



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Sistemas de arrefecimento de instalações frigoríficas utilizando três agentes frigoríficos**

**Jaime Gonçalves Cortes**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

**Orientadores:**

Prof. António Manuel Matos Guerra  
Prof. Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

**Júri:**

**Presidente:** Prof. Nuno Paulo Ferreira Henriques

**Vogais:**

Prof. Especialista Eduardo António Oliveira Vicente  
Nunes  
Prof. António Manuel Matos Guerra

**Dezembro 2013**



"Copyright" Todos os direitos reservados. Jaime Gonçalves Cortes.

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

O Instituto Superior de Engenharia de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este trabalho de projecto através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



# Agradecimentos

Ao Professor António Manuel Matos Guerra – Orientador, pela sua orientação, apoio, paciência, total disponibilidade no esclarecimento de dúvidas e por todos os conhecimentos que me transmitiu.

Ao Dr. Ricardo Alves e ao Engenheiro Ricardo Pinto pela disponibilidade na visita às instalações dos entrepostos frigoríficos da Riberalves, S.A..

Aos meus pais, avós, irmão e amigos pelo suporte e apoio em proveito do meu sucesso académico e pessoal.

Aos meus colegas pela colaboração, apoio e amizade.

A todos um grande Obrigado.



# Resumo

Neste trabalho de projecto de Mestrado pretende-se tipificar uma instalação frigorífica de conservação de bacalhau salgado seco, no entanto, optou-se por desenvolver a instalação desde o processo de transformação do bacalhau salgado seco até bacalhau ultracongelado demolhado.

Para o efeito, descrever-se-á um entreposto frigorífico com as características necessárias à transformação e conservação do produto, com instalações técnicas para manter temperaturas e humidades adequadas. Será analisado o enquadramento técnico-funcional e o enquadramento do projecto em matéria ambiental, através de uma caracterização teórica dos fluidos frigoríficos, designadamente o NH<sub>3</sub>, R404a e R134a.

Após o dimensionamento das instalações, define-se o respectivo isolamento e realiza-se o balanço térmico a partir do qual os equipamentos frigoríficos serão dimensionados.

Do ponto de vista termodinâmico e tecnológico, serão abordados dois conceitos diferentes. Num deles a produção de frio efectua-se por expansão directa do R404A, e por expansão directa do R134a e R404a como fluidos frigoríficos nos evaporadores. No outro, a produção de frio processa-se com a alimentação forçada dos evaporadores, com NH<sub>3</sub> líquido a temperaturas negativas, por bombeamento a partir de um separador de líquido.

Os resultados deste projecto permitem obter conclusões e recomendações relativamente à solução com maior eficácia energética e menor custo.

## **Palavras-chave:**

Bacalhau

Gadus morhua

Salga

Bacalhau salgado seco

Entreposto frigorífico



# Abstract

This MSc final project aims to typify a refrigeration plant for storage of dried salted cod, however, it was chosen to develop the plant until the transformation of dried salted cod into soaked up frozen cod .

For this purpose, a refrigerated warehouse with the necessary characteristics to processing and storage the product and technical installations to maintain appropriate temperatures and humidities, will be described. Technical -functional framework and environmental project's framework will be analyzed through a theoretical characterization of refrigeration fluids, named as NH<sub>3</sub>, R<sub>404a</sub> and R<sub>134a</sub>.

After the design of the plant, the isolation is defined and the thermal balance is done. Based on that, the refrigerating equipment's will be designed.

From a thermodynamic and technology point of view, two different concepts will be discussed. On the one hand cold production is carried out by direct expansion of R<sub>404a</sub>, R<sub>134a</sub> and R<sub>404a</sub> as cryogenic fluids in evaporators. On the other hand, the cold production is based on forced charging of the evaporators with liquid NH<sub>3</sub> at below zero temperatures by pumping from a liquid separator.

The results of this project allow to draw conclusions and recommendations regarding the solution with higher energy efficiency and lower cost.

Keywords:

Cod

Gadus morhua

Salting

Dried salted cod

Refrigeration warehouse



# Lista de abreviaturas

ATP – Trifosfato de adenosina

C – Carbono

CFC – Clorofluorocarbonato

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono – anidrido carbónico

COP – Coeficiente de performance

DL – Decreto-lei

F – Flúor

GWP – Global Warning Potential (Potencial de Aquecimento Global)

H – Hidrogénio

HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points (Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos)

HFC – Hidrofluorocarbonato

HR – Humidade Relativa

I<sub>1</sub> – Zona climática de Inverno

N – Nitrogénio

NaCl – Cloreto de sódio

NH<sub>3</sub> – Amoníaco

O<sub>3</sub> – Ozono

ODP – Ozone Depletion Potential (Potencial de Eliminação de Iões de Ozono)

PCC – Pontos Críticos de Controlo

PTN – Pressão e Temperatura Normal (76 mm Hg, 25°C)

PVC – Policloreto de vinil

R<sub>12</sub> – Fluido frigorígeno - Diclorodifluorometano (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)

R125 – Fluido frigorígeno - Pentafluoroetano (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>)

R134a – Fluido frigorígeno - Tetrafluoroetano (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>)

R143 – Trifluoroetano (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>)

R404a – Fluido frigorígeno (constituído por R125, R134a e R143a)

R717 – Fluido frigorígeno (amoníaco - NH<sub>3</sub>)

V<sub>1</sub> – Zona climática Verão

# Lista de siglas

CE – Comissão Europeia

CEE – Comunidade Económica Europeia

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

OMM – Organização Meteorológica Mundial

RCCTE – Regulamento das Característica de Comportamento Térmico dos Edifícios

UE – União Europeia

ZEE – Zona Económica Exclusiva



# Lista de símbolos

$A$  – Área ( $m^2$ )

$C$  – Coeficiente minorante devido à presença de cortinas de ar de lamelas

$cp$  – Calor específico ( $J/kg^{\circ}C$ )

$D$  – Densidade de iluminação ( $W/m^2$ )

$e$  – Espessura (m)

$f_d$  – Fluxo diário de produto (Ton)

$H$  – Altura da porta (m)

$h_e$  – Entalpia específica do ar exterior ( $KJ/kg$ )

$h_i$  – Entalpia específica do ar interior ( $KJ/kg$ )

$k$  – Coeficiente de condutibilidade térmica do isolante ( $W/m^2C^{\circ}$ )

$L$  – Calor latente de congelação ( $J/kg^{\circ}C$ )

$m$  – Massa de produto introduzido por dia ( $kg/dia$ )

$\dot{m}$  – Caudal mássico ( $kg/s$ )

$n$  – Taxa de renovação de ar exterior

$n_{empilhadores}$  – Número de empilhadores no interior das câmaras

$n_{evaporadores}$  – Número de evaporadores no interior das câmaras

$n_{pessoas}$  – Número de pessoas no interior das câmaras ( $m^2$ )

$n_{ventiladores}$  – Número de ventiladores em cada evaporador

$P_{int}$  – Potência frigorífica intermédia (W)

$P_{prev}$  – Potência frigorífica previsional (W)

$\dot{Q}_1$  – Carga térmica através das paredes, tectos e pavimentos (W)

$\dot{Q}_2$  – Carga térmica devido á renovação de ar (W)

$\dot{Q}_3$  – Carga térmica devido á abertura de portas (W)

$\dot{Q}_4$  – Carga térmica devido ao produto armazenado (W)

$\dot{Q}_5$  – Carga térmica devido à iluminação (W)

$\dot{Q}_6$  – Carga térmica devido aos trabalhadores (W)

$\dot{Q}_7$  – Carga térmica devido aos empilhadores (W)

$\dot{Q}_8$  – Carga térmica devido às resistências de descongelação dos evaporadores (W)

$\dot{Q}_9$  – Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores (W)

$q_{empilhador}$  – Calor libertado por cada empilhador (W)

$\dot{Q}_{externas}$  – Cargas térmicas externas (W)

$\dot{Q}_{int}$  – Carga térmica intermédia (W)

$\dot{Q}_{internas}$  – Cargas térmicas internas (W)

$q_{máx}$  – Fluxo máximo admissível para as câmaras (W/m<sup>2</sup>)

$q_{pessoas}$  – Calor libertado por cada pessoa (W)

$q_{resistências}$  – Calor libertado por cada resistência (W)

$q_{ventiladores}$  – Calor libertado por cada ventilador (W)

$R$  – Resistência térmica total (m<sup>2</sup>°C/W)

$t$  – Tempo de permanência na câmara (h/dia)

$T$  – Temperatura (°C)

$t_{ab}$  – Tempo de abertura de portas (min/horas)

$t_{compressores}$  – Tempo de funcionamento dos compressores (h)

$t_{descongelação}$  – Número de horas de descongelação (h/dia)

$t_{lâmpadas}$  – Tempo de funcionamento das lâmpadas (h/dia)

$t_{ventiladores}$  – Número de horas de funcionamento dos ventiladores (h/dia)

$U$  – Coeficiente global de transmissão de calor ( $W/m^2\text{°C}$ )

$v$  – Volume específico ( $m^3/h$ )

$V$  – Volume interior da câmara frigorífica ( $m^3$ )

$\dot{V}$  – Caudal volumétrico ( $m^3/h$ )

$V_{dia}$  – Caudal volumétrico diário de ar exterior ( $m^3/dia$ )

$v_e$  – Volume específico do ar exterior ( $m^3/kg$ )

$v_i$  – Volume específico do ar interior ( $m^3/kg$ )

$\Delta T$  – Diferencial de temperatura ( $^{\circ}C$ )

$\Delta h$  – Diferencial de entalpias ( $KJ/kg$ )



# Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Bacalhau – Caracterização genérica .....	5
2. Entrepasto frigorífico como entidade de armazenagem de produtos alimentares perecíveis.....	10
2.1. Conservação de pescado .....	12
2.2. Método de conservação do bacalhau .....	15
2.2.1. Pós-captura (Procedimentos a bordo e antes da receção na indústria) .....	16
2.2.2. Escala.....	16
2.2.3. Lavagem .....	17
2.3.4. Salga .....	17
2.3.5. Secagem.....	20
2.3.6. Demolha .....	24
2.3.7. Ultracongelação .....	25
2.3.8. Vidragem .....	26
3. Enquadramento do projeto nos aspetos técnico-funcionais.....	28
3.1. Cais de receção/expedição .....	29
3.2. Câmara frigorífica de receção de matéria-prima .....	30
3.3. Sala de trabalho de escala, lavagem e adição de sal .....	31
3.4. Câmara frigorífica de maturação .....	31
3.5. Sala de trabalho de remoção de sal e colocação em tabuleiro .....	32
3.6. Túneis de secagem .....	32
3.7. Sala de trabalho de corte, seleção, embalagem e pesagem.....	33
3.8. Câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco.....	34
3.9. Sala de trabalho de demolha .....	34
3.10. Túneis de ultracongelação.....	35

3.11.	Sala de trabalho de vidragem .....	36
3.12.	Câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado .....	36
4.	Enquadramento do projeto em matéria ambiental .....	37
4.1.	Fluido frigorígeno R404a.....	38
4.2.	Fluido frigorígeno R134a.....	38
4.3.	Fluido frigorígeno R <sub>717</sub> .....	39
5.	Balanço térmico – Fundamentação teórica.....	41
5.1.	Localização - Aveiro.....	42
5.2.	Clima.....	43
5.3.	Conceção do isolamento térmico das câmaras frigoríficas.....	47
5.3.1.	Isolamento térmico das paredes, tectos, pavimentos e portas .....	48
5.4.	Dimensionamento e características das portas.....	48
5.5.	Disposição do entreposto frigorífico.....	50
5.6.	Balanço térmico .....	52
5.6.1.	Condições de projeto .....	53
5.6.2.	Balanço térmico manual .....	54
5.6.3.	Balanço térmico informático .....	56
5.6.4.	Balanço térmico manual vs Balanço térmico informático.....	57
6.	Ciclo frigorífico .....	61
7.	Fundamentos termodinâmicos para uma instalação a fluido frigorígeno R404a e R134a.....	70
7.1.	Ciclo teórico de compressão a vapor .....	70
7.2.	Ciclo real de compressão a vapor .....	72
7.3.	Balanço de energia para o ciclo frigorífico por compressão a vapor.....	73
7.3.1.	Capacidade frigorífica .....	73
7.3.2.	Potência teórica da compressão.....	74
7.3.3.	Calor rejeitado no condensador .....	74

7.3.4.	Válvula de expansão .....	75
7.3.5.	COP – Coeficiente de performance ou desempenho do ciclo .....	75
7.4.	Resultados obtidos .....	76
8.	Fundamentos termodinâmicos para uma instalação frigorífica a fluido frigorígeno NH <sub>3</sub> 77	
8.1.	Duplo estágio de compressão .....	78
9.	Dimensionamento dos equipamentos de produção de frio, controlo e proteção....	86
9.1.	Instalação frigorífica a fluido frigorígeno R404a.....	87
9.1.1.	Compressores .....	93
9.1.2.	Evaporadores .....	94
9.1.3.	Condensadores.....	94
9.1.4.	Tubagem e isolamento de tubagem .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
9.1.5.	Depósito de líquido.....	95
9.2.	Instalação frigorífica a R134a e R404a.....	96
9.2.1.	Compressores .....	96
9.2.2.	Evaporadores .....	97
9.2.3.	Condensadores.....	98
9.2.4.	Tubagem e isolamento de tubagem .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
9.2.5.	Depósito de líquido.....	98
9.3.	Instalação frigorífica a NH <sub>3</sub> .....	99
9.3.1.	Compressores .....	105
9.3.2.	Evaporadores .....	106
9.3.3.	Condensadores.....	107
9.3.4.	Separadores de líquido.....	107
10.	Conclusão .....	109
11.	Bibliografia.....	113
12.	Anexos.....	117



# Índice de figuras

Figura 2.1: Capturas (t) anuais nominais de pescado em Portugal .....	4
Figura 2.2: Quantidades produzidas (t), de produtos provenientes da pesca e aquicultura, pela industria transformadora .....	5
Figura 2.3: Gadus morhua .....	6
Figura 2.4: Gadus ogac .....	7
Figura 2.5: Gadus macrocephalus .....	7
Figura 4.1: Fluxograma do entreposto frigorífico. ....	29
Figura 6.1: Distrito de Aveiro.....	42
Figura 6.2: Excerto do RCCTE – Aveiro .....	44
Figura 6.3: Normais climatológicas Aveiro – Extremo climatológico .....	45
Figura 6.4: Normais climatológicas Aveiro .....	45
Figura 6.5: Balanço térmico manual vs Balanço térmico informático .....	58
Figura 7.1: Ciclo frigorífico ideal.....	61
Figura 8.1: Ciclo frigorífico teórico de um andar de compressão - Expansão directa ...	70
Figura 8.2:Ciclo frigorífico real de um andar de compressão - Expansão directa .....	72
Figura 9.1: Ciclo frigorífico de dupla compressão .....	78
Figura 9.2: Esquema de princípio de um sistema frigorífico de dois andares de compressão. ....	80
Figura 9.3: Diagrama P – h do esquema de um sistema frigorífico de dois andares de compressão. ....	81
Figura 9.4: Balanço energético do separador de baixa pressão.....	83
Figura 9.5: Balanço energético do separador de alta pressão.....	84
Figura 10.1: Esquema de circulação de ar no interior das câmaras frigoríficas.....	90
Figura 11.1: Horas de funcionamento de consumidores por circuito.....	111



# Índice de tabelas

Tabela 6.1: Humidade relativas médias mensais – Aveiro.....	46
Tabela 6.2: Espessuras calculadas para cada espaço.....	48
Tabela 6.3: Portas frigoríficas consideradas no entreposto frigorífico.....	50
Tabela 6.4: Espessura e dimensão dos espaços considerados .....	51
Tabela 6.5: Espaços considerados para o cálculo do balanço térmico .....	52
Tabela 6.6: Resumo das características de isolamento e portas frigoríficas consideradas no balanço térmico.....	52
Tabela 6.7: Calores específicos - Peixe magro e peixe seco .....	53
Tabela 6.8: Condições de projecto do entreposto frigorífico. ....	54
Tabela 6.9: Balanço térmico manual - Instalação frigorífica a R404a e R404a/R134a. ....	55
Tabela 6.10: Balanço térmico manual - Instalação frigorífica de bombeamento de amoníaco.....	56
Tabela 6.11: Balanço térmico informático - Instalação frigorífica a R404a e R404a/R134a. ....	56
Tabela 6.12: Resultados obtidos Balanço térmico manual e Balanço térmico informático .....	57
Tabela 6.13: Balanços térmicos considerados.....	60
Tabela 8.1: Resultados obtidos no balanço energético dos circuitos de um andar de compressão. ....	76
Tabela 9.1: Resultados obtidos no balanço energético dos circuitos de dois andares de compressão. ....	85
Tabela 10.1: Temperaturas das câmaras.....	86
Tabela 10.2: Balanço térmico para os respectivos circuitos.....	87
Tabela 10.3: Velocidades máximas admitidas para o cálculo de tubagens. ....	91
Tabela 10.4: Perdas de carga máximas admitidas para o cálculo de tubagens.....	91
Tabela 10.5: Compressores seleccionados para a solução a R404a. ....	93
Tabela 10.6: Evaporadores seleccionados para a solução a R404a. ....	94
Tabela 10.7: Condensadores seleccionados para a solução a R404a. ....	95
Tabela 10.8: Depósitos de líquido seleccionados para a solução a R404a.....	95
Tabela 10.9: Compressores seleccionados para a solução a R404a/R134a.....	97

Tabela 10.10: Evaporadores seleccionados para a solução a R404a/R134a. ....	98
Tabela 10.11: Condensadores seleccionados para a solução a R404a/R134a. ....	98
Tabela 10.12: Depósitos de líquido seleccionados para a solução a R404a/R134a. ....	99
Tabela 10.13: Velocidades máximas admitidas para o cálculo de tubagens. ....	104
Tabela 10.14: Compressores seleccionados para a solução a NH <sub>3</sub> . ....	106
Tabela 10.15: Evaporadores seleccionados para a solução a NH <sub>3</sub> . ....	107
Tabela 10.16: Condensadores seleccionados para a solução a NH <sub>3</sub> . ....	107
Tabela 10.17: Separadores de líquido seleccionados para a solução a NH <sub>3</sub> . ....	108
Tabela 11.1: Comparação do desempenho energético dos fluidos frigorígenos. ....	110
Tabela 11.2: Horário/Custo de Média Tensão. ....	110
Tabela 11.3: Custos energéticos mensais por circuito. ....	112

# 1. Introdução

No presente trabalho de projeto iremos tipificar uma instalação de conservação de bacalhau salgado seco, efetuando a descrição dos processos incluídos na transformação de bacalhau.

Todo o dimensionamento de equipamentos frigoríficos e de conceção da instalação frigorífica será efetuada de forma a otimizar em termos de economia de energia os isolamentos térmicos dos espaços frigoríficos.

De seguida iremos efetuar o cálculo de balanço térmico dos vários espaços afetos à unidade de transformação projetada e definir e caracterizar uma instalação frigorífica a R<sub>707</sub> e utilizando dois agentes frigoríficos. Posteriormente efetuar-se-à um estudo comparativo sobre as soluções de refrigeração apresentadas de forma a apresentar a ineficiências da solução quando comparado com um circuito frigorífico de um único fluido frigorigéneos.

O sector das pescas está associado aos primórdios da evolução de Portugal enquanto nação. A sua influência foi fulcral para a fixação de populações ao longo da vasta faixa costeira disponível no crescimento de populações e no enriquecimento económico, social e cultural.

A partir do séc. XII a pesca passou a ser umas das economias mais relevantes em Portugal, em paralelo com o comércio, a qual está estritamente ligada ao conhecimento do mar, das suas rotas e ventos favoráveis.

No séc. XIX são introduzidas uma série de evoluções na pesca. A técnica do arrasto, a locomoção através de máquinas de vapor e o uso de gelo picado para a refrigeração inicial do pescado. Inicia-se assim a transformação desta atividade numa ótica industrial.

No séc. XX, anos 60 e 70, o sector das pescas é de extrema importância para a economia nacional. A frota nacional não se limitava a explorar os recursos pesqueiros locais, mas abrangia os recursos dos mares do Atlântico Norte, Gronelândia e Terra Nova, e no Atlântico Sul, Mauritània e Cabo Branco.

Atualmente, e com Portugal inserido no contexto da União Europeia, o sector das pescas atravessa uma fase desfavorável que pode ser explicada através de vários valores, tais como:

- Envelhecimento da frota de pesca e a sua modernização.
- Envelhecimento da população ativa neste sector.
- Concorrência com outros parceiros económicos.
- Cortes e regras impostas pela UE.

No entanto, Portugal continua no panorama europeu a possuir uma das maiores zonas económicas exclusivas, com área de 1700000 Km<sup>2</sup> e uma linha de costa de 942 Km, formada pelo continente e arquipélagos dos Açores e da Madeira. Desta forma, e uma vez que Portugal e o mar estão condenados a viverem lado a lado, há que inverter a situação precária das pescas em Portugal. A vasta costa e posicionamento de Portugal, a nossa história, desde cedo ligada ao mar, são fatores que podem influenciar de forma positiva a precária situação do sector das pescas em Portugal.

A juntar aos benefícios económicos oriundos desta atividade à que ter em conta todos os outros fatores positivos associados a este produto.

Os produtos da pesca são, de entre os alimentos disponíveis, um dos mais interessantes pela variedade de espécies, valor nutritivo, fácil digestão e ainda por poderem ser objeto de diferentes preparações culinárias, o que permite a apresentação dos produtos sob formas distintas <sup>[1][2]</sup>. Destes fazem parte, de acordo com o estabelecido no Decreto-Lei n.º 25/2005, de 28 de Janeiro<sup>[3]</sup>, “todos os animais marinhos de água doce, incluindo as suas ovas e leitugas, com exclusão dos mamíferos aquáticos, das rãs e dos outros animais aquáticos abrangidos por regulamentação específica”.

Aos produtos da pesca são atribuídos variados benefícios nutricionais <sup>[2][4]</sup>. O pescado é rico em proteínas de elevado valor biológico, ácidos gordos polinsaturados, sobretudo da família Omega 3, apresentam baixos teores de colesterol e ácidos gordos saturados e são ainda pouco calóricos <sup>[2][4]</sup>. Além disto, apresentam elevada digestibilidade <sup>[2][4][5]</sup>, são excelente fonte de algumas vitaminas, destacando-se a A, D e E <sup>[5]</sup> e apresentam uma enorme variedade de elementos minerais.

Se o valor nutricional do pescado não pode ser posto em causa, o mesmo já não se passa com o risco de exposição do consumidor aos poluentes que se podem acumular na parte edível do pescado. A fração edível do pescado é normalmente menos que a dos animais de sangue quente e corresponde, por norma, a uma de 50% do peso total do seu corpo. Entre as substâncias poluentes destacam-se as dioxinas, PCB (bifenil policlorato e seus derivados), mercúrio, cálcio e chumbo. Todos estes contaminantes representam um enorme fator de risco para a saúde humana.

Com o aumento da procura de bens de consumo, o mar assume um papel de relevo no plano económico à escala mundial como fornecedor de alimentos e a utilização de produtos da pesca continua em crescimento, quer em termos nominais quer *per capita*. Desta forma os produtos de pesca têm um papel fundamental na alimentação mundial, proporcionando cerca de 12% das proteínas animais consumidas em todo o mundo <sup>[6]</sup>. Portugal é o terceiro, primeiro a nível europeu, consumidor de pescado do mundo, depois do Japão e Islândia <sup>[7]</sup>. O consumo de pescado *per capita* é de 56 Kg, dos quais 7 Kg de bacalhau/ano/habitante, enquanto a média de consumo de peixe a nível mundial é de apenas 16 Kg anuais. Este valor representa um consumo individual diário de 153 g, ou seja, corresponde a 30% do total da dieta proteica animal diária por habitante <sup>[8]</sup>. No entanto, a produção nacional de pescado permite apenas satisfazer uma procura *per capita* de cerca de 23 Kg/ano <sup>[7]</sup>, ou seja, valores insuficientes face aos elevados níveis de consumo nacionais registados.

Através da análise de dados publicados pelo Instituto Nacional de Estatística – Pescas em Portugal, verificou-se que no final do século passado, as capturas em águas nacionais e externas abrandaram, devido essencialmente à diminuição de recursos existentes nesta área <sup>[9]</sup>.

Não obstante e consultando os dados presentes nas bases de dados do INE nos últimos anos verifica-se que a tendência é para relativa estabilização das capturas nominais do pescado <sup>[6]</sup>.

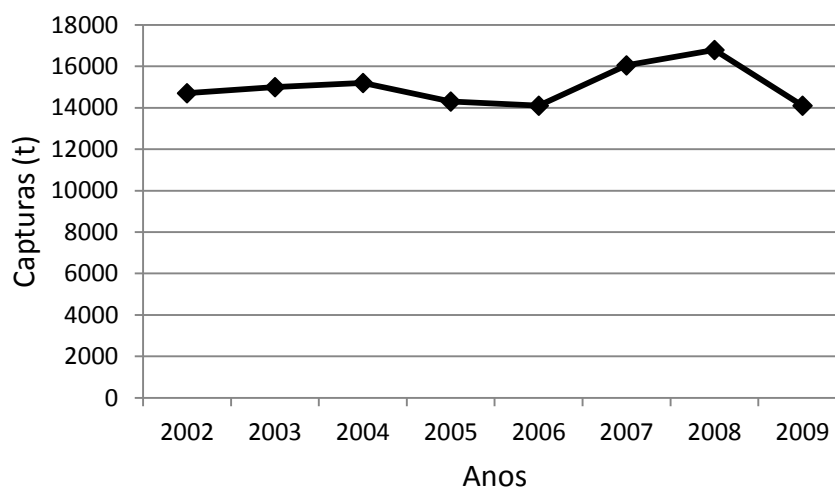


Figura 1.1: Capturas (t) anuais nominais de pescado em Portugal <sup>[6]</sup>

Em Portugal, entre as espécies mais consumidas de pescado encontra-se o bacalhau (*Gadus Morhua*), representando mais de 10% do consumo interno de pescado do país, atingindo 50% do valor da indústria de transformação de pescado, o que equivale a 420 milhões de euros.

Como evidenciado na Figura 2.2, em 2008 a produção de “secos e salgados”, 45 mil toneladas, registou um decréscimo de 22.1% para o qual contribui a acentuada quebra na produção de bacalhau salgado seco, - 22,8%, devido essencialmente a uma mudança estratégica, optando a indústria pela produção de congelados em vez de salgados e secos, e ao encerramento de algumas empresas <sup>[6]</sup>. A tendência que se tem vindo a verificar nos últimos anos é a diminuição da disponibilidade de bacalhau salgado seco para consumo <sup>[6]</sup>.

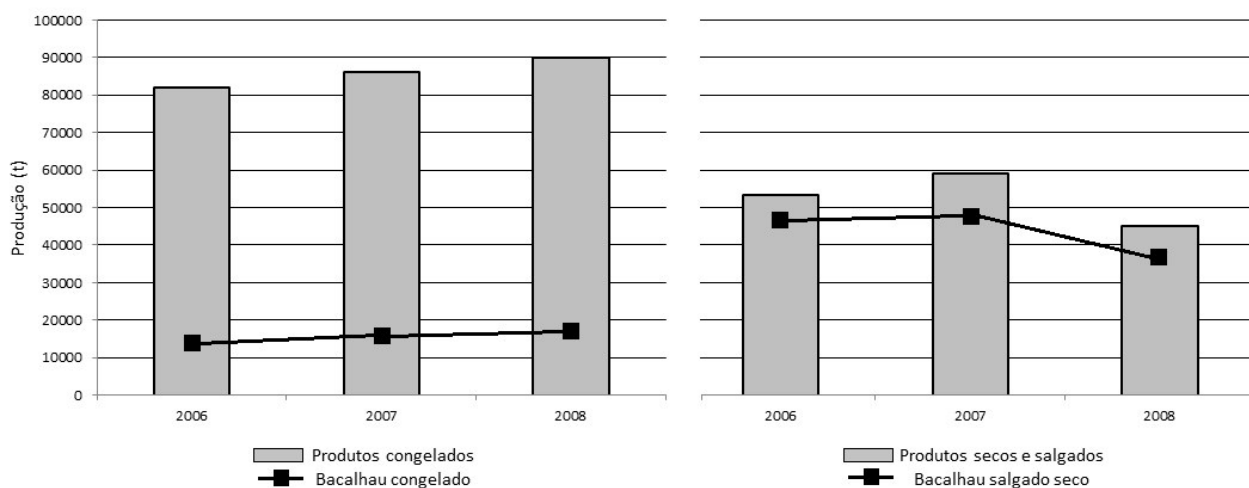


Figura 1.2: Quantidades produzidas (t), de produtos provenientes da pesca e aquicultura, pela industria transformadora<sup>[6]</sup>

O subsector da salga e demolha do bacalhau nos últimos anos tem tido um crescimento razoável.

## 1.1. Bacalhau – Caracterização genérica

Bacalhau para os povos de língua portuguesa, segundo o dicionário universal de língua portuguesa tem origem no latim Baccalauren, Stockfish para os Anglo-saxónicos; Torska para os Dinamarqueses; Baccalápara para os Italianos; Bacalau para os Espanhóis; Morne Cabilland para os Franceses e Codfish para os Ingleses.

A história do bacalhau é milenar. Existem registos de fábricas de processamento de bacalhau na Islândia e na Noruega no séc. IX. Historiadores atribuem a descoberta deste precioso peixe, espécie farta nos mares em que navegavam, aos Vikings. Como não possuíam sal, apenas secavam o peixe ao ar livre, até que este perdesse quase um quarto

do seu peso, de forma a endurecer e ser posteriormente consumido nas grandes viagens que realizavam.

Deve-se aos bascos, povo que habitava as duas vertentes dos Pireneus Ocidentais e que desenvolvem métodos de salga, o comércio do bacalhau curado, salgado e seco sendo este meio de conservação transmitido posteriormente aos Vikings que começaram a procurar sal em terras portuguesas.

No entanto, foram os portugueses os primeiros a introduzir este peixe nos seus hábitos alimentares. Os Portugueses descobriram o bacalhau no séc. XIV na época das grandes navegações em que necessitavam de produtos que não fossem perecíveis e que suportassem grandes viagens. O bacalhau foi rapidamente incorporado nos hábitos alimentares portugueses. A forte tradição católica em Portugal contribuiu para que o peixe se tornasse popular nos feriados religiosos, quando por orientação da igreja não se deve comer carnes vermelhas. Com base nisso, os portugueses desenvolveram diversos modos de prepara esta iguaria, tornando-se comum no Natal e na Páscoa, as datas mais expressivas da religião católica, onde se comemora o nascimento e ressurreição de Cristo.

Segundo o DL n.º 25/2005, de 28 de Janeiro<sup>[3]</sup>, existem apenas três espécies que podem ser consideradas legítimas, sendo todas as outras espécies consideradas espécies afins.

O nome comercial dessas espécies é o seguinte:

- Bacalhau ou bacalhau do Atlântico (*Gadus Morhua*)



Figura 1.3: *Gadus Morhua*

- Bacalhau da Gronelândia (Gadus Ogac)



Figura 1.4: Gadus Ogac

- Bacalhau do Pacífico (Gadus Macrocephalus)



Figura 1.5: Gadus Macrocephalus

No entanto, são variados os peixes salgados comercializados com nome genérico de bacalhau. O *Gadus Virens* ou *Pollachins Virens* vulgarmente chamado de Escamudo, o Molva (Ling) e *Bronius Brosme*, Zarbo. Já em Moçambique e na Guiné-Bissau, chama-se bacalhau ao *Rachycentron Cadadum*, Beijupirá. No rio Amazonas encontra-se o *Araperina Gigas*, Pirarucu, que é conhecido como “Bacalhau-da-Amazônia”.

Este peixe tão apreciado pelas suas qualidades nutritivas pertence à família dos Gadídeos, dele se aproveita quase tudo. A sua carne é consumida em todo o mundo, seja fresco, fumado, salgado ou seco. Do fígado extrai-se óleo e da sua bexiga produz-se cola. A língua e as ovas também são consideradas iguarias.

É um peixe estenotermo, não suporta grandes variações de temperatura. O bacalhau é capaz de viver em águas com variações entre 0 e 20°C, embora apareça mais abundante, em águas com temperaturas inferiores a 10°C <sup>[11]</sup>.

O bacalhau habita nos mares do hemisfério norte, perto do círculo polar, circula em cardumes que podem deslocar-se da região da Terra Nova para a Islândia e Noruega. Estende-se até ao Golfo do Biscaia, chega a Nordeste, e vai até ao Cabo Hateras, a Noroeste <sup>[11]</sup>. As maiores concentrações encontram-se todavia nas águas do Noroeste do Atlântico, isto é, na Costa da Gronelândia, na América do Norte (desce o sul da Terra de Baffin até à Carolina do Norte) e na Terra Nova. No que se refere à zona europeia, este peixe abunda na Islândia, Ilhas Farie, costas da Noruega, Mar de Barents, Mar Branco, Mar Báltico e Mar do Norte <sup>[11]</sup>. As concentrações mais importantes correspondem a populações migratórias que efetuam longas deslocações dentro da sua área de distribuição, percorrendo por vezes milhares de quilómetros. Junto das grandes populações de bacalhau emigrantes existem sedentárias que vivem permanentemente junto à costa ou aos fiordes. As migrações obedecem a duas causas principais, busca de alimentos e reprodução. A rota dessas migrações é determinada principalmente por fatores hidrográficos nomeadamente a temperatura da água, as correntes, a profundidade e o relevo submarino <sup>[11]</sup>.

Cada fêmea pode produzir entre quatro a nove milhões de ovos, que coloca em zonas específicas do oceano, com fundios relativamente baixos e temperaturas entre os +4°C e +12°C. Após dois anos de vida, o bacalhau pode ter 40 cm de comprimento, e com sete anos terá 70 ou 80 cm podendo pesar até 4 kg. É por esta altura do seu ciclo de vida que esta em condições de se reproduzir <sup>[12]</sup>, o seu período de reprodução é entre Janeiro e Abril, período no qual também se realiza a pesca a este peixe. O bacalhau adulto é igualmente considerado como habitante de águas profundas ainda que possa viver em águas de superfície devido a condições hidrográficas desfavoráveis, quando se alimenta ou quando desova. Os ovos e as larvas são pelágicos, flutuando desde a superfície até perto do fundo, sendo a sua distribuição condicionada pelo menos parcialmente, pelas condições hidrográficas, nomeadamente temperatura e salinidade do local e do período do ano <sup>[11]</sup>. Torna-se difícil definir as “águas preferenciais do bacalhau” talvez porque a sua distribuição está mais dependente da disponibilidade das presas de que se alimenta do que diretamente da temperatura da água. No entanto, os peixes maiores encontram-se de facto, na maioria das áreas de pesca, em águas muito frias <sup>[11]</sup>.

A cidade Norueguesa de Aalesund é considerada a capital mundial do bacalhau, cidade esta que se orgulha da sua tradução pesqueira possuindo hoje em dia sofisticadas

instalações portuárias, técnicas avançadas, enorme frota e inúmeras indústrias de processamento que fazem dela o maior centro exportador de pescado e derivados de toda a Noruega, foi o mercador holandês “Yapes Ypress” que fundou a primeira indústria de transformação de peixe.

Do ponto de vista técnico, o bacalhau salgado e seco, entende-se por peixe salgado e seco o produto elaborado com peixe limpo, esviscerado, com ou sem cabeça e convenientemente tratado pelo sal, cloreto de sódio, devidamente seco, não podendo conter mais de 47% de humidade para as espécies consideradas gordas, tolerando-se 5% para as espécies consideradas magras. Segundo o DL n.º 25/2005, de 28 de Janeiro<sup>[3]</sup>, a classificação do bacalhau salgado seco é a seguinte:

- Especial – Peixe de 1ª categoria com peso superior a 3 kg,
- Graúdo – Peixe de 1ª categoria com peso igual ou inferior a 3 kg e superior a 2 kg,
- Crescido - Peixe de 1ª categoria com peso igual ou inferior a 2 kg e superior a 1 kg,
- Corrente - Peixe de 1ª categoria com peso igual ou inferior a 1 kg e superior a 0,5 kg,
- Miúdo - Peixe de 1ª categoria com peso igual ou inferior a 0,5 kg,
- Sortido - Peixe de 2ª categoria.

Em anexo poderá ser encontrada uma resenha histórica referente ao bacalhau em Portugal, tal como a sua descrição anatómica e classificação taxonómica, Anexo I.

## **2. Entrepasto frigorífico como entidade de armazenagem de produtos alimentares perecíveis**

A tendência da maior parte dos países é o aumento da sua população. Desta forma e com a produção e captura em massa de produtos perecíveis existe cada vez mais a necessidade de existirem meios de conservação destes mesmos produtos. A juntar a estes factos, a elevada densidade populacional urbana e o atual modo de vida, obriga ao transporte de grande quantidade de alimentos. Como consequência de todos estes fatores cresce de dia para dia a necessidade de manter os produtos nas condições apropriadas de temperatura, ou seja, de conservação desde a sua captura, abate ou captura até ao consumo final ou a sua transformação industrial.

Desta forma, é imperativa a conservação da qualidade dos produtos perecíveis a temperaturas apropriadas, no entanto à que ter em conta que o frio não pode ser considerado um meio de destruição de microrganismos.

A inibição da atividade do frio sobre os produtos perecíveis irá conduzir a reações de degradação, devido ao desenvolvimento acelerado de microrganismos e enzimas, como tal, é conveniente que durante todas as etapas do processo, inclusive na comercialização sejam mantidas as temperaturas indicadas de conservação. A aplicação do frio é extremamente importante para o produto, como tal, deve sempre avaliar-se as condições e o tempo a que o mesmo irá e está sujeito de forma a respeitar a sua natureza e qualidade.

Para se conseguir obter bons resultados na aplicação do frio, foram-se desenvolvendo ao longo do tempo diferentes formas de conservar os produtos. No início do séc. XV, com o desenvolvimento gradual na produção de frio artificial, iniciou-se a construção de unidade de armazenamento de frio através de gelo recolhido durante o Inverno.

Assim, desenvolveu-se o conceito do entreposto frigorífico para armazenamento de produtos alimentares perecíveis no estado congelado e refrigerado, sendo esta construção

acompanhada pelo desenvolvimento estratégico das empresas produtoras e distribuidoras de produtos perecíveis, que através destes entrepostos conseguiam garantir a armazenagem dos mesmos durante vários meses e em diversas condições. Como tal, existem várias classificações para os entrepostos frigoríficos dependendo da sua natureza, o regime de exploração e funcionamento da atividade tipo de especialização e quanto à sua disposição, são constituídos por várias instalações, entre muitas, encontram-se os seguintes exemplos:

- Câmaras frigoríficas de refrigerados.
- Câmaras frigoríficas de congelados.
- Túneis de congelação.
- Salas de trabalho climatizadas.
- Máquinas e silos de gelo.

Os entrepostos frigoríficos podem ser de um único ou de vários pisos, dependendo da atividade para a qual forem dimensionados, embora de vários pisos apresentem um custo mais elevado devido às infra-estruturas necessárias para a sua construção. Podem ser dimensionadas para várias câmaras frigoríficas, agregadas por regimes de temperaturas, refrigeradas, congeladas ou ultracongelação. Na sua construção deve ter-se em conta os espaços relativos à circulação do produto, corredores de circulação de empilhadores, os locais de entrada e saída de produto, cais de receção e cais de expedição, as áreas sociais e administrativas e as salas de trabalho. Por último à que ter em conta a sala das máquinas, o “coração” dos entrepostos frigoríficos, visto que é neste espaço que estão localizados uma boa parte dos equipamentos que compõe uma instalação frigorífica, desta forma podemos afirmar que a sala de máquinas é uma parte vital do entreposto frigorífico. Geralmente são construídas à parte, evitando assim, por um lado ruídos e vibrações, bem como transmissão de calor oriunda dos equipamentos que a compõem. Na construção dos entrepostos frigoríficos são geralmente utilizados painéis isotérmicos, isolados com poliuretano, para as paredes e teto, devendo apresentar boas características mecânicas, físicas, resistência ao fogo e ser impermeável ao vapor de água. A escolha da espessura e material é muito importante uma vez que pode fazer variar as cargas térmicas introduzidas na câmara frigorífica, a sua espessura depende da temperatura interna e da envolvente. Para o isolamento do solo são utilizadas placas de poliuretano com barreira ao vapor e

tela asfáltica. Nas câmaras frigoríficas de congelados, túneis de congelação e câmaras frigoríficas de ultracongelação é aplicado o vazão sanitário, este tipo de pavimento permite a circulação de ar de modo a que a humidade contida no solo não congele, provocando aumento de volume e conseqüente deformação do pavimento. As portas de câmaras frigoríficas devem ser também de painel isotérmico, normalmente com a mesma espessura que o painel isotérmico das câmaras frigoríficas, podendo ser deslizantes, pivotantes ou de guilhotina, podendo ou não ser monitorizadas. Para os cais de expedição e receção devem ser consideradas portas de cais, ou seja, foles pneumáticos que proporcionam uma estanquicidade quase perfeita e como conseqüência, a descarga dos camiões é feita com perdas térmicas mínimas.

## **2.1. Conservação de pescado**

Os peixes são um grupo muito rico e diversificado de animais extremamente bem adaptados à vida na água. Por si só incluem praticamente o mesmo número de espécies, cerca de 24000, que os outros grupos de vertebrados. Existem diferenças tão grandes de grupo que se torna difícil definir uma caracterização geral comum a todos os peixes. No entanto, podemos dizer que há animais vertebrados de sangue frio, respiram por brânquias, com o corpo todo coberto de escamas e munidos de barbatanas.

Os peixes, quer provenientes do mar quer do rio, tem uma composição nutritiva muito parecida com a da carne, dispõem de proteínas com alta qualidade biológica e são ricos em vitamina A e D, embora sejam pobres em vitaminas hidrossolúveis, destacando-se entre os minerais, o iodo, o fósforo, o sódio e o potássio. A configuração química dos animais aquáticos é extremamente variável, embora se aproxime bastante, em termos gerais, da composição de animais terrestres.

A qualidade do peixe depende muito do espaço de tempo entre a sua morte e o momento em que é consumido. Entre os produtos de origem animal, os peixes são os mais suscetíveis a processos de deterioração. Após a sua morte inicia-se imediatamente o

processo de decomposição provocado por reações químicas e bacterianas, o qual não pode ser parado, apenas se pode reduzir a sua velocidade.

O primeiro estágio de alteração do pescado logo após a sua morte é o *rigor mortis*. Este processo é definido como uma alteração física na carne, resultando de uma complexa modificação bioquímica no músculo após a morte do animal, os compostos orgânicos do músculo quebram pela ação de enzimas do tecido muscular, originando um endurecimento do músculo. A carne que, imediatamente depois de ocorrer a morte, é flexível, branda e elástica perante ligeira tração, torna-se rígida e dura, fazendo com que o corpo do pescado adquira frequentemente uma forma arqueada. A rigidez do pescado na etapa do *rigor mortis* é sinal seguro de frescura, a diferença entre o estado vivo e o *rigor mortis* é que neste não há energia no músculo. Ao fim de várias horas o pescado vai gradualmente ficando flexível, embora a extensão dos músculos à tração já não seja reversível. A rapidez e duração com que este fenómeno se instala depende de vários fatores, como a espécie, fatores fisiológicos, grau de exaustão quando são capturados, tamanho do pescado, temperatura da água, condições de abate, tipo de pescado, nativo ou cultivados. Quanto ao tempo de duração do *rigor mortis* é dependente de vários parâmetros, a espécie, uma vez que o pescado apresenta composições químicas diferentes próprias de cada espécie, fatores fisiológicos, os peixes não alimentados antes da sua captura têm um tempo para o início do *rigor mortis* mais curto em virtude da falta de energia nos músculos; grau de exaustão, os peixes que sofrem mais na sua captura rapidamente entram em *rigor mortis*; o tamanho do pescado, peixe mais pequeno entra mais rapidamente no *rigor mortis* e condições de abate, pescado morto em agonia apresenta baixo valor de Trifosfato de adenosina e logo de seguida entram em *rigor mortis*. No início de todo o processo, a substância que hidrolisa mais rápido é o glicogénio, a falta de oxigénio, anaerobiose ocorre causando a formação de ácido láctico causando a redução de pH no músculo. Isto por sua vez, estimula as enzimas que hidrolisam o fosfato orgânico. A diminuição de ATP faz com que a actina e a miosina, associadas na forma de complexo actomiosina, não se separem. Esta reação é semelhante ao que ocorre no músculo vivo durante a contração muscular.

Uma vez instalado o *rigor mortis*, os outros estágios dessas alterações podem ser classificados de hiperemia (libertação de muco), atividade enzimática, oxidações lipídicas e de composição bacteriana. Exala um odor bastante intenso, o muco libertado pelas

glândulas no interior do pescado, este, ocorre como uma reação característica de um organismo em agonia, fora do seu meio ambiente, a água. Uma grande percentagem da constituição é a mucina, uma glicoproteína excelente substrato para o desenvolvimento de bactérias, o que pode iniciar a decomposição quando o peixe ainda fresco. Os perigos alimentares de ingestão de lípidos de pescado oxidado são decorrentes dos peróxidos e reações que possam ocorrer no organismo humano. Os lípidos de pescado contêm grande quantidade de ácidos graxos altamente insaturados que facilmente são atacados pelo oxigênio, reação posterior a um período de indução, produzindo peróxidos, odor a ranço, e outros produtos de polimerização. Os valores de oxidação lipídica são influenciados pela temperatura, quanto maior este for maior é a degradação lipídica do pescado.

As alterações estruturais na carne do pescado, o seu amolecimento, são a autólise. Este processo de quebra das proteínas e gorduras devido à Ação de enzimas, começa quando o músculo está rígido, a redução do pH dos tecidos origina o ambiente indicado para Ação das catepsinas. Manifesta-se pela desintegração das partículas grandes de proteínas em macromoléculas, que posteriormente se degradam em peptonas e aminoácidos. Ao mesmo tempo dá-se a hidrólise de gorduras e proteínas, originando um ambiente favorável ao crescimento bacteriano, permitindo a deteriorização. Nos peixes cartilagosos a Ação das enzimas origina o aparecimento de um cheiro desagradável, devido ao alto teor de ureia.

As vias mais importantes para a penetração de bactérias para o interior dos músculos são as brânquias, pela externa e epitélio da cavidade abdominal, as bactérias encontram nos músculos do pescado um tanto material nutritivo, resultando numa maior Ação enzimática. Inicia-se rapidamente o processo de decomposição. A rapidez de todo este processo é função da temperatura ambiental e carga microbiana inicial. Desta forma, a vida útil do pescado é determinada pelas reações enzimáticas e pelo número de espécies de microrganismos presentes. O processo de decomposição acelera-se se o pescado tiver sofrido pancadas, pisadelas ou cortes. A exposição solar, para além de desidratar, aumenta a temperatura do corpo favorecendo o crescimento de microrganismos e as reações químicas de decomposição. É fundamental que, a partir da captura sejam adotadas medidas para reduzir ao mínimo a Ação destes fatores, visando a obtenção de um produto final em condições apropriadas para consumo.

Um exemplo da adoção de medidas é a utilização de um choque térmico no momento do abate, visto que a redução de temperatura no interior da carne, pela Ação de água com gelo é consideravelmente mais efetiva e rápida, quando comparada com a Ação do gelo.

Cientificamente o fenómeno do *rigor mortis* tem início até cinco horas após a morte, terminando 30 horas após o início, quando o peixe é armazenado adequadamente sob refrigeração. Tecnicamente, é importante retardar o aparecimento do *rigor mortis*, pois acredita-se que os fenómenos com a deteriorização somente se acentuam após a sua finalização.

Em termos de armazenamento temos dois tipos de processos:

- Refrigeração, de  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $4^{\circ}\text{C}$ , que consiste em manter a temperatura superior à temperatura de congelação e inferior à temperatura crítica, inibe o desenvolvimento de microrganismos.
- Congelação, de  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-35^{\circ}\text{C}$ , que têm como objetivo manter a temperatura inferior à temperatura de congelação do produto, preservando a sua integridade e a sua qualidade de modo a reduzir as alterações físicas, bioquímicas e microbióticas.

No entanto, existem alguns tipos de conservação, sendo o método de conservação do bacalhau um dos mais peculiares.

## **2.2. Método de conservação do bacalhau**

A conservação do bacalhau compreende vários métodos, entre os quais, a maturação (cura), secagem, demolha, ultracongelação e vidragem.

Não obstante, todos os métodos anteriormente indicados são sempre precedidos de procedimentos a bordo e antes da receção na indústria, designados de pós-captura.

### **2.2.1. Pós-captura (Procedimentos a bordo e antes da receção na indústria)**

Após ser capturado, e longe da refrigeração industrial, devem ser aplicados ao pescado métodos de refrigeração logo no navio, uma vez que a temperatura do pescado a bordo não deve ser superior a  $+1^{\circ}\text{C}$ , devendo chegar à lota com esta temperatura <sup>[13]</sup>.

A evisceração deve ser feita o mais rapidamente possível, evitando desta forma que as enzimas digestivas cessem a sua atividade na cavidade abdominal. No entanto, se se proceder a um arrefecimento imediato do pescado, as vantagens da evisceração podem ser diminuídas.

Geralmente, para a conservação do pescado até a sua chegada a terra é utilizado gelo, que aplicado em contacto direto com o produto permite uma redução imediata da sua temperatura. O gelo que normalmente se utiliza para refrigerar o pescado é de água doce, triturado, em escamas ou em argolas. Deve ter-se em conta a dimensão dos pedaços de gelo, quanto mais pequenos estes sejam, mais rápida será a refrigeração, no entanto, obriga a uma maior reposição de gelo.

Parte da contaminação grosseira do pescado pode ser evitada pela limpeza geral e estado sanitário dos navios, lotas, cabazes, paletes, contentores e pelo equipamento em geral.

### **2.2.2. Escala**

Após a receção nas unidades de transformação de pescado, não estamos a considerar que o pescado sofre um processo de descongelação, uma vez que o mesmo pode entrar no entreposto frigorífico como peixe fresco ou congelado, o primeiro processo que o peixe sofre é a escala. Este processo consiste no corte ventral do bacalhau, removendo os dois terços anteriores da coluna vertebral e restos de bexiga natatória, deixando-o com o tradicional e característico aspeto do bacalhau escalado, aberto. No final deste processo o peixe deve manter os requisitos de qualidade exigidos após a escala integral e correta,

o que melhora a eficácia do processo de salga. Esta operação pode ser manual ou automática.

### **2.2.3. Lavagem**

Uma vez escalado o peixe é lavado. A sua lavagem é feita com escovas adequadas e com água salubre corrente, desta forma removem-se todos os restos de vísceras e coágulos de sangue resultantes da sangria e da evisceração, nomeadamente na zona ventral do peixe. A musculatura do peixe deve ficar isenta de manchas de sangue e restos de fígado, com um aspeto e coloração uniformes, com estrutura íntegra, de cor branca brilhante e consistência firme. A pele deve apresentar-se inteira.

### **2.3.4. Salga**

A salga é o processo de conservação e cura por meio de sal, numa razão de 1 kg de sal para 3 kg de peixe <sup>[14]</sup>.

Utilizado pelos povos que viviam junto a costas marítimas, com condições térmicas excelentes para produzirem o sal com que salgavam o peixe ou carne, ou também por povos em zonas do litoral com acesso a minas de sal-gema. Antes de ser conhecido o processo de congelação, a conservação do peixe era feita através de seca ou salga. Era uma atividade económica tão intensa que justificou o aparecimento de empresas vocacionadas para esta laboração <sup>[15]</sup>.

Na maior parte dos países do mundo usa-se o sal como processo de conservação dos mais variados produtos, no entanto, é em Portugal, no bacalhau, que se usa de uma forma mais sistemática este processo para garantir a sua conservação. A salga produz um produto alimentar com elevado grau de durabilidade, mas com diferentes características do peixe fresco. De forma resumida, a salga caracteriza-se pela desidratação do bacalhau através de cloreto de sódio, sal, e posterior secagem.

A salga consiste no empilhamento do peixe escalado com sal grosso dentro de grandes recipientes, onde ficam semi-submersos na água que o próprio peixe vai libertando durante, cinco a sete dias. De seguida os peixes são retirados dos recipientes e escorridos.

Posteriormente o bacalhau é novamente empilhado em paletes intercalado em camadas de sal grosso, onde repousa por mais 20 dias.

O sal não atua na conservação dos alimentos simplesmente como anti-séptico, mas também através de uma Ação desidratante do cloreto de sódio em relação aos alimentos a conservar. Durante a operação de salga o cloreto de sódio em contacto com a humidade exterior dos produtos alimentares, forma uma solução saturada de sal e os tecidos internos perdem água e impregnam-se de sal originando uma solução proteico-salina <sup>[16]</sup>. O mecanismo de conservação consiste especialmente no aumento da tensão osmótica do meio e, conseqüente, na diminuição da atividade da água, que vai impedir a proliferação de bactérias e agentes de putrefacção <sup>[16]</sup>.

Para a obtenção de um peixe salgado de boa qualidade, convém aproveitar-se apenas peixe em condições sanitárias adequadas. Este facto é importante, pois se o bacalhau estiver em sal durante muito tempo, irá sofrer uma desidratação nas superfícies, sendo que algumas ficam “queimadas” devido ao longo período em contacto com o sal. O índice de penetração do sal nos tecidos é inversamente proporcional ao conteúdo de gordura do músculo. Além de retardar o processo de salga, a gordura produz um sabor desagradável no peixe. O bacalhau salgado seco possui um teor de gordura de 25 %. Quanto maior a espessura do músculo, mais demorado será o tempo de salga uma vez que, por maior que seja a velocidade de penetração do sal, maior é o percurso até ao centro do músculo.

O resultado final da salga é consequência de várias ações conjuntas.

**Ação físico-química:** Existe uma penetração e difusão de sal através da pele do peixe e migração da água das células para o exterior, osmose.

**Diminuição da capacidade de retenção de água:** Devido à desidratação e/ou retração dos tecidos e diminuição do volume de pescado.

**Ação química:** Há desnaturação das proteínas, mas também lipólise e oxidação dos lípidos.

**Ação das impurezas presentes no sal:** Níveis de pureza do sal desadequados podem dificultar a penetração do sal no pescado e modificar o sabor, textura e coloração do mesmo.

**Ação granulométrica:** Influência principalmente a taxa de absorção e rapidez da salga.

A pureza do sal é outro dos fatores importantes na operação de salga e é em grande parte responsável pelas características do produto final. O sal utilizado é o cloreto de sódio, deve ser limpo, livre de matérias e cristais estranhos. As principais impurezas são os sais de cálcio e magnésio, sulfatos e carbonatos de sódio essencialmente sob a forma de cloretos e sulfatos, mas também podem estar presentes silicatos, cobre e ferro, entre outros, que precipitam durante a concentração do sal. Os sais de cálcio e magnésio diminuem a penetração do sal no pescado e modificam o sabor, textura e coloração do mesmo. Os gadídeos processados que possuem estas impurezas, alteram-se mais rapidamente que os produtos preparados com sal puro. O cobre e o ferro levam ao escurecimento da superfície do peixe a partir de certos limites. Um bom sal não deve possuir mais de 1,5 % de impurezas. Porém é conveniente que o sal usado tenha alguns sais de cálcio e magnésio, 0,15% - 0,30% e 0,05%-0,15%, respetivamente a fim de produzir um produto mais branco que satisfaça as exigências do consumidor <sup>[17]</sup>.

O sal que contem fungos ou bactérias pode provocar o aparecimento de uma cor avermelhada no peixe após a salga, pelo que se deve escolher o sal que não esteja biologicamente contaminado <sup>[18]</sup>.

Os fatores como a frescura, espessura do pescado, superfície e temperatura da salga influenciam também a qualidade e intensidade da salga. Por outro lado, a qualidade da salga depende da velocidade de penetração do sal e da sua concentração, até haver um equilíbrio entre o sal e a pele do peixe em função da temperatura da salga.

O bacalhau salgado seco deve apresentar um teor de sal não inferior a 16%, expresso em cloreto de sódio, e que após lavagem e posterior secagem por evaporação natural ou artificial, deve possuir um teor de humidade igual ou inferior a 47% <sup>[3]</sup>.

Existem dois métodos principais de salga, que dependem, entre outros fatores, das condições climáticas das regiões, da modalidade de pesca e da proximidade dos mercados, a salga seca e a salga húmida.

Nos dois métodos o pescado deve ser muito bem escalado, eviscerado e lavado, retirando-lhe a cabeça e abrindo a cavidade abdominal toda, deve eliminar-se a espinha dorsal à exceção da porção final do rabo, que confere a rigidez ao pescado aberto.

#### **2.3.4.1.Salga seca**

A salga seca é o método mais simples, pode ser efetuado em caixas de madeira, sobre estrados de madeira ou em tanques pouco profundos. Este método consiste em estratificar o peixe e o sal, alternadamente em pilhas, com perda de salmoura para o exterior. Os peixes já lavados e escalados devem ser sobrepostos com a parte aberta virada para cima, de modo que a parte grossa do peixe contacte com a parte fina do outro peixe. A saída de água pode ser acelerada se colocarem sobre as pilhas pesos, tábuas de madeira ou plástico. O pescado pode manter-se assim durante meses antes que seja dessecado. É um método rápido e mais intenso que a salga húmida.

#### **2.3.4.2.Salga húmida**

A salga húmida não é usada para os gadídeos. Neste caso, o peixe é salgado numa salmoura artificial, previamente preparada. Esta salmoura deverá ter características específicas consoante o produto acabado que se pretende. Consequente, o peixe tem uma fase de maturação mais ou menos prolongada por Ação de enzimas tecidulares e digestivas, ou até enzimas de origem microbiana. Estes fatores levam a um aumento progressivo de aminoácidos livres.

#### **2.3.5. Secagem**

A secagem, assim como a salga, é uma operação simples, só é necessário deixar a água evaporar. É uma prática antiga de conservação de alimentos. Com este processo pretende-

se diminuir a massa de água de um produto, usando para isso a ajuda de calor e circulação de ar. O bacalhau fresco tem cerca de 85% de teor de água, enquanto seco apenas tem cerca de 40% de teor em água. No caso específico do pescado curado, este processo permite a manutenção da qualidade do produto, mais do que a Ação bacteriostática efetuada pelo cloreto de sódio <sup>[17]</sup>.

De forma a não existirem alterações no pescado é necessário efetuar uma secagem rápida do mesmo, no entanto, esta não deve ser demasiado rápida uma vez que desta forma haveria um endurecimento da superfície do pescado.

De maneira a separar e retirar as moléculas de água das células vizinhas, de modo a ser libertada em fase líquida, é preciso fornecer energia suficiente para romper as forças de Van der Waals, e romper as ligações de hidrogénio ao nível molecular. Para este tipo de tratamento é utilizada uma fonte de calor. O ar quente ao contactar com peixe, retira-lhe água, em forma de vapor. Esta simplicidade aparente é o resultado de fenómenos físico-químicos complexos, tais como, a higrometria da mistura dos vapores de água, a entalpia do ar húmido, que permite avaliar as características da secagem, a saturação isentálpica do ar, entre outras. A temperatura, humidade e velocidade do ar são fatores extremamente importantes na secagem.

Por outro lado deve ter-se em conta as propriedades físicas do peixe. Inclui-se aqui a espessura do pescado, a temperatura do peixe, a superfície de troca, o coeficiente de difusão de água no músculo, o processo de salga, etc..

A transferência de calor dá-se por condensação e convecção, enquanto a transferência de matéria, a mais importante, dá-se por osmose da água líquida.

O efeito da secagem no pescado salgado é o do aumento da concentração de cloreto de sódio, aumentando a pressão do fluido celular. Desta forma, para um teor igual de humidade existe uma diminuição significativa da atividade da água e um alargamento do período de conservação. No caso particular dos peixes que sofrem uma cura ligeira, é necessário ter em conta que a sua superfície enquanto húmida, está mais suscetível à decomposição bacteriana <sup>[17]</sup>.

Existem dois tipos de secagem, a secagem natural e a secagem artificial.

### **2.3.5.1. Secagem natural**

O grau de maturação e cura do pescado sempre se mostrou um dos vetores mais importantes na evolução da indústria, fatores esses muito cedo associados à necessidade de utilização de frio. Os procedimentos são simples e rotineiros, desde a exposição do peixe ao ar depositado sobre o solo pedregoso ou com cobertura vegetal rasteira, à exposição solar sobre tabuleiros ou sobre estacaria de madeira, várias são as opções para idênticos resultados. A secagem é, genericamente, a série de operações necessárias para extrair grande parte da água da constituição dos tecidos, num nível que a salga não conseguiu, aumentando por isso a conservação de bacalhau.

A secagem natural é um processo com enorme dependência das condições climáticas. Se estiver tempo húmido ou chuvoso não ocorre a evaporação, podendo mesmo, no caso de o pescado apanhar chuva, o efeito da salga ficar irremediavelmente perdido, pondo em causa o próprio produto. Por outro lado se estiver muito quente, acima dos +26 °C/+28 °C e conforme as condições de humidade e salinidade do bacalhau, podem ocorrer alterações na massa muscular e pele – vulgarmente designadas por “melado” e depois por “queimado” – ficando o peixe praticamente sem condições de recuperação para o consumo humano <sup>[19]</sup> .

A secagem natural compreende um período constante, a evaporação da água que se encontra à superfície do peixe deve ser o mais curta possível a fim de evitar a contaminação e deterioração do peixe, e um período decrescente, a água no interior difunde-se para a superfície e a velocidade de secagem diminui à medida que o peixe seca. <sup>[16]</sup>.

Este tipo de secagem apresenta contudo várias desvantagens, tais como:

- Condições climatéricas variáveis.
- Necessidade de grandes áreas.
- Necessidade de controlo de insetos e roedores.

- Contaminação ambiental.
- Elevados tempos de secagem.
- E necessidade de muita mão-de-obra.

Este tipo de secagem é económica no que se refere à instalação e ao tipo de energia utilizado.

Na secagem natural podemos distinguir dois processos, seca ao ar livre e seca ao sol.

A seca ao ar livre faz-se nos climas frios e secos, nos países mais a Norte<sup>[17]</sup>. As condições ótimas de secagem ao ar livre dependem, essencialmente da temperatura e humidade do ar. A temperatura deve ser suficientemente elevada a fim de assegurar uma secagem rápida. O ar não deve ser muito seco de forma a terminar a seca com uma humidade máxima de 25 %. Na estação húmida mantém-se um muco na superfície permitindo a multiplicação bacteriana. Os gadídeos, peixes magros, ficam bem processados com este tipo de seca. É muito utilizada na Islândia e Noruega<sup>[14]</sup>.

O mais nobre bacalhau produzido no arquipélago de *Lofoten* é seco ao vento frio do Ártico durante três meses, cortadas as cabeças e vísceras, os peixes são amarrados dois a dois pelo rabo e pendurados em estruturas de madeira. Chegam a perder até 77% do seu peso ao longo do período de tempo que permanecem expostos ao vento.

Mesmo depois de seco ao ar livre, o bacalhau não perde teor de proteínas, pelo contrário, aumenta-o, uma vez que a água se evapora e a massa diminui.

À exceção dos países Africanos, a seca ao sol não é muito usada, uma vez que depende de uma fonte e energia instável e variável.

### **2.3.5.2. Secagem artificial**

A secagem artificial substitui o processo tradicional, moroso, primitivo e contingente, de cura de bacalhau, pelas suas vantagens económicas e por permitir a continuidade do

processo originando um produto final *standart* e de boa qualidade. Este processo não está dependente das condições climatéricas utilizando racionalmente os conhecimentos científicos sobre a desidratação de alimentos.

O pescado é colocado horizontalmente num ambiente controlado, a circulação de ar é acelerada por ventilação adequada, atuando a temperatura e humidade reguláveis. Ao contrário da seca natural o vapor de água contacta com uma atmosfera que não está saturada, podendo-se assim controlar a evaporação <sup>[14]</sup>.

As grandes vantagens da secagem artificial são:

- Proteção do produto face a dejetos de aves e insetos.
- Proteção contra intempéries e poluição ambiental.
- Menores custos de mão de obra.

No entanto existem alguns problemas inerentes à secagem artificial, a falta de sensores no interior dos túneis, permitindo saber quando o produto se encontra seco, a não uniformidade da circulação de ar entre os tabuleiros e os elevados custos energéticos são os mais importantes

A passagem do sistema de secagem natural para o sistema de secagem artificial foi demorada, visto que a demonstração da sua eficácia foi morosa e existia um elevado investimento inicial, quer para a construção quer para a aquisição das máquinas necessárias.

### **2.3.6. Demolha**

Outra alternativa para a indústria de transformação de bacalhau, embora mais na ótica da inovação para colocação no mercado nacional, é o bacalhau demolhado ultracongelado. Várias indústrias de transformação dedicam-se exclusivamente à preparação e embalamento destas especializações produtivas.

Os mais velhos são os que têm maior preferência pelo consumo de bacalhau, qualquer que seja a forma de apresentação, mas optando em primeiro lugar pelo bacalhau seco. Os

mais jovens também gostam de bacalhau mas contrariamente aos mais velhos demonstram maior apetência pelas novas formas de oferta, nomeadamente os pré-cozinhados e a gama de congelados, com especial incidência pelo bacalhau demolido ultracongelado.

A demolha é o primeiro processo para se atingir o estado demolido ultracongelado. Para que o bacalhau salgado seco seja consumido é necessário realizar uma demorada operação de demolha que se realiza a nível doméstico ou a nível industrial. Este processo consiste em colocar o bacalhau em água durante um certo período de tempo de forma a dessalar o bacalhau. Em termos físico-químicos a demolha envolve duas mudanças principais que ocorrem simultaneamente <sup>[20]</sup>, isto é, a matriz proteica é reidratada resultando na melhoria das qualidades sensoriais do bacalhau, além disso o conteúdo de cloreto de sódio, sal, baixa podendo ser visto como uma extração sólido-líquido em que os solutos são os iões sódio e cloro e o solvente é a água.

Do ponto de vista industrial o principal problema da demolha é o tempo demasiado longo para que este processo se complete, de forma a conseguir níveis de sal e água aceitáveis para o consumo. Assim interessa à indústria recorrer a processos inovadores que possam diminuir o tempo para que se complete a difusão de água e do cloreto de sódio. Deste modo, a indústria tem tentado acelerar o processo de demolha usando circulação de água e otimização do número de mudanças da mesma.

### **2.3.7. Ultracongelação**

Uma vez demolido o bacalhau sofre um processo de ultracongelação, este processo ocorre em três fases.

Na primeira fase, a temperatura reduz-se até ao ponto de congelação do produto. Em seguida a água contida no produto transforma-se em gelo e por fim a temperatura é reduzida até que a temperatura no centro térmico do produto atinja e se estabilize pelo menos a -18 °C. Este processo de congelação deve efetuar-se o mais rápido possível. Quando o processo de congelação é lento formam-se cristais de gelo de grandes

dimensões que destroem a estrutura celular danificando os produtos alimentares e comprometendo a sua qualidade em termos de frescura, sabor e preservação.

Nos processos de congelação lenta a água livre à volta das células do alimento é a primeira a cristalizar e dessa forma o equilíbrio é quebrado e a água existente no interior das células do alimento começa a migrar para o exterior destruindo as paredes das mesmas. Os cristais de gelo tornam-se tão grandes que as células ficam completamente destruídas conduzindo assim a uma diminuição de qualidade do produto e a uma elevada perda de água quando o produto for descongelado ou reaquecido. Quanto mais longo for o tempo de congelação maior será o número de células destruídas, ou seja, quanto mais rápido for o processo de congelação, melhor a qualidade do produto final.

A temperatura do produto antes da congelação deve ser tão baixa quanto possível de forma a conservar ao máximo a sua frescura e qualidade.

### **2.3.8. Vidragem**

De forma a evitar perdas por dessecação, desidratação e oxidação, deve proceder-se à vidragem do bacalhau. Este processo consiste em aplicar ao peixe congelado uma fina camada de gelo na sua superfície.

Pode realizar-se através de imersão, passagem, mergulho ou pulverização de água doce salubre no produto, permitindo assim que este sofra um novo processo de congelação.

A quantidade de gelo acumulado pelo processo de vidragem depende de vários fatores, tais como, tempo de vidragem, temperatura do peixe, temperatura da água, tamanho e forma do produto <sup>[14]</sup>. A vidragem que pode variar entre 2 e 20 % não pode ser contabilizada para o peso útil do produto, de forma a evitar que o cliente esteja a pagar água pelo preço do pescado. A água a utilizar deve ser potável e incluir por vezes alguns componentes proteicos e químicos, bem identificados e recomendados pelas normativas europeias e internacionais <sup>[14]</sup>.

Poderá ser encontrada em anexo as características de pescado em estado de conservação deteriorado, bem como as características do bacalhau quando este se encontra com indícios de deteriorização, Anexo II.

### **3. Enquadramento do projeto nos aspetos técnico-funcionais**

Um dos objetivos deste trabalho de projeto é tipificar uma instalação frigorífica de bacalhau salgado seco, no entanto, e de forma a conhecer e compreender todos os processos envolvidos na transformação e conservação de bacalhau, optou por estudar o processo desde o início, bacalhau fresco, até ao estado de bacalhau demolido ultracongelado.

Este entreposto frigorífico é composto por um cais de receção de bacalhau fresco, uma câmara frigorífica de refrigerados para receção de matéria-prima, uma sala climatizada de trabalho para escala, lavagem e adição de sal, uma câmara frigorífica de refrigerados para maturação do bacalhau salgado, uma sala climatizada de trabalho para remoção do sal em excesso e colocação do bacalhau de tabuleiros para a secagem, cinco túneis de secagem, uma sala climatizada de corte, pesagem e embalagem de bacalhau salgado seco, uma câmara frigorífica de refrigerados para receção de produto acabado – bacalhau salgado seco, um cais de expedição de produto acabado – bacalhau salgado seco, vinte tanques de demolha, cinco túneis frigoríficos de ultracongelação, uma sala climatizada de trabalho para vidragem, uma sala climatizada de trabalho para embalagem e pesagem, uma câmara frigorífica de conservação de congelados produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado, um cais de expedição de bacalhau demolido ultracongelado, uma sala de máquinas e área administrativa.

Desta forma, o entreposto frigorífico anteriormente descrito, obedece ao seguinte fluxograma.

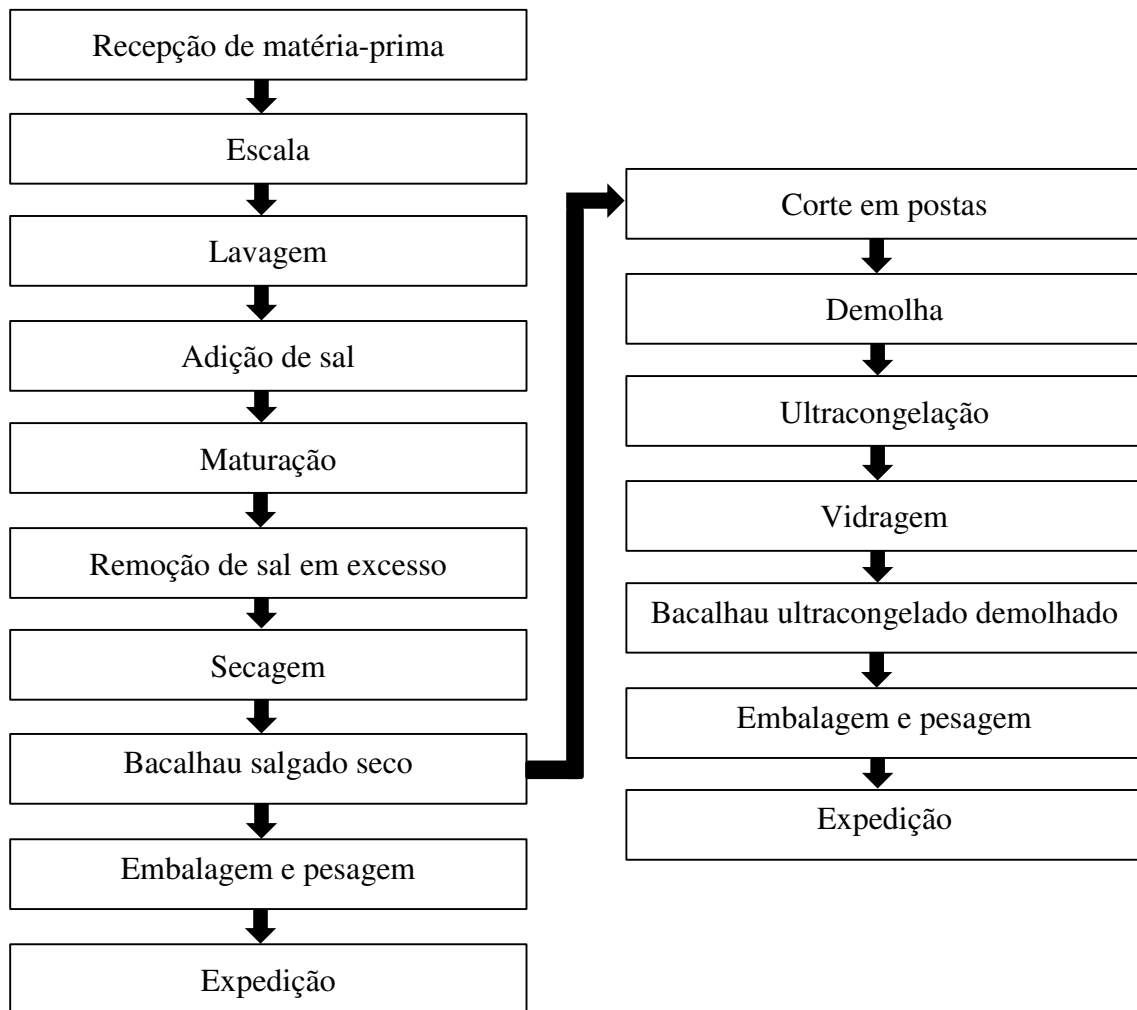


Figura 3.1: Fluxograma do entreposto frigorífico.

### 3.1. Cais de receção/expedição

Os cais de receção e expedição são espaços de interligação entre o entreposto frigorífico e o transporte frigorífico, desta forma, há que ter em conta que devem ser criadas condições para que a movimentação do produto se realize rapidamente, evitando desta forma que o choque térmico seja reduzido ao máximo e que a qualidade do produto não seja afetada. Optou-se por considerar que todos os cais, receção e expedição, do entreposto frigorífico seriam constituídos no prolongamento da estrutura do entreposto frigorífico, e de forma a evitar choques térmicos nos produtos bem como condensações na superfície dos mesmos, e conseqüente contaminação bacteriana, considerou-se que estes seriam climatizados a +12 °C.

Os cais de expedição e receção de pescado devem ter piso lavável e resistente ao desgaste e com largura suficiente para garantir que os meios de manuseamento se movimentem sem cruzamentos ou estrangulamentos <sup>[14]</sup>.

Nos cais deve ser prevista a inclusão de equipamento e acessórios tais como tomadas de corrente elétrica, que permitam que os camiões isotérmicos se mantenham sempre em funcionamento, e tomadas de água para lavagem dos cais <sup>[14]</sup>.

Os cais devem ter implementados niveladores de cais, que permitam adaptar a altura do cais à altura do veículo de transporte, portas de cais e foles retrácteis que permitam uma perfeita estanquicidade entre o cais e o transporte frigorífico. Para a ligação entre o cais e o interior do entreposto frigorífico considerou-se que seriam instaladas portas rápidas enroláveis com dimensão que permita a passagem de dois empilhadores carregados.

### **3.2. Câmara frigorífica de receção de matéria-prima**

Uma vez rececionado em *palloxe*s normalizadas, o bacalhau fresco é armazenado numa câmara frigorífica refrigerada através de empilhadores elétricos. Esta câmara frigorífica encontra-se a 0 °C com uma HR de 95% e deve permitir a armazenagem de 600 toneladas de produto, 180 toneladas de rotatividade diária.

De forma a evitar que as paredes da câmara frigorífica sejam danificadas com a movimentação de cargas considerou-se a implementação de um rodapé em betão.

