



isec
Engenharia

DEFINITIVO

MESTRADO EM ENGENHARIA
MECÂNICA

**Refrigeração industrial no setor das
conservas alimentares: relatório de
estágio na empresa Cofisa**

Autor

André Filipe Carreira Duque

Orientador

João Manuel Nogueira Malça de Matos Ferreira

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, fevereiro 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Refrigeração industrial no setor das conservas alimentares: relatório de estágio na empresa Cofisa

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos

Autor

André Filipe Carreira Duque

Orientador

João Manuel Nogueira Malça de Matos Ferreira

Supervisor na empresa Cofisa, S.A.

Hugo Miguel Vaz Barbosa

AGRADECIMENTOS

Um sincero agradecimento ao Professor Doutor João Manuel Nogueira Malça de Matos Ferreira por todo o apoio.

À empresa Cofisa e a todos os colaboradores que desde o primeiro dia me fizeram sentir em casa e como um elemento da casa. Ao Sr. Fernando e ao Sr. António, os mecânicos da empresa, que me fizeram entender melhor o funcionamento de uma instalação frigorífica e o funcionamento de todos os elementos que fazem parte de uma.

Ao Engenheiro Hugo Barbosa que me colocou à disposição todos os recursos possíveis e por todo o conhecimento transmitido.

À empresa FR frio, ao Engenheiro Matos e ao Sr. Francisco por toda a ajuda.

Aos meus pais e à minha irmã por me terem dado forças para nunca desistir e, principalmente não desistir de mim em momentos mais complicados que passei durante este último ano.

Aos meus amigos e colegas de curso Daniel Loureiro e Luís Simões, por toda a ajuda e companheirismo e por tornarem o meu percurso académico inesquecível.

RESUMO

Os sistemas de refrigeração são muito importantes para os processos de conservação, por forma a manter a qualidade dos alimentos e diminuir ao máximo o nível de bactérias e fungos que aparecem de forma natural nos mesmos. Neste caso concreto, o estudo desenvolvido foca-se nos sistemas de refrigeração aplicados à conservação de alimentos, particularmente de pescado.

O presente relatório resulta do estágio curricular desenvolvido no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos, lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). Durante o período de estágio (de 8 meses) foram aplicados vários conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, colocando-os em prática no contexto empresarial. Neste caso, a empresa selecionada para o desenvolvimento do trabalho foi a Cofisa S.A., uma indústria conserveira, localizada na Figueira da Foz.

Neste trabalho serão destacados alguns aspetos tais como a evolução histórica e tecnológica dos sistemas de refrigeração, os processos de instalação e manutenção destes sistemas, os seus componentes e respetivos fluidos frigorigéneos.

Durante o estágio surgiu a oportunidade de desenvolver algumas tarefas, tais como: ajudar na manutenção de equipamentos, substituição de óleos, filtros, motores, a aquisição de componentes mais modernos e de maior eficiência, a realização de testes de controlo das águas, aos produtos perecíveis recém chegados, aos produtos armazenados, entre outros parâmetros que são exigidos na indústria alimentar de forma a assegurar o máximo de qualidade e segurança para os consumidores e operários fabris e o acompanhamento de auditorias e inspeções de entidades externas.

A metodologia seguida no trabalho baseia-se no desenvolvimento cronológico dos trabalhos executados ao longo de todo o estágio, realçando os objetivos específicos, dificuldades e resultados relevantes, enquadrando-os sempre que possível com as melhores práticas de referência aplicável. Adicionalmente, foi desenvolvido o projeto de uma câmara frigorífica com fluido R449A, em alternativa ao cenário existente de arrendamento de um espaço a uma empresa externa.

Palavras-Chave: sistemas de refrigeração; congelação; alimentos perecíveis; pescado.

ABSTRACT

Refrigeration systems are very important for conservation processes, in order to maintain the quality of food and reduce as much as possible the level of bacteria and fungi that appear naturally in them. In this specific case, the study developed focuses on refrigeration systems for preserving food, particularly fish.

This report results from the curricular internship developed under the Master's Degree in Mechanical Engineering – Specialization in Design, Installation and Maintenance of Thermal Systems, taught at the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). During the internship period (8 months) various knowledge acquired along the academic path were applied, putting them into practice in the business context. In this case, the company selected for the development of the work was Cofisa S.A., a canning industry, located in Figueira da Foz.

In this work, some aspects will be highlighted, such as the historical and technological evolution of refrigeration systems, the installation and maintenance processes of these systems, their components and the refrigerant fluids.

During the internship, the opportunity arose to develop some tasks, such as: helping with equipment maintenance, replacing oils, filters, engines, acquiring more modern and more efficient components, carrying out water and product control tests. newly arrived perishables, stored products, among other parameters that are required in the food industry in order to ensure maximum quality and safety for consumers and factory workers and monitoring audits and inspections by external entities.

The methodology followed in the work is based on the chronological development of the work performed throughout the internship, highlighting the specific objectives, difficulties and relevant results, framing them whenever possible with the best applicable reference practices. Additionally, the project was developed for a refrigeration chamber with R449A fluid, as an alternative to the existing scenario of renting a space to an external company.

Palavras-Chave: refrigeration systems; freezing; perishable food; fish.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xi
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objetivos e Metodologia do Estágio	2
1.3 A Empresa Cofisa, S.A	3
1.4 Estrutura do Relatório	5
2. SISTEMAS USADOS EM FRIO INDUSTRIAL COM RELEVÂNCIA PARA O ESTÁGIO	7
2.1 O Frio Industrial: história e evolução da produção de frio	7
2.2 Fluidos Frigorígenos.....	8
2.3 Instalação de refrigeração e os seus principais componentes	12
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO.....	25
3.1 Descrição e avaliação das condições dos espaços técnicos da empresa	25
3.2 Acompanhamento a Auditorias de Segurança e Saúde no Trabalho.....	38
3.3 Manutenção de um compressor.....	39
3.4 Testes no tanque da salmoura e reposição do nível de sal	44
3.5 Arrumação de espaço exterior, gestão e reciclagem de resíduos	45
3.6 Reposição de amoníaco no circuito de refrigeração	46
3.7 Acompanhamento da entrada em serviço de uma câmara de refrigeração	50
3.8 Substituição de eletrocutor de insetos na unidade fabril	57
3.9 Análise com câmara termográfica.....	58
4. PROJETO DE CONVERSÃO DE UMA SALA DE TRABALHO EM CÂMARA FRIGORÍFICA	61

4.1 Cálculo da massa de produto.....	61
4.2 Cálculo das cargas térmicas	63
4.3 Dimensionamento de uma câmara frigorífica com fluido R449A	73
Orçamento e Cashback do investimento	78
5. CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS.....	81
ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Vista exterior da Cofisa 1 (Cofisa 1)	3
Figura 2 - Vista exterior da Cofisa 2 (Cofisa 2)	3
Figura 3 - Alguns dos produtos comercializados pela Cofisa	4
Figura 4 - Certificações obtidas pela empresa Cofisa	5
Figura 5 - Tipos de fluidos frigorigéneos	10
Figura 6 - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor (Danfoss, 2006)	14
Figura 7 – Exemplo de um compressor alternativo (Cofisa 2)	16
Figura 8 – Exemplo de um compressor de parafuso (Cofisa 2)	17
Figura 9 - Esquema de sistema inundado (Ribeiro,2013)	19
Figura 10 - Condensador evaporativo (Cofisa 2)	20
Figura 11 - Separador de líquido (Cofisa 2)	21
Figura 12 - Separador de óleo (Cofisa 2)	22
Figura 13 - Permutador de placas a glicol (Cofisa 2)	23
Figura 14 - Reservatório de líquido (Cofisa 2)	23
Figura 15 - Esquema de funcionamento do tanque de salmoura (software SeabraVis V4.3)	24
Figura 16 - Termohigrómetro (Cofisa2)	35
Figura 17 - Sala de trabalhos e evidências de condensação no teto (Cofisa 2)	37
Figura 18 – Equipamento de medição de ruído (sonómetro) (Cofisa 2)	38
Figura 19 - Orçamento nº1 para manutenção do compressor (1/2)	40
Figura 20 - Orçamento nº1 para manutenção do compressor (2/2)	41
Figura 21 - Orçamento nº2 para manutenção do compressor (1/2)	42
Figura 22 - Orçamento nº2 para manutenção do compressor (2/2)	43
Figura 23 - Densímetro de Baumé (Cofisa2)	44
Figura 24 - Sal para aplicar no tanque de salmoura (Cofisa2)	44
Figura 25 – Vista exterior antes do encaminhamento dos resíduos (Cofisa2)	45
Figura 26 - Vista exterior após encaminhamento dos resíduos (Cofisa2)	45
Figura 28 – Paletes danificadas no exterior da fábrica (Cofisa2)	46
Figura 27 - Gestão de resíduos metálicos (Cofisa2)	46
Figura 29 - Eletrocutor de insetos (Cofisa 2)	57
Figura 30 - Resultados da análise termográfica às portas das câmaras (Cofisa 2)	58
Figura 31 - Exemplo de uma imagem termográfica de um quadro elétrico	59
Figura 32 – Distribuição das perdas calculadas para a câmara frigorífica	71
Figura 33 – Software de seleção BITZER	73
Figura 34 - Catálogo da Centauro para escolha de evaporadores (1)	75
Figura 35 - Fator de correção com base nas temperaturas	76
Figura 36 - Fatores de correção em função do fluido refrigerante e material das alhetas	76
Figura 37 - Catálogo da Centauro para escolha de evaporadores (2)	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores que influenciam a escolha de um elemento refrigerante.....	9
Tabela 2 - Características construtivas e isolamentos das câmaras de produtos acabados congelados	26
Tabela 3 - Características construtivas e isolamentos dos túneis de secagem	26
Tabela 4.- Características construtivas e isolamentos das câmaras de conservação	26
Tabela 5 - Características construtivas e isolamentos do silo de armazenagem de gelo em escamas	27
Tabela 6 - Características construtivas e isolamentos das zonas de laboração, receção, expedição e gabinetes de controlo.....	27
Tabela 7 - Características construtivas e isolamentos da sala de máquinas, oficina e sala de arrumos	28
Tabela 8 - Registos de temperatura e humidade (18.02.2021)	35
Tabela 9 – Registos de temperatura e humidade (25.02.2021).....	36
Tabela 10 - Procedimento de carga da instalação (adaptado do manual de procedimentos da empresa H.Seabra)	47
Tabela 11 - Procedimento de arranque da instalação (adaptado do manual de procedimentos da empresa H.Seabra).....	49
Tabela 12 - Elementos a verificar na fase de arranque da câmara	53
Tabela 13 - O que fazer em caso de ingestão e contacto direto com amoníaco	55
Tabela 14 - Perdas por isolamento	64
Tabela 15 - Perdas por arrefecimento.....	67
Tabela 16 - Perdas por renovação do ar.....	68
Tabela 17 - Perdas por entradas de pessoas	69
Tabela 18 - Balanço final	71
Tabela 19 - Referência dos equipamentos e respetivos custos	78
Tabela 20 - Valores do arrendamento do espaço a terceiros	78

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

ASAE	Autoridade de Segurança Alimentar e Económica
CFCs	Clorofluorocarbonetos
GWP	Global Warming Potential
HCs	Hidrocarbonetos
HFCs	Hidrofluorocarbonetos
HCFCs	Hidroclorofluorocarbonetos
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
ODP	Ozone Depletion Potential
PUR	Poliuretano

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e Motivação

Grande parte dos alimentos perecíveis não pode ser armazenada sem que ocorra uma perda considerável da sua qualidade. Esta perda de qualidade deve-se a processos físicos, químicos, bioquímicos e microbiológicos. De acordo com Ramos (2017) a aplicação de frio desempenha um papel fundamental no controlo destes processos (bactérias, fungos...) pois são inibidos e/ou retardados através desta diminuição da temperatura, esta de forma controlada de forma a não provocar danos nos alimentos e fazendo assim com que se prolongue a sua vida útil.

Os processos que envolvem baixas temperaturas são dos mais importantes devido à sua larga escala de utilização a nível mundial. O uso do frio para a preservação pode ser dividido em dois tipos: refrigeração e congelação. No que diz respeito à refrigeração, é o processo de arrefecer um determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, como para processar e conservar produtos. A congelação é o processo de conservar um produto abaixo da sua temperatura de congelação, de modo a preservar a sua integridade e qualidade, evitando alterações físico-químicas indesejáveis.

A sustentabilidade e a segurança alimentar são temas alvo de pesquisas e de estudos científicos devido à crescente procura de alimentos. Com as exigências dos dias que correm, tornou-se fundamental encontrar soluções que visem a sustentabilidade do planeta e produtos alimentares de qualidade, existindo uma grande pressão sobre a cadeia de produção e conservação alimentar.

Ao nível industrial, estes processos de conservação alimentar são alvo de muitos estudos, com vista à melhoria dos equipamentos existentes e na tentativa de melhorar a sua eficiência energética, reduzindo os custos da empresa e beneficiando o ambiente.

No panorama energético, devido há grande quantidade de sistemas de refrigeração, que não para de aumentar, a refrigeração tem uma forte influência no consumo de energia.

A Engenharia Mecânica é muito importante para a solução de problemas e apresentação de novas soluções para estes equipamentos de refrigeração e conservação alimentar, não só do ponto de vista do bom funcionamento da instalação, mas também na escolha correta dos equipamentos e análise das condições de funcionamento de forma a promover uma maior eficiência energética.

1.2 Objetivos e Metodologia do Estágio

Este relatório de estágio foi desenvolvido no âmbito de Mestrado em Engenharia Mecânica, área de especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra em colaboração com a empresa Cofisa, S.A. e tem como principal objetivo descrever o trabalho desenvolvido durante o período de estágio.

Como objetivos específicos para o presente trabalho é possível identificar:

- Contextualização histórica da produção de frio, em contexto industrial;
- Caracterização da empresa onde foi desenvolvido o estágio;
- Descrição das tarefas desenvolvidas durante o período de formação em contexto de trabalho.

Os trabalhos desenvolvidos consistiram, numa primeira fase, na recolha e análise de documentos sobre os temas envolvidos no estágio, com a condução de uma revisão de literatura sobre os principais conceitos, processos e sistemas envolvidos na refrigeração industrial.

Numa segunda fase, após a seleção da empresa onde iria ser desenvolvido o estágio, neste caso a Cofisa 2, foi feito o planeamento das tarefas a realizar. Foi desenvolvido durante 8 meses trabalho de campo, com observação e participação direta em várias tarefas relacionadas com os temas estudados.

Durante o período de estágio, foi realizada uma pequena auditoria, recolhendo o máximo de informação possível sobre os processos implementados e sobre os equipamentos instalados, estudando as alternativas mais rentáveis e tecnologicamente avançadas para a indústria alimentar. A gestão de resíduos e a higienização das áreas de trabalho são também áreas relevantes neste projeto e a escolha de fluidos da nova geração para uma possível futura câmara, fazem com que a Cofisa se destaque nas áreas de investimento, inovação e segurança alimentar.

Posteriormente, a informação recolhida durante as visitas foi estruturada e tratada, de modo a conseguir encontrar correlações entre as boas práticas realizadas e as poupanças energéticas, nas instalações fabris.

1.3 A Empresa Cofisa, S.A

A empresa selecionada para o desenvolvimento do estágio curricular foi a Cofisa - Conservas de Peixe da Figueira da Foz, SA., uma indústria conserveira, que produz conservas de peixe.

Neste momento conta com duas unidades fabris no concelho da Figueira da Foz. A unidade principal é onde ocorre a transformação e embalagem do produto acabado, na Cofisa 1, localizada no porto de pescas (Figura 1). O estágio foi desenvolvido maioritariamente na unidade secundária, a central de armazenamento e conservação, a Cofisa 2, localizada na zona industrial (Figura 2).



Figura 1 – Vista exterior da Cofisa 1 (Cofisa 1)



Figura 2 - Vista exterior da Cofisa 2 (Cofisa 2)

A Cofisa foi adquirida em 2004, pelo Grupo Freitasmar que opera desde 1994 no setor conserveiro. A principal função é a produção e comercialização de conservas de peixe, nomeadamente atum, sardinha, cavala, petingas, lulas, polvo, berbigão, conservadas em azeite, óleo vegetal ou molho picante. Mais recentemente foram criados novos produtos, conservas com condimentos como o cebolinho, orégãos e gengibre, como forma de diversificar a oferta ao consumidor final. Na Figura 3 é possível observar alguns dos principais produtos que a empresa comercializa.

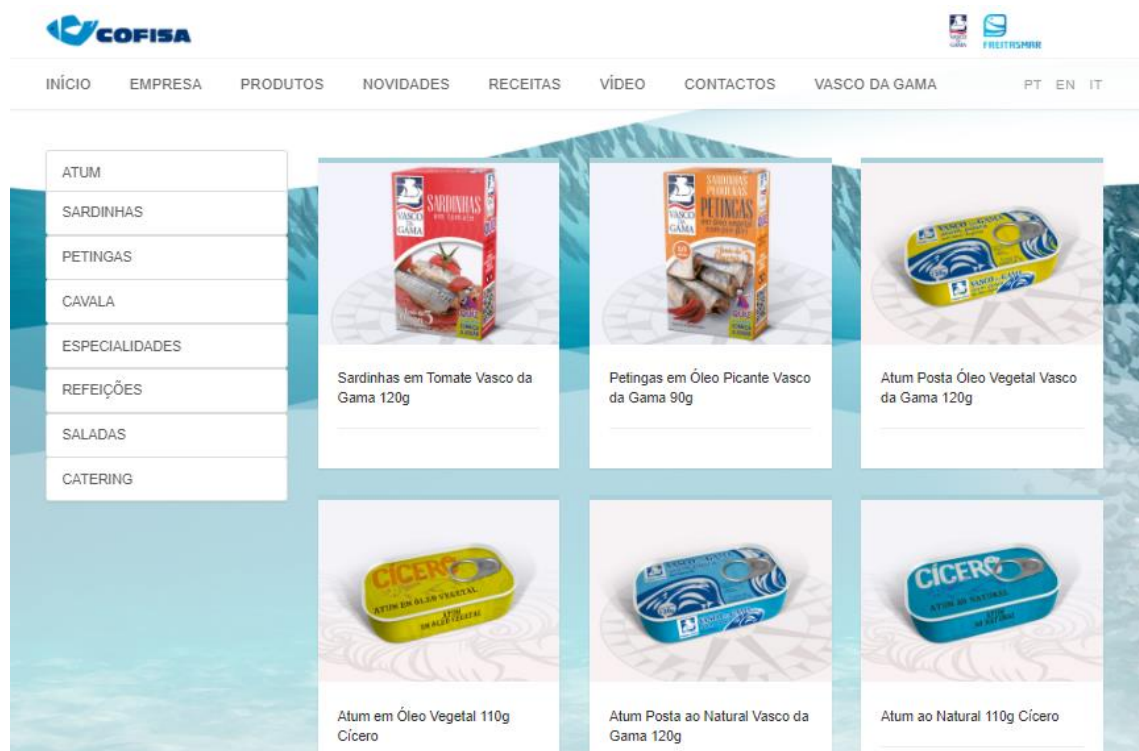


Figura 3 - Alguns dos produtos comercializados pela Cofisa

Fonte: Cofisa (2021)

De acordo com a informação disponível no website da empresa, atualmente a Cofisa comercializa os seus produtos nos cinco continentes:

- Na Europa trabalha com: Portugal, Espanha, França, Itália, Polónia, Holanda, Chipre, Alemanha e Bélgica;
- Na América: Porto Rico e Canadá;
- Na Ásia: Macau (China) e Israel;
- Em África: Líbia e Argélia;
- Na Oceânia: Austrália

A Cofisa assume-se como uma empresa nacional de referência, com uma forte componente exportadora, devendo destacar-se que é a única conserveira nacional a vender em Espanha, um mercado altamente competitivo. Esta posição de referência deve-se à qualidade dos seus produtos e ao reconhecimento por parte dos consumidores, mas também devido ao facto de obter as principais certificações do setor (Figura 4) tais como a IFS Certification (International Food Standard), a BRC (British Retail Consortium) e a Certification of MSC (Marine Stewardship Council).



Figura 4 - Certificações obtidas pela empresa Cofisa

Fonte: Cofisa (2021)

A certificação IFS está associada à segurança alimentar e é usada “na auditoria de fornecedores de produtos de marcas grossistas e retalhistas, tais como empresas de processamento de alimentos ou empresas que embalam produtos alimentares a granel.” (SGS, 2021).

A certificação BRC Food “pressupõe a adoção e implementação da metodologia HACCP, a existência de um sistema de gestão da qualidade documentado e eficaz, e o controlo das condições ambientais das instalações e do produto, processo e pessoas” (APCER, 2021).

Já a certificação MSC (Marine Stewardship Council) diz respeito à origem do pescado, sendo a etiqueta azul do MSC uma garantia de que o peixe foi pescado de forma sustentável (MSC, 2021).

Nos últimos anos, a empresa tem feito uma grande aposta na área tecnológica e da robótica, com recurso a apoios financeiros provenientes do projeto MAR2020. A modernização das instalações fabris tem como objetivo o reforço da competitividade. A Cofisa foi alvo de um projeto de modernização, “que representa um investimento total de 4,8 milhões de euros, foi participado pelo Mar2020 em 1,8 milhões de euros e com 600 mil euros de outros apoios públicos e destinou-se à robotização da área de armazém de produto acabado, uma solução tecnológica que virá aportar mais eficácia na etapa final do processo produtivo e preparação para expedição das suas conservas para os mercados nacional e internacional.” (MAR2020, 2019)

1.4 Estrutura do Relatório

O presente relatório encontra-se dividido em cinco capítulos. O primeiro, Introdução, consta de um breve enquadramento do tema, sendo referidos os principais objetivos do estudo, as metodologias utilizadas e, por último, a estrutura do relatório.

O segundo capítulo consiste num enquadramento teórico do tema desenvolvido neste relatório e é dedicado aos sistemas usados em frio industrial, onde é feita a ligação com o trabalho desenvolvido na empresa que acolheu o estágio.

Depois de uma parte mais teórica, o capítulo 3 é dedicado às atividades realizadas durante o período de estágio, na empresa Cofisa. Depois de uma descrição inicial das características dos espaços de trabalho, são apresentadas as várias tarefas desenvolvidas na empresa, desde o acompanhamento de auditorias, à limpeza e organização do espaço, ao acompanhamento da manutenção de equipamentos, entre outras atividades.

Já no capítulo 4 consta um projeto desenvolvido no âmbito do estágio, com uma proposta de conversão de uma sala de trabalho numa câmara frigorífica.

O último capítulo é dedicado à conclusão, e aí constam algumas considerações finais, assim como sugestões para trabalhos futuros.

2. SISTEMAS USADOS EM FRIO INDUSTRIAL COM RELEVÂNCIA PARA O ESTÁGIO

2.1 O Frio Industrial: história e evolução da produção de frio

No ano de 1626 foi utilizada a refrigeração pela primeira vez com o intuito de conservar alimentos de forma científica. Terá sido durante uma das suas viagens pelo norte de Londres, que o escritor, cientista, filósofo, advogado e político Francis Bacon, que seguia numa carruagem se virou para o seu amigo, Dr. Witherbone (médico da corte real) e discutiram formas de conservação e preservação de alimentos. Era um dia de inverno, as paisagens estavam cobertas de neve e foi então que Bacon sugeriu que o gelo pudesse ser usado como forma de preservação dos alimentos. Mandou parar a carruagem em Pond Square e procurou uma quinta próxima onde comprou um frango. Depois de morto e depenado, enterrou-o na neve, originando o primeiro frango congelado. Infelizmente, Bacon não sobreviveu para ver os resultados da sua experiência de refrigeração, pois devido à sua exposição ao frio fez com que este falecesse no dia 9 de abril de 1626, devido a uma pneumonia. Esta história é uma das muitas que marcam a vida do cientista inglês e que vêm referidas na obra de Zagorin (1998), dedicada a Francis Bacon.

Em 1683, com a descoberta do microscópio foi possível conhecer com detalhe o mecanismo de deterioração dos alimentos. O microscópio foi também importante para estudar as bactérias, fungos e enzimas. Os cientistas descobriram que estes organismos microscópicos que estão presentes nos alimentos, se multiplicam rapidamente em temperaturas mais elevadas e que estas levavam à deterioração dos alimentos. Por outro lado, verificou-se que as temperaturas mais baixas, ainda que não matassem estes microrganismos, mas possibilitavam o controlo do seu crescimento.

Após estas descobertas, o comércio de gelo natural tornou-se uma atividade rentável, que empregava várias pessoas. Desta forma os alimentos podiam ser mantidos no seu estado natural através da utilização de frio em alternativa à defumação ou à salga. O uso da refrigeração para este fim estendeu-se ao mundo todo, sendo transportado em navios dotados de isolamento com serradura de madeira, o que permitia que este gelo fosse distribuído para longas distâncias.

As dificuldades na obtenção de gelo natural, e o inconveniente do seu derretimento, inspiraram o trabalho de diversos cientistas, que procuraram uma alternativa ao gelo natural. O principal objetivo era a produção de gelo artificial.

Foi em 1755 que o professor universitário William Cullen, enquanto trabalhava com éter, um fluido bastante volátil, que evapora mais facilmente do que a água, ao baixar a pressão do éter de forma a facilitar a evaporação e acelerar o processo de extração de calor de uma pequena quantidade de água, conseguiu produzir pela primeira vez

gelo artificial. O desenvolvimento do equipamento de refrigeração de Cullen, baseado nas leis da termodinâmica, levou ao conhecimento do ciclo fechado e ao processo de compressão de vapor, que é o sistema mais utilizado atualmente na área da refrigeração.

