manutenções corretivas (FRIGONEWS, 2011).

A manutenção preventiva é a manutenção prevista para ocorrer em intervalos pré-selecionados. Alguns itens são essenciais para essa verificação (FRIGONEWS, 2011). Entre eles:

. Nível de óleo do compressor. Com o sistema parado por pelo menos 5 minutos, o nível do visor do cárter deverá estar acima da metade;

. Verificar se não permanece alguma quantidade de gelo nas aletas e na bandeja do evaporador após o término do ciclo de degelo;

. Verificar se a tubulação do dreno está desobstruída. Após 10 minutos de degelo, deve sair alguma quantidade de água do sifão;

. Verificar se nenhum tipo de objeto ou lixo está obstruindo a saída do sifão do dreno.

Além desses itens, a AMP Engenharia recomenda o reaperto de conexões elétricas e a regulagem periódica de portas a fim de evitar frestas (FRIGONEWS, 2011).

É de comum consenso que a limpeza das câmaras é de suma importância devido ao fato das câmaras estarem diretamente ligada aos alimentos. Para a realização da mesma, recomenda-se:

. Detergente comerciais ou industriais diluídos em água na proporção de 5%;

. Para remoção de piche, graxa, óleo, tintas e pichações pode-se utilizar solventes com precaução depois de testados em pequenas áreas;

. Não utilização de produtos de limpeza alcalinos muito fortes, como o hidróxido de potássio, carbono de sódio, soda cáustica ou produtos fortemente ácidos ou abrasivos.

A respeito da manutenção preditiva, a Danfoss recomenda o acompanhamento principalmente dos compressores e dos motores elétricos (FRIGONEWS, 2011). Para se realizar esse acompanhamento, são importantes as medições e comparações com valores históricos e de referência. Assim, é possível a identificação dos componentes que estão prestes a apresentar problemas, permitindo um melhor planejamento da manutenção.

Como resultado da utilização das manutenções preventivas e preditivas comentadas anteriormente ao invés da manutenção corretiva, tem-se a redução da perda de fluido refrigerante, o aumento da vida útil de equipamentos, a redução do consumo energético, além de uma diminuição dos custos.

2.2.5 Modernização/Substituição

O último procedimento em um projeto de câmara frigorífica consiste na modernização, ou na substituição, das câmaras.

Tratando-se de câmaras frigoríficas em alvenaria, não é possível que haja uma modernização e nem uma substituição dela. Devido ao seu modo de construção, depois que a empresa usufruiu da câmara e quer ter outra em um local diferente, a câmara deve ser demolida. Não há a possibilidade de reutilização dela, pois as partes dela não são desmontáveis. Sendo assim, há um custo para a demolição do local e para a construção de uma nova câmara.

A respeito das câmaras modulares, elas são desmontáveis. E esse processo é relativamente simples. Desmontando-as, a utilização delas em outros locais é possível, tendo-se somente o gasto com o transporte dos componentes delas. Além disso, no caso de uma substituição na operação das câmaras como, por exemplo, uma câmara de resfriado passa a ser de congelado, placas de isolantes podem ser adicionadas, assim como novos equipamentos de refrigeração. Porém, esse processo deve ser feito com cautela, pois o projeto é a base de toda construção da câmara (GIACOMINI, 2004). Se ele for mal feito, ou mal calculado, as câmaras não terão um

desempenho satisfatório, o que causaria um mal desempenho ou, até mesmo, um retrabalho reprojetando-as, o que acarretaria em um custo elevado.

3 ESTUDO DE CASO

O nosso objeto de estudo são as câmaras frigorificas do restaurante universitário (RU) da Universidade Federal do Espirito Santo (UFES). O restaurante atende alunos, professores, funcionários da universidade em geral e visitantes.

Nesse estudo, são feitas a descrição das câmaras frigoríficas do RU-UFES, a análise da situação atual e propostas de possíveis melhorias.

3.1 Descrição das câmaras frigoríficas do RU UFES

Foram feitas duas visitas ao RU, nas quais foram levantadas informações da logística e operação, higiene e uso de proteção individual, e a situação das câmaras de um modo geral.

Na primeira visita realizada, foi constatado que o mesmo possui um conjunto de 7 câmaras, uma sala de circulação que tem também a função de antecâmara, e uma sala de preparo de vegetais e cereais.

O anexo A ilustra a planta das câmaras frigoríficas do RU.

O conjunto de câmaras apresenta as seguintes características dimensionais:

- Câmara 1

Comprimento:	5,55 m
Largura:	3,10 m
Altura:	2,63 m
Área da porta:	1,70 m^2

- Câmara 2

Comprimento:	5,55 m
Largura:	3,10 m
Altura:	2,63 m
Área da porta:	1,70 m^2

- Câmara 3

Comprimento:	4,10 m
Largura:	3,55 m
Altura:	2,73 m
Área da porta:	1,70 m^2

- Câmara 4:

Comprimento:	4,10 m
Largura:	3,57 m
Altura:	2,73 m
Área da porta:	1,70 m^2

- Câmara 5

Comprimento:	5,11 m
Largura:	2,73 m
Altura:	2,90 m
Área da porta:	1,70 m^2

- Câmara 6

Comprimento:	5,11 m
Largura:	2,73 m
Altura:	2,90 m
Área da porta:	1,70 m^2

- Câmara 7

Comprimento:	5,50 m
Largura:	5,65 m
Altura:	2,95 m
Área da porta:	1,70 m^2

As câmaras 1 e 7 apresentavam porta de dobradiças e, as demais câmaras, porta de correr.

Os tipos de alimentos armazenados em cada câmara, bem como as temperaturas que cada uma mantinha eram respectivamente:

Câmara 1: carnes congeladas

Câmara 2: peixe fresco congelado

Câmara 3: laticínios

Câmara 4: linguiça fresca

Câmara 5: verduras

Câmara 6: carnes

Câmara 7: carnes para descongelamento rápido

A sala de preparo de vegetais, permanece a uma temperatura de 21ºC.

Os equipamentos utilizados nas câmaras são descritos na tabela a seguir.

Equipamentos	Especificação	Fabricante
Câmara 1	Unidade condensadora HCZ022B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRSD-4	TRINEVA
Câmara 2	Unidade condensadora HCZ018B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRSD-3	TRINEVA
Câmara 3	Unidade condensadora HCZ022B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRSD-3	TRINEVA
Câmara 4	Unidade condensadora HCZ022B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRSD-3	TRINEVA
Câmara 5	Unidade condensadora HCZ040B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRS-3	TRINEVA
Câmara 6	Unidade condensadora HCZ040B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRSD-3	TRINEVA
Câmara 7	Unidade condensadora HCZ022B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRSD-3	TRINEVA
Câmara 8	Unidade condensadora HCZ028B39Q	DANFOSS
	Unidade evaporadora TRS-6	TRINEVA

Tabela 6- Equipamentos presentes nas câmaras na Primeira Visita
Fonte: (Documentação de Projeto - Câmaras RU)

O isolamento das câmaras é feito por chapas de poliestireno expandido (EPS), com espessura de 150mm para as câmaras de congelados, 75mm para as câmaras de resfriado, e 50 mm para a sala de preparo de carnes (câmara 7).

O sistema de degelo adotado é programado por tempo e é feito a cada 6 horas.

Dentro das câmaras, os alimentos são estocados em caixas com 7kg de alimento cada e essas caixas são colocados no chão sem nenhum tipo de organização, e, a maioria, não tem identificação quanto à data de chegada nas câmaras e data de validade.

Nenhuma das câmaras continha cortina de PVC na porta.

Foi observado um excesso de formação de gelo nas câmaras de congelados, o chão das mesmas apresentava uma fina camada de gelo.

O manejo dos alimentos armazenados no interior das câmaras era feito sem nenhum tipo de controle de fluxo de funcionários e quantidade de vezes que os mesmos acessavam o interior das câmaras.

Foram relatados dois tipos de picos de demanda.

- Diários

Pela manhã entre 09:00 e 13:00, período em que é preparado e servido o almoço.

- Semanais

Nas terças e quintas feiras, são os dias em que o restaurante recebe as carnes, o que acarreta alta movimentação nas câmaras, e em algumas situações sobrecarga das mesmas, devido alta quantidade de alimentos.

Quanto a higiene, o ambiente anterior a antecâmara, é lavado diversas vezes ao dia.

Os equipamentos de proteção individual utilizados pelos operadores são casacos, tocas e botas.

As temperaturas das câmaras não permaneciam nas temperaturas estabelecidas por norma.

Na segunda visita realizada nas câmaras do RU, foram constatadas algumas mudanças. Estas que, em parte foram sugeridas pelo orientador Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli e parte sem prévio conselho.

Troca de dois aparelhos, sendo que uma das câmaras que antes era de alimentos resfriados passou a ser de congelados.

As especificações dos dois novos aparelhos são.

- Unidade condensadora HJM040D20Q3F
- Unidade evaporadora TRSD-3

Unidade condensadora é fabricada pela DANFOSS e a evaporadora fabricada pela TRINEVA.

Todas as câmaras passaram a ter cortina de PVC na porta.

A logística no interior das câmaras sofreu uma alteração: somente dois funcionários têm acesso, foi instalada uma campainha que é acionada quando se deseja inserir ou retirar alimentos das câmaras.

A antecâmara permanece com a porta constantemente fechada.

A identificação das câmaras, bem como o que cada uma armazena, sofreu uma alteração: a câmara 1 passou a ser 6, a 2 passou a ser 5, a 3 passou a ser 4, a 4 passou a ser 3, a 5 passou a ser 2 e a 6 passou a ser 1.

Com a nova identificação definida, os alimentos contidos em cada câmara são os seguintes:

Câmara 1

Alimentos: sobremesas, saladas, sucos prontos, pimenta, molhos, margarinas e outros produtos abertos.

Temperatura: 5ºC

Câmara 2

Alimentos: frutas e verduras.

Temperatura: 5ºC

Câmara 3

Alimentos: carnes para descongelamento, embutidos (presunto, paio, linguiça, bacon, salada), queijo e charque.

Temperatura: 5ºC

Câmara 4

Alimentos: almondegas, quibes, nuggets, hambúrguer, batata palito e sobras de alimentos (congelados).

Temperatura: -18ºC

Câmara 5

Alimentos: carne bovina, carne suína e frango.

Temperatura: -18ºC

Câmara 6

Alimentos: frango e pescados

Temperatura: -18ºC

Câmara 7

Alimentos: carnes para descongelamento rápido

Temperatura: 15º

As câmaras que estão destacadas na figura no anexo A são as que sofreram as trocas de aparelhos (unidades condensadoras e evaporadoras). A câmara 6 já era de congelado e era a que tinha maior problema quanto à formação de gelo e a câmara 4 era de resfriado e passou a ser de congelado.

Os aparelhos de refrigeração puderam ser verificados e são os mesmos apresentados no projeto e nas modificações do projeto, como ilustram as figuras

contidas no Anexo A, assim como as temperaturas em que se encontravam as câmaras.

Como comparação entre o projeto (Anexo C e Tabela 6) e a situação observada, a seguinte tabela pode ser considerada:

Projeto x Observado	
Temperaturas	Iguais
Unidades Condensadora	Iguais
Unidades Evaporadoras	Iguais
Espessura do isolante	Não foi possível a medição

Tabela 7: Comparação do Projeto x Observado

3.2 Análise das câmaras frigoríficas do RU UFES

A partir das informações contidas na seção anterior, uma análise da situação das câmaras frias será feita. Nessa análise, fatores como as modificações feitas nas câmaras entre as visitas, além de fatores como seleção de equipamentos, higiene e segurança, logística e identificação de técnicas de manutenção serão avaliados e criticados. Além disso, propostas de melhorias serão feitas com o intuito de as câmaras operarem segundo a norma padrão e uma maior eficiência por parte delas.

3.2.1 Modificações Realizadas entre as visitas

Na primeira visita realizada às câmaras, pôde-se observar que a porta que dava acesso à antecâmara permanecia regularmente aberta. Com isso, a temperatura da antecâmara tende a ficar mais alta do que o recomendado, fazendo com que haja uma maior transmissão de calor através das paredes da antecâmara para as câmaras frias. Consequentemente, a carga térmica das câmaras é maior, o que exige mais do equipamento de refrigeração e aumenta o consumo dos mesmos. Uma outra consequência da permanência da porta da antecâmara aberta é a infiltração de umidade, o que pode acarretar em formação de gelo.

Uma outra mudança observada nas câmaras foi com relação à instalação de cortinas de PVC em todas as entradas. Essas cortinas têm como objetivo principal evitar que haja infiltração de umidade nas câmaras e consequentes formações de gelo no chão e no evaporador (JURAMILLO et al., 2008). A formação de gelo no chão pode ser considerada como um perigo aos operadores, uma vez que aumenta a chance de

eles escorregarem e sofrerem lesões. Já a formação de gelo no evaporador, devido ao fato do gelo ser um isolante térmico, dificulta a troca de calor entre o ambiente interno da câmara e o sistema de refrigeração.

Uma terceira mudança foi observada nas câmaras. Diminuindo o número de operadores e organizando a entrada de alimentos nas câmaras, o tempo em que as portas ficavam abertas diminuiu consideravelmente, além de haver um menor calor gerado por pessoas no interior da câmara, fator este que aumenta a carga térmica no interior delas.

Além desses fatores, as unidades de refrigeração das câmaras 4 e 6 foram modificadas, inclusive a câmara 4 passou de câmara de resfriado para uma de congelado sem que houvesse alteração na espessura do isolante. No momento, elas utilizam o refrigerante R-22 em substituição ao R-404a. O refrigerante R-22 é um hidroflorofluorcarbono (HCFC), que é uma substância que possui alta capacidade para absorver calor. Porém, quando emitidas na atmosfera, tem alto poder de destruição da Camada de Ozônio e de aquecimento global (tabela 7), prejudicando o meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, IBAMA e PNUD, 2014).

Classe	ASHRAE	Destrói a Camada de Ozônio?	Causa Efeito Estufa?
CFC-Clorofluorcarbono	R-11 R-12 R-502	Sim Sim Sim	Sim Sim Sim
HCFC-Hidroclorofluorcarbono	R-22 R-141b R-401a	Sim Sim Sim	Sim Sim Sim
HFC-Hidrofluorcarbono	R-134a R-407a R-410a	Não Não Não	Sim Sim Sim
HC-Hidrocarbonetos Amônia CO2-Dióxido de Carbono	R-290 R-600a R-717 R-744	Não Não Não Não	Desprezível* Desprezível* Desprezível* Desprezível*

Tabela 8- Substâncias x Potencial de Destruição da Camada de Ozônio
Fonte: (AMBIENTE; DESEVOLVIMENTO; IBAMA, 2014, p.3).