Para o dimensionamento da câmara frigorífica, considerou-se que existia um espaçamento de 50 mm entre *palloxe*s e dois corredores de movimentação de 3500 mm.

No Anexo V encontram-se os cálculos que nos permitiram obter a dimensão da câmara frigorífica.

### **3.3. Sala de trabalho de escala, lavagem e adição de sal**

Primariamente, é retirado o bacalhau fresco da câmara frigorífica de receção de matéria-prima e colocado em tanque de água doce. De modo a reduzir o aumento de peso por absorção de água, pode adicionar-se cloreto de sódio na proporção de 1% a 3%. Estes tanques podem também ser utilizados como tanques de descongelação, no entanto, a sua água deve ser arrefecida até + 2 °C e estar em circulação.

De seguida o bacalhau fresco é transportado, por tapete mecânico, até uma máquina de escala mecânica. Neste equipamento é retirada a cabeça e as vísceras, o bacalhau é aberto da barbatana caudal até à cabeça, e é removida parte da espinha central, adquirindo o aspeto tradicional conhecido. À saída da máquina de escala mecânica encontra-se a lavagem do bacalhau fresco, esta linha é constituída por funcionários que com a ajuda de escovas e água corrente limpam a parte ventral do bacalhau. Uma vez limpo, o bacalhau fresco é colocado em tapete mecânico até à zona onde é feita a adição de sal.

Na zona de adição de sal, o bacalhau é colocado em camadas sobrepostas sobre as quais se vai adicionando sal. Esta adição de sal é feita numa proporção de 1 kg de sal para 3 kg de peixe <sup>[14]</sup>. A distribuição de sal é feita através de equipamento mecânico, uma vez finalizada a camada de bacalhau a operadora emite um sinal à máquina com o objetivo desta salgar o bacalhau, com a quantidade de sal predefinida. O processo de salga também pode ser efetuado de forma manual, no entanto, torna-se mais moroso e dispendioso.

Esta sala de trabalho está climatizada a +12 °C e a movimentação do bacalhau é feita através de empilhadores elétricos.

### **3.4. Câmara frigorífica de maturação**

Já salgado, o bacalhau é transportado, através de empilhadores elétricos, para a câmara frigorífica de maturação. O bacalhau, empilhado em paletes e revestidos com película plástica de proteção, e acondicionado em estantes concebidas especialmente para o efeito,

deve permanecer nesta câmara frigorífica durante 30 dias, de modo a que o sal penetre no pescado, e que se realize a desidratação do produto.

Esta câmara frigorífica encontra-se a + 4 °C e com humidade relativa de 51 %.

### **3.5. Sala de trabalho de remoção de sal e colocação em tabuleiro**

Após o processo de maturação do bacalhau é necessário retirar o sal em excesso resultante do processo de salga. Assim, o bacalhau é retirado da câmara frigorífica de maturação, através de empilhador elétrico, e transportado até um pequeno tanque com água, à temperatura ambiente. O tanque de remoção de sal é constituído por uma “rampa” e uma cuba, num dos topos do tanque de remoção de sal o bacalhau é colocada de forma a escorregar até à água de forma a ser recolhido. Uma vez removido o sal em excesso, o bacalhau é retirado e colocado em *palloxes* para que este seja transportado para outra zona da sala de trabalho e posteriormente colocado em tabuleiros para posterior secagem.

Esta sala de trabalho encontra-se climatizada a +12 °C, e a movimentação de cargas é efetuada através de empilhadores elétricos e manuais.

### **3.6. Túneis de secagem**

Os túneis de secagem de bacalhau encontram-se posicionados na sala de trabalho de remoção de sal e colocação em tabuleiro. Imediatamente a seguir ao empilhamento, o bacalhau é introduzido no túnel de secagem até que a capacidade do mesmo seja completada.

De forma a não prejudicar os tempos de processamento os túneis de secagem são constituídos por duas portas, ou seja, contínuos, com entrada de produto numa das portas e saída no lado contrário do túnel de secagem.

Nos túneis de secagem a temperatura, a humidade e a velocidade do ar são controladas, diminuindo assim o tempo de secagem dos produtos. Para as variáveis velocidade e HR do ar, também chamadas de condições termodinâmicas de secagem, alguns autores [21] recomendam uma temperatura entre 17 °C e 20 °C, HR entre 45 % e 55 % e velocidade do ar superior a 3 m/s.

Uma vez retirado dos túneis, o bacalhau é novamente empilhado em paletes para prosseguir o processo até à sala de corte, seleção, embalagem e pesagem.

Optou-se por não dimensionar os túneis de secagem uma vez que estes são comercializados em blocos autónomos independentes dos equipamentos frigoríficos.

### **3.7. Sala de trabalho de corte, seleção, embalagem e pesagem**

Terminado o processo que permite que o bacalhau atinja a denominação de bacalhau salgado seco é necessário tornar possível a sua comercialização. Desta forma o bacalhau salgado seco é transportado até uma linha de pesagem de bacalhau inteiro. Uma vez que consideramos que a produção de bacalhau seco seria dividida em partes iguais, metade para comercialização e a outra metade para a demolha.

A parte correspondente ao bacalhau salgado seco é introduzida num tapete mecânico de calibragem e pesagem, neste tapete o bacalhau é selecionado e enviado para a respetiva caixa de cartão canelado até que a mesma atinja os 25 kg de peso. Se a calibração das caixas não for possível de forma automática, o processo passa a ser feito de forma manual até que seja atingido o peso pretendido.

A restante parte de bacalhau salgado seco segue para a zona de corte em posta, através de serras mecânicas de aço inoxidável. A zona de corte de bacalhau salgado seco é separada a meia altura em painel isotérmico, sendo a restante parede até à cobertura em vidro acrílico transparente. Após o corte, as postas de bacalhau salgado seco seguem através de tapete mecânico para a zona de embalagem e as restantes partes para a colocação em

*palloxes*, que posteriormente serão introduzidas nos tanques de demolha através de carrinhos especialmente concebidos para o efeito.

Esta sala encontra-se climatizada a +12 °C.

### **3.8. Câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco**

Ainda na sala de trabalho de corte, seleção, embalagem e pesagem, o bacalhau salgado seco é embalado e colocado em paletes de forma a ser acondicionado na câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco.

Salgado, cortado e embalado o bacalhau salgado seco é transportado, através de empilhador elétrico, para a câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco e acondicionado em estantes.

Esta câmara frigorífica tem a capacidade de 300 toneladas, metade da câmara frigorífica de receção de matéria-prima, permitindo desta forma que seja feito *stock* de produto para posterior comercialização.

Esta câmara frigorífica encontra-se a + 4 °C e com humidade relativa de 47 %.

### **3.9. Sala de trabalho de demolha**

O bacalhau salgado seco em postas é colocado em *palloxes* especiais e de seguida acondicionado em carros próprios, totalmente construídos em aço inoxidável AISI 316 L e com rodas em *teflon*. Com a sua capacidade esgotada os carrinhos são colocados na zona de espera até serem transportados por ponte rolante até aos tanques de demolha. Uma vez alinhados, os carros de demolha são transportados através de ponte rolante até ao tanque de demolha correspondente. O processo é repetido continuamente até que a

capacidade total dos tanques de demolha seja atingida, ou seja, duas fileiras de cinco carros por tanque. Os tanques de demolha têm uma capacidade unitária de cerca de 1,50 toneladas e prevêem-se ciclos de demolha de 48 horas.

A água recirculada é arrefecida num chiller para permitir uma temperatura constante nos tanques de cerca de +7 °C de modo a travar o desenvolvimento de atividade bacteriana. Após a demolha os carrinhos são transportados, através de ponte rolante até a uma zona onde a água em excesso é retirada através de gravidade, ou seja, escoamento.

Foram considerados 20 tanques de demolha e a sala de trabalho onde estes se inserem está climatizada a +12 °C.

A demolha realiza-se através de tanques em betão enterrados parcialmente no pavimento, para facilitar o manuseamento de cargas. Devem ser forrados no seu interior com chapa de aço inoxidável AISI 316 L de modo a evitar qualquer tipo de corrosão provocada pelo meio salino. Cada tanque tem a capacidade de dois conjuntos, cinco carros por conjunto, cada um com capacidade de 0,15 toneladas.

### **3.10. Túneis de ultracongelção**

Depois de retirada a água em excesso, os carrinhos são encaminhados manualmente para os túneis frigoríficos de ultracongelção. Nestes túneis o bacalhau demolhado sofre um processo de ultracongelção de cerca de 6 horas a uma temperatura de -35 °C e uma HR de 90 % para uma capacidade de 2130 kg.

Após o processo de ultracongelção o bacalhau atinge o estado demolhado ultracongelado e é encaminhado para o processo de vidragem, e posterior embalagem e pesagem.

### **3.11. Sala de trabalho de vidragem**

Com o produto ultracongelado, as *palloxes* são introduzidas numa máquina contínua de vidragem, por tapete mecânico, mergulhando num banho líquido e com aspersores superiores.

A água de vidragem é arrefecida por grupo frigorífico autónomo e agitado por grupo eletrobomba que exerce também a função de filtragem de impurezas.

De seguida o produto segue em tapete mecânico para ser embalado e pesado. A embalagem é realizada a vácuo com sacos de polietileno em máquinas automáticas, com introdução de rótulo com peso escorrido e outras indicações. As embalagens são colocadas em caixas de cartão, que serão paletizadas e transportadas pelos empilhadores elétricos para a câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado.

Esta sala encontra-se climatizada a +12 °C.

### **3.12. Câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado**

Após ser embalado e paletizado o bacalhau demolido ultracongelados é armazenado na câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado. Esta câmara frigorífica encontra-se a -25 °C e a uma HR de 90 % e deve permitir a armazenagem de 300 toneladas, metade da capacidade da câmara frigorífica de receção de matéria-prima. De forma a evitar que as paredes da câmara frigorífica sejam danificadas com a movimentação de cargas considerou-se um rodapé de betão.

Para que a movimentação de carga seja feita de forma rápida e eficaz considerou-se que as paletes eram movimentadas através de um empilhador elétrico.

## **4. Enquadramento do projeto em matéria ambiental**

Os fluidos frigoríficos têm um papel fundamental nos ciclos frigoríficos, visto que, direta ou indiretamente influenciam o funcionamento e todos os equipamentos da instalação. Estes absorvem e rejeitam calor através de processos de evaporação e condensação respetivamente.

Neste trabalho de projeto são abordados três fluidos frigoríficos, R404a, R134a e R717, vulgarmente denominado de amoníaco,  $\text{NH}_3$ , todos eles abrangidos por legislação ambiental, uma vez que não afetam a camada do ozono –  $\text{O}_3$ .

Como resposta ao aumento do buraco de ozono, a UE, os Estados Unidos e outros 23 estados assinaram o Protocolo de Montreal, com vista a acabar com a produção e utilização de CFC's como fluidos frigoríficos, os CFC's estão sujeitos a legislação comunitária relativamente às substâncias que empobrecem a camada do ozono, são regulados pelo regulamento CE nº 2037/2000, e em relação à redução de emissões de gases contendo fluor, segundo o Protocolo de Kyoto, pelo Regulamento CEE Nº 84/2006. No entanto, nenhum destes fluidos frigoríficos contem bromo ou cloro, pois o R404a e o R134a são hidrofluorcarbonatos e o amoníaco é considerado um produto natural.

A análise de impacto ambiental de fluidos frigoríficos deve ser baseada no seu ODP - Ozone Depletion Potential e GWP – Global Warming Potential. O ODP é o potencial de eliminação de iões  $\text{O}_3$ , enquanto o GWP classifica o efeito de estufa devido não só ao  $\text{CO}_2$  mas também ao vapor de água e os CFC's.

## 4.1. Fluido refrigerante R404a

É uma mistura azeotrópica de HFC's, composta por 52% de R<sub>143a</sub>, 44% de R<sub>125</sub> e 4% de R<sub>134a</sub>. É incolor e o seu odor é suave, similar a éter. É um fluido refrigerante recomendado para o uso em aplicações de baixa temperatura e simples estágio. O seu ODP é zero e o seu GWP<sub>100</sub> é cerca de 3900 [22]. O seu grupo de segurança é o A1 [22] ou seja, não propaga a chama e apresenta baixa toxicidade. No entanto, a exposição prolongada pode causar tonturas, confusão, dores de cabeça, perda de consciência e asfixia. Embora não seja inflamável, o R<sub>134a</sub> é inflamável, no entanto a presença de R<sub>125</sub> numa percentagem elevada forma uma mistura não inflamável, a sua combustão pode criar fumos tóxicos e corrosivos.

Caso se verifique fuga num circuito frigorífico a R404a é necessário efetuar a substituição total do R404a, uma vez que o fluido refrigerante com maior pressão parcial vai sair do circuito. Desta forma, o fluido refrigerante remanescente já não é R404a, não sendo possível restabelecer as percentagens iniciais dos componentes.

Os fabricantes de equipamento sugerem a utilização de óleo éster devido à sua boa miscibilidade e boas características higroscópicas.

## 4.2. Fluido refrigerante R134a

É um HFC, tetrafluoroetano, com a seguinte fórmula química, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>. É incolor e inodoro. Foi desenvolvido para substituir o R<sub>12</sub>, fluido refrigerante que prejudicava a camada do ozono, é recomendado para o uso em aplicações de média/alta temperatura. O seu ODP é zero e o GWP<sub>100</sub> é 3200 [22], é considerado uma substância não perigosa de acordo com as diretivas da CE – 67/548/CEE ou 1999/45/CE. Não é tóxico nem inflamável ao ar, no entanto, em quantidades elevadas pode causar asfixia. Comparativamente ao R<sub>12</sub>, é menos eficiente e absorve mais água, o que obriga ao uso de mais componentes dessecadores, 10% a 20% mais que os sistemas frigoríficos a R<sub>12</sub>. É

compatível com óleos sintéticos, embora a absorção de água seja superior quando comparada com o R<sub>12</sub>.

### **4.3. Fluido frigorígeno R<sub>717</sub>**

É considerado um fluido frigorígeno natural e é geralmente utilizado em grandes entrepostos frigoríficos devido ao seu levado efeito refrigerante. O seu ODP é zero e o GWP<sub>100</sub> é inferior a um <sup>[22]</sup>, segundo a norma NF EN 378-1:2000<sup>[23]</sup> pertence ao grupo de segurança B2, em que se enquadram substâncias de alta toxicidade e baixa inflamabilidade.

Fugas de R<sub>717</sub>, embora não causem perigo para o ambiente, são facilmente detetadas devido ao forte odor acre característico do amoníaco. No entanto, constitui um perigo para trabalhadores e produtos dos entrepostos frigoríficos em que seja instalado amoníaco. Os elevados requisitos de segurança no seu manuseamento e instalação são a sua principal desvantagem.

No que toca ao perigo de incêndio, o R<sub>717</sub> é inflamável apenas caso atinja o seu ponto de ebulição, 631°C.

O óleo mais utilizado em aplicações de R<sub>717</sub> é o óleo mineral de base nafténica, de um modo geral a solubilidade do amoníaco é tão baixa que existe dificuldade em arrastar o óleo dos evaporadores onde existe grande quantidade de vapor de fluido frigorígeno sendo desta forma necessário dispositivos de separação por vezes complexos.

O R<sub>717</sub> reage quimicamente com o cobre, tornando-se corrosivo, desta forma todos os equipamentos que constituem a instalação frigorífica a R<sub>717</sub> devem ser de aço carbono. Não permite a utilização de compressores herméticos e os evaporadores devem ser inundados, uma vez que nos evaporadores de expansão direta surgem problemas ao nível da distribuição do refrigerante e controlo, a partir de temperaturas de evaporação abaixo dos -18 °C<sup>[22]</sup>.

Uma das grandes vantagens da utilização do R<sub>717</sub> é a normalização de recipientes e tubagens e a rigorosa construção, de modo a evitar qualquer tipo de fugas, de compressores, bombas, evaporadores e condensadores. Desta forma consegue-se assegurar o cumprimento de todas as normas por parte de projectistas e instaladores.

## 5. Balanço térmico – Fundamentação teórica

O primeiro passo para o dimensionamento dos equipamentos presentes numa instalação frigorífica é o balanço térmico da mesma. O balanço térmico consiste na determinação das cargas térmicas envolvidas no processo de conservação de produtos e que permitem que as câmaras frigoríficas se mantenham na temperatura correta de funcionamento. O balanço térmico permite determinar a espessura do isolamento a utilizar e a potência frigorífica a instalar<sup>[24]</sup>.

Para se efetuar um correto balanço térmico é necessário conhecer todos os parâmetros que intervêm na conservação de produtos, como tal, é necessário existir um estudo prévio sobre os seguintes parâmetros:

- Local onde se pretende dimensionar a instalação frigorífica.
- Clima do local onde se pretende dimensionar a instalação frigorífica.
- Dimensão das câmaras frigoríficas.
- Tipo e caracterização do produto que se pretende conservar.
- Temperaturas de receção e conservação do produto.
- Tipo de estiva.
- Quantidade de pessoas envolvidas na estiva.
- Quantidade e características dos equipamentos envolvidos na estiva.
- Características dos equipamentos frigoríficos envolvidos no processo de conservação.
- Iluminação.

Uma vez conhecidos estes parâmetros é possível efetuar o balanço térmico das instalações frigoríficas.

No Anexo VI apresenta-se a forma como se efetua o balanço térmico da instalação frigorífica.

## 5.1. Localização - Aveiro

Uma vez que não foi imposta nenhuma localização específica para esta instalação frigorífica, considerou-se a cidade de Aveiro, cidade com grande tradição pesqueira ao nível do bacalhau, tal como referido anteriormente.

Bem situado geograficamente, a 55 km a Noroeste de Coimbra e a cerca de 70 km a Sul do Porto, o distrito de Aveiro localiza-se, na sua maior parte, abaixo dos 100 m de altitude, ocupando um planície costeira, planície esta dominada pela Ria de Aveiro e por todos os rios que nela desaguam. O litoral é arenoso, com um cordão de dunas a separar a ria do mar.

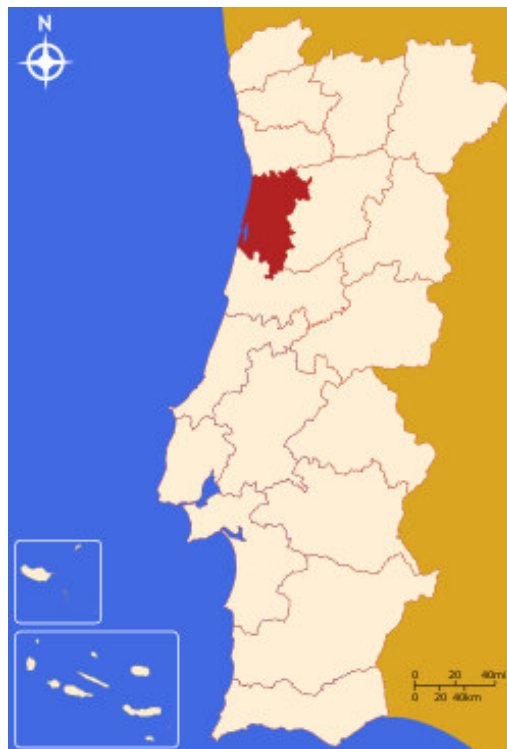


Figura 5.1: Distrito de Aveiro <sup>[25]</sup>

Situado no distrito de Aveiro encontra-se o porto de Aveiro, um dos mais importantes pontos de partida dos “Bacalhoeiros” Portugueses, e que nos dias de hoje assume especial importância na movimentação de vários tipos de mercadorias, possui vários terminais, dos quais se destacam os três dedicados à circulação de pescado.

Este porto fornece a região centro e norte de Portugal, bem como a zona centro de Espanha, e possui uma vasta rede de infra-estruturas de acessibilidades terrestres, tais como auto-estradas que fazem a ligação às mais importantes cidades portuguesas e espanholas.

Quanto aos acessos ferroviários, foi inaugurado em 23 de Janeiro de 2010, o canal ferroviário do porto de Aveiro. Tem como objetivo o aumento de competitividade da área portuária e ser considerado um motor de desenvolvimento do porto durante vários anos. Esta ligação ferroviária permite que o porto de Aveiro se integre na rede transeuropeia de transportes.

Segundo a administração do porto de Aveiro circularam neste porto cerca de 3320 mil toneladas de mercadorias no ano de 2012.

## 5.2. Clima

Uma vez definida a localização do entreposto frigorífico que pretendemos dimensionar, teremos que estudar o clima em que esta região está inserida, de modo a definir uma temperatura de projeto e respetiva HR.

Segundo o DL n.º 80/2006 de 4 de Abril <sup>[26]</sup>, que fornece os dados climáticos de referência para os concelhos de Portugal, o país é dividido em três zonas climáticas de Inverno e três de Verão. Aveiro pertence à zona climática de inverno I<sub>1</sub> e a zona climática de verão V<sub>1</sub>.

Ainda neste decreto, no quadro III.I é possível retirar os dados relativos à “Duração da estação de aquecimento, temperatura externa do projeto e a amplitude térmica”. Desta forma foram retirados os seguintes dados:

- Local: Aveiro
- Zona climática de Inverno: I<sub>1</sub>
- Número de graus dia: 1390°C/dia

- Zona climática de verão:  $V_1$
- Temperatura externa de projeto:  $+29^{\circ}\text{C}$
- Amplitude térmica:  $+9^{\circ}\text{C}$

Na seguinte figura apresenta-se o excerto do Regulamento das Característica de Comportamento Térmico dos Edifícios de onde foram retirados os anteriores valores.

Arronches .....	$I_1$	1 460	6,3	$V_3$	35	16
Arruda dos Vinhos .....	$I_1$	1 480	5,3	$V_2$	33	11
Aveiro .....	$I_1$	1 390	6	$V_1$	29	9
Avis .....	$I_1$	1 230	5,7	$V_3$	36	17
Azambuja .....	$I_1$	1 360	5,7	$V_3$	34	13

Figura 5.2: Excerto do RCCTE – Aveiro [26]

No entanto, e uma vez que a temperatura é um parâmetro bastante importante no dimensionamento de um entreposto frigorífico, efetuou-se uma consulta às normais climatológicas e aos extremos climatológicos apresentados pelo Instituto Português Do Mar e da Atmosfera.

O resultado das normas climatológicas 1971-2000, as últimas disponíveis, conforme convencionado pela Organização Meteorológica Mundial o clima é caracterizado pelos valores médios dos vários elementos climáticos num período de 30 anos, permitem identificar diferentes tipos de clima.

Na seguinte figura apresenta-se as normas climatológicas relativas a Aveiro.

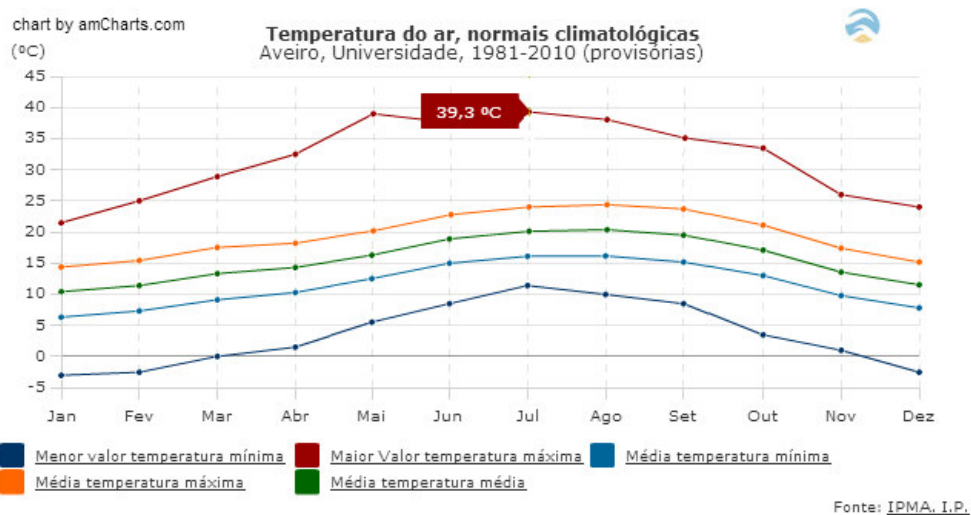


Figura 5.3: Normais climatológicas Aveiro – Extremo climatológico [27]

No endereço eletrónico do IPMA é também possível observar a maior temperatura registada em Aveiro, segundo o IPMA o extremo climatológico registado foi no dia 27/07/2010 e a temperatura foi de 39,30 °C.

Da figura, conseguimos concluir que desde meio de Abril até Setembro o maior valor da temperatura máxima encontra-se acima dos 35 °C.

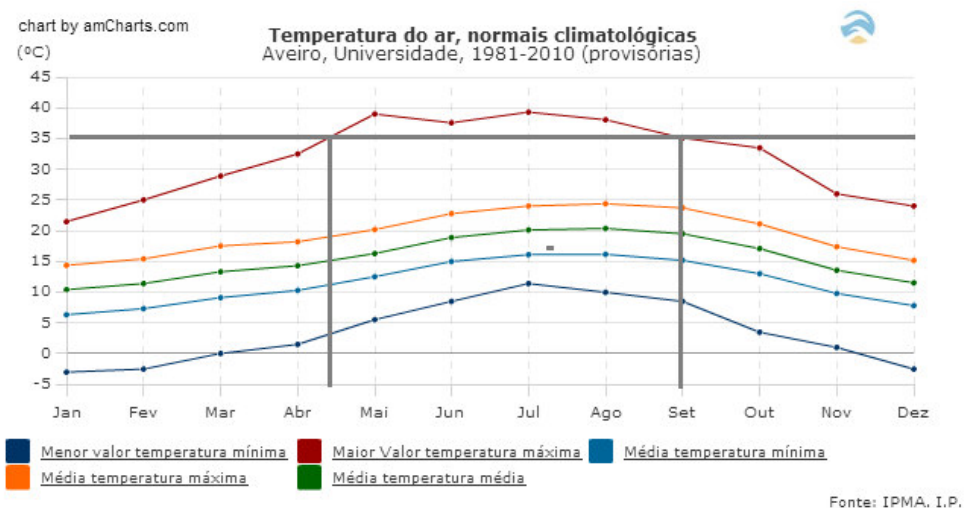


Figura 5.4: Normais climatológicas Aveiro [27]

Desta forma, e para que o entreposto frigorífico não fique sobredimensionado causando uma aumento nas capacidades necessárias de vários equipamentos e como consequência

um aumento de custo, optou-se por efetuar a média do valor apresentado no Quadro III.I ao DL n.º 80/2006<sup>[26]</sup> e o extremo climatológico registado no dia 27/10/2010, assim obtiveram-se os seguintes valores.

- Temperatura externa do projeto: + 29 °C
- Extremo climatológico: + 39,30 °C

$$Temp. \text{ de projeto} = \frac{Temp. \text{ externa de projeto} + Extremo \text{ climático}}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow Temperatura \text{ de projeto} = \frac{39,30 + 29}{2} \cong +34 \text{ °C}$$

Relativamente à humidade, a evaporação permanente da ria de Aveiro e os ventos quentes provenientes do mar e influenciados pela Corrente do Golfo, fazem da cidade de Aveiro um local bastante húmido.

Uma vez que no endereço eletrónico do IPMA as Normas Climatológicas de Aveiro não indicam os valores de HR optou-se por considerar os dados obtidos no endereço eletrónico [www.aveiro.eu](http://www.aveiro.eu), e os dados observados são os seguintes.

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Humidade relativa</b>	<b>Manhã</b>	87%	88%	86%	86%	86%	90%	91%	92%	90%	87%	87%	86%
	<b>Tarde</b>	70%	71%	66%	66%	67%	66%	65%	64%	65%	70%	70%	72%

Tabela 5.1: Humidade relativas médias mensais – Aveiro <sup>[28]</sup>

Para determinar a HR de projeto optou por efetuar a média de todos os valores obtidos. Desta forma, o valor que iremos considerar é 78 %.

- Temperatura de projeto: + 34 °C
- Humidade relativa de projeto: 78 %

### **5.3. Conceção do isolamento térmico das câmaras frigoríficas**

O isolamento térmico das paredes e teto das câmaras frigoríficas e salas de trabalho será de painel isotérmico do tipo *sandwich* com isolamento interior em espuma de poliuretano injetado, entre duas chapas de aço galvanizado de 0,60 mm de espessura, e densidade de  $40 - 43 \text{ kg/m}^3$ . As uniões entre painéis serão por encaixe de poliuretano com gancho, garantindo desta forma maior facilidade na montagem e melhor estanquicidade. O processo de enchimento deste tipo de painéis deverá ser cuidadosamente controlado, com o objetivo de evitar a formação de bolhas de gás no seu interior que alterariam as propriedades térmicas da espuma de poliuretano.

Os painéis isotérmicos de teto deverão ser suspensos a partir da estrutura metálica da cobertura. Devem ser fixos com tirantes de suspensão, permitindo a fixação de painéis isotérmicos que por sua vez são unidos de forma perfeitamente estanque aos painéis isotérmicos das paredes através de perfis de remate.

Com o objetivo de evitar possíveis danos nos painéis isotérmicos, resultantes de eventuais sobrepressões, decorrentes das descongelações nos evaporadores com a consequente libertação de ar quente, serão montadas nas paredes de cada câmara frigorífica, uma válvula de estabilização de pressão colocadas nas paredes opostas aos evaporadores.

Os pavimentos das câmaras frigoríficas e túneis de ultracongelção, serão isolados com placas de poliuretano, em duas camadas, com juntas desencontradas. Na face quente do isolamento será colocada uma barreira ao vapor, dada à trincha ou com rolo, em duas demão cruzadas. De modo a evitar penetrações de água nas placas de poliuretano, estas serão cobertas na face fria com tela asfáltica permeável ao vapor mas impermeável à água.

Para prevenir a congelação do pavimento da câmara frigorífica de conservação de congelados e dos túneis de ultracongelção, deverá ser construído um vazio sanitário formado por tubos de poliéster, que terão ligado um ventilador centrífugo, que irá forçar a circulação de ar exterior a temperatura positiva, contrariando assim, o fluxo térmico que iria congelar o pavimento, provocando a sua inevitável destruição.

### 7.3.1. Isolamento térmico das paredes, tectos, pavimentos e portas

No Anexo IV apresentam-se os cálculos que nos permitiram obter as seguintes espessuras de paredes, tectos, pavimento e portas, a seguinte tabela apresenta de forma resumida os valores obtidos.

<b>Espaço</b>	<b>Denominação</b>	<b>Espessura</b>
<b>1</b>	Cais de receção de matéria-prima	60 mm
<b>2</b>	Câmara frigorífica de receção de matéria-prima	80 mm
<b>3</b>	Sala de trabalho – Escala, lavagem e adição de sal	60 mm
<b>4</b>	Câmara frigorífica de maturação	80 mm
<b>5</b>	Sala de trabalho – Remoção de sal, colocação em tabuleiro	60 mm
<b>6</b>	Túneis de secagem	-
<b>7</b>	Sala de trabalho – Corte, seleção, embalagem e pesagem	60 mm
<b>8</b>	Câmara frigorífica de conservação de produto acabado – Bacalhau salgado seco	80 mm
<b>9</b>	Cais de expedição - Bacalhau salgado seco	60 mm
<b>10</b>	Sala de trabalho - Demolha	60 mm
<b>11</b>	Tanques de demolha	-
<b>12</b>	Túneis de ultracongelação	60 mm
<b>13</b>	Sala de trabalho – Vidragem	60 mm
<b>14</b>	Sala de trabalho - Embalagem e pesagem	60 mm
<b>15</b>	Câmara frigorífica de conservação de produto acabado – Bacalhau demolhado ultracongelado	175 mm
<b>16</b>	Cais de expedição - Bacalhau demolhado ultracongelado	60 mm
<b>17</b>	Sala de máquinas	

Tabela 5.2: Espessuras calculadas para cada espaço.

### 5.4. Dimensionamento e características das portas

Nos cais de receção e expedição serão instaladas foles de estanquicidade e niveladores de cais, de forma a proteger as mercadorias durante os processos de carga e descarga de produto. Este tipo de foles permite o ajustamento às várias medidas de camiões

isotérmicos. Os folios de estanquicidade devem ser fabricados em PVC de alta resistência à tração na sua parte superior e lateral, com tela frontal flexível de grande robustez, alta resistência ao choque e tração. Reforçados nas zonas mais solicitadas e periferia reforçada a alumínio. Devem possuir estrutura em aço galvanizado com amortecedor flexível. Inserida na estrutura devem estar incluídas portas seccionais motorizadas que permitam a separação do interior e exterior, estas portas são construídas em módulos de poliuretano injetado, semelhante ao utilizado nos painéis isotérmicos, permitindo a articulação das mesmas.

Nas salas de trabalho e corredores de movimentação serão instaladas portas rápidas de enrolar motorizadas, este tipo de portas está preparado para passagens frequentes. Este tipo de portas são indicadas para a separação de espaços com diferentes características e em que a movimentação é intensa. A sua estrutura é de alumínio e são compostas por tela flexível em poliéster, com classe de resistência ao fogo M2. O seu motor de 1500 rpm foi projectado para uso intensivo com acessório de desbloqueio, manivela, para funcionamento manual em caso de falha de energia. A sua velocidade de abertura é bastante elevada, 0,93 m/s. A abertura deste tipo de portas é ativada através de sensores instalados nos meios de movimentação de produto, empilhadores, e possuem paragem de emergência interior e exterior. Foram consideradas lamelas de plástico para as portas de todas as salas de trabalho, de forma a evitar trocas de calor com outro tipo de espaço.

Nas câmaras frigoríficas de matéria-prima, produto acabado e de maturação serão consideradas portas do tipo deslizantes frigoríficas, construídas em poliuretano, semelhante ao utilizado nos painéis isotérmicos, com acabamento lacado nas duas faces.

De forma a evitar a colagem da borracha da porta serão consideradas, nos túneis frigoríficos de congelação, câmara frigorífica de maturação e câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado, resistências elétricas nos aros e soleira das portas.

As portas serão equipadas de abertura manual, no interior e exterior, com luzes sinalizadoras assim como um sinal sonoro que poderá ser acionado no interior das câmaras frigoríficas em caso de emergência. Em todas as câmaras frigoríficas será instalada uma porta de emergência do tipo pivotante frigorífica.

Para a movimentação de funcionários no interior das instalações, serão consideradas portas de serviço construídas em poliuretano injetado entre duas chapas galvanizadas, serão do tipo vai-vém.

Nos túneis frigoríficos de congelação serão consideradas portas de guilhotina uma vez que o espaço disponível não permite a instalação de outro tipo de portas.

As portas deslizantes frigoríficas, pivotantes frigoríficas, de serviço e de guilhotina serão de espessura igual ao painel isotérmico onde se destinam.

No seguinte quadro são apresentadas todas as espessuras e dimensões consideradas para as portas.

<b>Tipo de porta</b>	<b>Altura</b>	<b>Largura</b>
<b>Seccionais motorizadas</b>	2600 mm	2400 mm
<b>Rápidas enroláveis motorizadas</b>	2600 mm	2600 mm
<b>Deslizantes frigoríficas</b>	2600 mm	2600 mm
<b>Pivotantes frigoríficas</b>	1900 mm	800 mm
<b>Serviço</b>	1900 mm	800 mm
<b>Guilhotina</b>	2200 mm	2600 mm

Tabela 5.3: Portas frigoríficas consideradas no entreposto frigorífico

## **5.5. Disposição do entreposto frigorífico**

Uma vez definidas as espessuras dos isolamentos e as dimensões e espessuras das portas à que definir os espaços sobre os quais vai incidir o balanço térmico. O seguinte quadro apresenta as dimensões e espessuras dos espaços que compõe o entreposto frigorífico

<b>Espaço</b>	<b>Espessura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>
<b>1</b>	60 mm	43,38 metros	20 metros	6 metros
<b>2</b>	80 mm	35,30 metros	27,40 metros	9 metros
<b>3</b>	60 mm	34,90 metros	29,90 metros	6 metros
<b>4</b>	80 mm	35,30 metros	22,50 metros	9 metros
<b>5</b>	60 mm	34,90 metros	29,90 metros	6 metros
<b>6</b>	-	-	-	-
<b>7</b>	60 mm	34,90 metros	34,94 metros	6 metros
<b>8</b>	80 mm	11,29 metros	12,42 metros	8 metros
<b>9</b>	60 mm	21,30 metros	12,57 metros	6 metros
<b>10</b>	60 mm	65,68 metros	22,54 metros	9 metros
<b>11</b>	-	-	-	-
<b>12</b>	60 mm	7,70 metros	2,70 metros	2,40 metros
<b>13</b>	60 mm	18,91 metros	14,52 metros	6 metros
<b>14</b>	60 mm	18,91 metros	14,57 metros	6 metros
<b>15</b>	175 mm	19,14 metros	24,13 metros	9 metros
<b>16</b>	60 mm	21,30 metros	12,57 metros	6 metros

Tabela 5.4: Espessura e dimensão dos espaços considerados

No Anexo VII é apresentada a planta do mesmo e os planos de estivagem dos seguintes espaços:

- Câmara frigorífica de receção de matéria-prima.
- Câmara frigorífica de maturação.
- Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco.
- Túneis de congelação.
- Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado.

## 5.6. Balanço térmico

Uma vez que são desconhecidas as cargas térmicas relativas aos equipamentos que compõem as salas de trabalho optou-se por apenas efetuar o balanço térmico aos seguintes espaços:

<b>Espaço</b>	<b>Denominação</b>
<b>2</b>	Câmara frigorífica de receção de matéria-prima – Bacalhau fresco
<b>4</b>	Câmara frigorífica de maturação – Bacalhau verde salgado
<b>8</b>	Câmara frigorífica de conservação de produto acabado – Bacalhau salgado seco
<b>12</b>	Túneis de ultracongelação – Bacalhau demolido
<b>15</b>	Câmara de conservação de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado

Tabela 5.5: Espaços considerados para o cálculo do balanço térmico

Para o cálculo do balanço térmico considerou-se a situação mais desfavorável para a temperatura exterior, ou seja, que as câmaras frigoríficas estariam em contacto com o exterior, desta forma, a temperatura exterior considerada para o cálculo do balanço térmico é de + 34°C.

Nos seguintes quadros apresentam-se as espessuras de painel isotérmico consideradas para cada câmara frigorífica e túneis de ultracongelação e as espessuras e dimensões das portas consideradas para cada espaço.

<b>Espaço</b>	<b>Isolamento frigorífico</b>			<b>Portas</b>		
	<b>Paredes</b>	<b>Tecto</b>	<b>Pavimento</b>	<b>Altura</b>	<b>Largura</b>	<b>Espessura</b>
<b>2</b>	80 mm	80 mm	80 mm	2600 mm	2600 mm	80 mm
<b>4</b>	80 mm	80 mm	80 mm	2600 mm	2600 mm	80 mm
<b>8</b>	80 mm	80 mm	80 mm	2600 mm	2600 mm	80 mm
<b>12</b>	200 mm	200 mm	200 mm	2200 mm	2600 mm	200 mm
<b>15</b>	175 mm	175 mm	160 mm	2600 mm	2600 mm	175 mm

Tabela 5.6: Resumo das características de isolamento e portas frigoríficas consideradas no balanço térmico.

Uma vez que não conseguimos obter os valores de calor específico acima e abaixo do ponto de congelação específicos do bacalhau, considerou-se os valores relativos ao peixe magro, visto que o bacalhau pode ser considerado um peixe magro.

O seguinte quadro apresenta esses mesmos valores, os valores apresentados foram fornecidos pela Centauro.

Produto	Ponto de congelação	Calor específico		Calor Latente
		Abaixo do ponto de cong.	Acima do ponto de cong.	
Peixe magro	-1,7 °C	1872 J/kg°C	3600 J/kg°C	284652 J/kg
Peixe seco	0 °C	1440 J/kg°C	2340 J/kg°C	150696 J/kg

Tabela 5.7: Calores específicos - Peixe magro e peixe seco

### 7.6.1. Condições de projeto

Os valores de volume específico e entalpia foram obtidos através do software “*Psychometric Analysis*”.

<b>Aveiro</b>	Temperatura exterior	+34°C
	Humidade relativa	78%
	Volume específico	0,907 m <sup>3</sup> /kg
	Entalpia	102,636 KJ/kg
<b>Entrepósito frigorífico</b>	Temperatura interior	+12°C
	Humidade relativa	60%
	Volume específico	0,814 m <sup>3</sup> /kg
	Entalpia	25,253 KJ/kg

<b>Câmara frigorífica de receção de matéria-prima</b>	Temperatura interior	0°C
	Humidade relativa	95%
	Volume específico	0,778 m <sup>3</sup> /kg
	Entalpia	9,002 KJ/kg
<b>Câmara frigorífica de maturação</b>	Temperatura interior	+4°C
	Humidade relativa	51%
	Volume específico	0,788 m <sup>3</sup> /kg
	Entalpia	10,459 KJ/kg
<b>Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco</b>	Temperatura interior	+4°C
	Humidade relativa	47%
	Volume específico	0,788 m <sup>3</sup> /kg
	Entalpia	9,952 KJ/kg
<b>Túneis de congelação</b>	Temperatura interior	-35°C
	Humidade relativa	90%
	Volume específico	0,675 m <sup>3</sup> /kg
	Entalpia	-34,867 KJ/kg
<b>Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado</b>	Temperatura interior	-25°C
	Humidade relativa	90%
	Volume específico	0,703 m <sup>3</sup> /kg
	Entalpia	-24,258 KJ/kg

Tabela 5.8: Condições de projeto do entreposto frigorífico.

## 7.6.2. Balanço térmico manual

As cargas térmicas relativas às resistências de descongelações e motoventiladores dos evaporadores a expansão direta e a amoníaco são diferentes, como tal, optou-se por efetuar dois balanços térmicos com os dados respetivos a cada evaporador selecionado.

### 7.6.2.1. Instalação frigorífica de expansão direta

No Anexo VI são apresentados os cálculos relativos ao balanço térmico manual dos espaços anteriormente apresentados na tabela 6.8. O seguinte quadro apresenta o resumo dos resultados obtidos. Uma vez que os evaporadores considerados para o circuito de

refrigerados para uma instalação a R404a e outra a R134a são iguais, o seguinte balanço térmico pode ser utilizado para o dimensionamento das duas instalações frigoríficas.

<b>Espaços</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
$\dot{Q}_1$	24,46 kW	18,32 kW	4,81 kW	0,66 kW	11,99 kW
$\dot{Q}_2$	1,51 kW	1,26 kW	0,52 kW	1,68 kW	3,29 kW
$\dot{Q}_3$	0,39 kW	0,22 kW	0,09 kW	0,54 kW	3,75 kW
$\dot{Q}_4$	75,00 kW	19,53 kW	5,69 kW	35,82 kW	2,31 kW
$\dot{Q}_5$	0,24 kW	0,20 kW	0,04 kW	-	0,12 kW
$\dot{Q}_6$	0,01 kW	0,01 kW	0,01 kW	-	0,02 kW
$\dot{Q}_7$	0,31 kW	0,31 kW	0,31 kW	-	0,31 kW
$\dot{Q}_8$	4,82 kW	2,01 kW	0,96 kW	5,62 kW	6,40 kW
$\dot{Q}_9$	10,65 kW	4,72 kW	0,98 kW	35,67 kW	7,33 kW
$\dot{Q}_{int}$	117,41 kW	46,57 kW	13,41 kW	79,98 kW	35,45 kW
$\dot{P}_{int}$	156,55 kW	62,09 kW	17,88 kW	79,98 kW	53,18 kW
$\dot{P}_{prev}$	<b>164,38 kW</b>	<b>65,19 kW</b>	<b>18,77 kW</b>	<b>83,98 kW</b>	<b>55,84 kW</b>

Tabela 5.9: Balanço térmico manual - Instalação frigorífica a R404a e R404a/R134a.

#### 7.6.2.2. Instalação frigorífica de bombeamento de amoníaco

No Anexo VII são apresentados os cálculos relativos ao balanço térmico manual dos espaços anteriormente apresentados na tabela 6.8..

<b>Espaços</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
$\dot{Q}_1$	24,46 kW	18,32 kW	4,81 kW	0,66 kW	11,99 kW
$\dot{Q}_2$	1,51 kW	1,26 kW	0,52 kW	1,68 kW	3,29 kW
$\dot{Q}_3$	0,39 kW	0,22 kW	0,09 kW	0,54 kW	3,75 kW
$\dot{Q}_4$	75,00 kW	19,53 kW	5,69 kW	35,82 kW	2,31 kW
$\dot{Q}_5$	0,24 kW	0,20 kW	0,04 kW	-	0,12 kW
$\dot{Q}_6$	0,01 kW	0,01 kW	0,01 kW	-	0,02 kW

$\dot{Q}_7$	0,31 kW	0,31 kW	0,31 kW	-	0,31 kW
$\dot{Q}_8$	10,55 kW	4,15 kW	1,23 kW	6,93 kW	7,00 kW
$\dot{Q}_9$	15,30 kW	6,37 kW	4,25 kW	35,66 kW	9,90 kW
$\dot{Q}_{int}$	127,78 kW	50,37 kW	16,95 kW	81,29 kW	38,61 kW
$\dot{P}_{int}$	170,37 kW	67,16 kW	22,60 kW	81,29 kW	57,92 kW
$\dot{P}_{prev}$	<b>178,89 kW</b>	<b>70,52 kW</b>	<b>23,73 kW</b>	<b>83,35 kW</b>	<b>60,82 kW</b>

Tabela 5.10: Balanço térmico manual - Instalação frigorífica de bombeamento de amoníaco.

### 7.6.3. Balanço térmico informático

#### 7.6.3.1. Instalação frigorífica de expansão direta

No Anexo VII são apresentados os relatórios fornecidos pelo software *CalCam* da Centauro relativos ao balanço térmico informático dos espaços anteriormente apresentados na tabela 6.8. A seguinte tabela apresenta o resumo dos resultados obtidos.

Espaços	2	4	8	12	15
$\dot{Q}_1$	43,79 kW	29,93 kW	6,98 kW	0,58 kW	10,56 kW
$\dot{Q}_2/\dot{Q}_3$	2,10 kW	1,26 kW	0,55 kW	1,02 kW	3,31 kW
$\dot{Q}_4$	75,00 kW	19,53 kW	6,42 kW	39,43 kW	2,31 kW
$\dot{Q}_5$	0,48 kW	0,40 kW	0,07 kW	-	0,23 kW
$\dot{Q}_6$	0,01 kW	0,01 kW	0,01 kW	-	0,02 kW
$\dot{Q}_7$	0,32 kW	0,32 kW	0,32 kW	-	0,32 kW
$\dot{Q}_8$	5,09 kW	2,26 kW	0,40 kW	4,26 kW	2,00 kW
$\dot{Q}_9$	20,39 kW	6,52 kW	1,89 kW	34,65 kW	3,67 kW
$\dot{Q}_{int}$	147,18 kW	60,23 kW	16,64 kW	79,94 kW	22,42 kW
$\dot{P}_{int}$	196,24 kW	80,31 kW	22,19 kW	95,93 kW	33,63 kW
$\dot{P}_{prev}$	<b>206,05 kW</b>	<b>84,33 kW</b>	<b>23,30 kW</b>	<b>100,73 kW</b>	<b>35,31 kW</b>

Tabela 5.11: Balanço térmico informático - Instalação frigorífica a R404a e R404a/R134a.

### **7.6.3.2. Instalação frigorífica de bombeamento de amoníaco**

O software fornecido pela Centauro não permite o cálculo de balanços térmicos com evaporadores a R717 (Amoníaco), como tal não foi possível apresentar os resultados relativos ao balanço térmico informático de bombeamento de amoníaco.

### **7.6.4. Balanço térmico manual vs Balanço térmico informático**

Uma vez que se efetuaram dois balanços térmicos, um manual outro informático, existiu a necessidade de optar qual o balanço térmico que irá permitir selecionar os equipamentos frigoríficos.

A seguinte tabela apresenta os balanços térmicos obtidos para uma instalação a expansão direta.

<b>Espaço</b>	<b>Balanço térmico manual</b>	<b>Balanço térmico informático</b>
<b>2</b>	164,38 kW	206,05 kW
<b>4</b>	65,19 kW	84,33 kW
<b>8</b>	18,77 kW	23,30 kW
<b>12</b>	83,98 kW	100,73 kW
<b>15</b>	55,84 kW	35,31 kW

Tabela 5.12: Resultados obtidos Balanço térmico manual e Balanço térmico informático

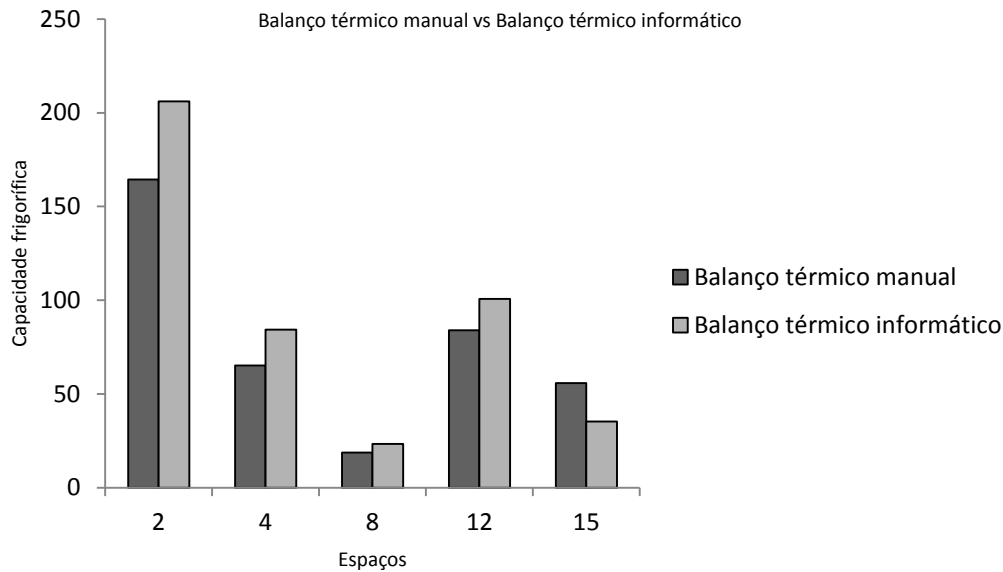


Figura 5.5: Balanço térmico manual vs Balanço térmico informático

Como é possível observar os valores obtidos no balanço térmico manual e no balanço térmico informático diferem, assim, optou-se por efetuar uma análise dos resultados obtidos de forma a selecionar os valores que mais se aproximam da realidade.

O *software CamCal* fornecido pela Centauro apresenta algumas diferenças relativamente ao cálculo manual de balanços térmicos. Como se trata de um *software* que permite o cálculo de balanços térmicos para as variadas situações apresenta alguns parâmetros standard que diferem dos selecionados para o balanço térmico manual, desta forma não é possível personalizar os cálculos com todas as características pretendidas.

As cargas térmicas devido a paredes, tectos e pavimento são as que maiores diferenças apresentam. Nas câmaras frigoríficas de refrigerados, câmara frigorífica de matéria-prima, câmara frigorífica de maturação e câmara frigorífica de produto acabado bacalhau salgado seco, o valor apresentado no balanço térmico manual é cerca de metade do valor calculado pelo *software* da Centauro. Esta diferença não é compreensível uma vez que neste tipo de carga térmica é possível personalizar todos os parâmetros relativos a temperaturas, dimensões e espessuras de isolamento. No entanto, uma vez que se trata de um *software* não são conhecidas as premissas de cálculos para este tipo de cargas.

Os valores relativos às cargas relativas ao produto armazenado são idênticos nos dois balanços térmicos, apenas diferindo na câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco e nos túneis de ultracongelamento, desta forma podemos admitir que os valores calculados se aproximam da carga térmica necessária para o cálculo do balanço térmico final.

Nos valores relativos às aberturas de portas e renovações de ar o *software* apenas nos permite a seleção de +13°C enquanto no cálculo manual do balanço térmico foi considerada a temperatura de +12°C, ou seja, este acréscimo de +1°C influencia o balanço térmico das câmaras frigoríficas em que se considerou a abertura de portas. Ainda relativo a estes parâmetros, o *software* não permite que sejam introduzidas as dimensões das portas consideradas, assim o valor das renovações de ar e abertura de portas é calculado através de valores *standard* que desconhecemos.

Outra diferença é a densidade de iluminação considerada pelo *software*, 12 W/m<sup>2</sup> comparativamente com os 6 W/m<sup>2</sup> considerados no balanço térmico manual em relação ao balanço térmico manual, embora não seja um valor significativo nos valores finais calculados.

Uma das diferenças significativas é a seleção do evaporador efetuada pelo *software*, este apresenta uma lista reduzida de equipamentos que podemos selecionar para a câmara frigorífica que estamos a dimensionar, assim a seleção é sempre limitada aos modelos apresentados no *software*. Desta forma, a comparação entre o balanço térmico informático e manual é sempre limitada uma vez que os equipamentos selecionados nos dois casos raramente são iguais, ou seja, os valores relativos às resistências de descongelamento e motoventiladores também nunca vão ser iguais.

Por último, o *software* considera por defeito 10% de margem de segurança, como tal os valores apresentados no balanço térmico informático foram reduzidos relativamente aos calculados pelo *software* de modo a efetuar a comparação de forma o mais correta possível.

Assim, optou-se por considerar o balanço térmico manual como válido para a seleção de equipamentos frigoríficos, uma vez que este balanço térmico foi calculado com todas as características pretendidas para a elaboração do entreposto frigorífico em estudo.

A tabela 6.13 apresenta os valores considerados no balanço térmico manual para a instalação frigorífica a expansão direta e para a instalação frigorífica a amoníaco.

<b>Espaço</b>	<b>R404a/R134a e R404a</b>	<b>Amoníaco</b>
<b>2</b>	164,38 kW	178,89 kW
<b>4</b>	65,19 kW	70,52 kW
<b>8</b>	18,77 kW	23,73 kW
<b>12</b>	83,98 kW	83,35 kW
<b>15</b>	55,84 kW	60,82 kW

Tabela 5.13: Balanços térmicos considerados.

## 6. Ciclo frigorífico

O frio é simplesmente a falta de calor, produzir frio consiste em privar determinado corpo ou espaço do seu calor. Na natureza este flui no sentido em que a temperatura diminui, ou seja, de meios a temperaturas mais altas para meios a temperaturas mais baixas. No entanto, o inverso já não ocorre com tanta naturalidade, transferir calor de um meio a baixa temperatura para outro a uma temperatura mais baixa requer a ajuda de dispositivos frigoríficos especialmente concebidos para esse fim.

Estes dispositivos funcionam por ciclos e contem fluido que circula no seu interior. O efeito da refrigeração nas câmaras frigoríficas é obtido através da aplicação do ciclo frigorífico. Estes ciclos frigoríficos são constituídos por vários componentes que permitem que todo o ciclo funcione em sintonia.

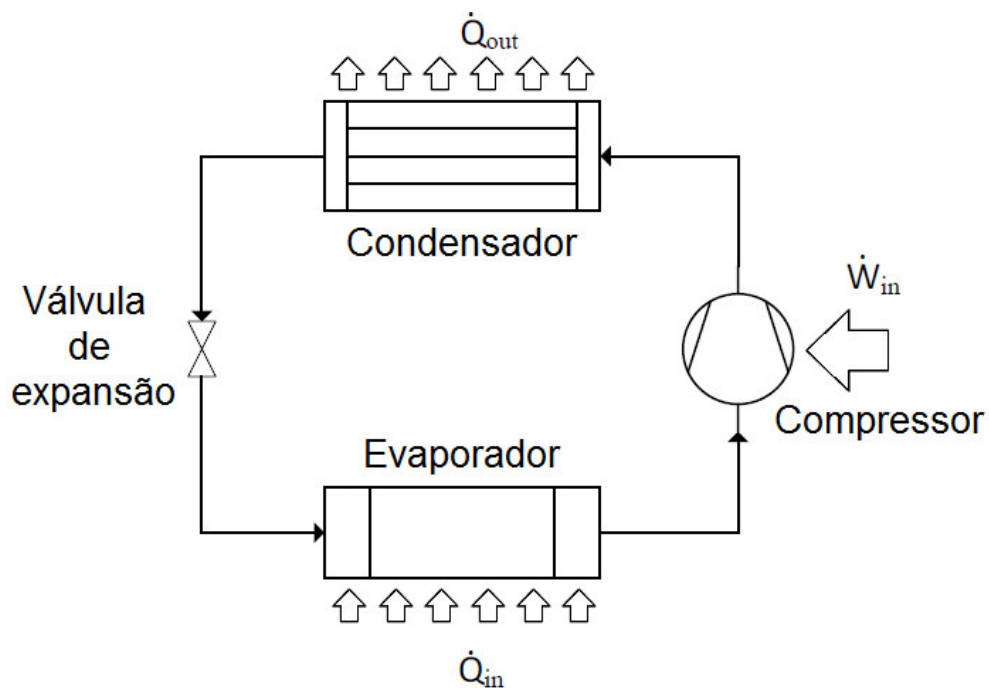


Figura 6.1: Ciclo frigorífico ideal

## **6.1. Evaporador**

Os evaporadores são trocadores de calor que absorvem as cargas térmicas do ar das câmaras frigoríficas, o ar atravessa o alhetado do evaporador, onde circula fluido frigorígeno líquido a baixa pressão, e aceita as cargas térmicas da câmara frigorífica, absorvendo calor do espaço interno. Para que aconteça o fluxo de calor da câmara frigorífica para o evaporador, este deve ser mantido a uma temperatura inferior à da câmara frigorífica. A diferença entre o evaporador e a câmara frigorífica é denominada de “ $\Delta T$ ” e é importante para o controlo de HR no interior das câmaras frigoríficas. A convecção do ar com o alhetado pode ser forçada ou natural, por vezes e se for necessário, podem ser adicionadas alhetas ao evaporador para criar uma maior área de permuta maximizando desta forma as trocas de calor.

### **6.1.1. Métodos de alimentação dos evaporadores**

Os evaporadores podem ser caracterizados pelo tipo de alimentação de fluido frigorígeno, neste trabalho de projeto apenas iremos abordar os evaporadores de expansão direta e inundados.

Nos evaporadores de expansão direta o fluido frigorígeno principia a evaporação na válvula de expansão termostática e prossegue ao longo do alhetado do evaporador, absorve carga térmica da câmara frigorífica e á saída do evaporador encontra-se sob a forma de vapor sobreaquecido.

Nos evaporadores inundados, o fluido frigorígeno não evapora na totalidade no alhetado do evaporador, este facto deve-se ao excesso de fluido frigorígeno a circular no alhetado do mesmo. Neste tipo de evaporador o fluido frigorígeno abandona o evaporador sob a forma duas fases, mistura, separadas num separador de líquido. A fase líquida retorna ao evaporador e o vapor saturado é aspirado pelo compressor. Este tipo de sistema é considerado de alta eficiência e de custos reduzidos. Segundo a ASHRAE este tipo de sistemas consome menos energia e funciona durante menos horas.

Uma das vantagens deste tipo de sistema é a utilização de um separador de líquido na alimentação e retorno dos evaporadores, desta forma é possível proteger os compressores de eventuais golpes de líquido, e a redução da temperatura do vapor na aspiração minimiza a temperatura de descarga do compressor. No entanto, existem algumas desvantagens, em comparação nos sistemas inundados, são necessárias quantidades superiores de fluido frigorífero, devido à grande necessidade de fluido frigorífero nos evaporadores, como consequência, existirão caudais mássicos superiores, perdas de carga superiores e diâmetros de tubagem superiores, ou seja, maiores custos de aquisição.

Em instalações de grandes dimensões são necessárias bombas circuladores para garantir o transporte de fluido frigorífero aos evaporadores, tornando-se num custo acrescido, com consumos de energia maiores e custos de aquisição e manutenção mais elevados que no caso dos evaporadores de expansão direta. Outra desvantagem neste tipo de sistemas é a acumulação de óleo no separador de líquido, sendo necessária a sua remoção de forma contínua.

### **6.1.2. Métodos de descongelação**

Após várias horas de funcionamento, os evaporadores começam a formar gelo entre o alhetado, devido à congelação de vapor de água existente no ar das câmaras frigoríficas. Quando isto acontece a circulação de ar no alhetado do evaporador fica comprometida da mesma forma que a sua eficiência.

Em alguns casos a descongelação do evaporador pode ser efetuada inibindo a alimentação de fluido frigorífero ao evaporador, desta forma o fluxo de calor da câmara frigorífica provoca a descongelação do mesmo. No entanto, este processo é moroso ficando o evaporador demasiado tempo inoperacional.

Outro dos métodos de descongelação é a utilização de resistências elétricas no alhetado do evaporador, estas devem atuar em períodos curtos de tempo de forma a otimizar o funcionamento do evaporador. Aquando a instalação de uma resistência elétrica de descongelação deve ser sempre instalado um termostato de modo a evitar problemas com

os períodos de descongelação bem como as temperaturas excessivas no interior dos evaporadores.

Outro método de descongelação é através de gás quente, provoca-se a interrupção de fluido frigorigéneo, na fase líquida, ao evaporador e é fornecido vapor a alta pressão. Desta forma o gelo existente entre as alhetas do evaporador liberta-se desobstruindo o alhetado.

No entanto, seja qual for o método de descongelação utilizado, deve ser sempre considerado um esgoto ligado a cada evaporador de forma a escoar a água resultante da descongelação dos evaporadores. Nas câmaras frigoríficas de refrigerados este esgoto pode ser em PVC e nas câmaras frigoríficas de congelados em aço inoxidável ou cobre.

Nas câmaras frigoríficas onde se considere descongelação dos evaporadores deve ser também considerada a instalação de válvulas de equalização de pressão, uma vez que a produção de calor através dos meios de descongelação irá causar sobrepressões no interior das câmaras frigoríficas.

## **6.2. Linha de aspiração**

É a tubagem frigorífica utilizada para transportar o vapor frio, ligando o evaporador ao compressor, teoricamente admite-se que o fluido frigorigéneo atravessa esta tubagem sem troca de calor. Na prática, apesar do isolamento, o vapor frio que passa pela tubagem da linha de aspiração absorve calor do espaço externo.

## **6.3. Compressores**

Trata-se de um compressor eletromecânico que é usado para desenvolver e manter o fluido frigorigéneo através do sistema de refrigeração. O vapor frio flui do evaporador para o compressor onde a pressão é elevada por transferência de energia cinética. Este processo eleva a temperatura de saturação do vapor para um nível que permite o vapor condensar a temperaturas ambientes normais.

Existem várias soluções para comprimir o vapor, ou se, existem vários tipos de compressores, com diferentes tipos de funcionamento. Nos entrepostos frigoríficos de grandes dimensões são mais comuns compressores do tipo alternativo e do tipo parafuso, que por sua vez podem ser semi-herméticos ou abertos.

Os compressores de parafuso apresentam várias vantagens face aos alternativos. São mais fiáveis, com grandes capacidades, baixos custos de manutenção e com menor sensibilidade a golpes de líquido.<sup>[30]</sup> O seu funcionamento é mais estável e o caudal de fluido frigorigéneo é contínuo.

Nos compressores semi-herméticos o fluido frigorigéneo atravessa o motor elétrico ao passar no compressor. Ao englobar o veio de transmissão na carcaça é eliminado o atrito causado para garantir a estanquicidade do compressor junto do veio, como ocorre nos compressores abertos. No entanto, neste tipo de funcionamento, existe contacto entre o fluido frigorigéneo e os enrolamentos do motor elétrico, assim, sempre que estes se danifiquem ou fiquem queimados o circuito frigorífico ficará contaminado. De forma a eliminar esta desvantagem, existem compressores semi-herméticos em que a carcaça envolve também o estator, ou seja, o rotor ficará fora de contacto com o fluido frigorigéneo.<sup>[30]</sup>

Em comparação, a manutenção dos compressores abertos é mais fácil que a manutenção dos compressores semi-herméticos, sendo uma das vantagens o facto do motor elétrico não se encontrar acoplado pelo veio do rotor em conjunto com o compressor permitindo um arrefecimento mais eficiente do compressor.

### **6.3.1. Óleo lubrificante**

Num sistema frigorífico simples a utilização de óleo lubrificante apenas se destina aos compressores de modo a lubrificar elementos móveis, funcionar como selo de algumas folgas e para arrastar impurezas das superfícies do compressor. Os restantes componentes do sistema frigorífico não necessitam de óleo lubrificante no seu funcionamento, sendo a presença do mesmo em alguns casos, prejudicial ao funcionamento do sistema, uma vez que impede trocas de calor.

Para um correto funcionamento do sistema, o óleo lubrificante e o fluido frigorigéneo devem ser isentos de impurezas. Num sistema de refrigeração a presença de água no óleo lubrificante pode fazer com que este altere ou perca as suas propriedades, ou provoque o aparecimento de ácidos, que por sua vez provocam corrosão e deteriorização dos componentes metálicos do compressor. A presença de água na mistura de óleo e fluido frigorigéneo pode ser negativa ao funcionamento do sistema frigorífico, a água pode congelar e provocar o bloqueio de válvulas de expansão e filtros.<sup>[30]</sup>

A presença de grandes quantidades de fluido frigorigéneo no óleo pode também afetar as suas propriedades lubrificantes, ou seja, diminuir a sua viscosidade. A solubilidade de um fluido frigorigéneo aumenta com a pressão e decresce com a temperatura, desta forma, a escolha do óleo lubrificante depende do fluido frigorigéneo.<sup>[31]</sup>

Por todos estes motivos os separadores de líquido estão localizados na descarga dos compressores, podendo ser de grande complexidade ou simples, dependendo da solubilidade do óleo.

Assim, podemos afirmar que a manutenção do óleo lubrificante é de grande importância, uma vez que pode revelar a existência de impurezas no sistema, como ar, água, partículas metálicas, lamas ou outro tipo de contaminantes, que vão funcionar com aviso de possíveis avarias.

## **6.4. Linha de descarga**

É a tubagem frigorífica usada para transportar o vapor sobreaquecido a alta pressão, ligando o compressor ao condensador e teoricamente admite-se que o vapor a alta pressão e temperatura atravessam a linha de descarga sem trocas. Na prática o vapor elimina calor para o ambiente externo.

## 6.5. Condensador

É o trocador de calor que recebe o vapor a alta pressão e temperaturas e provoca a sua condensação retirando do calor do mesmo através de um meio condensante, em geral, ar ou água.

Este componente pode ser de vários tipos, embora, os condensadores industriais são arrefecidos a ar, arrefecidos a água ou evaporativos. <sup>[31]</sup>

Os condensadores com maiores vantagens ao nível de manutenção e menores custos são os condensadores arrefecidos a ar, no entanto, a sua maior desvantagem é o facto de não permitirem temperaturas de condensação muito baixas.

Os condensadores evaporativos são os mais comuns em instalações frigoríficas de grandes dimensões, embora não devam ser utilizados em locais com elevadas HR. Para além de compactos, conseguem operar a temperaturas de condensação inferiores comparativamente aos outros tipos de condensadores, desta forma permitem uma poupança de energia ao sistema frigorífico e temperaturas de descarga mais reduzidas, característica benéfica nos sistemas de refrigeração a amoníaco. <sup>[31]</sup>

Os condensadores arrefecidos a água permitem temperaturas de condensação inferiores às temperaturas de condensação dos condensadores arrefecidos a ar, este tipo de sistemas é composto por permutadores, normalmente do tipo “*Shell and Tube*”, em que o fluido frigorígeno permuta calor com a água que de seguida rejeita calor para o exterior. Este tipo de condensador tem como principal desvantagem a necessidade de um sistema de controlo e gestão de risco de Legionella de modo a evitar a sua propagação. Este tipo de sistema é vantajoso para grandes distâncias entre o compressor e o condensador, pelo que o permutador pode ser localizado junto do compressor e água bombeada até a torre.

## **6.6. Depósito de líquido**

Trata-se de um reservatório que recebe o fluido frigorígeno do condensador e o armazena. Permite uma constante reserva de fluido frigorígeno no circuito. Pode ser vertical ou horizontal.

Deve ser dimensionado tendo em conta a totalidade do fluido frigorígeno existente na instalação frigorífica.

## **6.7. Filtro secador**

O filtro secador tem a função de filtrar, através dos seus elementos dessecantes, eventuais impurezas no sistema de refrigeração, da mesma forma que reter a humidade e acidez do fluido frigorígeno. Este componente deve ser instalado na vertical com a saída para baixo, quando esta posição não for possível, deve montar-se na horizontal, no entanto, nunca deve ser montado na vertical com a saída para cima.

O filtro secador deve ser selecionado tendo em conta a capacidade e fluido frigorígeno e do sistema de refrigeração para o qual vai operar.

## **6.8. Linha de líquido**

É a tubagem frigorífica usada para transportar o líquido quente a alta pressão.

## **6.9. Válvula de expansão**

Tem a função de reduzir a pressão do líquido na entrada do evaporador, sendo o elemento que controla o fluxo de refrigerante através do evaporador baseado na resposta de carga térmica. À medida que o líquido quente passa na válvula de expansão parte dele expande-se em gás e arrefece o líquido restante. O líquido quente passa a líquido frio.

## **6.10. Separador de líquido**

O separador de líquido é um componente utilizado nos sistemas de refrigeração e tem como objetivo fazer a separação de líquido-vapor. A gravidade faz com que o líquido deposite no fundo do depósito enquanto o vapor se acumula no topo do mesmo. Quando o vapor ascende no sentido vertical, a sua velocidade deve ser suficientemente baixa para permitir a deposição por gravidade, da maioria das gotas de líquido, ocorrendo apenas arrasto somente das gotas de líquido de menor diâmetro. No entanto, a perfeita separação de líquido e vapor é impossível, embora com o pequeno tamanho das gotas a sua evaporação ocorrerá com maior facilidade. Outra das finalidades deste componente é não deixar que o fluido frigorífero entre no estado líquido no compressor, evitando desta forma golpes de líquido, e a alimentação de evaporadores dos sistemas inundados.

## **6.11. Economizador**

Um economizador é um tipo de arrefecedor onde parte do fluido frigorífero, normalmente 10 a 20 %, é evaporado a uma temperatura mais alta do que no evaporador principal. Este tipo de sistema requer que os compressores tenham saída para a ligação do economizador. Um economizador contribui principalmente para dois benefícios, a otimização do COP dos compressores e a otimização da refrigeração do compressor durante a compressão. Os economizadores são normalmente permutadores de placas.

## **6.12. Separador de óleo**

Os separadores de óleo são componentes utilizados nos sistemas de refrigeração com a finalidade de impedir que o óleo se misture com o fluido frigorífero, o que causaria uma redução de eficiência na troca de calor no evaporador e no condensador. O óleo separado é posteriormente devolvido ao sistema de lubrificação, cárter, do compressor, este sistema evita a falha dos compressores por falta de lubrificação.

## 7. Fundamentos termodinâmicos para uma instalação a fluido frigorígeno R404a e R134a

### 7.1. Ciclo teórico de compressão a vapor

Um ciclo térmico real qualquer devia ter como comparação o ciclo idealizado por Carnot, devido ao facto de este ser o ciclo de maior rendimento térmico possível. No entanto, dadas as peculiaridades do ciclo de refrigeração por compressão a vapor, define-se um outro ciclo chamado de “ciclo teórico”, no qual os processos são mais próximos aos do ciclo real e como tal torna-se mais fácil comparar o ciclo real com este teórico. Este ciclo teórico ideal obterá melhor desempenho operando em condições iguais ao do ciclo real. A seguinte figura ilustra o ciclo teórico de um sistema com um andar de compressão construído sobre um diagrama de Mollier, no plano P-h.

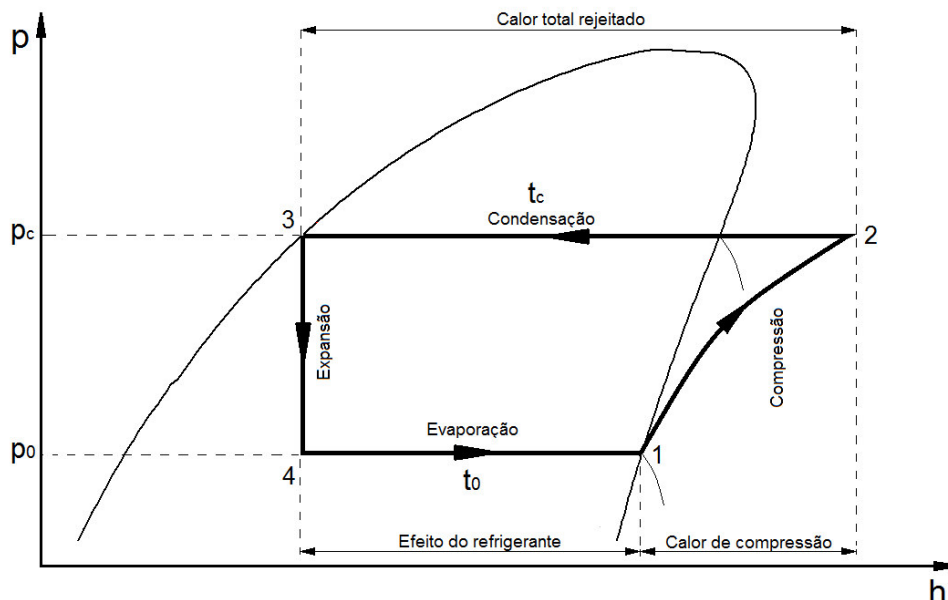


Figura 7.1: Ciclo frigorífico teórico de um andar de compressão - Expansão direta

Os processos termodinâmicos que constituem o ciclo teórico são os seguintes:

**Processo 1 – 2** – Ocorre no compressor. É um processo adiabático reversível e, portanto, isentrópico,  $s = \text{constante}$ . Na região compreendida entre os pontos 1, vapor saturado na entrada do compressor, e 2, vapor sobreaquecido na saída do compressor,  $T_2$ . O fluido frigorígeno entra no compressor à pressão do evaporador,  $P_0$ , e com título igual a um, o fluido frigorígeno é então comprimido até atingir a pressão de condensação,  $P_C$ , ao sair do compressor está a uma temperatura superior que a temperatura de condensação,  $T_C$ . Há portanto aumento de temperatura e pressão.

**Processo 2 – 3** – Ocorre no condensador. É um processo onde há rejeição reversível de calor, à pressão constante, evolução isobárica, do ponto 2 ao ponto 3. Neste processo o fluido frigorígeno é arrefecido da temperatura  $T_2$  até à temperatura de condensação  $T_C$ . De seguida é condensado até se tornar líquido saturado na temperatura  $T_3$ , igual à temperatura de condensação  $T_C$ . A pressão permanece constante e a temperatura diminui.

**Processo 3 – 4** – Ocorre na válvula de expansão. É uma expansão irreversível a entalpia constante, processo isentálpico, desde a pressão  $P_C$  e líquido saturado, título zero, até à pressão de evaporação  $P_0$ . Na saída da válvula de expansão temos uma mistura de líquido e vapor a temperaturas e pressão inferiores às verificadas na entrada devido ao pequeno orifício da válvula de expansão. A entalpia permanece constante e há uma queda de pressão e temperatura.

**Processo 4 – 1** – Ocorre no evaporador. É um processo de transferência de calor a pressão constante,  $P_0$ , e a temperatura constante,  $T_0$ . Ao passar pelo alhetado do evaporador o fluido frigorígeno líquido absorve calor do interior da câmara frigorífica e vaporiza. À saída do evaporador apenas temos vapor saturado, título um. A pressão e temperatura permanecem constantes. O calor transferido ao fluido frigorígeno no evaporador não modifica a temperatura do fluido apenas muda a sua qualidade, título.

## 7.2. Ciclo real de compressão a vapor

Uma das principais diferenças entre o ciclo real e o ciclo teórico é a queda de pressão nas linhas de descarga, líquido e aspiração, bem como no evaporador, condensador e válvula de expansão. Estas perdas de carga  $\Delta P_D$  e  $\Delta P_S$  são apresentadas na seguinte figura.