De acordo com Monteiro (2015) estas descobertas foram um ponto de viragem na história do frio, na medida que a refrigeração funciona a partir do princípio da compressibilidade de um fluído, que consiste numa rápida evaporação e na sequente perda de energia que a mesma origina. Conclui-se que quando um líquido se evapora rapidamente, o recipiente que o detém sofre um inevitável arrefecimento, pois o vapor leva consigo grande parte da energia (absorção).

2.2 Fluidos Frigoríficos

A estrutura e a eficiência de um equipamento de refrigeração dependem das propriedades do fluido frigorífico operante e, consequentemente, também dos custos operacionais e os da sua aquisição. O fluido frigorífico deve satisfazer diversos requisitos, alguns dos quais não se relacionam diretamente com a sua capacidade de transferência de calor, mas sim com outros fatores tais como custo, estabilidade química sob condições de utilização, eficiência, compatibilidade com o lubrificante do compressor e outros materiais que constituem o equipamento, segurança, entre outros.

Até ao início da década de 70 não se conhecia o efeito que a atividade humana exercia na depleção da camada de ozono. Porém, tal como evidenciado pelas descobertas realizadas por Molina e Rowland (1974), os fluidos frigoríficos à base de cloro provaram ser suficientemente estáveis para alcançar a estratosfera e agirem como catalisadores na destruição da camada do ozono (Molina et al., 1974). Deste modo, com o intuito de proteger a camada de ozono, foi assinado um tratado internacional, o Protocolo de Montreal, por forma a erradicar gradualmente o consumo e produção de substâncias que provoquem a depleção da camada do ozono utilizadas nas mais diversas aplicações, nomeadamente os Clorofluorcarbonetos (CFCs). Tendo entrado em vigor a 1 de janeiro de 1989, o Protocolo de Montreal acabaria por se revelar um dos exemplos de maior sucesso do compromisso global na preservação do ambiente.

Os fluidos frigoríficos podem ser divididos em:

Fluido primário: é um fluido de trabalho utilizado em um ciclo térmico em sistemas de refrigeração e climatização que passam por uma mudança de fase, evaporando e condensando, alternadamente, conforme absorve ou cede calor. Alguns destes fluidos: NH₃, R404A, R134a, R290, R22, R448A, R449A, ...

Fluido secundário: este fluido permite a troca de calor com o fluido primário e o meio a arrefecer, são utilizados em circuitos de grandes dimensões, é inicialmente arrefecido no evaporador (devido à troca de calor com o fluido primário) e

posteriormente vai absorver calor do meio que se pretende arrefecer, otimizando o custo e a segurança do sistema, são líquidos não perigosos que reduzem significativamente a quantidade de fluido primário a circular e a probabilidade de vazamentos acidentais. Exemplos deste fluido são: água glicolada, salmoura, etc.

Segundo Rhiemeier, Harnisch, & Ters (2009), as características a ter em consideração na hora da escolha de um fluido frigorígeno para um sistema de refrigeração são as que se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Fatores que influenciam a escolha de um elemento refrigerante

Fatores que influenciam a escolha de um elemento refrigerante
• Potencial de destruição da camada de ozono (<i>Ozone Depletion Potential</i>) nulo; • Potencial de aquecimento global (<i>Global Warming Potential</i>) reduzido; • Alta eficiência energética, incluindo elevada capacidade de transferência de calor, • Reduzida viscosidade e elevada eficiência durante a compressão; • Estabilidade química, a fim de impedir a deterioração durante a alta compressão; • Não ter pressão de condensação muito alta, nem uma pressão de evaporação muito baixa, para as temperaturas de funcionamento pretendidas; • Não inflamável, não tóxico e não corrosivo; • Custo de aquisição reduzido; • Compatibilidade com os materiais do sistema de refrigeração; • Elevado calor de evaporação em relação ao volume específico de sucção do compressor • Evaporação a pressões acima da atmosférica; • Ponto de congelação inferior à temperatura de evaporação; • Fácil deteção de fugas.

(Rhiemeier, Harnisch, & Ters ,2009)

Os fluídos refrigerantes podem ser classificados em diversas categorias, como é possível ver na Figura 5.

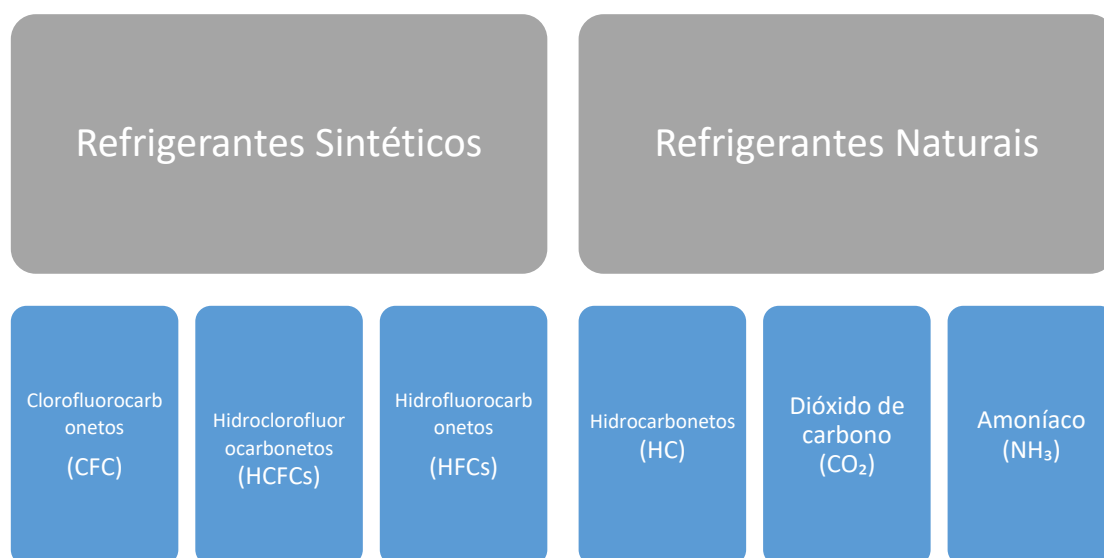


Figura 5 - Tipos de fluidos frigoríficos

Os **refrigerantes sintéticos** são obtidos através de substâncias químicas. Existem diferentes tipos de refrigerante nesta categoria, tais como os CFC, HCFC e HFC.

O ano de 1928 ficou marcado como um ano bastante importante na história da refrigeração. Nesta data o engenheiro americano Thomas Midgley desenvolveu os clorofluorcarbonetos (CFC) que vieram substituir os gases frigoríficos tóxicos que até aí tinham sido utilizados, como o dióxido de enxofre (SO_2) e o cloreto de metilo (CH_3Cl).

Os **clorofluorcarbonetos (CFC)** consistem na combinação de derivados voláteis do metano e do etano com elementos halogenados como o cloro e o flúor. São derivados dos hidrocarbonetos saturados, obtidos mediante a substituição de átomos de hidrogénio por átomos de cloro e flúor. Possuem elevados níveis de ODP (Ozone Depletion Potential) e de GWP (Global Warming Potential). Eram utilizados no ar condicionado automóvel, refrigeração doméstica, refrigeração comercial, entre outros usos.

Em 1973, os químicos americanos Fran Rowland e Mário Molina perceberam o efeito desastroso que os CFC exerciam sobre a camada de ozono, o que resultou, através do Protocolo de Montreal, na extinção da sua produção por parte dos grandes países. Exemplos destes fluidos CFC são: R11, R12, R502.

Os **hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs)** são compostos químicos que possuem os elementos hidrogénio, cloro, flúor e carbono na sua composição. Estes compostos surgiram como alternativa aos CFC's. Os HCFCs revelaram-se importantes na substituição dos CFC's, que dominavam o mercado e também na redução de cloro existente na atmosfera, que era responsável pela destruição da camada de ozono apesar de estes também terem algum impacto neste fenómeno. Exemplos de HCFC são: R-22, R-141b.

Os **hidrofluorcarbonetos (HFCs)** são moléculas compostas por carbono, flúor e hidrogénio. Como não possuem cloro na sua constituição, não contribuem para a destruição da camada de ozono. São utilizados em diversos setores e aplicações como fluidos frigorigéneos para equipamentos de ar condicionado, equipamentos de refrigeração ou bombas de calor. São ainda utilizados como agentes de expansão no fabrico de espumas, como agentes extintores de incêndio, gases propulsores de aerossóis e solventes. Têm sido amplamente utilizados como substitutos dos dois fluidos abordados anteriormente.

No entanto a maioria dos HFCs possuem um elevado potencial de aquecimento global, pelo que representam uma ameaça para o meio ambiente e as medidas legislativas são cada vez mais exigentes. Desde 2020 que a legislação obriga a que estes fluidos sejam substituídos por fluidos da nova geração, que não causem tanto impacto no meio ambiente. O exemplo mais comum de um HFC é o R134a.

Podemos ainda falar de misturas, quando existe a mistura de dois ou mais fluidos frigorigéneos. Neste caso há a oportunidade de ajustar as propriedades do fluido de acordo com aquilo que for desejável para uma determinada aplicação, estas misturas são classificadas de acordo com os componentes fluorados que contêm.

Quanto aos **refrigerantes naturais**, têm uma boa compatibilidade com os materiais elastómeros frequentemente encontrados em sistemas de refrigeração. Os refrigerantes naturais têm sido encarados como possíveis alternativas a diversos CFCs, HCFCs e HFCs.

Os hidrocarbonetos, o amoníaco, o dióxido de carbono, a água e o ar, fazem parte deste grupo de refrigerantes naturais, todos eles existem em ciclos materiais da natureza, sem interferência humana. Devido às evoluções e inovações tecnológicas os refrigerantes naturais são uma solução segura e económica para aplicações específicas.

Os **hidrocarbonetos (HC)** são gases naturais compostos unicamente por hidrogénio e carbono e têm sido apresentados como novas alternativas para a refrigeração. Apresentam características vantajosas em termos ambientais pois não têm impacto na camada de ozono e um impacto reduzido em termos de aquecimento global (GWP). No entanto são altamente inflamáveis, o que exige cuidados especiais o que leva a certos cuidados durante a sua utilização. Este tipo de fluidos é utilizado em pequenos sistemas com baixa carga de fluido frigorigéneo.

O **dióxido de carbono R744**, é um componente atmosférico e desempenha um papel essencial à vida. Começou a ser utilizado em sistemas de refrigeração, em meados do século XIX, atingindo o seu pico na década de 20. Com o surgimento dos CFCs e HCFCs a utilização de CO₂ foi perdendo lugar no mercado até ser praticamente extinta no início dos anos 60. Apresenta várias vantagens, tais como: não tóxico, não inflamável, compatível com os lubrificantes normais, fácil disponibilidade, baixo custo, não apresenta problemas em termos ambientais. No entanto tem alguns entraves tais

como: a necessidade de funcionar a elevadas pressões e possuir níveis baixos de eficiência quando usado em sistemas convencionais que não sejam em cascata.

Por último, o **amoníaco** é uma substância 100% natural, constituída por um átomo de azoto (N) e três de hidrogénio (H). Tem um tempo reduzido de vida (menos de 14 dias), não interage com a camada de ozono (ODP=0) e não contribui para o aquecimento global (GWP=0). É largamente utilizado como fluido frigorigéneo em sistemas industriais de larga escala, especialmente para refrigeração de alimentos. Não é utilizado em sistemas de refrigeração domésticos devido à sua incompatibilidade com materiais normalmente utilizados tal como o cobre e por implicar custos superiores.

O amoníaco apresenta algumas desvantagens que condicionam a sua utilização, tais como o facto de ser inflamável e possuir um elevado índice de toxicidade. No entanto, é muitas vezes escolhido para aplicações industriais por causa das suas características tais como o facto de: ser económico, elevada disponibilidade, possuir ótimas propriedades termodinâmicas que permitem obter equipamentos com elevados coeficientes de desempenho, ser praticamente neutro em termos ambientais, apresenta também uma entalpia de vaporização elevada e baixas temperaturas de vaporização, o que permite atingir temperaturas de -60°C.

Nas palavras de Ribeiro (2013), o amoníaco (R717) tem estado na vanguarda dos avanços tecnológicos na área da refrigeração, pelo que, é um fluido frigorigéneo muito utilizado no processamento e preservação de alimentos. É geralmente aceite como um dos fluidos frigorigéneos mais eficientes tanto a nível termodinâmico como a nível económico e, como fluido natural, não provoca efeitos nocivos na camada de ozono nem contribui para o efeito de estufa (Ribeiro, 2013).

Os **fluidos refrigerantes secundários**, tal como a água e a água glicolada são utilizados para a transferência de calor. Estes trocam calor com os fluidos frigorigéneos primários de forma a transferir energia térmica em circuitos de grandes dimensões, otimizando a segurança e os custos, pois tratam-se de líquidos não perigosos, que irão reduzir significativamente a quantidade dos fluidos primários a circular e reduzir a probabilidade de ocorrência de vazamentos acidentais (Tazzetti, 2021).

2.3 Instalação de refrigeração e os seus principais componentes

Neste tópico encontra-se explicado o processo de produção de frio industrial, da instalação de um sistema de refrigeração e os seus principais componentes.

Sabemos por experiência e por conhecimentos previamente adquiridos que o calor flui das zonas de maior temperatura para as zonas de menor temperatura, este é um

processo que ocorre de forma natural sem a necessidade de qualquer equipamento para que o processo aconteça. No entanto o processo inverso não pode ocorrer por si só. A transferência de calor de uma região a baixa temperatura para uma de alta temperatura só é possível através de equipamentos de refrigeração. Estes equipamentos operam de forma cíclica e os fluidos de trabalho são chamados de fluidos frigorígenos.

O ciclo de compressão a vapor é o ciclo mais utilizado em sistemas de refrigeração, é amplamente utilizado em aplicações de grande escala e na Cofisa foi também o sistema adotado para satisfazer as necessidades de frio.

Durante a operação de uma instalação frigorífica existem diferentes fatores a ter em conta tais como a pressão de evaporação e a pressão de condensação e ainda diferentes temperaturas envolvidas no funcionamento da mesma, tais como líquido subarrefecido, líquido saturado, vapor saturado e vapor sobreaquecido. Esta instalação está ainda dividida, num circuito de alta pressão e num circuito de baixa pressão.

Silva (2013) explica que os sistemas de refrigeração com maior relevância para a aplicação industrial são os sistemas por compressão de vapor (Figura 6). O sistema é constituído pelas tubagens e por quatro elementos principais, sendo eles o compressor, o evaporador, o dispositivo de expansão e o condensador, que permitem o funcionamento correto e contínuo da instalação. Existem outros dispositivos normalmente acoplados a este sistema que promovem o aumento da eficiência e a proteção do sistema.

O mesmo autor diz ainda que os sistemas de refrigeração industrial têm como fundamento o princípio dos fluidos frigorígenos operantes possuírem a capacidade de absorverem elevadas quantidades de energia (calor), quando passam do estado líquido para o estado gasoso e libertarem elevadas quantidades de energia durante a mudança de fase do estado gasoso para líquido. Esta característica faz com que estes fluidos sejam responsáveis pelo transporte da energia num ciclo de refrigeração (Silva, 2013).

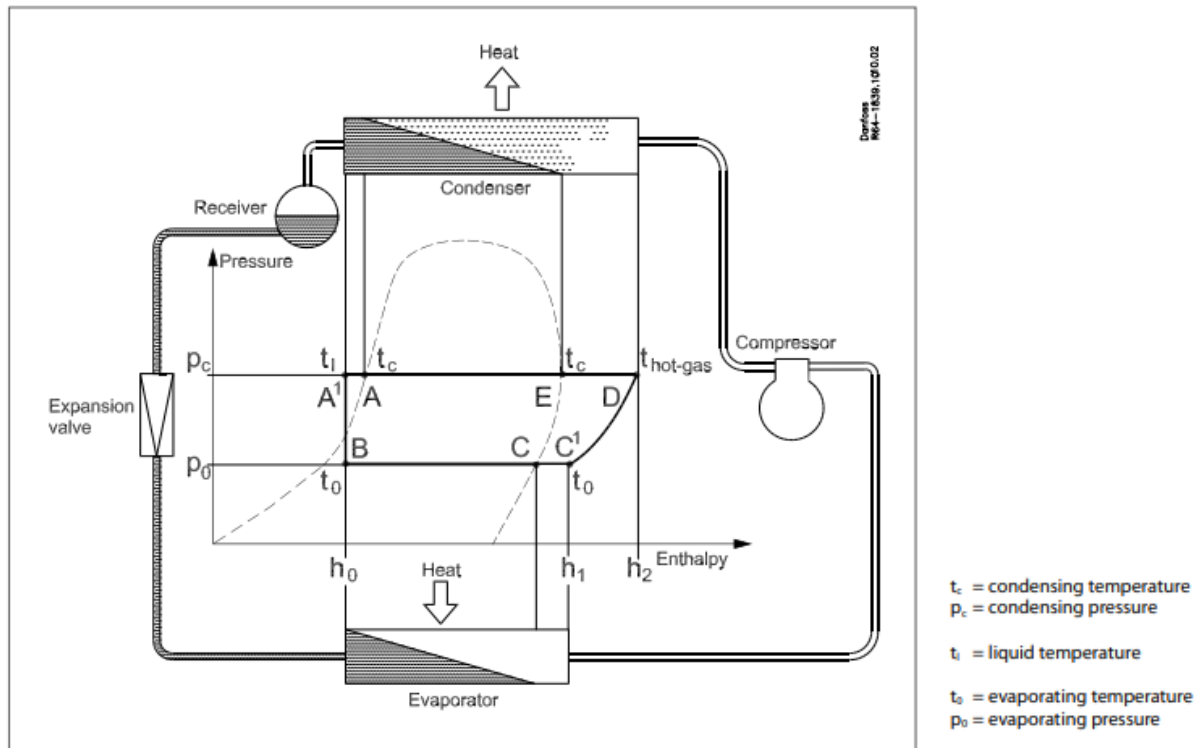


Figura 6 - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor (Danfoss, 2006)

A produção de frio artificial é baseada no princípio físico segundo o qual todo o processo de evaporação é acompanhado de uma absorção de calor, logo, é necessário construir um sistema baseado neste princípio e que funcione continuamente, em circuito fechado, retirando calor de um determinado recinto hermeticamente fechado, como mostra a Figura 6.

No ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor, o fluido frigorigéneo em estado de vapor saturado entra no compressor (ponto 1) e é comprimido até atingir a pressão de condensação (ponto 2).

O fluido refrigerante, em alta pressão é injetado no evaporador (ponto 3) através do elemento expensor (válvula de expansão termostática, eletrónica ou de boia). A pressão baixa o líquido expande-se e evapora (ponto 4), esta evaporação é acompanhada de uma grande absorção de calor, que é transmitida ao gás durante o processo de evaporação e vai ser “aspirado” pelo compressor, neste dá-se a compressão do gás, elevando a sua temperatura e segue para o condensador. O calor extraído do espaço fechado é, por fim, devolvido ao ambiente exterior, ao mesmo tempo que o gás condensa, e todo o processo volta a repetir-se.

De acordo com Çengel & Boles (2004) uma instalação frigorífica normalmente divide-se em três frações: o sistema de geração de frio, onde estão os equipamentos que são responsáveis pelo mesmo, o sistema de distribuição, este faz com que seja possível a sua distribuição e transporte dos fluídos frigorigénos pelas unidades

consumidoras e o sistema de armazenamento (ou de uso final), que correspondem aos espaços refrigerados ou de armazenamento de produto (câmaras frigoríficas).

O sistema de produção de frio só é funcional na presença de todos os equipamentos necessários à produção do mesmo, corretamente ligados entre si, pelo que de seguida vai ser descrita a função e a importância de cada um.

O **compressor** é um dos principais componentes do sistema de refrigeração, sendo mesmo considerado o “coração” de um sistema de refrigeração. A sua função é receber o fluido frigorígeno que chega do evaporador e comprimi-lo de forma a elevar a sua pressão e promover a circulação do mesmo no sistema. De forma a manter uma baixa pressão no evaporador, bem como uma baixa temperatura, é necessária a existência de um dispositivo que extraia o vapor formado durante a evaporação, este dispositivo é o compressor.

Existem diferentes tipos de compressores e os mais utilizados são: alternativos, centrífugos, de parafuso, de palhetas e *scroll*. Neste trabalho vão ser abordados os compressores de parafuso e alternativo, pois são os compressores que são utilizados na empresa onde decorreu o estágio e também são os mais utilizados no panorama geral da refrigeração. A informação apresentada em seguida tem por base os trabalhos de Silva (2013) e Monteiro (2015).

Os **compressores alternativos** (Figura 7) podem ter um ou mais cilindros e operarem em um ou mais andares de compressão. Os apelidados processos multi-estágios são utilizados para minimizar os problemas que advêm da elevada diferença entre as temperaturas de evaporação e condensação e servem também para reduzir a potência de compressão necessária.

Estes compressores comprimem o fluido frigorígeno através dos movimentos alternados de haste e êmbolos que trabalham reciprocamente. Neste compressor a energia fornecida pelo motor é transformada em mecânica, promovendo a compressão do fluido.

O amoníaco apresenta um índice adiabático (γ) de 1,31, que é a razão entre a capacidade térmica a pressão constante, e a capacidade térmica a volume constante, este valor é elevado quando comparado com outros fluidos frigorígenos (R134a e R404A apresentam um índice de 1,12 por exemplo). Neste caso nos sistemas com apenas um andar de compressão e que utilizam amoníaco, vamos obter temperaturas mais elevadas no final da compressão, o que vai limitar a temperatura mínima de evaporação a -30°C , sendo que na regra prática não se deve ir abaixo de -10°C de forma a que a eficiência volumétrica do compressor não seja comprometida. Conclui-se que para temperaturas de evaporação mais baixas deve de ser utilizada a compressão por andares, o que resolve a maioria dos problemas associados. Na presença de taxas de compressão adequadas, o compressor alternativo é o que pode trabalhar em todas as faixas de temperatura, sem restrições.

Para Dossat (2004) estes compressores são dos mais populares na área da refrigeração de pequena e média capacidade, pois existem equipamentos para potências frigoríficas das mais amplas gamas, que podem ser fabricados numa extensão de tamanhos e potências conforme as condições de operação necessárias, em conjunto com a sua elevada durabilidade e eficiência sob grande variedade de condições de operação.

O controlo da capacidade do compressor pode ser efetuado de várias maneiras: paragem e arranque do compressor ou fazendo variar a sua velocidade; desvio do gás na descarga do compressor para a linha de aspiração ou para o evaporador; funcionamento em vazio de um ou mais cilindros, através da abertura contínua da válvula de descarga; e também por estrangulamento do gás de aspiração por meio do uso de uma válvula reguladora de pressão de aspiração.



Figura 7 – Exemplo de um compressor alternativo (Cofisa 2)

O **compressor de parafuso** (Figura 8), também conhecido como compressor helicoidal, começou a ser usado em refrigeração a partir do momento em que se começou a aplicar o princípio da injeção de óleo para absorver o calor.

Este princípio, muito utilizado na década de 60, diz-nos que o óleo era injetado diretamente na câmara de compressão e tinha as funções de lubrificação, estanquidade e arrefecimento (Dossat, 2004: 653). O óleo absorve parte substancial do calor desenvolvido na compressão, fazendo com que a temperatura na descarga seja baixa o suficiente, apesar das elevadas taxas de compressão.

Os compressores parafuso operam numa gama de potências entre 70 a 4570 kW, o que faz deles uma excelente opção para instalações de média e grande dimensão.

A compressão do fluido acontece através da ação de dois rotores, sendo um o principal e o outro o secundário, a sua forma construtiva é semelhante à de um

parafuso, as únicas partes móveis neste compressor são os rotores, um é acionado pelo motor e o outro movimenta-se devido à engrenagem com o primeiro. Existem ainda versões deste compressor com um e três rotores, ambos são utilizados em aplicações muito específicas e não vão ser considerados neste estudo.

Através do movimento de rotação, o fluido que está entre os dois rotores e a carcaça, vai ser comprimido até atingir a zona da descarga, todo o volume comprimido é descarregado, não sobrando qualquer fluido remanescente, isto torna este tipo de compressores capazes de operar com razões de pressão mais altas que os compressores alternativos. Os compressores de parafuso apresentam ainda outras vantagens, como terem menos peças móveis, o que implica menos vibrações, o que conduz a uma vida útil mais prolongada, e o facto de funcionarem com temperaturas mais baixas de descarga faz com que estes mesmos operem em condições menos desfavoráveis.



Figura 8 – Exemplo de um compressor de parafuso (Cofisa 2)

O **evaporador** é o órgão do circuito de refrigeração onde ocorre a evaporação do fluido frigorigéneo. Com esta mudança de estado, o fluido absorve o calor da câmara frigorífica. O fluido frigorigéneo após passar pelo dispositivo de expansão, entra imediatamente em ebulição e começa a evaporar, esta mudança de estado tem vários estágios e é feita à custa da absorção do calor (sensível e latente) do meio envolvente, através de condução, entre a parede externa e a parede interna do tubo, e por convecção, pela parede interna para o fluido frigorigéneo em evaporação.

A sua capacidade de refrigeração depende das diferenças de temperatura entre o meio a ser refrigerado e o fluido refrigerante, quanto maior é esta diferença, maior é a absorção de calor durante a evaporação.

Existem diversos tipos de evaporadores e é possível agrupá-los em função das aplicações nos sistemas de evaporação, sendo que o método de alimentação dos evaporadores com o fluido frigorigéneo caracterizará o tipo dos evaporadores. Neste trabalho vão ser abordados os evaporadores de expansão direta e os de sistema inundado.