Além disso, o processo de elaboração do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC's está em curso. O objetivo desse programa é a gradativa eliminação dessas substâncias. Todos os países signatários do Protocolo de Montreal comprometeram-se a cumprir um cronograma de eliminação dos HCFC's. No caso do Brasil, que está sob amparo do Artigo 5, os prazos para eliminação dos HCFC's ficaram definidos conforme tabela abaixo (tabela 9):

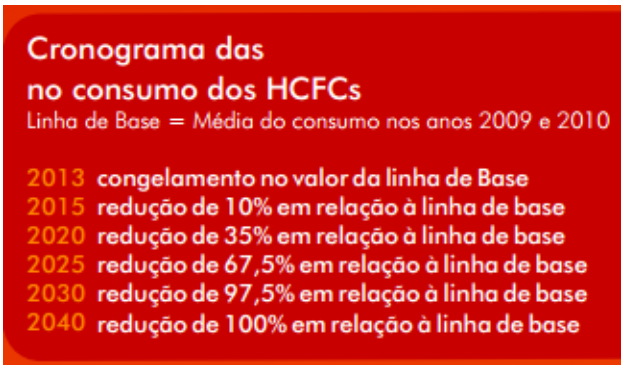


Tabela 9- Cronograma para eliminação do uso de HCFC's
Fonte: (AMBIENTE; DESEVOLVIMENTO; IBAMA, 2014, p.8).

Ressalta-se, também, que esses são os limites máximos estabelecidos no acordo. O Brasil pode adotar uma medida mais restritiva aumentando assim a restrição da utilização dessas substâncias, assim como fez para os CFC's.

Aliados aos problemas causados ao meio ambiente, o aspecto financeiro também é afetado pela utilização do R-22 devido a esse acordo que define a restrição do uso dos HCFC's. O custo do R-22 passou a ser muito elevado em comparação aos outros refrigerantes, de modo que as empresas utilizem outros fluidos refrigerantes. A tendência atual é a utilização do refrigerante R-404a ao invés do R-22 devido às características parecidas dos dois refrigerantes, juntamente ao fato do R-404a ser menos nocivo ao meio ambiente. Nota-se, então, que a mudança de equipamentos feita pela UFES foi oposta ao que vem sendo feita pelas empresas em geral, o que pode representar um risco financeiro devido ao preço de manutenção dos equipamentos e até uma escassez do R-22 no mercado.

3.2.2 Seleção de Equipamentos

Para a verificação da correta seleção de equipamentos das câmaras frigoríficas, o cálculo da carga térmica de cada câmara foi realizado utilizando os métodos descritos no livro "Princípios de Refrigeração", do autor Roy J. Dossat. Os cálculos podem ser verificados no Apêndice A. Além disso, a seleção da temperatura de evaporação é uma sugestão de COSTA (1982), em que essa temperatura é igual à temperatura em que a câmara deve permanecer subtraída de 7, que é o diferencial de temperatura do evaporador normalmente. Como resultado, tem-se (Seleção baseada nas diretrizes de FERREIRA (2013). Os equipamentos presentes nas câmaras são listados a seguir. (tabela 10) (Anexo B).

Como verificações de equipamentos e sugestões de aparelhos a serem utilizados, foram utilizados os cálculos contidos no Apêndice A e os catálogos da DANFOSS e da TRINEVA contidos no Anexo D.

	Unid. Evaporadora (TRINEVA)	Unid. Condensadora (DANFOSS)
Câmara 1	TRSD-4	HCZ022B39Q
Câmara 2	TRSD-3	HCZ018B39Q
Câmara 3	TRSD-3	HCZ022B39Q
Câmara 4	TRSD-3	HJM040D20Q3F
Câmara 5	TRSD-3	HCZ040B39Q
Câmara 6	TRSD-3	HJM040D20Q3F
Câmara 7	TRSD-3	HCZ022B39Q

Tabela 10 – Equipamentos Presentes nas Câmaras

. Para a Câmara 1

Carga Térmica calculada: 4815 kcal/h.

Temperatura de evaporação: -2 °C

Analisando o catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras e o catálogo da TRINEVA para evaporadores no Anexo D, vemos que a seleção da unidade condensadora HCZ022B39Q da DANFOSS (unidade presente na câmara), e a

unidade evaporadora TRSD-4 da TRINEVA (unidade presente na câmara) estão abaixo das especificações recomendadas para a disposição atual das câmaras. Utilizando os mesmos fabricantes, recomenda-se a utilização da unidade condensadora HCZ 028 e a unidade evaporadora TRSD-5.

. Para a Câmara 2

Carga Térmica calculada: 4814 kcal/h

Temperatura de evaporação: -2 °C

Analisando o catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras e o catálogo da TRINEVA para evaporadores no Anexo D, vemos que a seleção da unidade condensadora HCZ018B39Q da DANFOSS (unidade presente na câmara e a unidade evaporadora TRSD-3 da TRINEVA (unidade presente na câmara) estão abaixo das especificações recomendadas para a disposição atual das câmaras. Utilizando os mesmos fabricantes, recomenda-se a utilização da unidade condensadora HCZ 028 e a unidade evaporadora TRSD-5, assim como na Câmara 1.

. Para a Câmara 3

Carga Térmica Calculada: 2876 kcal/h

Temperatura de evaporação: -2 °C

Analisando o catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras e o catálogo da TRINEVA para evaporadores no Anexo D, vemos que a seleção da unidade condensadora HCZ022B39Q da DANFOSS (unidade presente na câmara) e a unidade evaporadora TRSD-3 da TRINEVA (unidade presente na câmara) atendem e estão até superdimensionadas tendo as condições da Câmara de Resfriado 3. Utilizando os mesmos fabricantes, poderiam ser selecionadas a unidade condensadora HCZ 018 e a unidade evaporadora TRSD-2. Porém, a unidade

condensadora HCZ 018 não é mais comercializada. Sendo assim, selecionou-se a unidade condensadora HCZ022.

. Para a Câmara 4

Carga Térmica Calculada: 2023,7 kcal/h

Temperatura de evaporação: -25 °C

Analisando o catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras e o catálogo da TRINEVA para evaporadores no Anexo D, vemos que a seleção da unidade condensadora HJM040D20Q3F, da DANFOSS (unidade presente na câmara) atende as condições da Câmara de Congelados 4. Além disso, a unidade evaporadora TRSD-3 está superdimensionada, sendo ideal a utilização da unidade TRSD-1.

. Para a Câmara 5

Carga Térmica Calculada: 2352,8 kcal/h

Temperatura de evaporação: -25 °C

Analisando o catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras e o catálogo da TRINEVA para evaporadores no Anexo D, vemos que a seleção da unidade condensadora HCZ040B39Q, da DANFOSS (unidade presente na câmara), e a unidade evaporadora TRS-3, da TRINEVA (unidade presente na câmara) atendem e estão até superdimensionadas tendo as condições da Câmara de Congelados 5. Mantendo-se os fabricantes, poderiam ser selecionadas a unidade condensadora HCZ 018 e a unidade evaporadora TRSD-2. Porém, a unidade condensadora HCZ 018 não é mais comercializada. Sendo assim, selecionou-se a unidade condensadora HCZ022.

. Para a Câmara 6

Carga Térmica Calculada: 2011,75 kcal/h

Temperatura de evaporação: -25 °C

Analisando o catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras no Anexo D, vemos que a seleção da unidade condensadora HJM040D20Q3F, da DANFOSS (unidade presente na câmara) atende as condições da Câmara de Congelados 4. Além disso, a unidade evaporadora TRSD-3 está superdimensionada, sendo ideal a utilização da unidade TRSD-1.

. Para a Câmara 7

Carga Térmica Calculada: 1870 kcal/h

Temperatura de evaporação: 8 °C

Analisando o catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras e o catálogo da TRINEVA para evaporadores no Apêndice B, vemos que a seleção da unidade condensadora HCZ022B39Q, da DANFOSS (unidade presente na câmara), e a unidade evaporadora TRSD-3, da TRINEVA (unidade presente na câmara) atendem e estão até superdimensionadas tendo as condições da Câmara de Congelados 5. Mantendo-se os fabricantes, poderiam ser selecionadas a unidade condensadora HCZ 018 e a unidade evaporadora TRSD-1. Porém, a unidade condensadora HCZ 018 não é mais comercializada. Sendo assim, selecionou-se a unidade condensadora HCZ022.

Nota-se, comparando os valores obtidos através dos cálculos que eles são diferentes dos valores calculados no projeto (Anexo C). Essa divergência é devido à diferença de tipo de produto armazenado nas câmaras e a quantidade dos mesmos, além da operação divergente da recomendada.

Como resumo, temos a tabela abaixo (Tabela 11):

	Unid. Evaporadora atual (TRINEVA)	Unid. Evaporadora recomendada	Unid. Condensadora atual (DANFOSS)	Unid. Condensadora recomendada
Câmara 1	TRSD-4	TRSD-5	HCZ022B39Q	Atende
Câmara 2	TRSD-3	TRSD-5	HCZ018B39Q	HCZ028
Câmara 3	TRSD-3	TRSD-2	HCZ022B39Q	Atende
Câmara 4	TRSD-3	TRSD-1	HJM040D20Q3F	Atende
Câmara 5	TRSD-3	TRSD-2	HCZ040B39Q	HCZ022
Câmara 6	TRSD-3	TRSD-1	HJM040D20Q3F	Atende
Câmara 7	TRSD-3	TRSD-1	HCZ022B39Q	Atende

Tabela 11 – Resumo da Seleção de Equipamentos

Analisando a seleção de equipamentos, nota-se que alguns aparelhos estão subdimensionados, enquanto outros estão superdimensionados.

Como consequência desses sub e superdimensionamentos, temos um aumento de, aproximadamente, 9% no consumo de energia elétrica, como pode-se observar através das tabelas abaixo (Consumos obtidos através de catálogos contidos no Anexo D). Nessa análise de consumo energético, foi considerado que a resistências das câmaras 4, 5 e 6 funcionam 80 minutos por dia (4 vezes por dia durante 20 minutos) e os ventiladores e compressores não funcionam durante o funcionamento das resistências. Os ventiladores e compressores funcionam nas demais horas do dia.

	Unid. Evaporadora atual (TRINEVA)	Consumo Diário (kWh)	Unid. Condensadora atual (DANFOSS)	Consumo Diário (kWh)	Consumo Diário (kWh)	Consumo Mensal (kWh)
Câmara 1	TRSD-4	6,24	HCZ022B39Q	53,28	59,52	1.785,60
Câmara 2	TRSD-3	4,68	HCZ018B39Q	40,8	45,48	1.364,40
Câmara 3	TRSD-3	4,68	HCZ022B39Q	53,28	57,96	1.738,80
Câmara 4	TRSD-3	8,42	HJM040D20Q3F	48,87	57,29	1.718,70
Câmara 5	TRSD-3	8,42	HCZ040B39Q	56,68	65,1	1.953,00
Câmara 6	TRSD-3	8,42	HJM040D20Q3F	48,87	57,29	1.718,70
Câmara 7	TRSD-3	4,68	HCZ022B39Q	65,74	70,42	2.112,60
TOTAL					**413,06**	**12.391,80**

Tabela 12: Consumo de energia elétrica dos aparelhos atuais

	Unid. Evaporadora recomendada (TRINEVA)	Consumo Diário (kWh)	Unid. Condensadora recomendada (DANFOSS)	Consumo Diário (kWh)	Consumo Diário (kWh)	Consumo Mensal (kWh)
Câmara 1	TRSD-5	6,24	HCZ028	69,14	75,38	2.261,40
Câmara 2	TRSD-5	6,24	HCZ028	69,14	75,38	2.261,40
Câmara 3	TRSD-2	3,12	HCZ022	53,37	56,49	1.694,70
Câmara 4	TRSD-2	6,28	HCZ022	27,2	33,48	1.004,40
Câmara 5	TRSD-2	6,28	HCZ022	27,2	33,48	1.004,40
Câmara 6	TRSD-2	6,28	HCZ022	27,2	33,48	1.004,40
Câmara 7	TRSD-1	3,12	HCZ022	65,74	68,86	2.065,80
TOTAL					**376,55**	**11.296,50**

Tabela 13: Consumo de energia elétrica dos aparelhos recomendados

A partir das tabelas acima, pode-se gerar um gráfico da tendência de consumo elétrico durante o ano comparando os aparelhos atuais com os recomendados (FIGURA 16).

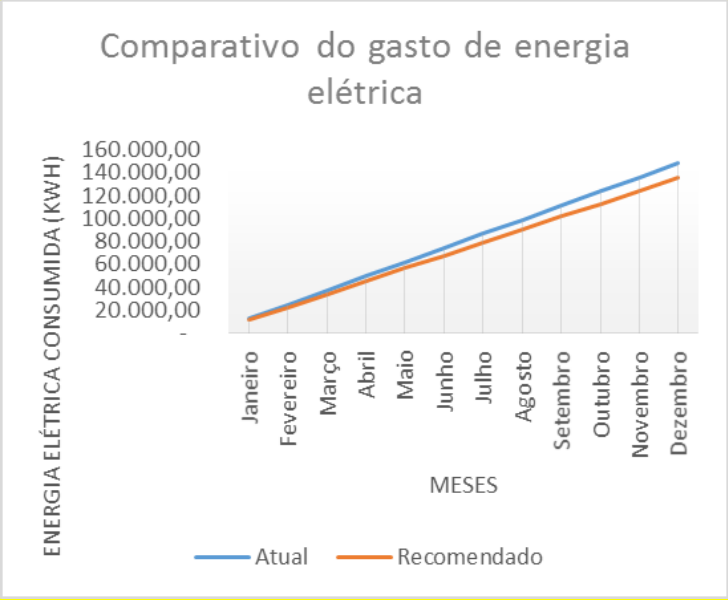


Figura 16: Comparativo do gasto de energia elétrica

Observa-se que a diferença entre os consumos de energia tende a aumentar significativamente com o tempo, devido à maior inclinação da reta que representa o consumo de energia elétrica dos aparelhos atuais.

Partindo dessas informações e do histórico de projeto das câmaras frias do RU, conclui-se que as câmaras frigoríficas do RU-UFES estão gastando uma quantidade anual significativa de energia elétrica a mais do que deveria, caso os aparelhos fossem dimensionados da maneira recomendada.

Como fatores que influenciaram para a divergência entre os aparelhos recomendados e os atuais, pode-se citar a divergência na operação recomendada no projeto (Anexo C). Com o tempo, a disposição dos alimentos contidos em cada câmara foi sendo modificada. Quando o projeto das câmaras foi feito, tinha-se a seguinte disposição:

. Câmara 1: Carnes congeladas;

. Câmara 2: Peixe Fresco;

. Câmara 3: Laticínios;

. Câmara 4: Linguiça Fresca;

. Câmara 5: Verduras;

. Câmara 6: Carnes;

. Câmara 7: Sala de Preparo de Carnes.

Atualmente, tem-se a seguinte configuração:

. Câmara 1: Sobremesas, saladas e sucos prontos; pimenta e molhos; margarina e outros produtos abertos;

. Câmara 2: Hortifruti;

. Câmara 3: Carnes para descongelamento;

. Câmara 4: Carnes congeladas;

. Câmara 5: Carnes Congeladas;

. Câmara 6: Peixes

. Câmara 7: Sala de Preparo de Carnes

Além disso, a sala de preparo de vegetais, que possui parede em comum com as câmaras 6 e 7 está a 21 °C devido, segundo informações fornecidas pela coordenação das câmaras frias, ao conforto dos operadores. No entanto, a sala de preparo de vegetais deve estar a uma temperatura de 15 °C. Sendo assim, essa operação não está de acordo com a norma e, além disso, essa diferença de temperatura influencia na carga térmica nas paredes, o que aumenta a carga térmica total das câmaras 6 e 7 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Sendo assim, como a operação está sendo realizada de uma maneira diferente da que foi projetada (Anexo C), o que interfere diretamente na seleção de equipamentos.