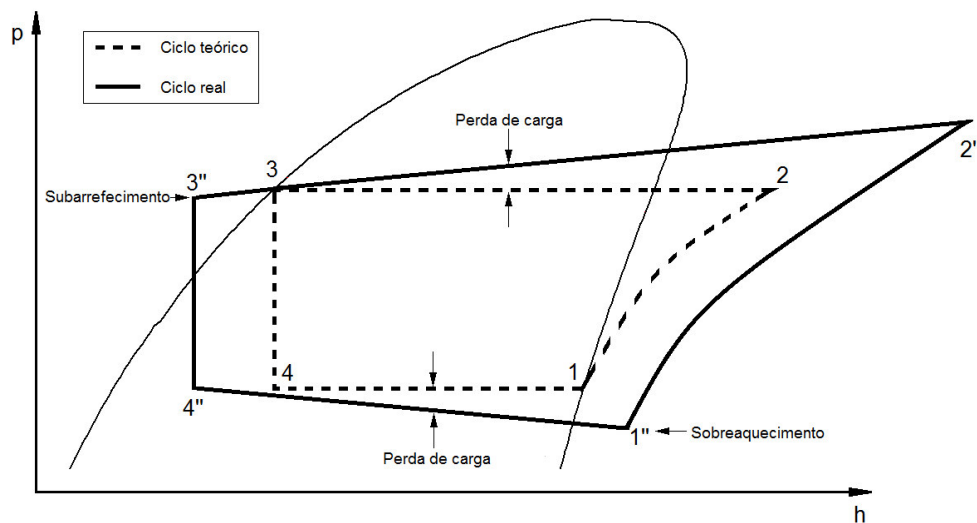


Figura 7.2: Ciclo frigorífico real de um andar de compressão - Expansão direta

Outra diferença é o subarrefecimento do fluido frigorífero na saída do condensador e o sobreaquecimento na aspiração do compressor, sendo este também um processo importante que tem a finalidade de evitar a entrada de líquido no compressor. Outro processo importante é o processo de compressão, que no ciclo real é politrópico ( $S_1 \neq S_2$ ) e no ciclo teórico é isentrópico.

Devido ao sobreaquecimento e ao processo politrópico de compressão, a temperatura de descarga do compressor,  $T_2$ , pode ser muito elevada, tornando-se um problema para os óleos lubrificantes usados nos compressores frigoríficos. A temperatura de descarga não deve ser superior a  $130\text{ }^\circ\text{C}$  o que, por vezes exige o arrefecimento forçado das cabeças dos compressores, principalmente quando são utilizados fluidos frigoríferos com baixas temperaturas de evaporação. Muitos outros problemas de ordem técnica,

dependendo do sistema e sua aplicação, podem introduzir diferenças significativas além das citadas até aqui.

### **7.3. Balanço de energia para o ciclo frigorífico por compressão a vapor**

O balanço de energia do ciclo de refrigeração é feito considerando-se o sistema atuando em regime permanente nas condições de projeto, ou seja, à temperatura de condensação,  $T_C$ , e temperatura de evaporação,  $T_O$ . Os ciclos reais e teóricos têm comportamentos idênticos sendo a maior diferença o pior desempenho do ciclo real.

#### **7.3.1. Capacidade frigorífica**

A capacidade frigorífica é a quantidade de calor, por unidade de tempo, retirada do meio que se pretende arrefecer através do evaporador. Normalmente a capacidade frigorífica já é conhecida, uma vez que esta deve ser igual ao balanço térmico anteriormente obtido. Assim e considerando que o sistema opera em regime contínuo e que são desprezáveis as variações de energia cinética e potencial temos:

$$q_{ref} = (h_1 - h_4)$$

Se estabelecermos o ciclo frigorífico e o fluido frigorígeno com que pretendemos trabalhar, podemos determinar o fluxo mássico que circula através dos equipamentos, uma vez que as entalpias  $h_1$  e  $h_4$  são conhecidas e conseqüente o compressor fica determinado.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{evap}}{q_{ref}}$$

### 7.3.2. Potência teórica da compressão

A potência teórica de compressão é a quantidade de energia, por unidade de tempo, que deve ser fornecida ao fluido refrigerante, no compressor, de modo a conseguir o aumento de pressão necessário, processo de compressão adiabático reversível. Na prática o compressor perde calor para o meio ambiente, em quantidade bastante mais reduzida quando comparada com a energia que é necessária para realizar o processo de compressão. Aplicando a Primeira Lei da Termodinâmica, desprezando a variação de energia cinética e potencial, têm-se:

$$\dot{W}_{comp} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

### 7.3.3. Calor rejeitado no condensador

A função do condensador é transferir calor do fluido refrigerante para o meio de arrefecimento do condensador, água ou ar. O fluxo de calor envolvido neste processo pode ser determinado através de:

$$Q_C = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

Desta forma o condensador escolhido para um qualquer sistema de refrigeração deve ser capaz de rejeitar o calor obtido na anterior expressão, a qual depende da carga térmica do sistema e da potência de compressão.

O calor rejeitado pelo compressor é normalmente obtido quando é selecionado o compressor necessário para a instalação.

### **7.3.4. Válvula de expansão**

Na válvula de expansão, que pode ser de vários tipos, o processo teórico é adiabático, aplicando a Primeira Lei da Termodinâmica e desprezando as variações de energia cinética e potencial obtém-se:

$$h_3 = h_4$$

### **7.3.5. COP – Coeficiente de performance ou desempenho do ciclo**

É um parâmetro importante na análise das instalações frigoríficas, nos ciclos reais o COP é sempre menor que o COP do ciclo teórico, para as mesmas condições de funcionamento. A obtenção de um COP elevado está relacionada à redução do trabalho necessário para um dado efeito de refrigeração. Pode dizer-se que o COP de um ciclo está relacionado às diferenças de temperatura entre o ambiente refrigerado e o evaporado e entre o condensador e a atmosfera. Existem no entanto uma série de parâmetros que fazem variar o COP.

#### **Temperatura de evaporação**

A redução da temperatura de evaporação resulta numa redução do COP, ou seja, o sistema tornasse menos eficiente.

#### **Temperatura de condensação**

As variações da temperatura de condensação resultam em menos variações quando comparadas com a mesma redução de temperatura de evaporação.

#### **Subarrefecimento de líquido no COP**

Com um aumento no subarrefecimento existe também um aumento do COP do ciclo, embora seja bom para o sistema, na prática o subarrefecimento é utilizado apenas para

garantir que se tenha somente líquido na entrada da válvula de expansão. Assim o subarrefecimento serve apenas para manter a capacidade frigorífica do sistema e não tem objetivo de ganho de eficiência.

### Sobreaquecimento no COP

O sobreaquecimento ocorre retirando calor do meio que se pretende arrefecer, a variação do COP com o sobreaquecimento depende do fluido do frigorígeno que estamos a utilizar. Nos casos em que o sobreaquecimento melhora o COP a capacidade frigorífica do sistema de refrigeração diminui. Desta forma, apenas se justifica o sobreaquecimento do fluido frigorígeno e por motivos de segurança, ou seja, de forma a evitar a entrada de líquido no compressor.

Assim, o COP é definido por:

$$COP = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}} = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{W}_{comp}} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}$$

## 7.4. Resultados obtidos

De seguida será apresentado um quadro resumo dos resultados obtidos. No Anexo X são apresentados os ciclos frigoríficos e cálculos correspondentes aos resultados apresentados de seguida.

	Circuitos			
	Refrigerados-R404a	Refrigerados-R134a	Congelados	Ultracongelação
<b>Efeito refrigerante</b>	106 Kj/Kg	142,55 Kj/Kg	89,57 Kj/Kg	83,27 Kj/Kg
<b>Caudal mássico</b>	2,33 Kg/s	1,74 Kg/s	0,64 Kg/s	5,17 Kg/s
<b>Pot. de compressão</b>	85,72 kW	76,50 kW	39,97 kW	369,66 kW
<b>COP</b>	2,89	3,24	1,44	1,17

Tabela 7.1: Resultados obtidos no balanço energético dos circuitos de um andar de compressão.

## **8. Fundamentos termodinâmicos para uma instalação frigorífica a fluido frigorígeno NH<sub>3</sub>**

O amoníaco, R717, utiliza-se como fluido frigorígeno há mais de um século e, por isso, as suas propriedades e aplicações são bastante conhecidas. No entanto, devido a alguns inconvenientes que esta substância apresenta, no que diz respeito à segurança quanto ao uso de amoníaco limita-se normalmente o seu uso apenas a grandes entrepostos frigoríficos com grandes potências frigoríficas onde se torna vital o uso deste fluido frigorígeno. Estima-se que no mundo inteiro existam cerca de 300000 instalações com sistemas de refrigeração a amoníaco.

Como fluido frigorígeno o amoníaco apresenta variadas características e vantagens, tais como:

- Boas propriedades termodinâmicas.
- À exceção do cobre, é quimicamente neutro para os elementos dos circuitos frigoríficos.
- Não se mistura com o óleo lubrificante.
- É fabricado para inúmeros fins para além da refrigeração o que permite a manutenção do seu baixo e acessível custo.

A elevada entalpia específica de evaporação, e conseqüente redução da unidade, e os custos de bombagem relativamente baixos são as principais vantagens deste fluido frigorígeno. Assim, para a mesma razão de pressões, o trabalho requerido para bombear um líquido é muito menor que o requerido para comprimir um gás, uma vez que o volume específico do líquido é muito menor.

No entanto, apesar das vantagens apresentadas o amoníaco apresenta alguns riscos, tais como:

- Em caso de ingestão é bastante perigoso. Os sintomas incluem náuseas e vômitos, causando danos nos lábios, boca e esófago.
- Em caso de inalação os seus vapores são extremamente irritantes e corrosivos.
- Pode provocar queimaduras na pele.
- Pode causar danos permanentes nos olhos em caso de contacto.
- Maiores custos de investimento.

Como é possível observar é fluído frigorígeno com bastantes riscos no seu manuseamento.

## 8.1. Duplo estágio de compressão

A compressão em múltiplos estágios tem objetivos minimizar os problemas decorrentes da elevada diferença entre as temperaturas de evaporação e condensação, que em instalações de refrigeração industrial varia entre 50°C e 80°C, e reduzir a potência de compressão necessária. No entanto, implica um incremento de custo inicial relativamente aos sistemas de simples estágio.

No ciclo de compressão temos ao final da expansão a presença simultânea de líquido e vapor.

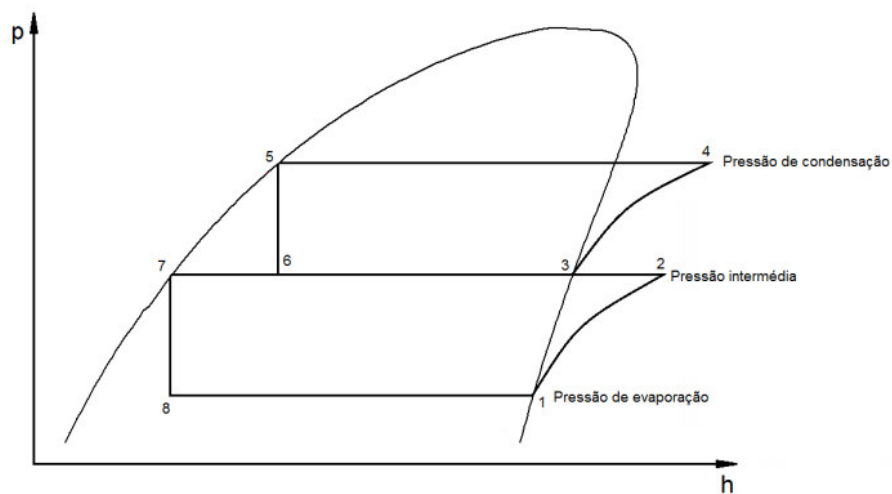


Figura 8.1: Ciclo frigorífico de dupla compressão

Se o processo de expansão for interrompido a uma pressão intermédia no estado 3, correspondente a uma mistura em equilíbrio de vapor saturado, estado 6, e líquido saturado, estado 4, o processo de expansão de 3 até 2 pode ser considerado uma combinação dos processos 4 – 5 e 6 – 7 <sup>[31]</sup>.

O vapor produzido em 7 não têm efeito frigorífica e ainda é necessário comprimi-lo até à pressão de condensação. A fim de reduzir o trabalho de compressão, pode ser feita a eliminação desse vapor no chamado separador intermédio.

No separador intermédio o líquido proveniente do condensador é expandido até uma pressão intermédia. O vapor produzido neste processo é comprimido até à pressão de condensação, o líquido, por sua vez, é conduzido até um dispositivo de expansão onde a sua pressão será reduzida até à pressão de evaporação.

Outro processo normalmente utilizado é o arrefecimento do fluido frigorigéneo até uma pressão intermédia de modo a reduzir o sobreaquecimento do mesmo à saída do estágio de baixa pressão, este sistema é feito descarregando o vapor da descarga, a alta temperatura, do compressor do estágio de baixa pressão no líquido saturado a pressão intermédia.

O arrefecimento intermédio não implica necessariamente uma redução da potência de compressão podendo mesmo ser aumentada. Desta forma consegue-se que as temperaturas do fluido frigorigéneo sejam muito menores na descarga do compressor.

Os compressores do tipo alternativo a trabalhar com temperaturas de descarga elevadas podem ter problemas de lubrificação prejudicando a sua vida útil. Já os compressores do tipo parafuso não apresentam este problema.

Existem diversos métodos desenvolvidos para seleccionar os parâmetros ideais do ciclo de refrigeração, considerando sistemas de simples estágio e duplo estágio, arrefecimento intermédio e subarrefecimento do líquido antes da válvula de expansão <sup>[22]</sup>.

No âmbito deste trabalho de projeto iremos dimensionar, a partir dos princípios da termodinâmica, a instalação frigorífica do entreposto frigorífico de processamento de bacalhau.

A alimentação de fluido frigorígeno aos evaporadores será realizada para o circuito de refrigerados a partir do separador de líquido a  $-10^{\circ}\text{C}$  e para o circuito de congelados através do separador de líquido de  $-35^{\circ}\text{C}$ , ambos por bombeamento. O fluido a alta pressão irá condensar num condensador evaporativo no caso do circuito de refrigerados e no caso do circuito de congelados no separador de líquido de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

O esquema de princípio encontra-se representado na seguinte figura.

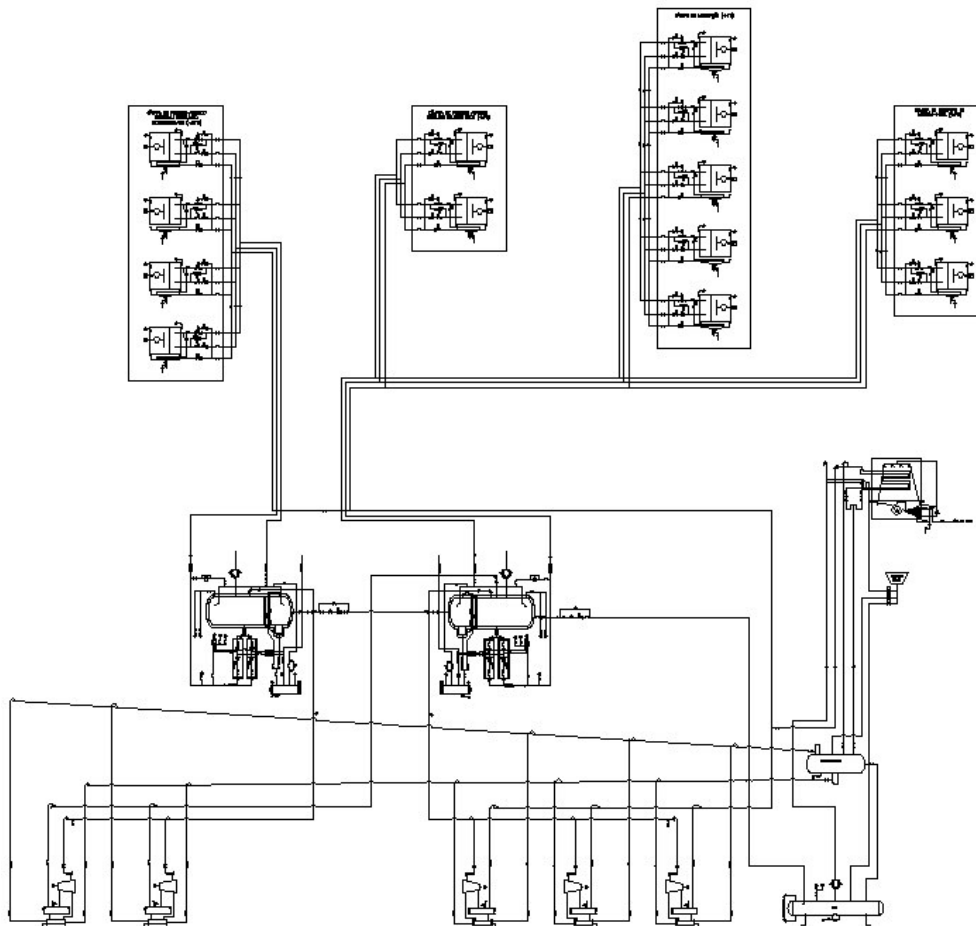


Figura 8.2: Esquema de princípio de um sistema frigorífico de dois andares de compressão.

A seguinte figura apresenta o diagrama de Mollier do esquema de princípio anteriormente apresentado.

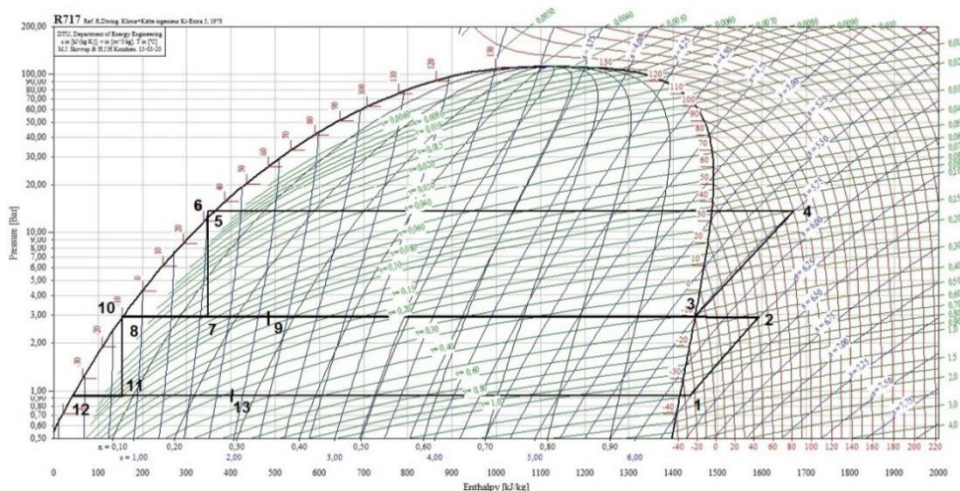


Figura 8.3: Diagrama P – h do esquema de um sistema frigorífico de dois andares de compressão.

O amoníaco entra no compressor do circuito de congelados como vapor saturado, no compressor é comprimido até à pressão intermédia no estado 2, libertando vapor sobreaquecido no depósito intermédio de média pressão. De seguida o fluido frigorigénico, no estado vapor saturado, é aspirado pelos compressores do circuito de refrigerados, estado 3, até à pressão de condensação, estado 4.

Seguidamente o fluido frigorigénico entra no condensador no estado de vapor sobreaquecido, aqui baixa a sua temperatura libertando calor sensível, dá-se a condensação a cerca de  $+35^{\circ}\text{C}$  com a libertação de calor latente. O processo continua com um subarrefecimento do amoníaco pela tubagem até ao depósito de líquido. O líquido subarrefecido sofre uma expansão para o depósito intermédio e como consequência uma queda de pressão, assim, forma-se uma mistura correspondente ao estado 7 que inicia o efeito refrigerante nesse depósito.

A partir do separador de média, duas bombas, uma de reserva, bobeiam o amoníaco a  $-10^{\circ}\text{C}$  até às válvulas de regulação de caudal de cada evaporador do circuito de refrigerados.

O amoníaco entra no evaporador e inicia-se o processo de evaporação até atingir, á saída do evaporador, um título de cerca de 0,25 retirando assim calor da câmara frigorífica. O

restante líquido retorna ao separador, aspiração húmida, dando origem a uma mistura de fluido frigorígeno, estado 9. O vapor saturado formado é aspirado pelos compressores de média pressão.

De forma a evitar que os compressores trabalhem numa maior gama de temperaturas, o separador de baixa é alimentado pelo separador de média, ou seja, o líquido chega ao separador de baixa pressão a uma temperatura mais baixa do que se fosse alimentado pelo depósito de líquido. Assim consegue-se que os compressores sejam mais “pequenos” para a mesma capacidade frigorífica. Desta forma o líquido proveniente do separador de média pressão é injetado a  $-10^{\circ}\text{C}$  no separador de baixa pressão, estado 10. O líquido sofre uma expansão, estado 11, formando-se uma mistura de líquido e vapor saturado. A partir do separador de baixa pressão, o líquido é bombeado através de bombas, estado 12, a  $-35^{\circ}\text{C}$  até aos evaporadores do circuito de congelados.

No evaporador o amoníaco sofre um processo de evaporação até atingir um título de cerca de 0,25. É retirado calor à câmara frigorífica. O vapor saturado formado é aspirado pelos compressores de média pressão, estado 13.

A descongelação dos evaporadores de ambos os circuitos é realizada através da descarga dos compressores do circuito de refrigerados.

O efeito refrigerante é calculado através de:

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_{13} - h_{12})$$

Em que o caudal mássico,  $\dot{m}$ , do fluido frigorígeno bombeado no interior dos evaporadores do circuito de congelados é obtido através de:

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_{13} - h_{12}) \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{(h_{13} - h_{12})}$$

Ao efetuar-mos o balanço energético do separador de baixa pressão obtém-se o caudal mássico dos compressores de baixa pressão.

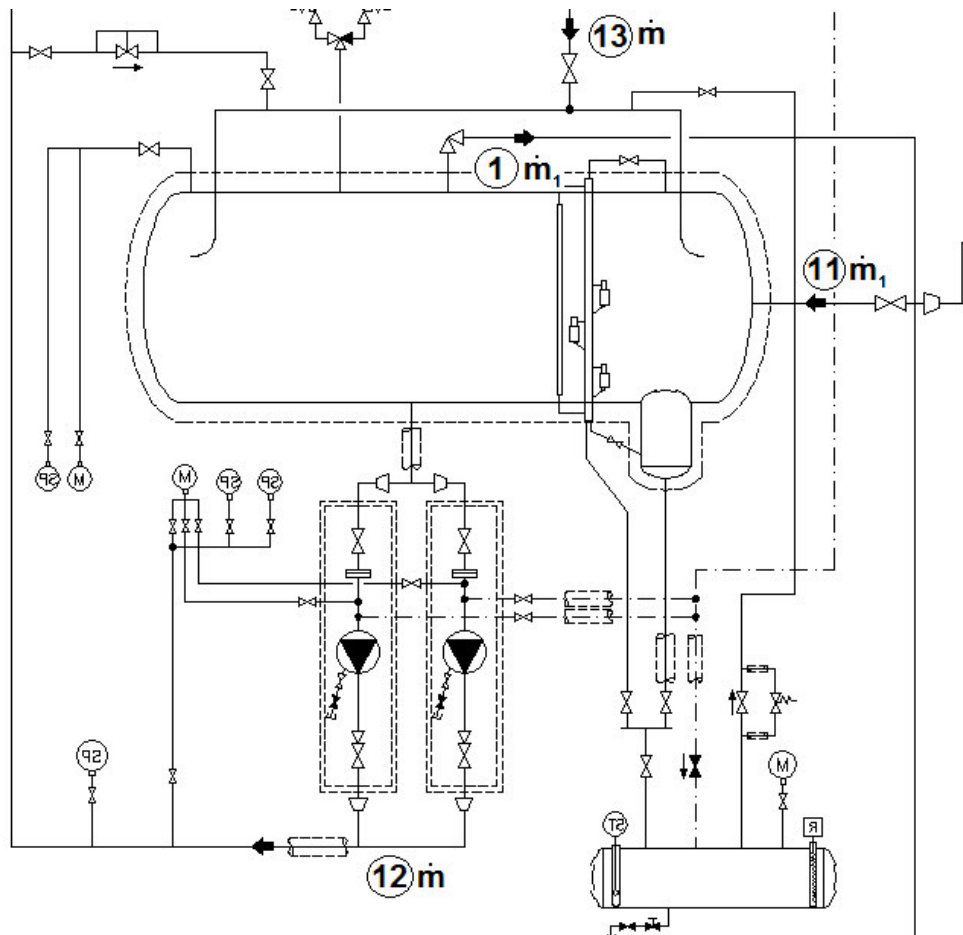


Figura 8.4: Balanço energético do separador de baixa pressão.

$$\dot{m}_1 h_9 + \dot{m} h_{13} = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m} h_{12}$$

O caudal mássico resultante, valor calculado, aspirado pelos compressores de baixa pressão, corresponde aos 25% de vapor saturado produzido nos evaporadores, adicionado ao vapor produzido pela expansão do líquido à pressão de 294,80 KPa, para o separador de líquido proveniente do depósito intermédio.

O caudal volumétrico dos compressores de baixa pressão será dado pela expressão:

$$\dot{V} = \dot{m}_1 v_1$$

em que:

$$v_1 = \text{Volume específico do vapor saturado}$$

Tal como no caso anterior, o caudal mássico dos compressores de alta pressão poderá ser calculado através do balanço energético do depósito intermédio.

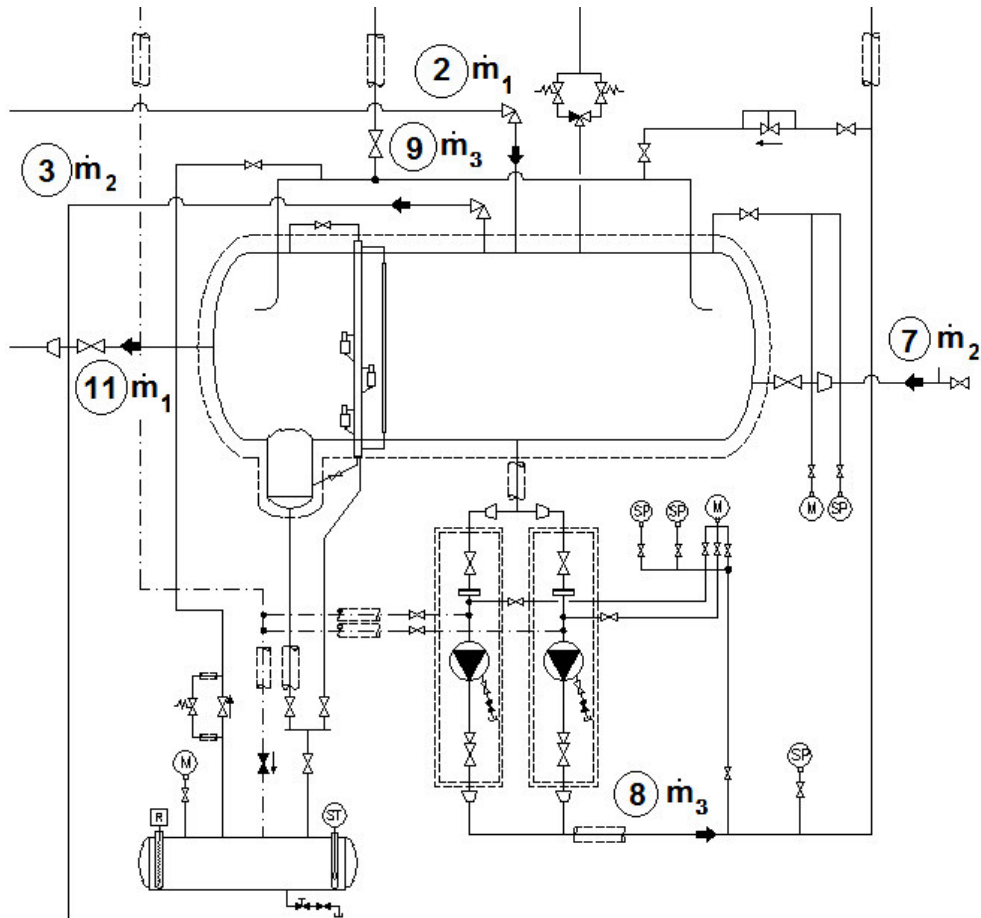


Figura 8.5: Balanço energético do separador de alta pressão.

$$\dot{m}_3 h_8 + \dot{m}_1 h_{11} + \dot{m}_2 h_3 = \dot{m}_3 h_9 + \dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2 h_7 \Leftrightarrow$$

O caudal volumétrico dos compressores de alta pressão será dado pela expressão:

$$\dot{V} = \dot{m}_2 v_3$$

As potências de compressão serão obtidas através de:

$$\text{Baixa pressão} - W_{12} = \dot{m}_1 (h_2 - h_1)$$

$$\text{Alta pressão} - W_{34} = \dot{m}_2 (h_4 - h_3)$$

## 8.2. Resultados obtidos

De seguida será apresentado um quadro resumo dos resultados obtidos. No Anexo X são apresentados os ciclos frigoríficos e cálculos correspondentes aos resultados apresentados de seguida.

<b>Circuito</b>	<b>Baixa pressão</b>	<b>Alta pressão</b>	<b>Ultracongelção</b>
<b>Efeito refrigerante</b>	60,82 kW	273,14 kW	416,75 kW
<b>Caudal mássico dos compressores</b>	0,07 kg/s	0,34 kg/s	0,39 kg/s
<b>Caudal volumét. dos compressores</b>	313,56 m <sup>3</sup> /h	504 m <sup>3</sup> /h	298 m <sup>3</sup> /h
<b>Potência de compressão</b>	10,71 kW	75,17 kW	210,97 kW

Tabela 8.1: Resultados obtidos no balanço energético dos circuitos de dois andares de compressão.

## 9. Dimensionamento dos equipamentos de produção de frio, controlo e proteção

Tal como foi referido anteriormente consideraram-se três soluções para o dimensionamento deste entreposto de conservação de bacalhau salgado seco, duas soluções em expansão direta e uma de bombeamento de amoníaco.

A primeira solução em expansão direta consiste na utilização em toda a gama de temperaturas de câmara frigorífica do fluido frigorigéneo R404a. A segunda solução consiste na utilização mista de R404a e R134a, nas câmaras frigoríficas de baixa temperatura, câmara frigorífica de conservação de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado e túneis de ultracongelação, será utilizado o R404a como fluido frigorigéneo. Nas câmaras frigoríficas de média temperatura será utilizado o R134a, uma vez que este não é apropriado para a utilização em baixas temperaturas.

Relativamente aos circuitos frigoríficos, optou-se por criar três circuitos frigoríficos, a seguinte tabela apresenta esses mesmos circuitos:

<b>Circuitos</b>	<b>Câmaras frigoríficas</b>	<b>Temperatura</b>
<b>Circuito de refrigerados</b>	Câmara frigorífica de receção de matéria-prima	0 °C
	Câmara frigorífica de maturação	+ 4 °C
	Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco	+ 4 °C
<b>Circuito de ultracongelação</b>	Túneis de ultracongelação	- 35 °C
<b>Circuito de congelados</b>	Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado	- 25 °C

Tabela 9.1: Temperaturas das câmaras frigoríficas.

A seguinte tabela apresenta as capacidades frigoríficas calculadas através do balanço térmico para cada um dos circuitos.

<b>Espaço</b>	<b>Circuitos</b>	<b>Freon</b>		<b>Amoníaco</b>	
<b>2</b>	<b>Circuito de refrigerados</b>	164,38 kW	248,34 kW	178,89 kW	273,14 kW
<b>4</b>		65,19 kW		70,52 kW	
<b>8</b>		18,77 kW		23,73 kW	
<b>12</b>	<b>Circuito de ultracongelamento</b>	83,98 kW	419,90 kW	83,35 kW	416,75 kW
<b>15</b>	<b>Circuito de congelados</b>	55,84 kW	55,84 kW	60,82 kW	60,82 kW

Tabela 9.2: Balanço térmico para os respetivos circuitos.

Os circuitos serão completamente independentes.

## **9.1. Instalação frigorífica a fluido frigorigéneo R404a**

O circuito de refrigerados é comum a três câmaras frigoríficas, a câmara frigorífica de receção de matéria-prima a 0 °C e a câmara frigorífica de maturação e câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco ambas + 4 °C, tendo em conta o balanço térmico para este circuito, 248,34 kW, optou-se por considerar a instalação de seis evaporadores na câmara frigorífica de receção de matéria-prima, cinco evaporadores na câmara frigorífica de maturação e dois evaporadores na câmara frigorífica de receção de produto acabado – bacalhau salgado seco. O circuito de refrigerados é também constituído por uma central frigorífica de três compressores semi-herméticos de parafuso, montados em paralelo, e por um condensador a arrefecido a ar que irá condensar a +44 °C.

O circuito de ultracongelamento é constituído por cinco túneis de ultracongelamento, tendo em conta o balanço térmico para este circuito, 419,90 kW, 83,98 kW por túnel de ultracongelamento, considerou-se a instalação de dois evaporadores por túnel. O circuito de refrigerados é também constituído por uma central frigorífica de três compressores semi-

herméticos de parafuso, montados em paralelo, e por um condensador a evaporativo que que irá condensar a + 35 °C.

O circuito de congelados é constituído pela câmara frigorífica de receção de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado para a qual foi calculado um balanço térmico de 55,84 kW, considerou-se a instalação de dois evaporadores nesta câmara frigorífica. O circuito de congelados é também constituído por uma central frigorífica de dois compressores semi-herméticos de parafuso, montados em paralelo, e por um condensador a arrefecido a ar que irá condensar a + 44 °C.

Em todos os circuitos frigoríficos considerou-se a instalação de um compressor de reserva, ou seja, em caso de avaria de um dos compressores que habitualmente opera existe outro compressor que faz a compensação de capacidade frigorífica perdida por avaria mecânica. Nos circuitos frigoríficos de refrigerados e de ultracongelamento o compressor de reserva assegura metade da capacidade frigorífica necessária para os circuitos. No circuito frigorífico de congelados o compressor de reserva assegura a capacidade frigorífica total necessária à câmara frigorífica.

O depósito de líquido correspondente a cada um dos circuitos, instalado junto do condensador, será comum a todos os compressores das centrais frigoríficas. Desta solução resultará a redundância da instalação frigorífica, que poderá operar em equilíbrio de equipamentos, com metade da potência.

Em todos os circuitos frigoríficos foi considerada a instalação de um separador de óleo de modo a efetuar o retorno de óleo ao compressor em todas as condições de funcionamento, desta forma o óleo de lubrificação dos compressores é impedido de circular com o refrigerante no sistema de refrigeração. O retorno de óleo ao compressor melhora a eficácia do sistema, uma vez que reduz os resíduos de óleo nas tubagens internas dos condensadores e evaporadores. Este tipo de sistema é montado na linha de descarga dos compressores, são normalmente recipientes verticais com ligações na parte superior, ligação vinda da descarga dos compressores, e inferior, retorno de óleo aos compressores. Alguns separadores de óleo têm um reservatório construído na parte inferior do recipiente, funcionando a parte de cima como separador e parte de baixo do recipiente como depósito de líquido, sistema considerado no nosso projeto. Este sistema

permite a perfeita lubrificação dos compressores, e conseqüente aumento da sua vida útil, tal como protege os compressores contra golpes de líquido.

Como neste tipo de compressores a temperatura de descarga é muito alta, optou-se por considerar a instalação de um arrefecedor de óleo em todos os circuitos frigoríficos. Este sistema permite que o óleo de lubrificação dos compressores não seja destruído e que a viscosidade, parâmetro que depende em grande parte da temperatura, do mesmo seja mantida nas suas condições de funcionamento. Existe vários tipos de arrefecimento de óleo, no nosso projeto considerou-se o sistema por termossifão. Neste sistema o fluido frigorígeno líquido de alta pressão flui do depósito de líquido, por gravidade, para o arrefecedor de óleo onde se evapora e arrefece o óleo, o vapor do fluido frigorígeno retorna para o depósito de líquido.

Nos circuitos de ultracongelação e de congelados considerou-se a instalação de economizador nos compressores, este sistema aumenta a capacidade dos compressores de parafuso e é principalmente útil em baixas temperaturas onde o ganho de capacidade pode ser superior a 45% com um aumento de potência consumida de apenas 12%.

Em todos os evaporadores da instalação a R404a considerou-se que o sistema de descongelação seria por resistências. Desta forma, os evaporadores vêm equipados de fábrica com resistências elétricas do tipo tubular, inseridas entre as filas de serpentinas, atravessando todas as alhetas da bateria, com potência suficiente para descongelarem o evaporador num período de 20 minutos.

No dimensionamento dos evaporadores teve-se em consideração a projeção de ar dos mesmos, uma vez que a projeção de ar deve ter alcance suficiente para atingir a parede que se encontra à sua frente de modo a que o ar seja conduzido pela parede de modo a retornar ao evaporador.

A seguinte imagem apresenta um exemplo da circulação de ar no interior das câmaras frigoríficas.

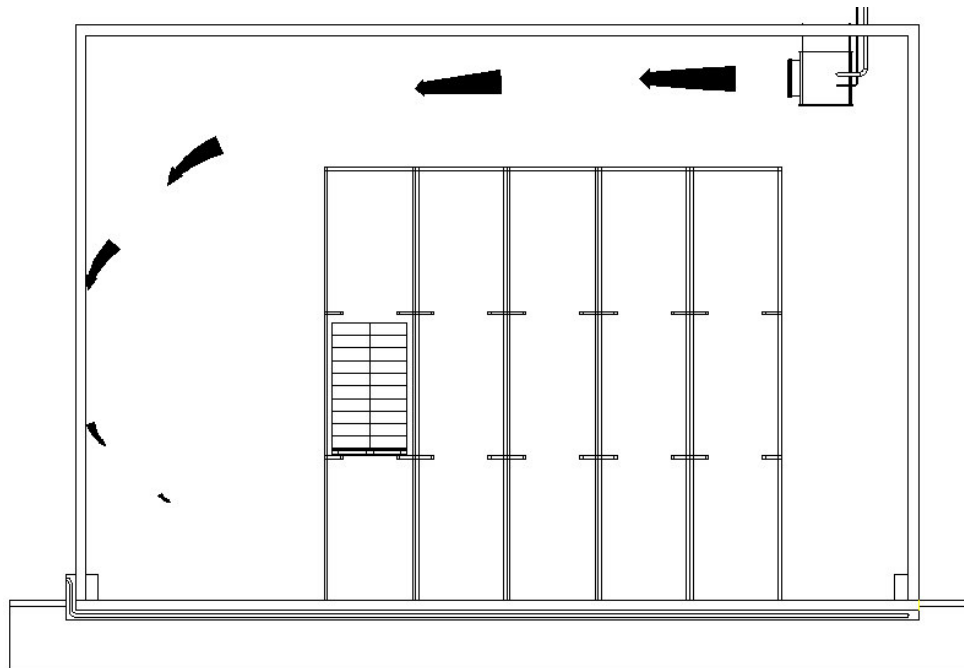


Figura 9.1: Esquema de circulação de ar no interior das câmaras frigoríficas.

O funcionamento dos evaporadores será comandado através de termostatos de serviço, com bolbo localizado no interior das câmaras frigoríficas, junto da aspiração dos evaporadores. Durante a abertura de portas será interrompido o funcionamento dos ventiladores dos evaporadores.

O início do período de descongelação poderia ser comando por um fluxostato de ar, no entanto, nesta instalação serão utilizados relógios de descongelação, programados para iniciar esse processo. Quando se inicia o processo de descongelação, o programador fecha a electroválvula a montante da válvula de expansão termostática e param os ventiladores do evaporador. A instalação frigorífica irá parar quando atuar o pressostato de baixa pressão. Seguidamente, são ligadas as resistências, que funcionam cerca de 20 minutos, atingindo a bateria, uma temperatura na ordem dos  $+20^{\circ}\text{C}$ . As placas de gelo soltam-se e caem no tabuleiro do evaporador também aquecido, saindo a água resultante da fusão por um tubo de drenagem. Esse tubo atravessa a parede isolada da câmara frigorífica e, no exterior, deve ser previsto um sifão onde se acumula água, impedindo a saída de ar frio ou a entrada de ar quente.

Após esse intervalo de descongelação e já com o evaporador limpo, reinicia-se o

processo de refrigeração, começando pela abertura da válvula elétrica e arranque do compressor. Começa a expansão do fluido frigorífero, a bateria arrefece mas, os ventiladores continuam parados e, só iniciam o movimento quando um termóstato de contacto, regulado para uma temperatura próxima do valor de regime, permitir esse arranque.

Este desfasamento, entre o início do processo de refrigeração e o arranque dos ventiladores, é necessário para evitar que grandes quantidades de ar quente possam ser insufladas na câmara frigorífica, originando subidas repentinas de pressão, que poderão danificar os tecos. Para evitar este tipo de problemas considerou-se que cada câmara frigorífica teria instaladas válvulas de equilíbrio de pressão.

A tubagem de recolha da água proveniente da descongelação será aquecida por meio de resistências elétricas, evitando a congelação de água neste tipo de tubagem. Estas resistências estarão permanentemente sob tensão.

Para o dimensionamento dos diâmetros de tubagem foram utilizados os ábacos de velocidade e perda de carga da DuPont Suva.

Os valores máximos admissíveis de velocidade e perdas de carga para o R404a e R134a encontram-se nos seguintes quadros.

<b>Linha</b>	<b>Velocidade máxima</b>
<b>Aspiração</b>	10 a 12 m/s
<b>Descarga</b>	6 a 8 m/s
<b>Líquido</b>	0,5 a 1 m/s

Tabela 9.3: Velocidades máximas admitidas para o cálculo de tubagens.

<b>Linha</b>	<b>Perda de carga máxima</b>	<b>Perda de carga máxima</b>
<b>Aspiração</b>	0,088 kPa/m	0,056 bar
<b>Descarga</b>	0,2 kPa/m	0,20 bar
<b>Líquido</b>	0,3 kPa/m	0,35 bar

Tabela 9.4: Perdas de carga máximas admitidas para o cálculo de tubagens.

Para o cálculo de diâmetro de tubagem inicialmente considera-se a velocidade máxima admissível e de seguida confirma-se se a perda de carga introduzida pela tubagem é inferior à perda de carga máxima admissível. Caso esta última condição não se verifique, aumenta-se para o diâmetro seguinte de tubagem, como consequência teremos novo valor para velocidade e perda de carga, que serão novamente confirmados da mesma forma que as dimensões anteriores, para este dimensionamento à que ter em conta a potência frigorífica envolvida em cada troço de tubagem. Toda a tubagem da instalação frigorífica deverá ser em cobre ou aço carbono, no caso dos túneis de ultracongelação.

Todas as válvulas a instalar serão do tipo de soldar de calibre semelhante à tubagem onde vão ser instaladas.

A tubagem fria, linha de aspiração, será isolada com mangas de espuma de neoprene e na instalação de amoníaco poliuretano injetado com forra mecânica de chapa de alumínio.

A instalação será dotada de equipamento necessário para atingir os seguintes níveis de automatismo:

- Manutenção automática da temperatura das câmaras frigoríficas dentro dos parâmetros previstos.
- Arranque e paragem automática dos compressores e ventiladores.
- Regulação automática de capacidade dos compressores e ventiladores.
- O quadro elétrico terá por finalidade o comando, proteção e controlo de todos os equipamentos elétricos da instalação.

O quadro elétrico será do tipo armário, construído em chapa de aço quinada, com tratamento contra a corrosão e acabamento com tinta de esmalte.

O painel sinóptico terá o esquema simplificado da instalação, onde estarão indicadas as operações das principais válvulas, o funcionamento dos compressores e avarias, ventiladores dos evaporadores e condensadores, abertura das portas e indicação do correto funcionamento dos compressores. As ligações elétricas serão realizadas por barramento de distribuição e por condutores de cobre isolados e montados em calhas apropriadas.

### 9.1.1. Compressores

O seguinte quadro apresenta os compressores considerados para os respectivos circuitos, tal como as suas características. No Anexo XI são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada compressor.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Fluido</b>	R404a	R404a	R404a
<b>Temperatura de evaporação</b>	- 10°C	- 45°C	- 35°C
<b>Temperatura de condensação</b>	+ 44°C	+ 35°C	+ 44°C
<b>Tipo</b>	Semi-hermético de parafuso	Semi-hermético de parafuso	Semi-hermético de parafuso
<b>Marca</b>	Bitzer	Grasso	Bitzer
<b>Modelo</b>	HSK 7461-80-40P	SR – S48S - 28	HSN 7471-75-40P
<b>Quantidade</b>	2 Compressores	2 Compressores	1 Compressores
<b>Potência frigorífica</b>	128,30 kW	256,00 kW	64,90 kW
<b>Potência absorvida</b>	61,80 kW	213,00 kW	60,30 kW

Tabela 9.5: Compressores selecionados para a solução a R404a.

Cada compressor terá as seguintes proteções e controlos:

- Pressostato de baixa pressão.
- Pressostato de alta pressão.
- Pressostato diferencial de óleo.
- Separador de óleo com válvula solenóide e termóstato de temperatura de óleo.
- Arrefecedor de óleo.
- Válvula de retenção na descarga do separador de óleo e válvulas de passagem na aspiração e descarga.
- Manómetros de aspiração, descarga e pressão de óleo.

### 9.1.2. Evaporadores

O seguinte quadro apresenta os evaporadores considerados para as respectivas câmaras frigoríficas, tal como as suas características. No Anexo XI são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada evaporador.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>			<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Temperatura de câmara</b>	MP	MAT	PACAB.BS	- 25 °C	- 35 °C
	0 °C	+ 4 °C	+ 4 °C		
<b>Tipo</b>	Cúbico	Cúbico	Cúbico	Túneis de arrefecimento e congelação	Cúbico
<b>Marca</b>	Centauro	Centauro	Centauro	Centauro	Centauro
<b>Modelo</b>	DDC/E 8S2/40	DDC/E 8P1/17	DD/E 7E4/14	BSUS/E 4702.2 XL	DXL/E 12P2/31
<b>Quantidade</b>	6	5	2	2 x 5	4
<b>Potência frigorífica</b>	28,57 kW	13,77 kW	11,54 kW	52 kW	15,45 kW
<b>ΔT</b>	5°C	6°C	6°C	5°C	5°C
<b>Número de ventiladores</b>	2 x 710 mm	1 x 560 mm	4 x 350 mm	3 x 800 mm	2 x 560 mm
<b>Caudal de ar</b>	23800 m <sup>3</sup> /h	10200 m <sup>3</sup> /h	7760 m <sup>3</sup> /h	74000 m <sup>3</sup> /h	19600 m <sup>3</sup> /h
<b>Projeção de ar</b>	34 m	27 m	16 m	n/d	30 m
<b>Espaçamento de alheta</b>	7,90 mm	7,90 mm	7 mm	10 x 20 mm	12 mm

Tabela 9.6: Evaporadores seleccionados para a solução a R404a.

### 9.1.3. Condensadores

O seguinte quadro apresenta os condensadores considerados para os respetivos circuitos, tal como as suas características. No Anexo XI são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada condensador.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Temperatura de condensação</b>	+44°C	+35°C	+44°C
<b>Temperatura de bolbo húmido</b>	-	24°C	-
<b>Marca</b>	Centauro	Baltimore	Centauro
<b>Modelo</b>	ACPD/M 880/560 T	VXC S328	ACI/E 463/218 T
<b>Quantidade</b>	1	1	1
<b>ΔT</b>	10 °C	-	10 °C
<b>Capacidade de rejeição</b>	374,78 kW	967,80 kW	146,06 kW
<b>Número de ventiladores</b>	8 x 800 mm	1	4 x 630 mm
<b>Área de permuta</b>	1227,20 m <sup>2</sup>	n/d	613,60 m <sup>2</sup>
<b>Caudal de ar</b>	164800 m <sup>3</sup> /h	96120 m <sup>3</sup> /h	56000 m <sup>3</sup> /h

Tabela 9.7: Condensadores selecionados para a solução a R404a.

Os condensadores serão equipados com pressostatos de baixa pressão para efetuar a regulação de ar dos ventiladores e válvulas de corte na entrada e saída.

#### 9.1.4. Depósito de líquido

O depósito de líquido deve ser capaz de reter a totalidade do fluido frigorífero contido no circuito frigorífico, equipado com um sistema de purga automática de ar e válvulas de segurança.

O seguinte quadro apresenta os depósitos de líquido considerados e as suas características.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Regime</b>	- 10 °C/+ 44 °C	- 45 °C/+ 35 °C	- 35 °C/+ 44 °C
<b>Tipo</b>	Vertical	Vertical	Vertical
<b>Marca</b>	Centauro	Bitzer	Centauro
<b>Modelo</b>	CRV - 300	FS5502	CRV - 150
<b>Quantidade</b>	1	1	1
<b>Volume</b>	300 dm <sup>3</sup>	550 dm <sup>3</sup>	150 dm <sup>3</sup>

Tabela 9.8: Depósitos de líquido selecionados para a solução a R404a.

No Anexo XI são apresentadas as fichas técnicas do depósitos de líquido selecionados.

## 9.2. Instalação frigorífica a R134a e R404a

Tal como na instalação frigorífica a R404a considerou-se três circuitos frigoríficos. A instalação mista a R134a e R404 é semelhante à instalação a R404a, nos três circuitos frigoríficos considerados apenas existe alteração dos equipamentos relativos ao circuito de refrigerados uma vez que os circuitos de baixa temperatura são iguais aos circuitos frigoríficos apresentados na instalação frigorífica a R404a.

Este facto deve-se à limitação do fluido frigorigéneo R134a de trabalhar em circuitos frigoríficos a baixas temperaturas. De grosso modo apenas é introduzido mais um compressor no circuito de refrigerados, uma vez que em relação ao R404a existe perda de capacidade na utilização do R134a.

O funcionamento deste tipo de instalação é igual ao funcionamento da instalação frigorífica a R404a, como tal apenas serão apresentados os equipamentos relativos a esta instalação frigorífica.

### 9.2.1. Compressores

O seguinte quadro apresenta os compressores considerados para os respetivos circuitos, tal como as suas características. No Anexo XII são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada compressor.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelção</b>	<b>Congelados</b>
<b>Fluido</b>	R134a	R404a	R404a
<b>Temperatura de evaporação</b>	-10°C	-45°C	-35°C
<b>Temperatura de condensação</b>	+44°C	+35°C	+44°C
<b>Tipo</b>	Semi-hermético de parafuso	Semi-hermético de parafuso	Semi-hermético de parafuso
<b>Marca</b>	Bitzer	Grasso	Bitzer
<b>Modelo</b>	HSK 8571-140-40P	SR – S48S - 28	HSN 7471-75-40P
<b>Quantidade</b>	2 Compressores	2 Compressores	2 Compressores
<b>Potência frigorífica</b>	141,40 kW	256,00 kW	64,90 kW
<b>Potência absorvida</b>	59,90 kW	213,00 kW	60,3 kW

Tabela 9.9: Compressores selecionados para a solução a R404a/R134a.

Cada compressor terá as seguintes proteções e controles:

- Pressostato de baixa pressão.
- Pressostato de alta pressão.
- Pressostato diferencial de óleo.
- Separador de óleo com válvula solenóide e termóstato de temperatura de óleo.
- Arrefecedor de óleo.
- Válvula de retenção na descarga do separador de óleo e válvulas de passagem na aspiração e descarga.
- Manômetros de aspiração, descarga e pressão de óleo.

## 9.2.2. Evaporadores

O seguinte quadro apresenta os evaporadores considerados para as respectivas câmaras frigoríficas, tal como as suas características. No Anexo XII são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada evaporador.

Circuito	Refrigerados			Ultracongelação	Congelados
	MP	MAT	PACAB.BS		
Temperatura de câmara	0°C	+4°C	+4°C	-25°C	-35°C
Tipo	Cúbico	Cúbico	Cúbico	Túneis de arrefecimento e congelação	Cúbico
Marca	Centauro	Centauro	Centauro	Centauro	Centauro
Modelo	DDC/E 8S2/40	DDC/E 8P1/17	DD/E 7E4/14	BSUS/E 4702.2 XL	DXL/E 12P2/31
Quantidade	6	5	2	2 x 5	4
Potência frigorífica	27,80 kW	13,49 kW	11,31 kW	52 kW	15,45 kW
$\Delta T$	6°C	6°C	6°C	5°C	5°C
Número de ventiladores	2 x 700 mm	1 x 560 mm	4	3 x 800 mm	2 x 560 mm
Caudal de ar	23800 m <sup>3</sup> /h	10200 m <sup>3</sup> /h	7760 m <sup>3</sup> /h	74000 m <sup>3</sup> /h	19600 m <sup>3</sup> /h

<b>Projeção de ar</b>	34 m	27 m	16 m	n/d	30 m
<b>Espaçamento de alheta</b>	7,90 mm	7,90 mm	7 mm	10 x 20 mm	12 mm

Tabela 9.10: Evaporadores selecionados para a solução a R404a/R134a.

### 9.2.3. Condensadores

O seguinte quadro apresenta os condensadores considerados para os respectivos circuitos, tal como as suas características. No Anexo XII são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada condensador.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelção</b>	<b>Congelados</b>
<b>Temperatura de condensação</b>	+44°C	+35°C	+44°C
<b>Temperatura de bolbo húmido</b>	-	24°C	-
<b>Marca</b>	Centauro	Baltimore	Centauro
<b>Modelo</b>	ACPD/M 880/560 T	VXC S328	ACI/E 463/218 T
<b>Quantidade</b>	1	1	1
<b><math>\Delta T</math></b>	10 °C	-	10 °C
<b>Capacidade de rejeição</b>	374,78 kW	967,80 kW	146,06 kW
<b>Número de ventiladores</b>	8 x 800 mm	1	4 x 630 mm
<b>Área de permuta</b>	1227,20 m <sup>2</sup>	-	613,60 m <sup>2</sup>
<b>Caudal de ar</b>	164800 m <sup>3</sup> /h	96120 m <sup>3</sup> /h	56000 m <sup>3</sup> /h

Tabela 9.11: Condensadores selecionados para a solução a R404a/R134a.

Os condensadores serão equipados com pressostatos de baixa pressão para efetuar a regulação de ar dos ventiladores e válvulas de corte na entrada e saída.

### 9.2.4. Depósito de líquido

O depósito de líquido deve ser capaz de reter a totalidade do fluido frigorífero contido no circuito frigorífico, equipado com um sistema de purga automática de ar e válvulas de segurança.

O seguinte quadro apresenta os depósitos de líquido considerados e as suas características.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Regime</b>	- 10 °C/+ 44 °C	- 45 °C/+ 35 °C	- 35 °C/+ 44 °C
<b>Tipo</b>	Vertical	Vertical	Vertical
<b>Marca</b>	Centauro	Bitzer	Centauro
<b>Modelo</b>	CRV - 250	FS5502	CRV - 150
<b>Quantidade</b>	1	1	1
<b>Volume</b>	250 dm <sup>3</sup>	550 dm <sup>3</sup>	150 dm <sup>3</sup>

Tabela 9.12: Depósitos de líquido selecionados para a solução a R404a/R134a.

No Anexo XII são apresentadas as fichas técnicas do depósitos de líquido selecionados.

### 9.3. Instalação frigorífica a NH<sub>3</sub>

De modo a podermos comparar as instalações frigoríficas a expansão direta e bombeamento de amoníaco em sistema inundado optou-se por considerar a existência dos mesmos três circuitos frigoríficos constituídos no sistema de expansão direta, no entanto, os três circuitos não serão independentes.

Tal como nos circuitos de expansão o circuito de refrigerados é comum a três câmaras frigoríficas, câmara frigorífica de receção de matéria-prima a 0°C, câmara frigorífica de maturação e câmara frigorífica de receção de produto acabado – bacalhau salgado seco a +4°C. Neste circuito considerou-se a instalação de seis evaporadores na câmara frigorífica de receção de matéria-prima, cinco evaporadores na câmara frigorífica de maturação e dois evaporadores na câmara frigorífica de receção de produto acabado – bacalhau salgado seco.

O circuito de refrigerados é também constituído por uma central de três compressores alternativos de pistão e por um condensador evaporativo.

O circuito de congelados é constituído pela câmara frigorífica de receção de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado. Neste circuito considerou-se a instalação de quatro evaporadores e uma central de dois compressores alternativos de pistão.

Relativamente à condensação do fluido frigorífero do circuito de congelados, esta será feita no separador intermédio do circuito de refrigerados. Desta forma evita-se que os compressores do circuito de congelados percorram uma larga gama de temperatura, ou seja, em vez de trabalhar num regime em que a temperatura de condensação seria de  $+35^{\circ}\text{C}$  e evaporação de  $-45^{\circ}\text{C}$  o compressor passa a trabalhar no regime de  $-10^{\circ}\text{C}$ . Assim evita-se que a vida útil dos compressores seja afetada. Quando se trabalha a baixas temperaturas de modo a evitar taxas de compressão elevadas deve considerar-se um sistema “*Booster*”. Desta forma considera-se que o circuito de congelados é implementado um sistema “*Booster*”, neste sistema os compressores que trabalham no estágio de baixa pressão do circuito frigorífico têm a sua descarga ligada na aspiração do compressor de alta pressão. Assim consegue-se reduzir sensivelmente a taxa de compressão resultando num aumento da vida útil dos compressores e menor consumo de energia.

O circuito de ultracongelação é constituído por cinco túneis de ultracongelação onde se considerou a instalação de dois evaporadores por túnel. Este circuito é também constituído por uma central compressores de parafuso e por um condensador evaporativo. Tal como nos circuitos frigoríficos de expansão direta optou-se por considerar a instalação de um compressor de reserva em todos os circuitos frigoríficos.

Nos circuitos frigoríficos de refrigerados e ultracongelação o compressor de reserva assegura metade da capacidade frigorífica necessária, no circuito de congelados o compressor de reserva assegura a capacidade total do circuito frigorífico.

Uma vez que os circuitos de refrigerados e congelados não são independentes optou-se por considerar apenas um único depósito de líquido e depósito termosifão que garante a alimentação do líquido ao arrefecedor de óleo. Para o circuito de ultracongelação foi também considerado um depósito de líquido e um depósito de termosifão.

Para permitir uma maior eficácia dos compressores de ultracongelção, considerou-se a instalação de economizador nos compressores deste circuito frigorífico. Desta forma é possível escolher modelos mais baixos de compressores uma vez que se aumenta a sua capacidade. Embora se trate de um circuito de baixas temperaturas, não se considerou a utilização de economizador no circuito de congelados uma vez que este já se encontra a trabalhar a descarregar no circuito de média.

Na seleção dos evaporadores teve-se em conta as áreas de permuta e os caudais de ar necessários para atingir as temperaturas e humidades relativas pretendidas. De forma a evitar zonas em que a circulação de ar não era efetuada de forma conveniente teve-se em conta a projeção de ar que cada evaporador possuía. O funcionamento dos evaporadores em regime inundado é comandado através de termostatos com bolbo localizado junto da aspiração dos evaporadores. Todos os evaporadores serão equipados com tubagem de recolha de água aquecida através de resistências elétricas de modo a evitar a congelação dos mesmos. O processo de descongelação dos evaporadores será efetuado através de gás quente.

Tendo em atenção o princípio base de que para assegurar um caudal de gás quente suficiente que permita a eficiente descongelação de 1 m<sup>2</sup> de superfície, deveremos ter pelo menos 3 m<sup>2</sup> a fazer frio <sup>[31]</sup>. Considerou-se o seguinte:

- Apenas descongela um evaporador de cada vez por câmara frigorífica.
- Os restantes evaporadores continuam a trabalhar enquanto se dá a descongelação de um evaporador.

Para este efeito é utilizado um relógio de descongelação que nos indica quando efetuar a descongelação, aproximadamente de 8 em 8 horas, será também utilizado um termostato de fim de descongelação ligado ao evaporador. Quando a temperatura da serpentina atinge os + 15 °C a + 20 °C, a descongelação está terminada e o termóstato fim de descongelação faz com que o ciclo de descongelação termine.

O relógio de descongelação provoca o fecho da electroválvula da linha de líquido, mantendo-se a aspiração e os ventiladores em funcionamento. Passados três ou quatro minutos os ventiladores param e fecha-se a electroválvula da aspiração, abrindo-se a electroválvula do gás quente e a resistência elétrica do esgoto. A tubagem do gás quente passa primeiro pelo tabuleiro, descongelando-o e só depois é que faz a sua entrada na zona de aspiração do evaporador.

O gás quente percorre a serpentina do evaporador, descongelando-o. Ao sair pela linha de líquido, vê-se obrigado a seguir o caminho da linha de retorno de condensados por encontrar uma válvula anti-retorno pela frente.

Na linha de condensados existe uma válvula de controlo de pressão que deixa passar o fluido resultante da descongelação a jusante com uma pressão mais baixa para o separador. Essa válvula permite-nos aumentar a pressão de descongelação do evaporador e, quando em ciclo normal, não deixa que nenhum líquido se escape por aquela linha.

Terminada a descongelação, a electroválvula de gás quente fecha, abrindo-se a electroválvula da aspiração para baixar a pressão no evaporador. Após algum tempo abre a electroválvula da linha de líquido. Apenas quando as serpentinas atingem uma temperatura perto da de funcionamento é que os ventiladores entram em funcionamento.

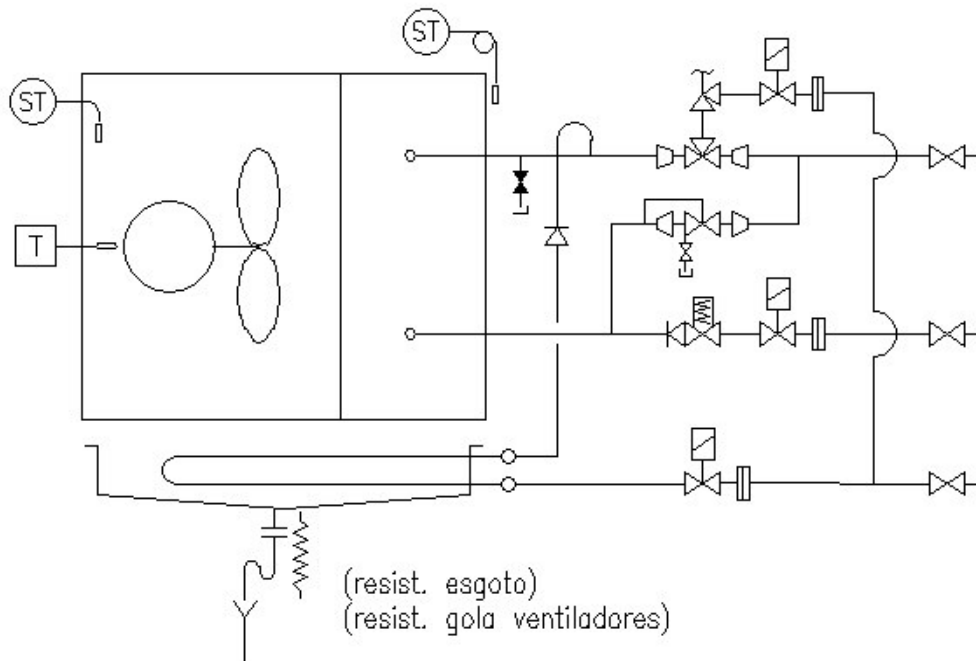
Nos evaporadores à que também ter em conta os órgãos de corte e de comando elétrico, as estações de válvulas consideradas têm a seguinte constituição:

- Uma electroválvula, por evaporador, para a admissão de  $\text{NH}_3$  líquido.
- Uma electroválvula, por evaporador, para saída de  $\text{NH}_3$ .
- Uma electroválvula, por cada evaporador, para admissão de gás quente para a descongelação do tabuleiro e bloco de serpentinas.
- Uma válvula de retenção na linha de líquido.
- Uma válvula de retenção na linha de gás quente.
- Uma válvula reguladora de pressão.

Um termóstato de câmara frigorífica, que em caso de temperatura alta, arranca os

ventiladores dos evaporadores e abre as electroválvulas de admissão e saída do amoníaco, em caso de temperatura baixa, pára os ventiladores dos evaporadores e fecha a electroválvula de admissão do amoníaco.

A seguinte figura apresenta uma estação de válvulas do circuito frigorífico.



Todos os separadores de líquido serão construídos em chapa de aço próprio para baixas temperaturas e dimensionados pra uma pressão de ensaio de 16 bar.

O separador de líquido possui sistemas de controlo de nível constituídos por boiadores em aço inoxidável e caixa eletrónica amplificadora com o objetivo de efetuarem as seguintes funções:

- Controlador do nível de trabalho alto no separador. Quando esse nível for atingido o controlador obrigará à paragem do compressor e dos outros componentes do respetivo circuito frigorífico, nomeadamente as bombas os ventiladores dos evaporadores e as electroválvulas.
- Controlador do nível de trabalho baixo. Em marcha normal se o nível no separador estiver alto a electroválvula, de admissão de líquido fecha e não se processa

expansão de líquido na válvula de expansão manual. Se o líquido baixar, a electroválvula abre e o líquido começa a expandir-se para o separador.

Além destes níveis de trabalho, o separador estará equipado com dois níveis segurança:

- Segurança superior para evitar um nível demasiado alto de  $\text{NH}_3$  que durante a ebulição origine gotas que poderão ser aspiradas pelos compressores de baixa pressão originando golpes de líquido que danificam as cabeças e válvulas.
- Um nível mínimo de segurança realizado por um pressostato diferencial que protege as bombas de líquido do separador de fenómenos de cavitação provocados por um decréscimo acentuado do nível originando um vortex que atinja as bombas.

As bombas serão dimensionadas para a capacidade necessária de modo a injetar líquido nos evaporadores e efetuar três recirculações.

Será apenas utilizada tubagem de circulação de amoníaco, em tubo de aço sem costura, dimensionada de modo a minimizar as perdas de carga nos diferentes circuitos.

As velocidades de escoamento do amoníaco nos diversos estados nas tubagens são apresentadas no seguinte quadro <sup>[31]</sup>.

<b>Tubagem</b>	<b>Velocidade (m/s)</b>
<b>Linha de aspiração seca (Separador/Compressor)</b>	10 -12
<b>Linha de aspiração húmida (Evaporador/Separador)</b>	6 – 8
<b>Linhas de líquido</b>	0,5 -1
<b>Linhas de descarga do compressor</b>	8 -10
<b>Linha de dreno (Condensador/Depósito líquido)</b>	0,5 -1

Tabela 9.13: Velocidades máximas admitidas para o cálculo de tubagens.

O isolamento de toda a tubagem e separadores de líquido deve ser efetuado através de poliuretano injetado revestido a chapa de alumínio.

A instalação será dotada de equipamento necessário para atingir os seguintes níveis de automatismo:

- Manutenção automática da temperatura das câmaras frigoríficas dentro dos parâmetros previstos.
- Arranque e paragem automática dos compressores e ventiladores.
- Regulação automática de capacidade dos compressores e ventiladores.
- O quadro elétrico terá por finalidade o comando, proteção e controlo de todos os equipamentos elétricos da instalação.

O quadro elétrico será do tipo armário, construído em chapa de aço quinada, com tratamento contra a corrosão e acabamento com tinta de esmalte.

O painel sinóptico terá o esquema simplificado da instalação, onde estarão indicadas as operações das principais válvulas, o funcionamento dos compressores e avarias, ventiladores dos evaporadores e condensadores, abertura das portas e indicação do correto funcionamento dos compressores.

As ligações elétricas serão realizadas por barramento de distribuição e por condutores de cobre isolados e montados em calhas apropriadas.

### **9.3.1. Compressores**

O seguinte quadro apresenta os compressores considerados para os respetivos circuitos, tal como as suas características. No Anexo XIII são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada compressor.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Fluido</b>	R717	R717	R717
<b>Temperatura de evaporação</b>	- 10 °C	- 45 °C	- 30 °C
<b>Temperatura de condensação</b>	+ 35 °C	+ 35 °C	- 10 °C
<b>Tipo</b>	Alternativo	Parafuso	Alternativo
<b>Marca</b>	Grasso	Grasso	Grasso
<b>Modelo</b>	V 450	TR-T55S-28	V 300
<b>Quantidade</b>	2 Compressores	2 Compressores	1 Compressores
<b>Potência frigorífica</b>	442,60 kW	211 kW	86,10 kW
<b>Potência absorvida</b>	121,60 kW	179 kW	13,80 kW

Tabela 9.14: Compressores selecionados para a solução a NH3.

Cada compressor terá as seguintes proteções e controles:

- Pressostato de baixa pressão.
- Pressostato de alta pressão.
- Pressostato diferencial de óleo.
- Separador de óleo com válvula solenóide e termóstato de temperatura de óleo.
- Válvula de retenção na descarga do separador de óleo e válvulas de passagem na aspiração e descarga.
- Manômetros de aspiração, descarga e pressão de óleo.

### 9.3.2. Evaporadores

O seguinte quadro apresenta os evaporadores considerados para as respectivas câmaras frigoríficas, tal como as suas características. No Anexo XIII são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada evaporador.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>			<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Temperatura de câmara</b>	MP	MAT	PACAB.BS	- 25 °C	- 35 °C
	0 °C	+ 4 °C	+ 4 °C		
<b>Tipo</b>	Cúbico	Cúbico	Cúbico	Túneis de arrefecimento e congelação	Cúbico

<b>Marca</b>	Centauro	Centauro	Centauro	Centauro	Centauro
<b>Modelo</b>	DDCI 4/24.541	DDCI 1/24.90	DDI 3/20.108	BSUIS 16.406	DDLI 2/24.147
<b>Quantidade</b>	3	5	2	2 x 5	4
<b>Potência frigorífica</b>	62,93 kW	14,49 kW	16,35 kW	47,96 kW	16,38 kW
<b><math>\Delta T</math></b>	6 °C	6 °C	6 °C	5 °C	5 °C
<b>Número de ventiladores</b>	4 x 600 mm	1 x 600 mm	3 x 500 mm	3 x 800 mm	2 x 600 mm
<b>Caudal de ar</b>	47600 m <sup>3</sup> /h	12800 m <sup>3</sup> /h	16700 m <sup>3</sup> /h	64000 m <sup>3</sup> /h	26100 m <sup>3</sup> /h
<b>Projeção de ar</b>	30 m	30 m	22 m	n/d	30 m

Tabela 9.15: Evaporadores selecionados para a solução a NH3.

### 9.3.3. Condensadores

O seguinte quadro apresenta os condensadores considerados para os respectivos circuitos, tal como as suas características. No Anexo XIII são apresentadas as fichas técnicas respetivas a cada condensador.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelação</b>
<b>Temperatura de condensação</b>	+35°C	+35°C
<b>Temperatura de bolbo húmido</b>	24°C	24°C
<b>Marca</b>	Baltimore	Baltimore
<b>Modelo</b>	VXC 185	VXC 250
<b>Quantidade</b>	1	1
<b>Capacidade de rejeição</b>	613,85 kW	829,23 kW
<b>Número de ventiladores</b>	1	1
<b>Área de permuta</b>	n/d	n/d
<b>Caudal de ar</b>	56160 m <sup>3</sup> /h	76320 m <sup>3</sup> /h

Tabela 9.16: Condensadores selecionados para a solução a NH3.

### 9.3.4. Separadores de líquido

O seguinte quadro apresenta os separadores de líquido selecionados.

<b>Circuito</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Ultracongelação</b>	<b>Congelados</b>
<b>Fluido</b>	R717	R717	R717
<b>Marca</b>	Tecnofrio	Tecnofrio	Tecnofrio
<b>Modelo</b>	800/2,5	1000/3,0	600/2,0
<b>Regime</b>	-10°C/+35°C	-45°C/+35°C	-35°C/-10°C
<b>Capacidade</b>	613 kW	559 kW	146 kW
<b>Volume</b>	1256 dm <sup>3</sup>	2356 dm <sup>3</sup>	565 dm <sup>3</sup>

Tabela 9.17: Separadores de líquido selecionados para a solução a NH<sub>3</sub>.

## 10. Conclusão

No que se refere a precauções de segurança podemos afirmar que são idênticas para as três soluções apresentadas. Em ambos os casos o manuseamento deste tipo de fluidos frigoríficos requer pessoal especializado e credenciado. Os fluidos frigoríficos R134a e R404a embora sejam uma mistura não tóxica em grandes quantidades podem tornar-se prejudiciais para a saúde, no entanto, o amoníaco requer cuidados especiais no seu manuseamento relativamente aos HFC's, devido a sua toxicidade e irritabilidade.

Podemos concluir que fugas de fluido frigorífico são de extrema importância nas instalações frigoríficas industriais devido as perdas de produto e consequências para a saúde que podem causar. Desta forma, podemos atribuir a mesma importância aos equipamentos de segurança e intervenções de manutenção preventiva, métodos que permitem combater de forma segura este tipo de avaria.

Relativamente aos custos com fluido frigorífico, podemos afirmar que as instalações com R404a e R134a são mais dispendiosas do que as instalações em que o amoníaco é o fluido frigorífico. Embora as quantidades de fluido frigorífico sejam superiores numa instalação frigorífica a amoníaco, devido ao sistema inundado, as instalações alimentadas com HFC's são mais caras do que com o amoníaco. Isto deve-se ao facto dos HFC's serem fluidos frigoríficos sintéticos e o amoníaco ser um fluido frigorífico natural, da mesma forma que, em caso de reposição de fluido frigorífico, o R404a e R134a requerem a sua substituição na totalidade, a concentração dos seus constituintes deixará de ser a mesma em caso de fuga, o mesmo não acontece com o amoníaco.

Em termos ambientais podemos afirmar que o R404a e o R134a são prejudiciais para o meio ambiente, enquanto que o amoníaco não apresenta esta desvantagem.

A seguinte tabela, retirada do manual da ASHRAE Fundamentals (2009) foi elaborada a partir de valores teóricos calculados num regime de  $-15^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$ , para uma tonelada de refrigeração.

<b>Fluido frigorígeno</b>	<b>R404a</b>	<b>R134a</b>	<b>R717</b>
<b>Pressão no evaporador (MPa)</b>	0,365	0,163	0,235
<b>Pressão no condensador (MPa)</b>	1,42	0,767	1,62
<b>Rácio de compressão</b>	3,89	4,79	4,94
<b>Efeito refrigerante útil (KJ/Kg)</b>	114,15	148,03	1103,10
<b>Caudal (g/s)</b>	8,75	6,71	0,90
<b>Caudal de líquido (l/s)</b>	0,0086	0,0056	0,0015
<b>Volume específico dos gases de sucção (m<sup>3</sup>/kg)</b>	0,0537	0,1214	0,5117
<b>Vazão do compressor (l/s)</b>	0,470	0,814	0,463
<b>Potência consumida (kW)</b>	0,237	0,216	,021
<b>COP</b>	4,21	4,6	4,76
<b>Temperatura de descarga do compressor (°C)</b>	309	310	372

Tabela 10.1: Comparação do desempenho energético dos fluidos frigorígenos.

Como é possível observar, os consumos energéticos são mais elevados nos HFC's, R404a e o R134a, resultando num COP superior para o sistema frigorífico de amoníaco. Os caudais dos compressores também são significativamente superiores nos compressores de R404a e o R134a. No entanto, à que ter em conta esta comparação é feita para sistemas de refrigeração iguais para todos os fluidos, o quer na realidade não acontece, devido as características do fluido frigorígeno.

Para uma análise dos consumos de energia relativos a cada circuito considerou-se o seguinte horário de média tensão.

<b>Horário</b>	<b>Tipo de horas</b>	<b>Custo</b>
<b>00h00 – 02h00</b>	<b>Vazio</b>	0,0708 €/kW
<b>02h00 – 06h00</b>	<b>Supervazio</b>	0,0604 €/kW
<b>06h00 – 08h00</b>	<b>Vazio</b>	0,0708 €/kW
<b>08h00 – 09h30</b>	<b>Cheia</b>	0,1004 €/kW
<b>09h30 – 11h30</b>	<b>Ponta</b>	0,1287 €/kW
<b>11h30 – 19h00</b>	<b>Cheia</b>	0,1004 €/kW
<b>19h00 – 21h00</b>	<b>Ponta</b>	0,1287 €/kW
<b>21h00 – 22h00</b>	<b>Cheia</b>	0,1004 €/kW
<b>22h00 – 24h00</b>	<b>Vazio</b>	0,0708 €/kW

Tabela 10.2: Horário/Custo de Média Tensão.