- Sistema de expansão direta:

O sistema de expansão direta, também designado de sistema seco ou DX, é caracterizado pelo seu funcionamento e pela quantidade necessária de fluido frigorigéneo no estado líquido que é introduzida no evaporador. Durante o funcionamento, o fluido frigorigéneo começa a sua evaporação na válvula de expansão e continua a mesma ao longo do evaporador, absorvendo a carga térmica da câmara, de modo a encontrar-se totalmente sob a forma de vapor sobreaquecido à saída do evaporador (Silva, 2013).

- Sistema inundado:

Nos evaporadores inundados ou húmidos, o fluido frigorigéneo não evapora completamente nos evaporadores, devido ao excesso de fluido operante dos mesmos. O fluido que sai dos evaporadores é separado nas suas duas fases num separador de líquido, em que a fase líquida retorna ao evaporador e o vapor saturado é aspirado pelo compressor. Este tipo de sistemas, representados na Figura 9, são normalmente utilizados para casos em que é necessária uma temperatura de evaporação mais baixa ou que são utilizados múltiplos evaporadores em instalações frigoríficas e elevadas cargas térmicas. Os sistemas inundados são sistemas de alta eficiência e de custos de operação reduzidos. Estes sistemas consomem menos energia e funcionam durante menos horas. A superfície interior das serpentinas dos evaporadores terá uma boa área de contacto com o fluido que se encontra no estado líquido, proporcionando uma eficiência superior à expansão direta.

A presença do separador de líquido na alimentação e retorno dos evaporadores protege o compressor de eventuais golpes de líquido e a baixa temperatura do vapor na aspiração minimiza a temperatura de descarga do compressor, o que se irá traduzir em tempos de vida mais longos para os compressores e manutenções menos frequentes (Silva, 2013).

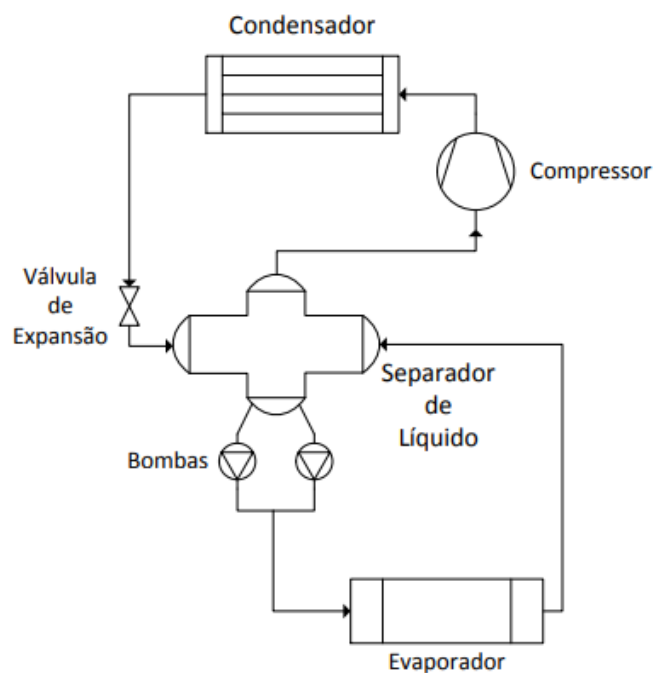


Figura 9 - Esquema de sistema inundado (Ribeiro, 2013)

Para Silva (2013) e Ribeiro (2013) outro ponto positivo dos sistemas inundados é a possibilidade de descongelação dos evaporadores poder ser feita através da utilização de gás quente de controlos simples, sem provocar grandes perturbações no sistema. A quantidade de fluido operante do sistema será maior quando comparado com o sistema de expansão direta, devido à necessidade de um excesso de líquido nas serpentinas dos evaporadores. Este excesso de líquido representa também caudais mássicos maiores, implicando também perdas de carga maiores. Os diâmetros das tubagens para este tipo de sistema também serão de dimensões superiores implicando custos mais elevados na aquisição de tubagens. Outra desvantagem será que neste tipo de sistemas o óleo lubrificante tenderá a acumular-se no separador de líquido, sendo necessária a sua remoção contínua ou periódica.

Sobre o **condensador** é possível identificar três tipos: os que são arrefecidos a ar, os arrefecidos a água e os condensadores evaporativos. Neste trabalho o foco vai incidir sobre os condensadores evaporativos, pois é o sistema utilizado na Cofisa.

Os **condensadores evaporativos** (Figura 10) são o tipo de condensador mais comum em instalações frigoríficas de grandes dimensões. São compactos e oferecem temperaturas de condensação inferiores relativamente aos outros tipos mencionados. Ao funcionarem a temperaturas inferiores, permite ao sistema uma poupança de energia e dá origem a temperaturas de descarga moderadas (especialmente importante para sistemas a amoníaco) (Stoecker, 1998).

Silva (2013) refere que o condensador tem a principal função de troca de calor, rejeitando o calor absorvido pelo fluido no evaporador após este ter sido comprimido

pelo compressor, o condensador tem de rejeitar não só o calor do espaço a refrigerar, mas também a potência absorvida pelo próprio compressor.



Figura 10 - Condensador evaporativo (Cofisa 2)

O **elemento expensor** apesar de não ser considerado um órgão principal de um circuito de refrigeração, desempenha um papel essencial no processo de troca de calor de forma eficiente. É responsável pelo controlo de fluxo de fluido frigorigéneo que alimenta o evaporador permitindo que este esteja permanentemente em atividade durante todo o ciclo de funcionamento.

Existem diversos dispositivos que podem ser usados para esta função, tais como os tubos capilares, as válvulas de nível, as válvulas de expansão e as válvulas de boia, o emprego de cada uma depende da dimensão e complexidade da instalação.

Nos sistemas de expansão direta, o fluido entra no estado líquido quente e a alta pressão e sai como líquido frio a baixa pressão, nestas circunstâncias o dispositivo mais eficiente é a válvula de expansão termostática porque “é baseada na manutenção de um grau constante de sobreaquecimento, o que permite conservar o evaporador completamente cheio com fluido em todas as circunstâncias” (Dossat, 2004: 575).

Nos sistemas inundados, o dispositivo mais utilizado é a válvula tipo boia. Pode ser de baixa pressão, quando controla diretamente o nível do líquido no interior do evaporador à medida que este se evapora, ou de alta pressão quando está inserida na linha de alta pressão e controla indiretamente a quantidade de líquido que chega aos evaporadores e fecha o circuito quando o compressor para (Monteiro, 2015).

O **separador de líquido** (Figura 11) é um dos componentes mais utilizados em sistemas do tipo inundado, são utilizados nos sistemas sobrealimentados de forma a impedir que o fluido no estado de vapor entre no evaporador, são utilizados em sistemas de grande capacidade (Monteiro, 2015).



Figura 11 - Separador de líquido (Cofisa 2)

A principal função do **separador de óleo** (Figura 12) é a sua separação e decantação, para que após a passagem pelo separador possa retornar ao cárter ou ao reservatório do compressor. O óleo tem funções na parte do funcionamento do compressor, sendo que a sua presença indesejável nos restantes equipamentos do circuito, quando o óleo circula através do circuito de refrigeração pode ocorrer uma deposição do mesmo nas superfícies de transferência de calor, principalmente no evaporador, o que se traduz numa redução da sua eficiência. É natural efetuar a separação do óleo logo após a descarga, retirando o óleo ao fluido, de forma a evitar a circulação de óleo do

compressor nas tubagens e serpentinas, diminuindo as perdas de carga e as trocas térmicas.

Normalmente, os separadores de óleo “devem ser empregados em qualquer sistema onde o retorno do óleo provavelmente é inadequado e/ou onde a quantidade de óleo é excessiva ou causa uma perda indevida na capacidade ou eficiência do sistema” (Dossat, 2004: 562). Este dispositivo está presente em sistemas inundados, a baixa velocidade de retorno do vapor e consequente deficiente arrasto do óleo para o depósito ou cárter, e ainda quando o fluido frigorigéneo utilizado no sistema é não miscível tal como o amoníaco (Silva, 2013).

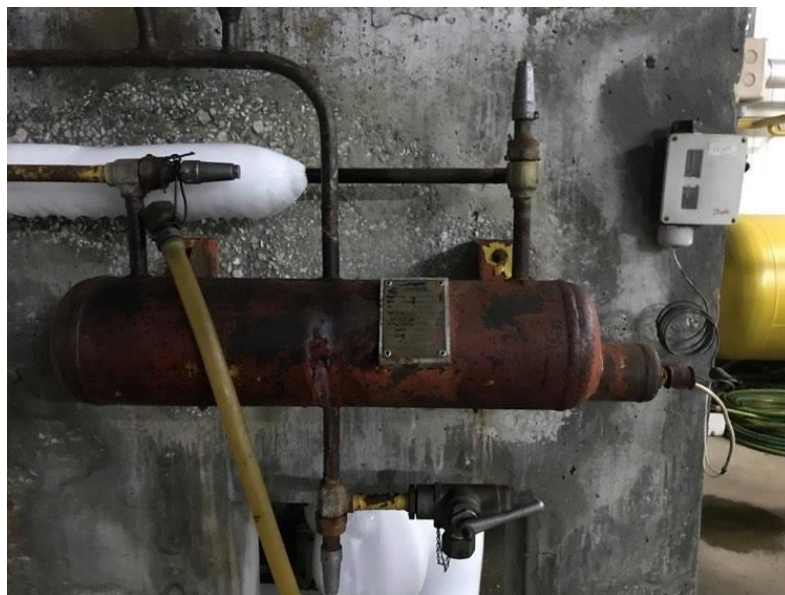


Figura 12 - Separador de óleo (Cofisa 2)

Os compressores parafuso necessitam de um **arrefecedor de óleo** devido ao facto de grande parte do calor da compressão do fluido frigorigéneo ser transferido para o óleo durante esta fase. Se não ocorresse o arrefecimento do óleo, as temperaturas de descarga seriam muito elevadas, o que poderia resultar na degradação das propriedades do óleo e consequentemente causar danos ao compressor. O sistema utilizado na instalação da Cofisa é o de permutador de placas (Figura 13), em que o óleo quente deixa o separador e é bombeado através de um permutador tipo placa onde o calor é rejeitado numa corrente de glicol.



Figura 13 - Permutador de placas a glicol (Cofisa 2)

O **reservatório de líquido** é um componente metálico, que possui um formato cilíndrico de extremidades convexas. O depósito de líquido (Figura 14) deve estar dimensionado para conseguir conter a quantidade total de fluido presente no sistema, garantindo a recolha do líquido quando ocorre uma paragem do compressor ou para compensar variações de consumo que ocorram no sistema. Em sistemas com evaporadores inundados, serve também como depósito para a alimentação destes evaporadores com fluido frigorigéneo no estado líquido.



Figura 14 - Reservatório de líquido (Cofisa 2)

A matéria-prima, neste caso peixe, quando colocada no **tanque da salmoura**, (mistura saturada de água com cloreto de sódio), faz com que a água contida no peixe flua no sentido da salmoura, diluindo-a, questão que é facilmente resolvida com a adição de cloreto de sódio à mistura, e o mesmo processo acontece com o peixe, absorvendo a água salgada presente no tanque, o que faz com que diminuam os riscos de contaminação microbiana, este processo tem ainda outras vantagens como a preservação das gorduras do pescado, a desidratação do produto é moderada e faz com que o ponto de congelação do produto seja inferior ao que seria caso não fosse sujeito a este processo. Ver Figura 15.

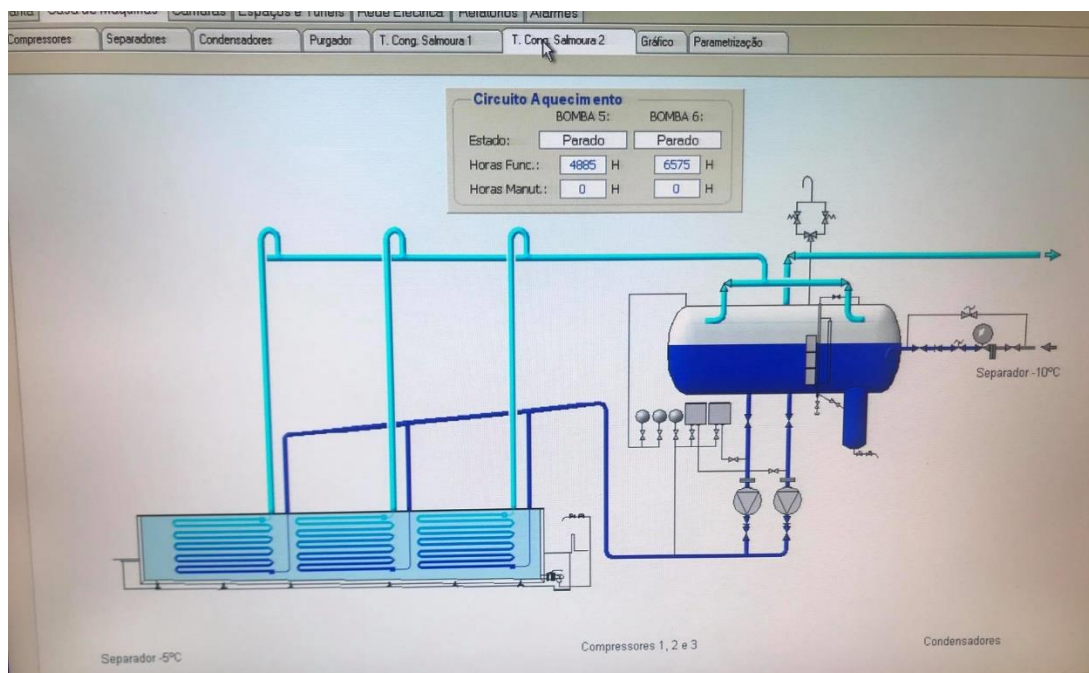


Figura 15 - Esquema de funcionamento do tanque de salmoura (software SeabraVis V4.3)

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO

Neste tópico serão apresentadas as diversas atividades exercidas durante o período de estágio na empresa Cofisa.

Nas primeiras semanas de estágio os objetivos foram conhecer bem as instalações da empresa, os procedimentos e as equipas de trabalho. Durante os meses seguintes foram desenvolvidas várias tarefas, tais como: acompanhamento de auditorias feitas por empresas externas e pelo departamento de qualidade da Cofisa; a gestão e separação de resíduos metálicos e não metálicos; a apresentação de medidas para diminuir os pontos de condensação numa das salas de trabalhos; realização de testes e procedimentos de forma a assegurar uma melhor qualidade de trabalho e segurança para os funcionários; e ainda, a adoção de boas práticas na manutenção de equipamentos, tais como a manutenção preventiva dos mesmos. Adicionalmente, no capítulo 4, apresenta-se a transformação de uma sala de trabalhos numa câmara de congelados a -25°C , com o fluido R449A da nova geração incluindo características construtivas, seleção de equipamentos e demais dados técnicos.

3.1 Descrição e avaliação das condições dos espaços técnicos da empresa

Nesta secção descrevem-se as características técnicas dos diversos espaços, nomeadamente as características construtivas e as condições higrotérmicas e os equipamentos operantes em cada espaço.

CONSTRUÇÃO ISOTÉRMICA

A construção da envolvente isotérmica dos diversos espaços frigoríficos e climatizados está feita com o recurso à utilização intensiva de painéis isotérmicos pré-fabricados.

Todas as paredes e tetos são constituídas por painéis isolantes do tipo “sandwich” com isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano injetado e revestimento em ambas as faces em chapa de aço galvanizado, com acabamento termolacado nas faces à vista, exceto nas faces viradas à zona de laboração que têm acabamento em termoplastificado e no silo de gelo que tem revestimento em poliéster.

O isolamento térmico dos pavimentos das câmaras de congelados, túneis e silo de armazenagem de gelo em escamas está realizado pelo processo tradicional com barreira de vapor em tela betuminosa e dupla camada de placas de espuma rígida de polietileno, sendo o acabamento com laje flutuante em betão armado.

As características construtivas dos diversos espaços, incluída caracterização dos respetivos isolamentos térmicos é a que consta das Tabelas 2 a 7.

Tabela 2 - Características construtivas e isolamentos das câmaras de produtos acabados congelados

Câmaras de conservação de produtos acabados congelados (4 câmaras)
Dimensões unitárias: 14,30 x 13,82 x 6,50 m (C x L x A) Capacidade de armazenagem: 200 Tons Temperatura de serviço: -25°C Espessura de isolamento em tetos: 150 mm Espessura de isolamento em paredes: 150mm e 120mm Espessura de isolamento em pavimentos: 80 + 80mm Tipo de junta: macho/fêmea com fecho excêntrico Tipo de porta: deslizante automática Quantidade de portas por câmara: 1 Vão livre das portas: 2,00 x 2,50 m (L x A) Proteção suplementar das portas: por cortina de ar

Tabela 3 - Características construtivas e isolamentos dos túneis de secagem

Túneis de secagem (endurecimento)/Congelação (2 túneis)
Dimensões interiores unitárias: 6,00 x 4,58 x 4,15 m (C x L x A) Capacidade de congelação: 10 Tons/dia Temperatura no final do ciclo de congelação: -35°C Espessura de isolamento no teto: 150 mm Espessura de isolamento em paredes: 150 mm Espessura de isolamento em pavimentos: 80 + 80mm Tipo de junta: macho/fêmea com fecho excêntrico Tipo de porta: deslizante manual Quantidade de portas por túnel: 1 Vão livre das portas: 1,90 x 2,20 m (L x A) <i>Nota: Os túneis têm a capacidade de funcionar em dois regimes, um para a função de secagem (endurecimento) pós vidragem, o outro para o processo de congelação em alternativa ao tanque de congelação em salmoura.</i>

Tabela 4 - Características construtivas e isolamentos das câmaras de conservação

Câmara de conservação de refrigerados
Dimensões interiores: 10,27 x 4,92 x 3,60 m (C x L x A) Capacidade de armazenagem: 20 Tons Temperatura de serviço: 0°C Espessura de isolamento no teto: 100 mm Espessura de isolamento em paredes: 80 mm Espessura de isolamento em pavimentos: Sem isolamento Tipo de junta: macho/fêmea com fecho excêntrico Tipo de porta: deslizante automática Quantidade de portas: 1 Vão livre das portas: 2,00 x 2,50 m (L x A)

Tabela 5 - Características construtivas e isolamentos do silo de armazenagem de gelo em escamas

Silo de Armazenagem de Gelo em Escamas
Dimensões exteriores: 4,80 x 3,90 x 3,60 m (C x L x A) Capacidade de armazenagem (aprox.): 20 Tons Temperatura de serviço: -5°C Espessura de isolamento no teto: 100 mm Espessura de isolamento em paredes: 100mm Espessura de isolamento em pavimentos: 50 + 50 mm Tipo de junta: macho/fêmea com fecho excêntrico Tipo de porta: pivotante / guilhotina Quantidade de portas: 2 Vão livre da porta pivotante: 1,00 x 1,90 m (L x A) Vão livre do postigo de guilhotina: 0,60 x 0,60 m (L x A) <i>Nota: O silo de armazenagem de gelo é revestido em chapa de poliéster na face em contacto com o gelo, sendo o pavimento forrado com placas de polietileno de qualidade alimentar. O silo, na zona dos vão das portas, está dotado com um conjunto de antepáras amovíveis em polietileno qualidade alimentar. Está instalado um sistema de extração de gelo a partir do exterior do silo de armazenagem de gelo, através de uma tremonha e de sem-fim. A descarga de gelo para o interior do silo é efetuada por gravidade em virtude do gerador estar montado sobre o teto do silo.</i>

Tabela 6 - Características construtivas e isolamentos das zonas de laboração, receção, expedição e gabinetes de controlo

Zona de Laboração / Receção / Expedição / Gabinetes de Controlo
Área total aproximada: 850 m² Temperatura de serviço: +10° / 12°C Espessura de isolamento no teto: 60 mm Espessura de isolamento nas paredes: 60 mm Tipo de junta: macho/fêmea com fecho excêntrico Quantidade de portas: 2 (1 na receção e 1 na expedição) Tipo de portas: 2 seccionais verticais (manuais) Vão livre das 2 portas seccionais verticais: 2,50 x 2x50 m (L x A) Vão livre das 2 portas de vai-vem da laboração: 2,00 x 2,50 m (L x A) Vão livre da porta de 2 folhas da laboração: 1,40 x 2,20 m (L x A) Vão livre da porta deslizante manual: 2,00 x 2,50 m (L x A) Vão livre da porta de vai-vem da receção: 0,90 x 2,20 m (L x A) Vão livre da porta de vai-vem do gabinete de expedição: 0,80 x 2,00 m (L x A) Vão livre da porta de serviço do gabinete de expedição: 0,80 x 2,00 m (L x A) Vão livre da porta de serviço do gabinete de receção: 0,80 x 2,0 m (L x A) Vão livre da porta de emergência da receção: 0,90 x 2,0 m (L x A) <i>Nota: Cada porta seccional é complementada com um fole de encosto de camiões com as dimensões 3,40 x 3,40 x 0,60 (C x L x A)</i>

Tabela 7 - Características construtivas e isolamentos da sala de máquinas, oficina e sala de arrumos

Sala de máquinas / Oficina / Sala de arrumos
Dimensões totais: 17,50 x 9,68 x 3,50 m (C x L x A)
Espessura de isolamento nos tetos: 60 mm
Espessura de isolamento em paredes/divisórias: 60 mm
Espessura de isolamento em pavimentos: Sem isolamento
Tipo de junta: macho/fêmea com fecho excêntrico
Quantidade de portas: 4
Tipo de porta: pivotante de 1 / 2 folhas
Vão livre da porta da casa das máquinas: 2,40 x 2,20 m (L x A)
Vão livre das portas da oficina: 0,80 x 2,00 m (L x A)
Vão livre da porta da sala de arrumos: 0,80 x 2,00 m (L x A)

INSTALAÇÕES ELETROMECCÂNICAS

Para atender às necessidades frigoríficas exigidas pelos consumidores, a Cofisa dispõe de uma instalação industrial funcionando com o fluído amoníaco ($\text{NH}_3/\text{R717}$) como fluído frigorígeno principal, no sistema inundado, por circulação forçada e por expansão direta, e a água glicolada gelada como fluído secundário, aplicado ao circuito de climatizados.

Principais linhas da instalação:
❖ 1 Compressor parafuso destinado a funcionar para os 2 (dois) túneis de secagem/ congelação e para 1 (um) túnel de sub-arrefecimento existente. A potência deste compressor é de 120,4 kW reportada à temperatura de evaporação de -38°C e condensação a $+35^\circ\text{C}$. Este compressor tem capacidade para dois consumidores. ❖ 1 compressor de parafuso destinado a funcionar para as 3 (três) câmaras de congelados, 1 (um) gerador de gelo em escamas, 1 (um) silo de armazenagem de gelo em escamas com a capacidade de produção de 10 tons/24horas. A potência deste compressor é de 158,0 kW reportada à temperatura de evaporação de -33°C e temperatura de condensação de $+35^\circ\text{C}$. ❖ 1 compressor de parafuso destinado a funcionar para 1 (um) tanque de congelação de sardinha em salmoura de 3 tons/hora de capacidade. A potência deste compressor é 254,4 kW reportada à temperatura de evaporação de -12°C e condensação a $+35^\circ\text{C}$. ❖ 1 compressor do tipo alternativo, de um andar de compressão, destinado a funcionar para 1 (uma) câmara de refrigerados, 1 (um) permutador arrefecedor de água glicolada gelada e 1 (um) túnel de vidragem existente. A potência deste compressor é de 92,5 kW reportada à temperatura de evaporação de -12°C e condensação a $+35^\circ\text{C}$. ❖ 1 condensador do tipo evaporativo, com sistema de regulação de capacidade, para eliminar o calor total de rejeição dos 4 (quatro) compressores, atingindo a potência total de 950 kW. ❖ 6 evaporadores do tipo de circulação forçada de ar, com a potência unitária de 20 kW, destinados, em conjuntos de duas unidades, a cada uma das câmaras de congelados. ❖ 2 evaporadores do tipo de circulação forçada de ar, com a potência unitária de 68 kW, destinando-se uma unidade a cada um dos túneis de secagem / congelação. ❖ 1 evaporador do tipo de circulação forçada de ar, com a potência unitária de 13 kW, destinado à câmara de refrigerados de 20 Ton.

- ❖ 1 evaporador do tipo de circulação forçada de ar, com a potência unitária de 5 kW, destinado ao silo de armazenagem de gelo em escamas de 20 Ton.
- ❖ 1 gerador de gelo em escamas, com a capacidade de produção de 10 ton/ 24 h
- ❖ 3 frigodifusores de arrefecimento por água gelada, do tipo de circulação forçada de ar, de duplo fluxo, com a potência unitária de 22 kW.
- ❖ 2 frigodifusores de arrefecimento por água gelada, do tipo de circulação forçada de ar, de duplo fluxo, com a potência unitária de 12 kW, destinados à receção.
- ❖ 2 frigodifusores de arrefecimento por água gelada, do tipo de circulação forçada de ar, de duplo fluxo, com a potência unitária de 15 kW + 9 kW, destinados à expedição e corredor.
- ❖ Redes de tubagem de aço DIN 2448 para o sistema de amoníaco, incluindo o isolamento térmico nas linhas de baixa temperatura.
- ❖ Rede de tubagem de aço DIN 2448 para o sistema de água gelada, incluindo o isolamento térmico nas linhas de ida e retorno.
- ❖ Quadros elétricos de comando, proteção e sinalização das instalações, e instalação elétrica de comando, força motriz e iluminação interior de câmaras e túneis.