3.2.3 Higiene e Segurança

Tratando-se de alimentos, a higiene tem uma importância muito grande e, aliada a ela, a segurança dos operadores, que deve estar sempre no topo de prioridades nas operações de qualquer tipo de atividade.

Nas câmaras do Restaurante Universitário, os corredores que dão acesso à antecâmara são lavados regularmente. Porém, não há nenhum mecanismo que impede a entrada de impurezas no ambiente provenientes dos próprios operadores ao entrarem nas câmaras. Essas impurezas podem estar contidas na própria vestimenta dos mesmos (POMBAR, GALLARDO e RODRÍGUEZ, 2001).

A respeito dos EPI's, os operadores devem possuir sapatos fechados ou botas de borracha, luvas, blusas e capas com capuz (ENTRO DE VIGILÂNCIA DE SÃO PAULO, 2013). No RU, os operadores possuem as botas de borracha e as blusas. Porém, eles não possuem luvas (que também são importantes para a higiene) e capas com capuz. Sendo assim, uma adequação nos EPI’s também deve ser feita.

3.2.4 Logística

A respeito da logística, as maiores demandas de alimentos acontecem nas terças e quintas feiras. Nesses dias, há o abastecimento de produtos congelados nas câmaras frias, o que faz com que elas atinjam uma quantidade de alimentos de até 3500 kg. Essa quantidade é o dobro da quantidade projetada inicialmente para as câmaras de congelamento do RU-UFES. Porém, como analisado anteriormente, os aparelhos e as condições especificadas atendem à demanda dessa quantidade de alimento.

Além disso, o manuseio por apenas dois operadores melhora a organização das câmaras, fazendo com que haja uma atenuação nos problemas gerados por falta de informação ou não especialização por parte dos operadores.

No entanto, um grande problema na logística decorre do armazenamento dos alimentos nas câmaras frias. Eles são armazenados em caixotes de 7 kg de alimento e despejados sem qualquer ordem ou organização nas câmaras (Figura 17). Essa falta de organização provoca um aumento da quantidade de horas que os operadores

ficam dentro da câmara, além de não se ter um controle da data de validade dos produtos e aplicar o método do FIFO (first in, first out), que é o método em que o primeiro que chega é o primeiro que sai ou, em outras palavras, os produtos mais próximos do vencimento são os primeiros a serem consumidos.

Figura 17 – Armazenamento de caixotes

3.2.5 Identificação de Técnicas de Manutenção

Como mencionado pela coordenadora e pelos operadores das câmaras frigoríficas do RU-UFES, só é realizada manutenção corretiva nas câmaras. Não há nenhum acompanhamento para evitar que os itens falhem. Apenas quando falharem haverá uma intervenção para realizar uma manutenção corretiva.

É de conhecimento geral que a manutenção corretiva deve ser evitada ao máximo utilizando técnicas de manutenção preventiva e/ou preditiva. Sabendo-se isso, é possível a realização de uma manutenção preditiva nas câmaras frias. Isto é, acompanhar algum parâmetro dela e, quando esse parâmetro alterar para uma faixa não aceitável, intervir antes que o equipamento possa falhar. Nas câmaras frias do Restaurante Universitário, há meios já instalados para a realização da manutenção preditiva. Como ilustrado na figura 18, há sensores de temperaturas logo em frente aos ventiladores.

Figura 18 - Sensores de temperatura instalados nos ventiladores

Com esses sensores, a monitoração e o acompanhamento da temperatura do ar de saída do sistema de refrigeração pode ser feita (Figura 19) e, assim, ao sinal de que há uma variação considerável nessa temperatura, os mantenedores podem intervir antes que o sistema de refrigeração falhe.

Figura 19 - Monitoramento de Temperaturas

3.3 Propostas de Melhorias

Analisando os capítulos e subcapítulos anteriores, nota-se que podem haver melhorias no Restaurante Universitário da UFES. Dentre essas melhorias, destacam-se mudanças na disposição dos alimentos, na higiene e segurança dos operadores, implementação de equipamento e, principalmente, na operação/logística.

3.3.1 Disposição dos Alimentos

Com relação à disposição dos alimentos, como analisado anteriormente, os alimentos estão dispostos de maneira diferente das que foram consideradas no projeto. Sendo assim, a carga térmica dos produtos calculada no projeto é diferente da que realmente é obtida nas câmaras. Como consequência, os equipamentos das câmaras são sub ou superdimensionados, o que acarreta em uma operação não ideal.

Como proposta de melhoria, a reorganização dos produtos para as câmaras a que foram originalmente considerados nos cálculos é proposta, com a exceção de produtos novos que foram inseridos nas câmaras, de modo a evitar uma operação não adequada dos equipamentos.

3.3.2 Higiene e Segurança dos Operadores

Com relação à higiene e à segurança dos operadores, de modo a melhorar o ambiente e a seguir as normas da Vigilância Sanitária, devem-se propor algumas mudanças.

Primeiramente, um sistema de higiene mais eficiente deve ser utilizado. Somente a lavagem dos corredores que antecedem a entrada da antecâmara não é suficiente para evitar o acúmulo de impurezas nas câmaras, principalmente as que entram juntamente com os operadores. Existe, no mercado, um sistema de higienização das botas dos operadores (Figura 20). Esse sistema evita que impurezas contidas nas solas das botas entrem nas câmaras.

Figura 20 - Higienizador de Botas
Fonte: (http://www.frigomaq.net.br/)

Tratando-se de segurança, deve-se providenciar luvas e capas com capuz a fim de a operação estar de acordo com as normas apara esse tipo de operação. As luvas, além de propiciarem um conforto térmico ao operador, evita que sujeiras contidas nas mãos dos operadores entrem em contato com os alimentos das câmaras frias. Já as capas com capuz aumentam a resistência dos operadores ao frio.

Realizadas essas modificações, a higiene das câmaras aumenta, pois elas evitam a entrada de impurezas contidas nas mãos e pés dos operadores (que são as duas maiores fontes de impurezas do corpo humano) e a segurança e bem-estar dos operadores é otimizada.

3.3.3 Implementação de Equipamento

Com relação à implementação de equipamento, durante as visitas às câmaras frigoríficas do RU-UFES, um dos principais problemas relatados pelos operadores e pela coordenadora das câmaras frias foi o de queda frequente de energia elétrica. Tratando-se de alimentos que devem respeitar as normas de temperatura, esse é um problema que deve ser tratado de forma cautelosa.

Os alimentos, caso mantidos a uma temperatura inferior à recomendada pelas normas regulamentadoras, podem perecer, causando um grande impacto tanto financeiro quanto possivelmente na saúde dos consumidores desses alimentos. Devido à esses motivos, uma solução sugerida é a implementação de um gerador elétrico que suporte a demanda das câmaras frias do Restaurante Universitário da UFES caso haja alguma queda de energia. Esse gerador também poderia ser utilizado para suprir a energia elétrica demandada pelas câmaras em horários de pico de

demanda energética, o que acarretaria em economia no valor gasto em energia elétrica.

Para que o gerador seja dimensionado, deve-se saber os consumos dos aparelhos que desejam-se ligar (em kW). Sendo assim, utilizando as especificações das câmaras e os consumos dos aparelhos contidos no Anexo D, essa análise pode ser feita. Para essa análise, foi considerado que as câmaras devem efetuar o degelo enquanto o gerador estiver sendo utilizado e esse degelo não acontece simultaneamente em duas ou mais câmaras. Na tabela abaixo, foi considerado o caso crítico, onde a demanda de potência elétrica é maior. Nesse caso, a resistência da câmara 4 está ligada. Consequentemente, os ventiladores e o compressor dessa câmara não estão funcionando nesse instante. Nas demais câmaras, considera-se o funcionamento normal dos ventiladores e da unidade condensadora. Sendo assim, tem-se:

	Unid. Evaporadora atual (TRINEVA)	Potência elétrica (kw)	Unid. Condensadora atual (DANFOSS)	Potência elétrica (kw)	Total (kW)
Câmara 1	TRSD-4	0,26	HCZ022B39Q	2,220	2,480
Câmara 2	TRSD-3	0,195	HCZ018B39Q	1,700	1,895
Câmara 3	TRSD-3	0,195	HCZ022B39Q	2,220	2,415
Câmara 4	TRSD-3	3	HJM040D20Q3F	0,000	3,000
Câmara 5	TRSD-3	0,195	HCZ040B39Q	2,362	2,557
Câmara 6	TRSD-3	0,195	HJM040D20Q3F	2,036	2,231
Câmara 7	TRSD-3	0,195	HCZ022B39Q	2,739	2,934
TOTAL					**17,512**

Tabela 14: Tabela de potência de equipamentos

Para atender a essa demanda energética, precisa-se de um gerador com capacidade maior do que a descrita na tabela acima. Assim, pode-se obter o seguinte gerador: Stemac 0,1 x 38kVA – 220V – motor perkins (Anexo E). A escolha deste gerador ao invés do 0,1 x 28kVA – 220V – motor perkins (Anexo E) foi devido ao fato da potência do gerador ser muito próxima da requerida (segundo fabricante a potência que realmente é utilizada é de 22 kVA) e a diferença de aquisição entre os dois geradores é de somente R$ 300,00, além de que não há uma grande diferença de consumo de diesel entre os dois geradores trabalhando com a potência do projeto.

3.3.4 Operação/Logística

A logística e a organização nas câmaras é de extrema importância para o bom funcionamento e otimização das mesmas. A falta de organização e a logística mal executada pode acarretar num acesso em demasia de operadores nas câmaras, o que leva a um aumento na quantidade de vezes em que a porta é aberta, e consequentemente leva a um aumento da umidade e da temperatura no interior da câmara.

A organização atual das câmaras de congelado do RU, dificulta o trabalho dos operadores, uma vez que as caixas se encontram de maneira desorganizada, e não existe identificação dos produtos quanto à data de entrada nas câmaras e prazo de validade.

Tendo em vista tamanha importância da logística e organização para o bom funcionamento das câmaras, propomos algumas mudanças a fim de otimizar e facilitar o trabalho dos operadores.

O armazenamento nas câmaras de congelados passará a ser feito em prateleiras moveis, as quais serão carregadas na antecâmara, as prateleiras serão todas devidamente etiquetadas com data de recebimento do produto e prazo de validade do mesmo.

A ideia é que o primeiro produto a entrar na câmara seja o primeiro a sair, dificultando assim a possibilidade de perda de produtos devido a vencimento de prazo de validade.

Quando as câmaras de congelados armazenam a maior quantidade de alimentos na semana, elas chegam a conter 3500 kg de alimento. Como cada caixa para armazenamento tem a capacidade de armazenar 7kg, logo tem-se nos picos de demanda cerca de 500 caixas.

As dimensões das caixas são:

Altura: 40 cm

Largura: 20 cm

Comprimento: 30 cm

E as dimensões das câmaras de congelados são:

Comprimento: 5,55 m

Largura: 3,10 m

Altura: 2,63 m

A figura 21 abaixo mostra como serão as prateleiras, e a figura 22 mostra a disposição das prateleiras no interior da câmara.

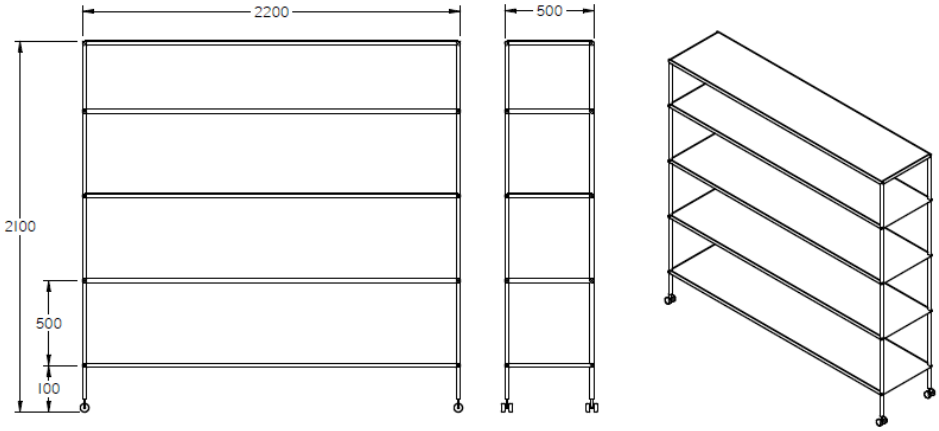
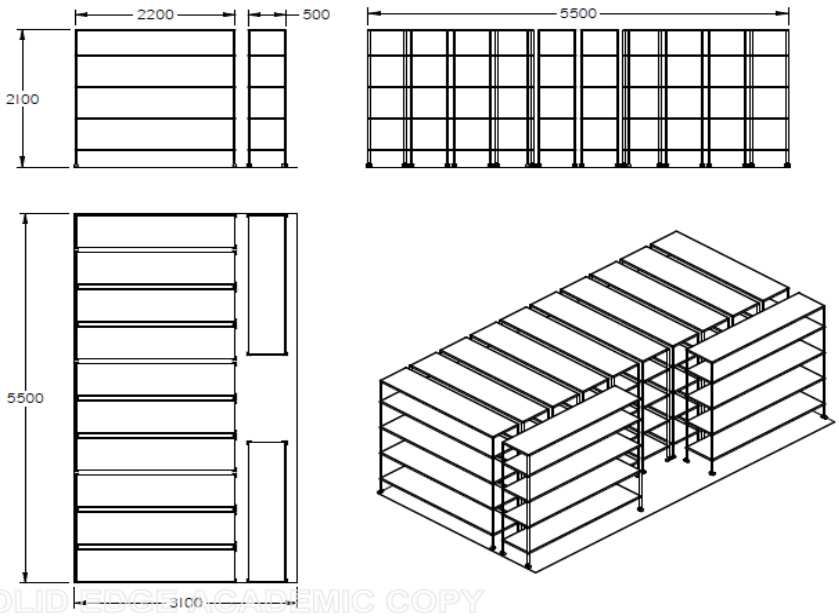


Figura 21- Desenho da Prateleira das Câmaras de Congelados



SOLIDEDGE ACADEMIC COPY

Figura 22 – Disposição das Prateleiras nas Câmaras de Congelado

Atualmente, apenas algumas das câmaras de resfriado apresentam prateleiras no seu interior, porém em número insuficiente. Os alimentos excedentes são armazenados de maneira similar aos alimentos congelados, ou seja, em caixas distribuídas no chão.

O fornecimento dos alimentos armazenados nas câmaras de resfriado é diário, e tudo o que chega é consumido no mesmo dia. Sendo assim, não existe a preocupação quanto a prazo de validade para consumo.

Para essas câmaras a proposta é que sejam instaladas prateleiras fixas para uma melhor organização e para facilitar a locomoção no interior das câmaras.

4 ANÁLISE FINANCEIRA

A respeito dos gastos com as propostas de melhorias, tem-se que a mudança na disposição dos equipamentos não acarreta em custos adicionais para ser implantada, portanto não é conveniente analisá-la.

Com relação à Higiene e Segurança do trabalho, eles são prioridades tratando-se de alimentos e o bem-estar do trabalhador, inclusive para adequar a operação das câmaras frigoríficas do RU-UFES às normas para esse tipo de aplicação.

Sobre o programa de manutenção, já é de conhecimento geral que a manutenção corretiva possui um custo maior do que se efetuadas as manutenções corretivas e preditivas dos itens. Sendo assim, o resultado dessa análise já é conhecido.