De seguida é apresentada uma figura que reflete as horas de funcionamento de compressores, condensadores, resistências de descongelação e ventiladores dos evaporadores.

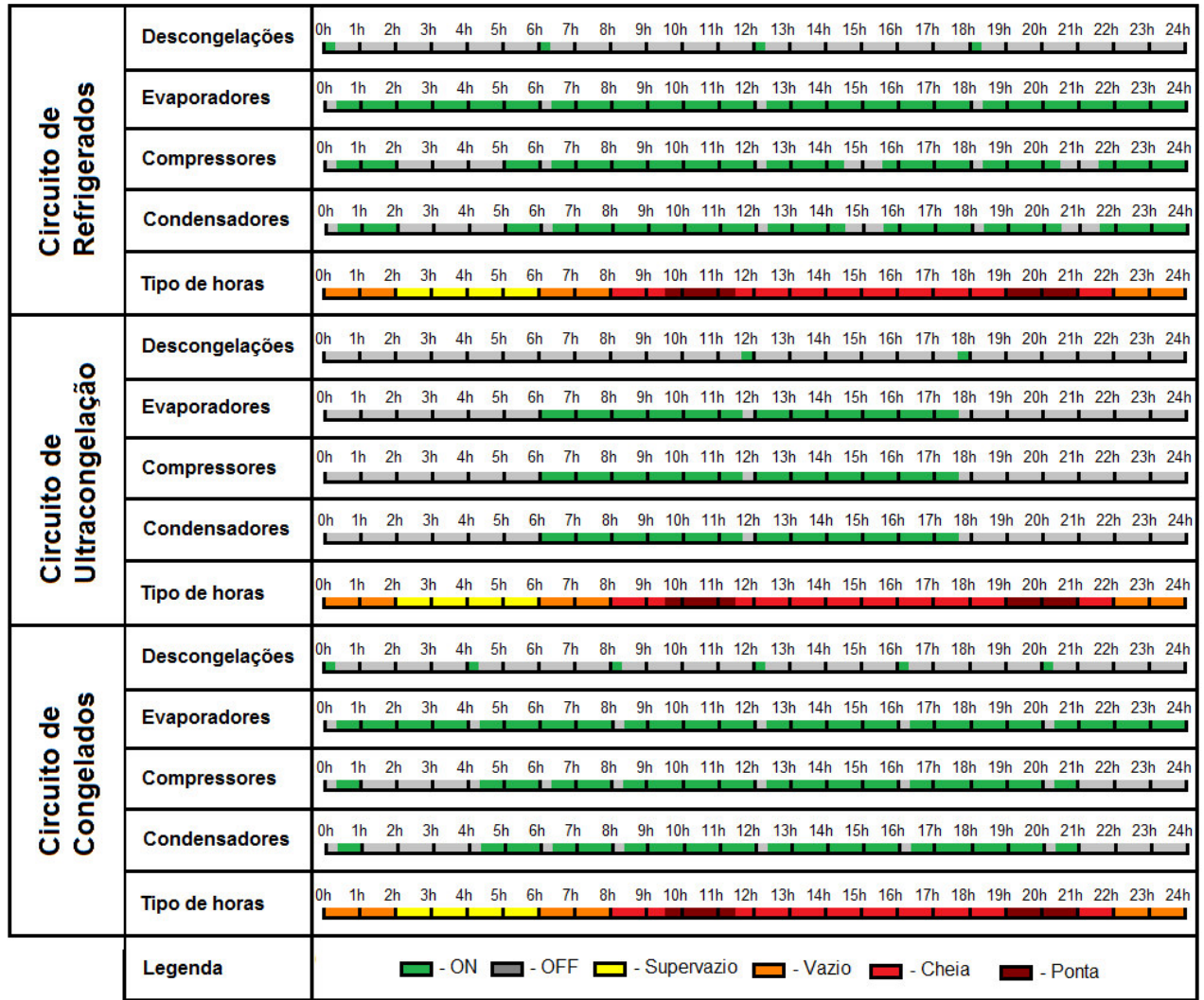


Figura 10.1: Horas de funcionamento de consumidores por circuito.

No Anexo XV são apresentados os cálculos que nos permitiram obter o custo de cada solução num período de um mês, o seguinte quadro apresenta um resumo dos resultados obtidos.

<b>Circuito</b>	<b>R404a</b>		<b>R134a</b>		<b>NH3</b>	
<b>Refrigerados</b>	346,48 €	10394,40 €	548,50 €	16455 €	315,60 €	9468 €
<b>Ultracongelação</b>	487,64 €	14629,20 €	487,64 €	14629,20 €	473,95 €	14218,50 €
<b>Congelados</b>	154,73€	4641,90 €	154,73 €	4641,90 €	85,31 €	2559,30 €
		<b>29665,50 €</b>		<b>35726,10 €</b>		<b>26245,80 €</b>

Tabela 10.3: Custos energéticos mensais por circuito.

Em termos energéticos podemos concluir que a solução de amoníaco é a que menos consome e como consequência mais barata se torna, isto deve-se ao facto de os motores elétricos dos compressores de amoníaco serem mais eficientes que os motores dos compressores das soluções de R404a e o R134a.

Relativamente aos fundamentos termodinâmicos podemos afirmar que os caudais volumétricos calculados são sempre inferiores aos caudais volumétricos apresentados pelos fabricantes, isto deve-se ao facto de nos cálculos efetuados se ter considerado sistemas ideais, o que não acontece na realidade., onde existe perdas de carga e atrito no funcionamento dos compressores.

Podemos por último concluir que para instalações frigoríficas industriais o amoníaco é a melhor solução, embora acarrete elevados custos de instalação, no entanto, estes valores serão rapidamente compensados com a eficiência energética deste tipo de sistema.

Todos os objetivos a que nos propusermos no inicio foram alcançados com a conclusão do presente trabalho de projeto.

## 11. Bibliografia

- 1 - Reis, C. S. (1991). Enciclopédia temática Portugal Moderno – Agricultura e Pescas. Editora Pomos, Lisboa, pp. 192-193.
- 2 - Oehlenschläger, J. (1997). Marine fish – A source for essential elements?! In: J.B. Luten, T. Børresen, J. Oehlenschläger (Eds.), Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality, Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 641-651.
- 3 - Decreto-Lei nº 25/2005, de 28 de Janeiro. Diário da República, I Série-A, n.º 20: 696-703.
- 4 - Nunes, M. L., Bandarra, N. M., Batista, I. (2003). Fish products: contribution for a healthy food. Electronic Journal of Environmental Agriculture Food Chemistry, ISSN, 1579-4377: 453-457.
- 5 - Nunes, M. L., Batista, I., Bandarra, N., Morais, M. G., Rodrigues, P. O., (2008). Produtos da pesca: valor nutricional e importância para a saúde e bem-estar dos consumidores. Publicações Avulsas do IPIMAR, Lisboa, 77 p.
- 6 - INE (2010). [www.ine.pt](http://www.ine.pt). (consultado em Dezembro de 2012)
- 7 - DGPA (2007). Plano estratégico nacional para a pesca 2007-2013. MADRP – Direcção Geral das Pescas e Aquicultura. Lisboa, 84 p.
- 8 - DGPA (2007). Programa operacional pesca 2007-2013. Direcção Geral das Pescas e Aquicultura, 98 p.
- 9 - Vicente, D. N. S. (1997) A Fileira das Pescas Portuguesas, em [http://www2.uninova.pt/MARHE/duarte\\_nuno.html](http://www2.uninova.pt/MARHE/duarte_nuno.html) (consultado em Dezembro).
- 10 – Riberalves – 25 Anos – Riberalves S.A.

- 11 - Manso F., Cruz O., (1984). A epopeia dos Bacalhaus. DistriEditora, Porto, 111 p.
- 12 - Magalhães, J. R. (2001). Terra Nova - Terra do bacalhau. Comissão Nacional das Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, 53 p.
- 13 – Instituto Nacional do Frio.
- 14 – Santos, F. (2008). Instalações frigoríficas. Lisboa. ISEL.
- 15 - Rebocho, N. (1989). O pescado na cozinha portuguesa – salgados, escorchados e alimados. Pesca e Navegação, 95: 56-57.
- 16 - Botelho, A. T. (1956). Efeito bioquímico do sal na conservação do peixe. Conservas de peixe. 141: pp. 17, 23, 29.
- 17 - Klaveren, F. W., Legendre, R. (1965). Salted Cod. In: G.Borgstrom (Ed.), Fish as food – Vol III, Academic Press, Nova Iorque, pp. 133–163.
- 18 - Batista, I., Nunes, M. L. (1993). Salga e seca de peixe – Um guia prático. Instituto Nacional de Investigação das Pescas, Lisboa, 35 p.
- 19 – Batista, I., Nunes, M. L. (1992). O Pescado – Manuseamento e Conservação em Refrigerado. Escola Portuguesa de Pesca, Lisboa, 87 p.
- 20 – Nunes, M. L., Bandarra, N. M., Batista, I. (2003). Fish products: contribution for a healthy food. Electronic Journal of Environmental Agriculture Food Chemistry, ISSN, 1579-4377: 453-457.
- 21 – Pedro, S., Rodrigues, M. J., Nunes, M. L., Albuquerque, M. M., Baptista, I. (2002). Bacalhau: Qualidade e Inovação Tecnológica. In: F. Ruano, F. Cardador, I. Batista, M. Falcão, T. Monteiro, V. Henriques (Eds.), Produtos da Pesca - Qualidade, Segurança e Inovação Tecnológica. Actas da Jornadas Técnicas e Científicas do IPIMAR. Publicações Avulsas do IPIMAR, pp. 49-58.

22 - American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2006). ASHRAE Handbook – Refrigeration.

23 - NF EN 378-1 (2000). Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d’environnement – Partie 1: Exigences de base, définitions, classification et critères de choix. AFNOR. 54 p.

24 – Guerra, A. (2010). Refrigeração. Lisboa. ISEL.

25 – WIKIPÉDIA

26 – Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril. Diário da República, SÉRIE A. Nº 67 — 4 de Abril de 2006.

27 – Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2013)

28 – [www.aveiro.eu](http://www.aveiro.eu)

29 - American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2009). ASHRAE Handbook – Refrigeration.

30 - Koelet, P. (1992). Industrial refrigeration – Principles, Design and Applications. Marcel Dekker, Inc. 429 p.

31 - Stoecker, W. (1998). Industrial Refrigeration Handbook. 1ªed. MacGraw-Hill. P. 93-336.

32 - EN 378-3 (2008). Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements - Part 3: Installation site and personal protection. European Committee for Standardization. Bruxelas. 20 p.

33 - NP EN 378-4 (2010). Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental Parte 4: Funcionamento, manutenção, reparação e

recuperação do fluido. Instituto Português da Qualidade, APIRAC. Lisboa. 28 p.

34 - International Institute of Ammonia Refrigeration. [2000]. Ammonia: the Natural Refrigerant of Choice. 15 p.

## **12. Anexos**

# **Anexo I - Bacalhau**

## **I.1. Pesca do bacalhau pelos Portugueses**

A história do “fiel amigo”, alcunha atribuída carinhosamente pelos Portugueses, está ligada à época dos descobrimentos Portugueses. Durante esta época começa a ser conhecida a Terra dos Bacalhaus, nome atribuído à zona da Terra Nova, onde este peixe é abundante <sup>[11]</sup>. É a partir desta altura que se começa a assistir ao enraizamento do bacalhau nos hábitos alimentares dos Portugueses <sup>[11]</sup>.

Muitas vezes referida como “Faina maior”, a pesca do bacalhau é pela primeira vez referenciada em 1353, data na qual foi celebrado o primeiro acordo acerca da pesca dos Portugueses no Atlântico Norte, realizado entre D. Pedro I e Edward II de Inglaterra, este acordo tinha como objetivo estabelecer as condições de pesca na costa Inglesa por um período de 50 anos, sendo a moeda e troca o vinho verde de Viana. Deste modo, e com a necessidade de assumir um acordo deste género, podemos presumir que esta atividade já se realizava há algum tempo.

Já desde o século XII que existem registos de que o povo escandinavo, Vikings, povo ao qual se atribui o início desta pesca, utilizava Portugal para abastecer a sua reserva de sal, e que Portugal desenvolveu relações com os povos nórdicos, tendo-se mesmo realizado casamentos de princesas Portuguesas com príncipes da Dinamarca e Holanda, no entanto, não surgem nestes registos relatos sobre a pesca do bacalhau. A partir do século XV começam a surgir vários documentos sobre a pesca dos Portugueses no Atlântico Norte, bem como referência a colónias de pescadores de Viana do Minho e de Aveiro na Terra Nova. A pesca do bacalhau era muitas vezes descrita como uma faina sazonal muito dura, em que estavam implicadas muitas comunidades piscatórias da costa Portuguesa. Uma história de gosto alimentar, de recursos, de modos de vida, de cultura <sup>[13]</sup>.

Estas colónias correspondem a um tipo de pesca sedentária, em que os navios de maior porte ficavam em terra e os barcos pequenos saíam para a faina. Relatos sobre estas colónias apenas voltam a surgir no período de 1520 a 1525. É portanto bastante antiga em

Portugal a atividade da pesca do bacalhau. Há a certeza de que em 1504 já pescadores Portugueses iam a Terra Nova.

D. Manuel, por Alvará de 14 de Outubro de 1506, mandou cobrar o dízimo da pesca da Terra Nova nos portos de Aveiro e Minho. No reinado de D. Manuel, Aveiro foi o porto Português que mais naus enviou à pesca do bacalhau, possuindo os pescadores desta cidade 150 embarcações próprias para esta pesca <sup>[33]</sup>.

No reinado de D. João III o bacalhau tornou-se um valioso artigo de comércio, tendo sido organizadas frotas para a sua captura, estabelecidos direitos alfandegários e redigidos regulamentos para o seu comércio <sup>[13]</sup>.

Até ao reinado de D. Sebastião a atividade pesqueira aumentou, aquando a sua morte e consequente ocupação Filipina houve um retrocesso na atividade pesqueira em Portugal, todos os navios com capacidade de enfrentarem o mar alto seriam requisitados para a “Invencível Armada” de Filipe II. Como consequência, em 1624 ainda não existia em nenhum dos portos Portugueses navios para a pesca do bacalhau.

A partir de 1640, com Portugal dependente de ajudas financeiras do exterior, era importado de Inglaterra quase todo o bacalhau consumido em Portugal, aumentando significativamente o seu preço.

No entanto, foram tomadas uma série de medidas para incrementar a pesca do bacalhau e incentivar os homens a exercer esta atividade, D. Maria isentava durante dez anos todo o peixe capturado, com exceção da sardinha. Nenhuma das medidas implementadas teve resultado, a juntar ao predomínio económico Inglês, continuava a existir a necessidade de importar grandes quantidades de bacalhau.

Só a partir de 1830, e depois de um interregno de cerca de dois séculos, Portugal deixou de depender na totalidade do bacalhau importado, pois através de um Decreto de 6 de Novembro é abolido o pagamento da dízima, ou seja, o bacalhau deixa de ser tributado em função da quantidade pescada, passando a ser paga uma licença anual e respetivos emolumentos, favorecendo desta forma navios maiores.

Em 1835 surge em Portugal a Companhia de Pescarias Lisbonense, que se prepara para reatar a “Faina Maior”. Em 1948 envia aos bancos da Terra Nova 19 navios de pesca <sup>[13]</sup>.

Embora pioneira no relançamento da pesca do bacalhau, a Companhia de Pescarias Lisbonense acabaria por falir sendo este lugar ocupado pelos armadores “Bensaúde & Companhia” e “Mariano & Irmãos”, companhias estas que irão deter o monopólio deste tipo de pesca até ao século XX.

Em 1886, é instaurado um imposto fiscal, 6 %, mas apenas para navios novos, isentando os navios já existentes. Com este imposto o bacalhau importado era mais barato que o bacalhau Português não existindo então condições para que o negócio prosperasse para os pescadores Portugueses.

Com a Carta de Lei de 1901, existe novamente uma redução da tributação do bacalhau pescado em qualquer navio Português, o que faz com que as embarcações começassem a aumentar novamente, embora Portugal continuasse dependente de importações, apenas pescava 10 % do que consumia.

Em 1911, foram 34 navios aos bancos, mas a pesca decaiu com a I Grande Guerra. Contudo, em 1922, já havia 62 navios nesta atividade. Eram navios em madeira de propulsão à vela, com armações diversas, construídos essencialmente nos estaleiros da Figueira da Foz, Aveiro e Viana do Castelo <sup>[13]</sup>. Dois anos depois, em 1924, o número de navios aumenta para 65 <sup>[33]</sup>.

Com a instauração do Estado Novo, surge a primeira medida sobre a pesca do bacalhau. O Decreto – Lei 13.441, foi fundamental para a organização corporativa da indústria bacalhadeira, entre outras medidas estavam incluídas neste decreto a diminuição da carga fiscal, com uma taxa única aplicada sobre o pescado, a isenção de contribuições e impostos sobre o capital investido na pesca, a criação de uma sociedade mista para segurar os navios e equipamentos, empréstimos bonificados para a construção de novos navios e a isenção do serviço militar para os pescadores após a sexta campanha. Estava também prevista a criação de uma base de apoio e secagem nos Açores.

Em 1930, derivado à escassez do bacalhau, os navios bacalhoeiros começaram a aventurar-se nos bancos de pesca mais perigosos da Gronelândia, provocando o

afastamento de uma grande parte dos pescadores devido ao excessivo perigo existente neste tipo de pesca.

A partir de 1932 começa a surgir uma frota mais modernizada, os veleiros passam a ter motor, câmaras frigoríficas e possuíam aparelhos mais sofisticados para a pesca do bacalhau, os arrastões. Até à data a pesca do bacalhau era praticada a partir dos dóris, pequenas embarcações de fundo chato e tabuado que se afastavam do navio-mãe com um homem que pescava à linha e que regressava quando tivesse o dóri cheio. No entanto, este tipo de pesca começou a colocar em causa as populações de bacalhau nos locais de pesca <sup>[34]</sup>.

Entretanto, foram editados uma série de decretos em benefício da pesca do bacalhau e em 1934 já existiam 4 arrastões. Em 1950, foi ratificada por Portugal a Convecção das Pescarias do Noroeste Atlântico o que provocou a redução da área de pesca da frota portuguesa.

Na década de 50 o Governo proíbe a construção de novos arrastões, apenas sendo permitida para substituir arrastões afundados, mas a partir de 1960 decide transformar 15 dos navios de pesca à linha em arrastões e a construção de novos navios, permitindo que a produção de bacalhau aumentasse. No entanto, o Estado é que subsidiava a indústria bacalhoeira, mas em 1967 altera-se o regime protecionista e liberaliza-se o comércio do bacalhau. Sem tabelamento, com as importações liberalizadas, sem os armazenistas serem obrigados a comprar aos armadores nacionais, as importações aumentam e a produção nacional diminui.

O alargamento das águas territoriais dos países nórdicos, a produção de alguns países a zonas de pesca, a reclamação feita pela Islândia das suas cotas, assim como uma forte concorrência e a diminuição de *stocks* de bacalhau levaram à decadência da pesca Portuguesa.

Em 1974, apenas 3 navios continuavam na pesca do bacalhau, 2 anos a seguir é aprovado o Alargamento das ZEE permitindo que os países europeus alargassem as suas zonas de pesca.

A partir de 1986, com a adesão à UE, Portugal ficou sujeito a regras comuns impostas pela UE, e de acordo com essas regras Portugal começava a estar sujeito a um valor anual fixo de capturas. Até aos dias de hoje, tanto capturas como embarcações foram diminuindo.

Na atualidade, Portugal importa uma grande parte de todo o bacalhau consumido. A diminuição da frota pesqueira, que necessitava ser renovada e apetrechada para a transformação e congelação do pescado, o declínio do comércio marítimo, a submissão às cotas atribuídas pela UE, a forte concorrência com as frotas de outros países que viram alargadas as suas ZEE e incluídos nessa zona os locais onde as frotas Portuguesas costumavam pescar, não favorece a atividade piscatória e transforma os pescadores num grupo social em vias de desaparecimento. No entanto, embora quase inexistente a atividade piscatória do bacalhau em Portugal, existem uma série de indústrias transformadoras no nosso País.

Segundo o INE, em 1999, já só havia trezentos e trinta pescadores matriculados na pesca do bacalhau.

O enraizamento do bacalhau nos hábitos alimentares dos Portugueses que refira-se, se mantem ate aos dias de hoje, começou, como já foi referido anteriormente, nos séculos XV/XVI. Até aos nossos dias decorrem já cinco seculos em que o povo Português nunca prescindiu do “fiel amigo”, pescado por pescadores nos mares longínquos e frios da Terra Nova e Gronelândia, com inauditos sacrifícios, ou importado a peso de ouro por firmas estrangeiras <sup>[11]</sup>.

## **I.2. Descrição anatómica**

O bacalhau é um animal simétrico e o seu corpo não é totalmente opaco, comunica através de sons, sendo que uns servem para atrair fêmeas e outros para manter à distância machos rivais. O seu corpo é robusto e ligeiramente achatado de lado, tornando-se cada vez mais

fino em direção á cauda. A sua cabeça atinge ¼ do comprimento total de um peixe. É um peixe osteíctio, dotado de esqueleto.

A boca é larga, com o ângulo do maxilar rasgado atingindo a parte anterior do olho. O maxilar superior é mais saliente que o inferior e este com um grande barbilho mentoniano provido de células sensoriais. A barbatana dorsal é formada por três lobos distintos situados por baixo da segunda e terceira dorsais. As barabatanas dorsais são curtas <sup>[11]</sup>.



Figura I.1.: Gadus morhua – Ver autor de tese sobre secagem

O corpo do bacalhau apresenta uma coloração verde azeitona claro ou acastanhado, frequentemente com numerosas manchas negras arredondadas, coloração que pode adaptar-se ao ambiente em que vive. A linha lateral é sempre mais clara, característica que distingue o bacalhau dos outros gadídeos <sup>[11]</sup>.

O bacalhau é um peixe salgado, é nutritivo, saboroso, de fácil digestão, rico em minerais e vitaminas, e com colesterol quase nulo.

Na seguinte tabela apresentam-se os nutrientes presentes em 100 g de bacalhau.

<b>Nutrientes por 100 g de bacalhau</b>	
Proteína	38 g
Gordura	1 g
Cálcio	60 mg
Ferro	1,6 mg
Vitamina B: Tiamina	0,01mg

Riboflavina	0,20 mg
Niacina	2,4 mg
Porção comestível	85%
Água	40 g
Energia	160/170 Kcal/Kg

Tabela I.1.: Nutrientes presentes em 100 g de bacalhau.

### I.3. Classificação taxonómica

A taxonomia do bacalhau é complexa e são várias as espécies e subespécies descritas, mas de uma maneira geral os estudos de biologia e esforço de pesca aplicados ao bacalhau referem-se ao bacalhau do Atlântico Norte – *Gadus Morhua*, cuja classificação é a seguinte:

<b>Filo</b>	Chordta
<b>Sub-filo</b>	Vertebrata
<b>Ramo</b>	Gnathostomata
<b>Superclasse</b>	Osteichthyes
<b>Série</b>	Achoamichthyes
<b>Classe</b>	Actinopterygii
<b>Subclasse</b>	Teleostei
<b>Ordem</b>	Gadiformes
<b>Família</b>	Gadidae
<b>Subfamília</b>	Gadini
<b>Género</b>	Gadus (Linnaeus 1758)
<b>Espécie</b>	Gadus morhua (Linnaeus 1758)

Tabela I.2.: Taxonomia do bacalhau

## Anexo II – Deteorização de pescado

Uma vez que se trata de um trabalho de projeto em que se aborda o tema da conservação de pescado, optou-se por dedicar este anexo às características que definem o estado em que o pescado se encontra, ou fresco, e próprio para consumo, ou em início de deteiorização, ou seja, em que os métodos de conservação não foram efetuados de forma correta. A seguinte tabela apresenta estas características.

<b>Itens</b>	<b>Pescado fresco</b>	<b>Pescado em deteiorização</b>
<b>Cheiro</b>	Leve e agradável. Cheiro de capim aquático ou às vezes de barro.	Forte, desagradável, ácido amoniacal ou pútrido.
<b>Aparência geral</b>	Luzente, metálica com reflexo e superfície lisa.	Fosco, sem brilho e sem reflexo.
<b>Corpo</b>	Rígido, arqueado.	Mole.
<b>Consistência</b>	Firme e elástica, sujeita à pressão dos dedos não deixa marcas.	Mole, sujeita à pressão dos dedos deixa marcas.
<b>Carne</b>	Firme, branca ou cor-de-rosa com reflexo marcante.	Friável, músculos azulados ou amarelos.
<b>Secreção</b>	Não existem secreções.	Presente e viscosas.
<b>Escamas</b>	Aderentes à pele, brilhantes.	Levantadas, afastando-se facilmente ao contacto.
<b>Pele</b>	Rosa, bem estendida e colorida.	Com rugas, descolorada e rasgável.
<b>Olho</b>	Claro, brilhante, convexo, transparente, sem manchas na íris, ocupando completamente as orbitas.	Vidroso, opaco, côncavo, com manchas na íris.

<b>Brânquias</b>	Róseas ou vermelhas, húmida e brilhante com odor suave.	Cinzentas ou cor de chumbo, secas.
<b>Barriga</b>	Normal, sem manchas, com relativo brilho metálico.	Mole ou deformado, às vezes inchada.
<b>Ânus</b>	Hermeticamente fechado.	Aberto quase sempre proeminente.
<b>Vísceras</b>	Rasa, limpas, luzentes, perfeitamente diferenciadas, peritónio aderente.	Deprimidas ou inchadas, cor de vinho, peritónio frágil.
<b>Costelas e coluna vertebral</b>	Aderentes, não podem ser separadas da caixa torácica, nem dos músculos.	Levantadas, separam-se facilmente dos músculos.

Tabela II.1.: Características do estado de conservação de pescado.

Relativamente ao bacalhau salgado seco existem algumas características que nos permitem identificar quando o produto não se encontra nas melhores condições de conservação.

## **Bolor**

Este tipo de deteriorização é causado pelo excesso de humidade ou calor excessivo.



Figura II.1.: Bolor – Característica de deteriorização de bacalhau

## Vermelhão

Resulta de condições de armazenagem efetuadas de forma incorreta, com conseqüente perda e ganho de humidade ou calor excessivo. Indica o desenvolvimento da bactéria *Halloccoccus*.



Figura II.2.: Vermelhão – Característica de deteriorização de bacalhau (2)

## **Anexo III – HACCP**

### **III.1. Condições higio-sanitárias e implementação do HACCP de acordo com regulamentos comunitários**

#### **III.1.1. Condições higio-sanitárias**

Para que os operadores de alimentos possam realizar o seu trabalho nas melhores condições de higiene, é necessário que as instalações possuam requisitos. Tais como um correto estado de conservação de modo a permitirem um bom nível de higiene. As instalações devem ser projetadas para que os alimentos, materiais e trabalhadores circulem ordenadamente, sem existir risco de cruzamento de diferentes etapas de modo a evitar contaminação cruzada.

As instalações de um entreposto frigorífico devem ser construídas e dimensionadas de forma a não permitir a acumulação de sujidade.

Os pavimentos, tecos e paredes devem ser mantidos em bom estado de conservação e limpos. Na escolha do material que os constitui deve ter-se em conta as seguintes propriedades, ser resistente, impermeável, durável, antiderrapante, não absorvente, não tóxico e de fácil lavagem e desinfeção, esta deve acontecer sempre que se justifique.

Todos os trabalhadores devem se apresentar nas áreas de trabalho devidamente uniformizados, com vestuário e calçado próprio para baixas temperaturas.

As portas e janelas deverão ser constituídas em materiais adequados que permitam a sua limpeza, desinfeção e bom estado de conservação. A largura das portas deve ser suficiente para permitir a circulação de pessoas e mercadorias. As portas das câmaras frigoríficas devem ter abertura automática, abertura interior, luzes e sirene de sinalização. A abertura

das portas de cais só deve ser efetuada quando os motores dos camiões isotérmicos estiverem desligados.

As instalações sanitárias devem ser obrigatoriamente separadas por sexos e ser dotadas de ventilação com contínua renovação de ar. O material da sua construção deve ser impermeável até pelo menos 1,50 metros de altura. Devem existir em número suficiente e ser separadas, não devendo dar acesso direto às zonas de movimentação e transformação de produtos alimentares. Na antecâmara de ligação às zonas de trabalho deve existir um equipamento de lavagem de mãos, bem como em toda a instalação, em número suficiente para todos os trabalhadores. Devem ser localizados e sinalizados, junto destes deve existir um dispositivo de secagem e sabonete bactericida.

A instalação deve possuir sistema de ventilação adequado de forma a evitar a entrada de ar contaminado.

O entreposto frigorífico deve dispor de iluminação, natural ou artificial adequada, uma boa iluminação permite um melhor exame visual. Todas as lâmpadas e instalações de iluminação interior têm de possuir uma armadura de proteção para evitar que contaminem os alimentos quando estas se partem.

A instalação deve possuir água canalizada potável e sempre que necessário devem ser instalados ralos de escoamento. Caso seja utilizada água não potável o seu sistema de abastecimento deve ser independente do sistema de água potável.

De forma a reduzir riscos de contaminação, todos os equipamentos devem ser fabricados com materiais adequados e mantidos em boas condições de arrumação e conservação.

O transporte tem de ser efetuado com todos os cuidados de higiene, respeitando as temperaturas adequadas, de modo a evitar contaminação e alteração dos alimentos. Devem ser de material liso, fácil limpeza e desinfeção, e resistentes à corrosão. Os empilhadores devem ser elétricos e não libertar qualquer gás contaminante.

Deve garantir-se que não existe contacto entre produtos tóxicos e a matéria-prima, estes devem ser mantidos em sala fechada e devidamente ventilada, o mesmo deve acontecer para os produtos de limpeza e desinfeção.

As operações de limpeza e manutenção devem ser efetuadas de forma adequada e sempre que necessário.

Todos os trabalhadores devem receber formação em matéria de higiene e cumprir toda a regulamentação sobre sinalização de segurança.

### **III.1.2. Legislação e regulamentos comunitários aplicáveis**

As principais normas e regulamentos que se aplicam ao funcionamento de um entreposto frigorífico para produtos de origem animal são as seguintes:

- Regulamento (Comissão Europeia) n.º 852/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 relativo à higiene dos géneros alimentícios;
- Regulamento (CE) n.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal;
- Regulamento (CE) n.º 854/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 que estabelece regras de organização dos controlos oficiais de produtos de origem animal destinados ao consumo humano;
- DL n.º 67/98 (HACCP);
- DL n.º 113/2006 de 12 de Junho (HACCP);
- DL n.º 251/91 de 16 de Julho, estabelece as normas aplicáveis à preparação, acondicionamento e rotulagem dos alimentos ultracongelados.

### **III.1.3. Sistema de segurança do HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points (Análise de perigos e controlo de pontos críticos)**

É reconhecido internacionalmente, e baseia-se numa abordagem sistemática e documentada. O HACCP é um sistema preventivo de controlo de riscos de segurança

alimentar utilizado pelas entidades do sector alimentar e afins. Atualmente é obrigatório na UE, no sector alimentar.

### **III.3.1.1. Princípios do HACCP**

1. Análise de Perigos.
2. Identificação dos Pontos Críticos de Controlo – PCC.
3. Especificação dos limites críticos.
4. Definição do sistema de vigilância ou controlo.
5. Definição das Ações Corretivas.
6. Organização da documentação.
7. Verificação / revisão do sistema HACCP.

### **III.3.1.2. Legislação**

Em 1993, a UE procedeu a uniformização das normas gerais aplicadas aos produtos alimentares integrando os princípios do sistema HACCP, através da diretiva N° 93/43/Comunidade Económica europeia, do Conselho, posteriormente revogada, obrigatória em todas as empresas que preparem, fabriquem, transformem, embalem, transportem, distribuam, manipulam ou vendam produtos alimentares.

O DL n° 67/98 de 18 de Março, revogado pelo DL n° 113/2006 de 12 de Julho, transpôs para a legislação Portuguesa a Diretiva Europeia n°93/43/CEE de 14 de Julho, de forma a obrigar as empresas a laborarem em boas condições de higiene, que embora menos abrangente, implicam a implementação de um Sistema de Autocontrolo, Artigo 3° do DL n° 113/2006, semelhante ao HACCP.

Posteriormente, o DL n° 113/2006 de 12 de Junho, estabelece as regras de execução na ordem jurídica nacional, do Regulamento de UE n° 852/2004, relativo à higiene dos produtos alimentares.

Têm vindo a ser publicados vários regulamentos e decretos-lei com o objetivo de alterar a legislação anterior, tais como o regulamento (UE) nº 2074/2005, Regulamento (CE) nº 1019/2008 e o DL nº 223/2003 de 18 de Novembro.

Licenciamento de Estabelecimentos Alimentares e não Alimentares:

- DL nº 259/2007 de 17 de Julho, estabelece o regime de declaração prévia a que está sujeita a instalação e a modificação dos estabelecimentos de comércio ou de armazenagem de produtos alimentares, bem como dos estabelecimentos de comércio de produtos não alimentares e de prestação de serviços cujo funcionamento pode envolver riscos para a saúde e segurança das pessoas;
- Portaria nº 789/2007 de 23 de Julho – Fixa os requisitos específicos a que deve obedecer a instalação e funcionamento dos estabelecimentos comerciais e armazéns, previstos no DL 259/07 de 17 de Julho.

### **III.1.4. Vantagens do HACCP**

O HACCP é considerado uma ferramenta de gestão de segurança alimentar à qual se atribui um conjunto de benefícios, entre os quais:

- Uma maior credibilização da imagem da empresa junto de todos os clientes;
- Documentar o controlo de processos no que se refere à segurança alimentar;
- Reduzir os custos relativos à destruição ou reprocessamento de produtos alimentares, por razões de segurança;
- Redução de ocorrências que possam por em causa a saúde pública, proporcionando um aumento da segurança do consumidor.

## **III.1.4. Implementação do HACCP**

### **III.1.4.1. Pré-requisitos**

São necessários alguns pré-requisitos de forma a obter um sistema HACCP eficaz, tais como:

- Formação dos colaboradores;
- Controlo de pragas;
- Procedimentos de higiene;
- Planos de limpeza e desinfeção;
- Controlo da potabilidade da água;
- Saúde do manipulador.

### **III.1.4.2. Nomear equipa do HACCP**

Esta equipa deve ser multidisciplinar, com elementos com formação em HACCP.

Quais as suas especificações, utilizações previstas e público-alvo.

### **III.1.4.3. Construir o fluxograma**

Elaborar fluxograma com a sequência de atividades e processos envolvidos. Analisar os perigos potenciais, químicos, biológicos, físicos. Identificar e listar perigos potenciais e especificar medidas preventivas para o seu controlo.

### **III.1.4.4. Especificação dos Limites Críticos**

Estabelecer os Limites Críticos que devem ser respeitados para garantir que cada Ponto Crítico esteja sob controlo. (temperaturas, tempo, pH, textura, cor...).

#### **III.1.4.5. Estabelecer medidas de controlo**

Identificar os PCC, e respetivas operações de identificação de perigos para a segurança alimentar. Aplicação de controlos de prevenção, eliminação ou redução desses mesmos perigos.

#### **III.1.4.6. Definição do Sistema de Vigilância ou Controlo**

Estabelecer um Sistema de Vigilância do controlo dos PCC, através de observações e/ou testes periódicos programados (Inspeções Técnicas, Testes de Análise Microbiológica e de Avaliação, Análises).

#### **III.1.4.7. Definição das Ações Corretivas**

Estabelecer as Ações Corretivas a serem tomadas quando se verificar que um Ponto Crítico se encontra fora de controlo, ou seja, quando um ou mais Limites Críticos se situam fora do domínio dos valores estipulados (Ações Corretivas a Desvios de Critérios de Controlo).

#### **III.1.4.8. Organização da documentação**

Organizar a documentação respeitante a todos os procedimentos e registos relativos a estes princípios e a sua aplicação.

#### **III.1.4.9. Verificação / Revisão do sistema HACCP**

Estabelecer os Procedimentos de Verificação que incluam ensaios suplementares apropriados e procedimentos que, em conjunto com uma revisão do plano HACCP,

confirmem que o plano está a funcionar eficazmente (Verificações e controlo permanente, Inspeções de Revisão, Auditorias).

### **III.1.5. Terminologia**

#### **Perigo**

Qualquer propriedade ou agente microbiológico, químico ou físico, presente no alimento ou a condição em que este pode ocorrer, que pode causar um risco inaceitável para a saúde do consumidor, tais como gases de escape provenientes dos camiões de carga/descarga, água retida na cuba do condensador evaporativo.

#### **Critério**

Um requisito no qual pode ser baseado um julgamento ou decisão.

#### **Risco**

Grau de probabilidade de um dado perigo ocorrer.

#### **Ponto Crítico de Controlo (PCC)**

Ponto, procedimento, operação ou etapa no qual o controlo deve ser aplicado, sendo essencial para prevenir, reduzir a níveis aceitáveis ou eliminar um perigo, (v. g.: temperaturas nas câmaras frigoríficas, expedição, HR nas câmaras frigoríficas; tempo gasto em cargas/descargas/*piking* dos produtos; etc.).

#### **Limite Crítico**

Critério que deve ser definido para cada medida preventiva associada a cada PCC. Este valor indica-nos a aceitabilidade e a inaceitabilidade.

## **Ações Corretivas**

Ações a serem tomadas no caso dos resultados da vigilância dos PCC indicarem estar fora de controle.

## **Vigilância**

Plano sequencial de observações e medidas que visam verificar se os PCC estão sob controle.

## Anexo IV – Cálculo de espessuras de isolamentos e portas

Foram considerados os seguintes valores para o cálculo da espessura das espessuras das paredes, pavimento, tecos e portas.

<b>Coefficiente de condutibilidade do poliuretano</b>	0,022 W/m K <sup>[22]</sup>
<b>Fluxo unitário admissível para câmaras de refrigerados</b>	10 W/m <sup>2</sup> <sup>[24]</sup>
<b>Fluxo unitário admissível para câmaras de congelados</b>	8 W/m <sup>2</sup> <sup>[24]</sup>

Tabela IV.1.: Parâmetros para cálculo de espessura de paredes, tecos e pavimentos.

Foram considerados os seguintes espaços.

<b>Espaço</b>	<b>Denominação</b>
<b>1</b>	Cais de receção de matéria-prima
<b>2</b>	Câmara frigorífica de receção de matéria-prima
<b>3</b>	Sala de trabalho – Escala, lavagem e adição de sal
<b>4</b>	Câmara frigorífica de maturação
<b>5</b>	Sala de trabalho – Remoção de sal, colocação em tabuleiro
<b>6</b>	Túneis de secagem
<b>7</b>	Sala de trabalho – Corte, seleção, embalagem e pesagem
<b>8</b>	Câm. frigorífica de conservação de produto acabado – Bacalhau salgado seco
<b>9</b>	Cais de expedição - Bacalhau salgado seco
<b>10</b>	Sala de trabalho - Demolha
<b>11</b>	Tanques de demolha
<b>12</b>	Túneis de ultracongelação
<b>13</b>	Sala de trabalho – Vidragem
<b>14</b>	Sala de trabalho - Embalagem e pesagem
<b>15</b>	Câmara frigorífica de conservação de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado
<b>16</b>	Cais de expedição - Bacalhau demolido ultracongelado
<b>17</b>	Sala de máquinas

Tabela IV.2.: Espaços considerados.

Foram consideradas as seguintes temperaturas

Envolvente - Aveiro	+34°C
Pavimento	+20°C

Tabela IV.3.: Temperaturas da envolvente e pavimento consideradas.

<b>Espaço</b>	<b>Temperaturas interiores</b>
1	+ 12°C
2	0°C
3	+ 12°C
4	+ 4°C
5	+ 12°C
6	-
7	+ 12°C
8	+ 4°C
9	+ 12°C
10	+ 12°C
11	+ 7°C
12	- 35°C
13	+ 12°C
14	+ 12°C
15	- 25°C
16	+ 12°C

Tabela IV.4.: Temperaturas interiores consideradas.

### **Cais de recepção e expedição**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{m\acute{a}x}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (34 - 12)}{10} \Leftrightarrow e = 0,049 \text{ m}$$

### **Salas de trabalho**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{m\acute{a}x}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (34 - 12)}{10} \Leftrightarrow e = 0,049 \text{ m}$$

### **Câmara frigorífica de recepção de matéria-prima**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{m\acute{a}x}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (34 - 0)}{10} \Leftrightarrow e = 0,075 \text{ m}$$

### **Câmara frigorífica de maturação**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{m\acute{a}x}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (34 - 4)}{10} \Leftrightarrow e = 0,066 \text{ m}$$

### **Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{\text{máx}}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (34 - 4)}{10} \Leftrightarrow e = 0,066 \text{ m}$$

### **Túneis de ultracongelação**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{\text{máx}}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (34 - (-35))}{8} \Leftrightarrow e = 0,190 \text{ m}$$

### **Pavimento dos túneis de ultracongelação**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{\text{máx}}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (20 - (-35))}{8} \Leftrightarrow e = 0,152 \text{ m}$$

### **Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{\text{máx}}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (34 - (-25))}{8} \Leftrightarrow e = 0,163 \text{ m}$$

### **Pavimento da câmara de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado**

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{\text{máx}}} \Leftrightarrow e = \frac{0,022 \times (20 - (-35))}{8} \Leftrightarrow e = 0,124 \text{ m}$$

<b>Espaço</b>	<b>Espessura</b>	<b>Espessura</b>	<b>Espessura considerada</b>
<b>1</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>2</b>	0,075 m	75 mm	80 mm
<b>3</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>4</b>	0,066 m	66 mm	80 mm
<b>5</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>6</b>	-	-	-
<b>7</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>8</b>	0,066 m	66 mm	80 mm
<b>9</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>10</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>11</b>	-	-	-

<b>12</b>	0,190 m	190 mm	60 mm
<b>13</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>14</b>	0,049 m	49 mm	60 mm
<b>15</b>	0,163 m	163 mm	175 mm
<b>16</b>	0,049 m	49 mm	60 mm

Tabela IV.5.: Espessuras de isolamento consideradas para o cálculo do balanço térmico.

# **Anexo V – Dimensionamento de câmaras frigoríficas e túneis de ultracongelação/Plantas**

## **V.1. Dimensionamento de câmaras frigoríficas e planos de estivagem**

Para os dimensionamentos das câmaras frigoríficas e planos de estivagem consideraram-se os seguintes itens:

### **Palloxe – Tipo A**

- Dimensões exteriores: 1200 x 1000 x 780 mm (CxLxA)
- Dimensões interiores: 1120 x 920 x 580 mm (CxLxA)
- Volume interior: 0,596 m<sup>3</sup>

### **Palloxe – Tipo B**

- Dimensões exteriores: 550 x 450 x 100 mm (CxLxA)
- Dimensões interiores: 530 x 430 x 90 mm (CxLxA)
- Volume interior: 0,205 m<sup>3</sup>

### **Paletes**

- Dimensões: 1200 x 1000 x 150 mm (CxLxA)

### **Empilhador elétrico**

- Marca: TOYOTA

- Modelo: 8FBMHT60
- Capacidade: 6000 kg
- Raio de viragem: 3194 mm

### **Rodapé em betão**

- Espessura: 200 mm
- Altura: 400 mm

### **Caixas de cartão canelado de bacalhau de 25 kg – Bacalhau salgado seco**

- Dimensões: 400 x 600 x 200 mm (CxLxA)

### **Caixas de cartão canelado bacalhau de 12 kg – Bacalhau demolido ultracongelado**

- Dimensões: 400 x 600 x 200 mm (CxLxA)

### **Caixas de bacalhau de 400 g – Bacalhau demolido ultracongelado**

- Dimensões: 200 x 200 x 40 mm (CxLxA)

Admitiu-se que todas as câmaras frigoríficas e túneis de ultracongelação dispõem de rodapé em betão com as medidas anteriormente apresentadas.

No Anexo VIII são apresentadas as plantas relativas ao entreposto frigorífico e os planos de estivagem considerados.

## **Câmara frigorífica de recepção de matéria-prima – Bacalhau verde**

Considerou-se que o bacalhau fresco chega ao entreposto frigorífico através de palloxes do tipo A que são movimentadas através de empilhadores elétricos, admitiu-se que as palloxes seriam empilhadas umas sobre as outras, não existindo nesta câmara frigorífica qualquer tipo de estantes.

Considerou-se que em cada pallox do tipo A entra na câmara frigorífica de matéria prima cerca de 0,15 ton de bacalhau fresco, como a capacidade de armazenagem da câmara frigorífica de matéria-prima é de 600 toneladas, são necessárias 4000 palloxes do tipo A para acomodar a carga pretendida.

Desta forma a câmara frigorífica de recepção de matéria-prima têm as seguintes dimensões:

<b>Comprimento</b>	35,30 metros
<b>Largura</b>	27,40 metros
<b>Altura</b>	9 metros

Tabela V.1.: Dimensões interiores câmara de recepção de matéria-prima.

Assim a câmara de recepção de matéria-prima tem capacidade para armazenar 4014 palloxes do tipo A, ou seja, 602,10 toneladas de bacalhau fresco.

Para o dimensionamento considerou-se um espaçamento entre palloxes de 50 mm e que estas seriam empilhadas umas sobre as outras, num total de nove palloxes. Considerou-se que a câmara teria três corredores de movimentação de mercadorias, dois centrais e um junto da entrada da câmara.

Na parede lateral em que são instalados os evaporadores considerou-se uma zona em que não é colocada matéria-prima de modo a permitir que a circulação de ar fosse efetuada da melhor forma.

## Câmara frigorífica de maturação

Depois de escalado, lavado e salgado o bacalhau é introduzido na câmara frigorífica de maturação estratificado em paletes e envolvido em película plástica de proteção. O processo de salga do bacalhau é feito em palloxes, conforme a seguinte figura.



Figura V.1.: Palloxes para processo de salga de bacalhau.

No entanto, é posteriormente transferido para paletes, conforme a seguinte figura.



Figura V.2.: Paletes para maturação de bacalhau.

Segundo o INE – Estatística das Pescas 2010 (Fatores de conversão), figura V.3., 1 kg de bacalhau fresco equivale a aproximadamente 0,714 kg de bacalhau descabeçado e eviscerado.

FACTORES DE CONVERSÃO		
Produtos	Unidades	Equivalência aproximada
Peixes		
Bacalhau	1 Kg de bacalhau fresco	0,333 Kg de bacalhau salgado verde
Bacalhau	1 Kg de bacalhau salgado verde	0,700 Kg de bacalhau seco
Bacalhau	1 Kg de bacalhau fresco	0,233 Kg de bacalhau seco
Bacalhau	1 Kg de bacalhau fresco	0,714 kg de bacalhau descabeçado, eviscerado, congelado

Figura V.3.: Fatores de conversão de bacalhau fresco em bacalhau descabeçado, eviscerado.

Desta forma, após o processo de escala, evisceração, descabeçagem e lavagem, perde-se cerca de 25 % de matéria-prima, ou seja, da câmara frigorífica de receção de matéria-prima – Bacalhau verde são transferidas, para as linhas de transformação, 60 toneladas, 10 % de rotatividade diária, no entanto, à câmara frigorífica de maturação apenas chegam 42,60 toneladas.

O período em que o bacalhau deve permanecer na câmara frigorífica de maturação é de 30 dias, ou seja, as 42,60 toneladas devem ser multiplicadas por 22 dias, dias úteis de laboração considerados, atingindo um valor final de 937,20 toneladas de bacalhau no interior da câmara frigorífica de maturação ao final de um mês. Para o cálculo da câmara frigorífica de maturação, considerou-se que o produto era armazenado em paletes normalizadas com cerca de 0,75 toneladas cada e com uma altura máxima de bacalhau empilhado de 1,20 metros, posteriormente acomodadas em estantes de aço inoxidável, conforme a seguinte figura.



Figura V.4.: Estantes de armazenamento de bacalhau – Câmara frigorífica de maturação.

Para acomodar as 42,60 toneladas diárias de bacalhau são necessárias 57 paletes, este valor multiplicado pelos dias úteis de laboração atinge um valor total de 1254 paletes.

Desta forma a câmara frigorífica de maturação têm as seguintes dimensões:

<b>Comprimento</b>	35,30 metros
<b>Largura</b>	22,55 metros
<b>Altura</b>	9 metros

Tabela V.2.: Dimensões interiores câmara frigorífica de maturação.

Assim a câmara frigorífica de maturação têm uma capacidade para armazenar 1310 paletes e um total de 982,50 toneladas.

No dimensionamento da câmara frigorífica considerou-se que as paletes com o bacalhau verde salgado empilhado estariam acondicionadas em estantes de aço inoxidável com

cinco níveis e que a câmara frigorífica disponha de rodapé com as medidas anteriormente apresentadas.

A movimentação de cargas é feita através de dois corredores centrais e um corredor junto da entrada da câmara frigorífica de maturação, na parede lateral onde vão ser instalados os evaporadores existe um espaço onde não vai ser armazenado produto com o objetivo de permitir uma boa circulação de ar para o correto funcionamento dos mesmos.

### **Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco**

Depois de 30 dias em processo de maturação e seguido de um processo de secagem o bacalhau atinge o estado de bacalhau salgado seco, ou seja, o bacalhau está pronto a ser pesado e embalado e posteriormente ser armazenado. Segundo o INE– Estatísticas das Pescas 2010, 1 kg de bacalhau salgado verde equivale a 0,70 kg de bacalhau salgado seco.

FACTORES DE CONVERSÃO		
Produtos	Unidades	Equivalência aproximada
Peixes		
Bacalhau	1 Kg de bacalhau fresco	0,333 Kg de bacalhau salgado verde
Bacalhau	1 Kg de bacalhau salgado verde	0,700 Kg de bacalhau seco
Bacalhau	1 Kg de bacalhau fresco	0,233 Kg de bacalhau seco
Bacalhau	1 Kg de bacalhau fresco	0,714 kg de bacalhau descabeçado, eviscerado, congelado

Figura V.5.: Fatores de conversão de bacalhau salgado verde em bacalhau seco.

Assim, as 42,6 toneladas de bacalhau salgado verde pesam menos 30%, após o processo de maturação e secagem, ou seja, 30 toneladas. Metade desta tonelagem, 15 toneladas, prossegue para o processo de demolha. No entanto, estas 15 toneladas apenas correspondem a 10%, rotatividade diária, do produto inicialmente armazenado e a câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco deve ter capacidade para a totalidade, 100%, de produto, ou seja, 150 toneladas. Para o dimensionamento da câmara frigorífica considerou-se que o bacalhau salgado seco é embalado em caixas de 25 kg posteriormente empilhadas em paletes normalizadas, a seguinte imagem apresenta um exemplo deste tipo de estiva.



Figura V.6.: Estantes de armazenamento de bacalhau – Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco.

Cada palete normalizada é carregada com 60 caixas de bacalhau salgado seco com 25 kg, ou seja, cada palete têm 1500 kg de produto. Para as 150 toneladas são necessárias 100 paletes.

Assim a câmara frigorífica de produto acabado - bacalhau salgado seco têm as seguintes dimensões:

<b>Comprimento</b>	11,29 metros
<b>Largura</b>	12,42 metros
<b>Altura</b>	8 metros

Tabela V.3.: Dimensões interiores da câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco.

Desta forma a câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau salgado seco têm capacidade para armazenar 108 paletes, ou seja, 162 toneladas de bacalhau salgado seco embalado.

Considerou-se que a câmara frigorífica dispõe de um corredor central para movimentação de cargas, através de empilhador elétrico, e de rodapé em betão. No topo contrário à entrada, existe uma zona sem estantes de modo a permitir a correta circulação de ar e respetivo funcionamento dos evaporadores.

### **Túneis de ultracongelção**

Tal como foi referido anteriormente, cada túnel de ultracongelção têm capacidade para dez carrinhos provenientes da demolha, com cerca de 215 kg de bacalhau salgado seco cada. A seguinte imagem apresenta um exemplo desses carrinhos.



Figura V.7.: Carrinhos para demolha de bacalhau salgado seco.

Cada carrinho tem capacidade para 68 palloxes do tipo B, a altura máxima considerada para o carrinho é de dois metros e a sua base é semelhante a uma palete normalizada, ou seja, 1200 x 1000 mm, estes carrinhos estão espaçados de 100 em 100 mm.

Nos túneis de ultracongelção, considerou-se que existia um teto falso com o objetivo de encaminhar o ar proveniente dos evaporadores até ao produto, de forma que a ultracongelção seja feita de forma uniforme.

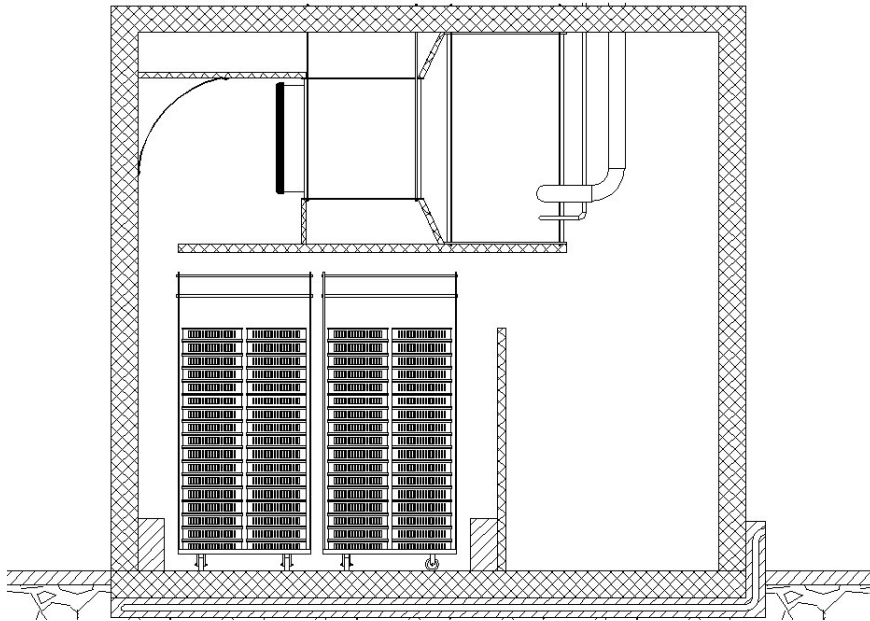


Figura V.8.: Pormenor do teto falso dos túneis de ultracongelação.

Assim os túneis de ultracongelação têm as seguintes dimensões:

<b>Comprimento</b>	7,70 metros
<b>Largura</b>	2,70 metros
<b>Altura</b>	2,4 metros

Tabela V.4.: Dimensões interiores dos túneis de ultracongelação.

### **Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado**

A câmara frigorífica produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado é o último passo antes deste seguir para a expedição, uma vez, limpo, salgado, seco, demolido e ultracongelado, o bacalhau é embalado em caixa de 400 gramas, e que serão agrupadas em caixas de cartão canelado de 12 kg, ou seja, cada caixa de 12 kg tem 30 caixas de 400 gramas. Cada palete transporta 60 caixa de 12 kg de bacalhau demolido ultracongelado. Uma vez que a rotatividade diária da câmara frigorífica é de 21,30 toneladas e a sua capacidade total de 213 toneladas, para albergar estas 213 toneladas são necessárias 296 paletes.

Assim a câmara frigorífica de produto acabado - bacalhau demolhado ultracongelado têm as seguintes dimensões:

<b>Comprimento</b>	19,14 metros
<b>Largura</b>	24,13 metros
<b>Altura</b>	9 metros

Tabela V.5.: Dimensões interiores da câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolhado ultracongelado.

Desta forma a câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolhado ultracongelado têm capacidade para armazenar 324 paletes, ou seja, 233,28 toneladas de bacalhau demolhado ultracongelado embalado.

Considerou-se que a câmara frigorífica dispõe de um dois corredores centrais para movimentação de cargas, através de empilhador elétrico, e rodapé em betão. No topo contrário à entrada, existe uma zona sem estantes de modo a permitir a correta circulação de ar e respetivo funcionamento dos evaporadores.

# Anexo VI – Balanço térmico – Fundamentos teóricos

## VI.1. Cargas térmicas

As cargas térmicas para uma instalação dividem-se em duas categorias, as cargas térmicas externas e cargas térmicas internas.

As cargas térmicas externas são devidas à transmissão de calor através das paredes, teto e pavimento, renovação de ar e abertura de portas. As cargas térmicas internas dependem do produto armazenado, da iluminação, devido ao pessoal de estiva, devido aos equipamentos nas câmaras frigoríficas, devido às resistências de descongelamento dos evaporadores e devido aos motores dos ventiladores dos evaporadores.

### VI.1.1. Cargas térmicas através das paredes, teto e pavimento

Devido à diferença de temperatura entre o interior da câmara frigorífica e o meio externo, existe transferência de energia térmica por condução que deve ser compensada pelos equipamentos de frio. O fluxo de calor transmitido através das paredes, tectos e pavimento depende da diferença de temperaturas, do tipo de isolamento, da superfície externa das paredes e do efeito da irradiação solar. A carga térmica através das paredes, teto e pavimento pode ser efetuada através da expressão:

$$\dot{Q}_1 = U \times A \times \Delta T$$

em que,

$\dot{Q}_1$  = carga térmica através das paredes, tectos e pavimentos (W)

$U$  = Coeficiente global de transmissão de calor ( $W/m^2\text{°C}$ )

$A$  = Superfície da parede considerada ( $m^2$ )

$\Delta T$  = Diferença de temperaturas entre o exterior e o interior da câmara ( $\text{°C}$ )

No entanto, para se obter as cargas térmicas das paredes, teto e pavimento é necessário calcular o coeficiente de transmissão de calor através da expressão:

$$U = \frac{1}{R}$$

em que,

$U =$  *Coeficiente global de transmissão de calor (W / m<sup>2</sup>°C)*

$R =$  *Resistência térmica total (m<sup>2</sup>°C/W)*

O coeficiente global de transmissão de calor, U, pode ser arbitrado através dos valores apresentados pelos fabricantes de painéis isotérmicos, optou-se por considerar os valores fornecidos pela A.S.H.R.A.E..

A resistência térmica total de um material é a capacidade que o material tem de se opor ao fluxo de calor, é inversamente proporcional à capacidade do material em transmitir calor. É o somatório das resistências térmicas existentes na parede onde se vai dar a transmissão de calor. A resistência térmica total pode ser calculada através da expressão:

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e}$$

em que,

$\frac{1}{h_i} =$  *Resistência térmica de convecção na superfície interior (m<sup>2</sup>°C/W)*

$\frac{e}{k} =$  *Resistência térmica de condução na parede (m<sup>2</sup>°C/W)*

$\frac{1}{h_e} =$  *Resistência térmica de convecção na superfície exterior (m<sup>2</sup>°C/W)*

$h_i = 15 \text{ m}^2 \frac{\text{C}}{\text{W}}$  [31]

$h_e = 30 \text{ m}^2 \text{C/W}$  [31]

A espessura do isolamento pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$e = \frac{k \times \Delta T}{q_{m\acute{a}x}}$$

em que,

$e$  = Espessura da parede, tecto ou pavimento (mm)

$k$  = Coeficiente de condutibilidade térmica do isolante ( $W/m^2C^\circ$ )

$\Delta T$  = Diferença de temperatura entre as duas faces da parede considerada ( $^\circ C$ )

$q_{m\acute{a}x}$  = Fluxo máximo admissível para as câmaras ( $W/m^2$ )

Para os valores relativos ao fluxo máximo admissível para as câmaras frigoríficas devem ser considerados os seguintes valores:

- Câmaras frigoríficas de congelados –  $8 W/m^2$ <sup>[31]</sup>
- Câmaras frigoríficas de refrigerados –  $10 W/m^2$ <sup>[31]</sup>

Pode considerar-se a espessura *standard* do fabricante de painéis isotérmicos selecionado, bem como o coeficiente de condutibilidade térmica atribuído a cada espessura.

Desta forma obtemos a seguinte expressão que nos permitirá calcular as cargas térmicas através das paredes, teto e pavimento.

$$\dot{Q}_1 = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_1 = \left( \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \left( \frac{k \times \Delta T}{q_{m\acute{a}x}} \right) + \frac{1}{h_e}} \right) \times \Delta T \times A$$

Quando existem paredes comuns a duas câmaras frigoríficas que possuam diferentes temperaturas, haverá fluxo de calor através da parede mais quente para a mais fria. Neste caso a temperatura da câmara frigorífica mais quente deverá ser tomada como a

temperatura externa em relação a esta parede somente as restantes paredes, não sendo comuns às duas câmaras frigoríficas devem ser calculadas normalmente.

Nas câmaras frigoríficas de refrigerados e salas de trabalho normalmente não é considerado isolamento de solo devido às temperaturas existentes nestes espaços.

### **VI.1.2. Cargas térmicas devido à renovação de ar**

Embora uma câmara frigorífica se mantenha sempre fechada, existe transferência de ar através das paredes e juntas das portas, esta transferência de ar é significativamente maior nas entradas e saídas de produto, representando assim uma carga térmica adicional. No entanto, a determinação exata deste volume é muito difícil, sendo adotados valores aproximados para o número de trocas por dia. O fluxo de calor devido a infiltrações pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} \times \Delta h$$

em que,

$\dot{Q}_2 =$  Carga térmica devido á renovação de ar (W)

$\dot{m} =$  Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara (Kg/s)

$\Delta h =$  Diferença de entalpias entre o ar exterior e o da câm. frigorífica (KJ/Kg)

No entanto, para conseguirmos calcular as cargas térmicas devido à renovação de ar é necessário conhecer o caudal mássico de ar exterior que entra na câmara frigorífica, este parâmetro pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$\dot{m} = \frac{V_{dia}}{v_e \times 86400}$$

em que,

$V_{dia} =$  Caudal volumétrico diário de ar exterior ( $m^3$ /dia)

$v =$  Volume específico do ar exterior ( $m^3$ /Kg)

O caudal volumétrico de ar exterior é calculado através do produto entre a taxa de renovação de ar exterior e o volume interior da câmara frigorífica.

$$V_{dia} = n \times V$$

em que,

$n =$  Taxa de renovação de ar exterior

$V =$  Volume interior da câmara frigorífica ( $m^3$ )

A taxa de renovação de ar,  $n$ , depende das movimentações, de trabalhadores e máquinas entre o exterior e interior das câmaras frigoríficas, e pode ser calculada através da expressão:

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}}$$

em que,

$V =$  Volume interior da câmara ( $m^3$ )

Para uma movimentação intensa, o valor 70 pode ser substituído por 100 <sup>[31]</sup>.

Desta forma obtemos a seguinte expressão que nos permitirá calcular as cargas térmicas devido à renovação de ar.

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} \times \Delta h \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = \left( \frac{\frac{70}{\sqrt{V}}}{v \times 86400} \right) \times \Delta h$$

### **VI.1.3. Cargas térmicas devido à abertura de portas**

O cálculo das cargas térmicas devido à abertura de portas vai depender do tipo e tamanho da porta, do tempo em que esta se mantém aberta e do tipo de estiva, e pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$\dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{t_{ab}}{v_i} \times L \times H \times A \times C$$

em que,

$\dot{Q}_3$  = Carga térmica devido à abertura de portas (W)

$\Delta T$  = Diferença de temperaturas entre as duas faces da porta (°C)

$t_{ab}$  = Tempo de abertura de portas (min/horas)

$L$  = Largura da porta (m)

$H$  = Altura da porta (m)

$C$  = Coeficiente minorante devido à presença de cortinas de ar de lamelas

$v_i$  = Volume específico do ar interior (m<sup>3</sup>/Kg)

O valor do coeficiente minorante devido à presença de cortina de lamelas é de 0,25 para portas com lamelas e de 1 para portas sem lamelas.

Para o cálculo de A podemos utilizar a seguinte expressão:

$$A = (h_e - h_i) \times \left[ H \times \left( 1 - \frac{v_i}{v_e} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

em que,

$h_e$  = Entalpia específica do ar exterior (KJ/Kg)

$h_i$  = Entalpia específica do ar interior (KJ/Kg)

$v_e$  = Volume específico do ar exterior (m<sup>3</sup>/Kg)

$v_i$  = Volume específico do ar interior (m<sup>3</sup>/Kg)

$H$  = Altura da porta (m)

No entanto para efetuar o cálculo da carga térmica devido à abertura de portas é necessário conhecer o tempo de abertura de portas, para tal teremos que determinar a tonelagem armazenada e estimar o fluxo horário máximo de produto que entra e sai da câmara frigorífica.

O tempo que a porta permanece aberta vai permitir a passagem de um empilhador com uma tonelada de produto pode ser calculado através da expressão:

$$t_{ab} = d_{ton} \times \frac{f_d}{24}$$

em que,

$d_{ton}$  = Duração média da abertura de portas para permitir a passagem de uma tonelada de produto (min/ton)

$f_d$  = Fluxo diário de produto (ton)

O fluxo diário de produto pode ser calculado da seguinte forma:

$$f_d = \text{Densidade de armazenagem} \times \text{Entrada diária de produto}$$

Para a duração média da abertura de porta, existem valores pré definidos que podem ser consultados na seguinte tabela:

<b>Tipo de porta</b>	<b>Tipo de produto</b>	<b><math>d_{ton}</math> (min/ton)</b>
<b>Porta manual</b>	Carcaças de animais suspensas	15
	Produtos paletizados	6
<b>Porta automática</b>	Carcaças de animais suspensas	1
	Produtos paletizados	0,8

Tabela VI.1.: Duração média de abertura de portas.

Para o cálculo do balanço térmico não se vão contabilizar as portas de emergência uma vez que estas se encontram sempre fechadas.

$$\dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{d_{ton} \times \frac{f_d}{24}}{v_i} \times L \times H \times \left( (h_e - h_i) \times \left[ H \times \left( 1 - \frac{v_i}{v_e} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \right) \times C$$

#### VI.1.4. Cargas térmicas devido ao produto armazenado

O produto tem um papel fundamental no fornecimento de calor às câmaras frigoríficas. Cada produto possui características termodinâmicas distintas e comportamentos diversos durante as mudanças de temperatura. Antes de ser armazenado, o produto está a uma temperatura superior à das câmaras frigoríficas, as cargas térmicas devido ao produto armazenado dizem respeito ao calor libertado pelo produto até atingir a mesma temperatura das câmaras frigoríficas.

Como existem diferentes câmaras frigoríficas no entreposto frigorífico, existem também algumas maneiras de calcular estas cargas.

Quando se deseja apenas refrigerar, ou seja, câmaras frigoríficas de refrigerados, a carga térmica devido ao produto armazenado é calculada através da seguinte expressão:

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_1 \times (T_1 - T_2)}{86400}$$

em que,

$\dot{Q}_4$  = Carga térmica devido ao produto armazenado (W)

$m$  = Massa de produto introduzido por dia (kg/dia)

$cp_1$  = Calor específico acima da temperatura de congelação (J/Kg°C)

$T_1$  = Temperatura de entrada na câmara (°C)

$T_2$  = Temperatura da câmara de congelados (°C)

Se o produto for destinado à câmara frigorífica de congelados, a carga térmica é calculada através da expressão:

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_2 \times (T_3 - T_2)}{86400}$$

em que,

$\dot{Q}_4 =$  Carga térmica devido ao produto armazenado (W)

$m =$  Massa de produto introduzido por dia (kg/dia)

$cp_2 =$  Calor específico abaixo da temperatura de congelação (J/Kg°C)

$T_2 =$  Temperatura da câmara de congelados (°C)

$T_3 =$  Temperatura de entrada na câmara (°C)

Se o produto necessitar de ser congelado num túnel de congelação a carga térmica é dada por:

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_1 \times (T_1 - T_2) + m \times L + m \times cp_2 \times (T_3 - T_2)}{86400}$$

em que,

$\dot{Q}_4 =$  Carga térmica devido ao produto armazenado (W)

$m =$  Massa de produto introduzido por dia (kg/dia)

$cp_1 =$  Calor específico acima da temperatura de congelação (J/Kg°C)

$cp_2 =$  Calor específico abaixo da temperatura de congelação (J/Kg°C)

$T_1 =$  Temperatura inicial do produto a armazenar (°C)

$T_2 =$  Temperatura de congelação (°C)

$T_3 =$  Temperatura final do produto a armazenar no estado congelado (°C)

$L =$  Calor latente de congelação (J/Kg°C)

### **VI.1.5. Cargas térmicas devido à iluminação**

Este tipo de cargas térmicas está relacionado com o calor dissipado pelas lâmpadas instaladas no interior das câmaras frigoríficas. Para que o cálculo se torne o mais rigoroso possível convém seleccionar as armaduras que iremos instalar nas câmaras frigoríficas. As cargas térmicas devido à iluminação podem ser calculadas através da expressão.

$$\dot{Q}_5 = A \times D \times \frac{t_{\text{lâmpadas}}}{24}$$

em que,

$\dot{Q}_5 =$  Carga térmica devido à iluminação (W)

$A =$  Área da câmara ( $m^2$ )

$D =$  Densidade de iluminação ( $W/m^2$ )

$t_{\text{lâmpadas}} =$  Tempo de funcionamento das lâmpadas (h/dia)

Para o valor de densidade de iluminação considerou-se  $6 W/m^2$ <sup>[31]</sup>.

Uma vez que os túneis de ultracongelamento executam ciclos contínuos onde não existe entrada de produto durante o ciclo, este tipo de cargas térmicas não foi considerado no cálculo do balanço térmico relativo aos túneis de ultracongelamento.

### **VI.1.6. Cargas térmicas devido ao pessoal de estiva**

A circulação de pessoas, para a movimentação de produto, no interior das câmaras frigoríficas gera calor e este deve ser considerado, quanto menor for o tempo de permanência de pessoas no interior das câmaras frigoríficas melhor para o funcionamento do conjunto. As cargas térmicas relacionadas com o calor libertado pelo pessoal de estiva quando estes operam podem ser calculadas pela expressão:

$$\dot{Q}_6 = n_{\text{pessoas}} \times q_{\text{pessoas}} \times \frac{t}{24}$$

em que,

$\dot{Q}_6 =$  Carga térmica devido aos trabalhadores (W)

$n_{\text{pessoas}} =$  Número de pessoas no interior das câmaras ( $m^2$ )

$t =$  Tempo de permanência na câmara (h/dia)

$q_{\text{pessoas}} =$  Calor libertado por cada pessoa (W)

No entanto, para o cálculo deste tipo de cargas térmicas existem valores pré definidos para a quantidade de calor libertado por trabalhador, valores que são apresentados na seguinte tabela:

Temperatura da câmara	Calor libertado pelas pessoas
+15°C	200 W
+5°C	240 W
+0°C	270 W
-20°C	390 W
-25°C	420 W

Tabela VI.2.: Calor libertado por pessoa em função da temperatura de câmara frigorífica.

Uma vez que os túneis de ultracongelamento executam ciclos contínuos onde não existe movimentação de cargas durante o ciclo, este tipo de cargas térmicas não foi considerado no cálculo do balanço térmico relativo aos túneis de ultracongelamento.

### VI.1.7. Cargas térmicas devido aos equipamentos nas câmaras frigoríficas

Estas cargas estão relacionadas com os meios que fazem a movimentação de produto, os empilhadores. A carga térmica libertada pelos empilhadores quando estes se encontram no interior das câmaras frigoríficas é dada pela expressão:

$$\dot{Q}_7 = n_{empilhadores} \times q_{empilhadores} \times \frac{t}{24}$$

em que,

$\dot{Q}_7$  = Carga térmica devido aos empilhadores (W)

$n_{empilhadores}$  = Número de empilhadores no interior das câmaras ( $m^2$ )

$t$  = Tempo de permanência na câmara (h/dia)

$q_{empilhadores}$  = Calor libertado por cada empilhador (W)

Uma vez que os túneis de ultracongelamento executam ciclos contínuos onde não existe movimentação de cargas durante o ciclo, este tipo de cargas térmicas não foi considerado no cálculo do balanço térmico relativo aos túneis de ultracongelamento.

### **VI.1.8. Cargas térmicas devido às resistências de descongelamento dos evaporadores**

Os evaporadores das câmaras frigoríficas necessitam de descongelamentos periódicos, uma vez que a sua eficiência diminui com o aumento da espessura de gelo que se acumula no alhetado do evaporador.

O fluxo de calor libertado nas descongelamentos é elevado, bem como o elevado custo energético associado a esta prática, como tal deve definir-se os períodos de descongelamento dos evaporadores de forma correta, estas devem ser efetuadas quando o espaço entre as alhetas dos evaporadores se encontra obstruído por gelo.

A descongelamento pode ser regulada através de relógios de descongelamento, onde se atribui o número de horas a que a descongelamento deve ser feita, ou através de gelostatos, ou seja, sensores que fornecem ao sistema a indicação exata de quando a descongelamento deve ser feita.

O cálculo deste tipo de carga térmica implica a escolha de um evaporador, de forma a permitir que seja conhecido o valor exato das resistências elétricas.

A carga térmica devido às resistências de descongelamento dos evaporadores pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelamento}}{24}$$

em que,

$\dot{Q}_8 =$  Carga térmica devido às resistências de descongelação dos evaporadores (W)

$n_{\text{evaporadores}} =$  Número de evaporadores no interior das câmaras

$t_{\text{descongelação}} =$  Número de horas de descongelação (h/dia)

$q_{\text{resistências}} =$  Calor libertado por cada resistência (W)

Neste ponto temos que definir os evaporadores que iremos considerar para instalar de forma a conseguir definir com exatidão os valores relativos às resistências elétricas e aos ventiladores. Para determinar os evaporadores que iremos dimensionar é necessário ter em contas as cargas térmicas calculadas até este ponto do balanço térmico, desta forma, efetua-se a soma de todas as cargas térmicas calculadas. De seguida, dimensiona-se os evaporadores de forma que quando incluirmos os valores relativos às resistências de descongelação e motores dos ventiladores este consigam retirar todo o calor necessário do interior da câmara frigorífica.

### **VI.1.9. Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores**

Para arrefecer as câmaras frigoríficas é necessário que os ventiladores dos evaporadores trabalhem, como tal, esse funcionamento causa um fluxo de calor relacionado com o funcionamento dos motores dos ventiladores, tal como a carga térmica anterior, é necessária a escolha de um evaporador de forma a conhecer a potência associada a cada motor. A carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores pode ser calculada através da seguinte expressão.

$$\dot{Q}_9 = n_{\text{evaporadores}} \times n_{\text{ventiladores}} \times q_{\text{ventiladores}} \times \frac{t_{\text{ventiladores}}}{24}$$

em que,

$\dot{Q}_9 =$  Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores (W)

$n_{\text{evaporadores}} =$  Número de evaporadores no interior das câmaras

$n_{\text{ventiladores}} =$  Número de ventiladores em cada evaporador

$t_{\text{ventiladores}} =$  Número de horas de funcionamento do ventiladores (h/dia)

$q_{\text{ventiladores}} =$  Calor libertado por cada ventilador (W)

De forma a tornar a distribuição de ar na câmara frigorífica mais uniforme, considerou-se que os ventiladores dos evaporadores trabalham cerca de 22 horas por dia, apenas deixando de funcionar quando os evaporadores realizam a descongelação, no entanto, destas 22 horas apenas 18 horas são de produção de frio sendo as restantes 4 horas apenas para circulação de ar.