Grupos de Compressores:

A) Circuito a -38 °C

1 (um) compressor do tipo parafuso, da marca “MYCOM”, modelo FM 160L-ME, tipo industrial, na modalidade “package”, com “open flash intercooler”, próprio para funcionamento com amoníaco, com a potência frigorífica de 120,4 kW reportada ao regime de funcionamento de -38 °C/ 35 °C, com motor elétrico de acionamento de 110 kW (400V/3F/50Hz) a 3000 rpm.

B) Circuito a -33 °C

1 (um) compressor do tipo parafuso, da marca “MYCOM”, modelo FM 160M-ME, tipo industrial, na modalidade “package”, com “open flash intercooler”, próprio para funcionamento com amoníaco, com a potência frigorífica de 158,0 kW reportada ao regime de funcionamento de -33 °C/ 35 °C, com motor elétrico de acionamento de 110 kW (400V/3F/50Hz) a 3000 rpm.

C) Circuito a -23 °C

1 (um) compressor do tipo parafuso, da marca “MYCOM”, modelo FM 160L-ME, tipo industrial, na modalidade “package”, com “open flash intercooler”, próprio para funcionamento com amoníaco, com a potência frigorífica de 254,4 kW reportada ao regime de funcionamento de -23 °C/ 35 °C, com motor elétrico de acionamento de 110 kW (400V/3F/50Hz) a 3000 rpm.

D) Circuito a -10 °C

1 (um) compressor do tipo alternativo, de um andar de compressão, da marca “MYCOM”, modelo N6K, tipo industrial, na modalidade “package”, próprio para funcionamento com amoníaco, com a potência frigorífica de 92,0 kW reportada ao regime de funcionamento de 12 °C/ 35 °C, com motor elétrico de acionamento de 35 kW (400V/3F/50Hz) a 1500 rpm.

Estes compressores estão equipados de origem com todos os acessórios necessários ao bom funcionamento da instalação, nomeadamente:

Compressores a parafuso:	Compressor alternativo:
✓ Base comum ao compressor e motor em perfilados metálicos. ✓ Separador de óleo vertical, incluindo resistência elétrica. ✓ Bomba de óleo integrada com válvula de regulação de pressão. ✓ Arrefecimento de óleo, por amoníaco em sistema de termossifão. ✓ Válvulas de segurança montada no separador de óleo. ✓ Controlo eletrónico de capacidade, incluindo interface, sensores de pressão e temperatura. ✓ Válvulas de seccionamento na aspiração e descarga e de retenção na descarga. ✓ Filtro na compressão de óleo. ✓ Painel de manómetros; aspiração, compressão e pressão do óleo. ✓ Transdutor de pressão para controlo da queda de pressão no filtro de óleo.	✓ Base comum ao motor e compressor em perfilados metálicos. ✓ Válvulas de alívio de pressão, do tipo de mola, entre a compressão e aspiração. ✓ Válvula para o enchimento e purga de óleo, e visor de nível de óleo. ✓ Bomba de óleo de acionamento direto para lubrificação e acionamento dos mecanismos hidráulicos das válvulas. ✓ Separador de óleo com circuito de retorno ao cárter. ✓ Sistema de arranque em vazio. ✓ Válvula de purga/evacuação na linha de descarga. ✓ Resistência do cárter. ✓ Sistema de segurança composto por painel de pressostatos: aspiração, compressão e pressão diferencial de óleo. ✓ Painel de manómetros; aspiração, compressão e pressão de óleo. ✓ Válvulas de seccionamento na aspiração e descarga e de retenção na descarga.

Condensador

Condensador do tipo evaporativo, com arrefecimento por ar e água em simultâneo, da marca “BALTIMORE AIRCOIL COMPANY” com a capacidade de dispersão de 950 kW reportada à temperatura de condensação de +35°C, incluindo proteção anti-corrosiva “Baltibond” e bomba de reserva não montada, assim como de controlo de capacidade por arranque e paragem da ventilação.

Reservatório de amoníaco líquido

Reservatório cilíndrico, de disposição horizontal, construído em chapa de aço segundo a norma AD Merkblatter, equipado com os seguintes acessórios:

Nº de unidades: 1

Marca: Tallers Campinos

Tipo: Horizontal

Capacidade: 3200 litros

- ✓ Visor de nível com válvulas de secionamento
- ✓ Duas válvulas de segurança geminadas sobre válvulas de três vias
- ✓ Uma válvula de secionamento na linha de equalização
- ✓ Válvula de secionamento na entrada e na saída de líquido
- ✓ Válvula de purga de óleo
- ✓ Uma válvula de secionamento para purga de ar
- ✓ Manómetro de pressão com válvula de secionamento

Purgador de ar: para a purga dos gases não condensáveis está instalado um purgador automático de ar, do tipo autónomo.

Separadores de líquido

Separador de líquido para circulação por bombagem – Circuito -38 °C/33 °C

Separador de líquido com a capacidade de 300 kW, do tipo cilíndrico, da marca “Talleres Campinos”, construído em chapa de aço segundo a norma de fabrico AD Merkblatter, equipado com os respetivos acessórios e componentes necessários ao seu funcionamento normal, incluindo o seu isolamento térmico com poliuretano injetado e revestimento mecânico a chapa de alumínio.

Separador de gravidade (“Surge Drum”) – Circuito -23 °C

Separador de líquido com a capacidade de 250 kW, do tipo cilíndrico, da marca “Talleres Campinos”, construído em chapa de aço segundo a norma de fabrico AD Merkblatter, equipado com os respetivos acessórios e componentes necessários ao seu funcionamento normal, incluindo o seu isolamento térmico com poliuretano injetado e revestimento mecânico a chapa de alumínio.

Separador intermédio (“Open Flash Intercooler”) – Circuito -10 °C

Separador intermédio em sistemas “Open Flash Intercooler” com a capacidade de 188 kW, do tipo cilíndrico, vertical, da marca “Talleres Campinos”, construído em chapa de aço segundo a norma de fabrico AD Merkblatter, equipado com os respetivos acessórios e componentes necessários ao seu funcionamento normal, incluindo o seu isolamento térmico com poliuretano injetado e revestimento mecânico a chapa de alumínio.

Grupos eletrobomba de NH₃: Dois grupos de eletrobomba para alimentação de amoníaco aos consumidores do circuito de -38/-33 °C, da marca “WITT”, equipados com todos os acessórios necessários ao bom funcionamento da instalação. Uma das bombas é de reserva.

Permutador de arrefecimento de água glicolada: constituído por um permutador de placas da marca “Alfa Laval”, referência M10BWREF, com 26 placas de aço inox

AISI 316 semi-soldadas, com juntas em nitrilo “clip-on” no circuito de água glicolada e O-ring em neopreno no circuito de NH₃, com a capacidade de permuta de 175 kW, equipado com todos os acessórios e controlos necessários ao bom funcionamento da instalação, para alimentação de glicol a -2 °C aos frigodifusores dos climatizados (laboração/receção/expedição) e ao tanque de vidragem existente.

Vaso de expansão de água glicolada: reservatório cilíndrico aberto, de disposição vertical, construído em fibra de vidro

Grupos eletrobomba de água glicolada: grupos eletrobomba para alimentação de água glicolada a -2 °C aos frigodifusores dos consumidores climatizados, da marca “DAB”, com caudal de 34,5 m³/h a 350 kPa, equipados com todos os acessórios necessários ao bom funcionamento da instalação. Uma bomba é de reserva.

Evaporadores (NH₃): são unidades da marca “Kuba”, do tipo de circulação forçada de ar, próprias para funcionamento com R717 (amoníaco) , com caixa em alumínio e com bateria e alhetas em aço inox, preparados para descongelação automática por gás quente exceto nos túneis de secagem/congelação que será manual.

Estão instaladas as seguintes unidades:

- ❖ 6 evaporadores do tipo de circulação forçada de ar, com a potência unitária de 20 kW, e conjuntos de duas unidades por cada uma das câmaras de congelados de 200 ton;
- ❖ 2 evaporadores do tipo de circulação forçada de ar, com a potência unitária de 60 kW, sendo uma unidade em cada um dos túneis de secagem/congelação;
- ❖ 1 evaporador do tipo de circulação forçada de ar, com a potência de 13 kW, destinado à câmara de refrigerados de 20 ton;
- ❖ 1 evaporador do tipo circulação forçada de ar, com a potência de 5 kW, destinado ao silo de armazenagem de gelo em escamas de 20 ton.

Os órgãos de controlo e regulação dos evaporadores são os seguintes:

- Linha de entrada de líquido:
 - Válvulas de seccionamento
 - Válvula de regulação de fluxo com válvula de retenção

- Linha de retorno:
 - Válvula de secionamento
 - Válvula pilotada de fecho automático
- Linha de gás quente:
 - Válvula de secionamento
 - Válvula elétrica com filtro
 - Válvula de retenção
 - Válvula de pressão constante
- Os órgãos de controlo e regulação das câmaras são os seguintes:
 - Termostato ambiente eletrónico com mostrador digital, localizado no quadro eletrónico correspondente
 - Termómetro ambiente eletrónico com mostrador digital, instalado na própria câmara.

Tanque de congelação em salmoura: Projetado e executado para a mistura da água com sal, permitindo uma congelação mais rápida do pescado. Adicionalmente, o sal funciona como um conservante natural, protegendo o pescado de agentes histamínicos.

DESCRIÇÃO DA SALA DE TRABALHO

Existem dois frigodifusores em cada sala, distribuídos pelo total de 3 salas de trabalho, que durante o inverno não funcionam, pois, as temperaturas interiores são as desejadas para os trabalhos ali realizados, não sendo necessário a utilização destes equipamentos para manter as condições térmicas, perto de 10°C.

Nesta sala são feitos diferentes tipo de trabalhos, que dependem de diversos fatores, tais como a procura de um determinado tipo de peixe, a disponibilidade de peixe fresco, as solicitações que são feitas de uma espécie de peixe, solicitadas por outra filial da empresa, entre outros aspetos.

Numa das salas está inserido o tanque da salmoura, que durante os dias em que foram efetuadas as medições não esteve em funcionamento.

Na sala circula um empilhador elétrico manobrado por um operário, e cerca de 6 operários que desempenham diferentes funções, como por exemplo abrir caixas onde vem o peixe congelado e passá-lo para caixas de inox ou de poliestireno, em ambos os casos, perfuradas, para serem depois levadas para o cais de embarque e expedidas, ou armazenadas, conforme a demanda. Outro trabalho realizado é a separação do peixe (cavala e sardinha) que após passarem pelo processo de vidragem, fica um aglomerado e os operários separam-no, sendo que em alguns

casos também são cortados, com o auxílio de serras elétricas de fita, de forma a promover o correto acondicionamento dos alimentos para expedição.

Avaliação das condições da sala de trabalho

Durante 2 semanas foram feitas diversas medições recorrendo a um relógio com sensor de temperatura e sensor de humidade da marca Nor-tec (Schou Company A/S), que opera numa gama de temperaturas de -10°C a 50°C (Figura 15).

Estas medições foram realizadas após serem vistos pontos de condensação no teto da sala de trabalho onde está o tanque da salmoura, de forma a tentar perceber a sua influência e as causas do mesmo.

As diferentes medições foram feitas em diversas zonas da sala de trabalhos e a diferentes altitudes de forma a ver como variavam os valores da temperatura e os níveis de humidade relativa presentes na atmosfera.

Durante os primeiros cinco dias, o aparelho foi colocado a 1,5 metros de altura de forma a simular as condições de trabalho a que os operários estão sujeitos durante o seu horário de trabalho.

Durante os últimos cinco dias, o aparelho foi colocado a 6 metros de altura, de forma a compreender as diferenças que existiam em termos de humidade e de temperatura com a variação da altitude.

Registo das medições efetuadas

No dia em que o aparelho foi colocado na sala, não foram feitas medições, dando um intervalo de 24h para que as leituras fossem o mais precisas e fiáveis possíveis.



Figura 16 - Termohigrómetro (Cofisa2)

Os resultados dessas medições encontram-se nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Registos de temperatura e humidade (18.02.2021)

Horas	Temperatura Exterior (°C)	Humidade relativa exterior (%)	Temperatura interior da sala (°C)	Humidade relativa interior da sala (%)
08:00	11	90	9	93
09:00	12	88	9	94
10:00	12	86	10	93
11:00	13	82	10	92
12:00	13	80	11	92
13:00	13	76	11	92
14:00	13	75	10	91
15:00	14	74	10	91
16:00	14	72	10	90
17:00	13	70	10	89

Fonte: Medições feitas pelo estagiário, no dia 18 de fevereiro de 2021
(com o aparelho à cota de 1,5 metros)

Tabela 9 – Registos de temperatura e humidade (25.02.2021)

Horas	Temperatura Exterior (°C)	Humidade relativa exterior (%)	Temperatura interior da sala (°C)	Humidade relativa interior da sala (%)
08:00	11	90	9	99
09:00	12	88	10	99
10:00	12	86	10	99
11:00	13	82	10	99
12:00	13	80	11	99
13:00	13	76	11	99
14:00	14	75	10	99
15:00	15	74	10	99
16:00	15	72	10	99
17:00	14	70	10	99

Fonte: Medições feitas pelo estagiário, no dia 25 de fevereiro de 2021
(com o aparelho à cota de 6 metros)

As medições foram registadas oito vezes ao dia, com intervalos de 1 hora. Os valores medidos no interior da instalação foram sempre idênticos, os valores de humidade e temperatura do exterior foram também retirados de hora a hora a ver que influência se verificava no interior. Como seria de esperar, os valores do exterior têm pouca influência nas medições no interior, pois é um ambiente fechado, as paredes, o chão e o teto estão isolados e os fatores externos não têm nenhuma influência direta neste ambiente controlado.

Sala de trabalho: problemas e soluções

Um dos problemas apresentados pela Direção da empresa foi o facto de numa das salas de trabalho estarem a surgir no teto vários pontos em que está a ocorrer condensação de água (Figura 16).

A humidade é um problema com o qual muitas empresas e particulares se deparam. Um dos primeiros sinais é quando começam a surgir manchas nas paredes e tetos, quando os ambientes se tornam bafientos, quando as janelas estão constantemente embaciadas, e o ambiente dentro do espaço se torna pesado e abafado, sendo estes os primeiros sinais de humidade provocada pelo fenómeno de condensação.

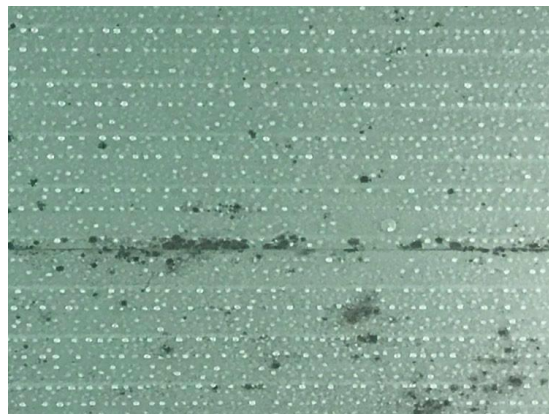


Figura 17 - Sala de trabalhos e evidências de condensação no teto (Cofisa 2)

A temperatura ambiente desta sala de trabalhos é de cerca 10°C com uma humidade relativa na ordem dos 95%.

Analisando o problema, podemos ver que temos uma sala que está constantemente a uma temperatura inferior à temperatura ambiente, esta sala está a cerca de 5 metros do cais de embarque e não existe nenhuma divisória entre as duas.

Durante o período de verão, com a abertura do cais de embarque, o calor e a humidade exterior entram no interior da instalação e quando contacta com as paredes e tetos frios que se encontram a temperaturas próximas dos 0°C, atinge-se a temperatura de “ponto de orvalho” e ocorre a condensação da água nas superfícies.

Algumas formas de atenuar este problema poderia passar por fechar as portas do cais de embarque sempre que este não estivesse a ser utilizado, a colocação de cortinas de lamelas em PVC no cais e na porta de serviço que dá com o exterior.

As lamelas apesar de eficazes não serão suficientes para acabar com esta situação, uma outra sugestão seria a instalação de dispositivos de ventilação forçada junto ao teto, a ventilar ar previamente tratado e condicionado de forma a manter as características interiores constantes.

3.2 Acompanhamento a Auditorias de Segurança e Saúde no Trabalho

As auditorias no âmbito da Segurança e Saúde no Trabalho têm por objetivo proceder ao acompanhamento e monitorização da execução/implementação das medidas de controlo decorrentes das Avaliações de Riscos dando cumprimento ao programa de prevenção e controlo dos riscos associados aos postos de trabalho.

Estas auditorias permitem avaliar o grau de implementação das medidas de controlo e a eficácia do sistema de gestão da segurança, bem como acompanhamento e apoio técnico.

Uma empresa externa (KMED Europa) realizou uma avaliação acústica em vários pontos da empresa, sendo que é na sala de máquinas onde os níveis de ruído são mais elevados.

A medição do nível de ruído foi feita com recurso a um instrumento da marca Brüel & Kjær, o Sonómetro Digital 2260 Investigator (Figura 17).

Foi possível verificar que os níveis de ruído são elevados nesta divisão e estão na ordem dos 88.5 decibéis durante o funcionamento normal da instalação. Estes níveis de ruído são perigosos para a saúde humana e podem levar a graves problemas como perda de audição, stress, distúrbio do sono, entre outros. Os mecânicos da empresa são as únicas pessoas autorizadas a circular nestas zonas e fazem-se sempre acompanhar de protetores auriculares.



Figura 18 – Equipamento de medição de ruído (sonómetro) (Cofisa 2)

3.3 Manutenção de um compressor

Os compressores da instalação frigorífica são da marca MYCOM EUROPE e as especificações técnicas e parâmetros de manutenção indicados pela marca são cumpridos com rigor.

A MYCOM indica que a cada 25 000 horas de trabalho que se faça uma revisão completa do compressor e que durante esta revisão sejam substituídos filtros e válvulas de retenção. O compressor foi intervencionado após realizar 75 000H de trabalho e foram pedidos orçamentos a duas empresas externas para efetuar a intervenção que estava planeada ao fim deste período de trabalhos. Nas páginas seguintes encontram-se os dois orçamentos solicitados: orçamento 1 (Figuras 18 e 19) e orçamento 2 (Figuras 20 e 21).

Os valores orçamentados pelas duas empresas são muito semelhantes, sendo a principal diferença a distância até à empresa que irá intervencionar os compressores, sendo que a primeira empresa se localiza em Lisboa e a segunda em Espanha, na cidade da Corunha.

A Cofisa optou por entregar o serviço à empresa situada em Lisboa, uma vez que no passado já havia prestado outros serviços à empresa, sem nunca ter havido motivo de reclamações.

Para a manutenção do compressor nº 5 (compressor de parafuso) a empresa externa desmontou o equipamento e levou-o para o seu armazém onde realizou a manutenção do mesmo.

Após a intervenção, uma equipa da empresa que ficou responsável pela manutenção do compressor deslocou-se até a instalação onde efetuaram testes de arranque com o compressor a trabalhar com uma capacidade reduzida, e após verificar o bom funcionamento do mesmo e a inexistência de fugas, procedeu-se a um teste com a capacidade total do mesmo.

PROPOSTA: CFS-02A.20-LF **DATA:** 25/10/2020

CLIENTE: Cofisa S.A **A/C:** Sr. Eng. Hugo Barbosa

INSTALAÇÃO: Figueira da Foz

Preços de Mão de Obra + Deslocações
Revisão do Compressor de parafuso Nº5 Mycom N200-VLD

Designação	Quant.	Cat.Prof.	Profissional	Preço Unit.	Total €
Horas Normais	64	Oficial 1ª	Técnico de Frio A.S.	34,00	2 176,00
Horas Normais	64	Oficial 2ª	Técnico de Frio	22,00	1 408,00
Refeição	4			10,00	40,00
Km	680			0,45	306,00
Portagens	4			14,25	57,00
Alinhamento a laser do grupo moto-compressor n/ deslocação	1			300,00	OFERTA
Valor total de mão de obra + deslocações					3 987,00 €

Transporte do compressor para reparação nas n/ instalações de Alverca e respetivo transporte para as V/ instalações de Figueira da Foz depois de reparado.	1,00				300,00 €
--	------	--	--	--	----------

O valor total de mão de obra para a revisão do compressor Nº 5 é de: 4 287,00 €

Valores indicados sujeitos a I.V.A. à taxa legal em vigor

- Os valores acima descritos são referentes a:

X	- Desmontagem do compressor do chassis e desligamento de todas as tubagens e ligações
X	- Transporte desde as V/ instalações até ao n/ centro de assistência técnica em Alverca
X	- Limpeza e descontaminação do compressor antes de abertura
X	- Abertura total de compressor em bancada, lavagem de peças por máquina de ultrasons
X	- Análise de desgaste de peças e preparação de montagem
X	- Montagem do compressor e afinação de folgas dos rotores (end clearance)
X	- Montagem do compressor no chassis e ligações à tubagem
X	- Limpeza de óleos e lubrificantes utilizados na montagem e isolamento total de peças não pintadas
X	- Pintura anti-corrosão com primário epoxi de 2 componentes. Acabamento com esmalte Mycom
X	- Transporte desde as n/ instalações de Alverca até à V/ fábrica de Figueira da Foz
X	- Montagem do compressor no chassis e ligação à tubagens e componentes
X	- Alinhamento do grupo moto-compressor com laser de última geração, c/ relatório
X	- Arranque da máquina, teste de segurança, ensaios e afinações

Local de Entrega
V/ instalações de Figueira da Foz

Garantia:
Garantimos os n/ produtos e serviços contra defeitos de fabrico ou montagem devidamente comprovados pelo prazo de 1 Ano.

Prazo de entrega:
A iniciar até 30 dias após adjudicação

Figura 19 - Orçamento nº1 para manutenção do compressor (1/2)

Proposta: CFS.01.20.LF
 Cliente: Cofisa S.A.
 Instalação: Figueira da For

DATA: 25/10/2020
 A/C: Sr. Eng. Hugo Barbosa

200V-SERIES SCREW MYCOM GENUINE PARTS 2020

TOTAL ORDER € 4 838,15

Order Qty	Manual no.	Part no.	Description	List price each, in €	Nett price €	Total ord price €
1	GA-VD	CS7119-EVD	200V/LD GASKET SET	242,54	242,54	242,54
1	OR-VD	CS7109-EVL	200V/LD O-RING SET (RUNA-N)	123,32	123,32	123,32
1	LW-SET	CS8009-18YW	200V/LD/LG LOCK WASHER SET	14,10	14,10	14,10
1	10/33	CS2109-4H	BALANCE PISTON SET (HIT)	620,56	620,56	620,56
1	31	CS2109-790	BALANCE PISTON KEY	9,44	9,44	9,44
2	38	CS2300-200P	THRUST BEARING 73138 PPS	917,72	917,72	1 835,44
2	39	NG31-013	LOCK NUT AN13	25,52	25,52	51,04
1	46	CS2409-E	LOCK WASHER SET, BEARING GLAND (MPCS.)	57,87	57,87	57,87
1	50	CS25010-200VD	OIL SEAL (PTFE)	181,56	181,56	181,56
1	65	PA11-125	O-RING, UNLOADER PISTON RUNA-N P125	10,94	10,94	10,94
1	66	CS0600-200	TEFLON CAP SEAL (BE125)	105,48	105,48	105,48
1	69	NG31-007	LOCK NUT ANG7	10,99	10,99	10,99
1	78	CS07800-200	BALL BEARING #600	11,46	11,46	11,46
1	82	CS08200-200B	TEFLON V-RING VHI10	79,74	79,74	79,74
1	83	CS08300-200	SPRING, TEFLON V-RING	6,26	6,26	6,26
1	100-BLWE	CS10002-200BBS	SHAFT SEAL ASSY BELLOW-E	1 373,99	1 373,99	1 373,99
2	237	CS23700-200	TORSIONAL SLIP WASHER	4,88	4,88	9,76
4	432	PA62-022	O-RING, MAIN BEARING RUNA-N G22	6,26	6,26	25,04
4	433	PA62-022	O-RING, SIDE BEARING RUNA-N G22	6,26	6,26	25,04
1		CS70100-20003	THRUST ADJUSTING LINER 0.03	14,54	14,54	14,54
1		CS70100-20005	THRUST ADJUSTING LINER 0.05	14,54	14,54	14,54
1		CS70100-20010	THRUST ADJUSTING LINER 0.1	14,54	14,54	14,54
TOTAL						4 838,15

MYCOM GENUINE SPARE PARTS FOR OIL PUMPS AND UNIT PARTS 2020

Total Order € 1982,75

QTY	Manual no.	Part no.	Description	List price each, in €	Nett price €	Total price €
SPARE PARTS FOR HSDF - FSDF OIL PUMPS						
1	OR-M	DM7109-905	O-RING SET STD. (RUNA)	23,84	23,84	23,84 €
1	14-2-M	DM01400-050T	SHAFT SEAL ASSY - TN STD NHG (HNR080)	755,59	755,59	755,59 €
1		GAS-HS750X-COVER	GASKET, HANDHOLE COVER HS4023-HS10030 SEPAR.	122,28	122,28	122,28 €
1		GAS-HS-INSPECTION	GASKET, INSPECTION HOLE SEPARATOR (all models)	33,12	33,12	33,12 €
2		FIL400NA-B	FILTER ELEMENT 400NA (RECOVERED)	438,98	438,98	877,96 €
2		GAS-OR-512-SW904610	O-RING FOR SIGHT GLASS TYPE SW 90.46.10	15,41	15,41	30,82 €

JUNTA DE 3mm CERTIFICADA PARA NH2						
1	N2	TEMAC PLUS 2MM	CARTÃO PARA EXECUÇÃO DE JUNTAS DE TAMPA DE FILTRO	62,90	62,90	62,90 €
25	L1	RISSOLVE ESPECIAL	ASPIRAÇÃO E JUNTA DE VÁLVULA DE RETENÇÃO	3,05	3,05	76,25 €
TOTAL						€ 1 982,75

Nota: A listagem anterior é uma listagem de peças tipo aconselhadas pelo fabricante para o número de horas apresentado pela máquina considerando uma utilização normal dentro dos limites de serviço indicados para funcionamento.
 A lista final só poderá ser elaborada depois da abertura do compressor, essa lista poderá alterar os valores apresentados e será enviada para V/ conhecimento. Nenhuma peça será suprimida ou acrescentada sem a V/ autorização escrita.