A mudança na logística é mais uma questão comportamental e estratégica do que uma implementação de equipamentos e materiais que possam gerar altos custos. Os custos para a aquisição das prateleiras móveis são mínimos quando confrontados com seus benefícios como a diminuição do tempo que os operadores ficam dentro das câmaras, com a diminuição da probabilidade de alimentos estragarem e a maior facilidade de operação.

Enfim, o grande aspecto a ser analisado nesse capítulo é a implementação do gerador para suportar a demanda dos equipamentos de refrigeração nos horários de ponta.

Para essa análise, foi considerado o preço da manutenção contido no Anexo E, que é de R$ 0,8722/h. Ou seja, entre os equipamentos atuais e recomendados são praticamente iguais, além da depreciação. Sendo assim, para fazer essa análise de viabilidade, foi utilizada a taxa SELIC como sendo a taxa de desconto, que foi de 14,15% a.a. em abril de 2016 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2016) e uma vida útil de 10 anos do gerador (SAMANEZ, 2002).

Como mencionado anteriormente, o gerador que atenderia essa demanda seria o gerador da Stemac 0,1 x 38kva – 220V – motor perkins (Catálogo e Orçamento contidos no Anexo E).

Foi considerado o gerador funcionando somente no horário de ponta (3 horas por dia), com o preço de aquisição contido no orçamento do Anexo F, a depreciação como sendo de 10% a.a. (SAMANEZ, 2012) e a taxa de manutenção como sendo de R$ 0,8722/h (ANEXO E). O consumo do gerador é de 5,65 L/h (Anexo F, com consumo calculado para operação com potência de 18 kW, segundo informações do fabricante) e o preço do diesel como sendo R$ 2,98 (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2016). Com relação ao consumo de energia elétrica, ele foi calculado segundo a conta de energia elétrica da UFES, informações da EDP (ANEXO F) e da energia consumida caso não fosse utilizado um gerador.

A análise da viabilidade foi feita utilizando parâmetros da matemática financeira, segundo as diretrizes de SAMANEZ (2012). Assim, foram calculados o VPL, o TIR, o Payback Simples e o Payback Descontado.

O VPL é dado por:

$$\mathrm{VPL} = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

O TIR pode ser definido como a taxa que deve-se ter para que o VPL seja igual a zero. Sendo assim, tem-se:

Estudo de Viabilidade da Aquisição de um Gerador

Taxa de desconto (a.a.)	14,15%

Análise de Caixa

Ano	Aquisição	Manutenção	Depreciação	Combustível	Economia elétrica	Fluxo de Caixa	Fluxos Descontado	Payback Simples	Payback Descontado
1	-44.930,00					-44.930	-39.360	-R$ 44.930,00	-39.360
2		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	7.418	-R$ 35.263,68	-31.942
3		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	6.499	-R$ 25.597,36	-25.443
4		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	5.693	-R$ 15.931,04	-19.750
5		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	4.987	-R$ 6.264,72	-14.763
6		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	4.369	R$ 3.401,60	-10.393
7		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	3.828	R$ 13.067,92	-6.566
8		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	3.353	R$ 22.734,24	-3.213
9		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	2.938	R$ 32.400,56	-275
10		-942,00	-4.493,00	-18.183,96	33.285,28	9.666	2.573	R$ 42.066,88	2.298
								5 anos, 7 meses e 23	9 anos, 1 mês e 3 dias

VPL	2.298
TIR	15,743% a.a.
Preço do diesel	R$ 2,98
Consumo L/h	5,65

Figura 23 – Análise de viabilidade de um gerador

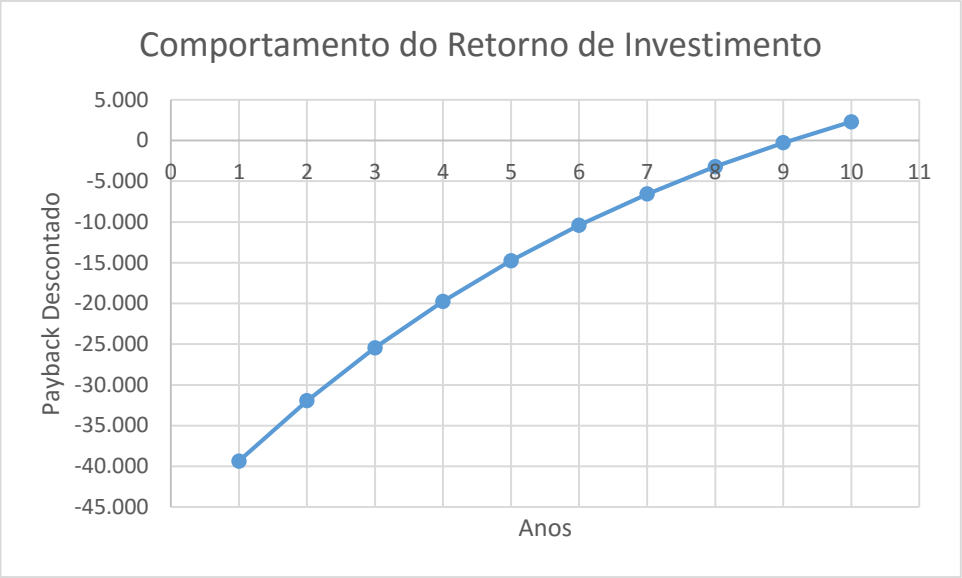


Figura 24 – Gráfico do Comportamento do Retorno de Investimento

Analisando os resultados obtidos na análise de viabilidade do gerador, pode-se observar que o VPL é positivo, o que indica que no final do período considerado a UFES iria ter um retorno positivo, o TIR é maior do que a Taxa de Desconto, o que significa que a UFES teria o retorno do investimento feito antes do período limite (10 anos) e os Payback (Simples e Descontado) reforçam que o investimento terá um retorno positivo antes do prazo estipulado. Porém, ao analisarmos o tempo do Payback Descontado, observa-se que o retorno do investimento de, aproximadamente, R$ 45.000,00 só aconteceria depois de 9 anos e no valor de apenas, aproximadamente, R$ 2.300,00, o que pode sugerir um tempo muito alto para um retorno baixo. No entanto, levando em conta que possam acontecer quedas de energia na UFES (os cálculos probabilísticos não foram considerados no estudo, pois não havia documentos comprovando as quedas), o gerador supriria a demanda das câmaras, evitando o perecimento de alimentos e as paradas de funcionamento do Restaurante Universitário, o que aumenta a confiabilidade do sistema em estudo.

5 COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES

As câmaras frigoríficas do Restaurante Universitário da UFES sofreram muitas alterações durante o intervalo entre as visitas para análise.

Na primeira visita, haviam problemas nas temperaturas das câmaras, pois elas não ficavam na faixa indicada pela norma. Já na segunda visita, esses problemas de diferenças de temperaturas com relação à norma foram sanados devido à algumas alterações de equipamentos e de operação.

Apesar das mudanças surtirem resultados positivos, a troca de sistemas que utilizam o refrigerante R-404a pelo R-22 deve ser repensada devido ao desuso desse tipo de refrigerante. Além disso, a temperatura correta de funcionamento não significa que não possam haver melhorias. Há, como descrito nos capítulos anteriores, a possibilidade de melhoramentos na higiene, segurança, equipamentos e na logística.

Conclui-se, então, que há possibilidades de melhorias e elas podem ser feitas de modo a melhorar a qualidade e a confiabilidade das câmaras frigoríficas do RU-UFES.

Como sugestões para futuros trabalhos, indica-se um estudo aprofundado do desempenho de todo o RU-UFES, juntamente com a análise de viabilidade de implementação de um gerador capaz de suportar a demanda de toda a unidade nos horários de ponta ou quando haja alguma queda de energia elétrica na área.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX, **Isolamento Térmico de Câmaras Frigoríficas**. Disponível em: <http://www.abrapex.com.br/31z08ITCamFrig.html>. Acesso em: 28 dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, **Síntese dos Preços Praticados – ESPIRITO SANTO**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc >. Acesso em 6 jul. 2016.

AMBIENTE GELADO, **Câmaras Frigoríficas**. Disponível em: <http://ambientegelado.com.br/v40/component/k2/item/95-camaras-frigorificas>. Acesso em: 10 mar. 2016.

ANVISA, **Boas Práticas para Serviços de Alimentação**. Cartilha sobre boas práticas, Brasil, 2014.

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK. **Chapter 13 – Refrigeration load.** EUA, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16255:** Sistemas de Refrigeração para supermercados - Diretrizes para o projeto, instalação e operação. Brasil, 2013.

BANCO CENTRAL DO BRASIL, **Histórico das taxas de juros**. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp>. Acesso em: 5 jul. 2016.

CARDOSO, Guilherme Berriel. **Potencial de Redução de Consumo de Energia Elétrica em Entreposto Frigorífico: Um Estudo de Caso**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial), UNESP. São Paulo.

CENTRO DE VIGILÂNCIA DE SÃO PAULO. **Regulamento Técnico, que estabelece os Parâmetros e Critérios para o Controle Higiênico-Sanitário em Estabelecimentos de Alimentos**, São Paulo, Brasil, 2013.

CHAGAS, José Augusto Castro. **Projeto e Construção de Câmaras Frigoríficas**. York Refrigeration, Joinville, p.1-14, 2012.

COSTA, Ênnio de Castro. **Refrigeração**. 3. ed. Porto Alegre: Edgard Blucher LTDA, 1982.

DANFOSS, **Seleção e Aplicação - Unidades Condensadoras Herméticas**. Brasil, p.1-28, 2005.

DIAS, Joaquim Augusto Queirós. **Concepção de Instalações Frigoríficas em Expansão Directa versus Sistemas Inundados. Análise Energética das Soluções.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

DOSSAT, Roy J. **Princípios de Refrigeração**. Texas: Hemus, 2004.

EDP, **Tabela de Cálculo PIS/PASEP CONFINS.** Disponível em <https://www.edp.com.br/distribuicao/>. Acesso em: 6 jul. 2016.

ELGIN, **Unidades Condensadoras Elgin com Compressor Copeland e L'Unite Hermetique**. Boletim Técnico Elgin, Brasil, 2003.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia dos processamentos de alimentos: princípios e prática**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERREIRA, Paulo Henrique. **Projeto de Sistema de Refrigeração Comercial.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

FRIGONEWS, **Tecnoloalimentos 2011**. FrigoNews, Campinas, n.27, p.41-47, 2011.

GIACOMINI, Volnei Alfredo. **Obtenção das especificações de projeto de uma câmara frigorífica por meio de uma metodologia de projeto de produto.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

HEATCRAFT, **SR 2015**. Disponível em: < http://www.heatcraft.com.br/index.php/br/software/selection-software>. Acesso em: 14 dez. 2015.

JURAMILLO, J. et al. **Application of Air Curtains in Refrigerated Chambers.** In: International Refrigeration and Air Conditioning Conference, 2008, Purdue University, Indiana, EUA.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; IBAMA; PNUP, **Recolhimento, Reciclagem e Regeneração de Fluidos Refrigerantes**. Brasil, 2014.

NETO, Austriciano José de Oliveira; SALOMÃO, Rodolpho da Fonseca. **Roteiro de Comissionamento de Câmaras Frigoríficas para Armazenagem de Imunobiológicos**. Fundação Nacional da Saúde, São Paulo, 2002.

POMBAR, A.; GALLARDO, C.; RODRÍGUEZ, L. A. **Bacterial Adherence to Covering Materials in Food Industry.** Laboratorio Microbiologia, Facultad de Ciencias-Ourense, Universidade de Vigo, 2001.

PREFEITURA DE VITÓRIA, **Dados Geográficos**. Disponível em: <http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/geograficos.asp>. Acesso em: 2 jun. 2015.

SAMANEZ, Carlos Patricio. **Matemática Financeira: Aplicações à Análise de Investimentos**. 3ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

SÃO RAFAEL CÂMARAS FRIGORÍFICAS, **Câmaras Frigoríficas Modulares**. Disponível em: <http://www.saorafael.com.br/camaras-frigorificas-modulares/>. Acesso em: 18 dez. 2015.

SOARES, Rogério. **As Diversas Formas de Conservação de Alimentos**. Hôtelier News, São Paulo, p.1-5, 2010.

SONTRA, **Carroceria Baú Frigorífico**. Disponível em: <https://www.sontracargo.com.br/bau-frigorifico-fretes>. Acesso em: 5 jan. 2016.

STEMAC, **Catálogo de Produtos**, Brasil, p. 1-2, 2016.

STOECKER, Wilbert F.; JONES, Jerold W.. **Refrigeration and Air Conditioning**. New York: McGraw-Hill.

TRINEVA, **Catálogo de Produtos**. TRINEVA, São Paulo, p.1-22, 2000.

UFES, **Documentação de Projeto das Câmaras do RU**. Universidade Federal do Espirito Santo, Espirito Santo.

APÊNDICE A – CÁLCULO DAS CARGAS TÉRMICAS

Tem-se que, para os cálculos de carga térmica, a disposição das câmaras ilustrada na Figura 17 foi considerada, juntamente com as hipóteses:

. Temperatura externa: 34,4 °C, que é a temperatura média do verão em Vitória (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2013);

. Temperatura da antecâmara: 18 °C;

. Temperatura da região que precede a antecâmara: 24,4 °C, que é a temperatura média do inverno em Vitória (Governo de Vitória, 2013);

. Temperatura do piso: 70 °F (indicação do Dossat (2004)).

A temperatura de entrada dos alimentos é a mesma indicada no projeto (Anexo C).

Sendo assim, segundo Dossat (2004) e ASHRAE Refrigeration Handbook (2006), a carga térmica pode ser descrita como (para o cálculo das cargas térmicas nas câmaras frias, a Carga de Troca de Ar, a de embalagens e a proveniente de motores foram desconsideradas):

. Carga de Calor Cedido pelas Paredes

$$Q_1 = AxUxDx24$$

Onde

Q_1 = Quantidade de calor transferido em Btu/24h

A = Área da superfície externa das paredes (ft^2)

U = Coeficiente Total de transmissão de calor em Btu/h.ft^2.°F)

D = Diferencial de temperatura através da parede em °F

Nesse cálculo, o coeficiente total de transmissão de calor pôde ser determinado a partir da espessura do isolante térmico e a relação indicada na Tabela 2.

. Carga de Produto

$$Q_2 = mxc_1x\Delta T_1$$

$$Q_3 = mxh_{if}$$

$$Q_4 = mxc_2x\Delta T_2$$

Onde

Q_2 = Quantidade de calor sensível antes do congelamento (Btu/24h)

m = Massa do produto (lb)

c_1 = Calor específico antes do congelamento (Btu/lb.°F)

ΔT_1 = Troca na temperatura do produto (°F)

Q_3 = Quantidade de calor latente (Btu/24h)

h_{if} = Calor latente do produto (Btu/lb)

Q_4 = Quantidade de calor sensível depois do congelamento (Btu/24h)

c_2 = Calor específico depois do congelamento (Btu/lb.°F)

Nesse cálculo, os valores de calor específico e latente foram retirados do livro do Dossat (2014) e das especificações de projeto das câmaras frigoríficas do RU-UFES, assim como o ponto de congelamento e temperatura de entrada dos produtos.