### VI.1.9. Carga térmica intermédia

Uma vez calculadas as cargas térmicas externas e internas a carga térmica intermédia é o somatório destas mesmas cargas e pode ser calculada através da seguinte expressão:

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$
	$\dot{Q}_2$
	$\dot{Q}_3$
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$
	$\dot{Q}_5$
	$\dot{Q}_6$
	$\dot{Q}_7$
	$\dot{Q}_8$
	$\dot{Q}_9$

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

em que,

$$\dot{Q}_{int} = \text{Carga térmica intermédia (W)}$$

$$\dot{Q}_{internas} = \text{Cargas térmicas internas (W)}$$

$$\dot{Q}_{externas} = \text{Cargas térmicas externas (W)}$$

### VI.1.11. Potência frigorífica

A potência frigorífica intermédia é um parâmetro que diz respeito à potência que os evaporadores devem ter para retirar as cargas térmicas existentes nas câmaras frigoríficas, neste cálculo deve ter-se em conta o tempo de funcionamento dos compressores. O cálculo da potência frigorífica intermédia é obtido através da seguinte expressão:

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}}$$

em que,

$P_{int}$  = Potência frigorífica intermédia (W)

$\dot{Q}_{int}$  = Carga térmica intermédia (W)

$t_{compressores}$  = Tempo de funcionamento dos compressores (h)

Relativamente ao tempo de funcionamento dos compressores consideraram-se os seguintes valores:

- 16 Horas para câmaras de congelados<sup>[31]</sup>
- 18 a 20 Horas para câmaras de refrigerados<sup>[31]</sup>

### VI.1.12. Potência frigorífica previsional

A potência frigorífica previsional aplica à potência frigorífica intermédia uma margem de segurança para a seleção dos equipamentos frigoríficos, desta forma, é calculada através da expressão:

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int}$$

$P_{prev}$  = Potência frigorífica previsional (W)

$P_{int}$  = Potência frigorífica intermédia (W)

## Anexo VII – Balanço térmico manual

### VII.1. Instalação frigorífica a expansão direta

#### VII.1.1. Câmara frigorífica de receção de matéria-prima – Bacalhau fresco

<b>Comprimento</b>	35,30 m
<b>Largura</b>	27,40 m
<b>Altura</b>	9 m
<b>Área</b>	967,22 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	8704,98 m <sup>3</sup>
<b>Espessura do isolamento</b>	80 mm
<b>Espessura do isolamento de solo</b>	80 mm
<b>Temperatura da câmara</b>	0 °C
<b>Humidade relativa</b>	95%

#### VII.1.1.1. Cargas térmicas através das paredes, teto e pavimento

<b>k<sub>poliuretano</sub></b>	0,022 W/m °C
<b>Espessura do isolamento</b>	80 mm
<b>Temperatura exterior</b>	+ 34 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	0 °C
<b>Temperatura do pavimento</b>	+ 20 °C
<b>q<sub>máx</sub></b>	10 W/m <sup>2</sup>
<b>h<sub>i</sub></b>	15 W/m <sup>2</sup> °C
<b>h<sub>e</sub></b>	30 W/m <sup>2</sup> °C

#### Resistência térmica

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} \Leftrightarrow R = \frac{1}{15} + \frac{0,08}{0,022} + \frac{1}{30} \Leftrightarrow R = 3,74 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$$

#### Transmissão de calor.

$$U = \frac{1}{R} \Leftrightarrow U = \frac{1}{3,74} \Leftrightarrow U = 0,27 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

### Carga térmica através das paredes, teto e pavimento.

	Dimensões das paredes	Área
<b>Parede A</b>	27,40 m × 9,00 m	246,60 m <sup>2</sup>
<b>Parede B</b>	35,30 m × 9,00 m	317,70 m <sup>2</sup>
<b>Parede C</b>	27,40 m × 9,00 m	246,60 m <sup>2</sup>
<b>Parede D</b>	35,30 m × 9,00 m	317,70 m <sup>2</sup>
<b>Tecto</b>	35,30 m × 27,40 m	967,22 m <sup>2</sup>
<b>Pavimento</b>	35,30 m × 27,40 m	967,22 m <sup>2</sup>

#### Paredes A e C

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 0,27 \times 246,60 \times (34 - 0) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 2263,79 \text{ W}$$

#### Paredes B e D

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 0,27 \times 317,70 \times (34 - 0) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 2916,49 \text{ W}$$

#### Tecto

$$\dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 0,27 \times 967,22 \times (34 - 0) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 8879,08 \text{ W}$$

#### Pavimento

$$\dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 0,27 \times 967,22 \times (20 - 0) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 5222,99 \text{ W}$$

	$\dot{Q}_1$
<b>Parede A</b>	2263,70 W
<b>Parede B</b>	2916,49 W
<b>Parede C</b>	2263,70 W
<b>Parede D</b>	2916,49 W
<b>Teto</b>	8879,08 W
<b>Pavimento</b>	5222,99 W
<b>Total</b>	24462,63 W

**Cargas térmicas devido à renovação de ar**

<b>Volume interior da câmara</b>	8704,98 m <sup>3</sup>
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia específica do ar (câmara)</b>	9,002 KJ/kg

**Taxa de renovação de ar**

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}} \Leftrightarrow n = \frac{70}{\sqrt{8704,98}} \Leftrightarrow n = 0,75$$

**Caudal volumétrico de ar exterior**

$$V_{dia} = n \times V \Leftrightarrow V_{dia} = 0,75 \times 8704,98 \Leftrightarrow V_{dia} = 6528,74 \text{ m}^3$$

**Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara frigorífica**

$$\dot{m} = \frac{V_{dia}}{v_e \times 86400} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{6528,74}{0,814 \times 86400} \Leftrightarrow \dot{m} = 0,093 \text{ Kg/s}$$

### VII.1.1.2.Carga térmica devido à renovação de ar.

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} \times \Delta h \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 0,093 \times (25253 - 9002) \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 1511,35 \text{ W}$$

### VII.1.1.3.Cargas térmicas devido à abertura de portas

<b>Duração média de abertura de portas</b>	0,80 min/ton
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia do ar (câmara)</b>	9,002 KJ/kg
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Volume específico do ar interior (câmara)</b>	0,778 m <sup>3</sup> /kg
<b>Temperatura do entreposto</b>	+ 12 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 0 °C
<b>Largura da porta</b>	2,60 m
<b>Altura da porta</b>	2,60 m
<b>Coefficiente minorante (sem lamelas)</b>	1
<b>Fluxo diário de produto</b>	180000 kg

### Fluxo diário de produto

Considerou-se um fluxo diário de 180 toneladas, ou seja, 30% da capacidade total da câmara frigorífica, uma vez que é necessário ter em conta que como a pesca do bacalhau é sazonal podem chegar ao entreposto frigorífico grandes quantidades de matéria-prima. Assim, embora, esteja apenas prevista uma rotatividade diária de 10%, 60 toneladas, com 30% qualquer carga adicional que entrem no entreposto frigorífico pode ser acomodada nas melhores condições de armazenagem.

$$f_d = 180 \text{ toneladas}$$

### Duração média de abertura de portas

Tal como foi referido anteriormente, considerou-se que seria instalada uma porta frigorífica deslizante de abertura automática e embora os produtos sejam movimentados em pallozes, considerou-se que se tratava de produtos paletizados.

$d_{ton} = 0,8 \text{ min/ton}$  – Porta automática, produtos paletizados

### Tempo de abertura de portas

$$t_{ab} = d_{ton} \times \frac{f_d}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 0,8 \times \frac{180}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 6 \text{ min/h}$$

A

$$A = (h_e - h_i) \times \left[ H \times \left( 1 - \frac{v_i}{v_e} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = (25,253 - 9,002) \times \left[ 2,6 \times \left( 1 - \frac{0,778}{0,814} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = 5,51 \text{ Kj m/Kg}$$

### Carga térmica devido à abertura de portas.

$$\dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{t_{ab}}{v_i} \times L \times H \times A \times C \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times (12 - 0)) \times \frac{6}{0,778} \times 2,6 \times 2,6 \times 5,51 \times 1 \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_3 = 392,93 \text{ W}$$

#### VII.1.1.4.Cargas térmicas devido ao produto armazenado

Como a matéria-prima entra no entreposto frigorífico no estado refrigerado considerou-se uma temperatura de entrada de produto de +10°C.

<b>Temperatura de entrada de produto</b>	+ 10 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	0 °C
<b>Massa de produto introduzida por dia</b>	180000 kg
<b>Calor específico acima da temp. de congelação</b>	3600 J/kg °C

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_1 \times (T_3 - T_2)}{86400} \Leftrightarrow \dot{Q}_4 = \frac{180000 \times 3600 \times (10 - 0)}{86400} \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_4 = 75000 \text{ W}$$

#### VII.1.1.5.Cargas térmicas devido à iluminação

<b>Área</b>	967,22 m <sup>2</sup>
<b>D</b>	6 W/ m <sup>2</sup>
<b>t<sub>lâmpadas</sub></b>	1 hora/dia

$$\dot{Q}_5 = A \times D \times \frac{t_{lâmpadas}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 967,22 \times 6 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 241,81 \text{ W}$$

#### VII.1.1.6.Cargas térmicas devido aos trabalhadores

<b>Número de trabalhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência na câmara</b>	1 hora/dia
<b>Temperatura da câmara</b>	0 °C
<b>Calor libertado por pessoa</b>	270 W

$$\dot{Q}_6 = n_{pessoas} \times q_{pessoas} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 1 \times 270 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 11,25 \text{ W}$$

#### VII.1.1.7.Cargas térmicas devido aos equipamentos nas câmaras frigoríficas

<b>Número de empilhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência</b>	1 hora/dia
<b>Calor libertado por empilhador</b>	7500 W

$$\dot{Q}_7 = n_{empilhadores} \times q_{empilhador} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 1 \times 7500 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 312,50 \text{ W}$$

#### VII.1.1.8.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	24462,63 W
$\dot{Q}_2$	1511,35 W
$\dot{Q}_3$	392,93 W
$\dot{Q}_4$	75000 W
$\dot{Q}_5$	241,81 W
$\dot{Q}_6$	11,25 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	101931,47 W

#### Seleção do evaporador

<b>Evaporador</b>	DDC/E 8S2/40
<b>Número de evaporadores</b>	6 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	4 descongelações
<b>Resistências</b>	14400 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 6 \times 14400 \times \frac{1,34}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 4824 \text{ W}$$

### VII.1.1.9.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DDC/E 8S2/40
<b>Número de evaporadores</b>	6 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	1880 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22,60 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{\text{evaporadores}} \times n_{\text{ventiladores}} \times q_{\text{ventiladores}} \times \frac{t_{\text{ventiladores}}}{24} \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_9 = 6 \times 1 \times (1880) \times \frac{22,66}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 10650,20 \text{ W}$$

### VII.1.1.10.Carga térmica intermédia final

$$\dot{Q}_{\text{int}} = \Sigma \dot{Q}_{\text{internas}} + \Sigma \dot{Q}_{\text{externas}}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

<b><math>\dot{Q}_{\text{externas}}</math></b>	<b><math>\dot{Q}_1</math></b>	24462,63 W
	<b><math>\dot{Q}_2</math></b>	1511,35 W
	<b><math>\dot{Q}_3</math></b>	392,93 W
<b><math>\dot{Q}_{\text{internas}}</math></b>	<b><math>\dot{Q}_4</math></b>	75000 W
	<b><math>\dot{Q}_5</math></b>	241,81 W
	<b><math>\dot{Q}_6</math></b>	11,25 W
	<b><math>\dot{Q}_7</math></b>	312,50 W
	<b><math>\dot{Q}_8</math></b>	4824 W
	<b><math>\dot{Q}_9</math></b>	10650,20 W
	<b><math>\dot{Q}_{\text{int}}</math></b>	117405,67 W
<b><math>\dot{Q}_{\text{int}}</math></b>	117,41 W	

### VII.1.1.11.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	117,1 kW
$t_{compressores}$	18 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{117,41 \times 24}{18} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow P_{int} = 156,55 \text{ kW}$$

### VII.1.1.12.Potência frigorífica previsual

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 156,55 \Leftrightarrow P_{prev} = 164,38 \text{ kW}$$

## VII.1.2.Câmara frigorífica de maturação – Bacalhau salgado verde

<b>Comprimento</b>	35,30 m
<b>Largura</b>	22,55 m
<b>Altura</b>	9 m
<b>Área</b>	796,02 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	7164,14 m <sup>3</sup>
<b>Espessura do isolamento</b>	80 mm
<b>Espessura do isolamento de solo</b>	-
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Humidade relativa</b>	51%

### VII.1.2.1.Cargas térmicas através das paredes, teto e pavimento

<b><math>k_{poliuretano}</math></b>	0,022 W/m °C
<b>Espessura do isolamento</b>	80 mm
<b>Temperatura exterior</b>	+ 34 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Temperatura do pavimento</b>	+ 20 °C
<b><math>q_{m\acute{a}x}</math></b>	10 W/m <sup>2</sup>
<b><math>h_i</math></b>	15 W/m <sup>2</sup> °C
<b><math>h_e</math></b>	30 W/m <sup>2</sup> °C

### Resistência térmica

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} \Leftrightarrow R = \frac{1}{15} + \frac{0,08}{0,022} + \frac{1}{30} \Leftrightarrow R = 3,74 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

### Transmissão de calor

$$U = \frac{1}{R} \Leftrightarrow U = \frac{1}{3,74} \Leftrightarrow U = 0,27 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Carga térmica através das paredes, teto e pavimento

	Dimensões das paredes	Área
<b>Parede A</b>	22,55 m × 9,00 m	202,95 m <sup>2</sup>
<b>Parede B</b>	35,30 m × 9,00 m	317,70 m <sup>2</sup>
<b>Parede C</b>	22,55 m × 9,00 m	202,95 m <sup>2</sup>
<b>Parede D</b>	35,30 m × 9,00 m	317,70 m <sup>2</sup>
<b>Tecto</b>	35,30 m × 22,55 m	796,02 m <sup>2</sup>
<b>Pavimento</b>	35,30 m × 22,55 m	796,02 m <sup>2</sup>

### Paredes A e C

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 0,27 \times 202,95 \times (34 - (+4)) \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 1643,90 \text{ W}$$

### Paredes B e D

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 0,27 \times 317,70 \times (34 - (+4)) \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 2573,37 \text{ W}$$

### Teto

$$\dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 0,27 \times 796,02 \times (34 - (+4)) \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 6447,76 \text{ W}$$

### Pavimento

$$\dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 0,27 \times 796,02 \times (20 - 0) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 3438,80 \text{ W}$$

	$\dot{Q}_1$
<b>Parede A</b>	1643,90 W
<b>Parede B</b>	2573,37 W
<b>Parede C</b>	1643,90 W
<b>Parede D</b>	2573,37 W
<b>Tecto</b>	6447,76 W
<b>Pavimento</b>	3438,80 W
<b>Total</b>	18321,10 W

### VII.1.2.2.Cargas térmicas devido à renovação de ar

<b>Volume interior da câmara</b>	7164,14 m <sup>3</sup>
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia específica do ar (câmara)</b>	10,459 KJ/kg

### Taxa de renovação de ar

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}} \Leftrightarrow n = \frac{70}{\sqrt{7164,14}} \Leftrightarrow n = 0,83$$

### Caudal volumétrico de ar exterior

$$V_{dia} = n \times V \Leftrightarrow V_{dia} = 0,83 \times 7164,14 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow V_{dia} = 5946,24 \text{ m}^3$$

### Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara frigorífica

$$\dot{m} = \frac{V_{dia}}{v_e \times 86400} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{5946,24}{0,814 \times 86400} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \dot{m} = 0,085 \text{ Kg/s}$$

### Carga térmica devido à renovação de ar.

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} \times \Delta h \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 0,085 \times (25253 - 10459) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 1257,49 \text{ W}$$

### VII.1.2.3.Cargas térmicas devido à abertura de portas

<b>Duração média de abertura de portas</b>	0,80 min/ton
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia específica do ar (câmara)</b>	10,459 KJ/kg
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Volume específico do ar interior (câmara)</b>	0,778 m <sup>3</sup> /kg

<b>Temperatura do entreposto</b>	+ 12 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Largura da porta</b>	2,60 m
<b>Altura da porta</b>	2,60 m
<b>Coefficiente minorante (sem lamelas)</b>	1
<b>Fluxo diário de produto</b>	42600 kg

### Fluxo diário de produto

O fluxo diário de matéria-prima que é introduzido na câmara de maturação, definido anteriormente, é 42,60 toneladas.

$$f_d = 42,60 \text{ toneladas}$$

### Duração média de abertura de portas

$d_{ton} = 6 \text{ min/ton}$  – Porta manual, produtos paletizados

### Tempo de abertura de portas

$$t_{ab} = d_{ton} \times \frac{f_d}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 6 \times \frac{42,60}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow t_{ab} = 10,65 \text{ min/h}$$

A

$$A = (h_e - h_i) \times \left[ H \times \left( 1 - \frac{v_i}{v_e} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = (25,253 - 10,459) \times \left[ 2,6 \times \left( 1 - \frac{0,788}{0,814} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = 4,26 \text{ KJ m/Kg}$$

### Carga térmica devido à abertura de portas

$$\dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{t_{ab}}{v_i} \times L \times H \times A \times C \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times (12 - 4)) \times \frac{10,65}{0,788} \times 2,6 \times 2,6 \times 4,26 \times 1 \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_3 = 216,62 \text{ W}$$

### VII.1.2.4.Cargas térmicas devido ao produto armazenado

Para a temperatura de entrada de produto considerou-se que o bacalhau sofre um aumento de temperatura desde que sai da câmara frigorífica de receção de matéria-prima até entrar na câmara frigorífica de maturação. Admitiu-se uma temperatura de entrada de produto de 15 °C, considerou-se este valor uma vez que o bacalhau após sair da câmara frigorífica de receção de matéria-prima passa por um processo de evisceração, escalagem e lavagem com água corrente não refrigerada, ou seja, em condições normais a uma temperatura de cerca de +18 °C.

<b>Temperatura de entrada de produto</b>	+ 15 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Massa de produto introduzida por dia</b>	42600 kg
<b>Calor específico acima da temp. de congelação</b>	3600 J/kg °C

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_1 \times (T_3 - T_2)}{86400} \Leftrightarrow \dot{Q}_4 = \frac{42600 \times 3600 \times (15 - 4)}{86400} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_4 = 19525 \text{ W}$$

### VII.1.2.5.Cargas térmicas devido à iluminação

<b>Área</b>	796,02 m <sup>2</sup>
<b>D</b>	6 W/ m <sup>2</sup>
<b>t<sub>lâmpadas</sub></b>	1 hora/dia

$$\dot{Q}_5 = A \times D \times \frac{t_{lâmpadas}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 796,02 \times 6 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 199,01 W$$

### VII.1.2.6.Cargas térmicas devido aos trabalhadores

<b>Número de trabalhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência na câmara</b>	1 hora/dia
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Calor libertado por pessoa</b>	246 W

$$\dot{Q}_6 = n_{pessoas} \times q_{pessoa} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 1 \times 246 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 10,25 W$$

### VII.1.2.7.Cargas térmicas devido aos equipamentos nas câmaras frigoríficas

<b>Número de empilhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência</b>	1 hora/dia
<b>Calor libertado por empilhador</b>	7500 W

$$\dot{Q}_7 = n_{empilhadores} \times q_{empilhador} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 1 \times 7500 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 312,50 W$$

### VII.1.2.8.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	18321,10 W
$\dot{Q}_2$	1257,49 W
$\dot{Q}_3$	216,62 W
$\dot{Q}_4$	19525 W
$\dot{Q}_5$	199,01 W
$\dot{Q}_6$	10,25 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	<b>39841,97 W</b>

<b>Evaporador</b>	DDC/E 8P1/17
<b>Número de evaporadores</b>	5 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	4 descongelações
<b>Resistências</b>	7200 W

$$\dot{Q}_8 = n_{\text{evaporadores}} \times q_{\text{resistências}} \times \frac{t_{\text{descongelação}}}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 5 \times 7200 \times \frac{1,34}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 2010 \text{ W}$$

### VII.1.2.9.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DDC/E 8P1/17
<b>Número de evaporadores</b>	5 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	1000 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22,66 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{\text{evaporadores}} \times n_{\text{ventiladores}} \times q_{\text{ventiladores}} \times \frac{t_{\text{ventiladores}}}{24}$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 5 \times 1 \times (1000) \times \frac{22,66}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 4720,84 \text{ W}$$

### VII.1.2.10.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$	18321,10 W
	$\dot{Q}_2$	1257,49 W
	$\dot{Q}_3$	216,62 W
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$	19525 W
	$\dot{Q}_5$	199,01 W
	$\dot{Q}_6$	10,25 W
	$\dot{Q}_7$	312,50 W
	$\dot{Q}_8$	2010 W
	$\dot{Q}_9$	4720,84 W
	$\dot{Q}_{int}$	46572,81 W
	$\dot{Q}_{int}$	46,57 kW

### VII.1.2.11.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	46,57 kW
$t_{compressores}$	18 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{46,57 \times 24}{18} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P_{int} = 62,09 \text{ kW}$$

### VII.1.2.12.Potência frigorífica previsional

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 62,09 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P_{prev} = 65,19 \text{ kW}$$

### VII.1.3. Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco

<b>Comprimento</b>	11,29 m
<b>Largura</b>	12,42 m
<b>Altura</b>	8 m
<b>Área</b>	140,22 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	1121,78 m <sup>3</sup>
<b>Espessura do isolamento</b>	80 mm
<b>Espessura do isolamento de solo</b>	-
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Humidade relativa</b>	47 %

#### VII.1.3.1. Cargas térmicas através das paredes, teto e pavimento

<b>k<sub>poliuretano</sub></b>	0,022 W/m °C
<b>Espessura do isolamento</b>	80 mm
<b>Temperatura exterior</b>	+ 34 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Temperatura do pavimento</b>	+ 20 °C
<b>q<sub>máx</sub></b>	10 W/m <sup>2</sup>
<b>h<sub>i</sub></b>	15 W/m <sup>2</sup> °C
<b>h<sub>e</sub></b>	30 W/m <sup>2</sup> °C

#### Resistência térmica

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} \Leftrightarrow R = \frac{1}{15} + \frac{0,08}{0,022} + \frac{1}{30} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow R = 3,74 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$$

#### Transmissão de calor

$$U = \frac{1}{R} \Leftrightarrow U = \frac{1}{3,74} \Leftrightarrow U = 0,27 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

## Carga térmica através das paredes, teto e pavimento

	Dimensões das paredes	Área
<b>Parede A</b>	12,42 m × 8,00 m	96,36 m <sup>2</sup>
<b>Parede B</b>	11,29 m × 8,00 m	90,32 m <sup>2</sup>
<b>Parede C</b>	12,42 m × 8,00 m	96,36 m <sup>2</sup>
<b>Parede D</b>	11,29 m × 8,00 m	90,32 m <sup>2</sup>
<b>Tecto</b>	11,29 m × 12,42 m	140,23 m <sup>2</sup>
<b>Pavimento</b>	11,29 m × 12,42 m	140,23 m <sup>2</sup>

### Paredes A e C

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 0,27 \times 99,36 \times (34 - (+4)) \Leftrightarrow \\ \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 804,82 \text{ W}$$

### Paredes B e D

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 0,27 \times 90,32 \times (34 - (+4)) \Leftrightarrow \\ \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 731,60 \text{ W}$$

### Teto

$$\dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 0,27 \times 140,23 \times (34 - (+4)) \Leftrightarrow \\ \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 1135,87 \text{ W}$$

### Pavimento

$$\dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 0,27 \times 140,23 \times (20 - (+4)) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 605,80 \text{ W}$$

	$\dot{Q}_1$
<b>Parede A</b>	804,82 W
<b>Parede B</b>	731,60 W
<b>Parede C</b>	804,82 W
<b>Parede D</b>	731,60 W
<b>Teto</b>	1135,87 W
<b>Pavimento</b>	605,80 W
<b>Total</b>	4814,51 W

### VII.1.3.2.Cargas térmicas devido à renovação de ar

<b>Volume interior da câmara</b>	1121,78 m <sup>3</sup>
<b>Volume específico do ar (entreposto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Entalpia específica do ar (entreposto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia específica do ar (câmara)</b>	9,952 KJ/kg

### Taxa de renovação de ar

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}} \Leftrightarrow n = \frac{70}{\sqrt{1121,78}} \Leftrightarrow n = 2,09$$

### Caudal volumétrico de ar exterior.

$$V_{dia} = n \times V \Leftrightarrow V_{dia} = 2,09 \times 1121,78 \Leftrightarrow V_{dia} = 2344,52 \text{ m}^3$$

### Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara frigorífica.

$$\dot{m} = \frac{V_{dia}}{v_e \times 86400} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{2344,52}{0,814 \times 86400} \Leftrightarrow \dot{m} = 0,034 \text{ Kg/s}$$

### Carga térmica devido à renovação de ar.

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} \times \Delta h \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 0,034 \times (25253 - 9952) \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 520,24 \text{ W}$$

### VII.1.3.3.Cargas térmicas devido à abertura de portas

<b>Duração média de abertura de portas</b>	6 min/ton
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia do ar (câmara)</b>	9,952 KJ/kg
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Volume específico do ar interior (câmara)</b>	0,788 m <sup>3</sup> /kg
<b>Temperatura do entreposto</b>	+ 12 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Largura da porta</b>	2,60 m
<b>Altura da porta</b>	2,60 m
<b>Coefficiente minorante (sem lamelas)</b>	1
<b>Fluxo diário de produto</b>	15000 kg

### Fluxo diário de produto

O fluxo diário de matéria-prima que é introduzido na câmara frigorífica produto acabado – bacalhau salgado seco, definido anteriormente, é 15 toneladas.

$$f_d = 15 \text{ toneladas}$$

### Duração média de abertura de portas

$$d_{ton} = 6 - \text{Porta manual, produtos paletizados}$$

### Tempo de abertura de portas

$$t_{ab} = d_{ton} \times \frac{f_d}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 6 \times \frac{15}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 3,75 \text{ min/h}$$

A

$$A = (h_e - h_i) \times \left[ H \times \left( 1 - \frac{v_i}{v_e} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = (25,253 - 9,952) \times \left[ 2,6 \times \left( 1 - \frac{0,788}{0,814} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = 4,40 \text{ Kj m/Kg}$$

### Carga térmica devido à abertura de portas.

$$\dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{t_{ab}}{v_i} \times L \times H \times A \times C \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times (12 - 4)) \times \frac{3,75}{0,788} \times 2,6 \times 2,6 \times 4,40 \times 1 \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_3 = 83,87 \text{ W}$$

### VII.1.3.4.Cargas térmicas devido ao produto armazenado

Para o valor da entrada de produto considerou-se que o bacalhau salgado seco entra na câmara frigorífica produto acabado a uma temperatura de +18 °C, uma vez que o produto provém de um processo de secagem e embalagem.

<b>Temperatura de entrada de produto</b>	+ 18 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Massa de produto introduzida por dia</b>	15000 kg
<b>Calor específico acima da temp. de congelação</b>	2340 J/kg °C

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_1 \times (T_3 - T_2)}{86400} \Leftrightarrow \dot{Q}_4 = \frac{15000 \times 2340 \times (18 - 4)}{86400} \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_4 = 5687,50 \text{ W}$$

#### VII.1.3.5.Cargas térmicas devido à iluminação

<b>Área</b>	140,22 m <sup>2</sup>
<b>D</b>	6 W/ m <sup>2</sup>
<b>t<sub>lâmpadas</sub></b>	1 hora/dia

$$\dot{Q}_5 = A \times D \times \frac{t_{lâmpadas}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 140,22 \times 6 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 35,01 \text{ W}$$

#### VII.1.3.6.Cargas térmicas devido aos trabalhadores

<b>Número de trabalhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência na câmara</b>	1 hora/dia
<b>Temperatura da câmara</b>	+ 4 °C
<b>Calor libertado por pessoa</b>	246 W

$$\dot{Q}_6 = n_{pessoas} \times q_{pessoas} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 1 \times 246 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 10,25 \text{ W}$$

### VII.1.3.7.Cargas térmicas devido aos equipamentos nas câmaras frigoríficas

<b>Número de empilhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência</b>	1 hora/dia
<b>Calor libertado por empilhador</b>	7500 W

$$\dot{Q}_7 = n_{empilhadores} \times q_{empilhador} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 1 \times 7500 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 312,50 \text{ W}$$

### VII.1.3.8.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	4814,51 W
$\dot{Q}_2$	520,24 W
$\dot{Q}_3$	83,87 W
$\dot{Q}_4$	5687,50 W
$\dot{Q}_5$	35,01 W
$\dot{Q}_6$	10,25 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	11463,88 W

<b>Evaporador</b>	DD/E 7E4/14
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	4 descongelações
<b>Resistências</b>	8640 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 2 \times 8640 \times \frac{1,34}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 964,80 \text{ W}$$

### VII.1.3.9.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DD/E 7E4/14
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	520 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22,66 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{\text{evaporadores}} \times n_{\text{ventiladores}} \times q_{\text{ventiladores}} \times \frac{t_{\text{ventiladores}}}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 2 \times 4 \times \frac{520}{4} \times \frac{22,66}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 981,94 \text{ W}$$

### VII.1.3.10.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{\text{int}} = \Sigma \dot{Q}_{\text{internas}} + \Sigma \dot{Q}_{\text{externas}}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{\text{externas}}$	$\dot{Q}_1$	4814,51 W
	$\dot{Q}_2$	520,24 W
	$\dot{Q}_3$	83,87 W
$\dot{Q}_{\text{internas}}$	$\dot{Q}_4$	5687,50 W
	$\dot{Q}_5$	241,81 W
	$\dot{Q}_6$	10,25 W
	$\dot{Q}_7$	312,50 W
	$\dot{Q}_8$	964,80 W
	$\dot{Q}_9$	981,94 W
	$\dot{Q}_{\text{int}}$	13410,62 W
	$\dot{Q}_{\text{int}}$	13,41 kW

### VII.1.3.11.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{\text{int}}$	13,41 kW
$t_{\text{compressores}}$	18 horas

$$P_{\text{int}} = \frac{\dot{Q}_{\text{int}} \times 24}{t_{\text{compressores}}} \Leftrightarrow P_{\text{int}} = \frac{13,41 \times 24}{18} \Leftrightarrow P_{\text{int}} = 17,88 \text{ kW}$$

### VII.1.3.12.Potência frigorífica previsual

$$P_{\text{prev}} = 1,05 \times P_{\text{int}} \Leftrightarrow P_{\text{prev}} = 1,05 \times 17,88 \Leftrightarrow P_{\text{prev}} = 18,77 \text{ kW}$$

### VII.1.4. Túneis de ultracongelção – Bacalhau demolido

<b>Comprimento</b>	7,70 m
<b>Largura</b>	2,70 m
<b>Altura</b>	2,40 m
<b>Área</b>	20,79 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	49,90 m <sup>3</sup>
<b>Espessura do isolamento</b>	200 mm
<b>Espessura do isolamento de solo</b>	200 mm
<b>Temperatura da câmara</b>	-35 °C
<b>Humidade relativa</b>	90 %

#### VII.1.4.1. Cargas térmicas através das paredes, teto e pavimento

<b>k<sub>poliuretano</sub></b>	0,022 W/m °C
<b>Espessura do isolamento</b>	200 mm
<b>Temperatura exterior</b>	+ 34 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	-35 °C
<b>Temperatura do pavimento</b>	+ 20 °C
<b>q<sub>máx</sub></b>	8 W/m <sup>2</sup>
<b>h<sub>i</sub></b>	15 W/m <sup>2</sup> °C
<b>h<sub>e</sub></b>	30 W/m <sup>2</sup> °C

#### Resistência térmica

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} \Leftrightarrow R = \frac{1}{15} + \frac{0,20}{0,022} + \frac{1}{30} \Leftrightarrow R = 9,19 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$$

#### Transmissão de calor

$$U = \frac{1}{R} \Leftrightarrow U = \frac{1}{9,19} \Leftrightarrow U = 0,11 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

#### Carga térmica através das paredes, teto e pavimento

	<b>Dimensões das paredes</b>	<b>Área</b>
<b>Parede A</b>	2,70 m × 2,40 m	6,48 m <sup>2</sup>
<b>Parede B</b>	7,70 m × 2,40 m	18,48 m <sup>2</sup>
<b>Parede C</b>	2,70 m × 2,40 m	6,48 m <sup>2</sup>
<b>Parede D</b>	7,70 m × 2,40 m	18,48 m <sup>2</sup>
<b>Teto</b>	7,70 m × 2,40 m	20,79 m <sup>2</sup>
<b>Pavimento</b>	7,70 m × 2,40 m	20,79 m <sup>2</sup>

### Paredes A e C

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 0,11 \times 6,48 \times (34 - (-35)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 49,18 \text{ W}$$

### Paredes B e D

$$\dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 0,11 \times 18,48 \times (34 - (-35)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 140,27 \text{ W}$$

### Teto

$$\dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 0,11 \times 20,79 \times (34 - (-35)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 157,80 \text{ W}$$

### Pavimento

$$\dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 0,11 \times 20,79 \times (20 - (-35)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Pavimento}} = 125,78 \text{ W}$$

	$\dot{Q}_1$
<b>Parede A</b>	49,18 W
<b>Parede B</b>	140,27 W
<b>Parede C</b>	49,18 W
<b>Parede D</b>	140,27 W
<b>Teto</b>	157,80 W
<b>Pavimento</b>	125,78 W
<b>Total</b>	662,48 W

#### VII.1.4.2.Cargas térmicas devido à renovação de ar

Embora os túneis de ultracongelamento efetuem ciclos contínuos em que não existe renovação de ar durante os mesmos à que ter em conta as renovações de ar que acontecem quando existe troca de produto de ciclo para ciclo.

<b>Volume interior da câmara</b>	49,90 m <sup>3</sup>
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia específica do ar (câmara)</b>	-34,887 KJ/kg

**Taxa de renovação de ar.**

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}} \Leftrightarrow n = \frac{70}{\sqrt{49,90}} \Leftrightarrow n = 9,91$$

**Caudal volumétrico de ar exterior**

$$V_{dia} = n \times V \Leftrightarrow V_{dia} = 9,91 \times 49,90 \Leftrightarrow V_{dia} = 494,51 \text{ m}^3$$

**Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara frigorífica**

$$\dot{m} = \frac{V_{dia}}{v_e \times 86400} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{494,51}{0,814 \times 21600} \Leftrightarrow \dot{m} = 0,028 \text{ Kg/s}$$

**Carga térmica devido à renovação de ar**

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} \times \Delta h \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 0,028 \times (25253 - (-34887)) \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 1683,92 \text{ W}$$

### VII.1.4.3.Cargas térmicas devido à abertura de portas

<b>Duração média de abertura de portas</b>	6 min/ton
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia do ar (câmara)</b>	-34,887 KJ/kg
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Volume específico do ar interior (câmara)</b>	0,675 m <sup>3</sup> /kg
<b>Temperatura do entreposto</b>	+ 12 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	- 35 °C
<b>Largura da porta</b>	2,60 m
<b>Altura da porta</b>	2,20 m
<b>Coefficiente minorante (sem lamelas)</b>	1
<b>Fluxo diário de produto</b>	2130 kg

#### Fluxo diário de produto

O fluxo diário de matéria-prima que é introduzido num túnel de ultracongelção para um ciclo de 6 horas é 2,13 toneladas.

$$f_d = 2,13 \text{ toneladas}$$

#### Duração média de abertura de portas

$$d_{ton} = 6 - \text{Porta manual, produtos paletizados}$$

#### Tempo de abertura de portas

$$t_{ab} = d_{ton} \times \frac{f_d}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 6 \times \frac{2,13}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 0,54 \text{ min/h}$$

A

$$A = (h_e - h_i) \times \left[ H \times \left( 1 - \frac{v_i}{v_e} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = (25,253 - (-34,887)) \times \left[ 2,2 \times \left( 1 - \frac{0,675}{0,814} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = 36,86 \text{ KJ m/Kg}$$

#### Carga térmica devido à abertura de portas

$$\dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{t_{ab}}{v_i} \times L \times H \times A \times C \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_3 = 8 + \left( 0,067 \times (12 - (-35)) \right) \times \frac{0,54}{0,675} \times 2,6 \times 2,2 \times 36,86 \times 1 \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_3 = 539,15 \text{ W}$$

#### VII.1.4.4.Cargas térmicas devido ao produto armazenado

Uma vez que a água onde se realiza a demolha se encontra a +7°C, considerou-se que entre a saída dos tanques de demolha e a entrada nos tuneis de congelação existe um aumento de temperatura de +1°C, ou seja, o produto entra na câmara frigorífica a +8°C

<b>Temperatura de entrada de produto</b>	+ 8 °C
<b>Temperatura de congelação</b>	- 1,7 °C
<b>Temperatura final do produto</b>	- 25 °C
<b>Duração do ciclo</b>	6 Horas
<b>Massa de produto introduzida por ciclo</b>	2130 kg
<b>Calor específico abaixo da temp. de congelação</b>	1872 J/kg °C
<b>Calor específico acima da temp. de congelação</b>	3600 J/kg °C
<b>Calor latente de congelação</b>	284652 J/kg

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_1 \times (T_1 - T_2) + m \times L + m \times cp_2 \times (T_3 - T_2)}{21600} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_4 = \frac{2130 \times 3600 \times (8 - (-1,70)) + 2130 \times 284652 + 2130 \times 1872 \times (-1,70 - (-25))}{21600} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_4 = 35814,53 \text{ W}$$

#### VII.1.4.5.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	662,48 W
$\dot{Q}_2$	1683,92 W
$\dot{Q}_3$	539,15 W
$\dot{Q}_4$	35814,53 W
<b>Total intermédio</b>	<b>38700,08 W</b>

<b>Evaporador</b>	BSUS/E 4702.2 XL
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações por ciclo</b>	1 descongelação
<b>Resistências</b>	51120 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 2 \times 51120 \times \frac{0,33}{6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 5623,2 \text{ W}$$

#### VII.1.4.6.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	BSUS/E 4702.2 XL
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	18900 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	5,67 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{evaporadores} \times n_{ventiladores} \times q_{ventiladores} \times \frac{t_{ventiladores}}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 2 \times 3 \times \left(\frac{18900}{3}\right) \times \frac{5,67}{6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 35658 \text{ W}$$

#### VII.1.4.7.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$	662,48 W
	$\dot{Q}_2$	1683,92 W
	$\dot{Q}_3$	539,15 W
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$	35814,53 W
	$\dot{Q}_8$	5623,20 W
	$\dot{Q}_9$	35658 W
	$\dot{Q}_{int}$	79981,28 W
	$\dot{Q}_{int}$	79,98 W

#### VII.1.4.8.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	79,98 kW
$t_{compressores}$	6 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{79,98 \times 6}{6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P_{int} = 79,98 \text{ kW}$$

#### VII.1.4.9.Potência frigorífica previsional

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 79,98 \Leftrightarrow P_{prev} = 83,98 \text{ kW}$$

### VII.1.5.Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado

<b>Comprimento</b>	19,14 m
<b>Largura</b>	24,13 m
<b>Altura</b>	9 m
<b>Área</b>	461,85 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	4156,64 m <sup>3</sup>
<b>Espessura do isolamento</b>	175 mm
<b>Espessura do isolamento de solo</b>	160 mm
<b>Temperatura da câmara</b>	- 25°C
<b>Humidade relativa</b>	90%

#### VII.1.5.1.Cargas térmicas através das paredes, teto e pavimento

<b>k<sub>poliuretano</sub></b>	0,022 W/m °C
<b>Espessura do isolamento</b>	175 mm
<b>Temperatura exterior</b>	+ 34 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	- 25 °C
<b>Temperatura do pavimento</b>	+ 20 °C
<b>q<sub>máx</sub></b>	8 W/m <sup>2</sup>
<b>h<sub>i</sub></b>	15 W/m <sup>2</sup> °C
<b>h<sub>e</sub></b>	30 W/m <sup>2</sup> °C

#### Resistência térmica – Paredes e teto

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} \Leftrightarrow R = \frac{1}{15} + \frac{0,175}{0,022} + \frac{1}{30} \Leftrightarrow R = 8,05 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$$

#### Resistência térmica – Pavimento

$$R = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_e} \Leftrightarrow R = \frac{1}{15} + \frac{0,160}{0,022} + \frac{1}{30} \Leftrightarrow R = 7,37 \text{ m}^2 \text{ °C/W}$$

#### Transmissão de calor – Paredes e teto

$$U = \frac{1}{R} \Leftrightarrow U = \frac{1}{8,05} \Leftrightarrow U = 0,124 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

### Transmissão de calor – Pavimento

$$U = \frac{1}{R} \Leftrightarrow U = \frac{1}{7,37} \Leftrightarrow U = 0,140 \text{ W/m}^2\text{C}$$

### Carga térmica através das paredes, teto e pavimento

	Dimensões das paredes	Área
<b>Parede A</b>	19,14 m × 9,00 m	172,26 m <sup>2</sup>
<b>Parede B</b>	24,13 m × 9,00 m	217,17 m <sup>2</sup>
<b>Parede C</b>	19,14 m × 9,00 m	172,26 m <sup>2</sup>
<b>Parede D</b>	24,13 m × 9,00 m	217,17 m <sup>2</sup>
<b>Teto</b>	19,14 m × 24,13 m	461,85 m <sup>2</sup>
<b>Pavimento</b>	19,14 m × 24,13 m	461,85 m <sup>2</sup>

### Paredes A e C

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} &= U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 0,124 \times 172,26 \times (34 - (-25)) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede A/C}} = 1260,26 \text{ W} \end{aligned}$$

### Paredes B e D

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} &= U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 0,124 \times 217,17 \times (34 - (-25)) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Parede B/D}} = 1588,82 \text{ W} \end{aligned}$$

### Teto

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} &= U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 0,124 \times 461,85 \times (34 - (-25)) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \dot{Q}_{1 \text{ Tecto}} = 3378,90 \text{ W} \end{aligned}$$

## Pavimento

$$\dot{Q}_{1\text{ Pavimento}} = U \times A \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{Q}_{1\text{ Pavimento}} = 0,140 \times 461,85 \times (20 - (-25)) \Leftrightarrow$$

$$\dot{Q}_{1\text{ Pavimento}} = 2909,66 \text{ W}$$

	$\dot{Q}_1$
<b>Parede A</b>	1260,26 W
<b>Parede B</b>	1588,82 W
<b>Parede C</b>	1260,26 W
<b>Parede D</b>	1588,82 W
<b>Teto</b>	3378,90 W
<b>Pavimento</b>	2909,66 W
<b>Total</b>	11986,72 W

### VII.1.5.2.Cargas térmicas devido à renovação de ar

<b>Volume interior da câmara</b>	4156,64 m <sup>3</sup>
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia específica do ar (câmara)</b>	-24,258KJ/kg

### Taxa de renovação de ar

$$n = \frac{70}{\sqrt{V}} \Leftrightarrow n = \frac{70}{\sqrt{4156,64}} \Leftrightarrow n = 1,09$$

### Caudal volumétrico de ar exterior

$$V_{dia} = n \times V \Leftrightarrow V_{dia} = 1,09 \times 4156,64 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{dia} = 4530,74 \text{ m}^3$$

### Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara frigorífica

$$\dot{m} = \frac{V_{dia}}{v_e \times 86400} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{4530,74}{0,814 \times 86400} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m} = 0,065 \text{ Kg/s}$$

### Carga térmica devido à renovação de ar

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} \times \Delta h \Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 0,065 \times (25253 - (-24258)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_2 = 3218,22 \text{ W}$$

### VII.1.5.3.Cargas térmicas devido à abertura de portas

<b>Duração média de abertura de portas</b>	6 min/ton
<b>Entalpia específica do ar (entrepasto)</b>	25,253 KJ/kg
<b>Entalpia do ar (câmara)</b>	-24,258 KJ/kg
<b>Volume específico do ar (entrepasto)</b>	0,814 m <sup>3</sup> /kg
<b>Volume específico do ar interior (câmara)</b>	0,703 m <sup>3</sup> /kg
<b>Temperatura do entreposto</b>	+ 12 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	- 25 °C
<b>Largura da porta</b>	2,60 m
<b>Altura da porta</b>	2,60 m
<b>Coefficiente minorante (sem lamelas)</b>	1
<b>Fluxo diário de produto</b>	21300 kg

## Fluxo diário de produto

O fluxo diário de matéria-prima que é introduzido na câmara frigorífica produto acabado – bacalhau demolhado ultracongelado, definido anteriormente, é 21,30 toneladas.

$$f_d = 21,30 \text{ toneladas}$$

## Duração média de abertura de portas

$d_{ton} = 6$ – Porta manual, produtos paletizados

## Tempo de abertura de portas

$$t_{ab} = d_{ton} \times \frac{f_d}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 6 \times \frac{21,30}{24} \Leftrightarrow t_{ab} = 5,33 \text{ min/h}$$

A

$$A = (h_e - h_i) \times \left[ H \times \left( 1 - \frac{v_i}{v_e} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = (25,253 - (-24,258)) \times \left[ 2,6 \times \left( 1 - \frac{0,703}{0,814} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A = 29,48 \text{ Kj m/Kg}$$

## Carga térmica devido à abertura de portas

$$\dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{t_{ab}}{v_i} \times L \times H \times A \times C \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_3 = 8 + (0,067 \times (12 - (-25))) \times \frac{5,33}{0,703} \times 2,6 \times 2,6 \times 29,48 \times 1 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_3 = 3753,61 \text{ W}$$

#### VII.1.5.4.Cargas térmicas devido ao produto armazenado

Considerou-se que no processo de vidragem há um aumento de temperatura do produto devido à temperatura da água a que se encontra a água de vidragem.

<b>Temperatura de entrada de produto</b>	- 20 °C
<b>Temperatura da câmara</b>	- 25 °C
<b>Massa de produto introduzida por dia</b>	21300 kg
<b>Calor específico acima da temp. de congelação</b>	1872 J/kg °C

$$\dot{Q}_4 = \frac{m \times cp_2 \times (T_3 - T_2)}{86400} \Leftrightarrow \dot{Q}_4 = \frac{21300 \times 1872 \times (-20 - (-25))}{86400} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_4 = 2307,50 \text{ W}$$

#### VII.1.5.5.Cargas térmicas devido à iluminação

<b>Área</b>	461,85 m <sup>2</sup>
<b>D</b>	6 W/ m <sup>2</sup>
<b>t<sub>lâmpadas</sub></b>	1 hora/dia

$$\dot{Q}_5 = A \times D \times \frac{t_{lâmpadas}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 461,85 \times 6 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_5 = 115,46 \text{ W}$$

#### VII.1.5.6.Cargas térmicas devido aos trabalhadores

<b>Número de trabalhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência na câmara</b>	1 hora/dia
<b>Temperatura da câmara</b>	- 25 °C
<b>Calor libertado por pessoa</b>	420 W

$$\dot{Q}_6 = n_{pessoas} \times q_{pessoas} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 1 \times 420 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_6 = 17,50 \text{ W}$$

#### VII.1.5.7.Cargas térmicas devido aos equipamentos nas câmaras frigoríficas

<b>Número de empilhadores</b>	1
<b>Tempo de permanência</b>	1 hora/dia
<b>Calor libertado por empilhador</b>	7500 W

$$\dot{Q}_7 = n_{empilhadores} \times q_{empilhadores} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 1 \times 7500 \times \frac{1}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_7 = 312,50 \text{ W}$$

#### VII.1.5.8.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	11986,72 W
$\dot{Q}_2$	3218,22 W
$\dot{Q}_3$	3753,61 W
$\dot{Q}_4$	2307,50 W
$\dot{Q}_5$	115,46 W
$\dot{Q}_6$	17,50 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	<b>21711,26 W</b>

Como a temperatura na câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado é muito optou-se por considerar descongelações de 6 em 6 horas por um período de 20 minutos cada, ou seja, mais duas descongelações do que nas restantes câmaras frigoríficas.

<b>Evaporador</b>	DXL/E 12P2/31
<b>Número de evaporadores</b>	4 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	6 descongelações
<b>Resistências</b>	19200 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 4 \times 19200 \times \frac{2}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 6400 \text{ W}$$

#### VII.1.5.9.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DXL/E 12P2/31
<b>Número de evaporadores</b>	4 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	2000 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{evaporadores} \times n_{ventiladores} \times q_{ventiladores} \times \frac{t_{ventiladores}}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 4 \times 2 \times \frac{(2000)}{2} \times \frac{22}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 7333,33 \text{ W}$$

#### VII.1.5.10.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

<b>Q<sub>externas</sub></b>	<b>Q<sub>1</sub></b>	11986,72 W
	<b>Q<sub>2</sub></b>	3218,22 W
	<b>Q<sub>3</sub></b>	3753,61 W
<b>Q<sub>internas</sub></b>	<b>Q<sub>4</sub></b>	2307,5 W
	<b>Q<sub>5</sub></b>	115,46 W
	<b>Q<sub>6</sub></b>	17,50 W
	<b>Q<sub>7</sub></b>	312,25 W
	<b>Q<sub>8</sub></b>	6400 W
	<b>Q<sub>9</sub></b>	7333,33 W
	<b>Q<sub>int</sub></b>	35444,59 W
<b>Q<sub>int</sub></b>	35,45 kW	

### VII.1.5.11.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	35,45 kW
$t_{compressores}$	16 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{35,45 \times 24}{16} \Leftrightarrow P_{int} = 53,18 \text{ kW}$$

### VII.1.5.12.Potência frigorífica previsual

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 53,18 \Leftrightarrow P_{prev} = 55,84 \text{ kW}$$

## VII.2. Instalação frigorífica a bombeamento de amoníaco

As únicas diferenças entre o balanço térmico da instalação frigorífica a expansão direta ou a bombeamento de amoníaco, são os dados relativos aos evaporados, ou seja, os motoventiladores e as descongelações. Desta forma, optou-se por apenas por apresentar os valores relativos a estas diferenças.

### VII.2.1.Câmara frigorífica de receção de matéria-prima – Bacalhau fresco

#### VII.2.1.1.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	24462,63 W
$\dot{Q}_2$	1511,35 W
$\dot{Q}_3$	392,93 W
$\dot{Q}_4$	75000 W
$\dot{Q}_5$	241,81 W
$\dot{Q}_6$	11,25 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	<b>101931,47 W</b>

#### Seleção do evaporador

<b>Evaporador</b>	DDCI 4/24.541
<b>Número de evaporadores</b>	3 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	4 descongelações
<b>Resistências</b>	63000 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 3 \times 63000 \times \frac{1,34}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 10552,50 W$$

#### VII.2.1.2.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DDCI 4/24.541
<b>Número de evaporadores</b>	3 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	5400 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22,66 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{evaporadores} \times n_{ventiladores} \times q_{ventiladores} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 3 \times 4 \times \left(\frac{5400}{4}\right) \times \frac{22,66}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 15295,50 \text{ W}$$

### VII.2.1.3.Carga térmica intermédia final

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$	24462,63 W
	$\dot{Q}_2$	1511,35 W
	$\dot{Q}_3$	392,93 W
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$	75000 W
	$\dot{Q}_5$	241,81 W
	$\dot{Q}_6$	11,25 W
	$\dot{Q}_7$	312,50 W
	$\dot{Q}_8$	10552,50 W
	$\dot{Q}_9$	15295,50 W
	$\dot{Q}_{int}$	127779,47 W
	$\dot{Q}_{int}$	127,78 W

### VII.2.1.4.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	127,78 kW
$t_{compressores}$	18 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{127,78 \times 24}{18} \Leftrightarrow P_{int} = 170,37 \text{ kW}$$

### VII.2.1.5.Potência frigorífica previsional

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 170,37 \Leftrightarrow P_{prev} = 178,89 \text{ kW}$$

### VII.2.2.Câmara frigorífica de maturação – Bacalhau salgado verde

#### VII.2.2.1.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	18321,10 W
$\dot{Q}_2$	1257,49 W
$\dot{Q}_3$	216,62 W
$\dot{Q}_4$	19525 W
$\dot{Q}_5$	199,01 W
$\dot{Q}_6$	10,25 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	<b>39841,97 W</b>

<b>Evaporador</b>	DDCI 1/24.90
<b>Número de evaporadores</b>	5 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	4 descongelações
<b>Resistências</b>	14850 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 5 \times 14850 \times \frac{1,34}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 4150 \text{ W}$$

#### VII.2.2.2.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DDCI 1/24.90
<b>Número de evaporadores</b>	5 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	1350 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22,66 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{evaporadores} \times n_{ventiladores} \times q_{ventiladores} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 5 \times 1 \times (1350) \times \frac{22,66}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 6373,13 \text{ W}$$

### VII.2.2.3.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$	18321,10 W
	$\dot{Q}_2$	1257,49 W
	$\dot{Q}_3$	216,62 W
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$	19525 W
	$\dot{Q}_5$	199,01 W
	$\dot{Q}_6$	10,25 W
	$\dot{Q}_7$	312,50 W
	$\dot{Q}_8$	4150 W
	$\dot{Q}_9$	6373,13 W
	$\dot{Q}_{int}$	50365,10 W
	$\dot{Q}_{int}$	50,37 W

### VII.2.2.4.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	50,37 kW
$t_{compressores}$	18 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{50,37 \times 24}{18} \Leftrightarrow P_{int} = 67,16 \text{ kW}$$

### VII.2.2.5.Potência frigorífica previsional

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 67,16 \Leftrightarrow P_{prev} = 70,52 \text{ kW}$$

### VII.2.3.Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco

#### VII.2.3.1.Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	4814,51 W
$\dot{Q}_2$	520,24 W
$\dot{Q}_3$	83,87 W
$\dot{Q}_4$	5687,50 W
$\dot{Q}_5$	35,01 W
$\dot{Q}_6$	10,25 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	<b>11463,88 W</b>

<b>Evaporador</b>	DDI 3/20.108
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	4 descongelações
<b>Resistências</b>	11040 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 2 \times 11040 \times \frac{1,34}{24} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 1232,80 \text{ W}$$

#### VII.2.3.2.Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DDI 3/20.108
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	2250 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22,66 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{evaporadores} \times n_{ventiladores} \times q_{ventiladores} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 2 \times 3 \times \frac{(2250)}{3} \times \frac{22,66}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 4248,75 \text{ W}$$

### VII.2.3.3.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$	4814,51 W
	$\dot{Q}_2$	520,24 W
	$\dot{Q}_3$	83,87 W
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$	5687,50 W
	$\dot{Q}_5$	241,81 W
	$\dot{Q}_6$	10,25 W
	$\dot{Q}_7$	312,50 W
	$\dot{Q}_8$	1232,80 W
	$\dot{Q}_9$	4248,75 W
	$\dot{Q}_{int}$	16945,43 W
	$\dot{Q}_{int}$	16,95 W

### VII.2.3.4.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	16,95 kW
$t_{compressores}$	18 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{16,95 \times 24}{18} \Leftrightarrow P_{int} = 22,60 \text{ kW}$$

### VII.2.3.5. Potência frigorífica previewal

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 22,60 \Leftrightarrow P_{prev} = 23,73 \text{ kW}$$

## VII.2.4. Túneis de ultracongelação – Bacalhau demolhado

### VII.2.4.1. Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	662,48 W
$\dot{Q}_2$	1683,92 W
$\dot{Q}_3$	539,15 W
$\dot{Q}_4$	35814,53 W
<b>Total intermédio</b>	<b>38700,08 W</b>

<b>Evaporador</b>	BSUSI 16.406 M
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações por ciclo</b>	1 descongelação
<b>Resistências</b>	63000 W

$$\dot{Q}_8 = n_{evaporadores} \times q_{resistências} \times \frac{t_{descongelação}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 2 \times 63000 \times \frac{0,33}{6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 6930 \text{ W}$$

### VII.2.4.2. Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	BSUSI 16.406 M
<b>Número de evaporadores</b>	2 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	18900 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	5,67 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{evaporadores} \times n_{ventiladores} \times q_{ventiladores} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 2 \times 3 \times \left(\frac{18900}{3}\right) \times \frac{5,67}{6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 35658 \text{ W}$$

### VII.2.4.3.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$	662,48 W
	$\dot{Q}_2$	1683,92 W
	$\dot{Q}_3$	539,15 W
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$	35814,53 W
	$\dot{Q}_8$	6930 W
	$\dot{Q}_9$	35658 W
	$\dot{Q}_{int}$	81288,08 W
	$\dot{Q}_{int}$	81,29 W

### VII.2.4.4.Potência frigorífica

$\dot{Q}_{int}$	81,29 kW
$t_{compressores}$	6 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{81,29 \times 6}{6} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P_{int} = 81,29 \text{ kW}$$

### VII.2.4.5.Potência frigorífica previsional

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 81,29 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow P_{prev} = 85,35 \text{ kW}$$

## VII.2.5. Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolido ultracongelado

### VII.2.5.1. Cargas térmicas devido às resistências de descongelação dos evaporadores

$\dot{Q}_1$	11986,72 W
$\dot{Q}_2$	3218,22 W
$\dot{Q}_3$	3753,61 W
$\dot{Q}_4$	2307,50 W
$\dot{Q}_5$	115,46 W
$\dot{Q}_6$	17,50 W
$\dot{Q}_7$	312,50 W
<b>Total intermédio</b>	<b>21711,26 W</b>

Como a temperatura na câmara frigorífica de produto acabado – bacalhau demolido ultracongelado é muito optou-se por considerar descongelações de 6 em 6 horas por um período de 20 minutos cada, ou seja, mais duas descongelações do que nas restantes câmaras frigoríficas.

<b>Evaporador</b>	DDLI 2/24.147
<b>Número de evaporadores</b>	4 Evaporadores
<b>Tempo de descongelação</b>	20 Minutos
<b>Número de descongelações diárias</b>	6 descongelações
<b>Resistências</b>	21000 W

$$\dot{Q}_8 = n_{\text{evaporadores}} \times q_{\text{resistências}} \times \frac{t_{\text{descongelação}}}{24} \Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 4 \times 21000 \times \frac{2}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_8 = 7000 \text{ W}$$

### VII.2.5.2. Carga térmica devida aos ventiladores dos evaporadores

<b>Evaporador</b>	DDLI 2/24.147
<b>Número de evaporadores</b>	4 Evaporadores
<b>Potência dos ventiladores</b>	2700 W
<b>Horas de funcionamento dos ventiladores</b>	22 horas

$$\dot{Q}_9 = n_{evaporadores} \times n_{ventiladores} \times q_{ventiladores} \times \frac{t}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 4 \times 2 \times \frac{(2700)}{2} \times \frac{22}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q}_9 = 9900 \text{ W}$$

### VII.2.5.3.Carga térmica intermédia

$$\dot{Q}_{int} = \Sigma \dot{Q}_{internas} + \Sigma \dot{Q}_{externas}$$

Na seguinte tabela apresentam-se os valores das cargas térmicas calculadas.

$\dot{Q}_{externas}$	$\dot{Q}_1$	11986,72 W
	$\dot{Q}_2$	3218,22 W
	$\dot{Q}_3$	3753,61 W
$\dot{Q}_{internas}$	$\dot{Q}_4$	2307,5 W
	$\dot{Q}_5$	115,46 W
	$\dot{Q}_6$	17,50 W
	$\dot{Q}_7$	312,25 W
	$\dot{Q}_8$	7000 W
	$\dot{Q}_9$	9900 W
	$\dot{Q}_{int}$	38611,26 W
	$\dot{Q}_{int}$	38,61 W

### VII.2.5.4.Potência frigorífica

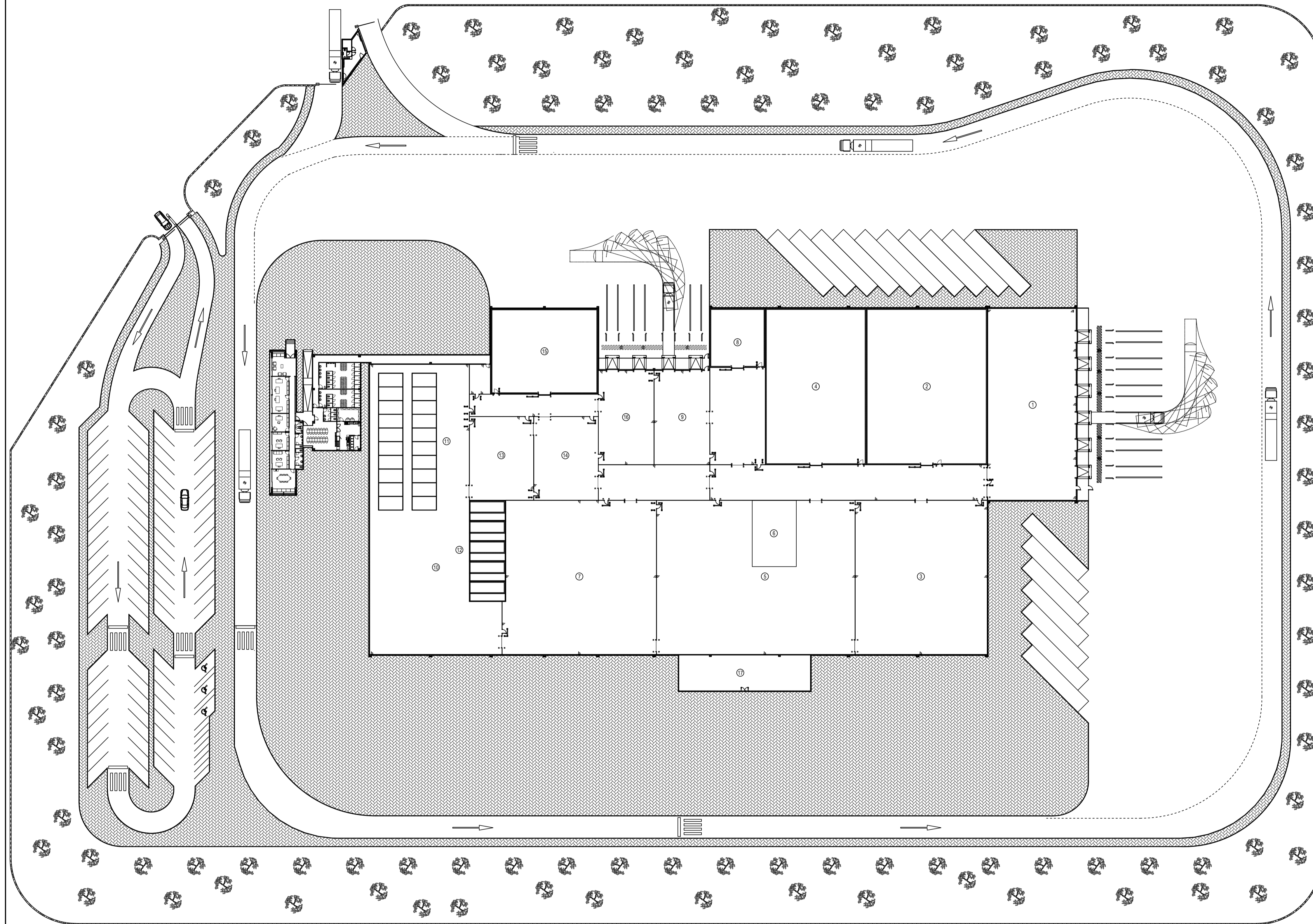
$\dot{Q}_{int}$	38,61 kW
$t_{compressores}$	16 horas

$$P_{int} = \frac{\dot{Q}_{int} \times 24}{t_{compressores}} \Leftrightarrow P_{int} = \frac{38,61 \times 24}{16} \Leftrightarrow P_{int} = 57,92 \text{ kW}$$

### VII.2.5.5.Potência frigorífica previsional

$$P_{prev} = 1,05 \times P_{int} \Leftrightarrow P_{prev} = 1,05 \times 57,92 \Leftrightarrow P_{prev} = 60,82 \text{ kW}$$

## **Anexo VIII – Plantas do entreposto frigorífico e planos de estivagem**



- LEGENDA:
1. Casa de recepção - Bacalhau fresco
  2. Câmara de recepção de matéria-prima
  3. Sala de trabalho - Escala, lavagem e adição de sal
  4. Câmara de maturação
  5. Sala de trabalho - Remoção de sal e colocação em tabuleiro
  6. Túnel de secagem
  7. Sala de trabalho - Corte, seleção, embalagem e pesagem
  8. Câmara de produto acabado - Bacalhau salgado seco
  9. Casa de expedição - Bacalhau salgado seco
  10. Sala de trabalho - Demolha
  11. Tanques de demolha
  12. Túnel de ultracongelamento
  13. Sala de trabalho - Vidragem
  14. Sala de trabalho - Pesagem e embalagem
  15. Câmara de produto acabado - Bacalhau demolido ultracongelado
  16. Casa de expedição - Bacalhau demolido ultracongelado
  17. Sala das misturas

**ISEL** INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
 RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO: **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE: **ISEL**

PROJECTO: **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

LOCAL: **AVEIRO**

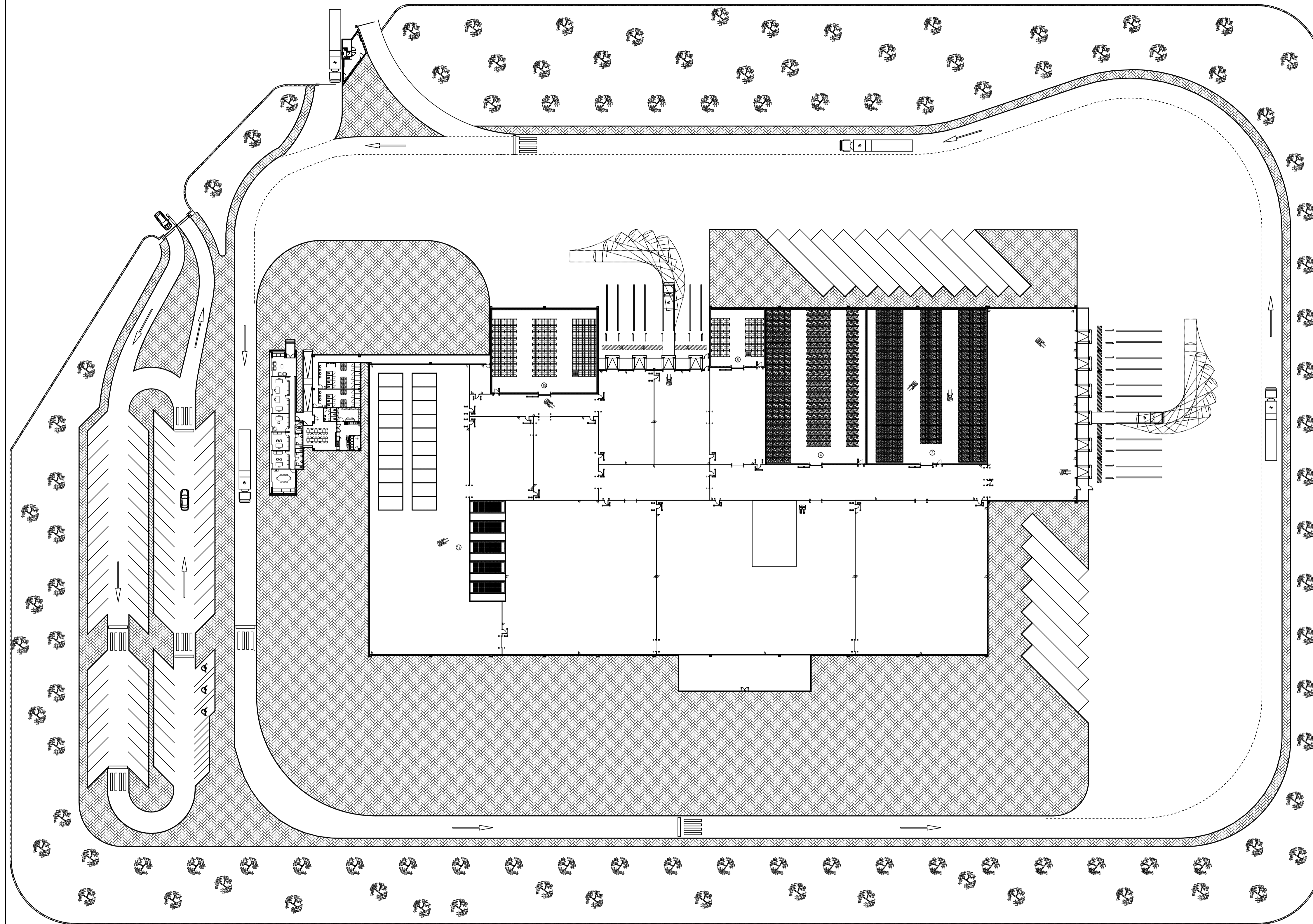
FASE: **PROJECTO**

PEÇA DESENHADA: **DESIGNAÇÃO DOS ESPAÇOS PLANTA**

DATA: 29.12.2013	ESCALA: 1/50	Nº DESENHO: 1
------------------	--------------	---------------

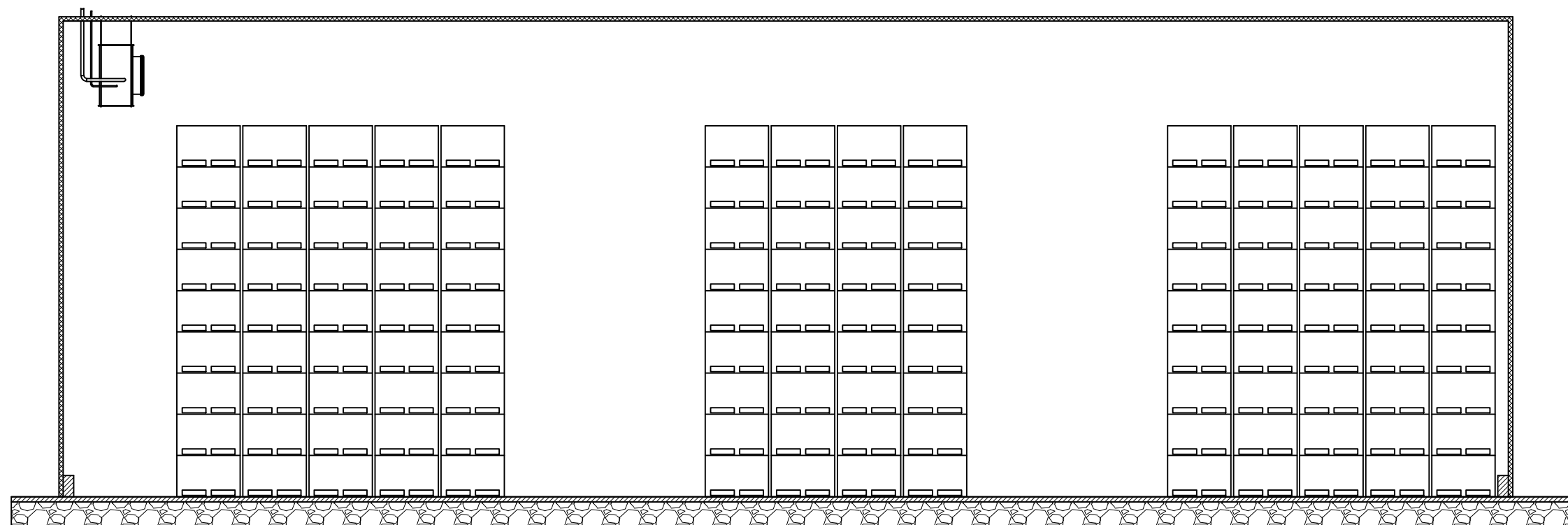
ASSINATURA

COPYRIGHT



- LEGENDA:
1. Casa de recepção - Bacalhau fresco
  2. Câmara de recepção de matéria-prima
  3. Sala de trabalho - Escala, lavagem e adição de sal
  4. Câmara de maturação
  5. Sala de trabalho - Remoção de sal e colocação em tabuleiro
  6. Túnel de secagem
  7. Sala de trabalho - Corte, seleção, embalagem e pesagem
  8. Câmara de produto acabado - Bacalhau salgado seco
  9. Casa de expedição - Bacalhau salgado seco
  10. Sala de trabalho - Demolha
  11. Tanques de demolha
  12. Túnel de ultracongelamento
  13. Sala de trabalho - Vidragem
  14. Sala de trabalho - Pesagem e embalagem
  15. Câmara de produto acabado - Bacalhau demolhado ultracongelado
  16. Casa de expedição - Bacalhau demolhado ultracongelado
  17. Sala das misturas

 INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA		
ENGENHEIRO	JAIME GONÇALVES CORTES	
CLIENTE	ISEL	
PROJECTO	SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS	
LOCAL	AVEIRO	
FASE	PROJECTO	
PEÇA DESENHADA	PLANOS DE ESTIVAGEM PLANTA	
DATA	29.12.2013	ESCALA 1/50
ASSINATURA		Nº DESENHO 2



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES  
FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

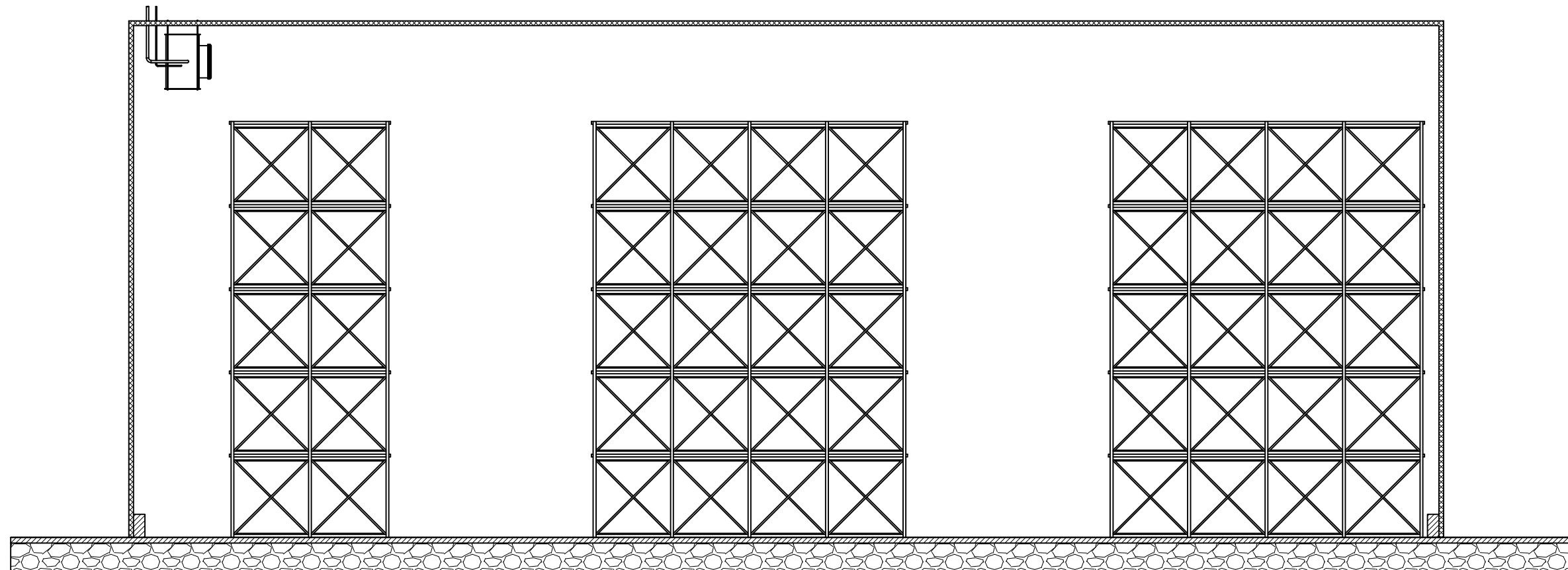
LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**

PEÇA DESENHADA **PLANOS DE ESTIVAGEM - CÂMARA DE RECEPÇÃO  
MATÉRIA PRIMA**

DATA	29.12.2013	ESCALA	S.Esc.	Nº DESENHO	3
------	------------	--------	--------	------------	---

ASSINATURA



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES  
FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