Preços IVA excluído:

6 820,91 €

Montagem: Não incluída (objeto de outra proposta)

Garantia: Garantimos os n.º produtos contra defeitos de fabrico devidamente justificados pelo prazo de 1 ano

Prazo de entrega: 3 a 4 dias úteis

Local de entrega: V/ instalações de Figueira da For

Figura 20 - Orçamento nº1 para manutenção do compressor (2/2)

COFISA-CONSERVAS DE PEIXE DA FIGUEIRA,SA
 TERRAPLENO DO PORTO DE PESCA
 3800-8 GALA SAO PEDRO
 FIGUEIRA DA FOZ
 00351 223704338
 PT501193545
 A/A :

Página: 1 / 2

Serie	Número	Fecha	Cód.Cliente	Descripción del presupuesto
VI	0000001167	31/07/20	00001174	REVISION COMPRESOR Y BOMBA MYCOM 75.000H.

Referencia	Denominación	Tipo	Uds	Precio	%Dto	Importe					
Partida	Partida 1										
	A CONTINUACIÓN LES ENVIAMOS NUESTRO PRESUPUESTO PARA LOS TRABAJOS QUE SE DESCRIBEN A CONTINUACIÓN DESMONTAR EL COMPRESOR DE LA UNIDAD Y TRASLADO A TALLER, REVISIÓN DEL COMPRESOR EN NUESTRAS INSTALACIONES, MONTAJE Y ALINEADO CON ALINEADOR LASER EN SUS INTALACIONES Y PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA. LOS REPUESTOS INCLUIDOS PARA LA REPARACIÓN DEL COMPRESOR SON: 200V/LD JUEGO JUNTAS COMPRESOR 200V/SD JUEGO JUNTAS TORICAS (BUNA-N) 200V/VLD.G JUEGO ARANDELAS SEGURIDAD JGO. ARANDELA SEGURIDAD SOPORTE RODAMIENTOS 200S/ CONJUNTO PISTON/CAMISA EQUILIBRIO. 200S/LDH COJINETE PRINCIPAL DE APOYO (SIN JUNTA) 200S/L COJINETE LATERAL DE APOYO (SIN JUNTA) 200S/L /PAR DE RODAMIENTO DE EMPUJE AXIAL 200S/L 200V CIERRE DE ACEITE JUNTA TORICA BLW-200 (LADO SELLO) NEO JUNTA TORICA BLW-200 (LADO ASIENTO) NEO CASQUILLO CIERRE DE ACEITE 200V JUNTA TEFLON PISTON DESCARGADOR 200S/L BE125 JUNTA TEFLÓN TAPA INDICADOR (NBR) VH18 RODAMIENTO DE BOLAS #6000 RESORTE TAPA DESCARGADOR ANILLO DE RETENCIÓN JBSB2804 S10 TUERCA DE SEGURIDAD AN13 TUERCA DE SEGURIDAD AN07 CASQUILLO TEFLON. 200VD ARANDELA TEFLON DE EMPUJE 200VD ARANDELA SEGURIDAD PATINAZO TORSIONAL 200S/L ARANDELA NUEVA 200S/L ARANDELA FINA AJUSTE HOLGURA AXIAL 200S/L 0.03 ARANDELA FINA AJUSTE HOLGURA AXIAL 200S/L 0.05 ARANDELA FINA AJUSTE HOLGURA AXIAL 200S/L 0.1 TOTAL REPARACIÓN COMPRESOR						Unk.	1,00	10.038,500		10.038,50

Figura 21 - Orçamento nº2 para manutenção do compressor (1/2)

COMP. N° 5

COFISA-CONSERVAS DE PEIXE DA FIGUEIRA, SA
 TERRAPLENO DO PORTO DE PESCA
 3800-8 GALA SAO PEDRO
 FIGUEIRA DA FOZ
 00351 223704339
 PT501193545
 A/A :

Página: 2 / 2

Serie	Número	Fecha	Cód. Cliente	Descripción del presupuesto
VI	0000001187	31/07/20	00001174	REVISIÓN COMPRESOR Y BOMBA MYCOM 75.000H.

Referencia	Denominación	Tipo	Uds	Precio	%Dto	Importe
	DESMONTAR LA BOMBA DE LA UNIDAD Y TRASLADO A TALLER, REVISIÓN DE LA BOMBA EN NUESTRAS INSTALACIONES Y MONTAJE, PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA EN SUS INSTALACIONES LOS REPUESTOS INCLUIDOS PARA LA REPARACIÓN DE LA BOMBA SON: JUEGO DE JUNTAS TORICAS, M50P (NBR) JUEGO DE COJINETES (AL) M50P/F50P CONJUNTO PRENSA M/F50P (HNBRG80) JUNTA VALVULA SEGURIDAD, M50P/F50P/F60P JUNTA JIS 20K, 40A JUNTA JIS 20K, 32A					
	TOTAL REPARACIÓN BOMBA	Uni.	1,00	1.987,0000		1.987,00
	NO SE INCLUYE CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS REPUESTOS ADICIONALES A LOS INDICADOS O CROMADO DE PIEZAS EN CASO DE SER NECESARIOS UNA VEZ DESMONTADO EL COMPRESOR SE FACTURARÁN A PARTE POR ADMINISTRACIÓN					12.025,50

Precios válidos para la mercancía en nuestros almacenes. No incluye transporte salvo indicado

Observaciones: V20P3062

Validez de la oferta 30 días

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Bruto</th> <th>%Dto</th> <th>Importe Dto.</th> </tr> <tr> <td>12.025,50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">TOTAL PRESUPUESTO</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">(IVA no incluido)</td> </tr> <tr> <td>12.025,50</td> <td></td> <td>EUR</td> </tr> </table>	Bruto	%Dto	Importe Dto.	12.025,50			TOTAL PRESUPUESTO			(IVA no incluido)			12.025,50		EUR	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Realizado por:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nombre</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma</td> <td></td> </tr> </table> GUSTAVO A. CASTRO LIMA gustavocastrolima.com	Realizado por:		Nombre		Firma		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Aceptado por:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nombre</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DNI</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Firma</td> <td></td> </tr> </table>	Aceptado por:		Nombre		DNI		Firma	
Bruto	%Dto	Importe Dto.																													
12.025,50																															
TOTAL PRESUPUESTO																															
(IVA no incluido)																															
12.025,50		EUR																													
Realizado por:																															
Nombre																															
Firma																															
Aceptado por:																															
Nombre																															
DNI																															
Firma																															

Figura 22 - Orçamento nº2 para manutenção do compressor (2/2)

3.4 Testes no tanque da salmoura e reposição do nível de sal

São feitos testes mensais à água do tanque da salmoura, de forma a assegurar que está nas condições ideais de funcionamento. O teste é feito com a recolha de uma amostra do tanque que segue para os laboratórios da fábrica.

Para o tanque da salmoura atingir os -18°C que é a temperatura ideal de congelação (cavala, sardinha, carapau, douradas, robalos), a densidade do tanque da salmoura convém estar entre os 21 e os 22 graus de Baumé, medidos através do densímetro apresentado na Figura 22. Outro aspeto a ter em atenção é o aspeto da salmoura, a sua cor, que fica mais escura conforme os tipos de peixe que por ela passam, por exemplo a cavala é um peixe que liberta muito sangue e a limpeza da água (de escamas e restos de peixe) é realizada após cada utilização.

Para garantir os parâmetros de mais alta qualidade mesmo que a água esteja com um bom nível de limpeza e com a densidade indicada, a água do tanque é mudada todos os anos (prevenção de agentes histamínicos).



Figura 23 - Densímetro de Baumé (Cofisa2)



Figura 24 - Sal para aplicar no tanque de salmoura (Cofisa2)

3.5 Arrumação de espaço exterior, gestão e reciclagem de resíduos

A empresa aplica uma política de boas práticas tendo como prioridade o respeito pelas normas de segurança a nível humano e ambiental.

Alguns dos equipamentos de manuseamento, seleção, lavagem, tratamento e transformação do pescado foram substituídos por outros de maiores dimensões e por equipamentos mais recentes e energeticamente mais eficientes.

Os equipamentos substituídos foram trazidos para o exterior da fábrica, tendo-se procedido ao desmantelamento dos mesmos. Os principais objetivos deste desmantelamento foram reaproveitar peças como parafusos, anilhas e veios em inox em bom estado para usar futuramente, motores e blocos que ainda estavam funcionais e em bom estado ficam como peças de reserva. Os restantes foram separados por tipos e posteriormente recolhidos por uma empresa externa de gestão de resíduos. Ver Figuras 24, 25 e 26.

Outro ponto que se verificava até a data na empresa era a acumulação de paletes que não estão em condições de serem utilizadas, que eram colocadas num monte no exterior (Figura 27). Foi estabelecido contacto com uma empresa externa que se deslocou até ao local para efetuar a recolha destas mesmas paletes danificadas e foi estabelecido um acordo com esta empresa para que no futuro na necessidade de compra de paletes, estas tenham um desconto de parceiro de negócio aplicado e que permita à Cofisa a compra de paletes a um preço mais baixo.



Figura 25 – Vista exterior antes do encaminhamento dos resíduos (Cofisa2)



Figura 26 - Vista exterior após o encaminhamento dos resíduos (Cofisa2)

Foi possível separar os diferentes componentes metálicos e no final do processo foi possível contabilizar um total de:

- 6620 kg de ferro, dos quais 2360 kg correspondentes a latas metálicas;
- 1340 kg de aço inox;
- 362 kg de alumínio;
- 32 kg de cobre.



Figura 27 - Gestão de resíduos metálicos (Cofisa2)



Figura 28 - Paletes danificados no exterior da fábrica (Cofisa2)

3.6 Reposição de amoníaco no circuito de refrigeração

A verificação do nível de amoníaco no sistema é uma tarefa recorrente de forma a assegurar o bom funcionamento da instalação e durante o período de estágio, foi possível acompanhar o processo de enchimento do depósito. Deve-se controlar se a carga de fluido frigorífico na instalação é a necessária e suficiente, verificando-se frequentemente o nível de refrigerante liquefeito no depósito de acumulação e nos separadores de líquido. Esta verificação é feita regularmente pelo pessoal responsável, neste caso, os mecânicos da empresa.

De forma a efetuar a manutenção no sistema para a reposição dos níveis de amoníaco, teve de se proceder a uma paragem do mesmo. Estudos efetuados demonstram que se pode parar durante algumas horas a produção de frio, sem

prejudicar a conservação dos produtos armazenados, desta forma procedeu-se a uma paragem temporária da instalação.

Uma vez completa a manutenção da instalação frigorífica, e antes de isolá-la, é normal haver um ensaio de resistência e estanquidade, seguido da secagem interior da instalação sob vácuo. Antes de efetuar este procedimento, deve ter-se o cuidado de fechar todas as válvulas de corte do compressor, para isolá-lo completamente do resto da instalação, a fim de se evitarem danos nos buçins.

Após terminados os trabalhos de isolamento, pode então proceder-se à carga ou enchimento da instalação com fluido frigorigéneo para posteriormente se dar início ao arranque da instalação.

O procedimento de carga da instalação foi feito de acordo com as diretrizes técnicas da empresa H. Seabra, que se encontram descritas na Tabela 10, tendo sempre em atenção os níveis de óleo dos componentes do sistema, e os valores dos manómetros de pressão de forma a garantir que se está a operar dentro dos níveis de segurança. Devem seguir-se, de forma meticulosa, as direções do manual da empresa projetista.

Tabela 10 - Procedimento de carga da instalação (adaptado do manual de procedimentos da empresa H.Seabra)

Procedimento de Carga da Instalação
1.1 Proceda-se ao enchimento com óleo lubrificante, dos cárteres, dos compressores e dos respetivos separadores de óleo. 1.2 Efetua-se a regulação dos pressostatos de segurança dos compressores, os quais depois da instalação ter amoníaco serão testados rigorosamente. 1.3 Estando todas as válvulas da instalação fechadas, abrem-se as seguintes válvulas: a) Válvula de regulação de admissão ao separador de líquido de alta pressão (toda aberta) b) Válvula de by-pass de admissão ao separador de líquido c) Válvula da árvore de níveis do separador de líquido d) Válvula de saída dos gases do separador para os compressores e) Válvula de compressão do compressor f) Válvula de entrada no condensador 1.4 Liga-se manualmente o sistema de refrigeração do condensador, ficando assim a água de arrefecimento a recircular e os moto-ventiladores em serviço. 1.5 Ligar o camião-cisterna de amoníaco com as garrafas à válvula de carga de amoníaco da instalação, a jusante da garrafa de acumulação. 1.6 Abre-se cuidadosamente a válvula do camião ou da garrafa e depois, muito lentamente, a válvula de carga da instalação; o amoníaco entra assim na instalação que estava sob vácuo diretamente para o separador de líquido de alta pressão. Pelos níveis de segurança do separador controla-se o enchimento deste com amoníaco. 1.7 Quando o amoníaco atingir o nível de trabalho do separador, abre-se a válvula de saída da garrafa de acumulação para se iniciar o seu enchimento, o que se controla pelo seu visor de nível. 1.8 Se a instalação possuir separadores de líquido de baixa pressão, procede-se ao seu enchimento abrindo-se as respetivas válvulas (ver alínea 3). 1.9 A dada altura da operação de carga dos separadores e garrafa, a pressão nestes depósitos equilibra-se com a pressão no camião-cisterna ou nas garrafas, pelo que é necessário por um

compressor em serviço para baixar a pressão e poder carregar-se a instalação com mais amoníaco. Antes de arrancar um compressor convém rodá-lo à mão previamente, sobretudo depois de uma paragem prolongada daquele, abrir a válvula de saída do separador de óleo para o compressor, a válvula de saída do condensador para a garrafa e fechar a válvula de saída da garrafa de acumulação. Arranca-se então um compressor de alta pressão, em serviço manual, abrindo muito lentamente a respetiva válvula de aspiração, de modo a não permitir que a pressão de sucção suba demasiado. Em regra, não se deve deixar ultrapassar os 4 bares manométricos (+4 a +5 °C).

1.10 A carga da instalação deve dar-se por terminada, quando a garrafa de acumulação estiver cheia até 2/3 da sua altura e o nível de amoníaco no separador ou separadores de líquido estiver sensivelmente a meio da altura entre o nível de trabalho e o nível máximo de segurança. Se a instalação tiver um separador multitubular, tipo “Shell-and-tube”, este deve ficar cheio com amoníaco somente até ao seu nível de trabalho. A verificação dos níveis de enchimento deve ser efetuada com o amoníaco às temperaturas de regime da instalação.

1.11 Para quebrar o vazio residual num circuito de baixa pressão da instalação, abrir as válvulas seguintes:

- a) Válvula de “by-pass” da bomba de recirculação para o separador de líquido;
- b) Válvulas de aspiração das câmaras;
- c) Válvula de entrada no separador da linha de retorno geral das câmaras.

1.12 Fechar a Válvula de “by-pass” de admissão ao separador de líquido e abrir as válvulas de corte antes e depois da electroválvula de admissão de líquido no separador, confirmando se esta última está em serviço. Deixar 3 a 4 voltas aberta a válvula de regulação de admissão ao separador.

1.13 Abrir as válvulas de corte montadas antes e depois das electroválvulas do gás quente de descongelação dos evaporadores, bem como, a válvula de corte geral de gás quente que se encontra na sala de máquinas.

Para o arranque da instalação, o procedimento incluiu os passos descritos na Tabela 11, com especial atenção para os órgãos de segurança do sistema deverem ser regulados de forma precisa e sequencial, seguindo de forma meticulosa as indicações da empresa projetista.

Tabela 11 - Procedimento de arranque da instalação (adaptado do manual de procedimentos da empresa H.Seabra)

Procedimento de Arranque da Instalação
• Ajuste dos órgãos de segurança e regulação. • Antes de dar-se início ao arranque da instalação, devem afinar-se definitivamente os pressostatos de segurança dos compressores frigoríficos. O valor do disparo dos pressostatos de segurança verifica-se pondo o compressor em serviço manual e fechando lenta e progressivamente a válvula de aspiração, no caso do pressotato de segurança de baixa pressão, ao mesmo tempo que se observa o manómetro de aspiração para lermos o valor da pressão a que o compressor para. No caso do pressostato de alta pressão, parar a bomba de água e os moto-ventiladores do condensador, para que a pressão do compressor em marcha suba e se leia o valor do disparo no manómetro da compressão. O pressostato de segurança da pressão do óleo lubrificante, em regra geral, vem já regulado de fábrica com o compressor, no entanto, devemos de verificar com o compressor frigorífico em funcionamento se a pressão de compressão do óleo é superior em 1,2 / 1,5 bares à pressão de aspiração (=pressão no cárter), valor este que varia com o modelo de compressor. Por outro lado, ensaiar este pressostato de segurança, premindo o dispositivo de teste no seu interior, para contatarmos, se decorrida a respetiva temporização, o compressor para. Caso não tenha dispositivo de teste, tirar os fusíveis de alimentação do motor elétrico e ligar o compressor normalmente, o qual não arrancando faz subir a pressão do óleo, o q é assinalado pelo pressostato. • Uma vez certos de que os órgãos de segurança dos compressores estão devidamente regulados, procede-se ao ajuste dos órgãos de regulação dos compressores. Os sistemas de regulação para controle do funcionamento dos compressores e dos seus escalões de potência podem ser de diversos tipos. Os sistemas mais utilizados, consistem em um ou mais pressostatos de baixa pressão escalonados ou são constituídos por um pressostato de baixa pressão com zona neutra que comanda uma árvore de cames para ligar ou desligar os compressores e respetivos escalões, havendo um pressostato auxiliar, designado de “pump-down”, para arranque e paragem do compressor que estiver em primeiro lugar na cascata. • Para ajustarmos o sistema de regulação dos compressores, estes serão postos em serviço automático e, ou bem que a pressão no respetivo separador está alta de modo a mantê-los em serviço ou, se necessário, arrancaremos a fazer frio para uma câmara. • A regulação ficará efetuada, se a pressão de evaporação de regime se mantiver constante no manómetro de aspiração independente do número de compressores que estiver em serviço. • Estando os compressores em serviço automático, o pressostato de “pump-down” pode ser regulado fechando lenta e progressivamente a válvula de aspiração do primeiro compressor de cascata. Pode-se também nesta fase ajustar o sistema de regulação de pressão de condensação, ou seja, a marcha dos ventiladores, do condensador evaporativo, verificando-se com o decorrer do arranque se a pressão de condensação se mantém no valor de regime pretendido.

3.7 Acompanhamento da entrada em serviço de uma câmara de refrigeração

Para que uma câmara de refrigeração entre em serviço é necessário que tenha decorrido pelo menos um mês após a sua construção para permitir-se a secagem de todos os seus materiais, principalmente o betão.

Se a instalação frigorífica possuir câmaras de refrigeração e de congelados deve em princípio, para se facilitar o arranque, pôr primeiramente em serviço as câmaras de refrigerados, visto a temperatura de regime destas se atingir mais rapidamente. Quando da entrada em serviço das câmaras há que garantir, sobretudo para as câmaras de congelados que o abaixamento da temperatura se processe gradual e lentamente de modo a serem evitadas variações bruscas de temperatura.

Este procedimento foi adotado para uma das câmaras devido a problemas com o pavimento, em que teve de se proceder à remoção do mesmo e colocar isolamentos apropriados visto que os anteriores estavam degradados devido a infiltrações que ocorreram devido a erros de construção, na zona de vazão sanitário na parte inferior da câmara.

Assim, ao pôr em serviço qualquer câmara, devem-se seguir rigorosamente as seguintes regras:

1. Manter as portas das câmaras ligeiramente abertas, fechando-as ao aproximarmos da temperatura de regime.
2. Desde a temperatura ambiente até aos 0° C, a descida não deve exceder 15° C em cada 24 horas.
3. Ao ser atingida a temperatura dos 0° C, deve aí permanecer, a fim de facilitar a secagem dos materiais e a estabilização dimensional do isolamento. Este tempo, em qualquer dos casos, nunca deve ser inferior a 48 horas.
4. Desde a temperatura dos 0° C até à temperatura de serviço, a descida não deve ultrapassar 5° C, em cada 24 horas.

Face aos valores da temperatura das câmaras, a atingir gradualmente como acima indicado, regular os termostatos de todas as câmaras.

Se as câmaras forem de grandes dimensões deve-se pôr em serviço uma câmara de cada vez. Caso tenhamos câmaras de pequena capacidade, podemos fazer o arranque por grupos.

Para iniciar o arrefecimento da câmara, devem-se abrir as válvulas manuais de corte de entrada e de saída do(s) evaporador(es) e de seguida, regular a abertura das válvulas de regulação da linha de líquido. Ligar também, em serviço manual, as electroválvulas de admissão e de saída dos evaporadores e pôr em serviço manual o condensador e um compressor, este a capacidade reduzida, para baixar a temperatura no separador de líquido para o valor de regime de evaporação.

Logo que qualquer compressor, ou compressores, estejam em funcionamento, é fundamental que se controle frequentemente a temperatura de compressão, a temperatura de aspiração e a pressão do óleo lubrificante.

Seguidamente, devem-se abrir as válvulas de entrada e saída da eletrobomba de recirculação do amoníaco do respetivo circuito e arrancar com a eletrobomba de amoníaco. Verificar se esta ferra e regular o respetivo “by-pass”.

Decorrido algum tempo, verificar por apalpação se os coletores de admissão e de saída dos evaporadores estão frios, o que é sinal de que as manobras efetuadas estão corretas e de que o amoníaco está a passar pelos evaporadores.

Ligar então manualmente os moto-ventiladores do(s) evaporador(es).

Verificar o valor da temperatura de evaporação no separador de líquido e, caso esteja elevada, pôr em serviço manual mais escalões do compressor ou outro compressor. Caso aquela temperatura esteja muito baixa, passar os compressores para serviço automático.

Controlar o nível de amoníaco na garrafa de acumulação e o valor da pressão de condensação.

Verificar o nível de amoníaco no separador de líquido para constatar se a válvula de regulação de admissão do líquido proveniente da garrafa tem o grau de abertura devido, mantendo-se o nível mais baixo ou menos constante e próximo do nível de trabalho.

Verificando-se que a temperatura da câmara está a descer, passar para serviço automático o condensador, os compressores, a eletrobomba de amoníaco, os moto-ventiladores dos evaporadores e as respetivas válvulas eletromagnéticas de admissão e de saída do amoníaco, bem como, as do gás quente de descongelação.

Com a sala de máquinas e a câmara em funcionamento automático, podemos então pôr em serviço sucessivamente as restantes câmaras frigoríficas.

Durante o processo de arranque de uma instalação nova ou de uma já existente, mas na qual se fizeram alterações, é normal verificarem-se frequentes entupimentos nos filtros montados nas admissões de líquido de gás quente aos evaporadores, entupimentos esses originados pelo arrastamento de sujidades, escórias e calamina das tubagens.

Há duas ações que fazem parte deste processo e as quais pude presenciar durante o estágio: a **limpeza de filtros** e a **purga de ar**.

Quanto à **limpeza de filtros**, a obstrução do filtro da linha de líquido impede que a temperatura da câmara desça, notando-se por outro lado que ocorre congelação na superfície exterior da tubagem de admissão aos evaporadores, provocando a paragem do sistema.

Para se proceder à limpeza de um filtro, fechar a válvula de corte a montante desta, energizar ou abrir manualmente a electroválvula a jusante, manter os ventiladores do evaporador em serviço. Aquecer em seguida com um secador industrial elétrico, o filtro e a tubagem anexa, para expulsar o amoníaco desse troço de tubagem, até não haver evaporação, pelo que o tubo deixa de ficar frio. Fecham-se então a electroválvula e a válvula de corte a jusante do filtro. Desapertar lenta e cuidadosamente a tampa do filtro, retirar o crivo, limpá-lo e secá-lo, de preferência com ar comprimido.

O operador que proceda a esta limpeza, deve efetuá-la com máscara de proteção de gás e com luvas. Depois de montado o filtro, abrir a válvula a montante deste e desapertar muito ligeiramente uma flange da electroválvula para que o amoníaco ao sair daí, arraste o ar que entro no troço da tubagem durante a operação de limpeza; reapertar a flange e abrir a válvula de corte a jusante e pôr a electroválvula em serviço.

A limpeza dos filtros (exterior e interior) de proteção das eletrobombas de recirculação de amoníaco, processa-se dum modo semelhante à limpeza acima descrita, neste caso, após expulsarmos o amoníaco, podemos inclusivamente fazer o vácuo da bomba.

Sobre a **purga de ar**, antes de se proceder ao arranque da instalação, devido à operação de carga de amoníaco e às frequentes limpezas dos filtros, temos sempre que considerar a entrada de apreciáveis quantidades de ar na instalação. Este ar faz subir a temperatura de regime na condensação, traduzindo-se em maiores temperaturas na descarga dos compressores e originando um consumo de energia desnecessário.

Se a instalação frigorífica não tiver um purgador automático de ar e gases não condensáveis, teremos de efetuar a operação de purga manualmente.