. Calor de Respiração

$$Q_5 = mxC_rx24$$

Onde

Q_5 = Carga de calor de respiração (Btu/24h)

C_r = Calor de Respiração (Btu/lb.h)

Os valores do calor de respiração foram retirados da tabela abaixo (Tabela 15).

FRUTAS		
Gêneros de 1ª Necessidade	Temperatura em °F	Btu por h por lb
Maçãs	32	.018
	40	.030
	60	.120
Damascos	32	.023
	40	.036
	60	.170
Bananas		
Conserva	54	.069
Amadurecimento	68	.190
Resfriamento	70-56	.500§
Amoras comuns	36	.115
	60	.345
Cerejas	32	.032
	60	.250
Amoras	32	.014
	40	.019
	50	.036
Tâmaras, Frescas	32	.014
	40	.019
	50	.036
Toranja	32	.0096
	40	.022
	60	.058
Uvas	32	.0075
	40	.014
	60	.050
Limões	32	.012
	40	.017
	60	.062
Limas	32	.012
	40	.017
	60	.062
Laranjas	32	.017
	40	.029
	60	.104
Pêssegos	32	.023
	40	.036
	60	.170
Peras	32	.016
	60	.230
Ameixas	32	.032
	60	.250
Marmelos	32	.018
	40	.030
	60	.120
Morangos	32	.068
	40	.120
	60	.360

VEGETAIS		
Gêneros de 1ª Necessidade	Temperatura em °F	Btu por h por lb
Aspargos	32	.015
	40	.170
Feijões, Lima	32	.170
	60	.820
Feijões, fava	32	.099
	40	.140
	60	.470
Beterrabas	32	.055
	40	.085
	60	.150
Broto de Bruxelas (repolho)	32	.059
	40	.095
	60	.280
Couve	32	.059
	40	.095
	60	.280
Couve-flor	32	.059
	40	.095
	60	.280
Cenouras	32	.045
	40	.073
	60	.170
Aipo	32	.059
	40	.095
	60	.280
Milho, Doce	32	.035
	40	.170
Pepinos	32	.028
	40	.041
	60	.175
Chicória	40	.200
Alface	32	.240
	40	.330
	60	.960
Melões (exceto Melões de Água)	32	.028
	40	.041
	60	.175
Cogumelos	32	.130
	50	.460
Cebolas	32	.018
	50	.039
	70	.075
Pastinaças	32	.045
	40	.073
	60	.170
Ervilhas	32	.170
	60	.820
Pimentas	32	.057
	60	.180
Batatas	32	.014
	40	.030
	70	.060
Espinafre	40	.200
Batata Doce	40	.070
Tomates (Verdes)		
(Maduros)	60	.130
Nabos	40	.027
	32	.040
	40	.050

De *Carrier Design Data*. Reproduzido por permissão da Corporação Carrier.

Tabela 15 – Calor de Respiração
(DOSSAT, 2004)

. Carga proveniente da Iluminação

$$Q_6 = Wx3{,}42xnx24$$

Onde

Q_6 = Carga proveniente das lâmpadas (Btu/24h)

W = Potência de cada lâmpada (W)

n = Número de lâmpadas

Nesse cálculo, a potência das lâmpadas e a quantidade delas estão especificadas no projeto.

. Carga Proveniente das Pessoas

$$Q_7 = FxNx24$$

Onde

Q_7 = Carga proveniente das pessoas (Btu/24h)

F = Fator

N = Número de operadores

Nesse cálculo, o fator F pode ser encontrado na tabela abaixo (Tabela 16).

Temperatura de Refrigeração F	Equivalente de Calor/Pessoas Btu/h
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
−10	1400

Tabela 16 – Fator F para Carga de Pessoas
(DOSSAT, 2004)

. Carga Térmica Total

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

Onde

Q_T = Carga Térmica Total (Btu/24h)

. Capacidade do equipamento

$$C = \frac{FSxQ_T}{T_f}$$

Onde

FS = Fator de Segurança (1,1)

C = Capacidade do equipamento (Btu/h)

T_f = Tempo de funcionamento (h)

Nesse cálculo, o tempo de funcionamento foi definido como 20h.

Além disso, para a seleção do equipamento, a capacidade do equipamento foi convertida de Btu/h para kcal/h devido ao fato dos catálogos dos fornecedores estarem nessa unidade.

Sendo assim, seguindo a metodologia, considera-se o seguinte esquema para os cálculos:

Finalmente, temos (as unidades utilizadas foras no sistema internacional e depois convertidas para as mencionadas no procedimento descrito acima. Além disso, as parcelas das cargas térmicas cedidas pelas paredes estão, nessa ordem: calor cedido pela parede 1, calor cedido pela parede 2, calor cedido pela parede 3, calor cedido pela parede 4, calor cedido pelo piso e calor cedido pelo teto):

- **Câmara 1**

$$Q_1 = 3{,}1x2{,}63x0{,}019x(24{,}4-5) + 5{,}5x2{,}63x0{,}019x(18-5) + 3{,}1x2{,}63x0{,}019x(5-5) + 5{,}5x2{,}63x0{,}019x(34{,}4-5) + 3{,}1x5{,}5x0{,}019x(21-5) + 3{,}1x5{,}5x0{,}019x(34{,}3-5)$$

$$\boldsymbol{Q_1 = 2800{,}2\ Btu/24h}$$

$$Q_2 = 2000x0{,}9x(25-5)$$

$$\boldsymbol{Q_2 = 142858{,}1\ Btu/24h}$$

Q_3 e Q_4 = 0

$$Q_5 = 2000x0{,}9$$

$$\boldsymbol{Q_5 = 95238{,}72\ Btu/24h}$$

$$Q_6 = 300x2$$

$$\boldsymbol{Q_6 = 49248\ Btu/24h}$$

$$Q_7 = 1250x2$$

$$\boldsymbol{Q_7 = 60000\ Btu/24h}$$

$$Q_T = 2800{,}2 + 142858{,}1 + 0 + 0 + 95238{,}72 + 49248 + 60000$$

$$\boldsymbol{Q_T = 349872{,}02\ Btu/24h}$$

$$C = \frac{1{,}1x349872{,}02}{20}$$

$$\boldsymbol{C = 19257{,}97\frac{Btu}{h} = 4815\frac{kcal}{h}}$$

De forma análoga:

- **Câmara 2**

Q_1 = 2728,63 Btu/24h
Q_2 = 142858 Btu/24h
Q_3 = 0
Q_4 = 0
Q_5 = 95238,72 Btu/24h
Q_6 = 49248 Btu/24h
Q_7 = 60000 Btu/24h
C = 4814 kcal/h

- **Câmara 3**

Q_1 = 3050,72 Btu/24h
Q_2 = 122223 Btu/24h
Q_3 = 0
Q_4 = 0
Q_5 = 0
Q_6 = 23893,49 Btu/24h
Q_7 = 60000 Btu/24h
C = 2876 kcal/h

- **Câmara 4**

Q_1 = 6556 Btu/24h
Q_2 = 0
Q_3 = 0
Q_4 = 4555,85 Btu/24h
Q_5 = 0
Q_6 = 24028,1 Btu/24h
Q_7 = 71040 Btu/24h

C = 2023,7 kcal/h

- **Câmara 5**

Q_1 = 5267 Btu/24h

Q_2 = 0

Q_3 = 0

Q_4 = 45555,85 Btu/24h

Q_5 = 0

Q_6 = 49248 Btu/24h

Q_7 = 71040 Btu/24h

C = 2352,8 kcal/h

- **Câmara 6**

Q_1 = 6811,9 Btu/24h

Q_2 = 0

Q_3 = 0

Q_4 = 4555,85 Btu/24h

Q_5 = 0

Q_6 = 22900,8 Btu/24h

Q_7 = 71040 Btu/24h

C = 2011,75 kcal/h

- **Câmara 7**

Q_1 = 12701,6 Btu/24h

Q_2 = 12222,3 Btu/24h

Q_3 = 0

Q_4 = 0

Q_5 = 0

Q_6 = 51012,7 Btu/24h

Q_7 = 60000 Btu/24h

C = 1869 kcalh

ANEXO A – PLANTAS DAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS DO RU-UFES

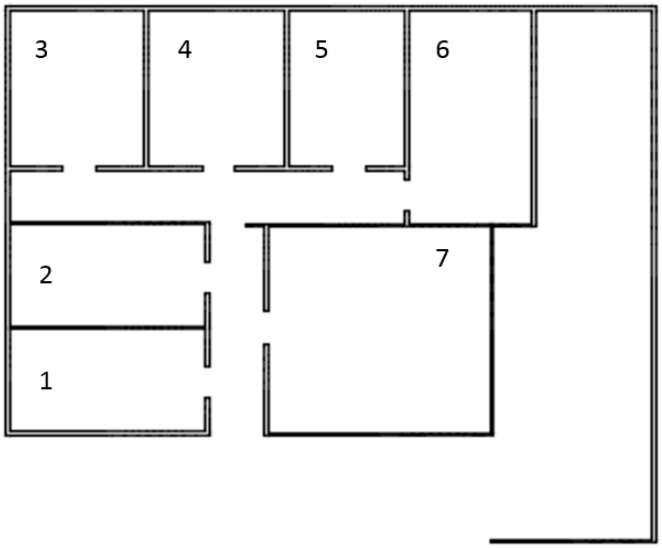


Figura 25: Planta das Câmaras Frigoríficas do RU-UFES

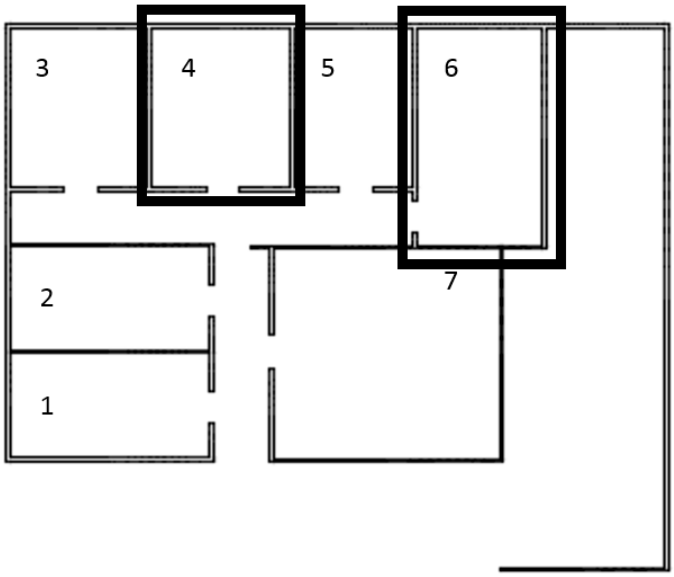


Figura 26: Câmaras que sofreram alterações nos equipamentos

ANEXO B – APARELHOS DE REFRIGERAÇÃO E TEMPERATURAS DAS CÂMARAS DO RU-UFES

Figura 27: Unidade Evaporadora da Câmara 1

Figura 28: Especificações da Unidade Evaporadora da Câmara 1

Figura 29: Unidade Evaporadora das câmaras 2, 3, 4, 5, 6 e 7

Figura 30: Especificações das Unidades Evaporadoras das câmaras 2, 3, 4, 5, 6 e 7

Figura 31: Unidade Condensadora das câmaras 1, 3 e 7

Figura 32: Especificações das Unidades Condensadoras das Câmaras 1, 3 e 7

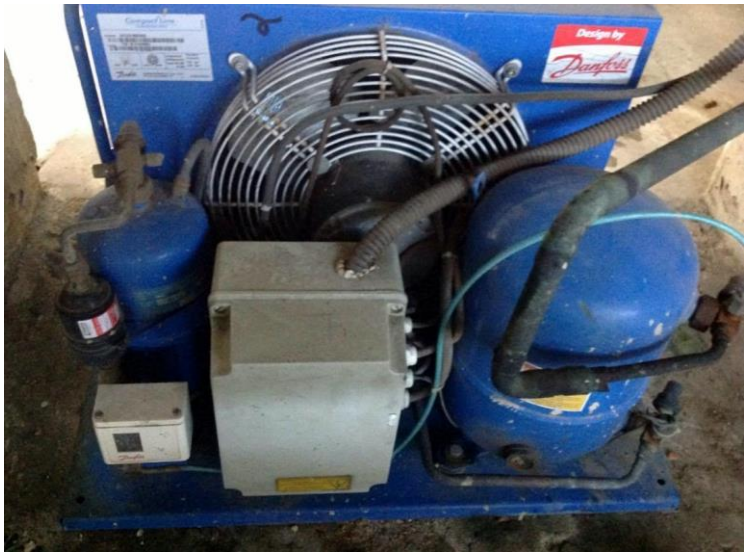


Figura 33: Unidade Condensadora da Câmara 2

Figura 34: Especificações da Unidade Condensadora da Câmara 2

Figura 35: Unidade Condensadora das Câmaras 4 e 6

Figura 36: Especificações das Unidades Condensadoras das Câmaras 4 e 6

Figura 37: Unidade Condensadora da Câmara 5

Figura 38: Unidade Condensadora da Câmara 5

Figura 39: Unidade Condensadora da Câmara 7

Figura 40: Unidade Condensadora da Câmara 7

Figura 41

: Temperatura das câmaras 1, 2 e 3

Figura 42: Temperatura das câmaras 4, 5 e 6

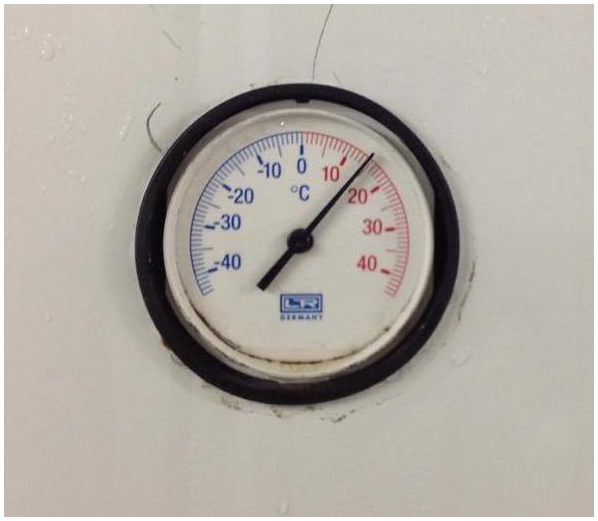


Figura 43: Temperatura da câmara 7

ANEXO C – ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

✓ **CÂMARA 01**

Cálculo para Câmara Frigorífica — **Engepom Equipamentos para Refrigeração Ltda**

OS RESULTADOS IMPRESSOS NESTE RELATÓRIO SÃO DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO.

Dados Iniciais — ***** FREQUÊNCIA = 60hz *****

Dimensões da câmara (m)	Comprimento:	5.55	Isolamento	
	Largura:	3.10		
	Altura:	2.63	Tipo:	Poliestireno
	Área das Portas (m²):	1.70	Constante K (Kcal/mh°C):	0.028
	Posição do evaporador:	Comprimento	Espessura (mm):	150
Tubulação (m)	Linha de liquido:	20	Iluminação — Potência (W):	300
	Linha de sucção:	20	Período de utilização (h):	2
Temperaturas (°C)	Entrada do produto:	-10	Pessoas — Quantidade:	2
	Interna:	-18	Período de permanência (h):	2
	Evaporação:	-24		
Tempo de operação do compressor (h/dia):		20	Motor — Potência (HP):	0
Capacidade calculada (Kcal/h):		2039	Período de utilização (h):	0

Dados Sobre o Produto *CARNES*

Características	Ponto de Congelamento (°C):	-1,8	Carga do produto (Kg): 2000
Calor específico acima do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,77	Tempo de processo (h): 24
Calor específico abaixo do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,41	
Calor latente (Kcal/Kg):		56	
Calor de respiração (Kcal/ton/24h):		0	

CÂMARA 1

Figura 44: Especificações da Câmara 1
Fonte: Documentação de Projeto das Câmaras do RU

✓ **CÂMARA 02**

Cálculo para Câmara Frigorífica — **Engepom Equipamentos para Refrigeração Ltda**

OS RESULTADOS IMPRESSOS NESTE RELATÓRIO SÃO DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO.