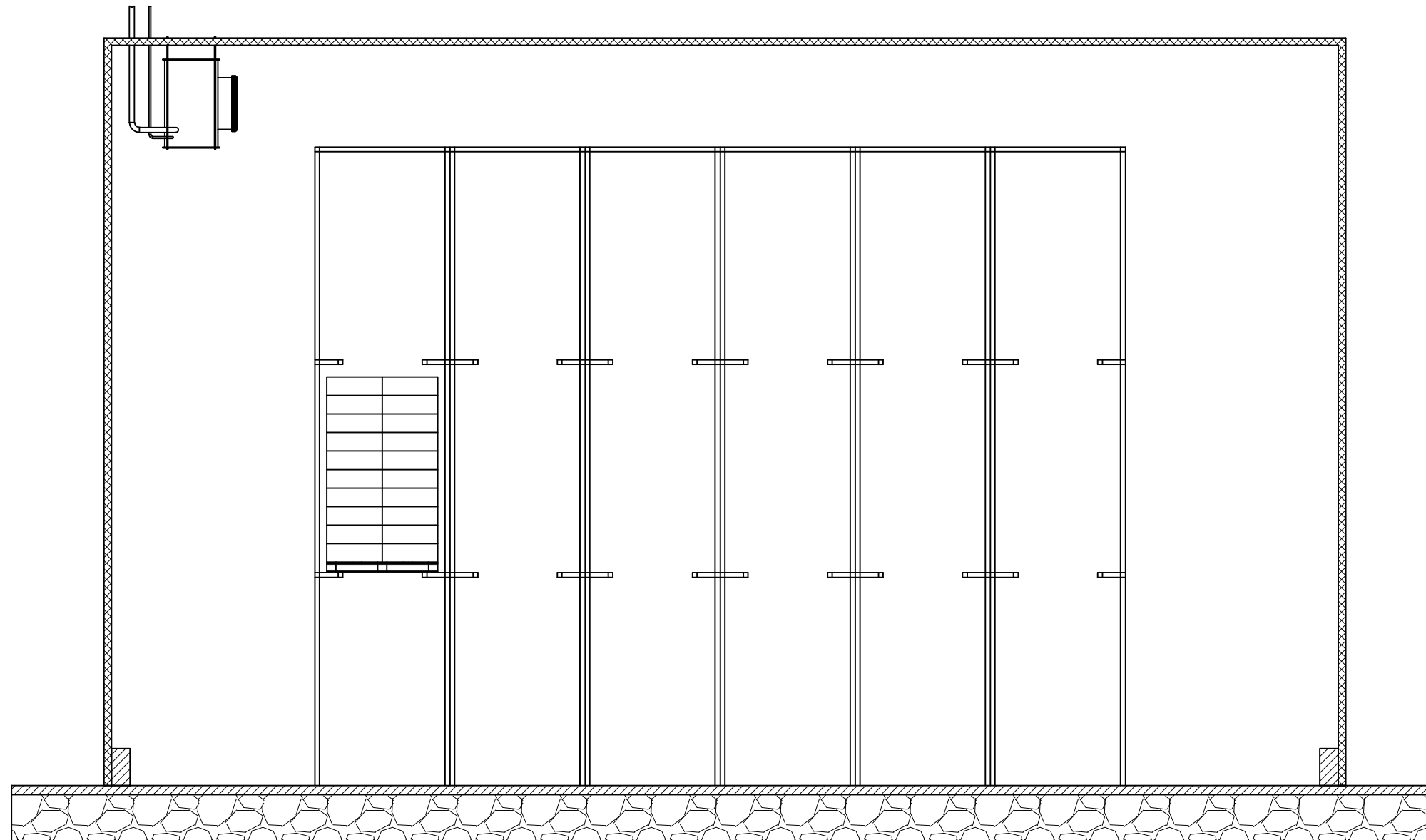
LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**

PEÇA DESENHADA **PLANOS DE ESTIVAGEM - CÂMARA DE MATURAÇÃO**

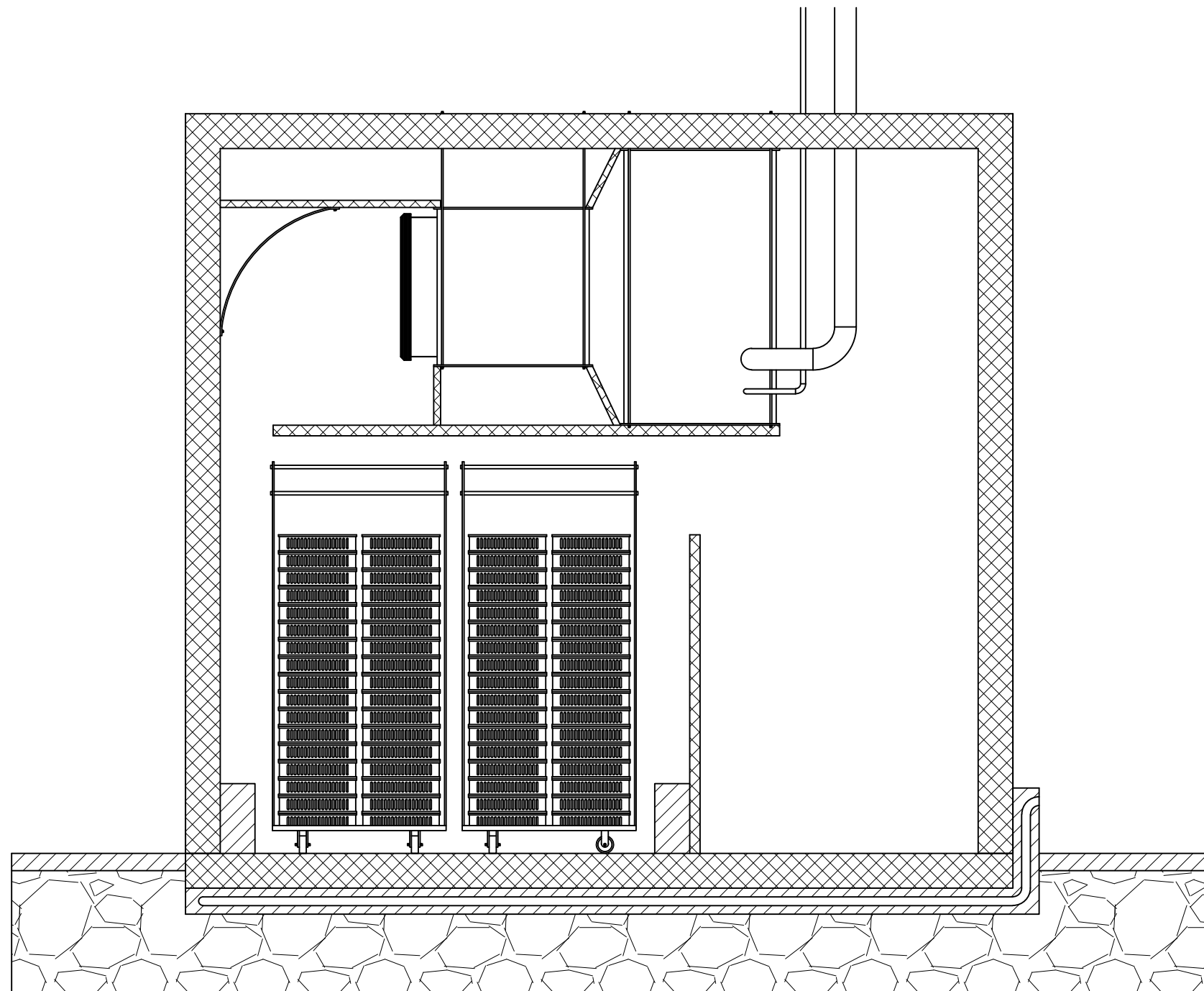
DATA	29.12.2013	ESCALA	S.Esc.	Nº DESENHO	4
------	------------	--------	--------	------------	---

ASSINATURA



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO	<b>JAIME GONÇALVES CORTES</b>	
CLIENTE	<b>ISEL</b>	
PROJECTO	SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS	
LOCAL	<b>AVEIRO</b>	
FASE	<b>PROJECTO</b>	
PEÇA DESENHADA	<b>PLANOS DE ESTIVAGEM - CÂMARA DE PRODUTO ACABADO - BACALHAU SALGADO SECO</b>	
DATA	29.12.2013	ESCALA S.Esc. Nº DESENHO 5
ASSINATURA		
COPYRIGHT		



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

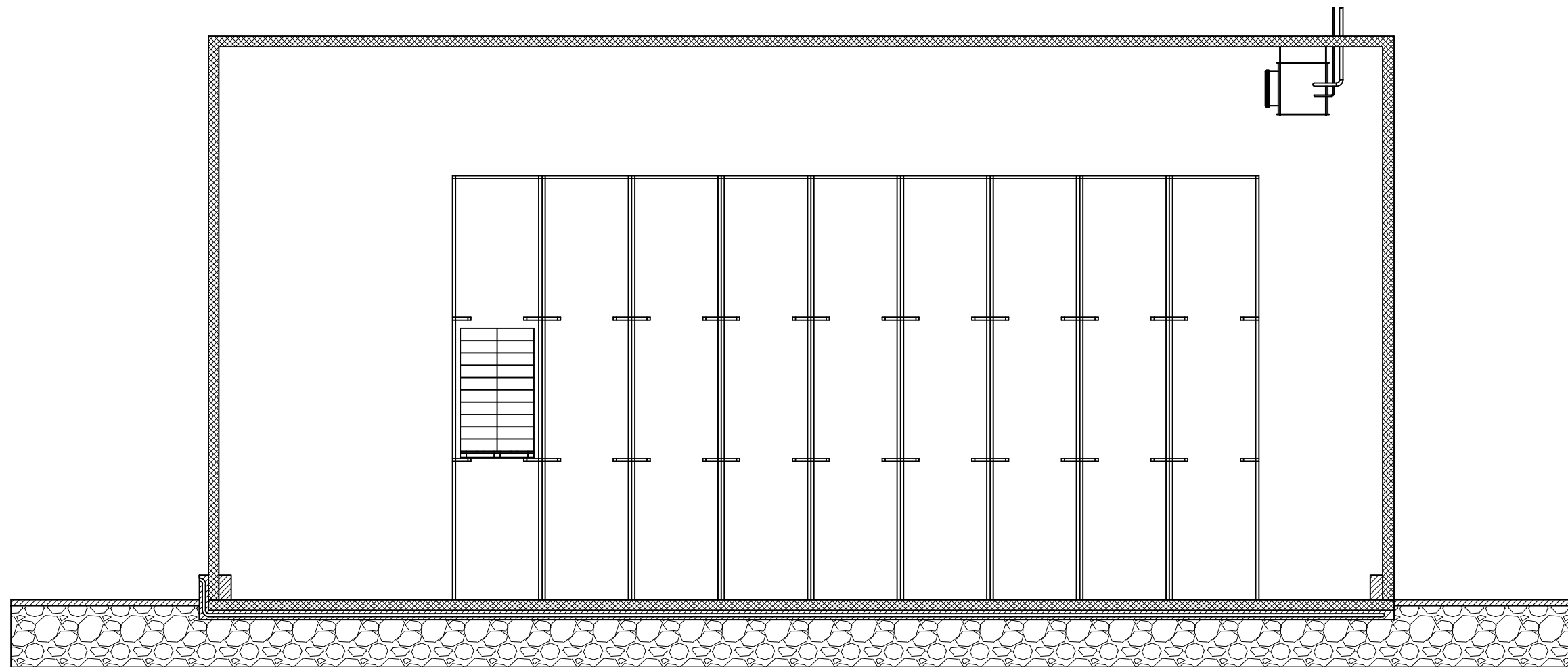
LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**


PEÇA DESENHADA **PLANOS DE ESTIVAGEM - TÚNEIS DE ULTRACONGELAÇÃO**

DATA	29.12.2013	ESCALA	S.Esc.	Nº DESENHO	6
------	------------	--------	--------	------------	---

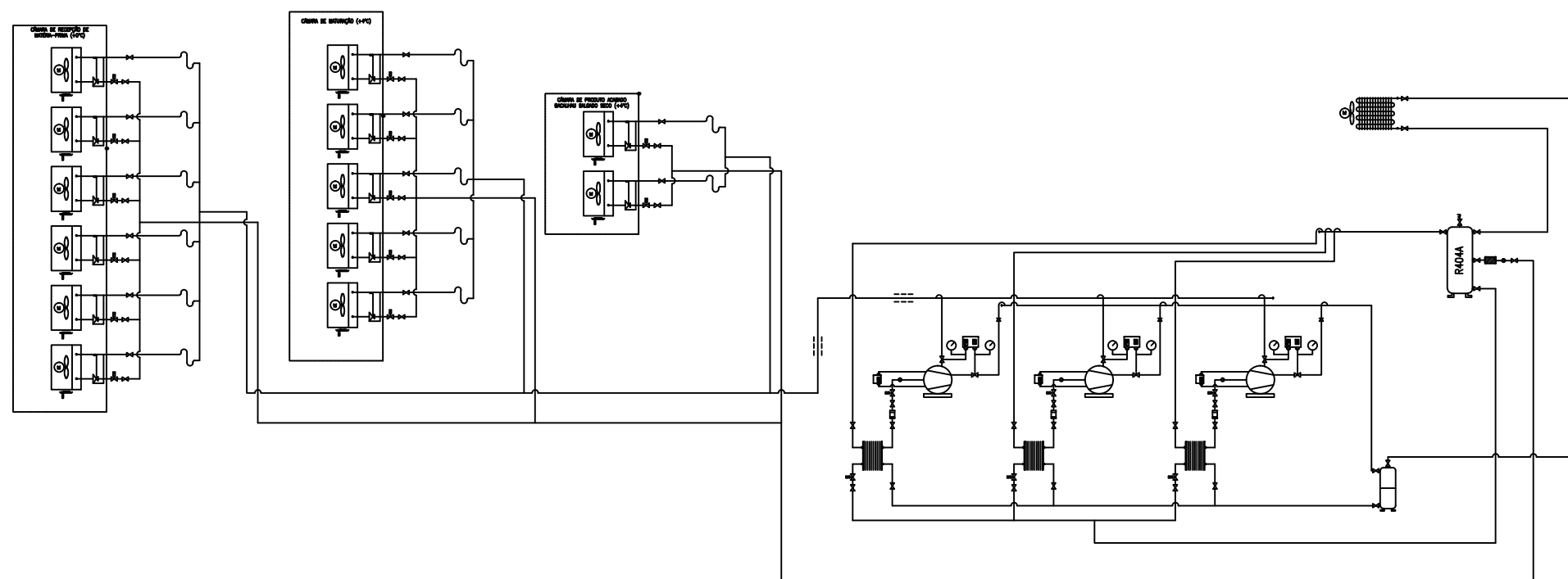
ASSINATURA



PACAB-BDU

 INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA		
ENGENHEIRO	JAIME GONÇALVES CORTES	
CLIENTE	ISEL	
PROJECTO	SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS	
LOCAL	AVEIRO	
FASE	PROJECTO	
PEÇA DESENHADA	PLANOS DE ESTIVAGEM - CÂMARA DE PRODUTO ACABADO - BACALHAU ULTRACONGELADO DEM.	
DATA	ESCALA	Nº DESENHO
29.12.2013	S.Esc.	7
ASSINATURA		
COPYRIGHT		

## **IX – Esquemas de princípio**



SIMBOLOGIA:

-  - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO DE LINHA
-  - VÁLVULA SOLENÓIDE
-  - VÁLVULA ANTI-RETORNO
-  - VISOR DE LÍQUIDO
-  - FILTRO
-  - FILTRO DE ÓLEO
-  - PRESSOSTATO DE ALTA E BAIXA PRESSÃO
-  - PRESSOSTATO DIFERENCIAL DE ÓLEO
-  - ISOLAMENTO
-  - VÁLVULA DE EXPANSÃO TERMOSTÁTICA
-  - RESISTÊNCIA ELÉCTRICA
-  - EVAPORADOR
-  - CONDENSADOR
-  - SEPARADOR/DEPÓSITO DE ÓLEO
-  - VÁLVULA DE SEGURANÇA
-  - DEPÓSITO DE LÍQUIDO
-  - PERMUTADOR DE PLACAS/ECONOMIZADOR



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

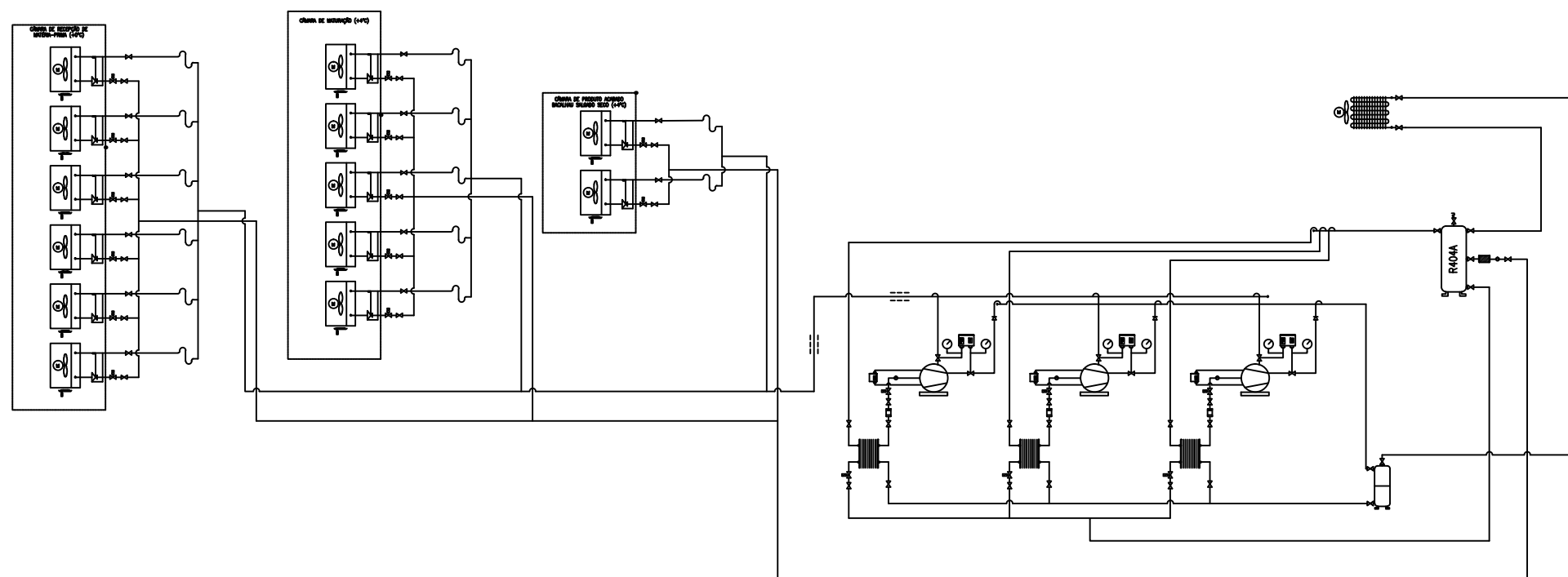
LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**




PEÇA DESENHADA **ESQUEMA DE PRINCÍPIO - CIRCUITO DE REFRIGERADOS - R404A**

DATA	29.12.2013	ESCALA	S.Esc.	Nº DESENHO	8
------	------------	--------	--------	------------	---

ASSINATURA



SIMBOLOGIA:

-  - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO DE LINHA
-  - VÁLVULA SOLENÓIDE
-  - VÁLVULA ANTI-RETORNO
-  - VISOR DE LÍQUIDO
-  - FILTRO
-  - FILTRO DE ÓLEO
-  - PRESSOSTATO DE ALTA E BAIXA PRESSÃO
-  - PRESSOSTATO DIFERENCIAL DE ÓLEO
-  - ISOLAMENTO
-  - VÁLVULA DE EXPANSÃO TERMOSTÁTICA
-  - RESISTÊNCIA ELÉCTRICA
-  - EVAPORADOR
-  - CONDENSADOR
-  - SEPARADOR/DEPÓSITO DE ÓLEO
-  - VÁLVULA DE SEGURANÇA
-  - DEPÓSITO DE LÍQUIDO
-  - PERMUTADOR DE PLACAS/ECONOMIZADOR



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**

PEÇA DESENHADA **ESQUEMA DE PRINCÍPIO - CIRCUITO DE REFRIGERADOS - R134A**

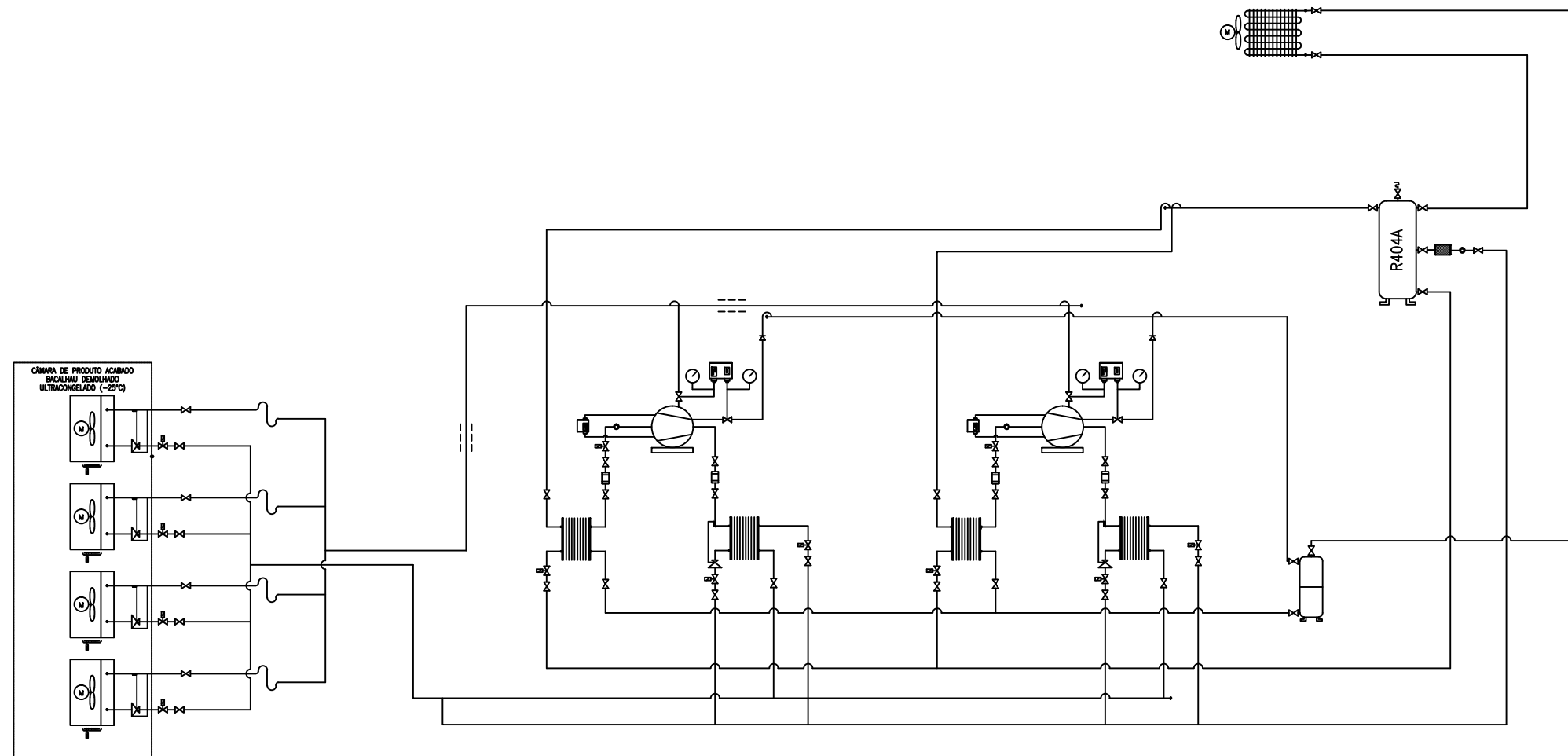
DATA 29.12.2013	ESCALA S.Esc.	Nº DESENHO 9
--------------------	------------------	-----------------

ASSINATURA



SIMBOLOGIA:

-  - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO DE LINHA
-  - VÁLVULA SOLENÓIDE
-  - VÁLVULA ANTI-RETORNO
-  - VISOR DE LÍQUIDO
-  - FILTRO
-  - FILTRO DE ÓLEO
-  - PRESSOSTATO DE ALTA E BAIXA PRESSÃO
-  - PRESSOSTATO DIFERENCIAL DE ÓLEO
-  - ISOLAMENTO
-  - VÁLVULA DE EXPANSÃO TERMOSTÁTICA
-  - RESISTÊNCIA ELÉCTRICA
-  - EVAPORADOR
-  - CONDENSADOR
-  - SEPARADOR/DEPÓSITO DE ÓLEO
-  - VÁLVULA DE SEGURANÇA
-  - DEPÓSITO DE LÍQUIDO
-  - PERMUTADOR DE PLACAS/ECONOMIZADOR



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

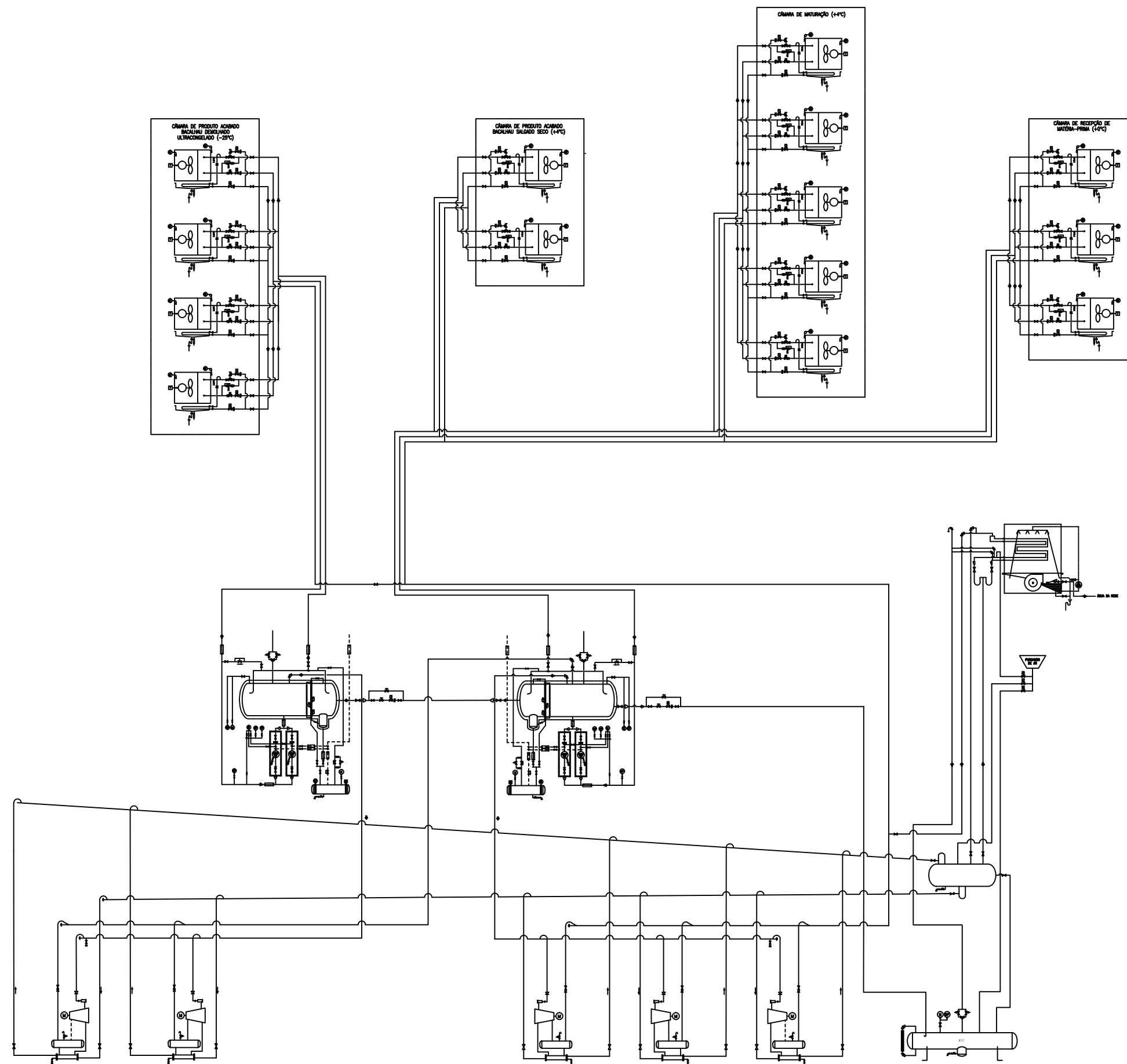
LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**




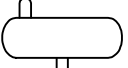

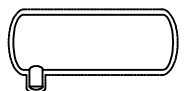
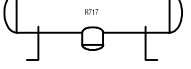















PEÇA DESENHADA **ESQUEMA DE PRINCÍPIO - CIRCUITO DE CONGELADOS - R404A**

DATA	29.12.2013	ESCALA	S.Esc.	Nº DESENHO	11
------	------------	--------	--------	------------	----

ASSINATURA



SIMBOLOGIA:

-  - COMPRESSOR
-  - EVAPORADOR
-  - CONDENSADOR EVAPORATIVO
-  - DEPÓSITO TERMOSIFÃO
-  - BOMBAS
-  - SEPARADOR DE LÍQUIDO
-  - DEPÓSITO DE LÍQUIDO
-  - RESISTÊNCIA DE ESGOTO
-  - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO DE LINHA
-  - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO EM ÂNGULO
-  - VÁLVULA DE REGULAÇÃO MANUAL DE CAUDAL
-  - VÁLVULA DE RETENÇÃO
-  - VÁLVULA DE PURGA DE ÓLEO
-  - VÁLVULA DE SEGURANÇA
-  - FILTRO
-  - VÁLVULA ELÉCTRICA DE DUAS VIAS
-  - VÁLVULA ELÉCTRICA NORMALMENTE ABERTA
-  - VÁLVULA DE REGULAÇÃO DE PRESSÃO
-  - VÁLVULA REGULAÇÃO AUTOMÁTICA DE CAUDAL
-  - Sonda de temperatura, humidade ou pressão
-  - TERMOSTATO, HIGROSTATO OU FLUXOSTATO
-  - MANÓMETRO



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

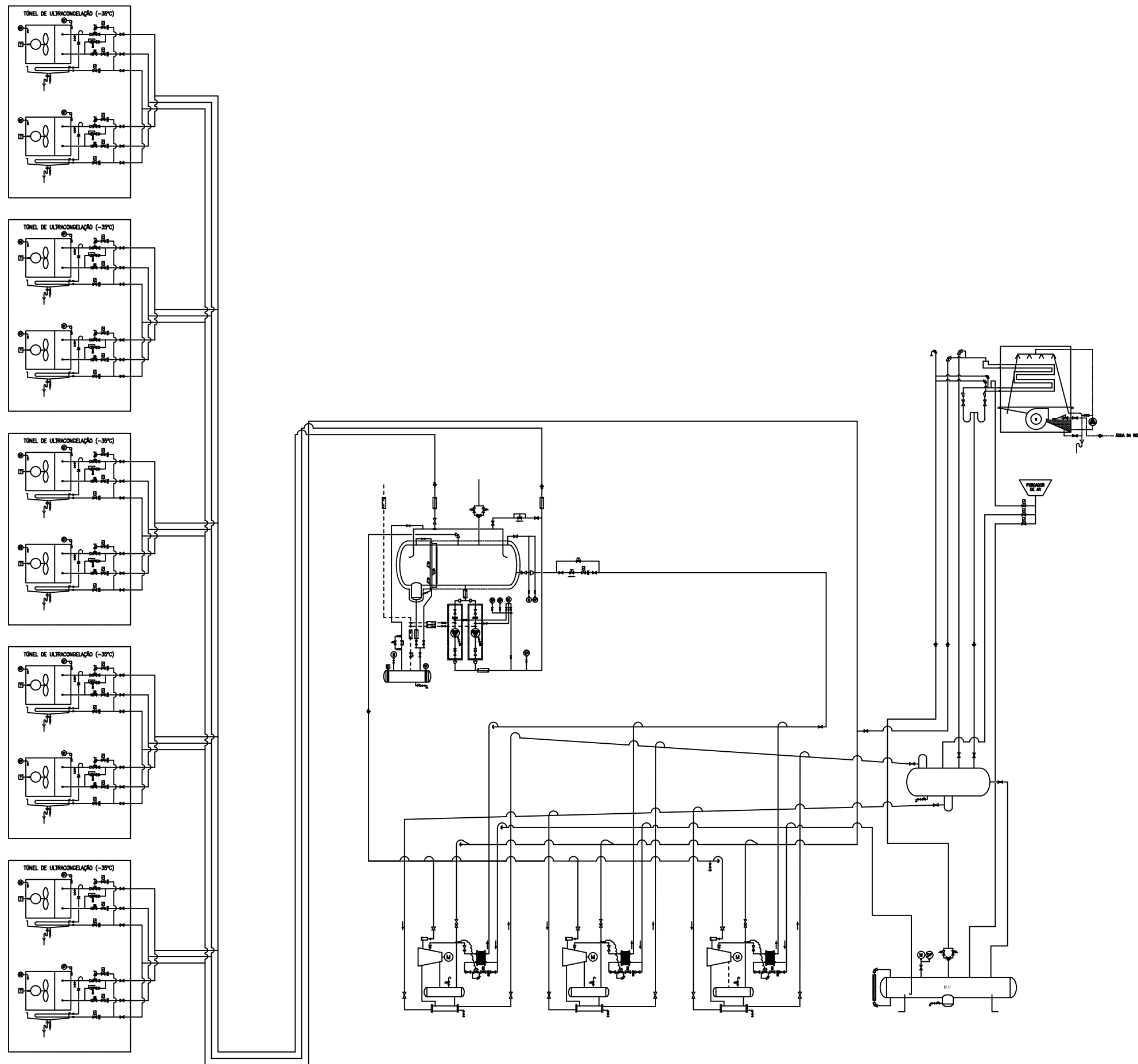
LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**






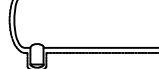
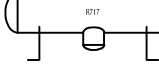















PEÇA DESENHADA **ESQUEMA DE PRINCÍPIO - CIRCUITO DE CONGELADOS/REFRIGERADOS - NH3**

DATA	29.12.2013	ESCALA	S.Esc.	Nº DESENHO	12
------	------------	--------	--------	------------	----

ASSINATURA



SIMBOLOGIA:

-  - COMPRESSOR
-  - EVAPORADOR
-  - CONDENSADOR EVAPORATIVO
-  - DEPÓSITO TERMOSIFÃO
-  - BOMBAS
-  - SEPARADOR DE LÍQUIDO
-  - DEPÓSITO DE LÍQUIDO
-  - RESISTÊNCIA DE ESGOTO
-  - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO DE LINHA
-  - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO EM ÂNGULO
-  - VÁLVULA DE REGULAÇÃO MANUAL DE CAUDAL
-  - VÁLVULA DE RETENÇÃO
-  - VÁLVULA DE PURGA DE ÓLEO
-  - VÁLVULA DE SEGURANÇA
-  - FILTRO
-  - VÁLVULA ELÉCTRICA DE DUAS VIAS
-  - VÁLVULA ELÉCTRICA NORMALMENTE ABERTA
-  - VÁLVULA DE REGULAÇÃO DE PRESSÃO
-  - VÁLVULA REGULAÇÃO AUTOMÁTICA DE CAUDAL
-  - Sonda de TEMPERATURA, HUMIDADE OU PRESSÃO
-  - TERMOSTATO, HIGROSTATO OU FLUXOSTATO
-  - MANÓMETRO



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
RUA CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO, 1 1959-007 LISBOA

ENGENHEIRO **JAIME GONÇALVES CORTES**

CLIENTE **ISEL**

PROJECTO **SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE INSTALAÇÕES FRIGORÍFICAS UTILIZANDO 3 AGENTES FRIGORÍFICOS**

LOCAL **AVEIRO**

FASE **PROJECTO**

PEÇA DESENHADA **ESQUEMA DE PRINCÍPIO - CIRCUITO DE ULTRACONGELAÇÃO - NH3**

DATA	29.12.2013	ESCALA	S.Esc.	Nº DESENHO	13
------	------------	--------	--------	------------	----

ASSINATURA

## X – Diagramas P – h e respetivos cálculos

### X.1. Instalação frigorífica a R404a e R134a

No caso do ciclo de compressão de vapor podemos considerar que todos os processos são semelhantes de ciclo para ciclo, ou seja, o ciclo de refrigerados, de congelados e de ultracongelação processam-se da mesma forma apenas sendo alterados os valores relativos às perdas de carga e temperaturas de evaporação e condensação, uma vez que no circuito de ultracongelação se optou por instalar um condensador evaporativo. Desta forma apenas iremos exemplificar e explicar o ciclo de refrigerados com fluido frigorígeno R404a.

Para a representação dos ciclos frigoríficos considerou-se um rendimento isentrópico de 90%.

As perdas totais para a linha de descarga foram calculadas para 10 metros de tubagem uma vez que os condensadores serão instalados na cobertura da sala de máquinas.

#### X.1.1. Ciclo frigorífico de refrigerados – R404a.

<b>Temperatura ambiente</b>	+34 °C	
<b>Temperatura de câmara</b>	Matéria-prima	0 °C
	Maturação	+4 °C
	Produto acabado bacalhau salgado seco	+4 °C
<b>Temperatura de evaporação</b>	-10 °C	
<b>Temperatura de condensação</b>	+44 °C	
<b>Sobreaquecimento</b>	+10 °C	
<b>Subarrefecimento</b>	+3 °C	

Tabela X.1.: Temperaturas de funcionamento consideradas.

<b>Linha de líquido</b>	15,992 kPa	0,160 bar
<b>Linha de aspiração</b>	37,860 kPa	0,379 bar
<b>Linha de descarga</b>	0,400 kPa	0,004 bar

Tabela X.2.: Perdas de carga consideradas.

O fluido frigorigéneo proveniente do depósito de líquido chega à válvula de expansão como líquido subarrefecido, ponto 4, sofre uma expansão isentálpica com uma queda de pressão e entra no evaporador no estado 5. No evaporador o fluido frigorigéneo evapora totalmente, sofre um sobreaquecimento controlado pelo bolbo termostático na válvula de expansão, é aspirado pelo compressor no estado 1 supondo um sobreaquecimento de 10 °C, de seguida sofre uma compressão isentrópica até ao estado 2.

No condensador, como consequência de compressão seca, dissipa-se calor latente de condensação, e no início calor sensível, e sai do condensador no estado 3 ou ligeiramente subarrefecido.

O efeito de refrigerante no evaporador é dado pela diferença de entalpias entre o estado 1 e o estado 5, ou seja:

$$q_{ref} = h_1 - h_5$$

O caudal mássico corresponde ao quociente entre a potência frigorífica absorvida pelo evaporador e o efeito refrigerante.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{Evap.}}{q_{ref}}$$

A potência de compressão efetuada pelo compressor é obtida através da expressão:

$$\dot{W}_{Comp.} = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

O coeficiente de desempenho ou performance do circuito é obtido através da expressão:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{Evap.}}{\dot{W}_{Comp.}} = \frac{\dot{m} (h_1 - h_5)}{\dot{m} (h_2 - h_1)} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1}$$

A partir do Diagrama de Mollier obtido através do *software Coolpack* obtiveram-se os seguintes valores.

<b>Estado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Pressão</b>	4,15 bar	19,99 bar	19,99 bar	19,99 bar	4,34 bar
<b>Entalpia</b>	371,54 kJ/kg	408,33 kJ/kg	271,34 kJ/kg	265,09 kJ/kg	265,32 kJ/kg
<b>Volume específico</b>	0,051 m <sup>3</sup> /kg				

Tabela X.3.: Parâmetros considerados para balanço energético de ciclo frigorífico.

### Efeito refrigerante

$$q_{ref} = h_1 - h_5 \Leftrightarrow q_{ref} = 371,54 - 265,32 \Leftrightarrow q_{ref} = 106 \text{ kJ/kg}$$

### Caudal mássico

Potência frigorífica – 248,34 kW

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{Evap.}}{q_{ref}} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{248,34}{106,22} \Leftrightarrow \dot{m} = 2,33 \text{ kg/s}$$

### Potência de compressão

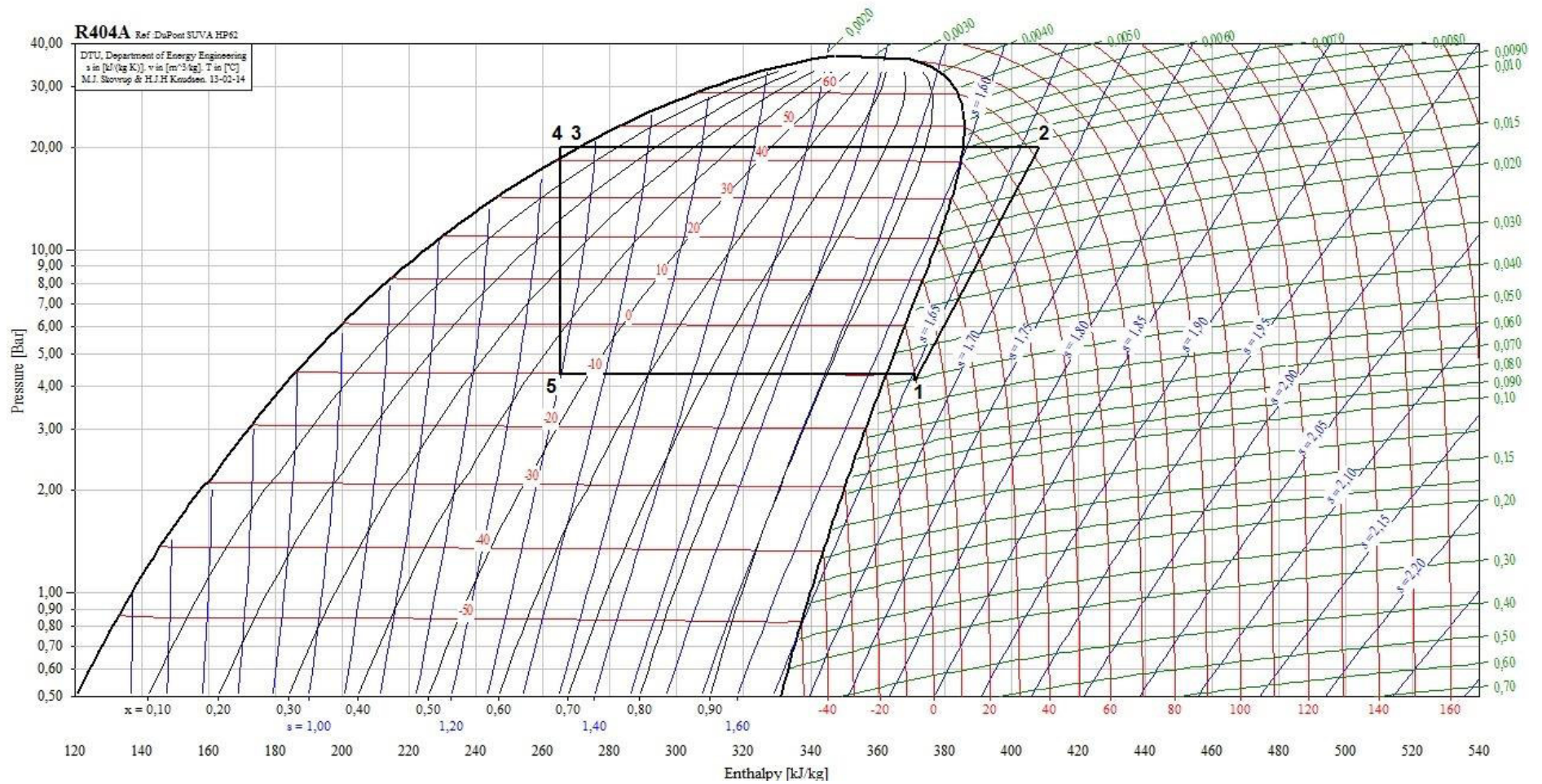
$$\dot{W}_{Comp.} = \dot{m} (h_2 - h_1) \Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 2,33 (408,33 - 371,54) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 85,72 \text{ kW}$$

### COP

$$COP = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \Leftrightarrow COP = \frac{371,54 - 265,32}{408,33 - 371,54} \Leftrightarrow COP = 2,89$$

### X.1.1.1. Diagrama P - h do circuito de refrigerados a R404a.



### X.1.2.Ciclo frigorífico de refrigerados – R<sub>134a</sub>

<b>Temperatura ambiente</b>	+34 °C	
<b>Temperatura de câmara</b>	Matéria-prima	0 °C
	Maturação	+4 °C
	Produto acabado bacalhau salgado seco	+4 °C
<b>Temperatura de evaporação</b>	-10 °C	
<b>Temperatura de condensação</b>	+44 °C	
<b>Sobreaquecimento</b>	+10 °C	
<b>Subarrefecimento</b>	+3 °C	

Tabela X.4.: Temperaturas de funcionamento consideradas.

<b>Linha de líquido</b>	39,100 kPa	0,391 bar
<b>Linha de aspiração</b>	11,791 kPa	0,118 bar
<b>Linha de descarga</b>	1,500 kPa	0,015 bar

Tabela X.5.: Perdas de carga consideradas.

<b>Estado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Pressão</b>	1,88 bar	11,27 bar	11,27 bar	11,27 bar	2,01 bar
<b>Entalpia</b>	400,10 kJ/kg	444,07 kJ/kg	262,18 kJ/kg	257,55 kJ/kg	257,55 kJ/kg
<b>Volume específico</b>	0,112 m <sup>3</sup> /kg				

Tabela X.6.: Parâmetros considerados para balanço energético de ciclo frigorífico.

#### Efeito refrigerante

$$q_{ref} = h_1 - h_5 \Leftrightarrow q_{ref} = 400,10 - 257,55 \Leftrightarrow q_{ref} = 142,55 \text{ kJ/kg}$$

### Caudal mássico

Potência frigorífica - 248,34 kW

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{Evap.}}{q_{ref}} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{248,34}{142,55} \Leftrightarrow \dot{m} = 1,74 \text{ kg/s}$$

### Potência de compressão

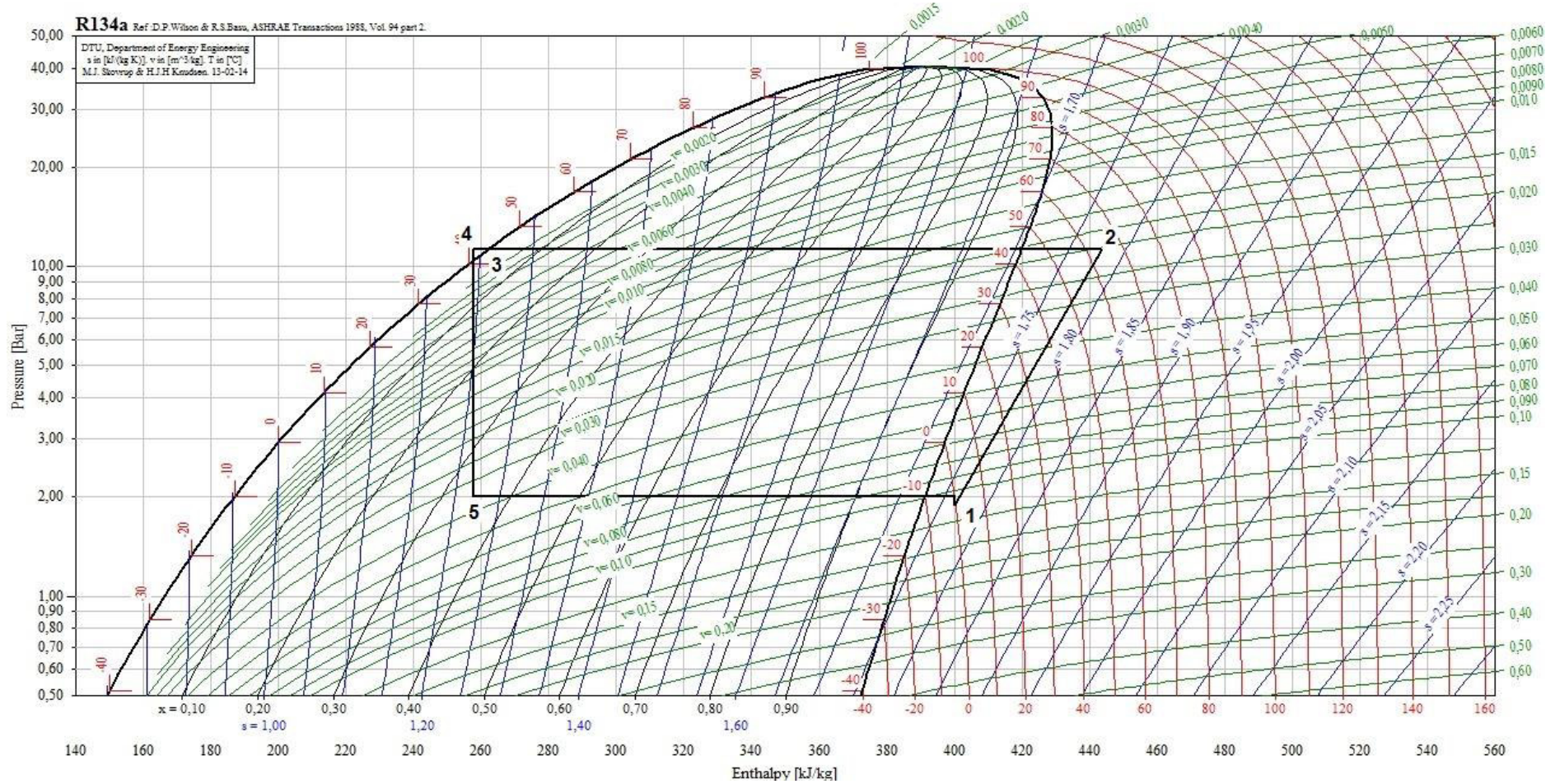
$$\dot{W}_{Comp.} = \dot{m} (h_2 - h_1) \Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 1,74 (444,07 - 400,10) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 76,50 \text{ kW}$$

### COP

$$COP = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \Leftrightarrow COP = \frac{400,10 - 257,55}{444,07 - 400,10} \Leftrightarrow COP = 3,24$$

**X.1.2.1. Diagrama P - h do circuito de refrigerados a R134a.**



### X.1.3.Ciclo frigorífico de congelados – R404a

<b>Temperatura ambiente</b>	+34 °C
<b>Temperatura de câmara</b>	-25 °C
<b>Temperatura de evaporação</b>	-35 °C
<b>Temperatura de condensação</b>	+44 °C
<b>Sobreaquecimento</b>	+10 °C
<b>Subarrefecimento</b>	+3 °C

Tabela X.7.: Temperaturas de funcionamento consideradas.

<b>Linha de líquido</b>	45,500 kPa	0,455 bar
<b>Linha de aspiração</b>	12,912 kPa	0,129 bar
<b>Linha de descarga</b>	1,200 kPa	0,012 bar

Tabela X.8.: Perdas de carga consideradas.

<b>Estado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Pressão</b>	1,53 bar	19,99 bar	19,99 bar	19,99 bar	1,66 bar
<b>Entalpia</b>	354,80 kJ/kg	417,25 kJ/kg	270,59 kJ/kg	265,23 kJ/kg	265,23 kJ/kg
<b>Volume específico</b>	0,133 m <sup>3</sup> /kg				

Tabela X.9.: Parâmetros considerados para balanço energético de ciclo frigorífico.

#### Efeito refrigerante

$$q_{ref} = h_1 - h_5 \Leftrightarrow q_{ref} = 354,80 - 265,23 \Leftrightarrow q_{ref} = 89,57 \text{ kJ/kg}$$

#### Caudal mássico

Potência frigorífica - 55,84 kW

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{Evap.}}{q_{ref}} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{55,84}{89,57} \Leftrightarrow \dot{m} = 0,64 \text{ kg/s}$$

### Potência de compressão

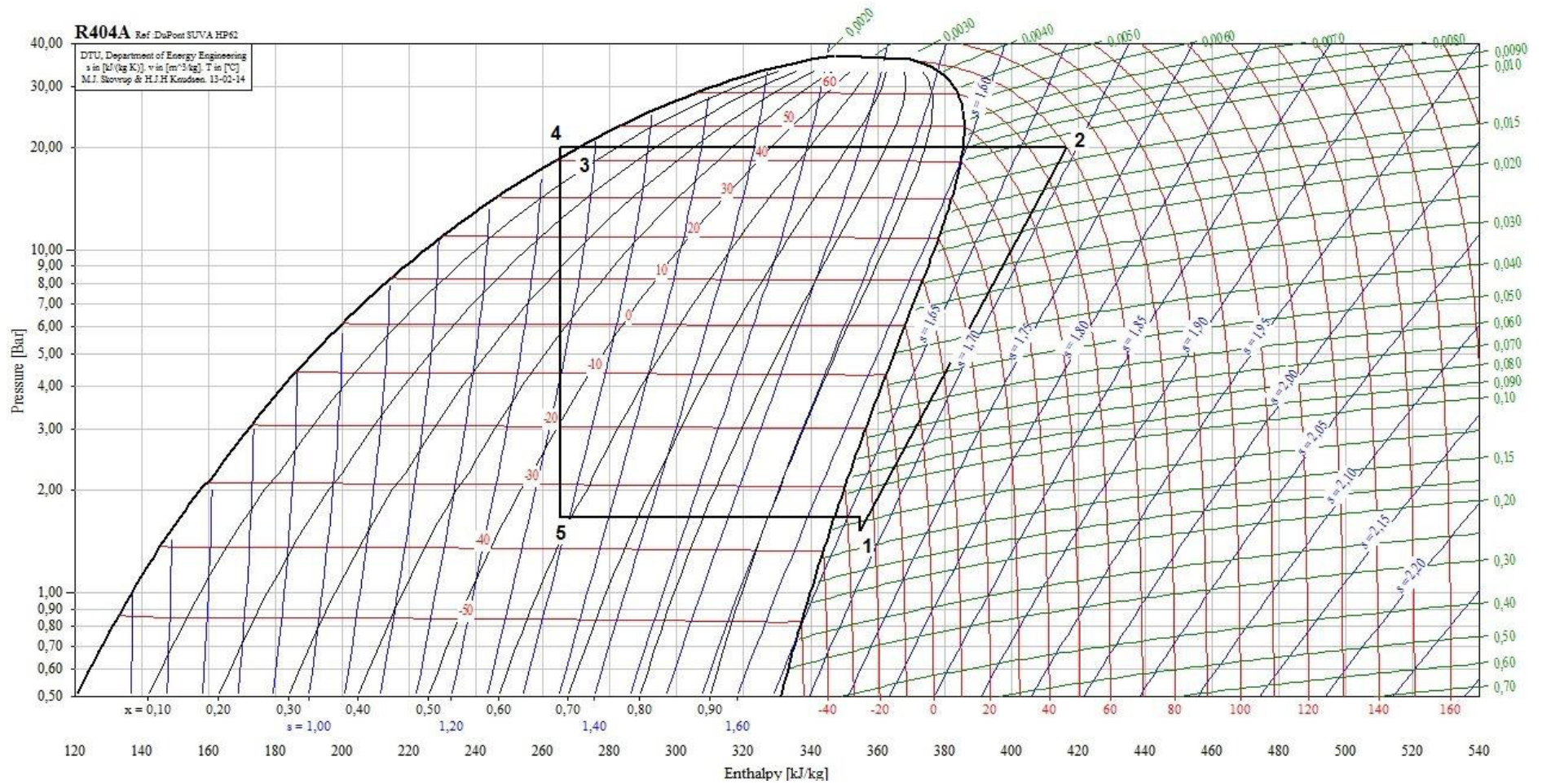
$$\dot{W}_{Comp.} = \dot{m} (h_2 - h_1) \Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 0,64 (417,25 - 354,80) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 39,97 \text{ kW}$$

### COP

$$COP = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \Leftrightarrow COP = \frac{354,80 - 265,23}{417,25 - 354,80} \Leftrightarrow COP = 1,44$$

### X.1.3.1. Diagrama P - h do circuito de congelados a R404a



#### X.1.4. Ciclo frigorífico de ultracongelação – R404a

<b>Temperatura ambiente</b>	+34 °C
<b>Temperatura de câmara</b>	-35 °C
<b>Temperatura de evaporação</b>	-45 °C
<b>Temperatura de condensação</b>	+44 °C
<b>Sobreaquecimento</b>	+10 °C
<b>Subarrefecimento</b>	+3 °C

Tabela X.10.: Temperaturas de funcionamento consideradas.

<b>Linha de líquido</b>	17,554 kPa	0,175 bar
<b>Linha de aspiração</b>	3,554 kPa	0,036 bar
<b>Linha de descarga</b>	0,400 kPa	0,004 bar

Tabela X.11.: Perdas de carga consideradas.

<b>Estado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Pressão</b>	1,01 bar	19,99 bar	19,99 bar	19,99 bar	1,06 bar
<b>Entalpia</b>	348,34 kJ/kg	419,84kJ/kg	270,84 kJ/kg	265,07 kJ/kg	265,07 kJ/kg
<b>Volume específico</b>	0,195 m <sup>3</sup> /kg				

Tabela X.12.: Parâmetros considerados para balanço energético de ciclo frigorífico.

#### Efeito refrigerante

$$q_{ref} = h_1 - h_5 \Leftrightarrow q_{ref} = 348,34 - 265,07 \Leftrightarrow q_{ref} = 83,27 \text{ kJ/kg}$$

#### Caudal mássico

Potência frigorífica – 419,90 kW

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{Evap.}}{q_{ref}} \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{419,90}{83,27} \Leftrightarrow \dot{m} = 5,17 \text{ kg/s}$$

### Potência de compressão

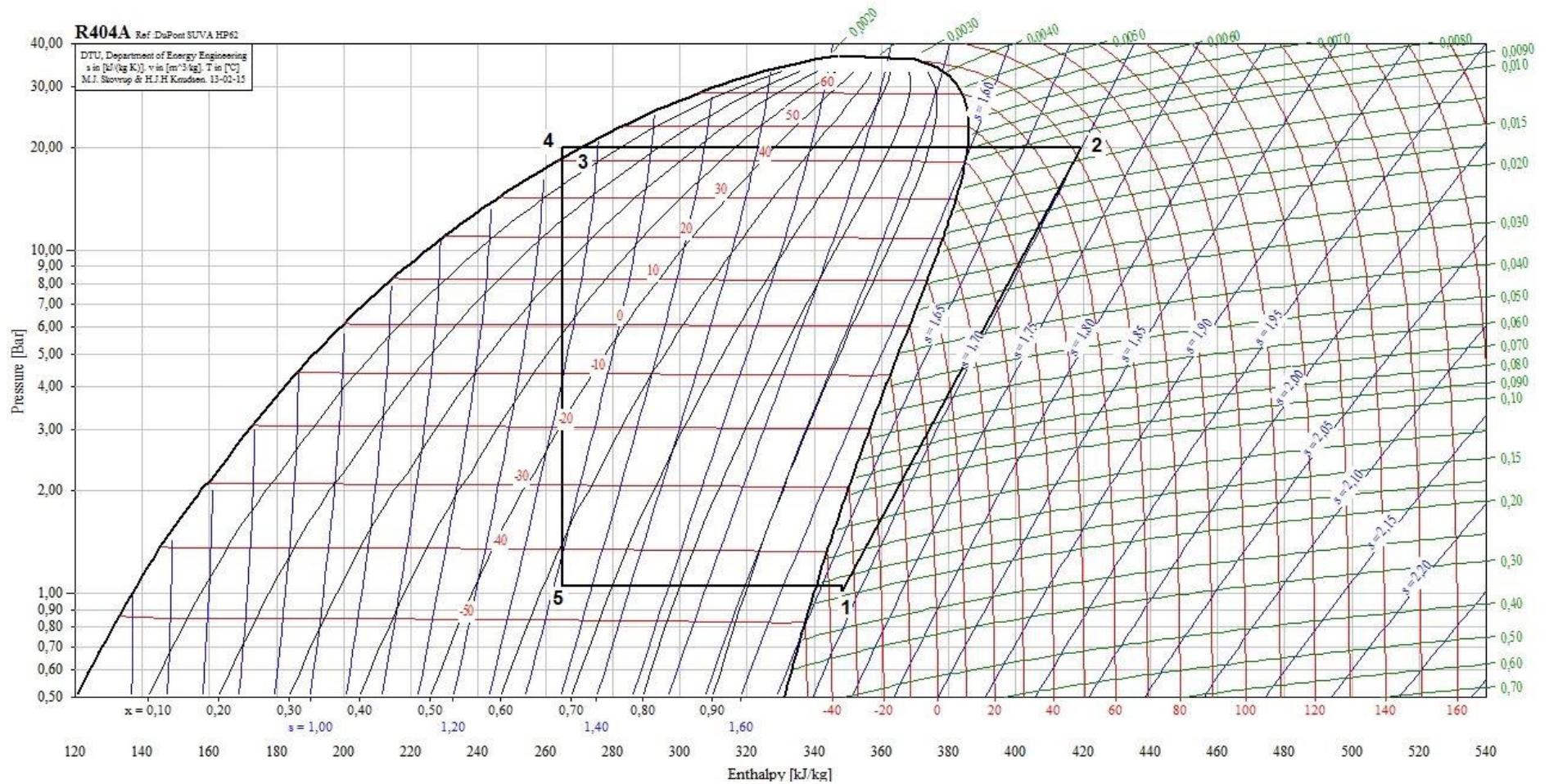
$$\dot{W}_{Comp.} = \dot{m} (h_2 - h_1) \Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 5,17 (419,84 - 348,34) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{W}_{Comp.} = 369,66 \text{ kW}$$

### COP

$$COP = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \Leftrightarrow COP = \frac{348,34 - 265,07}{419,84 - 348,34} \Leftrightarrow COP = 1,17$$

### X.1.4.1. Diagrama P - h do circuito de ultracongelção a R404a



## X.2. Instalação frigorífica a NH<sub>3</sub>

### X.2.1. Ciclo frigorífico de refrigerados e congelados

<b>Temperatura ambiente</b>	+34 °C	
<b>Temperatura de câmara</b>	Matéria-prima	0 °C
	Maturação	+4 °C
	Produto acabado bacalhau salgado seco	+4 °C
<b>Temperatura de evaporação alta pressão</b>	-10 °C	
<b>Temperatura de evaporação baixa pressão</b>	-35 °C	
<b>Temperatura de condensação alta pressão</b>	+35 °C	
<b>Temperatura de condensação baixa pressão</b>	-10 °C	
<b>Sobreaquecimento</b>	+10 °C	
<b>Subarrefecimento</b>	+3 °C	

Tabela X.13.: Temperaturas de funcionamento consideradas.

<b>Estado</b>	<b>Pressão</b>	<b>Entalpia</b>
<b>1</b>	0,944 bar	1440,48 Kj/Kg
<b>2</b>	2,916 bar	1593,54 Kj/Kg
<b>3</b>	2,948 bar	1673,47 Kj/Kg
<b>4</b>	13,515 bar	363,95 Kj/Kg
<b>5</b>	13,515 bar	348,64 Kj/Kg
<b>6</b>	13,515 bar	348,64 Kj/Kg
<b>7</b>	2,916 bar	156,46 Kj/Kg
<b>8</b>	2,948 bar	479,51 Kj/Kg
<b>9</b>	2,948 bar	156,46 Kj/Kg
<b>10</b>	2,948 bar	154,76 Kj/Kg
<b>11</b>	0,954 bar	154,76 Kj/Kg
<b>12</b>	0,954 bar	42,52 Kj/Kg
<b>13</b>	0,954 bar	389,46 Kj/Kg

Tabela X.14.: Parâmetros considerados para balanço energético de ciclo frigorífico.

### **X.2.1.1.Circuito frigorífico de congelados – Baixa pressão**

#### **Efeito refrigerante**

O efeito refrigerante é calculado através de:

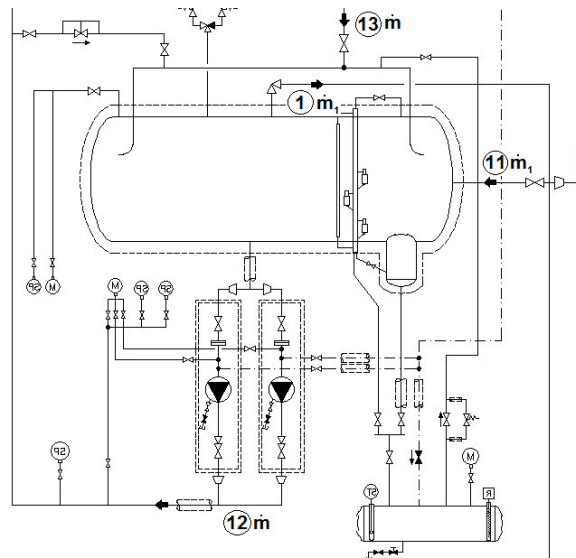
$$\dot{Q} = \dot{m}(h_{13} - h_{12}) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q} = 60,82 \text{ kW}$$

#### **Caudal mássico que circula nos evaporadores do circuito frigorífico de congelados**

$$\dot{Q} = \dot{m} \times (h_{13} - h_{12}) \Leftrightarrow 60,82 = \dot{m} \times (389,46 - 42,52) \Leftrightarrow \dot{m} = 0,19 \text{ kg/s}$$

## Caudal mássico dos compressores de baixa pressão



$$\dot{m}_1 h_9 + \dot{m} h_{13} = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m} h_{12} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_1 479,59 + \dot{m} 389,46 = \dot{m}_1 1440,48 + \dot{m} 42,52 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_1 (1440,48 - 479,59) = \dot{m} (389,46 - 42,52) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_1 = 0,07 \text{ kg/s}$$

O caudal mássico de 0,069 kg/s, aspirado pelo compressor de baixa pressão, corresponde a 25% de vapor saturado produzido nos evaporadores, adicionado ao vapor produzido pela expansão do líquido.

## Caudal volumétrico do compressor de baixa pressão

$$\dot{V} = \dot{m}_1 v_1 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{V} = 0,07 \times 1,26 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{V} = 0,0871 \text{ m}^3/\text{s} \Leftrightarrow \dot{V} = 313,56 \text{ m}^3/\text{h}$$

O caudal volumétrico para o compressor do circuito frigorífico de congelados no regime de  $-30^{\circ}\text{C}/-10^{\circ}\text{C}$  é de  $313,56 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### **Potência de compressão do circuito de congelados**

$$\begin{aligned}\dot{W}_{12} &= \dot{m}_1(h_2 - h_1) \Leftrightarrow \dot{W}_{12} = 0,07(1593,54 - 1440,48) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \dot{W}_{12} = 10,71 \text{ kW}\end{aligned}$$

### **X.2.1.2.Circuito frigorífico de refrigerados**

#### **Efeito refrigerante**

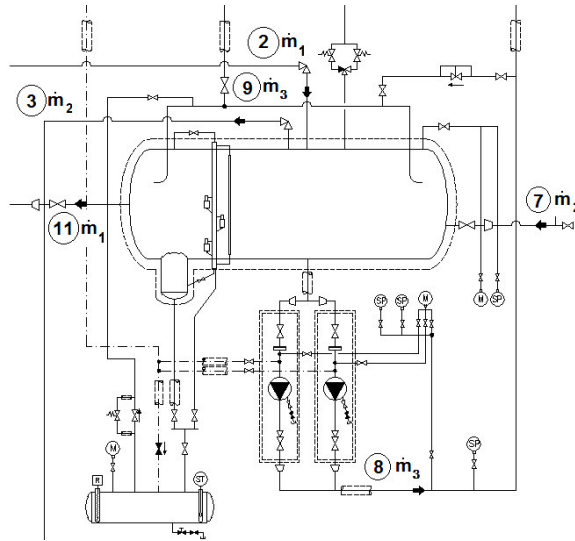
O efeito refrigerante é calculado através de:

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= \dot{m} \times (h_9 - h_8) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \dot{Q} = 273,14 \text{ kW}\end{aligned}$$

#### **Caudal mássico que circula nos evaporadores do circuito frigorífico de refrigerados**

$$\dot{Q} = \dot{m}_3 \times (h_9 - h_8) \Leftrightarrow 273,14 = \dot{m}_3 \times (479,59 - 156,46) \Leftrightarrow \dot{m}_3 = 0,85 \text{ kg/s}$$

## Caudal mássico dos compressores de alta pressão



$$\dot{m}_3 h_8 + \dot{m}_1 h_{11} + \dot{m}_2 h_3 = \dot{m}_3 h_9 + \dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2 h_7 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_3 156,46 + \dot{m}_1 174,56 + \dot{m}_2 1452,38 = \dot{m}_3 479,59 + \dot{m}_1 1593,54 + \dot{m}_2 348,64 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_2 1103,74 = \dot{m}_1 1438,78 + \dot{m}_3 323,13 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_2 1103,74 = 0,07 \times 1438,78 + 0,85 \times 323,13 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_2 = 0,34 \text{ kg/s}$$

O caudal mássico de 0,34 kg/s, aspirado pelo compressor de baixa pressão, corresponde a 25% de vapor saturado produzido nos evaporadores, adicionado ao vapor produzido pela expansão do líquido.

## Caudal volumétrico do compressor de baixa pressão

$$\dot{V} = \dot{m}_2 v_3 \Leftrightarrow \dot{V} = 0,34 \times 0,41 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{V} = 0,14 \text{ m}^3/\text{s} \Leftrightarrow \dot{V} = 504 \text{ m}^3/\text{h}$$

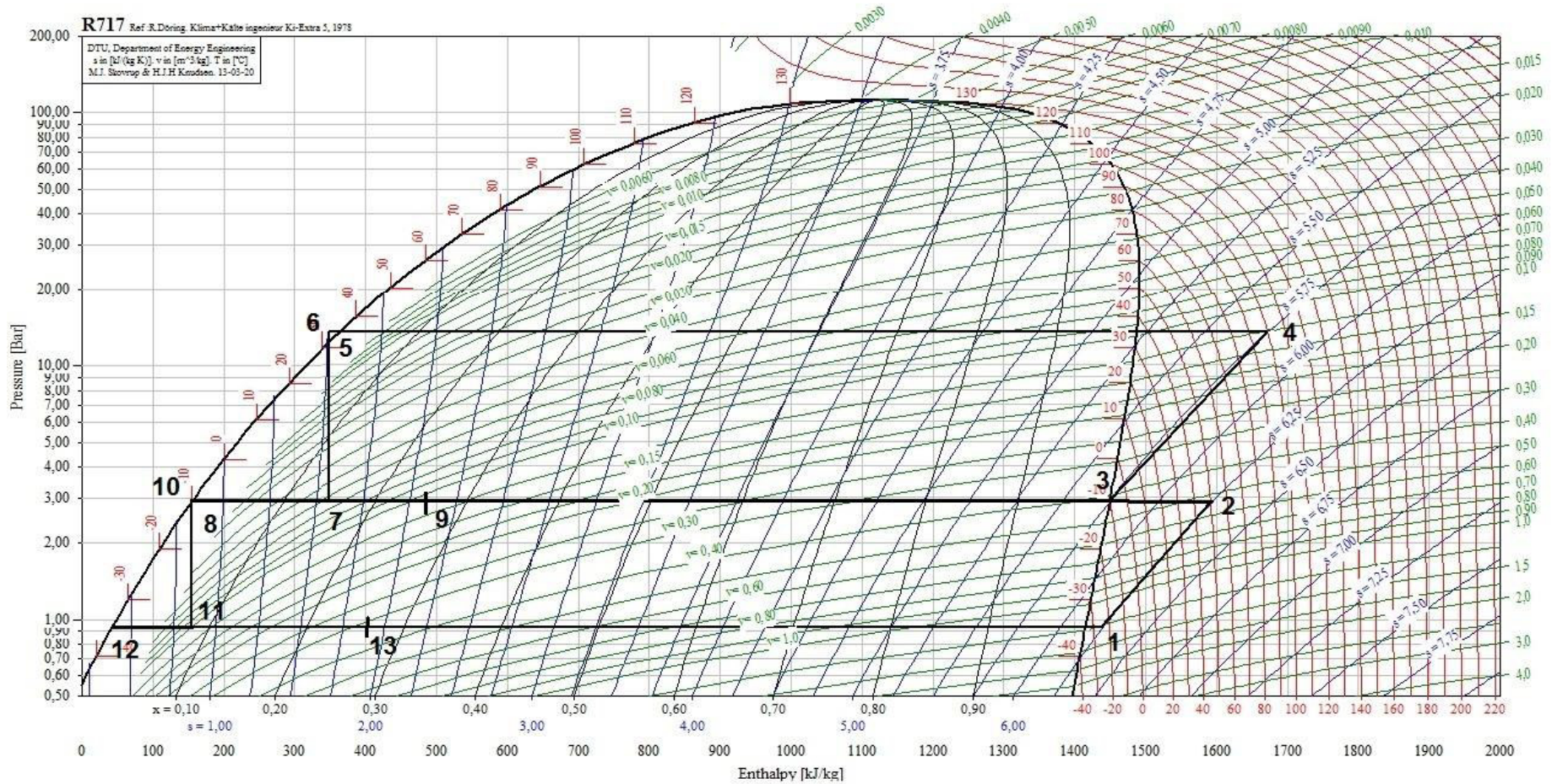
O caudal volumétrico por compressor do circuito frigorífico de refrigerados no regime de  $-10^\circ\text{C}/+35^\circ\text{C}$  é de  $252 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### **Potência de compressão do circuito de refrigerados**

$$\dot{W}_{34} = \dot{m}_2(h_4 - h_3) \Leftrightarrow \dot{W}_{34} = 0,34(1673,47 - 1452,38) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{W}_{34} = 75,17 \text{ kW}$$

### X.2.1.3. Diagrama P - h do circuito de refrigerados e congelados



## X.2.2. Circuito frigorífico de ultracongelação

### Efeito refrigerante

efeito refrigerante é calculado através de:

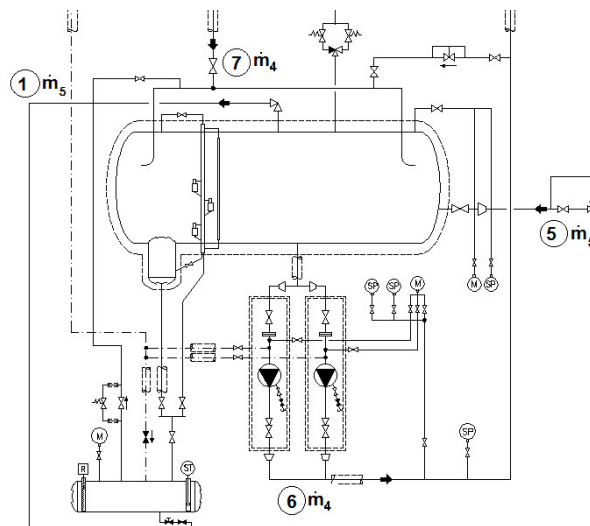
$$\dot{Q} = \dot{m}_4 \times (h_7 - h_6) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q} = 416,75 \text{ kW}$$

### Caudal mássico que circula nos evaporadores do circuito frigorífico de ultracongelação

$$\dot{Q} = \dot{m}_4 \times (h_7 - h_6) \Leftrightarrow 416,75 = \dot{m}_4 \times (358,3 - 5,12) \Leftrightarrow \dot{m}_4 = 1,18 \text{ kg/s}$$

### Caudal mássico dos compressores



$$\dot{m}_4 h_6 + \dot{m}_5 h_1 = \dot{m}_4 h_7 + \dot{m}_5 h_5 \Leftrightarrow$$

$$\dot{m}_4 5,12 + \dot{m}_5 1423,21 = \dot{m}_4 358,36 + \dot{m}_5 348,12 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_5 1075,09 = \dot{m}_4 353,24 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_5 1075,09 = 1,18 \times 353,24 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_5 = 0,39 \text{ kg/s}$$

O caudal mássico de 0,39 kg/s, aspirado pelos compressores do circuito de ultracongelamento, corresponde a 25% de vapor saturado produzido nos evaporadores, adicionado ao vapor produzido pela expansão do líquido.