O ar no lado da alta pressão de um circuito frigorífico pode-se encontrar no condensador ou na garrafa de acumulação.

A maior parte do ar encontra-se no condensador, quando a temperatura ambiente à volta da garrafa é superior à temperatura do amoníaco condensado. Neste caso, dá-se uma reevaporação do líquido contido na garrafa que retorna ao condensador, arrastando consigo o ar para aquele.

A maior parte do ar encontra-se na garrafa, quando a temperatura do líquido condensado é mais elevada que a temperatura ambiente à volta da garrafa. Neste caso origina-se a condensação de algum gás na garrafa, pelo que a depressão resultante arrasta o ar para a garrafa.

Para purgar o ar eficientemente, deve-se parar a instalação frigorífica, mantendo o condensador em funcionamento se quisermos purgar o ar neste, parando o condensador se quisermos purgar o ar na garrafa. A purga efetua-se ligando uma mangueira resistente e apropriada à respetiva válvula de purga e mergulhando o extremo livre da mangueira num latão com água, colocando ao ar livre.

Abre-se muito lentamente a válvula de purga, até começarem a aparecer regularmente bolhas na superfície livre da água. Estas bolhas são ar e gases não condensáveis que, por vezes, nem cheiram a amoníaco, o qual fica dissolvido na água.

De acordo com as indicações fornecidas pela empresa H. Seabra – Frio Industrial, durante a fase de arranque é muito importante o controlo do arranque da instalação e do equipamento, com o condutor a ter que observar frequentemente os seguintes elementos (Tabela 12):

Tabela 12 - Elementos a verificar na fase de arranque da câmara

Elementos a verificar na fase de arranque da câmara
a) Nível de óleo nos cárteres dos compressores;
b) Pressão do óleo de lubrificação;
c) Pressão e temperatura de aspiração dos compressores
d) Pressão e temperatura de compressão dos compressores
e) Amperagem consumida pelos compressores;
f) Funcionamento dos acoplamentos dos compressores;
g) Frequência dos arranques, paragens dos compressores e frequência de entrada e saída dos respetivos escalões de potência;
h) Pressão de condensação;
i) Nível de amoníaco na garrafa de acumulação;
j) Nível de amoníaco nos separadores de líquido;
k) Pressão e temperatura nos separadores de líquido;
l) Pressão de compressão das bombas de recirculação do amoníaco;
m) Temperatura nas câmaras;
n) Processamento das descongelações

Fonte: H. Seabra

Sobre a paragem de uma instalação frigorífica há dois cenários que podem ser considerados: a paragem temporária e a paragem prolongada.

Durante o período de estágio só ocorreram paragens temporárias devido à situação descrita acima neste subcapítulo. As paragens temporárias são mais frequentes devido à necessidade de intervenção em alguns componentes como válvulas, evaporador, condensador, entre outros. Os procedimentos seguidos pelos técnicos responsáveis quando há necessidade de uma paragem temporária da instalação estão mencionados no próximo ponto.

No caso de uma paragem temporária, de algumas horas, originada por exemplo pela necessidade de uma pequena reparação, devem efetuar-se as manobras seguidamente indicadas:

- Paragem das bombas de recirculação do amoníaco;
- Colocar fora de serviço todas as válvulas eletromagnéticas e moto-ventiladores dos evaporadores das câmaras frigoríficas. Evitar a abertura das portas isotérmicas das câmaras durante a paragem da instalação.
- Após a paragem automática dos compressores, colocação a zero dos seus comutadores e fecho das respetivas válvulas de corte da aspiração.
- Verificar se nos separadores de líquido, os níveis de amoníaco correspondem à electroválvula de admissão fechada e se estão abaixo do nível máximo de segurança;
- Passar o condensador para serviço manual e aproveitar a paragem para purgar o ar da instalação.

É absolutamente necessário antes de voltar a arrancar com a instalação que se controle a subida de temperatura nas câmaras. Se esta subida for apreciável, entreabrir as respetivas portas isotérmicas antes de fazer frio para as câmaras.

Ao trabalhar com este tipo de equipamentos frigoríficos, uma das situações que pode acontecer é uma **fuga de amoníaco**. A empresa tem um plano de segurança para o caso da ocorrência de uma fuga de amoníaco. Estes procedimentos estão presentes em diversas partes da fábrica, explicados por texto e imagens, e os funcionários são sujeitos pelo menos duas vezes por ano ao plano de prevenção e evacuação do local, por forma a que se algum dia ocorrer uma fuga de amoníaco de grandes dimensões, saibam quais são os procedimentos a seguir e que sejam aplicados da forma mais breve possível.

Constatando-se uma fuga de amoníaco, isola-se o local ou aparelho, fechando-se as válvulas. Eventualmente será necessário usar para este fim, máscara de gás ou até mesmo, o aparelho de respiração autónoma, presente na sala de máquinas. É recomendado o uso de luvas de borracha com punhos bem compridos e apertados. A fim de evitar irritações nas mucosas dos órgãos sexuais, recomenda-se o uso de calças de borracha ou mesmo roupa completa do mesmo material. Os vapores de amoníaco são removidos do ambiente por meio de ventilação. A peça defeituosa, no local de fuga, deverá ser envolvida com panos molhados. Escapando muito amoníaco, deve-se usar jato de água para absorver o amoníaco diretamente do local defeituoso. Uma vez que a água absorve o amoníaco, este efeito também pode ser usado para desgaseificar o ambiente.

O amoníaco puro não é explosivo. Somente misturado com o ar 13 a 27% volumétricos é que pode dar-se uma explosão. Esta concentração, porém, raramente ocorre.

Portanto, como medida de precaução recomenda-se evitar o uso de fogo aberto, maçaricos e aparelhos elétricos que produzam faíscas.

O amoníaco tem um odor característico muito forte de modo que qualquer fuga é logo detetada. O odor faz com que as pessoas abandonem o local muito antes da

concentração se tornar perigosa. De forma que assim é possível tomarem-se medidas de segurança para reparar o defeito o mais rapidamente possível. O odor típico

manifesta-se mesmo com uma concentração de somente 0,005%, o que corresponde a 0,03 g/m³. Mal-estar acentuado é constatado somente depois de permanecer hora e meia numa concentração de 0,035% ou seja com 0,2 g/m³. Neste caso, verificam-se irritações nos olhos e no nariz, acessos de espirros, salivação acentuada, suor, dores de cabeça e o rosto torna-se avermelhado. Os primeiros cinco minutos são muitos desagradáveis, depois verifica-se uma certa adaptação. Ao ar livre o mal-estar desaparece rapidamente. Em concentrações mais elevadas são atacadas as membranas, as mucosas dos olhos e a córnea, verificando-se acessos de tosse bem como manifestações de asfixia seguidas de vertigem e vômito.

Tabela 13 - O que fazer em caso de ingestão e contacto direto com amoníaco

	<i>Em caso de aspiração de vapores de amoníaco:</i> A fim de aliviar a respiração e acalmar a tosse liberte o pescoço e o peito e ponha um pano embebido com vinagre diluído levemente sobre a boca e o nariz, para que o acidentado respire vapores de vinagre. Se estiver presente um enfermeiro pode ser administrado um comprimido de codeína.
	<i>Caso engula uma solução aquosa que contém amoníaco:</i> Com o fim de diluir e neutralizar o amoníaco, o acidentado deve tomar, quanto antes, quantidades abundantes de vinagre diluído, sumo de limão ou limonada (alguns litros) até provocar vômitos. O vômito pode ser provocado também mediante água morna ou por introdução dos dedos na garganta. Após o vômito, deve-se tomar óleo vegetal, leite ou 3 claras de ovos. Não estando disponível quaisquer dos líquidos acima indicados, deve-se usar água morna. É preferível que a água morna seja usada sem demora do que esperar por outros medicamentos, deve ser ingerida em grande quantidade a fim de reduzir a concentração a um mínimo.

Formas de prevenir fugas de amoníaco e explosões

A promoção e prevenção da segurança e da saúde no trabalho são regulamentadas pela Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, alterada e republicada pela Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro, com as atualizações introduzidas pelo DL n.º 88/2015, de 28/05, pela Lei n.º 146/2015, de 09/09 e pela Lei n.º 28/2016, de 23/08. De forma a garantir a

segurança das pessoas e instalações, prevenindo ou reduzindo a ocorrência de acidentes de trabalho deve-se:

- 1- Seguir as normas de segurança e saúde no trabalho – que se rege pelas boas práticas nestes ambientes de trabalho, com o objetivo principal a prevenção e redução de acidentes de trabalho.
- 2- Ter um plano de emergência – As empresas devem estabelecer por escrito um plano de emergência e colocar em diversas zonas da unidade fabril de forma a que os trabalhadores saibam como agir no caso de existir uma fuga de amoníaco.
- 3- Realizar periodicamente a execução dos planos de emergência – Melhor do que conhecer o texto do plano de ação, é os colaboradores serem treinados de forma prática regularmente, o que vai dar uma garantia de que o plano escrito é suficiente e é a solução para os possíveis problemas que possam ocorrer.
- 4- Garantir ventilação adequada para manter a concentração do gás nos níveis mais baixos possíveis.
- 5- Possuir uma rede de sprinklers instalados em cima do depósito de amoníaco de forma a atenuar os incidentes em caso de fogo.
- 6- Manter os sistemas de prevenção e combate a incêndios em perfeito estado de funcionamento, bem como saídas de emergência desobstruídas e sinalizadas.
- 7- Sinalizar e identificar adequadamente os componentes da instalação incluindo a rede de distribuição da fábrica.
- 8- Realizar manutenção periódica das instalações elétricas próximas aos tanques. Estas devem ser em material à prova de explosão.
- 9- Utilizar mecanismos para deteção precoce de vazamento em pontos críticos, acoplados de um sistema de alarme.
- 10- Instalar um painel de controlo do sistema de refrigeração, que em caso de vazamento, acione automaticamente o sistema de alarme e o sistema de controlo e eliminação do amoníaco.

3.8 Substituição de eletrocutor de insetos na unidade fabril

O controlo de pragas é uma parte essencial das boas práticas de fabrico no processamento de alimentos do ponto de vista regulamentar, higiénico e económico.

Tal como refere a Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) “De acordo com o nº4 do Capítulo IX do Anexo II do Regulamento nº 852/2004 de 29 de abril e suas alterações, devem ser instalados processos adequados para o controlo de pragas, onde se incluem os insetos. Os métodos utilizados para o referido controlo, deverão ser concebidos de forma a evitar o desprendimento ou projeção de partículas, outras substâncias ou objetos nocivos, como por exemplo pequenos fragmentos resultantes da eletrocussão ou mesmo estilhaços de uma lâmpada rebentada. Assim, poderão ser utilizados quaisquer tipos de métodos, onde se incluem eletrocutores de insetos, insetocaçadores, insetocoladores, entre outros métodos que correspondam às características citadas.”

A empresa já possuía eletrocutores de insetos em diferentes zonas. O princípio de funcionamento destes aparelhos consiste em uma fonte de luz UV-A para atrair os insetos para uma rede elétrica de alta tensão, onde os insetos são eletrocutados e vão para a bandeja de recolha. O aparelho reflete a luz para ter um maior poder de atração. Foi decidido pela administração atualizar os equipamentos, visto alguns já não estarem em perfeito funcionamento, estando alguns com uma lâmpada partida ou com falhas no sistema elétrico (electrocussão dos insetos). O modelo escolhido foi o PROFLY CAPTOR 30 (Figura 28).



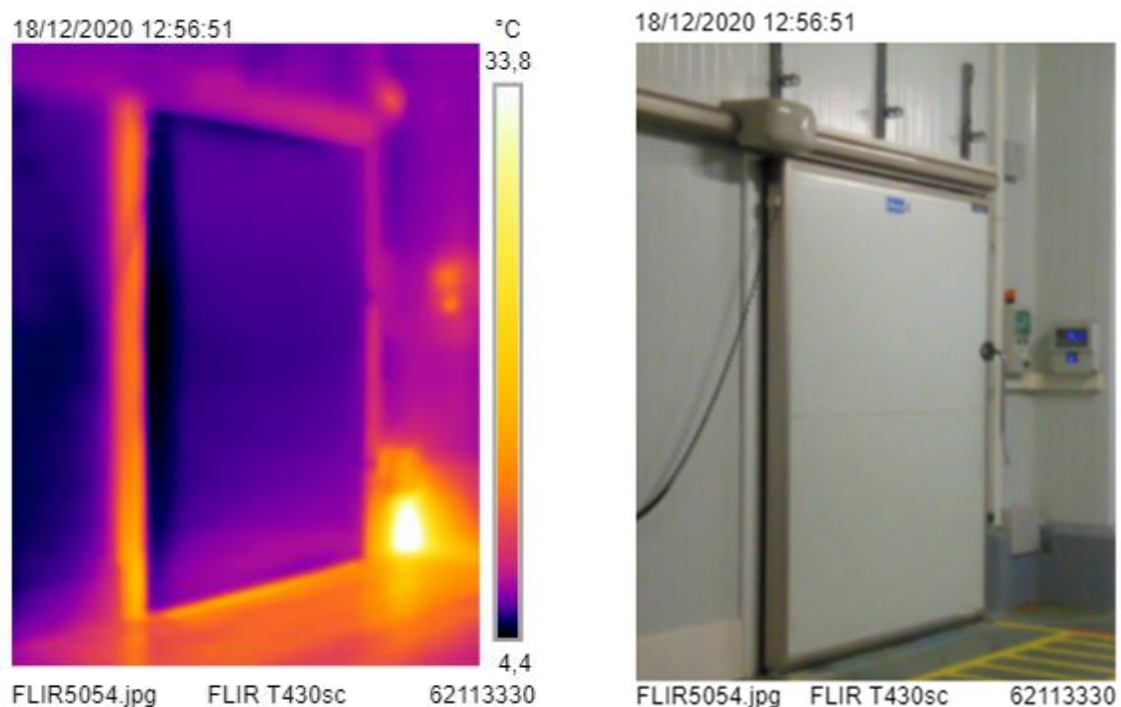
Figura 29 - Eletrocutor de insetos (Cofisa 2)

3.9 Análise com câmara termográfica

A manutenção preventiva consiste em intervenções que previnem avarias e diminuem a probabilidade de um ativo falhar antecipadamente, sendo possível detetar anomalias durante o funcionamento do componente/equipamento. Uma forma de análise preventiva é através de uma câmara termográfica.

A termografia é uma técnica bastante popular para indústrias de diferentes áreas, garantindo a eficácia máxima dos seus aparelhos com uma boa gestão de manutenção.

A análise termográfica é uma técnica de inspeção não invasiva, ou seja, que não interfere com o equipamento, funcionando na base da captação de radiação infravermelha emitida pelos corpos e correlacionando-a com a temperatura desses mesmos corpos. Isso ajuda, por exemplo, a identificar e medir alterações de temperatura nos equipamentos, o que permite um diagnóstico mais preciso e melhor controlo a respeito da eficiência e bom funcionamento dos mesmos.



Parameters

Emissivity	0.97
Refl. temp.	14 °C

Geolocation

Compass	70° E
---------	-------

Figura 30 - Resultados da análise termográfica às portas das câmaras (Cofisa 2)

Foram recolhidas várias imagens das portas das câmaras de congelados (Figuras 29 e 30), todas semelhantes, onde podemos observar que se encontram em perfeitas condições, nas extremidades da porta podemos observar que a temperatura é maior do que no centro da mesma, isto deve-se às resistências que estão implementadas na porta para que esta não crie gelo e funcione nas melhores condições.

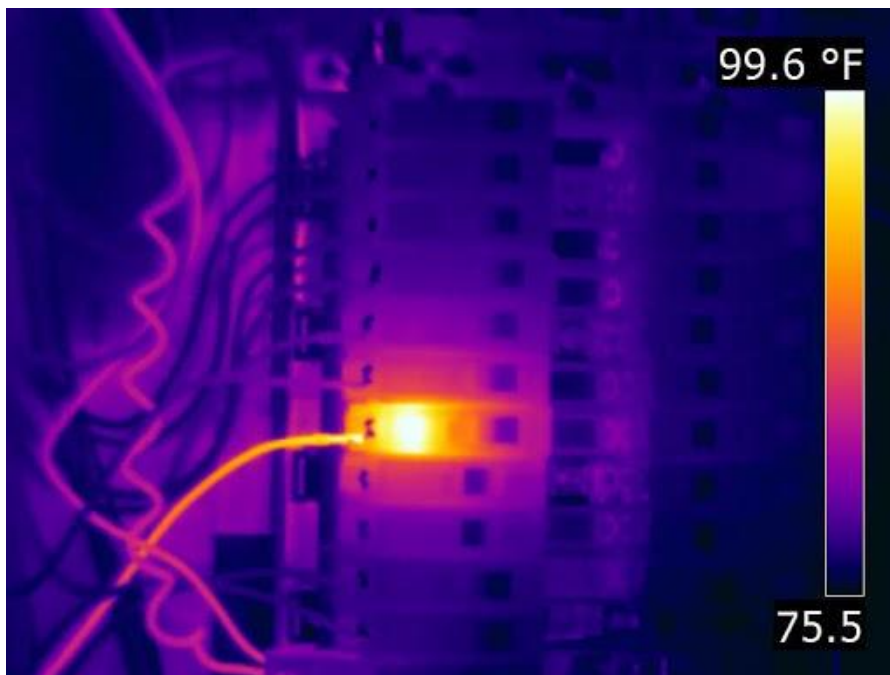


Figura 31 - Exemplo de uma imagem termográfica de um quadro elétrico

4. PROJETO DE CONVERSÃO DE UMA SALA DE TRABALHO EM CÂMARA FRIGORÍFICA

Nas instalações da Cofisa existe uma sala de trabalhos com utilização pouco frequente. Tendo em conta a necessidade de armazenamento de produto, propôs-se à empresa a conversão desse espaço numa câmara frigorífica.

Neste capítulo vai ser descrito de forma sucinta os métodos aplicados de forma a obter todas as condições e todos os cálculos para o dimensionamento de uma câmara frigorífica e seus componentes.

4.1 Cálculo da massa de produto

Para determinar o volume da câmara frigorífica seguiu-se o método das massas de produtor a armazenar, no qual existe uma relação entre diferentes parâmetros de modo a determinar a capacidade mínima da câmara com quatro variáveis: 1 - volume da câmara (m^3); 2 - massa de produto a conservar (kg); 3 - densidade de carga (D_c); 4 - fator de circulação de ar (F_c); 5 - fator de circulação de pessoas e equipamentos (F_p).

$$V_{\min} = \frac{m}{D_c} \times F_c \times F_p$$

Onde:

$V_{\min}$ – é o volume ou capacidade mínima da câmara [m³]

m – é a massa do produto a conservar, conhecida como carga [kg]

D_c – é a densidade de carga [kg/m³], extrai-se da tabela presente no Anexo I

F_c – é o fator de circulação de ar no interior [adimensional]

F_p – é o fator de circulação de pessoas e equipamentos no interior [adimensional]

A massa de produto a armazenar foi determinada seguindo o método das massas de produto a armazenar. A sala de trabalhos tem as seguintes dimensões: 13,15m de comprimento x 8,55m de largura x 6,51m de altura. O volume da câmara foi determinado sabendo as dimensões interiores da sala de trabalho e é de aproximadamente 700 m³. As condições higrotérmicas exteriores de projeto são: Temperatura de bolbo seco de 30,0 °C e humidade relativa de 50%.

A capacidade de armazenamento obtida através da conversão da sala de trabalho é de aproximadamente 105 toneladas de produto. Efetivamente,

$$m_{max} = \frac{700 \times 450}{1,33 \times 2,25} = 105263 \text{ kg} > 100000 \text{ kg}$$

Estes cálculos foram feitos com o objetivo de se verificar se os 700 m³ da câmara seriam suficientes para armazenar 100 toneladas de peixe, condição que se comprova, tornando este projeto exequível em termos de armazenagem.

Através da fórmula indicada em cima podemos verificar se o volume real ($V=700 \text{ m}^3$) é o necessário e suficiente. Isto significa que $m_{max} > 100000 \text{ kg}$, condição que se verifica. Isto significa que a câmara possui uma boa circulação de ar, uma vez que a carga real a introduzir será menor do que a carga máxima admissível ($m = 105263 \text{ kg}$).

De acordo com Loureiro (2015) e Monteiro (2016), a massa de produto a armazenar determinou-se sabendo a carga de géneros alimentícios que são introduzidos diariamente nas outras câmaras da fábrica (entrada diária) e a solicitação de produto que costuma haver diariamente (rotação diária).

Os géneros alimentares devem entrar na câmara previamente refrigerados. Caso entrem à temperatura ambiente, o cálculo limitará o valor de entrada de carga diária até a um máximo de 20%. Quando nada for indicado esse valor reduz-se a metade, ou seja, 10% da carga total. Neste caso os bens alimentares que vão entrar na câmara estão refrigerados a uma temperatura máxima de -14 °C. O valor utilizado de carga diária escolhido é de 10%.

A densidade de carga é referente à quantidade de produtos que podem ser corretamente acondicionados por unidade de volume de armazenagem. Seguindo as recomendações, optou-se pelo limite inferior do intervalo proposto para a densidade de carga do peixe (450kg/m³), porque o tempo de armazenagem é por vezes de várias semanas (Loureiro, 2015; Monteiro, 2016).

O fator de circulação de ar assume o valor de 1,33 nas câmaras frigoríficas, este incremento de um terço existe de forma a assegurar uma correta circulação de ar no interior da câmara e que o ar contacte com a superfície de todos os alimentos armazenados e a inexistência de espaços com ar estagnado (Loureiro, 2015; Monteiro, 2016).

Para câmaras frigoríficas com um volume superior a 50 m³ o fator de circulação de pessoas e equipamentos assume o valor de 2,25 valor referente ao espaço livre necessário para a livre circulação de pessoas e manobras de empilhador no interior da câmara frigorífica (Loureiro, 2015; Monteiro, 2016).

4.2 Cálculo das cargas térmicas

As cargas térmicas de arrefecimento de um espaço são a potência térmica que é necessária retirar desse mesmo espaço, de modo que a temperatura no seu interior seja constante e igual à estabelecida nas condições do projeto.

Neste capítulo vai ser feita referência aos ganhos térmicos por isolamento, por arrefecimento do produto, por respiração do produto, renovação de ar, arrefecimento das embalagens, perdas por estiva e entrada de pessoas na câmara, iluminação e perdas por funcionamento do evaporador.

Dados da nova Câmara Frigorífica

Dados: Entrada diária de produto 10 toneladas

Rotação diária: 10%

Densidade de carga: 450 kg/m³

Volume da câmara: 700 m³

Dimensões exteriores: C x L x H - 13,15 x 8,55 x 6,56 (m)

Dimensões interiores: C x L x H - 13,00 x 8,40 x 6,41 (m)

Balanco térmico:

$$Q_A = C \times L \times U \times \Delta t \times \frac{24}{h_{func}}$$

Onde:

Q_A – Perdas por isolamento	[W]
C – Comprimento	[m]
L – Largura	[m]
U – Coeficiente de transmissão térmica	[W/m ² • °C]
Δt – Diferença de temperatura	[°C]
t_{func} – Tempo de funcionamento do compressor por dia	[h]

A – Perdas por isolamento

As perdas por isolamento estão implícitas no que diz respeito à transferência de calor através de paredes, teto e pavimento da câmara frigorífica. O cálculo deve ser feito para cada uma das divisórias, visto estarem todas em contacto com diferentes ambientes. Os valores das espessuras de isolamento foram escolhidos tendo em

conta serem valores comuns recorrentemente utilizados e indicados para as condições apresentadas (Purever, 2020).

Tabela 14 - Perdas por isolamento

Superfície	C	L	U	Δt	Horas/24Horas		Perdas
Unidades	m	m	$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$^\circ C$	dia	h_{func}	W
Teto	13,00	8,40	0,16	42	24	16	894
Solo	13,00	8,40	0,059	35	24	16	338
Parede N	8,40	0,162	0,16	35	24	16	11
Parede S	8,40	0,162	0,13	35	24	16	11
Parede E	13,00	0,162	0,13	44	24	16	22
Parede O	13,00	0,162	0,13	35	24	16	14
						Total	1290

- Temperatura dos corredores adjacentes, do lado interior da fábrica: 10°C, 80%HR
- Solo: espessura de isolamento no pavimento: 80 + 80mm de PUR +200mm de betão armado

O isolamento térmico do pavimento desta câmara foi realizado pelo método tradicional, uma base que assenta no princípio do vazio sanitário, este tipo de pavimento permite a circulação de ar de modo que a humidade contida no solo não congele, provocando aumento de volume e consequente deformação do pavimento. De seguida aplica-se a barreira de vapor em tela betuminosa e dupla camada de placas de espuma rígida de poliuretano, é feita uma nova camada de barreira de vapor, uma tela de proteção aplicada no topo da barreira de vapor e o acabamento com laje flutuante em betão armado.