Dados Iniciais — ***** FREQUÊNCIA = 60hz *****

Dimensões da câmara (m)	Comprimento:	5.55	Isolamento	
	Largura:	3.10		
	Altura:	2.63	Tipo:	Poliestireno
	Área das Portas (m²):	1.70	Constante K (Kcal/mh°C):	0.028
	Posição do evaporador:	Comprimento	Espessura (mm):	150
Tubulação (m)	Linha de liquido:	20	Iluminação — Potência (W):	300
	Linha de sucção:	20	Período de utilização (h):	2
Temperaturas (°C)	Entrada do produto:	-10	Pessoas — Quantidade:	2
	Interna:	-18	Período de permanência (h):	2
	Evaporação:	-24		
Tempo de operação do compressor (h/dia):		20	Motor — Potência (HP):	0
Capacidade calculada (Kcal/h):		2039	Período de utilização (h):	0

Dados Sobre o Produto *PEIXE FRESCO*

Características	Ponto de Congelamento (°C):	-2,2	Carga do produto (Kg): 2000
Calor específico acima do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,76	Tempo de processo (h): 24
Calor específico abaixo do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,41	
Calor latente (Kcal/Kg):		55	
Calor de respiração (Kcal/ton/24h):		0	

CÂMARA 2

Figura 45: Especificações da Câmara 2
Fonte: Documentação de Projeto das Câmaras do RU

✓ **CÂMARA 03**

Cálculo para Câmara Frigorífica — **Engepom Equipamentos para Refrigeração Ltda**

OS RESULTADOS IMPRESSOS NESTE RELATÓRIO SÃO DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO.

Dados Iniciais — ***** FREQUÊNCIA = 60hz *****

Dimensões da câmara (m)	Comprimento:	4.10	Isolamento	
	Largura:	3.55		
	Altura:	2.73	Tipo:	Poliestireno
	Área das Portas (m²):	1.70	Constante K (Kcal/mh°C):	0.028
	Posição do evaporador:	Comprimento	Espessura (mm):	100
Tubulação (m)	Linha de líquido:	20	Iluminação — Potência (W):	145,55
	Linha de sucção:	20	Período de utilização (h):	2
Temperaturas (°C)	Entrada do produto:	25	Pessoas — Quantidade:	2
	Interna:	5	Período de permanência (h):	2
	Evaporação:	-1		
Tempo de operação do compressor (h/dia):		20	Motor — Potência (HP):	0
Capacidade calculada (Kcal/h):		3130	Período de utilização (h):	0

Dados Sobre o Produto *LATICÍNIOS*

Características	Ponto de Congelamento (°C):	-0,6	Carga do produto (Kg): 2000
Calor específico acima do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,85	Tempo de processo (h): 24
Calor específico abaixo do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,42	
Calor latente (Kcal/Kg):		64	
Calor de respiração (Kcal/ton/24h):		0	

***** A UNIDADE CONDENSADORA selecionada tem uma capacidade muito SUPERIOR à necessidade da câmara. *****

CÂMARA 3

Figura 46: Especificações da Câmara 3
Fonte: Documentação de Projeto das Câmaras do RU

✓ **CÂMAR 04**

Cálculo para Câmara Frigorífica — **Engepom Equipamentos para Refrigeração Ltda**

OS RESULTADOS IMPRESSOS NESTE RELATÓRIO SÃO DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO.

Dados Iniciais — ***** FREQUÊNCIA = 60hz *****

Dimensões da câmara (m)	Comprimento:	4.10	Isolamento	
	Largura:	3.57		
	Altura:	2.73	Tipo:	Poliestireno
	Área das Portas (m²):	1.70	Constante K (Kcal/mh°C):	0.028
	Posição do evaporador:	Comprimento	Espessura (mm):	100
Tubulação (m)	Linha de líquido:	20	Iluminação — Potência (W):	146,37
	Linha de sucção:	20	Período de utilização (h):	2
Temperaturas (°C)	Entrada do produto:	25	Pessoas — Quantidade:	2
	Interna:	5	Período de permanência (h):	2
	Evaporação:	-1		
Tempo de operação do compressor (h/dia):		20	Motor — Potência (HP):	0
Capacidade calculada (Kcal/h):		2430	Período de utilização (h):	0

Dados Sobre o Produto *LINGUÍÇA FRESCA*

Características	Ponto de Congelamento (°C):	-3,3	Carga do produto (Kg): 2000
Calor específico acima do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,53	Tempo de processo (h): 24
Calor específico abaixo do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,31	
Calor latente (Kcal/Kg):		31	
Calor de respiração (Kcal/ton/24h):		0	

CÂMARA 4

Figura 47: Especificações da Câmara 4
Fonte: Documentação de Projeto das Câmaras do RU

✓ **CÂMARA 05**

Cálculo para Câmara Frigorífica — **Engepom Equipamentos para Refrigeração Ltda**

OS RESULTADOS IMPRESSOS NESTE RELATÓRIO SÃO DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO.

Dados Iniciais *** **FREQUÊNCIA = 60hz** ***

Dimensões da câmara (m)	Comprimento:	5.11	Isolamento	
	Largura:	2.73		
	Altura:	2.90	Tipo:	Poliestireno
	Área das Portas (m²):	1.70	Constante K (Kcal/mh°C):	0.028
	Posição do evaporador:	Comprimento	Espessura (mm):	100
Tubulação (m)	Linha de líquido:	20	Iluminação — Potência (W):	139,503
	Linha de sucção:	20	Período de utilização (h):	2
Temperaturas (°C)	Entrada do produto:	25	Pessoas — Quantidade:	2
	Interna:	8	Período de permanência (h):	2
	Evaporação:	2		
Tempo de operação do compressor (h/dia):		20	Motor — Potência (HP):	0
Capacidade calculada (Kcal/h):		2978	Período de utilização (h):	0

Dados Sobre o Produto *VERDURAS*

Características	Ponto de Congelamento (°C):	-1,1	Carga do produto (Kg): 2000
Calor específico acima do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,9	Tempo de processo (h): 24
Calor específico abaixo do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,45	
Calor latente (Kcal/Kg):		73	
Calor de respiração (Kcal/ton/24h):		1100	

CÂMARA 5

Figura 48: Especificações da Câmara 5
Fonte: Documentação de Projeto das Câmaras do RU

✓ **CÂMARA 06**

Cálculo para Câmara Frigorífica — **Engepom Equipamentos para Refrigeração Ltda**

OS RESULTADOS IMPRESSOS NESTE RELATÓRIO SÃO DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO.

Dados Iniciais *** **FREQUÊNCIA = 60hz** ***

Dimensões da câmara (m)	Comprimento:	5.11	Isolamento	
	Largura:	2.73		
	Altura:	2.90	Tipo:	Poliestireno
	Área das Portas (m²):	1.70	Constante K (Kcal/mh°C):	0.028
	Posição do evaporador:	Comprimento	Espessura (mm):	100
Tubulação (m)	Linha de líquido:	20	Iluminação — Potência (W):	139,503
	Linha de sucção:	20	Período de utilização (h):	2
Temperaturas (°C)	Entrada do produto:	25	Pessoas — Quantidade:	2
	Interna:	5	Período de permanência (h):	2
	Evaporação:	-1		
Tempo de operação do compressor (h/dia):		20	Motor — Potência (HP):	0
Capacidade calculada (Kcal/h):		2984	Período de utilização (h):	0

Dados Sobre o Produto *CARNES*

Características	Ponto de Congelamento (°C):	-1,8	Carga do produto (Kg): 2000
Calor específico acima do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,77	Tempo de processo (h): 24
Calor específico abaixo do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,41	
Calor latente (Kcal/Kg):		56	
Calor de respiração (Kcal/ton/24h):		0	

*** **A UNIDADE CONDENSADORA selecionada tem uma capacidade muito SUPERIOR à necessidade da câmara.** ***

CÂMARA 6

Figura 49: Especificações da Câmara 6
Fonte: Documentação de Projeto das Câmaras do RU

✓ **CÂMARA 07**

Cálculo para Câmara Frigorífica — **Engepom Equipamentos para Refrigeração Ltda**

OS RESULTADOS IMPRESSOS NESTE RELATÓRIO SÃO DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO.

Dados Iniciais — ***** FREQUÊNCIA = 60hz *****

Dimensões da câmara (m)	Comprimento:	5.50	Isolamento	
	Largura:	5.65		
	Altura:	2.95	Tipo:	Poliestireno
	Área das Portas (m²):	1.70	Constante K (Kcal/mh°C):	0.028
	Posição do evaporador:	Largura	Espessura (mm):	50
Tubulação (m)	Linha de líquido:	20	Iluminação — Potência (W):	310,75
	Linha de sucção:	20	Período de utilização (h):	2
Temperaturas (°C)	Entrada do produto:	25	Pessoas — Quantidade:	2
	Interna:	15	Período de permanência (h):	10
	Evaporação:	9		
Tempo de operação do compressor (h/dia):		20	Motor — Potência (HP):	0
Capacidade calculada (Kcal/h):		2626	Período de utilização (h):	0

Dados Sobre o Produto — *CARNES*

Características	Ponto de Congelamento (°C):	-1,8	Carga do produto (Kg): 200
Calor específico acima do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,77	Tempo de processo (h): 24
Calor específico abaixo do ponto de congelamento (Kcal/Kg°C):		0,41	
Calor latente (Kcal/Kg):		56	
Calor de respiração (Kcal/ton/24h):		0	

***** A UNIDADE CONDENSADORA selecionada tem uma capacidade muito SUPERIOR à necessidade da câmara. *****

CÂMARA 7

Figura 50: Especificações da Câmara 7
Fonte: Documentação de Projeto das Câmaras do RU

ANEXO D – CATÁLOGOS DE EQUIPAMENTOS

Para unidades condensadoras da DANFOSS, com utilização do refrigerante R-404a, temos o seguinte catálogo (Tabela 17):