#### **Caudal volumétrico do compressor de baixa pressão**

$$\dot{V} = \dot{m}_5 v_4 \Leftrightarrow \dot{V} = 0,39 \times 2,11 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{V} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s} \Leftrightarrow \dot{V} = 2988 \text{ m}^3/\text{h}$$

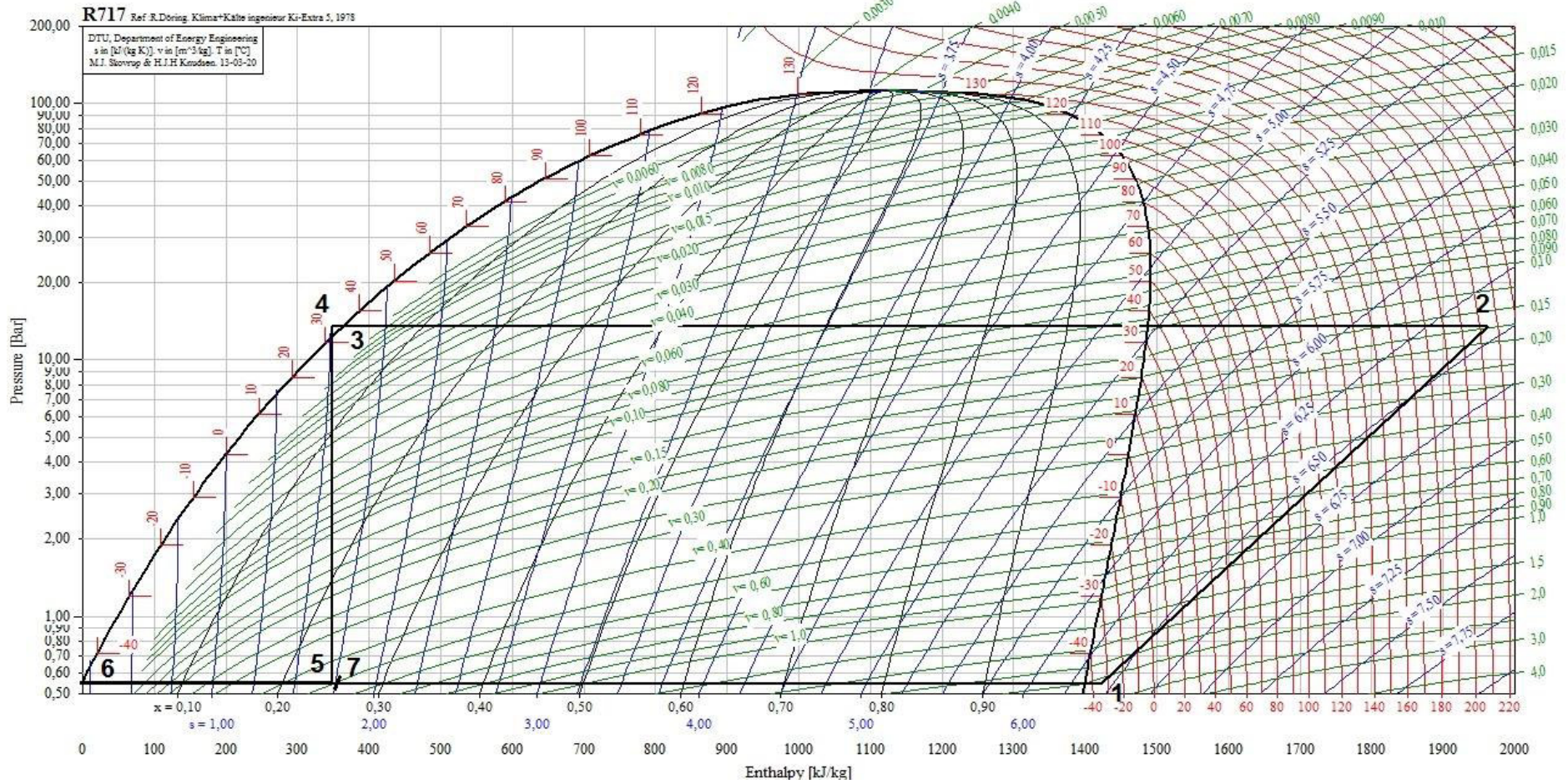
O caudal volumétrico por compressor do circuito frigorífico de ultracongelamento no regime de -45°C/+35°C é de 1494 m<sup>3</sup>/h.

#### **Potência de compressão do circuito de ultracongelamento**

$$\dot{W}_{12} = \dot{m}_5 (h_2 - h_1) \Leftrightarrow \dot{W}_{12} = 0,39 (1964,16 - 1423,21) \Leftrightarrow$$

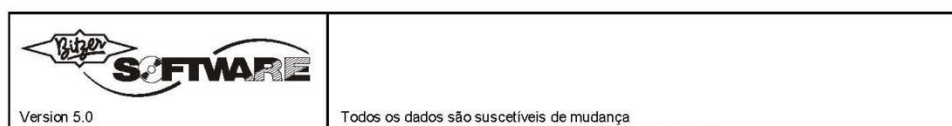
$$\Leftrightarrow \dot{W}_{12} = 210,97 \text{ kW}$$

### X.2.2.1. Diagrama P - h do circuito de ultracongelção



# Anexo XI – Fichas técnicas – instalação frigorífica - R404a

## XI.1. Circuito de refrigerados – Compressores

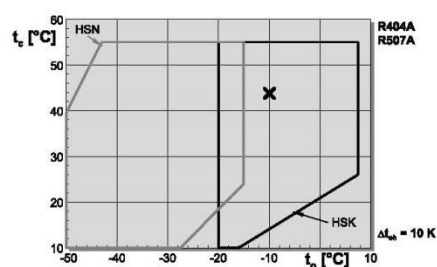


### Seleção do compressor: Compressores Parafusos Semi-Herméticos

#### Valores de entrada

Compressor modelo	HSK7461-80
Refrigerante	R404A
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-10°C
Temp. Condensação SDT	44°C
Modo de operação	Standard
Sub-resfriamento do líquido	3K
Temperatura do gás de descarga	80°C
Superaquecimento do gás Sucção	10K
Superaquecimento útil	100%
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%

#### Limites de aplicação (Standard)



#### Resultado

Compressor modelo **HSK7461-80-40P**

Capac. Frigorífica	128.3 kW
Capac. Frigorífica *	122.3 kW
Capacidade Evaporador	128.3 kW
Potência absorvida	61.8 kW
Corrente (400V)	98.3 A
Faixa de Tensão	380-415V
Capacidade Condensador	184.1 kW
COP/EER	2.08
COP/EER*	1.98
Vazão em massa LP	4263 kg/h
Vazão em massa HP	4263 kg/h
Modo de operação	Standard
Temp. do líquido	40.7 °C
Vazão de óleo	1.90 m³/h
Temperatura de descarga sem resfriamento	72.8 °C

\*segundo EN 12900 (superaquecimento na sucção de 10K, sem sub-resfriamento de líquido)

## XI.2. Circuito de ultracongelação – Compressores

### 1. Description of the screw compressor type SR-S48S-28

Screw compressor series LT with adapted fixed internal volume ratio and continuous capacity control. Compressor equipped with integrated valve block and hermetic position indicator.

Prepared for gas pulsation protection for high pressure ratios.

- Solenoid valves specification: Coils for solenoid valves 24 V DC
- Slide Position Indicator: 4...20 mA, IP65
- O-Ring Material : HNBR
- Grey cast iron casing: GJL 200 acc. DIN EN 1561
- Bearings arrangement : Standard

### 2. Technical data screw compressor unit

Refrigerant	R404a	
Refrigeration capacity	256	kW
Drive motor power (with freq. inverter)	47 - 213	kW
Speed (with freq. inverter)	1500 - 3000	rpm
Evaporation temperature	-45,0	°C
Condensation temperature	35,0	°C
Condensation temperature (Winter)	35,0	°C
Evaporation pressure	1,0	bar
Condensation pressure	16,1	bar
Superheat	5,0	K
Superheat useful	5,0	K
Sub-cooling	0,0	K
Discharge temperature (full load)	59,0	°C
Discharge temperature (min. partload)	59,0	°C
Total oil flow	93,1	l/min
Functional oil flow	62,1	l/min
Injection oil flow	31,0	l/min
Oil inlet temperature	40,0	°C
Oil cooler rating	54,8	kW
Oil cooler rating at min. partload	54,1	kW
Intermediate temperature	-18,0	°C
Temperature diff. economizer	10,0	K
Economizer rating	105,5	kW
Design pressure	23,0	bar [g]
Minimum control slide position: 29 %		

### 3. Dimensions

The following values for dimensions, weights and oil charge are preliminary. Final binding data according to the latest version of the general drawing only.

Length: 3762 mm

Width:	1700 mm
Height:	2132 mm
Oil charge:	108 l
Weight (with motor)	3690 kg

#### 4. General declarations

Refrigerating capacity and power input acc. to EN 12900 and DIN 8976; selection of oil according to GEA Refrigeration's data-sheets. The selection of oil has to guarantee a min./ max. viscosity of 7 / 70 cSt for functional oil.

The screw compressor unit is designed according to the operating conditions written in this document. Deviations have to be agreed with GEA Refrigeration.

Ambient temperatures :	5/40 °C
Installation conditions:	indoor
Recommended oil type:	ester oil

#### 5. Screw Compressor Package Components

- **Electric drive motor**

Manufacturer:	WEG	
Number of poles:	2	
Degree of protection:	IP23	
Voltage:	400	V ± 5%
Drive motor rating:	247	kW
Speed range:	1500 - 3000 rpm	
Frequency:	50	Hz
Maximum installation height:	1000 m above sea level	
  
- **Screwed cable connections**

PTC:	1x M20
Main cable:	4x M63
Material:	brass
Maximum clamping range:	48 mm

The drive motor has to be operated by a frequency inverter. The maximum cable length between motor and power supply has to be smaller than 25m. The switching frequency of the inverter has to be equal or higher than 3,5 kHz.

**The correct choice and the operating parameters of the inverter are not covered by the scope of the delivery of GEA Refrigeration Germany GmbH Berlin**

- **Wear-free steel laminated coupling with coupling guard**
  
- **Separate oil pump, mounted on the unit**
- Oil pump type: (105 l/min pump)

Voltage:	220-240 V D / 380-420 V Y
Current:	5 A
Power:	2,2 kW
Speed:	1420 rpm
Protection class:	IP 55
Flow rate:	105 l/min (at $\Delta p = 3$ bar)
Sealing:	HNBR

- **Oil filter**  
Single oil filter with filter fineness 15 micron, stop valves and oil pressure control valve.
- **Oil Separator**  
Vertical oil separator with fine separation stage. Oil return to the compressor with orifice.  
The oil carry over is < 100 ppm liquid share with ester oil.  
With controlled oil heater.  
Electrical data: 380-440V; 2Ph; 450-605W
- **Suction filter**  
External suction filter with filter fineness 120 micron.
- **Economizer suction line**  
- Economizer connection with check valve, strainer, stop valve and service valve.  
- With thermometer
- **Economizer**  
- Closed flash economizer (shell and tube type) for single stage expansion with thermostatic expansion valve, solenoid valve, strainer, stop valve on liquid side.
- **Oil Cooling**  
Thermosyphon oil cooler (tube evaporation) complete with sightglass and service valve.  
Refrigerant pressure drop: 0,00113 bar
- **Oil temperature control**  
Additional 3-way-valve in the oil circuit for oil temperature control.
- **Main Valves**  
Suction side: 1 x Stop valve on suction side  
1 x Check valve on suction side integrated in suction filter  
Discharge side: 1 x Stop valve after oil separator  
1 x Check valve after oil separator

## 6. GRASSO System CONTROL (GSC-TP)

- Compact microprocessor control with standard software.
- Implementation of a defined start and stop procedure.
- Compressor capacity adjustment (suction pressure or process temperature are selectable as reference values).
- The safety of the unit is guaranteed by continuous monitoring and displaying of all important operating data and motor current limitation.
- Physical sequence control is possible with a master PLC via potential free contacts.
- All sensors and actuators (stipulated by GEA Refrigeration Germany GmbH) are fully wired to the compressor controller.
- The touch-screen (installed at eye-level 1,7m height) and input devices are integrated in a standard enclosure with door.
- System Control mounted on the screw compressor package.
- Display in Portuguese language.
- Controller voltage: 230 V AC
- With MPI interface and D-SUB-9 socket for data transfer with other compatible MPI PLC-systems.
- **Temperature sensors**  
Set of standard temperature sensors (3 pcs.) consisting of:  
1 x suction temperature, 1 x discharge temperature and 1 x oil temperature
- **Pressure sensors**  
Set of standard pressure sensors (4 pcs.) with stop valve consisting of:  
1 x suction pressure, 1 x discharge pressure and 2 x oil pressure

## 7. Safety Devices

- Overflow valve with connection block between suction and discharge side.
- Dual safety valve with change over valve at the oil separator.
- 1 x Safety pressure limiter KP7 ABS with two separate locks.

## 8. Options

- Extra oil filter element

## 9. Painting

- Package painted acc. to the following colour specification (standard):  
Colour: RAL 5014, pigeon blue - protective paint system A.2.06 modified for high solid paint acc. to EN ISO 12944-5 for environmental conditions C2 / EN ISO 12944-2.

## 10. Approval and certificates

- 2 set of CE certificate for pressure vessels only, acc. to PED rules (PED) 97/23/EG, calculated and manufactured acc. "AD 2000" and documentation acc. to CE rules.

## 11. Documentation

- 2 sets of documentation incl. CD-ROM in English language.

#### **12. Packing**

- Package without packing; for transport in closed systems only.

#### **13. Loading**

- Loading of packages in Berlin or Döllnitz into open top containers or open top trucks is included. When loading in different containers or transport with different means of transportation, please contact Sales Grasso Berlin for prices.


#### **14. Warranty**

- 12 months after commissioning, max. 15 months after delivery.

#### **15. Exclusions from scope of supply**

- Erection, supervision of erection and commissioning on site
- Water supply and drain piping
- Refrigerant and refrigerating oil
- Insulating of pipe work
- Foundations, spare parts and special tools
- Power supply cabinet
- Inverter

## XI.3. Circuito de congelados – Compressores

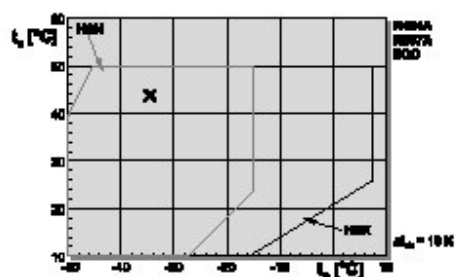
 Version 5.0	31-12-2013 / Todos os dados são suscetíveis de mudança
--	--

### Seleção do compressor: Compressores Parafusos Semi-Herméticos

#### Valores de entrada

Compressor modelo	HSN7471-75
Refrigerante	R404A
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-35°C
Temp. Condensação SDT	44°C
Modo de operação	ECO
Temperatura do líquido	Auto
Temperatura do gás de descarga	80°C
Superaquecimento do gás Sucção	10K
Superaquecimento útil	100%
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%

#### Limites de aplicação (ECO)



#### Resultado

Compressor modelo **HSN7471-75-40P**

Capac. Refrigerante	64.9 kW
Capac. Refrigerante *	66.9 kW
Capacidade Evaporador	64.9 kW
Potência absorvida	60.3 kW
Corrente (400V)	96.0 A
Faixa de Tensão	380-415V
Capacidade Condensador	110.5 kW
COP/EER	1.08
COP/EER*	1.06
Vazão em massa LP	1659 kg/h
Vazão em massa HP	2463 kg/h
Modo de operação	ECO
Temperatura do líquido (sc)	9.58 °C
Vazão em massa ECO	804 kg/h
Carga Térmica Sub-Resfriador	24.3 kW
Temperatura saturada ECO	-0.42 °C
Pressão ECO	5.96 bar(a)
Vazão de óleo	2.06 m³/h
Saída do resfriador de óleo	66.1 °C
Carga Térmica Resfriador de Óleo	14.67 kW
Temperatura de descarga sem resfriamento	96.5 °C

Resfriamento adicional/ limitações (ver limites + dados técnicos)!

\*conforme EN12900 (10K superaquecimento do gás na sucção, subresfriamento do líquido no Economiser com 5K de diferença de temp.)

## XI.4. Evaporadores – Câmara frigorífica de matéria – prima



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect-Q tirou by Centauro v. 1.1.9 - [Selecção de evaporadores] - db TPC 20120.5

Cliente

Fax:  
Tel:

### Equipamentos em cobre

Notas

Potência	28 kW +/- 20 %	
t0	-6 °C	
DTm	6 K	<b>R404A</b>
TC	0 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**DDC 8S2/40**

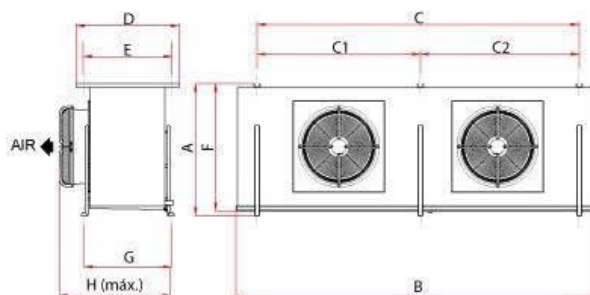


Potência nominal [kW]*	40,24	N.º de ventiladores	2	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	28,57	Ø dos ventiladores [mm]	710	Vent. RPM [rpm]	900
Delta T [°C]	5,88	Caudal de ar [m³/h]	23800	Vent. alim. [V/F/Hz]	400.0.60
Superfície [m²]	127,36	Projeção [m]	34	Desc. corrente [A]	20,78
Volume interno [dm³]	27,60	Vent. corrente [A]	3,5	Desc. potência [kW]	14,4
Espaçamento [mm]	7,9	Potência absorvida [W]	1880	Desc. alim. [V/F/Hz]	400.0.60

\* TC: +2°C, Tevap: -6°C, DTm: 8°C (R404A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1125
Dim. B [mm]	: 2970
Dim. C [mm]	: 2570
Dim. C1 [mm]	: 1310
Dim. D [mm]	: 820
Dim. E [mm]	: 670
Dim. F [mm]	: 1075
Dim. G [mm]	: 654
Dim. H [mm]	: 900



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XI.5. Evaporadores – Câmara frigorífica de maturação



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Q-tiro by Centauro v. 1.1.9 - [Selecção de evaporadores] - db TPC 2012.0.5

Cliente

Fax:  
Tel:

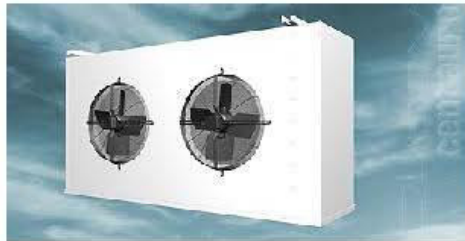
Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	13 kW +/- 20 %	
t0	-2 °C	
DTm	6 K	<b>R404A</b>
TC	4 °C	

Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

DDC 8P1/17

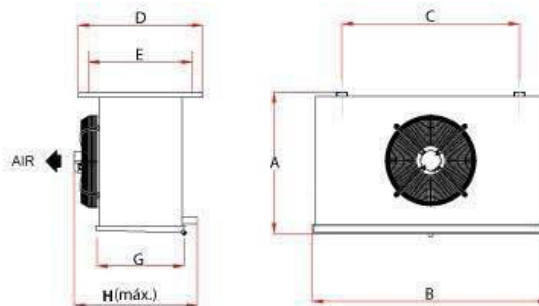


Potência nominal [kW]*	17,22	N.º de ventiladores	1	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	13,77	Ø dos ventiladores [mm]	560	Vent. RPM [rpm]	1220
Delta T [°C]	5,67	Caudal de ar [m³/h]	10200	Vent. alim. [V/F/Hz]	400/3/50
Superfície [m²]	55,72	Projeção [m]	27	Desc. corrente [A]	10,39
Volume interno [dm³]	12,10	Vent. corrente [A]	1,8	Desc. potência [kW]	7,2
Espaçamento [mm]	7,9	Potência absorvida [W]	1000	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\* TC: +2°C, Tsup: -6°C, DTm: 8°C (R404A)

Dimensões

Dim. A [mm]	: 960
Dim. B [mm]	: 1710
Dim. C [mm]	: 1310
Dim. C1 [mm]	: -
Dim. D [mm]	: 671
Dim. E [mm]	: 615
Dim. F [mm]	: -
Dim. G [mm]	: 515
Dim. H [mm]	: 740



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XI.6. Evaporadores – Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Q1101 by Centauro v. 1.19 - [Selecção de evaporadores] - db TPC 2012.D.5

Cliente

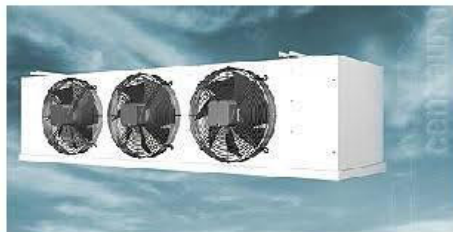
### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	10 kW +/- 20 %	
t0	-2 °C	<b>R404A</b>
DTm	6 K	
TC	4 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**DD 7E4/14**

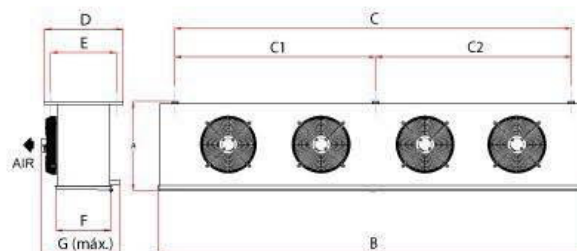


Potência nominal [kW]*	14,44	N.º de ventiladores	4	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	11,54	Ø dos ventiladores [mm]	350	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	5,20	Caudal de ar [m³/h]	7760	Vent. alim. [V/F/Hz]	230/1/50
Superfície [m²]	44,68	Projeção [m]	16	Desc. corrente [A]	12,47
Volume interno [dm³]	14,40	Vent. corrente [A]	2,28	Desc. potência [kW]	8,64
Espaçamento [mm]	7,0	Potência absorvida [W]	520	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\* TC: +2°C, Te: sup: -6°C, DTm: 6°C (R404A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 449
Dim. B [mm]	: 2333
Dim. C [mm]	: 2025
Dim. C1 [mm]	: 1012,5
Dim. D [mm]	: 615
Dim. E [mm]	: 540
Dim. F [mm]	: 490
Dim. G [mm]	: 700
Dim. H [mm]	: -



## XI.7. Evaporadores – Túneis de ultracongelção



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Q.ticos by Centauro v. 1.19 - [Selecção de evaporadores] - do TPC 20120.5

Cliente

Fax:  
Tel:

### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	45 kW +/- 20 %	
t0	-40 °C	<b>R404A</b>
DTm	5 K	
TC	-35 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**BSUS 4702.2 XL**

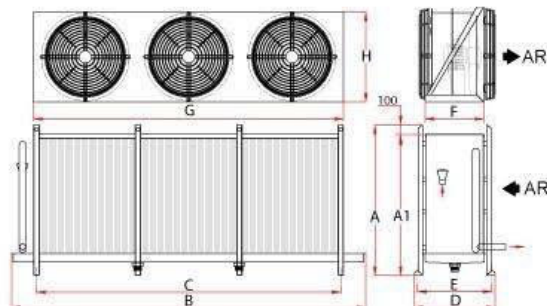


Potência nominal [kW]	106,55	N.º de ventiladores	3	Pressão estática [Pa]	145
Potência corrigida [kW]	52,00	Ø dos ventiladores [mm]	800	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	4,33	Caudal de ar [m³/h]	74000	Vent. alim. [V/F/Hz]	400,0/50
Superfície [m²]	410,00	Projeção [m]	n/d	Desc. corrente [A]	3x24,60
Volume interno [dm³]	194,20	Vent. corrente [A]	34,5	Desc. potência [kW]	51,12
Espaçamento [mm]	10,0 x 20,0	Potência absorvida [W]	18900	Desc. alim. [V/F/Hz]	400,0/50

\* TC: +2°C, Tevap: -6°C, DTm: 8°C (R404A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1590
Dim. B [mm]	: 4200
Dim. C [mm]	: 3750
Dim. C1 [mm]	: 1233
Dim. D [mm]	: 829
Dim. E [mm]	: 769
Dim. F [mm]	: 630
Dim. G [mm]	: 3800
Dim. H [mm]	: 915



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XI.8. Evaporadores – Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolhado ultracongelado



# CProSelect

CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CP ProSelect - Q-TIPI by Centauro v. 1.19 - [Selecção de equipamento] - db TPC 20120.5

Cliente

Fax:  
Tel:

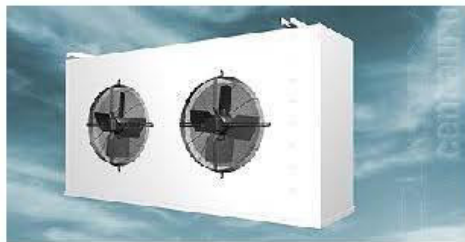
### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	15 kW +/- 20 %	
t0	-30 °C	
DTm	5 K	<b>R404A</b>
TC	-25 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**DXL 12P2I31**

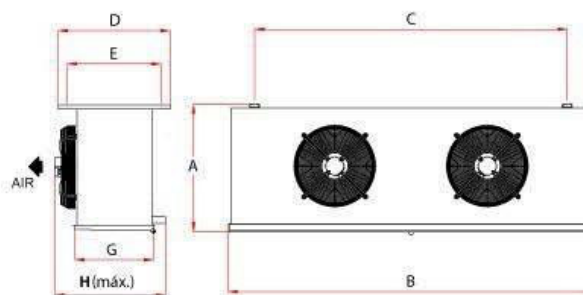


Potência nominal [kW]*	31,21	N.º de ventiladores	2	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	15,45	Ø dos ventiladores [mm]	560	Vent. RPM [rpm]	1220
Delta T [°C]	4,85	Caudal de ar [m³/h]	19600	Vent. alim. [V/F/Hz]	400/3,50
Superfície [m²]	113,61	Projeção [m]	30	Desc. corrente [A]	2x13,85
Volume interno [dm³]	36,30	Vent. corrente [A]	3,6	Desc. potência [kW]	19,2
Espaçamento [mm]	12	Potência absorvida [W]	2000	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3,50

\* TC: +2°C, Tevap: -6°C, DTm: 8°C (R404A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 960
Dim. B [mm]	: 2970
Dim. C [mm]	: 2570
Dim. C1 [mm]	: -
Dim. D [mm]	: 933
Dim. E [mm]	: 850
Dim. F [mm]	: -
Dim. G [mm]	: 725
Dim. H [mm]	: 950



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XI.9. Condensador – Circuito de refrigerados



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Q1101 by Centauro v. 1.1.9 - [Selecção de condensadores] - db TPC 2012.D.5

Cliente

Fax:

### Seleção de condensadores

Potência	: 370 kW, +/- 20 %
Dif. temperatura	: 10 K
Gás refrig.	: R404A
Temp. ambiente	: 34 °C
Altitude	: 0 m
Material Alheta	: Aluminium

Notas:

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos:

**ACPD/M - 880/560T (400V/3/50)**

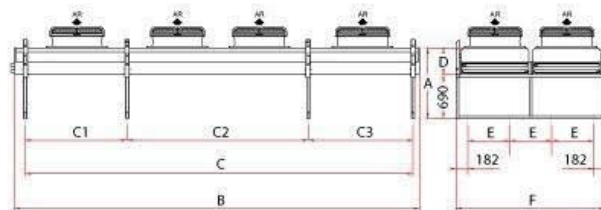


Pot. nom. (DT=15°C) [kW]	559,86	N.º ventiladores [N.ºxØ]	8x800	Tensão alimentação [V]	400V
Potência corrigida [kW]	374,78	Rotação [rpm]	895	Alimentação [F/Hz]	3/50
DT Funcionamento [°C]	9,87	Caudal de ar [m³/h]	164800	Entrada [in]	2 x 2 5/8
Volume interno [dm³]	129,00	Ruído [dB(A)]*	52	Saída [in]	2 x 2 1/8
Superfície [m²]	1227,20	Corrente [A]	34,40	Volume embarque [m³]	14,80
Espaçamento [mm]	2,1	Potência absorvida [W]	16000	Peso [kg]	1414,20

\* Nível de ruído referido à média dos valores de pressão sonora medidos em campo livre, sem reflexões, em 4 pontos a 10 m do condensador com fluxo de ar vertical.

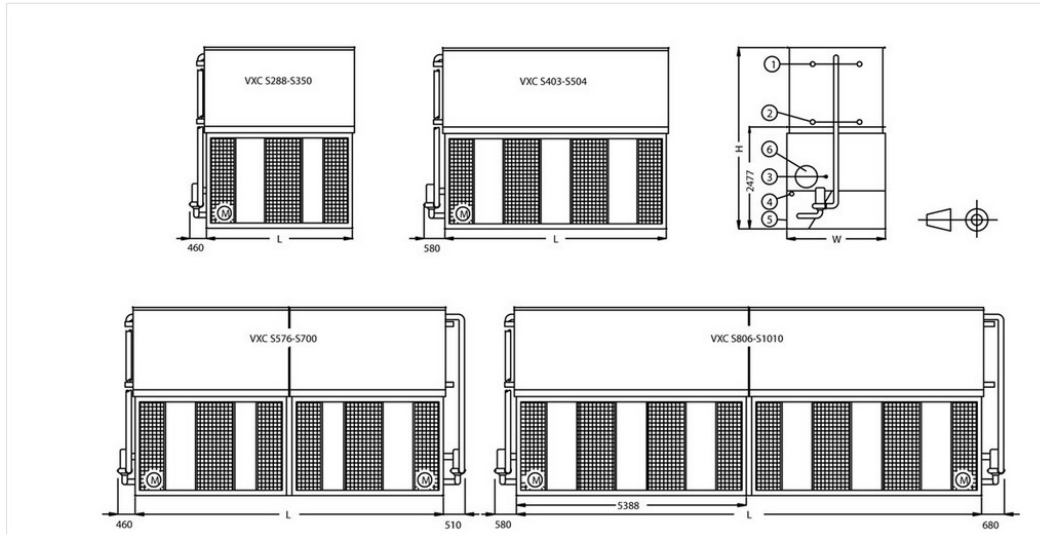
### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1110
Dim. B [mm]	: 6720
Dim. C [mm]	: 6450
Dim. C1 [mm]	: 1600
Dim. D [mm]	: 420
Dim. E [mm]	: 660
Dim. F [mm]	: 2344
Dim. G [mm]	: -
Dim. H [mm]	: -



## XI.10. Condensador – Circuito de ultracongelção

### VXC S288-S1010



Model	Weights (kg)			Dimensions (mm)			Air Flow (m³/s)	Fan Motor (kW)	Water Flow (l/s)	Pump Motor (kW)	R717 charge (kg)
	Oper. Weight (kg)	Ship. Weight (kg)	Heaviest Section (kg)	L	W	H					
VXC S288	7600	5525	3850	3550	2397	4248	22.8	(1x) 18.5	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S300	7630	5555	3850	3550	2397	4248	24.2	(1x) 22.0	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S328	7705	5630	3850	3550	2397	4248	26.7	(1x) 30.0	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S350	8320	6180	4470	3550	2397	4483	26.2	(1x) 30.0	25.2	(1x) 2.2	196.0
VXC S403	10225	7170	4715	5385	2397	4013	36.6	(1x) 30.0	38.5	(1x) 4.0	198.0
VXC S429	10285	7230	4715	5385	2397	4013	38.9	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	198.0
VXC S455	11270	8125	5710	5385	2397	4248	34.9	(1x) 30.0	38.5	(1x) 4.0	246.0
VXC S482	11320	8175	5710	5385	2397	4248	37.5	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	246.0
VXC S504	12500	9260	6690	5385	2397	4483	36.6	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	294.0
VXC S576	15120	10880	3840	7226	2397	4248	45.6	(2x) 18.5	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S600	15220	10980	3840	7226	2397	4248	48.4	(2x) 22.0	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S656	15400	11100	3840	7226	2397	4248	53.4	(2x) 30.0	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S700	16655	12355	4470	7226	2397	4483	52.4	(2x) 30.0	50.4	(2x) 2.2	392.0
VXC S806	20555	14415	5120	10903	2397	4013	73.2	(2x) 30.0	77.0	(2x) 4.0	396.0
VXC S858	20755	14615	5120	10903	2397	4013	77.8	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	396.0
VXC S910	22570	16420	5710	10903	2397	4248	69.8	(2x) 30.0	77.0	(2x) 4.0	492.0
VXC S964	22770	16550	5710	10903	2397	4248	75.0	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	492.0
VXC S1010	25035	18505	6690	10903	2397	4483	73.2	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	588.0

## XI.11. Condensador – Circuito de congelados



# CProSelect

CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Outil by Centauro v. 1.1.9 - [Seleção de condensadores] - © TPC 2012.0.5

Cliente

Fax:

### Seleção de condensadores

Potência	: 140 kW, +/- 20 %
Dif. temperatura	: 10 K
Gás refrig.	: R404A
Temp. ambiente	: 34 °C
Altitude	: 0 m
Material Alheta	: Aluminium

Notas:

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos:

ACI/E - 463/218T (400V/3/50)

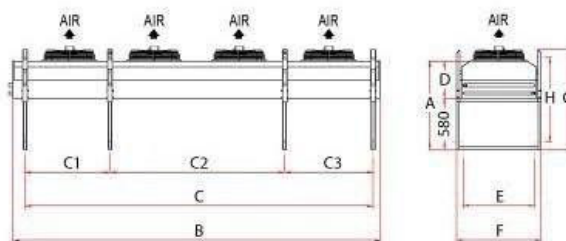


Pot. nom. (DT=15°C) [kW]	218,19	N.º ventiladores [N.ºx2]	4x630	Tensão alimentação [V]	400V
Potência corrigida [kW]	146,06	Rotação [rpm]	1330	Alimentação [F/Hz]	3/50
DT Funcionamento [°C]	9,59	Caudal de ar [m³/h]	56000	Entrada [in]	2 5/8
Volume interno [dm³]	64,50	Ruído [dB(A)]*	53	Saída [in]	2 1/8
Superfície [m²]	613,60	Corrente [A]	13,60	Volume embarque [m³]	5,44
Espaçamento [mm]	2,1	Potência absorvida [W]	7760	Peso [kg]	594,72

\* Nível de ruído referido à média dos valores de pressão sonora medida em campo livre, sem reflexões, em 4 pontos a 10 m do condensador com filtro de arue itical.

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1000
Dim. B [mm]	: 5120
Dim. C [mm]	: 4850
Dim. C1 [mm]	: 1200
Dim. D [mm]	: 420
Dim. E [mm]	: 1005
Dim. F [mm]	: 1195
Dim. G [mm]	: 1130
Dim. H [mm]	: 954



# XI.12. Depósito de líquido – Circuito de refrigerados

## DEPÓSITOS LÍQUIDO LIQUID RECEIVERS

Horizontais e Verticais Horizontal and Vertical



Modelo Type	Preço Price Depósito líquido Liquid receiver EUR	Capacidade Capacity dm <sup>3</sup>	Válvula entrada Inlet valve in	Válvula saída Outlet valve in	Válvula segurança Safety valve in	Dimensões Dimensions mm							
						Ø	A	B	C	D	F	G	H
Horizontais Horizontal													
CRH-20	•	20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	300	350	190	200	200	300
CRH-30	•	30	1 1/8"	7/8"	1/4"	219	900	500	350	190	300	140	300
CRH-45	•	45	1 1/8"	7/8"	3/8"	219	1350	800	350	190	340	140	300
CRH-60	•	60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	600	400	220	370	170	357
CRH-90	•	90	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1780	800	400	220	370	170	357
CRH-120	•	120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1200	400	260	250	250	422
CRH-150	•	150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	406	1330	800	550	300	370	170	503
CRH-180	•	180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1580	900	550	300	370	170	503
CRH-250	•	250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	2170	1100	550	300	710	310	503
CRH-300	•	300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2310	1800	550	200	300	300	503
CRH-350	•	350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2980	1500	550	300	710	310	503
CRH-500	•	500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1764	1100	700	400	710	310	705
Verticais Vertical													
CRV-20	•	20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	570	30	135	85	300	240
CRV-30	•	30	1 1/8"	7/8"	1/4"	273	650	620	30	70	60	300	240
CRV-40	•	40	1 1/8"	7/8"	3/8"	273	725	695	30	120	70	300	240
CRV-60	•	60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	1170	30	170	95	300	240
CRV-90	•	90	1 3/8"	1 1/8"	1/2"	324	1282	1270	12	60	260	400	340
CRV-120	•	120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1720	30	160	85	400	340
CRV-150	•	150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	324	2000	1970	30	160	85	400	340
CRV-180	•	180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1810	1580	30	160	70	550	490
CRV-250	•	250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	457	1785	1750	35	50	235	550	490
CRV-300	•	300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1630	1600	30	143	68	550	490
CRV-350	•	350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1820	1800	20	143	68	550	490
CRV-500	•	500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1786	1764	22	73	273	550	490

### FORNECIMENTO BASE

Válvulas de secionamento na entrada e saída  
 Válvula de segurança (1 válvula até 90dm<sup>3</sup>, 2 válvulas para capacidades superiores)  
 Válvula de 3 vias (para capacidades superiores a 90dm<sup>3</sup>)  
 Visores circulares na virola  
 Lijação para alarme de mínimo (alarme de mínimo não incluído)

### DE ACORDO COM A DIRECTIVA DE EQUIPAMENTOS DE PRESSÃO 97/23/CE

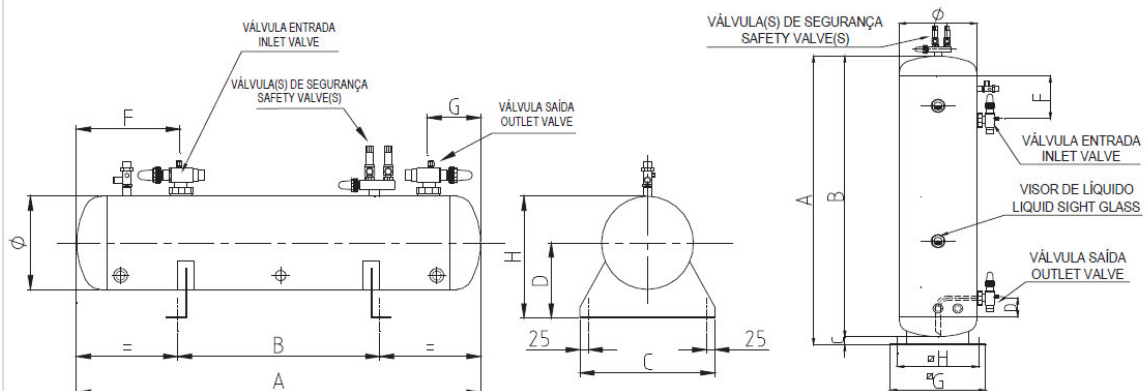
Pressão máxima: 32bar  
 Material: aço  
 Fluidos: refrigerantes grupo II  
 Interior inspeccionado, limpo e desengordurado  
 Pintura exterior  
 Entregue seco e com tampas de plástico nas válvulas de secionamento

### STANDARD SUPPLY


Inlet and outlet shut-off valves  
 Safety valve (1 valve for capacities up to 90dm<sup>3</sup>, 2 valves for bigger capacities)  
 3-way valve (for capacities above 90dm<sup>3</sup>)  
 Sight glasses  
 Minimum level control connection (minimum level control not included)

### ACCORDING TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97/23/CE

Maximum pressure: 32bar  
 Material: steel  
 Fluid: refrigerantes grupo II  
 Inspected interior, cleaned and degreased  
 Exterior painted  
 Delivered dry and with shut-off valves covered with plastic lids



## XI.13. Depósito de líquido – Circuito de ultracongelação



**Pressure vessels** Data Sheet: FS5502




Abb. ähnlich / Fig. similar, © Bitzer

Technical Data		
	SI	IP
Weight	370,0 kg	815,9 lb
Total width	841 mm	33.1'
Total depth	--	--
Total height	2016mm	79.4'
Receiver volume refrigerant	550,0 l	19357 fl.oz
Max. refrigerant charge 90% at 20°C	20°C	68°F
R22	599,0 kg	1320.8 lb
R134a	606,8 kg	1338 lb
R407C	573,7 kg	1264.9 lb
R404A // R507A	528,7 kg	1165.8 lb
Connection inlet KL	DN100	DN100
Connection thread/ -flange	160x 160	160x 160
Connection outlet FL	76mm - 3 1/8"	76mm - 3 1/8"
Gauge	7/4" 18 NPTF20UNF	7/4" 18 NPTF20UNF
Connection for pressure relief valve	1 1/4"-12UNF	1 1/4"-12UNF
Adapter for pressure relief valve	Option	Option
Minimum level control	Option	Option
Maximum level control	Option	Option
Electric liquid level control	Option	Option
Approval according PED 97/23/EC	Standard	Standard
Special Approvals (on request)	Option	Option

© BITZER

# XI.14. Depósito de líquido – Circuito de congelados

## DEPÓSITOS LÍQUIDO LIQUID RECEIVERS

Horizontais e Verticais Horizontal and Vertical



Modelo Type	Preço Price	Capacidade Capacity	Válvula entrada Inlet valve	Válvula saída Outlet valve	Válvula segurança Safety valve	Dimensões Dimensions							
	Depósito líquido Liquid receiver					Ø	A	B	C	D	F	G	H
	EUR	dm <sup>3</sup>	in	in	in	mm							

### Horizontais Horizontal

CRH-20	•	20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	300	350	190	200	200	300
CRH-30	•	30	1 1/8"	7/8"	1/4"	219	900	500	350	190	300	140	300
CRH-45	•	45	1 1/8"	7/8"	3/8"	219	1350	600	350	190	340	140	300
CRH-60	•	60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	600	400	220	370	170	357
CRH-90	•	90	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1780	800	400	220	370	170	357
CRH-120	•	120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1200	400	260	250	250	422
CRH-150	•	150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	406	1330	800	550	300	370	170	503
CRH-180	•	180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1580	900	550	300	370	170	503
CRH-250	•	250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	2170	1100	550	300	710	310	503
CRH-300	•	300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2310	1800	550	200	300	300	503
CRH-350	•	350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2980	1500	550	300	710	310	503
CRH-500	•	500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1764	1100	700	400	710	310	705

### Verticais Vertical

CRV-20	•	20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	570	30	135	85	300	240
CRV-30	•	30	1 1/8"	7/8"	1/4"	273	650	620	30	70	60	300	240
CRV-40	•	40	1 1/8"	7/8"	3/8"	273	725	695	30	120	70	300	240
CRV-60	•	60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	1170	30	170	95	300	240
CRV-90	•	90	1 3/8"	1 1/8"	1/2"	324	1282	1270	12	60	260	400	340
CRV-120	•	120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1720	30	160	85	400	340
CRV-150	•	150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	324	2000	1970	30	160	85	400	340
CRV-180	•	180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1610	1580	30	160	70	550	490
CRV-250	•	250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	457	1785	1750	35	50	235	550	490
CRV-300	•	300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1630	1600	30	143	68	550	490
CRV-350	•	350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1820	1800	20	143	68	550	490
CRV-500	•	500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1786	1764	22	73	273	550	490

#### FORNECIMENTO BASE

Válvulas de secionamento na entrada e saída  
 Válvula de segurança (1 válvula até 90dm<sup>3</sup>, 2 válvulas para capacidades superiores)  
 Válvula de 3 vias (para capacidades superiores a 90dm<sup>3</sup>)  
 Visores circulares na virola  
 Lição para alarme de mínimo (alarme de mínimo não incluído)

#### DE ACORDO COM A DIRECTIVA DE EQUIPAMENTOS DE PRESSÃO 97/23/CE

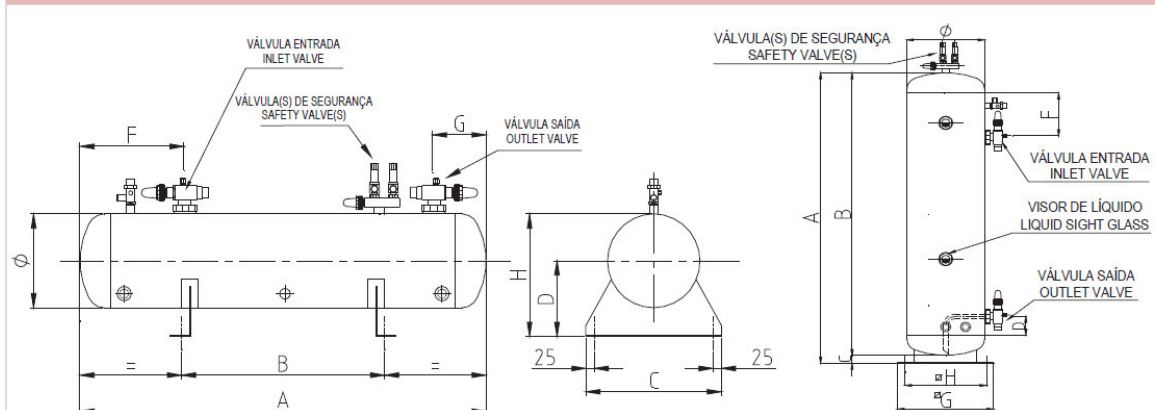
Pressão máxima: 32bar  
 Material: aço  
 Fluidos: refrigerantes grupo II  
 Interior inspeccionado, limpo e desengordurado  
 Pintura exterior  
 Entregue seco e com tampas de plástico nas válvulas de secionamento

#### STANDARD SUPPLY

Inlet and outlet shut-off valves  
 Safety valve (1 valve for capacities up to 90dm<sup>3</sup>, 2 valves for bigger capacities)  
 3-way valve (for capacities above 90dm<sup>3</sup>)  
 Sight glasses  
 Minimum level control connection (minimum level control not included)

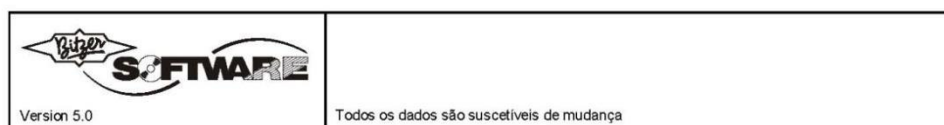
#### ACCORDING TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97/23/CE

Maximum pressure: 32bar  
 Material: steel  
 Fluid: refrigerantes grupo II  
 Inspected interior, cleaned and degreased  
 Exterior painted  
 Delivered dry and with shut-off valves covered with plastic lids



# Anexo XII – Fichas técnicas – Instalação frigorífica a R<sub>404a</sub> e R<sub>134a</sub>

## XII.1.Circuito de refrigerados – Compressores

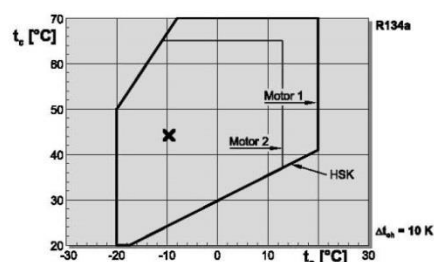


### Seleção do compressor: Compressores Parafusos Semi-Herméticos

#### Valores de entrada

Compressor modelo	HSK8571-140
Refrigerante	R134a
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-10°C
Temp. Condensação SDT	44°C
Modo de operação	Standard
Sub-resfriamento do líquido	3K
Temperatura do gás de descarga	80°C
Superaquecimento do gás Sucção	10K
Superaquecimento útil	100%
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%

#### Limites de aplicação (Standard)



#### Resultado

Compressor modelo **HSK8571-140-40P**

Capac. Frigorífica	141.4 kW
Capac. Frigorífica *	136.9 kW
Capacidade Evaporador	141.4 kW
Potência absorvida	59.9 kW
Corrente (400V)	110.2 A
Faixa de Tensão	380-415V
Capacidade Condensador	196.8 kW
COP/EER	2.36
COP/EER*	2.29
Vazão em massa LP	3575 kg/h
Vazão em massa HP	3575 kg/h
Modo de operação	Standard
Temp. do líquido	41.0 °C
Vazão de óleo	1.87 m <sup>3</sup> /h
Temperatura de descarga sem resfriamento	79.4 °C

#### Dados Provisórios

\*segundo EN 12900 (superaquecimento na sucção de 10K, sem sub-resfriamento de líquido)

## XII.2.Circuito de ultracongelação – Compressores

### 1. Description of the screw compressor type SR-S48S-28

Screw compressor series LT with adapted fixed internal volume ratio and continuous capacity control. Compressor equipped with integrated valve block and hermetic position indicator.

Prepared for gas pulsation protection for high pressure ratios.

- Solenoid valves specification: Coils for solenoid valves 24 V DC
- Slide Position Indicator: 4...20 mA, IP65
- O-Ring Material : HNBR
- Grey cast iron casing: GJL 200 acc. DIN EN 1561
- Bearings arrangement : Standard

### 2. Technical data screw compressor unit

Refrigerant	R404a	
Refrigeration capacity	256	kW
Drive motor power (with freq. inverter)	47 - 213	kW
Speed (with freq. inverter)	1500 - 3000	rpm
Evaporation temperature	-45,0	°C
Condensation temperature	35,0	°C
Condensation temperature (Winter)	35,0	°C
Evaporation pressure	1,0	bar
Condensation pressure	16,1	bar
Superheat	5,0	K
Superheat useful	5,0	K
Sub-cooling	0,0	K
Discharge temperature (full load)	59,0	°C
Discharge temperature (min. partload)	59,0	°C
Total oil flow	93,1	l/min
Functional oil flow	62,1	l/min
Injection oil flow	31,0	l/min
Oil inlet temperature	40,0	°C
Oil cooler rating	54,8	kW
Oil cooler rating at min. partload	54,1	kW
Intermediate temperature	-18,0	°C
Temperature diff. economizer	10,0	K
Economizer rating	105,5	kW
Design pressure	23,0	bar [g]
Minimum control slide position: 29 %		

### 3. Dimensions

The following values for dimensions, weights and oil charge are preliminary. Final binding data according to the latest version of the general drawing only.

Length: 3762 mm

Width:	1700 mm
Height:	2132 mm
Oil charge:	108 l
Weight (with motor)	3690 kg

#### 4. General declarations

Refrigerating capacity and power input acc. to EN 12900 and DIN 8976; selection of oil according to GEA Refrigeration's data-sheets. The selection of oil has to guarantee a min./ max. viscosity of 7 / 70 cSt for functional oil.

The screw compressor unit is designed according to the operating conditions written in this document. Deviations have to be agreed with GEA Refrigeration.

Ambient temperatures :	5/40 °C
Installation conditions:	indoor
Recommended oil type:	ester oil

#### 5. Screw Compressor Package Components

- **Electric drive motor**

Manufacturer:	WEG	
Number of poles:	2	
Degree of protection:	IP23	
Voltage:	400	V ± 5%
Drive motor rating:	247	kW
Speed range:	1500 - 3000 rpm	
Frequency:	50	Hz
Maximum installation height:	1000 m above sea level	
  
- **Screwed cable connections**

PTC:	1x M20
Main cable:	4x M63
Material:	brass
Maximum clamping range:	48 mm

The drive motor has to be operated by a frequency inverter. The maximum cable length between motor and power supply has to be smaller than 25m. The switching frequency of the inverter has to be equal or higher than 3,5 kHz.

**The correct choice and the operating parameters of the inverter are not covered by the scope of the delivery of GEA Refrigeration Germany GmbH Berlin**

- **Wear-free steel laminated coupling with coupling guard**
  
- **Separate oil pump, mounted on the unit**
- Oil pump type: (105 l/min pump)

Voltage:	220-240 V D / 380-420 V Y
Current:	5 A
Power:	2,2 kW
Speed:	1420 rpm
Protection class:	IP 55
Flow rate:	105 l/min (at $\Delta p = 3$ bar)
Sealing:	HNBR

- Oil filter**  
Single oil filter with filter fineness 15 micron, stop valves and oil pressure control valve.
- Oil Separator**  
Vertical oil separator with fine separation stage. Oil return to the compressor with orifice.  
The oil carry over is < 100 ppm liquid share with ester oil.  
With controlled oil heater.  
Electrical data: 380-440V; 2Ph; 450-605W
- Suction filter**  
External suction filter with filter fineness 120 micron.
- Economizer suction line**  
- Economizer connection with check valve, strainer, stop valve and service valve.  
- With thermometer
- Economizer**  
- Closed flash economizer (shell and tube type) for single stage expansion with thermostatic expansion valve, solenoid valve, strainer, stop valve on liquid side.
- Oil Cooling**  
Thermosyphon oil cooler (tube evaporation) complete with sightglass and service valve.  
Refrigerant pressure drop: 0,00113 bar
- Oil temperature control**  
Additional 3-way-valve in the oil circuit for oil temperature control.
- Main Valves**  
Suction side: 1 x Stop valve on suction side  
1 x Check valve on suction side integrated in suction filter  
Discharge side: 1 x Stop valve after oil separator  
1 x Check valve after oil separator

## 6. GRASSO System CONTROL (GSC-TP)

- Compact microprocessor control with standard software.
- Implementation of a defined start and stop procedure.
- Compressor capacity adjustment (suction pressure or process temperature are selectable as reference values).
- The safety of the unit is guaranteed by continuous monitoring and displaying of all important operating data and motor current limitation.
- Physical sequence control is possible with a master PLC via potential free contacts.
- All sensors and actuators (stipulated by GEA Refrigeration Germany GmbH) are fully wired to the compressor controller.
- The touch-screen (installed at eye-level 1,7m height) and input devices are integrated in a standard enclosure with door.
- System Control mounted on the screw compressor package.
- Display in Portuguese language.
- Controller voltage: 230 V AC
- With MPI interface and D-SUB-9 socket for data transfer with other compatible MPI PLC-systems.
- **Temperature sensors**  
Set of standard temperature sensors (3 pcs.) consisting of:  
1 x suction temperature, 1 x discharge temperature and 1 x oil temperature
- **Pressure sensors**  
Set of standard pressure sensors (4 pcs.) with stop valve consisting of:  
1 x suction pressure, 1 x discharge pressure and 2 x oil pressure

## 7. Safety Devices

- Overflow valve with connection block between suction and discharge side.
- Dual safety valve with change over valve at the oil separator.
- 1 x Safety pressure limiter KP7 ABS with two separate locks.

## 8. Options

- Extra oil filter element

## 9. Painting

- Package painted acc. to the following colour specification (standard):  
Colour: RAL 5014, pigeon blue - protective paint system A.2.06 modified for high solid paint acc. to EN ISO 12944-5 for environmental conditions C2 / EN ISO 12944-2.

## 10. Approval and certificates

- 2 set of CE certificate for pressure vessels only, acc. to PED rules (PED) 97/23/EG, calculated and manufactured acc. "AD 2000" and documentation acc. to CE rules.

## 11. Documentation

- 2 sets of documentation incl. CD-ROM in English language.

#### **12. Packing**

- Package without packing; for transport in closed systems only.

#### **13. Loading**

- Loading of packages in Berlin or Döllnitz into open top containers or open top trucks is included. When loading in different containers or transport with different means of transportation, please contact Sales Grasso Berlin for prices.

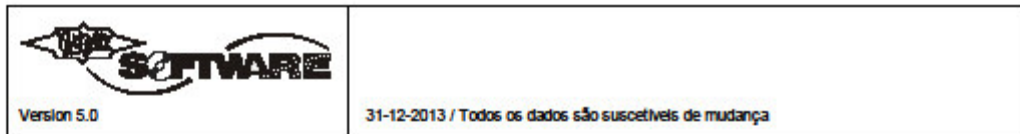
#### **14. Warranty**

- 12 months after commissioning, max. 15 months after delivery.

#### **15. Exclusions from scope of supply**

- Erection, supervision of erection and commissioning on site
- Water supply and drain piping
- Refrigerant and refrigerating oil
- Insulating of pipe work
- Foundations, spare parts and special tools
- Power supply cabinet
- Inverter

## XII.3.Circuito de congelados – Compressores

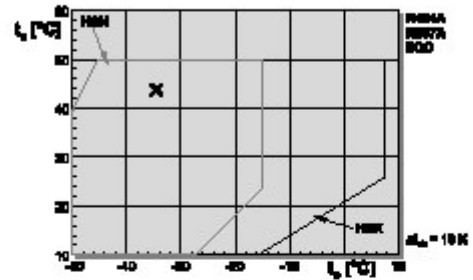


### Seleção do compressor: Compressores Parafusos Semi-Herméticos

#### Valores de entrada

Compressor modelo	<b>HSN7471-75</b>
Refrigerante	R404A
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-35°C
Temp. Condensação SDT	44°C
Modo de operação	ECO
Temperatura do líquido	Auto
Temperatura do gás de descarga	80°C
Superaquecimento do gás Sucção	10K
Superaquecimento útil	100%
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%

#### Limites de aplicação (ECO)



#### Resultado

Compressor modelo	<b>HSN7471-75-40P</b>
Capac. Frigorífica	64.9 kW
Capac. Frigorífica *	66.9 kW
Capacidade Evaporador	64.9 kW
Potência absorvida	60.3 kW
Corrente (400V)	96.0 A
Faixa de Tensão	380-415V
Capacidade Condensador	110.5 kW
COP/EER	1.08
COP/EER*	1.06
Vazão em massa LP	1659 kg/h
Vazão em massa HP	2463 kg/h
Modo de operação	ECO
Temperatura do líquido (sc)	9.58 °C
Vazão em massa ECO	804 kg/h
Carga Térmica Sub-Resfriador	24.3 kW
Temperatura saturada ECO	-0.42 °C
Pressão ECO	5.96 bar(a)
Vazão de óleo	2.06 m³/h
Saída do resfriador de óleo	66.1 °C
Carga Térmica Resfriador de Óleo	14.67 kW
Temperatura de descarga sem resfriamento	96.5 °C

Resfriamento adicional/ limitações (ver limites + dados técnicos)!

\*conforme EN12900 (10K superaquecimento do gás na sucção, subresfriamento do líquido no Economiser com 5K de diferença de temp.)

## XII.4. Evaporadores – Câmara frigorífica de matéria – prima



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CP ProSelect - Q. 1101 - Castelo Branco - 1.1.9 - (Selecção de evaporadores) - db TPC 20120.5

Cliente

Fax:  
Tel:

### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	28 kW +/- 20 %	
t0	-6 °C	
DTm	6 K	<b>R134A</b>
TC	0 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**DDC 8S2/40**

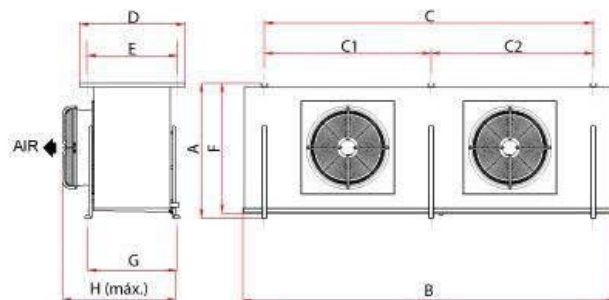


Potência nominal [kW]*	40,24	N.º de ventiladores	2	Pressão estática [Pa]	n8
Potência corrigida [kW]	27,80	Ø dos ventiladores [mm]	710	Vent. RPM [rpm]	900
Delta T [°C]	5,72	Caudal de ar [m³/h]	23800	Vent. alim. [V/F/Hz]	400,6/50
Superfície [m²]	127,36	Projeção [m]	34	Desc. corrente [A]	20,78
Volume interno [dm³]	27,60	Vent. corrente [A]	3,5	Desc. potência [kW]	14,4
Espaçamento [mm]	7,9	Potência absorvida [W]	1880	Desc. alim. [V/F/Hz]	400,6/50

\* TC: +2°C, Tevap: -6°C, DTm: 6°C (R134A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1125
Dim. B [mm]	: 2970
Dim. C [mm]	: 2570
Dim. C1 [mm]	: 1310
Dim. D [mm]	: 820
Dim. E [mm]	: 670
Dim. F [mm]	: 1075
Dim. G [mm]	: 654
Dim. H [mm]	: 900



## XII.5. Evaporadores – Câmara frigorífica de maturação



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect-Q-tiros by Centauro v. 1.19 - [selecção de evaporadores] - db TPC 20120.5

Cliente

Fax:  
Tel:

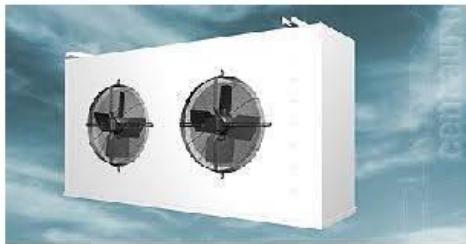
### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	13 kW +/- 20 %	
t0	-2 °C	
DTm	6 K	<b>R134A</b>
TC	4 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**DDC 8P11/17**

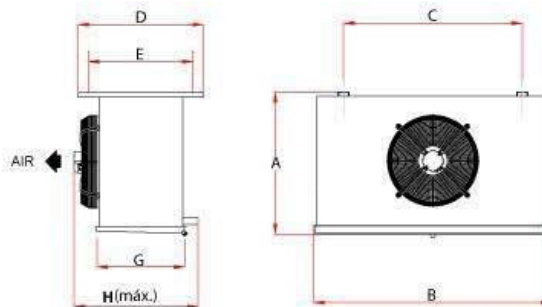


Potência nominal [kW]*	17,22	N.º de ventiladores	1	Pressão estática [Pa]	não
Potência corrigida [kW]	13,49	Ø dos ventiladores [mm]	560	Vent. RPM [rpm]	1220
Delta T [°C]	5,55	Caudal de ar [m³/h]	10200	Vent. alim. [V/F/Hz]	400.0.60
Superfície [m²]	55,72	Projeção [m]	27	Desc. corrente [A]	10.39
Volume interno [dm³]	12,10	Vent. corrente [A]	1,8	Desc. potência [kW]	7,2
Espaçamento [mm]	7,9	Potência absorvida [W]	1000	Desc. alim. [V/F/Hz]	400.0.60

\* TC: +2°C, Teup: -6°C, DTm: 8°C (R140A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 960
Dim. B [mm]	: 1710
Dim. C [mm]	: 1310
Dim. C1 [mm]	: -
Dim. D [mm]	: 671
Dim. E [mm]	: 615
Dim. F [mm]	: -
Dim. G [mm]	: 515
Dim. H [mm]	: 740



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XII.6. Evaporadores – Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Guião by Centauro v. 1.1.12 - [Seleção de evaporadores] - © TPC 2012.05

Cliente

Fax:  
Tel:

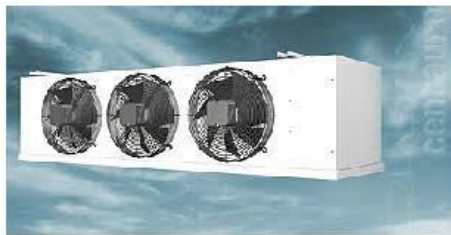
### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	13,5 kW +/- 20 %	
t <sub>0</sub>	-2 °C	
DT <sub>m</sub>	6 K	R134A
TC	4 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

DD 7E4/14

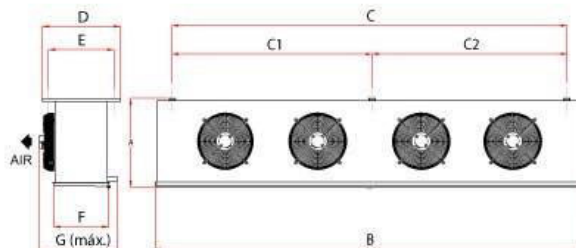


Potência nominal [kW]*	14,44	N.º de ventiladores	4	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	11,31	Ø dos ventiladores [mm]	350	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	7,16	Caudal de ar [m³/h]	7760	Vent. alim. [V/F/Hz]	230/1/50
Superfície [m²]	44,68	Projeção [m]	16	Desc. corrente [A]	12,47
Volume interno [dm³]	14,40	Vent. corrente [A]	2,28	Desc. potência [kW]	8,64
Espaçamento [mm]	7,0	Potência absorvida [W]	520	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\* TC: -2°C, T<sub>evap</sub>: -6°C, DT<sub>m</sub>: 6°C (R404A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 449
Dim. B [mm]	: 2333
Dim. C [mm]	: 2025
Dim. C1 [mm]	: 1012.5
Dim. D [mm]	: 615
Dim. E [mm]	: 540
Dim. F [mm]	: 490
Dim. G [mm]	: 700
Dim. H [mm]	: -



## XII.7.Evaporadores – Túneis de ultracongelação



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Q-tiro by Centauro v. 1.19 - [Selecção de evaporadores] - db-TPC 2012D.5

Ciente

Fax:  
Tel:

### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência	45 kW +/- 20 %	
t0	-40 °C	<b>R404A</b>
DTm	5 K	
TC	-35 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**BSUS 4702.2 XL**

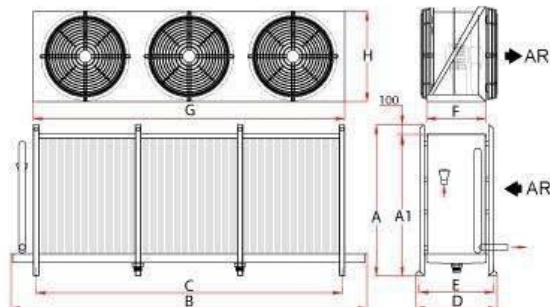


Potência nominal [kW]*	106,55	N.º de ventiladores	3	Pressão estática [Pa]	145
Potência corrigida [kW]	52,00	Ø dos ventiladores [mm]	800	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	4,33	Caudal de ar [m³/h]	74000	Vent. alim. [V/F/Hz]	400,0/50
Superfície [m²]	410,00	Projeção [m]	n/d	Desc. corrente [A]	3x24,60
Volume interno [dm³]	194,20	Vent. corrente [A]	34,5	Desc. potência [kW]	51,12
Espaçamento [mm]	10,0 x 20,0	Potência absorvida [W]	18900	Desc. alim. [V/F/Hz]	400,0/50

\* TC: +2°C, Tevap: -6°C, DTm: 8°C (R404A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1590
Dim. B [mm]	: 4200
Dim. C [mm]	: 3750
Dim. C1 [mm]	: 1233
Dim. D [mm]	: 829
Dim. E [mm]	: 769
Dim. F [mm]	: 630
Dim. G [mm]	: 3800
Dim. H [mm]	: 915



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XII.8.Evaporadores – Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolhado ultracongelado



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Q-tirox by Centauro v. 1.13 - [Selecção de evaporado e f] - db TPC 201205

Cliente

Fax:

Tel:

### Equipamentos em cobre

Notas:

Potência 15 kW +/- 20 %

t0 -30 °C

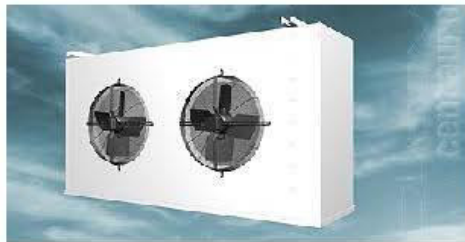
DTm 5 K

TC -25 °C

**R404A**

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**DXL 12P2/31**

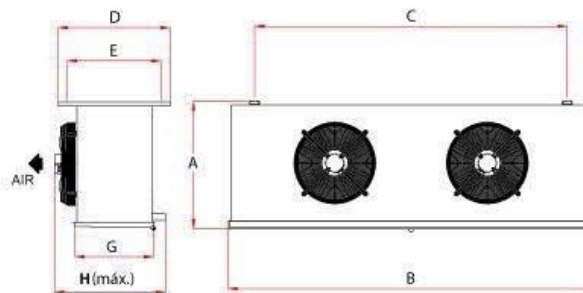


Potência nominal [kW]*	31,21	N.º de ventiladores	2	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	15,45	Ø dos ventiladores [mm]	560	Vent. RPM [rpm]	1220
Delta T [°C]	4,85	Caudal de ar [m³/h]	19600	Vent. alim. [V/F/Hz]	400/3/50
Superfície [m²]	113,61	Projeção [m]	30	Desc. corrente [A]	2x13,85
Volume interno [dm³]	36,30	Vent. corrente [A]	3,6	Desc. potência [kW]	19,2
Espaçamento [mm]	12	Potência absorvida [W]	2000	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\* TC: +2°C, Tevap: -6°C, DTm: 8°C (R404A)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 960
Dim. B [mm]	: 2970
Dim. C [mm]	: 2570
Dim. C1 [mm]	: -
Dim. D [mm]	: 933
Dim. E [mm]	: 850
Dim. F [mm]	: -
Dim. G [mm]	: 725
Dim. H [mm]	: 950



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XII.9. Condensador – Circuito de refrigerados



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Q1101 by Centauro v. 1.1.9 - [Selecção de condensadores] - db TPC 2012.D.5

Ciente

Fax:

### Seleção de condensadores

Potência	: 370 kW, +/- 20 %
Dif. temperatura	: 10 K
Gás refrig.	: R404A
Temp. ambiente	: 34 °C
Altitude	: 0 m
Material Alheta	: Aluminium

Notas:

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos:

**ACPD/M - 880/560T (400V/3/50)**

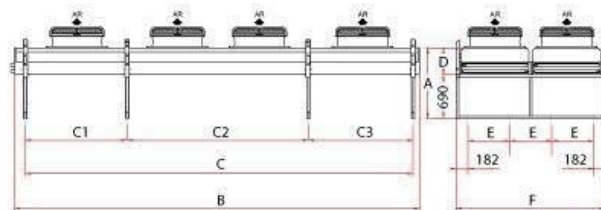


Pot. nom. (DT=15°C) [kW]	559,86	N.º ventiladores [N.ºxØ]	8x800	Tensão alimentação [V]	400V
Potência corrigida [kW]	374,78	Rotação [rpm]	895	Alimentação [F/Hz]	3/50
DT Funcionamento [°C]	9,87	Caudal de ar [m³/h]	164800	Entrada [in]	2 x 2 5/8
Volume interno [dm³]	129,00	Ruído [dB(A)]*	52	Saída [in]	2 x 2 1/8
Superfície [m²]	1227,20	Corrente [A]	34,40	Volume embarque [m³]	14,80
Espaçamento [mm]	2,1	Potência absorvida [W]	16000	Peso [kg]	1414,20

\* Nível de ruído referido à média dos valores de pressão sonora medidos em campo livre, sem reflexões, em 4 pontos a 10 m do condensador com fluxo de ar vertical.

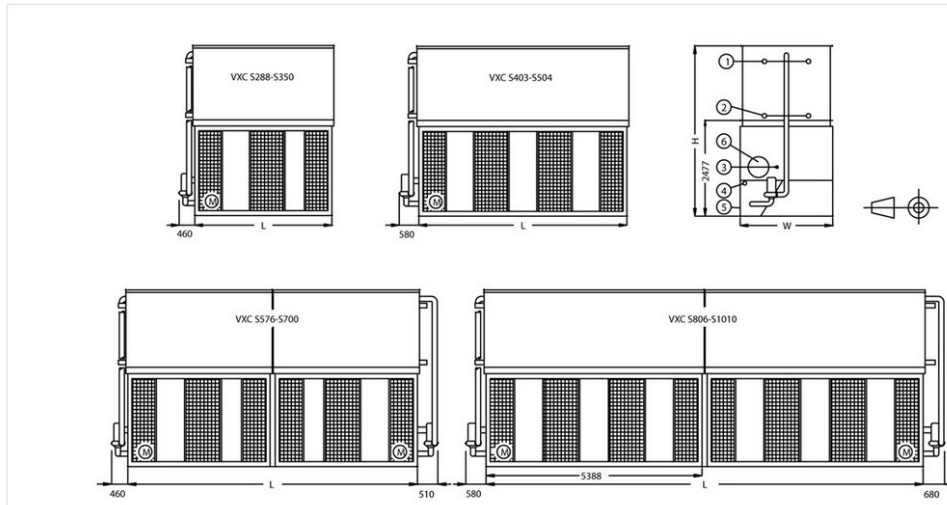
### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1110
Dim. B [mm]	: 6720
Dim. C [mm]	: 6450
Dim. C1 [mm]	: 1600
Dim. D [mm]	: 420
Dim. E [mm]	: 660
Dim. F [mm]	: 2344
Dim. G [mm]	: -
Dim. H [mm]	: -



## XII.10. Condensador – Circuito de ultracongelção

### VXC S288-S1010



Model	Weights (kg)			Dimensions (mm)			Air Flow (m <sup>3</sup> /s)	Fan Motor (kW)	Water Flow (l/s)	Pump Motor (kW)	R717 charge (kg)
	Oper. Weight (kg)	Ship. Weight (kg)	Heaviest Section (kg)	L	W	H					
VXC S288	7600	5525	3850	3550	2397	4248	22.8	(1x) 18.5	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S300	7630	5555	3850	3550	2397	4248	24.2	(1x) 22.0	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S328	7705	5630	3850	3550	2397	4248	26.7	(1x) 30.0	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S350	8320	6180	4470	3550	2397	4483	26.2	(1x) 30.0	25.2	(1x) 2.2	196.0
VXC S403	10225	7170	4715	5385	2397	4013	36.6	(1x) 30.0	38.5	(1x) 4.0	198.0
VXC S429	10285	7230	4715	5385	2397	4013	38.9	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	198.0
VXC S455	11270	8125	5710	5385	2397	4248	34.9	(1x) 30.0	38.5	(1x) 4.0	246.0
VXC S482	11320	8175	5710	5385	2397	4248	37.5	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	246.0
VXC S504	12500	9260	6690	5385	2397	4483	36.6	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	294.0
VXC S576	15120	10880	3840	7226	2397	4248	45.6	(2x) 18.5	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S600	15220	10980	3840	7226	2397	4248	48.4	(2x) 22.0	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S656	15400	11100	3840	7226	2397	4248	53.4	(2x) 30.0	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S700	16655	12355	4470	7226	2397	4483	52.4	(2x) 30.0	50.4	(2x) 2.2	392.0
VXC S806	20555	14415	5120	10903	2397	4013	73.2	(2x) 30.0	77.0	(2x) 4.0	396.0
VXC S858	20755	14615	5120	10903	2397	4013	77.8	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	396.0
VXC S910	22570	16420	5710	10903	2397	4248	69.8	(2x) 30.0	77.0	(2x) 4.0	492.0
VXC S964	22770	16550	5710	10903	2397	4248	75.0	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	492.0
VXC S1010	25035	18505	6690	10903	2397	4483	73.2	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	588.0

## XII.11. Condensador – Circuito de congelados



# CProSelect

CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Outil de Centauro v. 1.1.9 - [Seleção de condensadores] - © TPC 2012.0.5

Cliente

Fax:

### Seleção de condensadores

Potência	: 140 kW, +/- 20 %
Dif. temperatura	: 10 K
Gás refrig.	: R404A
Temp. ambiente	: 34 °C
Altitude	: 0 m
Material Alheta	: Aluminium

Notas:

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos:

ACI/E - 463/218T (400V/3/50)

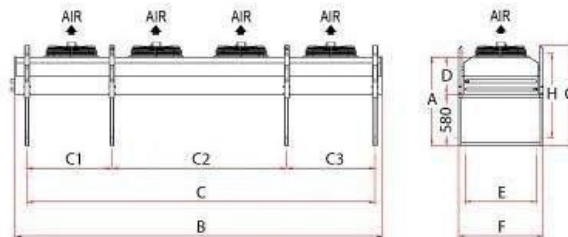


Pot. nom. (DT=15°C) [kW]	218,19	N.º ventiladores [N.ºx2]	4x630	Tensão alimentação [V]	400V
Potência corrigida [kW]	146,06	Rotação [rpm]	1330	Alimentação [F/Hz]	3/50
DT Funcionamento [°C]	9,59	Caudal de ar [m³/h]	56000	Entrada [in]	2 5/8
Volume interno [dm³]	64,50	Ruído [dB(A)]*	53	Saída [in]	2 1/8
Superfície [m²]	613,60	Corrente [A]	13,60	Volume embarque [m³]	5,44
Espaçamento [mm]	2,1	Potência absorvida [W]	7760	Peso [kg]	594,72

\* Nível de ruído referido à média dos valores de pressão sonora medidos em campo livre, sem reflexões, em 4 pontos a 10 m do condensador com filtro de arue itical.