- Temperatura do solo a 1 metro de profundidade: 10 °C
- Espessura do betão armado: 200 mm
- Condutibilidade térmica do betão : 2,0 W/m.K

$$R_i = \frac{e}{k}$$

R – Resistência equivalente [m².K/W]

e – Espessura [m]

k – Condutibilidade térmica [W/m. K]

$$R_{betao} = \frac{0,2}{2,0} = 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{PUR} = \frac{0,08}{0,0228} = 3,51 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U_{equiv} = \frac{1}{Rt_1 + Rt_2 + \dots + Rt_n}$$

$$U_{solo} = \frac{1}{10,0 + 3,51 + 3,51} = 0,059 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

- Condições ambientes na zona acima do teto da câmara: 17°C, 60% HR
- Condições ambientes na envolvente da câmara (paredes N,S,O): 10°C, 90% HR
- Condições ambientes na sala de máquinas (parede a Este): 19°C, 60% HR
- Tipo de porta: Deslizante automática
- Quantidade de portas: 1
- Isolamento PUR: massa específica 40 kg/m³ ± 2 kg/m³, em conformidade com a norma UNE 92235 (Anexo V)
- Espessura do isolamento PUR: 150 mm
- Coeficiente de transmissão global (U) = 0,13 W/m² (valor típico para os 150mm de isolamento PUR) (Anexo V)
- Condutibilidade térmica: 0,0228 W/m.°C, em conformidade com a norma DIN 52612 (Anexo V)

Os valores de ganhos em potência térmicos para câmaras de temperatura negativa situam-se entre os 8 e 10 W/m² (Anexo V)

- Espessura de isolamento no teto – 150 mm
- Espessura de isolamento em paredes – 150mm
- Espessura de isolamento em pavimentos – 80 + 80mm de PUR +200mm de betão armado

Estes valores estão em conformidade com os isolamentos e os materiais utilizados nas outras câmaras da empresa que estão sujeitas às mesmas condições externas e que seguem os mesmos parâmetros de funcionamento da câmara projetada.

Quanto à construção das paredes, feita em painéis tipo sandwich com isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano injetado (PUR), atualmente é o material mais comum como isolamento na refrigeração (ASHRAE, 2017), e revestimento em ambas as faces em chapa de aço galvanizado, com acabamento termolacado nas face à vista exceto nas faces viradas à zona de laboração que têm acabamento em termoplastificado.

B – Perdas por arrefecimento do produto

As perdas por arrefecimento do produto correspondem à transferência de calor dos alimentos que entram na câmara a uma temperatura superior à temperatura de operação da câmara, o que representa um ganho térmico.

$$m_{\max} = \frac{V \times D_c}{F_c \times F_p}$$

Onde:

$m_{\max}$ - Valor máximo de carga a entrar diariamente na câmara frigorífica [kg]

V – Volume da câmara [m³]

D_c – Densidade de carga [kg/m³]

F_c – Fator de circulação de ar 1,33 (adim.)

F_p - Fator de circulação de pessoas e equipamentos 2,25 (adim.)

A carga máxima diária admissível de 10% corresponde a:

$$m_{diária} = 0,10 \times 105263 = 10526,3 \text{ kg}$$

A temperatura de entrada de produtos na câmara é de -10 °C, uma vez que são transportados e processados num ambiente climatizado, os alimentos ao entrarem na câmara vão ser arrefecidos até uma temperatura de -20 °C, durante 16 horas de funcionamento do compressor, o que resulta num diferencial de temperatura $\Delta t = 15$ °C (calor sensível)

Com base em Monteiro (2016) (cf. Tabela XIV.34), para os diversos géneros alimentícios, abaixo de 0 °C, aplica-se o valor $c_p = 1810 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, não existindo perdas por calor latente, visto o produto já ser rececionado a temperaturas negativas.

O algoritmo de cálculo para perdas por arrefecimento do produto ($\dot{Q}_b$) que assim se efetua por convecção e cuja potência térmica entra na câmara toma a expressão simplificada:

$$(\dot{Q}_b = \frac{m_{diária} \times c_p \times \Delta t}{t_{func}}),$$

O valor resultante para as perdas por arrefecimento do produto encontra-se na Tabela 15.

Tabela 15 - Perdas por arrefecimento

Perdas	$m_{diária}$	c_p	Δt	t_{func}	Perdas
	kg	J/kg·°C	°C	s	W
Por arrefecimento do produto	-	-	-	-	-
Por congelação do produto	10526,3	1810	15	16 x 3600	4962
Total					4962

C - Perdas por respiração do produto

Tem de se ter em conta que certos produtos vivos respiram, tais como os seres vivos, frutas, legumes, tubérculos, etc., e ao respirarem produzem CO₂ e calor.

Neste caso não existem perdas por respiração do produto (cf. Tabela XIV.34 de Monteiro, 2016), para os diferentes tipos de peixe, logo não existem perdas por respiração do produto.

D- Perdas por renovação de ar

As perdas por renovação de ar no interior da câmara podem advir de duas situações: Uma referente à abertura das portas da câmara e a outra relativa à renovação automática de ar, esta segunda é necessária quando os produtos alimentares a serem armazenados são produtos vivos e esta renovação automática promove a remoção do dióxido de carbono que é libertado durante a respiração dos mesmos, situação que não se verifica neste caso específico.

Considera-se que a câmara funciona a uma temperatura < 0 °C. De acordo com Monteiro (2016) (cf. Tabela XIV.30), para um volume de 700 m³ de recinto refrigerado, extraímos o valor de 2520 m³/24 horas para um fator de serviço forte.

Não existe sistema de renovação de ar, esta acontece apenas por abertura da porta e, para isso, é necessário calcular a potência térmica a retirar por cada metro cúbico de ar novo introduzido (a uma temperatura média de 10 °C). De acordo com Monteiro (2016) (cf. Tabela XIV.31), obtemos os seguintes valores:

- Temperatura da câmara: -20 °C
- Condições ambientes exteriores: 10 °C , 90% HR
- Calor introduzido por abertura de portas: 67,3 kJ/m³
- Algoritmo de cálculo para determinar as perdas por renovações de ar

$$\dot{Q}_D = \frac{Q_{\text{ren(ar)}} \times \dot{q}_{\text{(ren-ar)}} \times f_s}{t_{\text{func}}}$$

Onde:

$\dot{Q}_D$ – Perdas por renovação de ar	[W]
$Q_{\text{ren(ar)}}$ – Fator de retirada de calor por m ³ de ar	[J/m ³]
$\dot{q}_{\text{(ren-ar)}}$ – Renovações volumétricas de ar na câmara	[m ³ /24 h]
f_s - Fator de serviço 1,5 (Serviço forte)	(adim.)
t_{func} – Tempo de funcionamento por dia	[s]

Tabela 16 - Perdas por renovação do ar

Perdas	Perdas por renovação de ar				
	$V_{\text{ren(ar)}}$	$Q_{\text{ren(ar)}}$	f_s	t_{func}	Perdas
	m ³ /24 horas	J/m ³	Serviço	Tempo (s)	W
Por entrada automática de ar	-	67300	-	16 x 3600	0
Por abertura de portas	2520	67300	1,5	16 x 3600	4417
Total					4417

E- Perdas por arrefecimento das embalagens

No presente caso, a massa das embalagens (20kg) é negligenciada, tendo em conta que a massa de produto que cada palete carrega é muito superior à massa da própria paleta e visto o polietileno possuir um calor específico $c_p = 2,30 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, não sendo significativo o valor das perdas (Monteiro, 2016).

F- Perdas por estiva e entrada de pessoas na câmara

Nas câmaras frigoríficas de grande capacidade, a estiva dá origem a perdas que se operam na forma de trabalho mecânico, sobretudo quando se recorre à utilização de empilhadores, movidos a bateria elétrica e resultantes da atividade humana dentro da câmara.

Considerando nesta situação que se entra vinte vezes/dia (serviço forte) e que, a cada vez que se entra o operador ($n_{\text{pers}} = 1$) permanece na câmara um determinado tempo (t_1) de cerca de 3 minutos. A potência térmica (W) dissipada pelo empilhador será multiplicada pelo tempo (t_2).

Algoritmo de cálculo:

$$\dot{Q}_f = \frac{n_{\text{pess}} \times \dot{Q}_{\text{pess}} \times t_1 + Q_{\text{emp}} \times t_2}{t_{\text{func}}}$$

Onde:

$\dot{Q}_f$ – Perdas por estiva	[W]
n_{pess} – Número de pessoas	(adim.)
$\dot{Q}_{\text{pess}}$ – Potência térmica dissipada por pessoa	[W]
t_1 – Tempo de permanência de uma pessoa no interior da câmara	[s]
Q_{emp} - Potência térmica dissipada por empilhador	[kW]
t_2 – Tempo de permanência de um empilhador no interior da câmara	[s]
t_{func} – Tempo de funcionamento do compressor	[h]

De acordo com Monteiro (2016), a potência térmica dissipada por pessoa ($\dot{Q}_{\text{pess}}$) é calculada em função da temperatura interior da câmara (T_{int}):

$$\dot{Q}_{\text{pess}} = 272 - 6 \times T_{\text{int}}$$

Tabela 17 - Perdas por entradas de pessoas

Perdas	Perdas por entrada de pessoas e estiva			
	Pessoas	$\dot{Q}$	t	Perdas
	N	W	h	W
Entrada de pessoas	1	422	1	26
Empilhador	1	6000	1	375
Total:				401

Tempo de permanência de pessoas e empilhadores na câmara: 3 minutos

Entradas e saídas diárias: 20 vezes

G – Perdas por Iluminação

O parâmetro iluminação também é analisado, pois contribui para o aquecimento interno da câmara, através do calor que é dissipado pela mesma.

$$\dot{Q}_G = \frac{\dot{Q}_{\text{ilum}} \times A \times t}{t_{\text{func}}}$$

Onde:

$\dot{Q}_G$ – Perdas por iluminação	[W]
$\dot{Q}_{ilum}$ - Potência térmica dissipada por unidade de área do pavimento	[W/m ²]
A – Área do pavimento	[m ²]
t – Horas de funcionamento	[h]
t _{func} - Tempo de funcionamento do compressor	[h]

A potência térmica dissipada por unidade de área de pavimento ($\dot{Q}_{ilum}$) é de 12 W/m². O tempo de funcionamento destas é de 10 horas diárias e a área do pavimento é de 109 m². Obtemos um total de 817 W de perdas por iluminação.

H – Balanço térmico provisório

O balanço térmico a que a câmara se encontra sujeita durante 24 horas, será o somatório de todos os valores de cargas parciais do ponto A ao ponto G indicado pelos respetivos subtotais.

$$\dot{Q}_{evap} = \sum \dot{Q}_{A-G}$$

O que resulta no valor total de perdas de 11887 W.

I – Perdas por funcionamento do evaporador

As perdas por funcionamento do evaporador estão associadas ao calor dissipado pelos motores que acionam o funcionamento dos ventiladores e pelas resistências elétricas utilizadas para a descongelação da bateria evaporadora. Este valor está associado a uma fração da soma das cargas térmicas parciais calculadas nos pontos anteriores. É considerado o valor de 15% para espaços refrigerados com temperaturas inferiores a -1 °C, de acordo com ASHRAE (2017). Com o cálculo desta parcela podemos assumir que o funcionamento do evaporador vai implicar perdas de 1783 W.

J – Balanço térmico final

O coeficiente de segurança utilizado neste tipo de cálculos é de 10% na soma das cargas térmicas calculadas anteriormente.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 18 e Figura 31 de forma a mostrar o peso relativo de cada carga térmica em relação ao total.

Tabela 18 - Balanço final

	Câmara X
A – Isolamento	1290
B – Arrefecimento do produto	4962
C – Respiração do produto	0
D – Renovação de ar	4417
E – Arrefecimento de embalagens	0
F – Estiva	401
G - Iluminação	817
H – Evaporador	1783
Coeficiente de segurança	1367
Carga térmica total	15037

Perdas

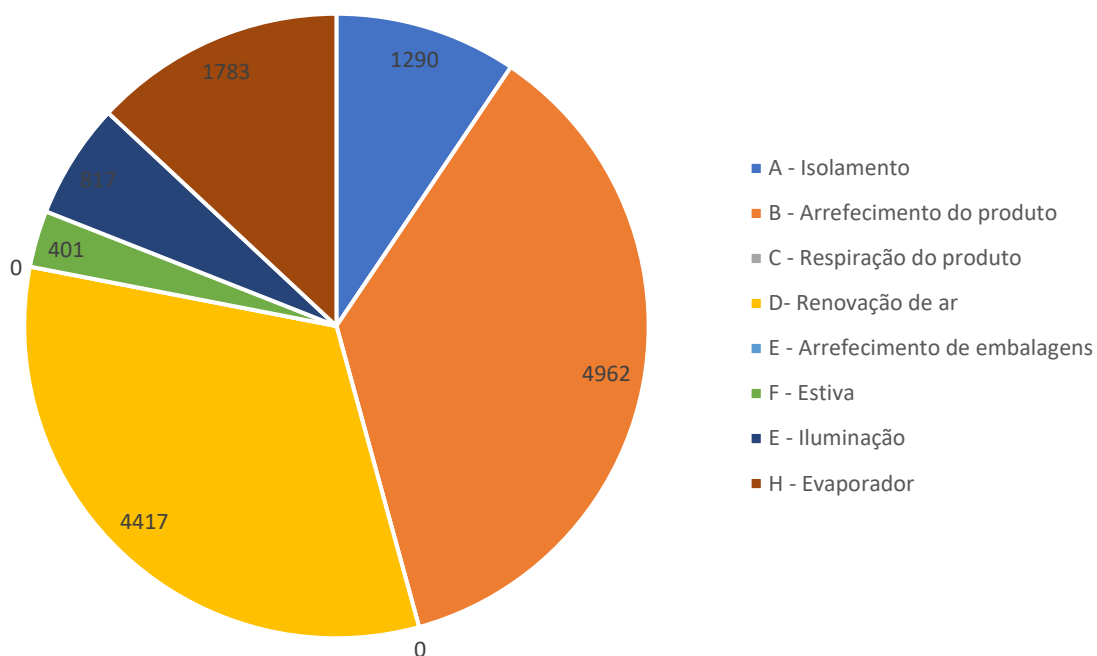


Figura 32 – Distribuição das perdas calculadas para a câmara frigorífica

Outras características da câmara:

- Tipo de junta: macho/fêmea com fecho excêntrico
- Tipo de porta: deslizante automática
- Quantidade de portas por câmara: 1
- Vão livre das portas: 2,00 x 2,50 m (L x A)
- Proteção suplementar das portas: por cortina de ar
- Alimentação: 400V/3F/50Hz
- Higrtermia interior: -25 °C , 92% HR

4.3 Dimensionamento de uma câmara frigorífica com fluido R449A

→ Escolha da Unidade Condensadora

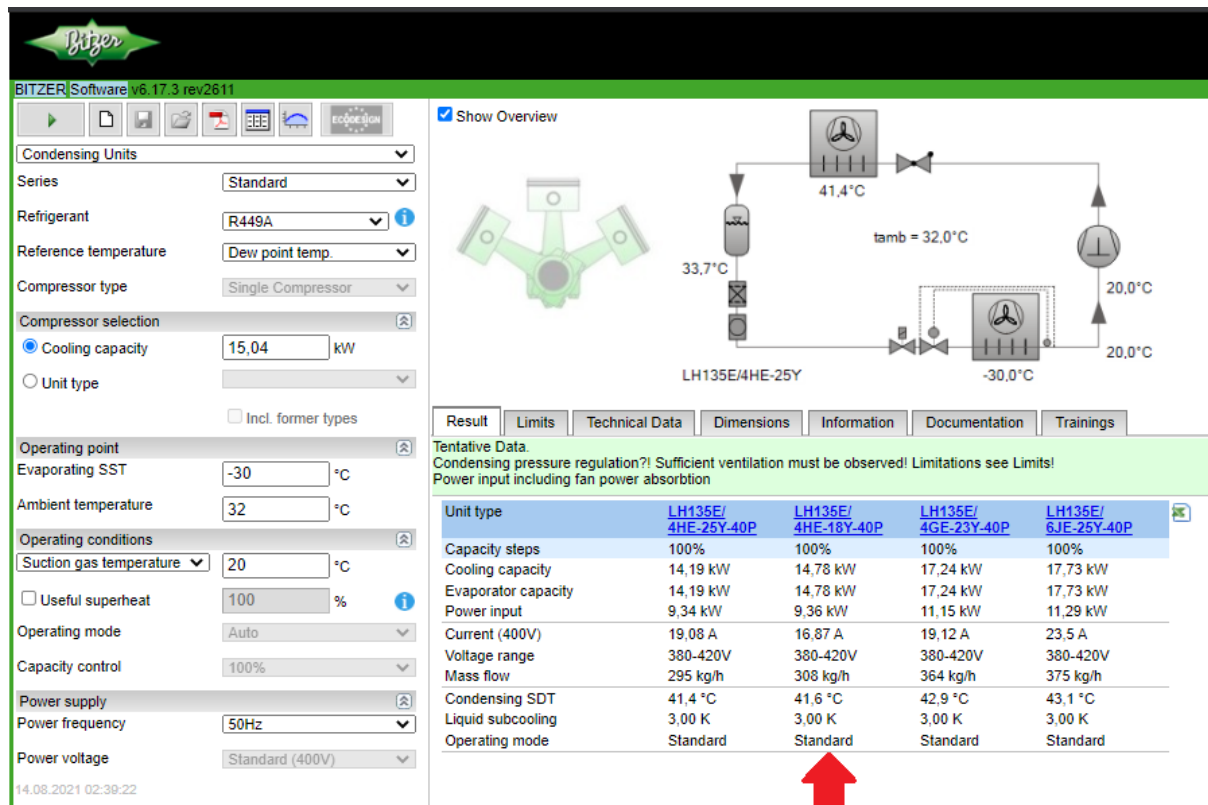


Figura 33 – Software de seleção BITZER

Através do software da Bitzer, foi possível escolher uma unidade condensadora para o espaço considerado. O modelo escolhido foi o LH135E/4HE-18Y-40P, para condições de temperatura de evaporação de -30°C e temperatura exterior de 32°C, operando com uma potência frigorífica de 16,4 kW.

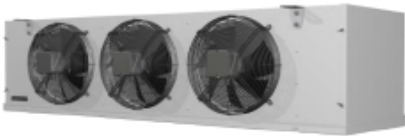
O fluido selecionado foi o R449A. É um dos fluidos mais utilizados para novas câmaras de baixa e média temperatura devido às suas propriedades frigoríficas, baixo GWP, substituto do R404A, não explosivo e os principais fabricantes produzem equipamentos preparados para funcionar com R449A.

O modelo standard selecionado vem de origem sem acessórios, tal como variador de velocidade. Este elemento poupa energia, protege a rede elétrica e a máquina e, além do mais, incrementa a qualidade e o volume da produção, daí ser possível atingir as potências necessárias calculadas para a refrigeração do espaço, que não seria possível sem este elemento.

→ Escolha do Evaporador

Quanto ao evaporador existem também diferentes opções e de diferentes marcas, existe também a possibilidade optar por um sistema só com um evaporador ou a funcionar com dois evaporadores. A escolha incidiu na segunda opção pois a opção de ter dois evaporadores vai permitir termos uma câmara frigorífica com a temperatura mais homogênea e permitir que a distribuição do ar seja mais uniforme.

Opção 1 - Um evaporador



MT-DD

Evaporadores cúbicos
Cubic coolers
MT 4,2 mm
DD 7,0 mm
Ø300 mm ► Ø450 mm
1,86 kW ► 48,87 kW

Modelo Type	Capacidade Q _{Sm} Capacity Q _{Sm} (T _C =+2°C / DT _m =8K)	Capacidade Q _{om} Capacity Q _{om} (T _C =-18°C / DT _m =8K)	Superfície Surface	Volume interno Internal Volume	Ventiladores Fans							Alimentação MPS
					N.º	Diâmetro Diameter	Capacidade de ar Air flow	Projeção de ar Air flow	Rotação Revolutions	Potência total Total power	Consumo total Total current	
MT 4C1/3	3,33	-	12,43	3,25	1	300	1300	11	1320	72	0,32	230/1/50
MT 4E1/5	4,91	-	17,76	3,60	1	350	1800	14	1230	110	0,48	230/1/50
MT 4C2/6	6,44	-	24,80	5,77	2	300	2600	11	1320	144	0,64	230/1/50
MT 4E2/9	8,90	-	29,60	6,00	2	350	3800	14	1230	220	0,96	230/1/50
MT 4C3/10	10,43	-	44,76	9,10	3	300	3750	11	1320	216	0,96	230/1/50
MT 4E3/13	13,39	-	44,28	8,60	3	350	5700	14	1230	330	1,44	230/1/50
MT 4E3/16	15,53	-	71,05	14,40	3	350	4950	14	1230	330	1,44	230/1/50
MT 4E4/20	19,61	-	71,05	14,40	4	350	7200	14	1230	440	1,92	230/1/50
MT 4G3/23	23,15	-	80,66	17,40	3	400	9750	16	1440	510	1,59	400/3/50
MT 4G3/29	28,94	-	129,31	27,84	3	400	9000	16	1440	510	1,59	400/3/50
MT 4J3/36	37,96	-	147,80	29,90	3	450	11850	20	1330	1380	2,85	400/3/50
MT 4J4/49	48,87	-	196,83	41,80	4	450	15800	18	1330	1840	3,80	400/3/50
DD 7C1/3	3,07	1,86	12,51	5,20	1	300	1250	12	1320	72	0,32	230/1/50
DD 7E1/4	3,62	2,19	11,17	3,60	1	350	1940	16	1230	110	0,48	230/1/50
DD 7C2/5	5,17	3,13	18,77	6,92	2	300	2600	12	1320	144	0,64	230/1/50
DD 7E2/7	7,11	4,31	22,34	7,20	2	350	3880	16	1230	220	0,96	230/1/50
DD 7E2/8	8,46	5,14	29,79	9,60	2	350	3500	16	1230	220	0,96	230/1/50
DD 7E3/11	10,58	6,41	33,26	10,10	3	350	5820	16	1230	330	1,44	230/1/50
DD 7G2/13	13,04	7,90	54,21	19,10	2	400	6000	18	1440	340	1,06	400/3/50
DD 7E4/14	14,44	8,75	44,68	14,40	4	350	7760	16	1230	440	1,92	230/1/50
DD 7G3/20	19,12	11,58	61,00	19,70	3	400	9700	18	1440	510	1,59	400/3/50
DD 7J3/25	25,22	15,28	92,93	31,82	3	450	12300	20	1330	1380	2,85	400/3/50
DD 7J4/34	33,66	20,39	123,70	41,80	4	450	16400	20	1330	1840	3,80	400/3/50

Figura 34 - Catálogo da Centauro para escolha de evaporadores (1)

O modelo escolhido de evaporador foi o DD/E 7J3/25, que apresenta uma capacidade $Q_{Sm} = 25,22$ kW, para uma temperatura de condensação de +2°C e $DT_m = 8$ K.

É necessário aplicar o fator de correção:

$$Q_{om} = Q_{Sm} \times RC_m \times FC1_{MP} \times FC2 \text{ [kW]}$$

Onde:

Q_{om} – Capacidade corrigida em DT_m

Q_{Sm} – Capacidade para seleção em DT_m

$FC1_{MP}$ – Fator de correção do refrigerante (ponto médio)

$FC2$ – Fator de correção do material das alhetas.

MT								
RCm		DTm [K]						
		10	9	8	7	6	5	4
TC [°C]	+5	1,298	1,168	1,039	0,909	0,781	0,679	0,564
	+2	1,200	1,080	1,000	0,857	0,741	0,638	0,517
	0	1,140	1,026	0,912	0,797	0,682	0,585	0,470
	-2	1,111	1,001	0,909	0,794	0,680	0,582	0,466

DD								
RCm		DTm [K]						
		10	9	8	7	6	5	4
TC [°C]	+5	1,352	1,217	1,082	0,947	0,813	0,707	0,588
	+2	1,250	1,125	1,000	0,893	0,772	0,665	0,539
	0	1,188	1,069	0,950	0,830	0,710	0,609	0,490
	-15	1,018	0,918	0,830	0,730	0,640	0,539	0,434
	-20	0,963	0,867	0,770	0,660	0,583	0,490	0,393
	-25	0,950	0,854	0,764	0,649	0,567	0,476	0,385
	-34					0,561	0,471	0,381

Figura 35 - Fator de correção com base nas temperaturas

O uso do fator de correção para o DTm de 7 K é feito de forma a calcular o funcionamento da instalação para as condições mais desfavoráveis, ou seja, com uma diferença entre a temperatura de trabalho e a temperatura de evaporação menor, o que se traduz num COP menor em máquinas térmicas utilizando o DTm de 7 K ao invés de 10 K, está a ser criado mais um fator de segurança que assegura o trabalho nas condições mais desfavoráveis.