Danfoss

Dados de Capacidade

R-404A / R-507

HCZ / HGZ

Modelos	TE	+10°C		+5°C		0°C		-5°C		-10°C		-15°C		-20°C		-25°C		-30°C	
	TA	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.
HCZ 018	32	4321	2,2	3753	2,0	3194	1,8	2657	1,7	2153	1,5	1695	1,4	1291	1,2	1035	1,0	731	0,9
	35	4024	2,3	3492	2,1	2968	1,9	2464	1,7	1991	1,5	1558	1,4	1174	1,2	915	1,1	620	0,9
	38	3726	2,3	3230	2,1	2742	1,9	2271	1,7	1828	1,5	1421	1,4	1058	1,2	796	1,1	510	0,9
	43			2790	2,2	2373	1,9	1969	1,7	1584	1,5	1228	1,40	906	1,20	664	1,10	401	0,90
HCZ 022	32	5702	2,9	5026	2,7	4361	2,4	3714	2,2	3095	1,9	2513	1,7	1978	1,5	1497	1,2	1079	0,9
	35	5308	3,0	4675	2,8	4054	2,5	3449	2,2	2869	2,0	2322	1,7	1817	1,5	1360	1,2	958	0,9
	38	4914	3,0	4325	2,8	3746	2,5	3184	2,2	2643	2,0	2131	1,7	1656	1,4	1223	1,2	838	0,9
	43	4196	3,2	3703	2,9	3216	2,6	2737	2,3	2272	2	1828	1,70	1408	1,40	1020	1,10	667	0,80
HCZ 028	32	7479	3,7	6521	3,4	5599	3,1	4722	2,8	3904	2,5	3157	2,2	2490	2,0	1909	1,7	1418	1,4
	35	7010	3,8	6107	3,5	5237	3,2	4410	2,9	3638	2,6	2930	2,3	2295	2,0	1739	1,7	1264	1,4
	38	6542	3,9	5692	3,5	4874	3,2	4098	2,9	3371	2,6	2704	2,3	2101	2,0	1569	1,7	1109	1,4
	43			4962	3,7	4256	3,3	3582	3,0	2946	2,6	2356	2,30	1818	2,00	1336	1,60	911	1,30
HCZ 032	32	8926	4,0	7686	3,7	6520	3,4	5440	3,1	4457	2,8	3582	2,5	2819	2,2	2171	1,9	1635	1,6
	35	8427	4,1	7242	3,8	6130	3,5	5102	3,2	4165	2,9	3330	2,6	2600	2,3	1975	2,0	1453	1,7
	38	7927	4,2	6798	3,9	5741	3,6	4764	3,2	3874	2,9	3079	2,6	2380	2,3	1779	2,0	1271	1,7
	43	7039	4,4	6040	4,1	5101	3,7	4231	3,3	3436	3	2721	2,60	2088	2,30	1537	2,00	1064	1,70
HCZ 036	32	9557	4,8	8340	4,3	7166	3,9	6050	3,5	5011	3,2	4063	2,8	3216	2,5	2479	2,1	1854	1,8
	35	9012	4,9	7852	4,4	6734	4,0	5673	3,6	4684	3,3	3778	2,9	2967	2,5	2257	2,1	1649	1,8
	38	8468	5,0	7363	4,5	6302	4,1	5295	3,7	4356	3,3	3494	2,9	2719	2,5	2035	2,1	1443	1,8
	43			6496	4,7	5564	4,2	4675	3,8	3840	3,3	3068	2,90	2366	2,50	1739	2,10	1187	1,70
HCZ 040	32	11587	5,2	10011	4,8	8513	4,4	7110	4,0	5817	3,6	4647	3,2	3610	2,8	2711	2,4	1952	2,0
	35	10920	5,4	9430	4,9	8013	4,5	6686	4,1	5460	3,7	4349	3,3	3358	2,9	2494	2,5	1757	2,1
	38	10254	5,5	8849	5,0	7514	4,6	6262	4,1	5103	3,7	4050	3,3	3106	2,9	2276	2,5	1561	2,1
	43	9089	5,7	7856	5,2	6680	4,7	5572	4,3	4542	3,8	3597	3,30	2743	2,90	1983	2,50	1318	2,10
HCZ 044	32	11833	6,2	10474	5,6	9090	5,0	7709	4,5	6345	4,0	5041	3,4	3842	3,0	2956	2,7	2211	2,3
	35	11264	6,3	9942	5,7	8591	5,2	7236	4,5	5895	4,0	4636	3,5	3549	3,1	2688	2,8	1957	2,4
	38	10695	6,5	9411	5,8	8093	5,3	6762	4,5	5445	3,9	4231	3,5	3256	3,2	2421	2,9	1702	2,4
	43			8201	5,9	7074	5,3	5934	4,7	4803	4,122	3757	3,63	2921	3,25	2118	2,78	1417	2,41
HCZ 050	32	13964	6,6	12163	6,0	10427	5,5	8782	5,0	7254	4,5	5865	4,0	4632	3,5	3564	3,1	2666	2,7
	35	13127	6,8	11416	6,2	9768	5,6	8206	5,1	6753	4,5	5428	4,0	4247	3,5	3218	3,1	2343	2,7
	38	12289	6,9	10669	6,3	9109	5,7	7630	5,1	6251	4,5	4991	4,0	3862	3,5	2872	3,1	2019	2,6
	43			9372	6,4	7999	5,8	6690	5,2	5463	4,6	4332	4,00	3308	3,50	2399	3,00	1605	2,60
HCZ 056	32	15474	5,0	13667	5,0	11879	5,0	10129	4,6	8449	4,2	6878	4,0	5252	3,5	4057	3,0	3034	2,5
	35	14538	5,5	12840	5,4	11165	5,2	9521	4,9	7939	4,4	6395	4,0	4798	3,5	3652	3,0	2663	2,5
	38	13603	6,0	12013	5,8	10451	5,5	8913	5,2	7429	4,6	5912	4,0	4345	3,5	3248	3,0	2291	2,5
	43			10553	5,9	9177	5,5	7815	5,3	6492	4,727	5131	4,00	3722	3,50	2717	2,94	1828	2,47
HCZ 064	32	18031	8,3	15727	7,6	13517	6,9	11430	6,3	9488	5,6	7714	5,0	6125	4,4	4732	3,8	3539	3,2
	35	17008	8,5	14814	7,8	12710	7,0	10721	6,4	8867	5,7	7170	5,1	5642	4,4	4294	3,8	3130	3,2
	38	15986	8,7	13900	7,9	11902	7,1	10011	6,4	8247	5,7	6625	5,1	5159	4,4	3856	3,8	2720	3,2
	43	14156	8,9	12317	8,1	10544	7,3	8856	6,5	7271	5,8	5803	5,10	4463	4,40	3258	3,70	2191	3,10
HGZ 072	32	19401	9,6	16994	8,7	14669	7,9	12457	7,1	10390	6,4	8494	5,7	6789	5,0	5289	4,5	4047	3,8
	35	18284	9,8	15999	8,9	13791	8,0	11688	7,2	9720	6,5	7908	5,7	6272	5,1	4824	4,5	3619	3,8
	38	17167	9,9	15004	9,0	12913	8,2	10919	7,3	9049	6,5	7322	5,8	5755	5,1	4358	4,5	3191	3,8
	43	15148	10,3	13250	9,3	11403	8,3	9631	7,4	7957	6,554	6397	5,80	4967	5,13	3674	4,46	2599	3,85
HGZ 080	32	21564	11,2	18965	10,2	16441	9,2	14029	8,3	11764	7,4	9675	6,6	7788	5,8	6121	5,1	4610	4,4
	35	20320	11,4	17857	10,4	15464	9,4	13174	8,4	11019	7,5	9026	6,7	7216	5,9	5574	5,1	4023	4,4
	38	19076	11,6	16749	10,5	14487	9,5	12320	8,5	10274	7,6	8376	6,7	6644	5,9	5027	5,1	3435	4,4
	43	16826	12,0	14795	10,8	12808	9,7	10891	8,6	9068	7,6	7360	6,70	5785	5,90	4180	5,10	2693	4,40
HGZ 100	32	24826	10,9	21700	10,6	18658	9,7	15747	8,9	13016	8,1	10505	7,3	8252	6,5	6282	5,7	4684	4,9
	35	23301	11,2	20340	10,9	17460	9,9	14702	9,1	12108	8,2	9715	7,4	7556	6,5	5688	5,7	4206	4,9
	38	21776	11,5	18981	11,1	16262	10,1	13656	9,2	11199	8,3	8924	7,4	6860	6,5	5093	5,7	3729	4,9
	43					14217	10,4	11932	9,4	9759	8,4	7728	7,40	5863	6,50	4357	5,60	3082	4,80
HGZ 125	32	33810	14,1	29419	13,2	25226	12,2	21273	11,2	17599	10,1	14242	9,0	11229	7,9	8584	6,7	6317	5,5
	35	31905	14,7	27709	13,6	23701	12,5	19917	11,4	16392	10,2	13158	9,0	10242	7,8	7664	6,6	5432	5,4
	38	29999	15,2	26000	14,0	22176	12,8	18561	11,5	15184	10,3	12074	9,0	9255	7,7	6744	6,4	4548	5,2
	43	26600	16,2	23068	14,8	19666	13,4	16423	11,9	13367	10,5	10524	9,00	7917	7,60	5563	6,30	3474	4,90
HGZ 144	32	36577	17,4	32029	15,9	27640	14,5	23475	13,2	19598	12,0	16061	10,8	12906	9,7	10159	8,6	7830	7,5
	35	34495	17,8	30161	16,2	25984	14,8	22023	13,4	18333	12,2	14962	10,9	11943	9,8	9298	8,7	7034	7,6
	38	32413	18,2	28293	16,5	24328	15,0	20571	13,6	17069	12,3	13862	11,0	10980	9,8	8437	8,7	6238	7,6
	43			24929	17,1	21456	15,5	18146	13,9	15041	12,5	12174	11,20	9573	9,90	7251	8,70	5211	7,60
HGZ 160	32	40141	19,7	35289	18,1	30588	16,6	26104	15,1	21898	13,7	18028	12,3	14542	10,9	11472	9,6	8839	8,3
	35	37757	20,2	33169	18,5	28724	16,9	24481	15,4	20495	13,9	16815	12,4	13484	11,0	10532	9,7	7975	8,3
	38	35372	20,7	31049	18,9	26860	17,2	22859	15,6	19091	14,0	15602	12,5	12427	11,1	9592	9,7	7111	8,3
	43			27313	19,6	23657	17,7	20141	16,0	16808	14,3	13693	12,70	10829	11,10	8239	9,60	5933	8,30

LEGENDA
C.R. = Capacidade de Refrigeração (kcal/h)
P.C. = Potência Consumida (kW)

T.E. = Temperatura Evaporação °C
T.A. = Temperatura Ambiente °C

CONDIÇÕES NOMINAIS
- Superaquecimento a 18 K
- Sub-resfriamento 3 K

Tabela 17 – Catálogo da DANFOSS para unidades condensadoras (R-404a) (DANFOSS, 2005)

Para unidades condensadoras da DANFOSS, com a utilização do refrigerante R-22, tem-se (Tabela 18):

Dados de Capacidade (Kcal/h)															60 HZ
Modelos	TE	+10 ºC		+5 ºC		0 ºC		-5 ºC		-10 ºC		-15 ºC		-20 ºC	
	TA	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.	C.R.	P.C.
R-22															
HJM 018	32	4367	1,8	3654	1,6	2998	1,5	2402	1,3	1872	1,2	1413	1,0	1023	0,9
	35	4151	1,9	3471	1,7	2845	1,6	2277	1,4	1774	1,2	1336	1,1	965	0,9
	38	3933	1,9	3285	1,7	2690	1,6	2152	1,4	1674	1,2	1260	1,1	909	0,9
	43	-	-	-	-	2430	1,6	1941	1,4	1507	1,3	1131	1,1	815	0,9
HJM 022	32	6146	2,3	5206	2,1	4330	1,9	3524	1,7	2790	1,5	2133	1,3	1552	1,1
	35	5875	2,4	4969	2,2	4124	2,0	3345	1,8	2636	1,6	1998	1,3	1433	1,1
	38	5601	2,4	4729	2,2	3915	2,0	3165	1,8	2480	1,6	1864	1,3	1316	1,1
	43	-	-	4324	2,3	3564	2,1	2862	1,8	2220	1,6	1640	1,4	1123	1,1
HJM 028	32	8163	3,1	7024	2,9	5954	2,6	4959	2,4	4041	2,2	3209	1,9	2465	1,7
	35	7850	3,3	6749	3,1	5714	2,8	4746	2,5	3855	2,3	3042	2,0	2312	1,7
	38	7531	3,3	6469	3,1	5469	2,8	4532	2,5	3666	2,2	2876	2,0	2163	1,7
	43	-	-	-	-	5052	2,9	4168	2,6	3348	2,3	2594	2,0	1911	1,7
HJM 032	32	9371	3,6	7971	3,3	6679	3,0	5498	2,8	4431	2,5	3482	2,2	2651	2,0
	35	9018	3,7	7667	3,5	6418	3,2	5156	2,9	4242	2,6	3319	2,3	2509	2,0
	38	8660	3,7	7358	3,5	6152	3,2	4812	2,9	4050	2,6	3159	2,3	2370	2,0
	43	-	-	6839	3,7	5706	3,3	4668	3,0	3728	2,7	2882	2,3	2135	2,0
HJM 036	32	10300	4,2	8910	3,8	7596	3,5	6366	3,1	5228	2,8	4189	2,5	3256	2,2
	35	9921	4,4	8573	4,0	7296	3,7	6098	3,3	4990	2,9	3973	2,6	3054	2,3
	38	9536	4,4	8230	4,0	6992	3,7	5830	3,3	4748	2,9	3758	2,6	2857	2,3
	43	-	-	-	-	6477	3,8	5371	3,4	4342	3,0	3390	2,7	2523	2,4
HJM 040	32	12174	4,4	10391	4,1	8754	3,8	7261	3,5	5913	3,1	4707	2,8	3643	2,4
	35	11813	4,6	10065	4,3	8458	4,0	6988	3,7	5661	3,3	4469	2,9	3412	2,5
	38	11446	4,6	9732	4,4	8156	4,0	6713	3,7	5406	3,3	4233	2,9	3185	2,5
	43	-	-	9182	4,7	7650	4,3	6246	3,8	4975	3,4	3826	2,9	2798	2,5
HJM 044	32	13927	4,4	11414	4,1	9267	3,8	7457	3,5	5967	3,1	4763	2,8	3804	2,4
	35	13246	4,6	10867	4,3	8842	4,0	7142	3,7	5749	3,4	4603	2,9	3614	2,5
	38	12558	4,6	10314	4,4	8411	4,0	6825	3,7	5528	3,4	4446	3,0	3429	2,5
	43	-	-	9731	4,7	7890	4,3	6350	3,8	5087	3,5	4018	3,0	3012	2,5
HJM 050	32	14223	5,3	11942	4,8	9894	4,3	8086	3,9	6508	3,5	5166	3,0	4048	2,6
	35	13664	5,5	11459	5,1	9480	4,6	7729	4,1	6206	3,7	4904	3,1	3819	2,7
	38	13098	5,5	10969	5,1	9059	4,6	7370	4,1	5899	3,6	4645	3,2	3595	2,8
	43	-	-	10158	5,3	8355	4,8	6763	4,2	5381	3,8	4198	3,3	3209	2,8
HJM 056	32	15761	5,5	13419	4,9	11272	4,4	9326	4,0	7580	3,6	6058	3,1	4589	2,7
	35	15133	5,6	12889	5,3	10837	4,7	8969	4,3	7298	3,8	5778	3,2	4314	2,8
	38	14498	5,6	12351	5,3	10394	4,8	8610	4,3	7010	3,8	5502	3,3	4044	2,9
	43	-	-	11438	5,5	9586	4,8	7900	4,3	6395	3,9	4973	3,4	3610	2,9
HJM 064	32	18507	6,7	15682	6,2	13082	5,6	10718	5,1	8594	4,5	6716	4,0	5084	3,5
	35	17808	7,0	15090	6,5	12588	5,9	10308	5,4	8261	4,8	6444	4,1	4861	3,6
	38	17100	7,0	14489	6,6	12085	6,0	9894	5,4	7922	4,8	6176	4,2	4645	3,6
	43	-	-	13480	6,9	11239	6,3	9195	5,6	7356	4,9	5717	4,3	4278	3,7

Referência para as tabelas de capacidades:
C.R. Capacidade de Refrigeração (kcal/h)
P.C. Potência Consumida (kW)

T.E. Temperatura de evaporação ºC
T.C. Temperatura de Condensação ºC

Superaquecimento: 18 K
Subresfriamento: 3K

Tabela 18 – Unidades condensadoras da DANFOSS (R-22)
(DANFOSS, 2005)

Tratando-se de unidades evaporadoras da TRINEVA, tem-se os seguintes catálogos (Tabelas 19 e 20):

Modelo	Vazão de Ar m³/h	DESEMPENHO TÉRMICO								
		Capacidade Nominal (Kcal/h) Δt = 6ºC								
		Temperatura de Evaporação (ºC)								
		+5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35
TRS (D) 0A	970	1.095	1.057	1.018	980	943	905	868	832	792
TRS (D) 0	930	1.352	1.305	1.257	1.210	1.164	1.117	1.071	1.026	977
TRS (D) 1A	1.830	1.763	1.702	1.640	1.579	1.579	1.458	1.398	1.339	1.275
TRS (D) 1	1.760	2.274	2.195	2.115	2.036	1.958	1.880	1.803	1.727	1.644
TRS (D) 2	1.880	3.050	2.944	2.837	2.732	2.628	2.523	2.420	2.318	2.207
TRS (D) 3A	2.810	3.367	3.250	3.130	3.013	2.899	2.782	2.667	2.555	2.433
TRS (D) 3	2.680	3.735	3.605	3.474	3.345	3.218	3.089	2.962	2.837	2.701
TRS (D) 4	3.500	4.379	4.226	4.072	3.921	3.772	3.621	3.472	3.326	3.166
TRS (D) 5	3.620	5.312	5.126	4.940	4.757	4.576	4.393	4.213	4.036	3.842
TRS (D) 6	4.400	6.015	5.805	5.594	5.387	5.182	4.975	4.771	4.570	4.350
TRS (D) 7	5.280	7.150	6.900	6.649	6.403	6.159	5.912	5.670	5.432	5.171
TRS (D) 8	6.160	8.158	7.873	7.587	7.306	7.028	6.747	6.470	6.198	5.900
TRS (D) 9	7.040	9.156	8.836	8.515	8.200	7.888	7.572	7.261	6.956	6.622

- Capacidade baseada em 60Hz. Para 50Hz multiplicar por 0,90.
- Capacidade baseada em R-22 e aplicável ao R-402B.
- Para aplicações com R-134a, multiplicar por 0,95. Para aplicações com R-404A e R-507, multiplicar por 1,05.

Tabela 19 – Unidades Evaporadoras da TRINEVA (TRINEVA, 2000)

Modelo	MOTOVENTILADORES			RESISTÊNCIAS			
	Qtde. ø 254 mm	Pot. W	Corr. A	Qtde. Serpen-tina	Qtde. Bandeja	Pot. W	Corr. A
TRS (D) 0A	1	65	0,45	2	1	1.300	5,9
TRS (D) 0	1	65	0,45	2	1	1.300	5,9
TRS (D) 1A	2	130	0,9	2	1	1.900	8,7
TRS (D) 1	2	130	0,9	2	1	1.900	8,7
TRS (D) 2	2	130	0,9	2	1	2.500	11,4
TRS (D) 3A	3	195	1,4	2	1	3.000	13,7
TRS (D) 3	3	195	1,4	2	1	3.000	13,7
TRS (D) 4	4	260	1,8	2	1	3.400	15,5
TRS (D) 5	4	260	1,8	2	1	4.000	18,2
TRS (D) 6	5	325	2,3	2	1	4.700	21,4
TRS (D) 7	6	390	2,7	2	1	5.600	25,5
TRS (D) 8	7	455	3,2	2	1	5.600	25,5
TRS (D) 9	8	520	3,6	2	1	5.600	25,5

- Motoventiladores 65W, 220V, 50/60Hz - monofásico.
- Resistências 220V - monofásica.