FC1 _{wp}	R448A R449A	R134a	R407C	R407A R407F	R404A
	1,00	0,95	1,02	0,96	1,01

FC2	Alumínio Aluminium	Alumínio revestido Coated aluminium	Cobre Copper
	1,00	0,97	1,03

Figura 36 - Fatores de correção em função do fluido refrigerante e material das alhetas

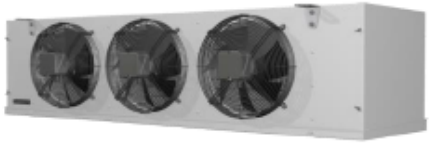
Aplicando os fatores de correção, para uma temperatura de operação de -20°C, com DTm de 7K, para o fluído R449A, com as alhetas em alumínio obtemos:

$$Q_{0m} = 25,22 \times 0,660 \times 1 \times 1 \text{ kW}$$

$$Q_{0m} = 16,64 \text{ kW}$$

Valor do investimento no evaporador: 4 132,70 €

Opção 2 – Dois evaporadores



MT:DD

Evaporadores cúbicos
Cubic coolers

MT 4,2 mm

DD 7,0 mm

Ø300 mm ► Ø450 mm

1,86 kW ► 48,87 kW

Modelo Type	Capacidade Q _{sm} Capacity Q _{sm} (T _c +2°C / DT _m =8K)	Capacidade Q _{om} Capacity Q _{om} (T _c -18°C / DT _m =8K)	Superfície Surface	Volume interno Internal Volume	Ventiladores Fans							Alimentação MPS
					Nº. Nr.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Projeção ar Air flow	Rotação Revolutions	Potência total Total power	Consumo total Total current	
MT 4C1/3	3,33	-	12,43	3,25	1	300	1300	11	1320	72	0,32	230/1/50
MT 4E1/5	4,91	-	17,76	3,60	1	350	1800	14	1230	110	0,48	230/1/50
MT 4C2/6	6,44	-	24,80	5,77	2	300	2600	11	1320	144	0,64	230/1/50
MT 4E2/9	8,90	-	29,60	6,00	2	350	3800	14	1230	220	0,96	230/1/50
MT 4C3/10	10,43	-	44,76	9,10	3	300	3750	11	1320	216	0,96	230/1/50
MT 4E3/13	13,39	-	44,28	8,60	3	350	5700	14	1230	330	1,44	230/1/50
MT 4E3/16	15,53	-	71,05	14,40	3	350	4950	14	1230	330	1,44	230/1/50
MT 4E4/20	19,61	-	71,05	14,40	4	350	7200	14	1230	440	1,92	230/1/50
MT 4G3/23	23,15	-	80,66	17,40	3	400	9750	16	1440	510	1,59	400/3/50
MT 4G3/29	28,94	-	129,31	27,84	3	400	9000	16	1440	510	1,59	400/3/50
MT 4J3/36	37,96	-	147,80	29,90	3	450	11850	20	1330	1380	2,85	400/3/50
MT 4J4/49	48,87	-	196,83	41,80	4	450	15800	18	1330	1840	3,80	400/3/50
DD 7C1/3	3,07	1,86	12,51	5,20	1	300	1250	12	1320	72	0,32	230/1/50
DD 7E1/4	3,62	2,19	11,17	3,60	1	350	1940	16	1230	110	0,48	230/1/50
DD 7C2/5	5,17	3,13	18,77	6,92	2	300	2600	12	1320	144	0,64	230/1/50
DD 7E2/7	7,11	4,31	22,34	7,20	2	350	3880	16	1230	220	0,96	230/1/50
DD 7E2/8	8,48	5,14	29,79	9,60	2	350	3600	16	1230	220	0,96	230/1/50
DD 7E3/11	10,58	6,41	33,26	10,10	3	350	5820	16	1230	330	1,44	230/1/50
DD 7G2/13	13,04	7,90	54,21	19,10	2	400	6000	18	1440	340	1,06	400/3/50
DD 7E4/14	14,44	8,75	44,68	14,40	4	350	7760	16	1230	440	1,92	230/1/50
DD 7G3/20	19,12	11,58	61,00	19,70	3	400	9700	18	1440	510	1,59	400/3/50
DD 7J3/25	25,22	15,28	92,93	31,82	3	450	12300	20	1330	1380	2,85	400/3/50
DD 7J4/34	33,66	20,39	123,70	41,80	4	450	16400	20	1330	1840	3,80	400/3/50

Figura 37 - Catálogo da Centauro para escolha de evaporadores (2)

Dois evaporadores, modelo DD/E 7G2/13, em que cada evaporador apresenta a capacidade $Q_{sm} = 13,04$ kW, para uma temperatura de condensação de +2°C e $Dtm = 8K$.

Aplicando o fator de correção:

$$Q_{om} = 13,04 \times 0,660 \times 1 \times 1 \text{ kW}$$

$$Q_{om} = 8,61 \text{ kW}$$

O que se irá traduzir numa capacidade corrigida, $Q_{om} = 17,22$ kW com os dois evaporadores.

Valor do investimento nos dois evaporadores: 4 972,60€

Orçamento e Cashback do investimento

O orçamento nesta nova sala de refrigeração com a unidade condensadora, os dois evaporadores e serviço de montagem dos equipamentos, realizados por dois técnicos de refrigeração durante o período de uma semana de trabalho, serão apresentados de seguida. Todos os valores apresentados excluem IVA.

Tabela 19 - Referência dos equipamentos e respetivos custos

Referência	Custo (€)
Unidade Condensadora LH135E/4HE-18Y-40P	27 852,00
Evaporador DD/E 7G2/13	4 972,60
Isolamentos	2 100,00
Total	34 924,60

Os preços apresentados anteriormente resultam de um contacto estabelecido durante o período de estágio com a empresa FR Frio. Esta empresa trabalha no ramo da refrigeração e tem acesso a este tipo de equipamentos. Por serem um contacto frequente da Cofisa, foi-lhes solicitada a informação e estes, através do contacto com o representante português da Centauro, facultaram o valor dos equipamentos.

O valor apresentado representa um investimento inicial elevado, mas que em cerca de 16 meses está amortizado, visto a empresa arrendar uma câmara de cerca de 400 m³ a uma empresa externa, por um valor de 1300€ mensais. Tendo em conta que a empresa se situa a mais de 30km das instalações da Cofisa, o que representa um gasto de 60€ por transporte, estas viagens e deslocações são feitas conforme a demanda e nunca são inferiores a 10 num mês. As deslocações de operadores da Cofisa são outro custo adicional, representando cerca de uma hora em deslocações feitas numa carrinha da empresa. Foi atribuído um valor hipotético de 5€ à hora, sendo este valor multiplicado por 6 (número de funcionários que se deslocam às instalações).

Tabela 20 - Valores do arrendamento do espaço a terceiros

Referência	Custo (€)
Renda	1300
Transporte	60 x 10
Transporte de pessoal	5 x 6 x 10
Total	2200

5. CONCLUSÃO

Terminado o estágio e as atividades propostas inicialmente, é possível tecer algumas considerações finais relacionadas com o trabalho desenvolvido.

Na parte inicial deste documento, predominantemente mais teórica, dedicou-se alguma atenção ao amoníaco, enquanto alternativa aos restantes fluidos frigorigéneos. Começou-se por fazer a descrição deste fluido e a identificação das vantagens da sua utilização na refrigeração industrial. Finalizado o estudo, é possível confirmar que o amoníaco é um fluido com excelentes propriedades termodinâmicas para aplicações industriais em larga escala. Algumas das principais vantagens identificadas são o facto de este ser um componente natural, o seu baixo custo e o seu baixo impacto ambiental.

No início do trabalho identificaram-se como principais objetivos, a contextualização histórica da produção de frio em contexto industrial, a caracterização da empresa onde foi desenvolvido o estágio e a descrição das tarefas desenvolvidas. Considera-se que estes objetivos foram cumpridos.

Durante o período de estágio algumas das dificuldades sentidas estiveram relacionadas com o facto de as tarefas serem muito rotineiras e repetitivas e ainda com as implicações que a pandemia de COVID-19 causou na empresa, tendo havido casos positivos entre os funcionários o que obrigou a um período de quarentena e sobrecarga nos trabalhos.

Um dos objetivos iniciais era sugerir a implementação de um sistema fotovoltaico que suprimisse algumas das necessidades energéticas da empresa tornando-a mais “eco-friendly”. Infelizmente não foi possível concretizar este projeto, uma vez que não tive acesso ao diagrama de carga da instalação. Apesar dos vários contactos efetuados, esta proposta ficou sem efeito. Contudo esta será uma hipótese para um estudo futuro.

Como sugestão para a empresa, após a observação feita durante o período de estágio, uma possibilidade seria a implementação de uma plataforma elevatória de paletes, com o objetivo de reduzir a carga física dos operários, melhorando assim as condições de trabalho.

Após verificar a rara utilização de uma das salas de trabalhos, e seguindo a linha empresarial da empresa e as suas necessidades, foi proposto a transformação da sala de trabalhos numa câmara frigorífica com um fluido refrigerante da nova geração, esta opção deveu-se a uma sugestão feita pelo engenheiro responsável da empresa.

A remodelação deste espaço apesar de representar um elevado custo inicial, é uma mais-valia para a empresa e apresenta vários pontos positivos tais como a centralização de serviços no espaço da empresa, a supressão de necessidades de arrendamentos e deslocações de transportes e funcionários a outra empresa o que se vai traduzir numa maior produtividade e celeridade no processo e redução dos custos

para a Cofisa, outro aspeto vantajoso a ter em conta é que o espaço em questão apresenta quase o dobro do volume do espaço arrendado.

Com este estágio e projeto foi possível aplicar e cimentar conhecimentos adquiridos durante o período de Licenciatura e de Mestrado em Engenharia Mecânica, sendo que o dimensionamento da câmara frigorífica foi feito de raiz, o cálculo de cada parâmetro e todas as condicionantes das mesmas são de grande importância, pois não existem duas câmaras iguais, cada uma tem de ser projetada conforme as condições internas, externas, as condições de serviço, áreas, a taxa de rotação de produto, o tipo de produto.

Do ponto de vista prático, o período de estágio e relacionamento com os funcionários foi uma mais-valia para o estagiário. A experiência que os mecânicos da empresa têm na área da refrigeração e os conhecimentos transmitidos foram imprescindíveis para: garantir um bom funcionamento de uma instalação; a forma de prevenir acidentes; as diferentes formas de intervencionar equipamentos; perceber a origem do problema; a análise de vários componentes que podem estar a causar este problema; a forma de intervir em cada caso e os cuidados a ter; a interpretação do sistema de refrigeração; o arranque dos equipamentos; a forma correta de fazer uma paragem temporária num sistema para realizar intervenções; os parâmetros exigidos pela regulamentação na indústria alimentar; e o correto acondicionamento do produto para armazenamento e expedição.

Todos os aspetos acima citados contribuíram para o enriquecimento teórico e prático do estagiário, os contactos estabelecidos com empresas da área da refrigeração foram muito importantes para consolidação de conceitos sobre características construtivas de câmaras, equipamentos e toda a sua envolvente.

REFERÊNCIAS

- APCER (2021). <https://apcergroup.com/pt/certificacao/pesquisa-de-normas/194/brc-global-standards>. Certificação BRC Food (página internet oficial).
- ASAE (2021). <https://www.asae.gov.pt/perguntas-frequentes1/eletrocutores-de-insetos-instalacao.aspx> - Eletrocutores de insetos.
- ASHRAE (2017). ASHRAE pocket guide for air conditioning, heating, ventilation, refrigeration. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.
- Çengel, Y; Boles, M. (2004) *Thermodynamics - An Engineering Approach* (5th Edition). McGraw-Hill.
- Cofisa (2021). <https://www.cofisa.pt/web1/zp/tpl1/id1/index.asp>. Informação sobre a empresa (página internet oficial).
- Danfoss (2006) Refrigeration - an introduction to the basics. Danfoss RC-CMS, HBS. 01
- Dossat, R. (2004). *Princípios de refrigeração: teoria, prática, exemplos, problemas, soluções*. Editora Hemus.
- H.Seabra (2021). <https://hseabra.seabraglobal.com/>. Empresa H.Seabra - Frio Industrial (página de internet oficial).
- Loureiro, J. (2015). *Refrigeração industrial: elaboração de projeto; criação de ferramentas de seleção; tecnologias para melhoria da eficiência energética*. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- MAR2020 (2019). <https://www.mar2020.pt/201904-01/>. Cofisa aposta na robótica (notícia).
- Monteiro, V. (2015); *Refrigeração I – Técnicas e Competências Ambientais*; ETEP – Edições Técnicas e Profissionais.
- Monteiro, V. (2016); *Refrigeração II – Técnicas e Competências Ambientais Aplicações e Certificações*; ETEP – Edições Técnicas e Profissionais.
- MSC (2021) <https://www.msc.org/pt/Certificacao-msc/os-padroes-msc>. Certificação MSC (página internet oficial).
- Pecomark (2021). Refrigeração 2021, catálogo técnico. Disponível em: https://www.pecomark.pt/cataleg/2021_PT/.
- Purever (2020). Coldkit Matrix Modular Cold Room. Purever Industrial Solutions, Nelas, Portugal.
- Ramos, A. (2017) *A investigação e a inovação na fabricação de equipamentos de frio industrial em Portugal*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Rhiemeier, J.; Harnisch, J.; Ters, C. (2009) *Comparative assessment of the climate relevance of supermarket refrigeration systems and equipment*. Disponível em: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3743.pdf>

Ribeiro, D. (2013) *Sala de Máquinas de uma Instalação Frigorífica a R717*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

SGS (2021). <https://www.sgs.pt/pt-pt/agriculture-food/food/gfsi-certification/ifs-food-certification>. Certificação IFS Food (página internet oficial).

Silva, J. (2013) *Lubrificação de compressores que aspiram fluido frigorígeno a temperaturas inferiores a -30°C*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Stoecker, W. (1998). *Industrial Refrigeration Handbook*. MacGraw-Hill.

Tazzetti (2021). <https://www.tazzetti.com/pt-pt/faq/fluido-diferenca>. Fluidos refrigerantes primários (página internet).

Zagorin, P. (1998) *Francis Bacon*. Princeton University Press, New Jersey (em inglês).

ANEXOS

Anexo I – Densidade de carga aplicada à conservação de congelados (Monteiro,2016)

Tabela XIV.24 – Densidade de Carga – Conservação de Congelados

PRODUTO	T _{OPT} (°C)/HR	QUANTIDADE	UNIDADE
Carne:			
• Vaca e vitela (¼ carcaça: peças penduradas)	-18/92%	350 - 400	kg/m
• Porco (carcaça: peças penduradas)	-18/92%	400 - 500	kg/m
• Cabrito, cordeiro e afins (peças inteiras)	-18/92%	300 - 350	kg/m
• Embalada	-18/80%	400 - 450	kg/m ³
Aves embaladas	-18/80%	350 - 500	kg/m ³
Legumes embalados	-18/80%	300 - 350	kg/m ³
Produtos hortícolas embalados	-18/80%	200 - 250	kg/m ³
Batata congelada ou pré-frita	-18/82%	350 - 400	kg/m ³
Peixe	-18/92%	450 - 550	kg/m ³
Mariscos	-25/92%	350 - 400	kg/m ³
Alimentos congelados (cook-freeze)	-18/80%	200 - 250	kg/m ³
Diversos	18/80%	300 - 500	kg/m ³

Fonte: POULIN (1997), adaptação.

Anexo II – Bases de cálculo para câmaras frigoríficas (Monteiro,2016)

Tabela XIV. 34 – Bases de Cálculo para Câmaras Frigoríficas

PRODUTOS		CARACTERÍSTICAS				CONSERVAÇÃO EM FRESCO			CONSERVAÇÃO EM CONGELADO			CONGELAÇÃO		
		Con- teúdo em H ₂ O	Ponto de Conge- lação	Calor Específico (Cp)		Tempe- ratura	HR	Tempo	Tempe- ratura	HR	Tempo	Tempe- ratura	Tempo	Calor de Respi- ração
				Acima do Ponto de Congel.	Abaixo do Ponto de Congel.									
Carne	Vaca	65,0	-2,0	3,20	1,67	0	87	2	-18	85	8	-25	24	
	Porco	42,0	-2,0	2,13	1,30	0	87	2	-18	85	6	-25	18	
	Carneiro	70,0	-2,0	2,51	1,70	0	87	2	-18	85	8	-25	18	
	Frango	74,0	-2,7	3,30	1,76	0	87	1	-18	85	8	-25	24	
	Fiambre	54,0	-2,0	2,53	1,46	0	87	2	-18	85	8	-25	18	
	Diversos			3,34		+2	80							
	Presunto	42,0	-2,0	2,31	1,89	1	85	20						
Fruta	Maçã	84,4	-1,5	3,64	1,88	-1	90	29						1,92
	Pera	82,7	-1,5	3,60	1,88	-1	92	28						0,93
	Cereja	80,4	-1,8	3,64	1,88	-0,5	92	2						1,80
	Morango	89,9	-0,8	3,85	1,76	-0,5	92	1						3,78
	Laranja	87,2	-2,2	3,78	1,93	+1	85	12						1,00
	Tangerina	87,3	-1,0	3,77	1,93	+1	87	4						1,50
	Uva	88,8	-2,2	3,60	1,84	-0,5	87	6						0,40
Vegetais	Melão	87,0	-1,7	4,07	2,02	7	85	3						0,00
	Espargos	93,0	-0,5	3,94	2,00	+1	95	4						11,10
	Pepinos	96,1	-0,5	4,06	2,00	+8	92	2						4,00
	Cogumelos	91,1	-1,0	3,91	1,97	+0,5	87	0,5						3,00
	Batata	81,2	-0,6	3,86	1,54	+11	90	30						3,00
	Alface	94,8	-0,1	4,02	2,00	0	90	3						3,87
	Feijão-verde	88,9	-0,7	3,91	1,77	+5	92	1						11,60
	Ervilhas	82,7	-0,6	3,31	1,76	0	92	3						9,08
	Couve-flor	91,7	-0,8	3,89	1,97	0	92	4						4,50
Peixe	Cenouras	88,2	-1,7	3,76	1,93	0	92	12						1,40
	Mariscos	80,0	-2,2	3,40	1,81	0,5	100	1	-18	90	4	-25	24	
	Peixe gordo	80,0	-1,5	3,44	1,81	0,5	92	2	-18	85	4	-30	32	
Diatários	Peixe magro	80,0	-2,2	3,26	1,74	0,5	92	2	-18	85	4	-30	36	
	Queijo fresco	60,0	-1,0	2,69	1,47	+1	82	1						
	Manteiga	15,0	-1,1	1,38	1,05	+2	82	8	-20	80	6	-25	24	
	Leite	88,0	-0,6	3,77	2,51	+0,5		1						
Diversos	Ovos	66,0	-2,2	3,39	1,76	+0	87	30	-18		15	-30		
	Gelado	61,0	-1,0	3,28	1,89	-10	67		-25		4	-30		
	Cerveja	90,2	-2,2	3,85	1,89	+5	70	12						
	Flores cortadas					+1	85							
	Pão (massa)	34,0	-6,7	2,86	1,60	+1	85		-18	85	3	-30	36	
	Transformados			3,34		2	80							

Fonte: Centauro (2013) e Dossat (1980), adaptação.

Fonte: Centauro (2013) e Dossat (1980), adaptação.

Anexo III – Renovação de ar em câmaras frigoríficas (Monteiro, 2016)

Tabela XIV.30 – Renovação de Ar nas Câmaras Frigoríficas

VOLUME DE RECLINTO REFRIGERADO (m ³)	QUANTIDADE DE AR RENOVADO (m ³ /24 HORAS)							
	Recinto Refrigerado – Temperatura > 0 °C				Recinto Refrigerado – Temperatura < 0 °C			
	Fraco 0,6 N	Normal 1 N	Forte 1,5 N	M. Forte 2 N	Fraco 0,6 N	Normal 1 N	Forte 1,5 N	M. Forte 2 N
2	53	83	132	176	46	76	114	152
3	75	125	188	250	65	108	162	216
4	95	159	239	318	82	137	285	274
5	114	190	235	380	97	161	242	322
6	130	216	324	432	110	184	275	368
7	144	240	360	480	121	192	303	404
8	157	262	392	524	131	218	327	436
9	166	280	420	560	139	232	348	464
10	178	297	446	594	146	243	364	486
11	187	311	467	622	152	254	381	508
12	195	325	488	650	158	264	396	528
13	204	339	509	678	165	274	411	548
14	210	350	525	700	171	284	426	568
15	216	360	540	720	176	293	439	506
16	222	370	554	740	180	300	450	600
17	227	378	567	756	185	308	462	616
18	232	387	581	774	189	315	473	630
19	237	394	591	788	193	321	482	642
20	243	405	608	810	196	325	489	652
21	248	414	621	828	198	331	496	662
22	254	424	635	848	202	337	505	674
23	259	431	647	862	206	343	514	686
24	265	442	662	884	209	348	522	696
25	270	450	675	900	214	356	534	712
26	276	460	690	920	220	367	550	734
27	284	473	709	946	224	373	559	746
28	289	482	722	964	228	381	571	762
29	296	493	740	986	235	392	587	784
30	302	503	754	1 006	239	398	596	796
40	348	580	870	1 160	271	452	678	904
50	275	625	938	1 250	300	500	750	1 000
75	473	788	1 181	1 576	360	600	900	1 200
100	540	900	1 350	1 800	408	680	1 020	1 360
125	600	100	1 500	2 000	450	750	1 125	1 500
150	630	1 050	1 575	2 100	486	810	1 215	1 620
175	683	1 138	1 706	2 276	515	858	1 286	1 716
200	720	1 200	1 800	2 400	552	920	1 380	1 840
300	864	1 440	2 160	2 880	666	1 110	1 665	2 220
400	984	1 640	2 460	3 280	744	1 240	1 860	2 480
500	1 080	1 800	2 700	3 600	840	1 400	2 100	2 800
700	1 260	2 100	3 150	4 200	1 008	1 680	2 520	3 360
800	1 344	2 240	3 360	4 480	1 056	1 760	2 640	3 520

Fonte: BONNET (1971), adaptação.

Anexo IV – Calor introduzido no espaço por abertura de portas (Monteiro, 2016)**Tabela XIV.31 – Calor Introduzido por Abertura de Portas**

RENOVAÇÃO DE AR NAS CÂMARAS FRIGORÍFICAS – KJ A FORNECER PARA REFRIGERAR 1 m ³ DE AR RENOVADO															
Temperatura Interior do Recinto Refrigerado (°C)	Temperatura e Humidade Relativa ao Ar Exterior (°C)														
	5	6	10	13	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	40
	80%			75%			70%			65%			60%		
+10	-	-	-	-	6,7	14,2	20,1	30,5	38,9	48,5	58,5	71,1	81,9	98,2	108,3
+8	-	-	-	7,1	11,7	18,8	25,1	35,5	43,9	52,3	63,5	76,5	87,4	103,7	114,1
+7	-	-	-	9,6	13,8	21,7	27,6	38,0	46,0	57,7	66,5	79,0	89,9	106,2	116,6
+6	-	-	5,9	12,1	16,3	23,8	30,1	40,5	48,5	60,2	69,0	81,9	92,8	109,1	119,5
+5	-	5,0	8,4	14,2	18,4	25,9	32,2	43,1	50,6	62,7	71,9	84,4	95,3	112,0	122,5
+4	-	7,1	10,9	16,3	20,5	28,0	34,7	45,1	53,1	64,8	74,0	86,9	97,8	113,7	124,6
+3	-	9,2	13,4	18,8	22,6	30,1	36,8	47,7	55,2	67,3	77,7	89,5	99,9	115,8	126,2
+2	5,0	11,3	15,5	20,9	24,7	32,2	38,9	49,7	57,7	69,8	78,2	92,0	102,4	118,3	129,2
+1	7,5	13,4	17,6	23,0	26,8	34,7	41,4	52,3	60,2	71,5	81,1	94,5	104,5	120,8	131,7
0	9,6	15,5	19,6	25,1	28,8	36,8	43,9	54,3	62,7	73,6	83,6	97,0	107,0	123,3	133,8
-1	11,7	17,6	21,7	26,8	30,9	39,3	46,0	56,4	65,2	76,9	85,7	99,5	109,1	125,4	135,9
-2	13,8	19,6	23,8	28,8	33,0	40,5	48,5	58,9	67,3	79,0	87,8	102,0	111,6	127,9	137,5
-3	15,9	21,7	25,5	30,9	35,1	43,5	50,6	61,0	69,4	81,1	89,9	104,5	113,7	130,4	139,6
-4	18,0	23,8	27,6	33,0	37,2	45,6	52,7	63,5	71,5	83,6	92,0	106,2	116,2	132,9	142,1
-5	20,1	25,9	30,1	35,1	39,3	48,1	54,8	65,6	73,6	85,7	94,1	107,8	118,3	135,0	144,6
-6	22,2	27,6	31,8	37,2	41,4	50,2	56,8	67,7	75,7	87,8	96,1	109,9	120,4	137,1	147,1
-8	21,7	31,8	35,5	41,0	45,6	54,3	61,0	71,9	80,3	92,4	100,3	114,1	125,0	141,7	155,1
-10	29,7	35,5	39,3	44,7	49,3	58,5	65,2	78,2	84,4	96,6	104,5	118,3	129,2	145,9	160,1
-15	38,9	44,7	48,9	55,2	59,4	68,6	75,7	86,5	94,5	107,0	115,0	129,2	140,0	158,0	171,8
-18	43,1	50,2	54,3	60,6	64,8	74,4	81,9	92,8	100,7	112,9	121,2	134,6	146,7	164,7	176,8
-20	48,1	53,9	58,1	64,4	68,6	78,2	85,7	96,6	104,9	117,0	125,4	138,8	150,9	169,7	183,5
-23	53,5	58,9	63,5	69,8	74,0	84,0	91,5	102,4	110,8	122,9	131,7	145,5	157,6	176,4	186,0
-25	57,7	62,7	67,3	73,6	77,7	87,8	95,3	106,6	115,0	127,1	135,4	149,2	161,8	180,6	195,2
-28	62,3	68,1	72,7	78,6	82,8	93,2	100,3	112,0	120,8	132,9	141,7	155,5	168,5	188,1	201,5
-30	65,6	71,5	76,5	81,9	86,1	97,0	104,1	115,8	125,8	137,1	145,9	158,8	172,6	192,3	206,1
-33	70,6	76,5	81,5	86,9	91,5	102,0	109,5	121,2	131,3	142,5	151,3	166,8	178,9	198,1	212,8
-35	74,4	79,8	85,7	90,7	94,9	105,3	112,9	124,6	135,9	147,1	155,5	169,7	183,1	202,3	217,8

Fonte: BONNET (1971), adaptação.

Anexo V – Características térmicas e físicas do poliuretano (Purever, 2020)



THERMAL AND PHYSICAL FEATURES

- Thermal conductivity coefficient of polyurethane according to **DIN 52612** standard is equal to: **0.0228 W/m°C**
- In the same way, density of polyurethane according to **UNE 92235** standard is equal to: **40 +/- 2 kg/m³**
- Compression resistance, according to **UNE 92334** standard is equal to: **0,15 N/mm²**