Tabela 20: Especificações de Unidades Evaporadoras da TRINEVA (TRINEVA, 2000)

ANEXO E – INFORMAÇÕES DO GERADOR SELECIONADO

O gerador que atende à demanda energética é o indicado na figura abaixo (figura 21)

STEMAC
GRUPOS GERADORES

Grupo Gerador Diesel

Standby		Prime		Motor		Grupo Gerador				
kVA	kWe	kVA	kWe	Modelo	Nº CIL.	Dimensões (mm) C	L	A	Massa (Kg)	Consumo comb. (l/h) (100% carga)
28	22	26	21	1103A-33G	3	1480	691	1280	812	6,6
38	30	35	28	1103A-33G	3	1480	691	1280	838	8,6
55	44	50	40	1104A-44G	4	1810	1050	1585	979	12,4
83	66	75	60	1104A-44TG1	4	1886	1050	1585	1194	17,7
100	80	90	72	1104A-44TG2	4	1886	1050	1585	1213	22,3
125	101	114	91	1104C-44TAG2	4	1968	1050	1585	1249	26,9

1800 RPM
60Hz

POWERED BY:
Perkins

Disque Soluções em Energia
0800 723 38 00

Tabela 21: Catálogo de Gerador

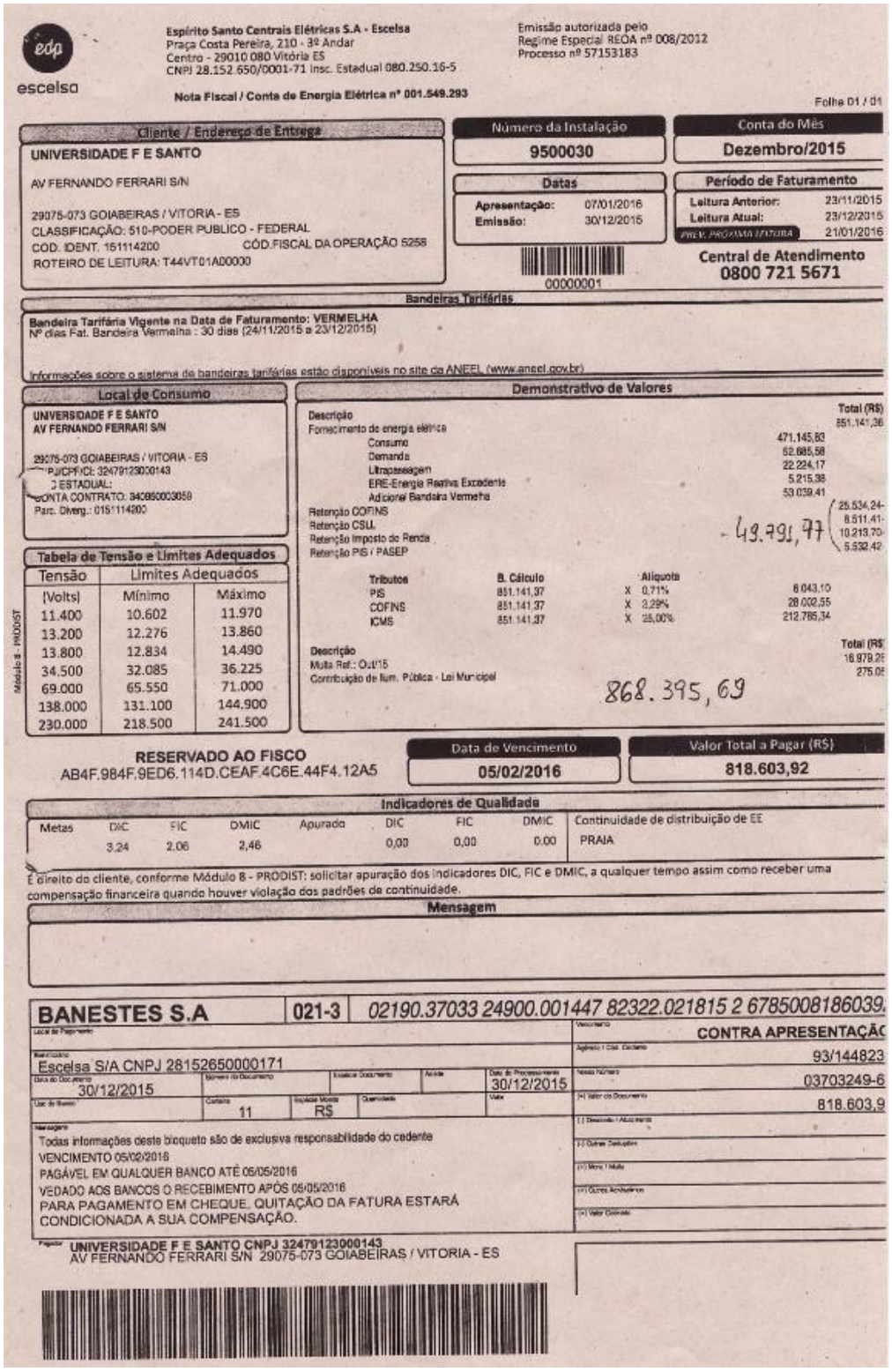
Alternativa B – Gerador fechado
01 x 38kva – 220v – motor perkins, automático, transferência no comando, container 85db.
Valor: 44.930,00

Figura 51: Orçamento do Gerador Selecionado

Peça/Componente	Período de troca	Preço	Preço/h
Óleo lubrificante do motor	250 h	R$ 114,33*	R$ 0,46/h
Elemento do filtro desvio de óleo (By-Pass)	250 h	R$ 21,50	R$ 0,086/h
Elemento do filtro de combustível	250 h	R$ 12,45	R$ 0,05/h
Elemento do filtro de ar	1.500 h	R$ 64,38	R$ 0,043/h
Elemento do filtro anti-corrosivo	250 h	R$ 7,49	R$ 0,03/h
Elemento de respiro do cárter	250 h	R$ 18,35	R$ 0,074/h
Turbo compressor	4.500 h	R$ 228,23	R$ 0,051/h
Amortecedor de vibrações	4.500 h	R$ 18,87	R$ 0,0042/h
Compressor de ar	4.500 h	R$ 223,58	R$ 0,05/h
Bomba d'água	4.500 h	R$ 68,12	R$ 0,02/h
Polia tensora	4.500 h	R$ 17,52	R$ 0,004/h
**Balde, 20 litros.*	**Total:**	**R$ 794,82**	**R$ 0,8722/h**

Tabela 22: Manutenção do Gerador
(SHIRAHIGE e SOUZA, 2004)

ANEXO F – CONTA DE ENERGIA DA UFES



edp escelsa

Espírito Santo Centrais Elétricas S.A - Escelsa
Praça Costa Pereira, 210 - 3º Andar
Centro - 29010 080 Vitória ES
CNPJ 28.152.650/0001-71 Insc. Estadual 080.250.16-5

Emissão autorizada pelo
Regime Especial REOA nº 008/2012
Processo nº 57153183

Nota Fiscal / Conta de Energia Elétrica nº 001.549.293

Folha 01 / 01

Cliente / Endereço de Entrega

UNIVERSIDADE F E SANTO

AV FERNANDO FERRARI S/N

29075-073 GOIABEIRAS / VITORIA - ES
CLASSIFICAÇÃO: 510-PODER PUBLICO - FEDERAL
COD. IDENT. 151114200 CÓD.FISCAL DA OPERAÇÃO 5258
ROTEIRO DE LEITURA: T44VT01A00000

Número da Instalação: 9500030

Conta do Mês: Dezembro/2015

Datas
Apresentação: 07/01/2016
Emissão: 30/12/2015

Período de Faturamento
Leitura Anterior: 23/11/2015
Leitura Atual: 23/12/2015
PREV. PRÓXIMA LEITURA 21/01/2016

00000001

Central de Atendimento
0800 721 5671

Bandeiras Tarifárias

Bandeira Tarifária Vigente na Data de Faturamento: VERMELHA
Nº dias Fat. Bandeira Vermelha : 30 dias (24/11/2015 a 23/12/2015)

Informações sobre o sistema de bandeiras tarifárias estão disponíveis no site da ANEEL (www.aneel.gov.br)

Local de Consumo

UNIVERSIDADE F E SANTO
AV FERNANDO FERRARI S/N

29075-073 GOIABEIRAS / VITORIA - ES
CNPJ/CPF/CI: 32479123000143
INSC ESTADUAL:
CONTA CONTRATO: 340950003059
Parc. Diverg.: 0151114200

Demonstrativo de Valores

Descrição		Total (R$)
Fornecimento de energia elétrica		851.141,36
Consumo	471.145,63	
Demanda	62.685,58	
Ultrapassagem	22.224,17	
ERE-Energia Reativa Excedente	5.215,38	
Adicional Bandeira Vermelha	53.039,41	
Retenção COFINS		25.534,24-
Retenção CSLL		8.511,41-
Retenção Imposto de Renda		10.213,70-
Retenção PIS / PASEP		5.532,42-

- 49.791,77

Tributos	B. Cálculo	Alíquota	
PIS	851.141,37	X 0,71%	6.043,10
COFINS	851.141,37	X 3,29%	28.002,55
ICMS	851.141,37	X 25,00%	212.785,34

Descrição	Total (R$)
Multa Ref.: Out/15	16.979,26
Contribuição de Ilum. Pública - Lei Municipal	275,05

868.395,69

Tabela de Tensão e Limites Adequados

Tensão	Limites Adequados	
(Volts)	Mínimo	Máximo
11.400	10.602	11.970
13.200	12.276	13.860
13.800	12.834	14.490
34.500	32.085	36.225
69.000	65.550	71.000
138.000	131.100	144.900
230.000	218.500	241.500

Módulo 8 - PRODIST

RESERVADO AO FISCO
AB4F.984F.9ED6.114D.CEAF.4C6E.44F4.12A5

Data de Vencimento: 05/02/2016

Valor Total a Pagar (R$): 818.603,92

Indicadores de Qualidade

Metas	DIC	FIC	DMIC	Apurado	DIC	FIC	DMIC	Continuidade de distribuição de EE
	3,24	2,06	2,46		0,00	0,00	0,00	PRAIA

É direito do cliente, conforme Módulo 8 - PRODIST: solicitar apuração dos indicadores DIC, FIC e DMIC, a qualquer tempo assim como receber uma compensação financeira quando houver violação dos padrões de continuidade.

Mensagem

BANESTES S.A | 021-3 | 02190.37033 24900.001447 82322.021815 2 6785008186039.

Local de Pagamento: Escelsa S/A CNPJ 28152650000171
Data do Documento: 30/12/2015
Data do Processamento: 30/12/2015
Carteira: 11
Espécie Moeda: R$
Vencimento: CONTRA APRESENTAÇÃO
Agência / Cód. Cedente: 93/144823
Nosso Número: 03703249-6
(=) Valor do Documento: 818.603,9

Mensagem:
Todas informações deste bloqueto são de exclusiva responsabilidade do cedente
VENCIMENTO 05/02/2016
PAGÁVEL EM QUALQUER BANCO ATÉ 05/05/2016
VEDADO AOS BANCOS O RECEBIMENTO APÓS 05/05/2016
PARA PAGAMENTO EM CHEQUE, QUITAÇÃO DA FATURA ESTARÁ CONDICIONADA A SUA COMPENSAÇÃO.

Pagador: UNIVERSIDADE F E SANTO CNPJ 32479123000143
AV FERNANDO FERRARI S/N 29075-073 GOIABEIRAS / VITORIA - ES

Figura 52: Conta de Energia da UFES (Página 1)

escelsa

Central de Atendimento Poder Público e Grandes Clientes - Telefone: 0800 721 5071
Horário Comercial: de segunda a sexta-feira - das 08h00 às 17h00
e-mail: altatensao@edpbr.com.br
Atendimento emergencial 24 horas - **0800 721 0707**
Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL: Tel. **167**
(Ligação gratuita de telefones fixos e móveis)

MISTO
Papel produzido a partir de fontes responsáveis
FSC® C105525

Dados do Contrato

Número	Tipo	Modalidade	Demanda Ponta	Demanda Fora Ponta
0495000305	Cativo	V3A-E/E V3A Horo-sazonal Verde 30-44KV		3.650,000

Tensão Nominal	Tensão Contratada	Perdas de Transformação	Período de Faturamento	Horário de Ponta
	34.500 V		24/11/2015 A 23/12/2015	19:00:00 A 22:00:

Atenção

Detalhes de Faturamento

Descrição	Quantidade Faturada	X	Preço Unitário (TUSD + TE)	Total (R$)
Consumo Ativo Ponta	101.202,5000 KWH	0,89837000	0,37312000	128.677,97
Consumo Ativo Fora Ponta	1.077.451,2000 KWH	0,08471000	0,23314000	342.467,86
Adicional Bandeira Vermelha				53.039,41
Demanda	4.625,6000 KW	11,39000000	0,00000000	52.685,58
Ultrapassagem	975,6000 KW	22,78000000	0,00000000	22.224,17
ERE-Energia Reativa Excedente	21.303,8000 KWH	0,00000000	0,24481000	5.215,38

Dados de Leitura

Descrição	Medidor	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante Multiplicação	Quantidade Apurada
Energia Ativa Ponta	32180311	4.438.985	4.583.560	0,70000	101.202,5000 KWH
Energia Ativa Fora Ponta	32180311	38.755.776	40.294.992	0,70000	1.077.451,2000 KWH
Demanda Máxima Ponta	32180311	0	916	2,80000	2.564,8000 KW
Demanda Máxima FPonta	32180311	0	1.652	2,80000	4.625,6000 KW
Energia Reativa Ponta	32180311	2.106.301	2.179.514	0,70000	51.249,1000 KVH
Energia Reativa FPonta	32180311	19.543.402	20.264.582	0,70000	504.826,0000 KVH
DMCR Ponta	32180311	0	3.557	0,70000	2.489,9000 KW
DMCR Fora Ponta	32180311	0	6.415	0,70000	4.490,5000 KW
ERE Ponta	32180311	104.960	109.665	0,70000	3.293,5000 KWH
ERE Fora Ponta	32180311	1.143.379	1.169.108	0,70000	18.010,3000 KWH
Demanda Contratada		0	0	0,00000	3.650,0000 KW

Informações sobre Condições Gerais de Fornecimento, Tarifas, Produtos, Serviços Prestados e Impostos, encontram-se à disposição para consulta em nossas Lojas Com
e no site da EDP Escelsa: www.edpescelsa.com.br

Figura 53: Conta de Energia da UFES (Página 2)

O valor do PIS / PASEP e COFINS pode ser apurado aplicando o seguinte cálculo:

Base de cálculo do ICMS **X** **Alíquota Total PIS / COFINS do mês de faturamento / 100**
(fornecida na conta) (vide tabela acima)

Obs: Desconsiderar este cálculo caso haja liminar referente a alíquota de ICMS nas contas de energia elétrica.

Onde:
Consumo = Valores em Reais
PIS / PASEP e COFINS = Valores em Reais
X = Alíquota referente à classe do cliente/100

Figura 54: Cálculo de impostos sobre energia elétrica
(EDP ESCELSA,2016)