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1000
Dim. B [mm]	: 5120
Dim. C [mm]	: 4850
Dim. C1 [mm]	: 1200
Dim. D [mm]	: 420
Dim. E [mm]	: 1005
Dim. F [mm]	: 1195
Dim. G [mm]	: 1130
Dim. H [mm]	: 954



## XII.12. Depósito de líquido – Circuito de refrigerados

### DEPÓSITOS LÍQUIDO LIQUID RECEIVERS

Horizontais e Verticais Horizontal and Vertical



Modelo Type	Preço Price	Depósito líquido Liquid receiver	Capacidade Capacity	Válvula entrada Inlet valve	Válvula saída Outlet valve	Válvula segurança Safety valve	Dimensões Dimensions							
							EUR	dm <sup>3</sup>	in	in	in	Ø	A	B
Horizontais Horizontal														
CRH-20	•		20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	300	350	190	200	200	300
CRH-30	•		30	1 1/8"	7/8"	1/4"	219	900	500	350	190	300	140	300
CRH-45	•		45	1 1/8"	7/8"	3/8"	219	1350	600	350	190	340	140	300
CRH-60	•		60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	600	400	220	370	170	357
CRH-90	•		90	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1780	800	400	220	370	170	357
CRH-120	•		120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1200	400	280	250	250	422
CRH-150	•		150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	406	1330	800	550	300	370	170	503
CRH-180	•		180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1580	900	550	300	370	170	503
CRH-250	•		250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	2170	1100	550	300	710	310	503
CRH-300	•		300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2310	1800	550	200	300	300	503
CRH-350	•		350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2980	1500	550	300	710	310	503
CRH-500	•		500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1764	1100	700	400	710	310	705
Verticais Vertical														
CRV-20	•		20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	570	30	135	85	300	240
CRV-30	•		30	1 1/8"	7/8"	1/4"	273	650	620	30	70	60	300	240
CRV-40	•		40	1 1/8"	7/8"	3/8"	273	725	695	30	120	70	300	240
CRV-60	•		60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	1170	30	170	95	300	240
CRV-90	•		90	1 3/8"	1 1/8"	1/2"	324	1282	1270	12	60	260	400	340
CRV-120	•		120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1720	30	160	85	400	340
CRV-150	•		150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	324	2000	1970	30	160	85	400	340
CRV-180	•		180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1610	1580	30	160	70	550	490
CRV-250	•		250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	457	1785	1750	35	50	235	550	490
CRV-300	•		300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1630	1600	30	143	68	550	490
CRV-350	•		350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1820	1800	20	143	68	550	490
CRV-500	•		500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1786	1764	22	73	273	550	490

#### FORNECIMENTO BASE

Válvulas de sectionamento na entrada e saída  
 Válvula de segurança (1 válvula até 90dm<sup>3</sup>, 2 válvulas para capacidades superiores)  
 Válvula de 3 vias (para capacidades superiores a 90dm<sup>3</sup>)  
 Visores circulares na virola  
 Ligação para alarme de mínimo (alarme de mínimo não incluído)

#### DE ACORDO COM A DIRECTIVA DE EQUIPAMENTOS DE PRESSÃO 97/23/CE

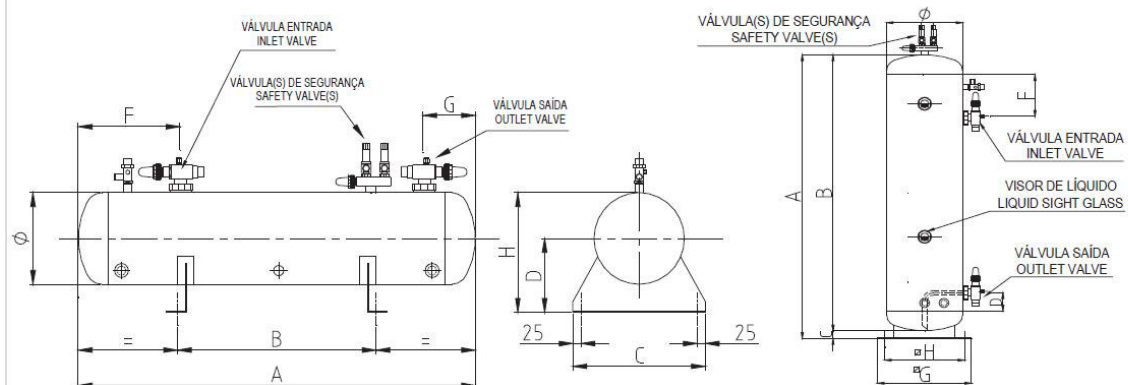
Pressão máxima: 32bar  
 Material: aço  
 Fluidos: refrigerantes grupo II  
 Interior inspeccionado, limpo e desengordurado  
 Pintura exterior  
 Entregue seco e com tampas de plástico nas válvulas de sectionamento

#### STANDARD SUPPLY


Inlet and outlet shut-off valves  
 Safety valve (1 valve for capacities up to 90dm<sup>3</sup>, 2 valves for bigger capacities)  
 3-way valve (for capacities above 90dm<sup>3</sup>)  
 Sight glasses  
 Minimum level control connection (minimum level control not included)

#### ACCORDING TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97/23/CE

Maximum pressure: 32bar  
 Material: steel  
 Fluid: refrigerantes grupo II  
 Inspected interior, cleaned and degreased  
 Exterior painted  
 Delivered dry and with shut-off valves covered with plastic lids



## XII.13. Depósito de líquido – Circuito de ultracongelação



**Pressure vessels** Data Sheet: FS5502




Abb. ähnlich / Fig. similar, © Bitzer

Technical Data		
	SI	IP
Weight	370,0 kg	815,9 lb
Total width	841 mm	33.1'
Total depth	--	--
Total height	2016mm	79.4'
Receiver volume refrigerant	550,0 l	19357 fl.oz
Max. refrigerant charge 90% at 20°C	20°C	68°F
R22	599,0 kg	1320.8 lb
R134a	606,8 kg	1338 lb
R407C	573,7 kg	1264.9 lb
R404A // R507A	528,7 kg	1165.8 lb
Connection inlet KL	DN100	DN100
Connection thread/ -flange	160x 160	160x 160
Connection outlet FL	76mm - 3 1/8"	76mm - 3 1/8"
Gauge	7/4" 18 NPTF20UNF	7/4" 18 NPTF20UNF
Connection for pressure relief valve	1 1/4"-12UNF	1 1/4"-12UNF
Adapter for pressure relief valve	Option	Option
Minimum level control	Option	Option
Maximum level control	Option	Option
Electric liquid level control	Option	Option
Approval according PED 97/23/EC	Standard	Standard
Special Approvals (on request)	Option	Option

© BITZER

## XII.14. Depósito de líquido – Circuito de congelados

### DEPÓSITOS LÍQUIDO LIQUID RECEIVERS

Horizontais e Verticais Horizontal and Vertical



Modelo Type	Depósito líquido Liquid receiver	Preço Price	Capacidade Capacity	Válvula entrada Inlet valve	Válvula saída Outlet valve	Válvula segurança Safety valve	Dimensões Dimensions							
							EUR	dm <sup>3</sup>	in	in	in	Ø	A	B
Horizontais Horizontal														
CRH-20	•	•	20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	300	350	190	200	200	300
CRH-30	•	•	30	1 1/8"	7/8"	1/4"	219	900	500	350	190	300	140	300
CRH-45	•	•	45	1 1/8"	7/8"	3/8"	219	1350	600	350	190	340	140	300
CRH-60	•	•	60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	600	400	220	370	170	357
CRH-90	•	•	90	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1780	800	400	220	370	170	357
CRH-120	•	•	120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1200	400	260	250	250	422
CRH-150	•	•	150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	406	1330	800	550	300	370	170	503
CRH-180	•	•	180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1580	900	550	300	370	170	503
CRH-250	•	•	250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	2170	1100	550	300	710	310	503
CRH-300	•	•	300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2310	1800	550	200	300	300	503
CRH-350	•	•	350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	406	2980	1500	550	300	710	310	503
CRH-500	•	•	500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1764	1100	700	400	710	310	705
Verticais Vertical														
CRV-20	•	•	20	3/4"	5/8"	1/4"	219	600	570	30	135	85	300	240
CRV-30	•	•	30	1 1/8"	7/8"	1/4"	273	650	620	30	70	60	300	240
CRV-40	•	•	40	1 1/8"	7/8"	3/8"	273	725	695	30	120	70	300	240
CRV-60	•	•	60	1 3/8"	1 1/8"	3/8"	273	1200	1170	30	170	95	300	240
CRV-90	•	•	90	1 3/8"	1 1/8"	1/2"	324	1282	1270	12	60	260	400	340
CRV-120	•	•	120	1 5/8"	1 3/8"	2 x 1/2"	324	1750	1720	30	160	85	400	340
CRV-150	•	•	150	1 5/8"	1 3/8"	2 x 3/4"	324	2000	1970	30	160	85	400	340
CRV-180	•	•	180	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	406	1610	1580	30	180	70	550	490
CRV-250	•	•	250	2 1/8"	1 5/8"	2 x 3/4"	457	1785	1750	35	50	235	550	490
CRV-300	•	•	300	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1630	1600	30	143	68	550	490
CRV-350	•	•	350	2 1/2"	2 1/8"	2 x 3/4"	508	1820	1800	20	143	68	550	490
CRV-500	•	•	500	3"	2 1/2"	2 x 3/4"	610	1786	1764	22	73	273	550	490

#### FORNECIMENTO BASE

Válvulas de secionamento na entrada e saída  
Válvula de segurança (1 válvula até 90dm<sup>3</sup>, 2 válvulas para capacidades superiores)  
Válvula de 3 vias (para capacidades superiores a 90dm<sup>3</sup>)  
Visores circulares na virola  
Ligação para alarme de mínimo (alarme de mínimo não incluído)

#### DE ACORDO COM A DIRECTIVA DE EQUIPAMENTOS DE PRESSÃO 97/23/CE

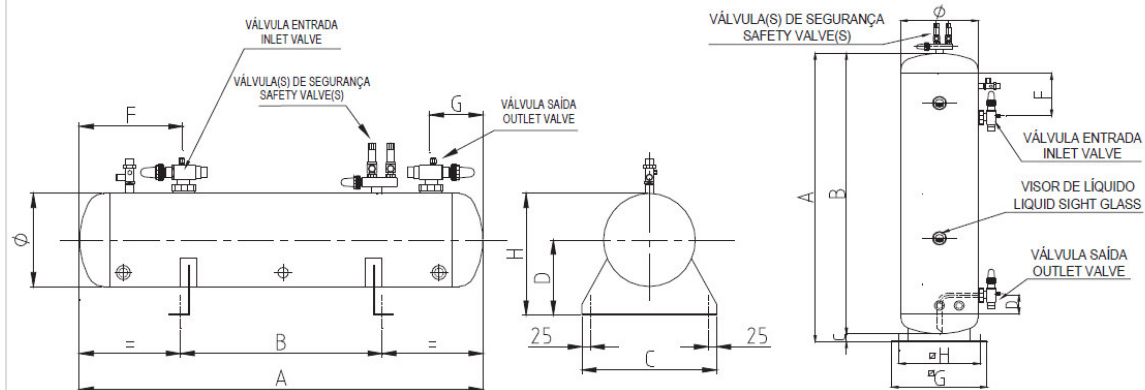
Pressão máxima: 32bar  
Material: aço  
Fluidos: refrigerantes grupo II  
Interior inspeccionado, limpo e desengordurado  
Pintura exterior  
Entregue seco e com tampas de plástico nas válvulas de secionamento

#### STANDARD SUPPLY

Inlet and outlet shut-off valves  
Safety valve (1 valve for capacities up to 90dm<sup>3</sup>, 2 valves for bigger capacities)  
3-way valve (for capacities above 90dm<sup>3</sup>)  
Sight glasses  
Minimum level control connection (minimum level control not included)

#### ACCORDING TO PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE 97/23/CE

Maximum pressure: 32bar  
Material: steel  
Fluid: refrigerantes grupo II  
Inspected interior, cleaned and degreased  
Exterior painted  
Delivered dry and with shut-off valves covered with plastic lids



# Anexo XIII – Fichas técnicas – Instalação frigorífica a NH<sub>3</sub>

## XIII.1.Circuito de refrigerados – Alta pressão– Compressores

### 1. Technical details (from Comsel)

•	PACKAGED COMPRESSOR	
•	Compressor type	Grasso V 450
•	Refrigerant	R717
•	Refrigeration capacity (Q <sub>o</sub> )	221,3 kW
•	Shaft power compressor (P <sub>e</sub> )	60,8 kW
•	Compressor speed	1450 min <sup>-1</sup>
•	Swept volume at current speed (all cylinders)	420,5 m <sup>3</sup> /h
•	Swept volume at nominal speed 1500 min <sup>-1</sup> (all cylinders)	435,0 m <sup>3</sup> /h
•	Evaporating temperature	-10,0 °C
•	Superheat total suction side	5 K
•	Superheat useful suction side	0 K
•	Sub-cooling of condenser liquid	0 K
•	Condensing temperature	35,0 °C

### 2. Standard Grasso reciprocating compressor

•	Type	Grasso V 450 (Single stage)
•	Total number of cylinders	6
•	Approval	CE/PED, factory standard
•	Minimum/Maximum allowed speed	600/1500 min <sup>-1</sup>
•	Type plate	Standard (Grasso English)
•	Purge (service) valve(s) TAH8 mounted in suction line and discharge line	
•	Mating flanges on suction and discharge connections	
•	Pre lubrication stop valve, mounted on the direct driven oil pump, TAH8	
•	Oil charging/drain valve, TAH8	
•	Oil content crankcase (oil is not included)	23,9 dm <sup>3</sup>
•	Heavy duty thrust bearing	
•	Internal overflow valve(s), counter pressure INDEPENDENT	
•	<b>Grasso Maintenance Monitor</b> , 10-30V-DC, for flexible and longer intervals consisting of:	
•	Sensors (Compressor speed / Oil temperature / Discharge temperature)	
•	Display to indicate running hours, expected next service, failure	

messages sensors

- LAN communication connection
- Direction of rotation when facing the shaft end of the compressor:  
Compressor\_direction\_of\_rotationClockwiseStandard
- 2.2 certificate for bare shaft compressor
- Compressor is filled with nitrogen
- Compressor is mounted on base frame

### 3. Supplied loose compressor components

- Oil discharge filter element (To replace the factory mounted running in filter after max. 100 running hours)

### 4. Capacity control

- Capacity\_control\_Electric, 220-240 V/50-60 Hz, incl. fully unloaded start
- Total 4 solenoid valves are included
- Start up and theoretical partload steps according to catalogue data 33-50-67-83-100%
- Partload is limited for current operating conditions; Minimum allowed partload step 50%
- Capacity control system is mounted onto the compressor

### 5. Crankcase heater

- 525 Watt, 220-240 V/50-60 Hz
- Crankcase heater is mounted onto the compressor

### 6. Stop valves

- Suction and discharge (2) (Suction connection DN80[Straight] + discharge connection DN65[Straight] (DIN))
- Stop valves are mounted

### 7. Electric motor

- |                                      |                                  |                   |
|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| • Motor power                        | 68,00                            | kW                |
| • Motor speed                        | 1500                             | min <sup>-1</sup> |
| • Line frequency                     | 50                               | Hz                |
| • Motor supplier                     | GEA Grasso                       |                   |
| • Motor brand                        | LeroySommer                      |                   |
| • Protection class                   | IP23                             |                   |
| • Voltage and frequency              | 3x400 V/50 Hz                    |                   |
| • Motor speed option                 | Variable (Range 600 .. 1500 rpm) |                   |
| • Number of poles                    | 4                                |                   |
| • IE (energy efficiency)             | IE2                              |                   |
| • Nominal motor power, not downrated | 75,00                            | kW                |
| • Motor type                         | PLSES250SP                       |                   |
| • Frame size                         | 250                              |                   |
| • Motor shaft diameter               | 75                               | mm                |
| • Weight                             | 376,00                           | kg                |

- Mass moment of inertia 0,65 kg.m<sup>2</sup>
- Motor bearings Motor\_bearings\_Extra heavy duty bearings
- Number of thermistors 3
- Electric motor is mounted

#### 8. Pressure gauge panel

- Gauges\_Standard scales
- Included gauges: 1x suction pressure, 1x discharge pressure and 1x oil pressure Mounted

#### 9. Safety switch panel

- Included switch(es): RT260A / RT1A / RT6AB / RT6AS
- Switch panel is mounted

#### 10. Base frame

- Base\_frame\_Standard

#### 11. Direct drive consisting of

- Coupling, type N90ZM1. Coupling halves are mounted, coupling element is supplied loose. (motor shaft diameter 75 mm)
- Drive guard, supplied loose

#### 12. Oil return protection

- Includes a thermostat with sensor (Doggie) and a solenoid valve 220-240 V/50-60 Hz
- Mounted (Temperature sensor is supplied loose)

#### 13. Check valve(s)

- HP discharge DN50, mounted

#### 14. Mandatory service valve

- 1x Purge valve between discharge stop valve and check valve

#### 15. Oil separator

- Type OS4, PED (Factory standard) (incl. oil return float valve and inlet flange)
- Oil content 13,0 dm<sup>3</sup> (oil is not included)
  - Flange oil separator (out), incl. mating flange, mounted
- Oil separator is mounted

#### 16. Documentation

The documentation will be supplied as follows:

- 2 x DVD

#### Order documentation consisting of:

- Operating manual (OM), 1 x English
- Operating manual (OM) for GMM, 1 x English

- Installation and maintenance manual (IMM), 1 x English

#### **17. Packing**

- PackingBeams

#### **18. Painting**

- Painting\_Pigeon blue (RAL 5014)
- Protective paint system S 2.15 acc. to EN ISO 12944-5 for environmental conditions C2 acc. to EN ISO 12944-2

#### **19. Warranty**

- Compressor: 24 months after commissioning with a maximum of 27 months after delivery

#### **Grasso V including Grasso Maintenance Monitor:**

The Grasso V series compressor including the GMM has a warranty period of 24 months after commissioning with a maximum of 27 months after delivery.

Normal wearing, maintenance are explicitly excluded as described in paragraph 10.4 of our General Conditions.

The indicated service intervals on the GMM and prescribed maintenance in the Installation and Maintenance Manual are leading for an optimum lifetime of the compressor.

- Accessories: 12 months after commissioning with a maximum of 15 months after delivery

Furthermore our "General Conditions" are applicable

#### **20. Exclusions**

- Supervision and commissioning
- Oil charge
- Frequency inverter for electric motor

#### **21. Remark(s)**

- Equipment supplied according to CEPED regulations and Machine Directives EN60204, EN292, EN294
- For more detailed information about frequency controlled compressor system requirements, refer to Grasso instruction 0087041, which can be downloaded from our web site.

## XIII.2.Circuito de ultracongelação – Compressores

### Grasso single-stage package series SP1 type TB-4B for economizer operation with single-stage expansion

#### 1. Description of the screw compressor type TR-T55S-28

Screw compressor series LT with adapted fixed internal volume ratio and continuous capacity control. Compressor equipped with integrated valve block and hermetic position indicator.

Prepared for gas pulsation protection for high pressure ratios.

- Solenoid valves specification: Coils for solenoid valves 24 V DC
- Slide Position Indicator: 4...20 mA, IP65
- O-Ring Material : CR
- Grey cast iron casing: GJL 200 acc. DIN EN 1561
- Bearings arrangement : Standard

#### 2. Technical data screw compressor unit

Refrigerant	R717	
Refrigeration capacity	211	kW
Drive motor power (with freq. inverter)	44 - 179	kW
Speed (with freq. inverter)	1500 - 3000	rpm
Evaporation temperature	-45,0	°C
Condensation temperature	35,0	°C
Condensation temperature (Winter)	35,0	°C
Evaporation pressure	0,5	bar
Condensation pressure	13,5	bar
Superheat	5,0	K
Superheat useful	5,0	K
Sub-cooling	0,0	K
Discharge temperature (full load)	80,0	°C
Discharge temperature (min. partload)	61,5	°C
Total oil flow	146,5	l/min
Functional oil flow	55,6	l/min
Injection oil flow	90,9	l/min
Oil inlet temperature	50,0	°C
Oil cooler rating	137,0	kW
Oil cooler rating at min. partload	52,3	kW
Intermediate temperature	-35,8	°C
Temperature diff. economizer	10,0	K
Economizer rating	44,9	kW
Design pressure	23,0	bar [g]
Minimum control slide position: 38 %		

#### 3. Dimensions

The following values for dimensions, weights and oil charge are preliminary. Final

binding data according to the latest version of the general drawing only.

Length:	3762 mm
Width:	1700 mm
Height:	2132 mm
Oil charge:	110 l
Weight (with motor)	3690 kg

#### 4. General declarations

Refrigerating capacity and power input acc. to EN 12900 and DIN 8976; selection of oil according to GEA Refrigeration's data-sheets. The selection of oil has to guarantee a min./ max. viscosity of 7 / 70 cSt for functional oil.

The screw compressor unit is designed according to the operating conditions written in this document. Deviations have to be agreed with GEA Refrigeration.

Ambient temperatures :	5/40 °C
Installation conditions:	indoor
Recommended oil type:	hydrotreated mineral oil

#### 5. Screw Compressor Package Components

- **Electric drive motor**

Manufacturer:	WEG
Number of poles:	2
Degree of protection:	IP23
Voltage:	400 V ± 5%
Drive motor rating:	247 kW
Speed range:	1500 - 3000 rpm
Frequency:	50 Hz
Maximum installation height:	1000 m above sea level
- **Screwed cable connections**

PTC:	1x M20
Main cable:	4x M63
Material:	brass
Maximum clamping range:	48 mm

The drive motor has to be operated by a frequency inverter. The maximum cable length between motor and power supply has to be smaller than 25m. The switching frequency of the inverter has to be equal or higher than 3,5 kHz.

**The correct choice and the operating parameters of the inverter are not covered by the scope of the delivery of GEA Refrigeration Germany GmbH Berlin**

- **Wear-free steel laminated coupling with coupling guard**

- **Separate oil pump, mounted on the unit**
- Oil pump type: (84 l/min pump)
- Voltage: 220-240 V D / 380-420 V Y
- Current: 3,4 A
- Power: 1,5 kW
- Speed: 1420 rpm
- Protection class: IP 55
- Flow rate: 84 l/min (at  $\Delta p = 3$  bar)
- Sealing: CR
  
- **Oil filter**  
Single oil filter with filter fineness 15 micron, stop valves and oil pressure control valve.
  
- **Oil Separator**  
Vertical oil separator with fine separation stage. Oil return to the compressor with orifice.  
The oil carry over is < 5 ppm liquid share with hydrotreated mineral oil.  
With controlled oil heater.  
Electrical data: 380-440V; 2Ph; 450-605W
  
- **Suction filter**  
External suction filter with filter fineness 120 micron.
  
- **Economizer suction line**  
- Economizer connection with check valve, strainer, stop valve and service valve.  
- With thermometer
  
- **Economizer**  
- Closed flash economizer (shell and tube type) for single stage expansion with thermostatic expansion valve, solenoid valve, strainer, stop valve on liquid side.
  
- **Oil Cooling**  
Thermosyphon oil cooler (tube evaporation) complete with sightglass and service valve.  
Refrigerant pressure drop: 0,00122 bar
  
- **Oil temperature control**  
Additional 3-way-valve in the oil circuit for oil temperature control.
  
- **Main Valves**  
Suction side: 1 x Stop valve on suction side  
1 x Check valve on suction side integrated in suction

filter

Discharge side:                    1 x Stop valve after oil separator  
   1 x Check valve after oil separator

## 6. GRASSO System CONTROL (GSC-TP)

- Compact microprocessor control with standard software.
- Implementation of a defined start and stop procedure.
- Compressor capacity adjustment (suction pressure or process temperature are selectable as reference values).
- The safety of the unit is guaranteed by continuous monitoring and displaying of all important operating data and motor current limitation.
- Physical sequence control is possible with a master PLC via potential free contacts.
- All sensors and actuators (stipulated by GEA Refrigeration Germany GmbH) are fully wired to the compressor controller.
- The touch-screen (installed at eye-level 1,7m height) and input devices are integrated in a standard enclosure with door.
- System Control mounted on the screw compressor package.
- Display in Portuguese language.
- Controller voltage: 230 V AC
- With MPI interface and D-SUB-9 socket for data transfer with other compatible MPI PLC-systems.
- **Temperature sensors**  
Set of standard temperature sensors (3 pcs.) consisting of:  
1 x suction temperature, 1 x discharge temperature and 1 x oil temperature
- **Pressure sensors**  
Set of standard pressure sensors (4 pcs.) with stop valve consisting of:  
1 x suction pressure, 1 x discharge pressure and 2 x oil pressure

## 7. Safety Devices

- Overflow valve with connection block between suction and discharge side.
- Dual safety valve with change over valve at the oil separator.
- 1 x Safety pressure limiter KP7 ABS with two separate locks.

## 8. Options

- Extra oil filter element

## 9. Painting

- Package painted acc. to the following colour specification (standard):  
Colour: RAL 5014, pigeon blue - protective paint system A.2.06 modified for high solid paint acc. to EN ISO 12944-5 for environmental conditions C2 / EN ISO 12944-2.

## 10. Approval and certificates

- 2 set of CE certificate for pressure vessels only, acc. to PED rules (PED) 97/23/EG, calculated and manufactured acc. "AD 2000" and documentation

acc. to CE rules.

**11. Documentation**

- 2 sets of documentation incl. CD-ROM in English language.

**12. Packing**

- Package without packing; for transport in closed systems only.

**13. Loading**

- Loading of packages in Berlin or Döllnitz into open top containers or open top trucks is included. When loading in different containers or transport with different means of transportation, please contact Sales Grasso Berlin for prices.

**14. Warranty**

- 12 months after commissioning, max. 15 months after delivery.

**15. Exclusions from scope of supply**

- Erection, supervision of erection and commissioning on site
- Water supply and drain piping
- Refrigerant and refrigerating oil
- Insulating of pipe work
- Foundations, spare parts and special tools
- Power supply cabinet
- Inverter

### XIII.3.Circuito de congelados Baixa pressão – Compressores

#### 1. Technical details (from Comsel)

•	PACKAGED COMPRESSOR	
•	Compressor type	Grasso V 300
•	Refrigerant	R717
•	Refrigeration capacity (Qo)	86,1 kW
•	Shaft power compressor (Pe)	13,8 kW
•	Compressor speed	1450 min <sup>-1</sup>
•	Swept volume at current speed (all cylinders)	280,3 m <sup>3</sup> /h
•	Swept volume at nominal speed 1500 min <sup>-1</sup> (all cylinders)	290,0 m <sup>3</sup> /h
•	Evaporating temperature	-3,0 °C
•	Superheat total suction side	5 K
•	Superheat useful suction side	0 K
•	Sub-cooling of condenser liquid	0 K
•	Condensing temperature	-10,0 °C

#### 2. Standard Grasso reciprocating compressor

•	Type	Grasso V 300 (Booster)
•	Total number of cylinders	4
•	Approval	CE/PED, factory standard
•	Minimum/Maximum allowed speed	600/1500 min <sup>-1</sup>
•	Type plate	Standard (Grasso English)
•	Purge (service) valve(s) TAH8 mounted in suction line and discharge line	
•	Mating flanges on suction and discharge connections	
•	Pre lubrication stop valve, mounted on the direct driven oil pump, TAH8	
•	Oil charging/drain valve, TAH8	
•	Oil content crankcase (oil is not included)	17,0 dm <sup>3</sup>
•	Heavy duty thrust bearing	
•	Internal overflow valve(s), counter pressure INDEPENDENT	
•	<b>Grasso Maintenance Monitor</b> , 10-30V-DC, for flexible and longer intervals consisting of:	
•	Sensors (Compressor speed / Oil temperature / Discharge temperature)	
•	Display to indicate running hours, expected next service, failure messages sensors	
•	LAN communication connection	
•	Direction of rotation when facing the shaft end of the compressor:	

Compressor\_direction\_of\_rotationClockwiseStandard

- 2.2 certificate for bare shaft compressor
- Compressor is filled with nitrogen
- Compressor is mounted on base frame

### 3. Supplied loose compressor components

- Oil discharge filter element (To replace the factory mounted running in filter after max. 100 running hours)

### 4. Capacity control

- Capacity\_control\_Electric, 220-240 V/50-60 Hz, incl. fully unloaded start
- Total 4 solenoid valves are included
- Start up and theoretical partload steps according to catalogue data 25-50-75-100%
- All partload steps are allowed for current operating conditions
- Capacity control system is mounted onto the compressor

### 5. Crankcase heater

- 400 Watt, thermostatically controlled, 220-240 V/50-60 Hz
- Crankcase heater is mounted onto the compressor

### 6. Stop valves

- Suction and discharge (2) (Suction connection DN65[Straight] + discharge connection DN50[Straight] (DIN))
- Stop valves are mounted

### 7. Electric motor

- Motor power 32,00 kW
- Motor speed 1500 min<sup>-1</sup>
- Line frequency 50 Hz
- Motor supplier GEA Grasso
- Motor brand LeroySomer
- Protection class IP23
- Voltage and frequency 3x400 V/50 Hz
- Motor speed option Variable (Range 600 .. 1500 rpm)
- Number of poles 4
- IE (energy efficiency) IE2
- Nominal motor power, not downrated 37,00 kW
- Motor type PLSES200M
- Frame size 200
- Motor shaft diameter 60 mm
- Weight 186,00 kg
- Mass moment of inertia 0,15 kg.m<sup>2</sup>
- Motor bearings Motor\_bearings\_Extra heavy duty bearings
- Number of thermistors 3
- Electric motor is mounted

## 8. Pressure gauge panel

- Gauges\_Standard scales
- Included gauges: 1x suction pressure, 1x discharge pressure and 1x oil pressureMounted

## 9. Safety switch panel

- Included switch(es): RT260A / RT1A / RT30AB / RT30AS
- Switch panel is mounted

## 10. Base frame

- Base\_frame\_Standard

## 11. Direct drive consisting of

- Coupling, type N90ZM1. Coupling halves are mounted, coupling element is supplied loose. (motor shaft diameter 60 mm)
- Drive guard, supplied loose

## 12. Oil return protection

- Includes a thermostat with sensor (Doggie) and a solenoid valve 220-240 V/50-60 Hz
- Mounted (Temperature sensor is supplied loose)

## 13. Check valve(s)

- HP discharge DN40, mounted

## 14. Mandatory service valve

- 1x Purge valve between discharge stop valve and check valve

## 15. Oil separator

- Type OS4, PED (Factory standard) (incl. oil return float valve and inlet flange)
- Oil content 13,0 dm<sup>3</sup> (oil is not included)
  - Flange oil separator (out), incl. mating flange, mounted
- Oil separator is mounted

## 16. Documentation

The documentation will be supplied as follows:

- 2 x DVD

### Order documentation consisting of:

- |  |             |
|--|-------------|
| • Operating manual (OM),                     | 1 x English |
| • Operating manual (OM) for GMM,             | 1 x English |
| • Installation and maintenance manual (IMM), | 1 x English |

## 17. Packing

- PackingBeams

## **18. Painting**

- Painting\_Pigeon blue (RAL 5014)
- Protective paint system S 2.15 acc. to EN ISO 12944-5 for environmental conditions C2  
acc. to EN ISO 12944-2

## **19. Warranty**

- Compressor: 24 months after commissioning with a maximum of 27 months after delivery

### **Grasso V including Grasso Maintenance Monitor:**

The Grasso V series compressor including the GMM has a warranty period of 24 months after commissioning with a maximum of 27 months after delivery.

Normal wearing, maintenance are explicitly excluded as described in paragraph 10.4 of our General Conditions.

The indicated service intervals on the GMM and prescribed maintenance in the Installation and Maintenance Manual are leading for an optimum lifetime of the compressor.

- Accessories: 12 months after commissioning with a maximum of 15 months after delivery

Furthermore our "General Conditions" are applicable

## **20. Exclusions**

- Supervision and commissioning
- Oil charge
- Selected motor power could be critical, a start-up by-pass valve could be necessary
  
- Frequency inverter for electric motor

## **21. Remark(s)**

- Equipment supplied according to CEPED regulations and Machine Directives EN60204, EN292, EN294
  
- For more detailed information about frequency controlled compressor system requirements, refer to Grasso instruction 0087041, which can be downloaded from our web site.

## XIII.4.Evaporadores – Câmara frigorífica de matéria – prima



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Guião by Centauro v. 1.1.12 - [Seleção de evaporadores] - db TPC 2012.05

Cliente

Fax:  
Tel:

### Equipamentos INOX (NH3) - Gama SAHE

Notas:

Potência: 62 kW +/- 20 %  
t0: -6 °C  
DT1: 6 K  
Tse: 0 °C  
**NH3**

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

DDCI 4/24.541

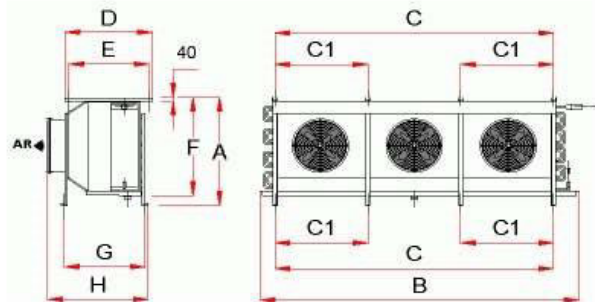


Potência nominal [kW]*	120,33	N.º de ventiladores	4	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	62,93	Ø dos ventiladores [mm]	600	Vent. RPM [rpm]	1900
Delta T [°C]	5,91	Caudal de ar [m³/h]	47600	Vent. alim. [V/F/Hz]	400/3/50
Superfície [m²]	541,80	Projeção [m]	30	Desc. corrente [A]	25.98+1x12.99
Volume interno [dm³]	214,50	Vent. corrente [A]	9,76	Desc. potência [kW]	63
Espaçamento [mm]	8	Potência absorvida [W]	5400	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\*TSe: 4°C, Texp: -6°C, DT1: 10K(NH3)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1307
Dim. B [mm]	: 4800
Dim. C [mm]	: 4250
Dim. C1 [mm]	: 1063
Dim. D [mm]	: 1000
Dim. E [mm]	: 920
Dim. F [mm]	: 1187
Dim. G [mm]	: 930
Dim. H [mm]	: 1170



## XIII.5. Evaporadores – Câmara frigorífica de maturação



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect- Quiron by Centauro v. 1.1.12 - [Seleção de evaporadores] - db TPC 2012.05

Cliente

Fax:  
Tel:

### Equipamentos INOX (NH3) - Gama SAHE

Notas:

Potência	14 kW +/- 20 %	
t0	-2 °C	
DT1	6 K	NH3
Tse	4 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

DDCI 1/24.90

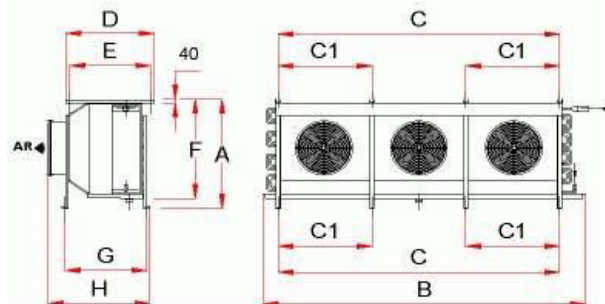


Potência nominal [kW]*	24,15	N.º de ventiladores	1	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	14,49	Ø dos ventiladores [mm]	600	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	5,80	Caudal de ar [m³/h]	12800	Vent. alim. [V/F/Hz]	400V/3/50
Superfície [m²]	90,30	Projeção [m]	30	Desc. corrente [A]	x12.87+1x8.58
Volume interno [dm³]	35,75	Vent. corrente [A]	2,44	Desc. potência [kW]	14,85
Espaçamento [mm]	8	Potência absorvida [W]	1350	Desc. alim. [W/F/Hz]	400V/3/50

\*Tse: 4°C, Tevap: -6°C, DT1: 10K(NH3)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1307
Dim. B [mm]	: 1650
Dim. C [mm]	: 1100
Dim. D [mm]	: 1000
Dim. E [mm]	: 920
Dim. F [mm]	: 1187
Dim. G [mm]	: 930
Dim. H [mm]	: 1170



## XIII.6. Evaporadores – Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau salgado seco



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Quilom by Centauro v. 1.1.12 - [Seleção de evaporadores] - do TPC 2012.05

Cliente

Fax:  
Tel:

Equipamentos INOX (NH3) - Gama SAHE

Notas:

Potência 16 kW +/- 20 %  
 t0 -2 °C  
 DT1 6 K  
 Tse 4 °C  
**NH3**

Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

DDI 3/20.108

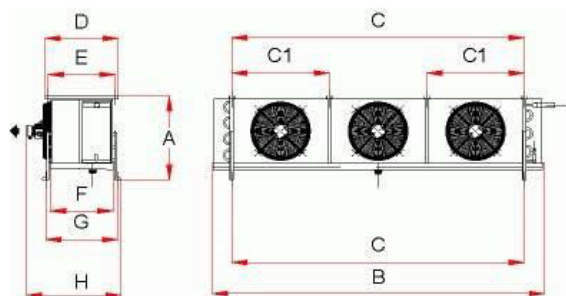


Potência nominal [kW]*	27,25	N.º de ventiladores	3	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	16,35	Ø dos ventiladores [mm]	500	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	5,87	Caudal de ar [m³/h]	16700	Vent. alim. [V/F/Hz]	400/3/50
Superfície [m²]	108,90	Projeção [m]	22	Desc. corrente [A]	1x15.93
Volume interno [dm³]	36,66	Vent. corrente [A]	4,5	Desc. potência [kW]	11,04
Espaçamento [mm]	8	Potência absorvida [W]	2250	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\*TSe: 4°C, Tevap: -6°C, DT1: 10K(NH3)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 820
Dim. B [mm]	: 3250
Dim. C [mm]	: 2730
Dim. C1 [mm]	: 910
Dim. D [mm]	: 685
Dim. E [mm]	: 625
Dim. F [mm]	: 530
Dim. G [mm]	: 687
Dim. H [mm]	: 697



## XIII.7. Evaporadores – Túneis de ultracongelação



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Quiron by Centauro v. 1.1.12 - [Seleção de evaporadores] - db TPC 2012.05

Ciente

Fax:  
Tel:

### Equipamentos INOX (NH3) - Gama SAHE

Notas:

Potência	45 kW +/- 20 %	
t <sub>0</sub>	-40 °C	NH3
DT1	5 K	
T <sub>se</sub>	-35 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**BSUIS 16.406 M**

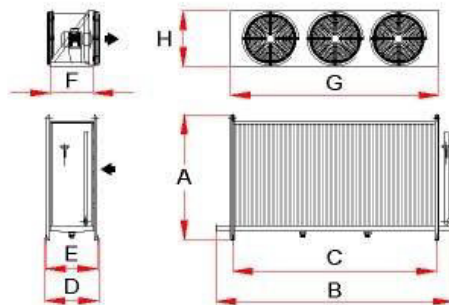


Potência nominal [kW]*	123,23	N.º de ventiladores	3	Pressão estática [Pa]	42
Potência corrigida [kW]	47,96	Ø dos ventiladores [mm]	800	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	4,69	Caudal de ar [m³/h]	64000	Vent. alim. [V/F/Hz]	400/3/50
Superfície [m²]	406,60	Projeção [m]	n/d	Desc. corrente [A]	25.98+1x12.99
Volume interno [dm³]	297,90	Vent. corrente [A]	29,16	Desc. potência [kW]	63
Espaçamento [mm]	16	Potência absorvida [W]	14400	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\* T<sub>se</sub>: 44°C, T<sub>evap</sub>: 6°C, DT1: 10K(NH3)

### Dimensões

Dim. A [mm]	: 1710
Dim. B [mm]	: 4800
Dim. C [mm]	: 4236
Dim. C1 [mm]	: 1412
Dim. D [mm]	: 847
Dim. E [mm]	: 787
Dim. F [mm]	: 687
Dim. G [mm]	: 4272
Dim. H [mm]	: 925



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XIII.8.Evaporadores – Câmara frigorífica de produto acabado – Bacalhau demolhado ultracongelado



**CProSelect**  
CENTAURO PRODUCTS SELECTION SOFTWARE

CProSelect - Guião by Centauro v. 1.1.12 - [Seleção de evaporadores] - © TPC 2012.05

**Cliente**

Fax:  
Tel:

### Equipamentos INOX (NH3) - Gama SAHE

Notas:

Potência	15 kW +/- 20 %	<b>NH3</b>
t <sub>0</sub>	-30 °C	
DT1	5 K	
Tse	-25 °C	

### Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

**DDLI 2/24.147**

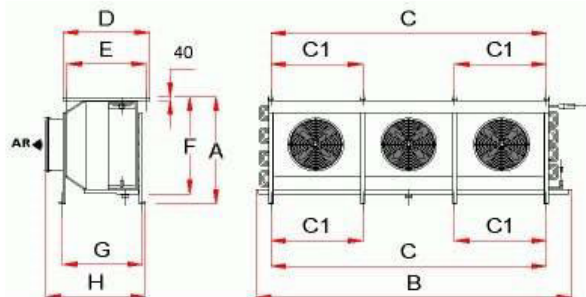


Potência nominal [kW]*	41,58	N.º de ventiladores	2	Pressão estática [Pa]	n/d
Potência corrigida [kW]	16,38	Ø dos ventiladores [mm]	600	Vent. RPM [rpm]	1300
Delta T [°C]	4,58	Caudal de ar [m³/h]	26100	Vent. alim. [V/F/Hz]	400/3/50
Superfície [m²]	147,00	Projeção [m]	30	Desc. corrente [A]	18,18+1x12,12
Volume interno [dm³]	71,50	Vent. corrente [A]	4,88	Desc. potência [kW]	21
Espaçamento [mm]	10	Potência absorvida [W]	2700	Desc. alim. [V/F/Hz]	400/3/50

\*TSe: +4°C, T<sub>evap</sub>: -6°C, DT1: 10K(NH3)

### Dimensões

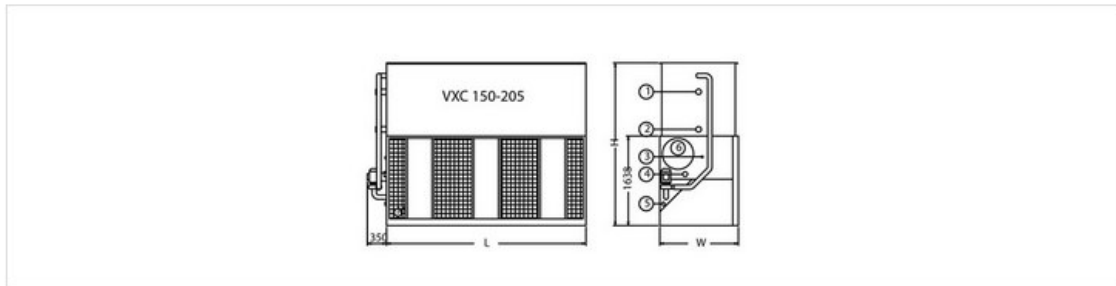
Dim. A [mm]	: 1307
Dim. B [mm]	: 2700
Dim. C [mm]	: 2150
Dim. C1 [mm]	: 1075
Dim. D [mm]	: 1000
Dim. E [mm]	: 920
Dim. F [mm]	: 1187
Dim. G [mm]	: 930
Dim. H [mm]	: 1170



Centauro Portugal S.G.P.S., S.A. 2010 - Castelo Branco - <http://www.centauro.pt> - [mail@centauro.pt](mailto:mail@centauro.pt)

## XIII.9. Condensador – Circuito de refrigerados

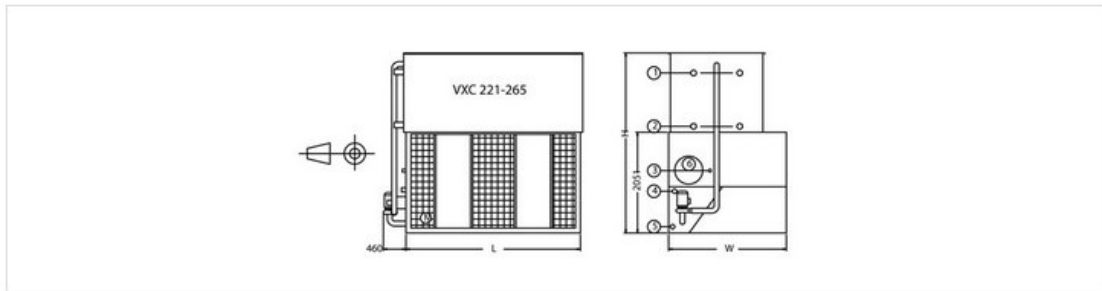
### VXC 150-205



Model	Weights (kg)			Dimensions (mm)			Air Flow (m <sup>3</sup> /s)	Fan Motor (kW)	Water Flow (l/s)	Pump Motor (kW)	R717 charge (kg)
	Oper. Weight (kg)	Ship. Weight(kg)	Heaviest Section (kg)	L	W	H					
VXC 150	3210	2640	1720	3645	1438	3093	13.3	(1x) 7.5	13.9	(1x) 1.5	77.0
VXC 166	3240	2670	1720	3645	1438	3093	15.8	(1x) 11.0	13.9	(1x) 1.5	77.0
VXC 185	3670	2950	1980	3645	1438	3328	15.7	(1x) 11.0	13.9	(1x) 1.5	104.0
VXC 205	3980	3255	2240	3645	1438	3563	16.9	(1x) 15.0	13.9	(1x) 1.5	111.0

## XIII.10. Condensador – Circuito de ultracongelção

### VXC 221-265



1. Refrigerant in ND100; 2. Refrigerant out ND100; 3. Make up; 4. Overflow; 5. Drain; 6. Access; For VXC 150 thru 265: make up ND50; overflow ND80, drain ND50.

Model	Weights (kg)			Dimensions (mm)			Air Flow (m <sup>3</sup> /s)	Fan Motor (kW)	Water Flow (l/s)	Pump Motor (kW)	R717 charge (kg)
	Oper. Weight (kg)	Ship. Weight(kg)	Heaviest Section (kg)	L	W	H					
VXC 221	5860	4250	2630	3550	2397	3585	20.8	(1x) 15.0	19.2	(1x) 2,2	118.0
VXC 250	6390	4770	3150	3550	2397	3820	21.2	(1x) 15.0	19.2	(1x) 2,2	146.0
VXC 265	6435	4815	3150	3550	2397	3820	22.7	(1x) 18.5	19.2	(1x) 2,2	146.0

# **Anexo XIV - Segurança**

## **XIV.1. Manutenção**

As operações de manutenção são as primeiras intervenções nas instalações que requerem o máximo de cuidados por parte de quem as realiza. Este tipo de intervenções deve ser sempre realizado por técnicos especializados e credenciados. Os técnicos que realizam as operações de manutenção devem estar sempre munidos de todos os equipamentos de segurança, luvas, proteção completa de corpo e óculos, necessários a estas operações.

Segundo a norma NP EN 378-4:2010 as operações de manutenção devem ser executadas de forma a:

- Reduzir ao mínimo os acidentes com pessoal.
- Prevenir danos em bens materiais.
- Reduzir ao mínimo desperdícios de energia.
- Localizar e reparar fugas de fluido frigorígeno.
- Garantir a operacionalidade de todos os componentes do sistema frigorífico.

De acordo com a norma EN 378-3:2008 todas as intervenções de manutenção devem sempre ter um relatório onde deve ser registado, de forma detalhada, todos os trabalhos de manutenção e reparações efetuadas, bem como os componentes e quantidades de fluido frigorígeno utilizados. Todo o tipo de reparações devem segundo a norma NP EN 378-4:2010, seguir a seguinte ordem:

- Obter autorização para efetuar intervenções de manutenção.
- Analisar e avaliar os perigos de manutenção dos trabalhos a realizar.
- Dar conhecimento ao pessoal da manutenção dos trabalhos a realizar.
- Desligar e isolar os componentes a reparar.

- Retirar de todos os componentes, sobre os quais se vão realizar intervenções de manutenção, o fluido frigorífero.
- Efetuar operações de manutenção.
- Ensaiar os componentes reparados.
- Carregar os sistemas frigoríferos com fluido frigorífero.

No entanto, existem procedimentos que devem ser realizados de forma periódica, de modo a garantir a operacionalidade de toda a instalação:

- Inspeção visual a todos os pontos críticos do sistema frigorífero (soldaduras, curvas e uniões).
- Todo o sistema frigorífero deve ser submetido a testes de estanquicidade.
- O óleo lubrificante deve ser verificado regularmente e substituído sempre que necessário.
- Caso seja necessário, substituir o fluido frigorífero deve garantir-se que este é recolhido para reservatórios próprios e por técnicos especializados.

O arranque inicial da instalação só deve ser iniciado quando todas as válvulas, pressostatos e manómetros estejam prontos a funcionar.

## **XIV.2. Análise de Risco**

O amoníaco é um substância altamente tóxica e irritante, desta forma, a sua fuga numa instalação frigorífica representam perigo adicional para todo o pessoal que opera na instalação. Embora, os HFS's não sejam tão perigosos como o amoníaco requerem da mesma forma cuidados no seu manuseamento.

### **XIV.2.1. Riscos durante a manutenção**

Como se trata de intervenções realizadas por técnicos à que ter sempre em conta o risco de falha humana. A eficiência dos técnicos depende de vários fatores como a experiência,

idade e estado de espírito. Desta forma, todas as intervenções de manutenção devem ser realizadas por técnicos especializados, que embora possam falhar, este risco é bastante mais reduzido do que as intervenções não forem realizadas por técnicos especializados.

Todo o tipo de equipamento utilizado nas intervenções de manutenção devem ser apropriados para o tipo de Ação que irá realizar.

## **XIV.2.2.Avaria dos equipamentos**

A manutenção preventiva deve ser preferida relativamente à manutenção corretiva. A avaria dos componentes, principais do sistema frigorífico, compressores, condensadores ou evaporados, implicam risco de perda de produto que pode ser evitada se estes componentes se mantiverem em perfeito estado de operacionalidade. Outra forma de garantir que a instalação nunca sofre paragem, consiste em projetar as instalações frigoríficas de forma a existirem sempre equipamentos de reserva que possam entrar em funcionamento caso seja necessário.

### **XIV.2.2.1. Falha elétrica**

Uma vez que grande parte dos equipamentos que compõem um sistema frigorífico necessitam de alimentação elétrica, este tipo de avaria apresenta um risco para operários a trabalhar nas instalações frigoríficas.

### **XIV.2.2.2. Fugas**

Este tipo de avarias é comum a todas as instalações frigoríficas, uma vez que nenhum sistema frigorífico funciona sem a presença de fluido frigorigéneo. Todos os fluidos frigorigéneos podem causar fugas, este tipo de avaria é normalmente provocada pelo calor, corrosão ou vibração, da mesma forma que nas intervenções de manutenção. Este tipo de avaria compromete, podendo mesmo causar a paragem, de instalações frigoríficas, obrigando desta forma a custos acrescidos na reposição de fluido frigorigéneo, reparação da avaria e perda de produto.

### **XIV.2.3. Incêndio**

São vários os componentes existentes numa instalação frigorífica que libertam calor com o seu funcionamento, tornando-se assim uma possível fonte de ignição. Outra possível fonte de ignição de incêndios é a alimentação elétrica aos equipamentos e a possibilidade de existirem curto circuitos, desta forma, todos estes equipamentos devem ser isolados de forma a evitar este tipo de problema.

Todos os elementos construtivos de uma instalação frigorífica devem ser tidos em conta de forma a evitar fontes de ignição e propagação de incêndios.

## **XIV.3. Planos de emergência**

### **XIV.3.1. Fuga de fluido frigorigéneo**

Deve ser considerado um sistema de ventilação automático configurado de forma que este inicie o seu funcionamento quando detetada uma fuga de fluido frigorigéneo, este tipo de sistema deve também possuir controlo manual do sistema de ventilação de forma a evitar que caso exista uma falha do acionamento automático seja possível inicia-lo de forma manual, este tipo de sistema deve efetuar o controlo dos níveis máximos de concentração de fluido frigorigéneo admitidos.

Caso se verifique a inalação excessiva de fluido frigorigéneo, a vítima deve ser levada para o exterior das instalações frigoríficas e, caso seja necessário, deverá ser fornecido oxigénio por meio de máscara.

No caso de contacto com a pele ou olhos, a vítima deve ser imediatamente lavar a zona com água corrente. Para este efeito deve ser sempre considerado um chuveiro nas instalações frigoríficas.

Em todos os casos apresentados anteriormente devem ser sempre contactados os bombeiros ou médicos de forma a evitar problemas de maior.

### **XIV.3.2. Incêndio**

Todo a instalação frigorífica deve ser munida de detetores de fumo que, caso sejam cativados, acionaram um alarme sonoro e luzes de emergência. Se o sistema de deteção de fumos não for ativado automaticamente, deve imediatamente ser cativado manualmente e alimentação elétrica aos equipamentos deve ser cortada.

Todas as instalações frigoríficas devem ter disponíveis extintores, mangueiras de incêndio e bocas-de-incêndio, de modo a evitar que os incêndios se propaguem pela totalidade das instalações frigoríficas. A operação das mangueiras deve ser feita em modo de leque ou nevoeiro, e caso existam fugas o jato de água não deve ser diretamente direcionado para a mesma.

Os equipamentos de controlo e proteção de incêndios devem ser alvo de manutenção periódica.

### **XIV.3.3. Avaria nos equipamentos**

Se existir avaria nos equipamentos frigoríficos, as suas redundâncias ou equipamentos de reserva devem ser ativadas. No caso de existirem equipamentos a trabalhar em paralelo em que seja verificada uma falha, estes devem ser imediatamente desativados.

Sempre que existirem feridos ou equipamentos avariados deve ser realizados um relatório pelo responsável da instalação frigorífica e entregue aos supervisores de forma a apurar as causas e responsáveis pelos acidentes ou falhas.

## **XIV.4. Equipamento de segurança**

### **XIV.4.1. Características construtivas da sala de máquinas**

Os primeiros cuidados de prevenção devem ser considerados na construção da casa de máquinas, de acordo com a norma EN 378-3, as paredes da sala de máquinas em contacto com o interior da instalação frigorífica, devem ser construídas de forma a possuir resistência ao fogo de pelo menos uma hora, da mesma forma que devem ser estanques e não conter saídas de ar para outras zonas da instalação frigorífica. O chão da casa de máquinas deve ser construído de forma a não permitir a infiltração dos fluidos frigoríficos em caso de fuga. Deve ser considerado um sistema de drenagem, que deve estar normalmente fechado, e que permita que em caso de incêndio a água seja escoada para reservatório próprio evitando derrames para o solo.

As zonas onde as tubagens de alimentação e retorno do condensador atravessam o teto devem ser estanques, impedindo a eventualidade de uma fuga de amoníaco ou mesmo água, que estes não retornem a sala de máquinas.

A sala de máquinas deve conter, no mínimo, duas saídas de emergência, em que uma destas seja para o exterior. Estas saídas de emergência devem ser constituídas por tas, com barra antipânico e abertura para fora da casa de máquinas, estas portas devem estar sempre desobstruídas. As portas de acesso ao interior da instalação frigorífica devem ser do tipo corta-fogo.

Deve ser considerado um sistema de iluminação de emergência, com baterias independentes, que deve ser ativado de forma automática aquando uma falha de energia elétrica. As armaduras que constituem este sistema de iluminação devem estar protegidas de modo a não existir qualquer tipo de contacto com o fluido frigorífico. Todas as saídas e equipamentos de segurança devem estar equipados com sinalização luminescente.

A disposição de equipamentos no interior da sala de máquinas deve ser a mais criteriosa possível de forma a facilitar operações de manutenção bem como a movimentação de pessoas e equipamentos no interior da mesma.

Toda a instalação elétrica deve ser projetada de acordo com as normas EN 60204-1 e EN 60335, a instalação elétrica relacionada com os sistemas de segurança deve ser projetada segundo a norma EN ISO 13849-1.

Segundo a norma EN 378-2 deve existir no interior da sala de máquinas um painel com as seguintes informações:

- Identificação e contacto do instalador.
- Identificação e contacto dos responsáveis de segurança do entreposto frigorífico.
- Contactos telefónicos de polícia, bombeiros e hospitais.
- O fluido frigorigéneo e sua composição química.
- Cuidados a ter no manuseamento do fluido frigorigéneo que constitui o sistema frigorífico.
- Classificação de segurança do fluido frigorigéneo.
- Informação de pressões máximas admissíveis.

A sala de máquinas deve estar devidamente identificada bem como todas proibições intrínsecas à mesma.

#### **XIV.4.2. Tubagem e válvulas**

Todas as válvulas e tubagens devem estar identificadas com a direção de escoamento e segundo o seguinte código de cores.

Tipo	Cor
Cores de fundo	
Água	Verde
Fluidos frigorigéneos	Ocre amarelo

Óleo	Castanho
Cores de identificação	
Água potável	Cinzento claro
Água para combate de incêndios	Vermelho
Fluidos frigoríficos	Verde claro
Cores de estado	
Líquido a alta pressão	Vermelho
Líquido a baixa pressão	Violeta
Gás a alta pressão	Laranja
Gás a baixa pressão	Azul claro

Tabela XIV.1.: Identificação das tubagens segundo as respetivas cores

Segundo a norma EN 378-2:2008 todos os componentes do sistema frigorífico devem ser ensaiados através de um teste de pressão (1,43 da pressão máxima aceitável no circuito), um teste de estanquicidade e um teste funcional. Todos os testes de estanquicidade e pressão devem ser realizados com um gás inerte, azoto, e equipamento adequado para deteção de fugas.

#### **XIV.4.3. Detetores de fluido frigorífico**

Deve ser considerada a instalação de detetores de fluido frigorífico em toda a instalação, estes devem ser montados de forma que a sua inspeção seja de fácil acesso. Os detetores devem ser calibrados e inspecionados de forma periódica por entidades credenciadas para o efeito.

#### **XIV.4.4. Ventilação**

A ventilação da sala de máquinas deve ser efetuada diretamente para o exterior através de condutas de extração independentes do sistema de extração do entreposto frigorífico. De acordo com a norma EN 378-3: 2008 define que a ventilação deve ser projetada de forma que permita 4 renovações de ar por hora quando a sala de máquinas estiver ocupada, o sistema de controlo deve ser projectado de forma que a ventilação de

emergência seja cativada de forma automática tendo em conta os parâmetros estabelecidos nos detetores de fluido frigorigéneo. No entanto, deve ser sempre considerado o controlo manual da ventilação de emergência.

#### **XIV.4.5. Equipamento de emergência**

Devem ser considerados os seguintes equipamentos de emergência.

- Um chuveiro, segundo a norma EN 378-3:2008, deverá ter um caudal mínimo de 50 l/min a uma temperatura de 25°C a 30°C.
- Um lava-olhos.
- Detetores de fumo, ligados diretamente ao sistema de segurança automático.
- Sinais luminosos.
- Sinais sonoros.
- Botoneira de alarme que deve colocar o entreposto frigorífico em estado de alerta.
- Extintores de CO<sub>2</sub> ou pó químico.
- Máscaras de oxigénio.
- Equipamentos de segurança, óculos, luvas e fatos completos de proteção.

#### **XIV.4.6. Nível sonoro da sala de máquinas**

O ruído intenso provocado pelos equipamentos da sala máquinas poderá ser prejudicial para os ocupantes assim, caso seja necessário, poderá ser necessário a utilização de auscultadores, no entanto, deve ser também considerado isolamento acústico dos equipamentos se estes possuírem níveis de pressão sonora superiores a 70 dB.

## Anexo XV – Cálculo dos consumos/custos de energia elétrica mensais

### XV.1. Discriminação de número de horas de funcionamento por circuito

Consumidor	Tipo de horas	Refrigerados	Ultracongelação	Congelados
		Duração	Duração	Duração
Descongelações	Supervazio	-	-	20m
	Vazio	40m	-	20m
	Cheia	40m	40 m	1h
	Ponta	-	-	20m
Evaporadores	Supervazio	4h00m	-	3h40m
	Vazio	5h20m	2h00m	5h40m
	Cheia	9h00m	7h20m	9h
	Ponta	4h00m	2h00m	3h40m
Compressores	Supervazio	1h00m	-	1h40m
	Vazio	5h40m	2h00m	4h40m
	Cheia	8h20m	7h20m	6h00m
	Ponta	3h00m	2h00m	3h40m
Condensadores	Supervazio	1h00m	-	1h40m
	Vazio	5h40m	2h00m	4h40m
	Cheia	8h20m	7h20m	6h00m
	Ponta	3h00m	2h00m	3h40m

### XV.2. Cálculo da potência ativa total diária – Solução R404a

Circuitos	Câmaras	Consumidores	Potência ativa	Potência ativa total
Circuito de refrigerados	Matéria-prima	Descongelações	14,40 kW x 6	86,40 kW
		Ventiladores	1,88 kW x 6	11,28 kW
	Maturação	Descongelações	7,20 kW x 5	36,00 kW
		Ventiladores	1,00 kW x 5	5,00 kW
	Bacalhau salgado seco	Descongelações	8,64 kW x 2	17,28 kW
		Ventiladores	0,52 kW x 2	0,52 kW
	Sala de máquinas	Compressores	80,00 kW x 2	160,00 kW
		Condensadores	16,00 kW	16,00 kW
Circuito de ultracongelação	Túneis de ultracongelação	Descongelações	51,12 kW x 2 x 5	511,20 kW
		Ventiladores	18,90 kW x 2 x 5	189,00 kW
		Compressores	247 kW x 2	494,00 kW
		Condensadores	30,00 kW	30,00 kW
Circuito de congelados	Câmara de congelados	Descongelações	19,20 kW x 4	76,80 kW
		Ventiladores	2,00 kW x 4	8,00 kW
		Compressores	75 kW x 1	75,00 kW
		Condensadores	7,76 kW	7,76 kW

### XV.3. Cálculo da potência ativa total diária – Solução R404a/R134a

Circuitos	Câmaras	Consumidores	Potência ativa	Potência ativa total
Circuito de refrigerados	Matéria-prima	Descongelações	14,40 kW x 6	86,40 kW
		Ventiladores	1,88 kW x 6	11,28 kW
	Maturação	Descongelações	7,20 kW x 5	36,00 kW
		Ventiladores	1,00 kW x 5	5,00 kW
	Bacalhau salgado seco	Descongelações	8,64 kW x 2	17,28 kW
		Ventiladores	0,52 kW x 2	0,52 kW
	Sala de máquinas	Compressores	140,00 kW x 2	280,00 kW
Condensadores	16,00 kW	16,00 kW		
Circuito de ultracongelamento	Túneis de ultracongelamento	Descongelações	51,12 kW x 2 x 5	511,20 kW
		Ventiladores	18,90 kW x 2 x 5	189,00 kW
		Compressores	247 kW x 2	494,00 kW
		Condensadores	30,00 kW	30,00 kW
Circuito de congelados	Câmara de congelados	Descongelações	19,20 kW x 4	76,80 kW
		Ventiladores	2,00 kW x 4	8,00 kW
		Compressores	75 kW x 1	75,00 kW
		Condensadores	7,76 kW	7,76 kW

### XV.4. Cálculo da potência ativa total diária – Solução NH3

Circuitos	Câmaras	Consumidores	Potência ativa	Potência ativa total
Circuito de refrigerados	Matéria-prima	Descongelações	63,00 kW x 3	189,00 kW
		Ventiladores	5,40 kW x 3	16,20 kW
	Maturação	Descongelações	14,85 kW x 5	74,25 kW
		Ventiladores	1,35 kW x 5	6,75 kW
	Bacalhau salgado seco	Descongelações	11,04 kW x 2	22,08 kW
		Ventiladores	2,25 kW x 2	4,50 kW
	Sala de máquinas	Compressores	68,00 kW x 2	136 kW
Condensadores	11 kW	11 kW		
Circuito de ultracongelamento	Túneis de ultracongelamento	Descongelações	63,00 kW x 2 x 5	630,00 kW
		Ventiladores	18,90 W x 2 x 5	189,00 kW
		Compressores	247,00 kW x 2	494,00 kW
		Condensadores	11,00 kW	11,00 kW
Circuito de congelados	Câmara de congelados	Descongelações	21,00 kW x 4	84,00 kW
		Ventiladores	2,70 kW x 4	10,80 kW
		Compressores	32,00 kW x 1	32,00 kW
		Condensadores	-	-

### XV.5. Cálculo custo diário – Solução R404a – Circuito de refrigerados

		Refrigerados			
Consumidor	Tipo de horas	Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	-	139,68 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	40m	139,68 kW	0,0708 €/kW	6,59 €
	Cheia	40m	139,68 kW	0,1004 €/kW	9,35 €
	Ponta	-	139,68 kW	0,1287 €/kW	-
Evaporadores	Supervazio	4h00m	16,80 kW	0,0604 €/kW	4,06 €
	Vazio	5h20m	16,80 kW	0,0708 €/kW	6,34 €
	Cheia	9h00m	16,80 kW	0,1004 €/kW	15,18 €
	Ponta	4h00m	16,80 kW	0,1287 €/kW	8,65 €
Compressores	Supervazio	1h00m	160,00 kW	0,0604 €/kW	9,66 €
	Vazio	5h40m	160,00 kW	0,0708 €/kW	64,12 €
	Cheia	8h20m	160,00 kW	0,1004 €/kW	133,81€
	Ponta	3h00m	160,00 kW	0,1287 €/kW	61,78 €
Condensadores	Supervazio	1h00m	16,00 kW	0,0604 €/kW	0,97 €
	Vazio	5h40m	16,00 kW	0,0708 €/kW	6,41 €
	Cheia	8h20m	16,00 kW	0,1004 €/kW	13,38 €
	Ponta	3h00m	16,00 kW	0,1287 €/kW	6,18 €

Custo diário – 346,48 €

### XV.6. Cálculo custo diário – Solução R404a – Circuito de ultracongelção

		Refrigerados			
Consumidor	Tipo de horas	Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	-	511,20 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	-	511,20 kW	0,0708 €/kW	-
	Cheia	40 m	511,20 kW	0,1004 €/kW	33,87 €
	Ponta	-	511,20 kW	0,1287 €/kW	-
Evaporadores	Supervazio	-	189,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	189,00 kW	0,0708 €/kW	26,76 €
	Cheia	7h20m	189,00 kW	0,1004 €/kW	139,09 €
	Ponta	2h00m	189,00 kW	0,1287 €/kW	48,65 €
Compressores	Supervazio	-	494,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	494,00 kW	0,0708 €/kW	69,95 €
	Cheia	7h20m	494,00 kW	0,1004 €/kW	36,07€
	Ponta	2h00m	494,00 kW	0,1287 €/kW	99,20 €
Condensadores	Supervazio	-	30,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	30,00 kW	0,0708 €/kW	4,25 €
	Cheia	7h20m	30,00 kW	0,1004 €/kW	22,08 €
	Ponta	2h00m	30,00 kW	0,1287 €/kW	7,72 €

Custo diário – 487,64 €

### XV.7. Cálculo custo diário – Solução R404a – Circuito de congelados

		Congelados			
Consumidor	Tipo de horas	Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	20m	76,80 kW	0,0604 €/kW	1,53 €
	Vazio	20m	76,80 kW	0,0708 €/kW	1,79 €
	Cheia	1h	76,80 kW	0,1004 €/kW	7,71 €
	Ponta	20m	76,80 kW	0,1287 €/kW	3,26 €
Evaporadores	Supervazio	3h40m	8,00 kW	0,0604 €/kW	1,77 €
	Vazio	5h40m	8,00 kW	0,0708 €/kW	3,21 €
	Cheia	9h	8,00 kW	0,1004 €/kW	7,23 €
	Ponta	3h40m	8,00 kW	0,1287 €/kW	3,77 €
Compressores	Supervazio	1h40m	75,00 kW	0,0604 €/kW	7,52 €
	Vazio	4h40m	75,00 kW	0,0708 €/kW	24,75 €
	Cheia	6h00m	75,00 kW	0,1004 €/kW	45,18€
	Ponta	3h40m	75,00 kW	0,1287 €/kW	35,33 €
Condensadores	Supervazio	1h40m	7,76 kW	0,0604 €/kW	0,78€
	Vazio	4h40m	7,76 kW	0,0708 €/kW	2,56 €
	Cheia	6h00m	7,76 kW	0,1004 €/kW	4,68 €
	Ponta	3h40m	7,76 kW	0,1287 €/kW	3,66 €

Custo diário – 154,73 €

### XV.8. Cálculo custo diário – Solução R134a – Circuito de refrigerados

		Refrigerados			
Consumidor	Tipo de horas	Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	-	139,68 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	40m	139,68 kW	0,0708 €/kW	6,59 €
	Cheia	40m	139,68 kW	0,1004 €/kW	9,35 €
	Ponta	-	139,68 kW	0,1287 €/kW	-
Evaporadores	Supervazio	4h00m	16,80 kW	0,0604 €/kW	4,06 €
	Vazio	5h20m	16,80 kW	0,0708 €/kW	6,34 €
	Cheia	9h00m	16,80 kW	0,1004 €/kW	15,18 €
	Ponta	4h00m	16,80 kW	0,1287 €/kW	8,65 €
Compressores	Supervazio	1h00m	280,00 kW	0,0604 €/kW	16,91 €
	Vazio	5h40m	280,00 kW	0,0708 €/kW	112,20 €
	Cheia	8h20m	280,00 kW	0,1004 €/kW	234,17€
	Ponta	3h00m	280,00 kW	0,1287 €/kW	108,11 €
Condensadores	Supervazio	1h00m	16,00 kW	0,0604 €/kW	0,97 €
	Vazio	5h40m	16,00 kW	0,0708 €/kW	6,41 €
	Cheia	8h20m	16,00 kW	0,1004 €/kW	13,38 €
	Ponta	3h00m	16,00 kW	0,1287 €/kW	6,18 €

Custo diário – 548,50 €

### XV.9.Cálculo custo diário – Solução R404a – Circuito de ultracongelação

Consumidor	Tipo de horas	Refrigerados			
		Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	-	511,20 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	-	511,20 kW	0,0708 €/kW	-
	Cheia	40 m	511,20 kW	0,1004 €/kW	33,87 €
	Ponta	-	511,20 kW	0,1287 €/kW	-
Evaporadores	Supervazio	-	189,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	189,00 kW	0,0708 €/kW	26,76 €
	Cheia	7h20m	189,00 kW	0,1004 €/kW	139,09 €
	Ponta	2h00m	189,00 kW	0,1287 €/kW	48,65 €
Compressores	Supervazio	-	494,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	494,00 kW	0,0708 €/kW	69,95 €
	Cheia	7h20m	494,00 kW	0,1004 €/kW	36,07€
	Ponta	2h00m	494,00 kW	0,1287 €/kW	99,20 €
Condensadores	Supervazio	-	30,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	30,00 kW	0,0708 €/kW	4,25 €
	Cheia	7h20m	30,00 kW	0,1004 €/kW	22,08 €
	Ponta	2h00m	30,00 kW	0,1287 €/kW	7,72 €

Custo diário – 487,64 €

### XV.10.Cálculo custo diário – Solução R404a – Circuito de congelados

Consumidor	Tipo de horas	Congelados			
		Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	20m	76,80 kW	0,0604 €/kW	1,53 €
	Vazio	20m	76,80 kW	0,0708 €/kW	1,79 €
	Cheia	1h	76,80 kW	0,1004 €/kW	7,71 €
	Ponta	20m	76,80 kW	0,1287 €/kW	3,26 €
Evaporadores	Supervazio	3h40m	8,00 kW	0,0604 €/kW	1,77 €
	Vazio	5h40m	8,00 kW	0,0708 €/kW	3,21 €
	Cheia	9h	8,00 kW	0,1004 €/kW	7,23 €
	Ponta	3h40m	8,00 kW	0,1287 €/kW	3,77 €
Compressores	Supervazio	1h40m	75,00 kW	0,0604 €/kW	7,52 €
	Vazio	4h40m	75,00 kW	0,0708 €/kW	24,75 €
	Cheia	6h00m	75,00 kW	0,1004 €/kW	45,18€
	Ponta	3h40m	75,00 kW	0,1287 €/kW	35,33 €
Condensadores	Supervazio	1h40m	7,76 kW	0,0604 €/kW	0,78€
	Vazio	4h40m	7,76 kW	0,0708 €/kW	2,56 €
	Cheia	6h00m	7,76 kW	0,1004 €/kW	4,68 €
	Ponta	3h40m	7,76 kW	0,1287 €/kW	3,66 €

Custo diário – 154,73 €

### XV.11.Cálculo custo diário – Solução NH3 – Circuito de refrigerados – Alta pressão

		Refrigerados – Alta pressão			
Consumidor	Tipo de horas	Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	-	285,33 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	40m	285,33 kW	0,0708 €/kW	13,33 €
	Cheia	40m	285,33 kW	0,1004 €/kW	18,90 €
	Ponta	-	285,33 kW	0,1287 €/kW	-
Evaporadores	Supervazio	4h00m	27,45 kW	0,0604 €/kW	6,63 €
	Vazio	5h20m	27,45 kW	0,0708 €/kW	10,36 €
	Cheia	9h00m	27,45 kW	0,1004 €/kW	24,80 €
	Ponta	4h00m	27,45 kW	0,1287 €/kW	14,13 €
Compressores	Supervazio	1h00m	136,00 kW	0,0604 €/kW	8,21 €
	Vazio	5h40m	136,00 kW	0,0708 €/kW	54,49 €
	Cheia	8h20m	136,00 kW	0,1004 €/kW	113,74 €
	Ponta	3h00m	136,00 kW	0,1287 €/kW	52,50 €
Condensadores	Supervazio	1h00m	11,00 kW	0,0604 €/kW	0,66 €
	Vazio	5h40m	11,00 kW	0,0708 €/kW	4,41 €
	Cheia	8h20m	11,00 kW	0,1004 €/kW	9,20 €
	Ponta	3h00m	11,00 kW	0,1287 €/kW	4,24 €

Custo diário – 315,60 €

### XV.12.Cálculo custo diário – Solução NH3 – Circuito de ultracongelação

		Ultracongelação			
Consumidor	Tipo de horas	Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
Descongelações	Supervazio	-	630,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	-	630,00 kW	0,0708 €/kW	-
	Cheia	40 m	630,00 kW	0,1004 €/kW	41,74 €
	Ponta	-	630,00 kW	0,1287 €/kW	-
Evaporadores	Supervazio	-	189,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	189,00 kW	0,0708 €/kW	26,76 €
	Cheia	7h20m	189,00 kW	0,1004 €/kW	139,09 €
	Ponta	2h00m	189,00 kW	0,1287 €/kW	48,65 €
Compressores	Supervazio	-	494,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	494,00 kW	0,0708 €/kW	69,95 €
	Cheia	7h20m	494,00 kW	0,1004 €/kW	36,07€
	Ponta	2h00m	494,00 kW	0,1287 €/kW	99,20 €
Condensadores	Supervazio	-	11,00 kW	0,0604 €/kW	-
	Vazio	2h00m	11,00 kW	0,0708 €/kW	1,56 €
	Cheia	7h20m	11,00 kW	0,1004 €/kW	8,10 €
	Ponta	2h00m	11,00 kW	0,1287 €/kW	2,83 €

Custo diário – 463,95 €

**XV.13.Cálculo custo diário – Solução NH3 – Circuito de congelados –  
Baixa pressão**

Consumidor	Tipo de horas	Congelados – Baixa pressão			
		Duração	Potência ativa	Custo	Custo total
<b>Descongelações</b>	<b>Supervazio</b>	20m	84,00 kW	0,0604 €/kW	1,67 €
	<b>Vazio</b>	20m	84,00 kW	0,0708 €/kW	1,96 €
	<b>Cheia</b>	1h	84,00 kW	0,1004 €/kW	8,43 €
	<b>Ponta</b>	20m	84,00 kW	0,1287 €/kW	3,57 €
<b>Evaporadores</b>	<b>Supervazio</b>	3h40m	10,80 kW	0,0604 €/kW	2,39 €
	<b>Vazio</b>	5h40m	10,80 kW	0,0708 €/kW	4,33 €
	<b>Cheia</b>	9h	10,80 kW	0,1004 €/kW	9,76 €
	<b>Ponta</b>	3h40m	10,80 kW	0,1287 €/kW	5,09 €
<b>Compressores</b>	<b>Supervazio</b>	1h40m	32,00 kW	0,0604 €/kW	3,20 €
	<b>Vazio</b>	4h40m	32,00 kW	0,0708 €/kW	10,56 €
	<b>Cheia</b>	6h00m	32,00 kW	0,1004 €/kW	19,28€
	<b>Ponta</b>	3h40m	32,00 kW	0,1287 €/kW	15,07 €
<b>Condensadores</b>	<b>Supervazio</b>	1h40m	-	0,0604 €/kW	-
	<b>Vazio</b>	4h40m	-	0,0708 €/kW	-
	<b>Cheia</b>	6h00m	-	0,1004 €/kW	-
	<b>Ponta</b>	3h40m	-	0,1287 €/kW	-

Custo diário – 85,31 €

## **Anexo VI – Balanço térmico informático**



# Balanço Térmico



Câmara de Conservação de Frescos

## Dados Introduzidos

Vol. Int.	8704,98 m <sup>3</sup>	Temp. Int.	0 °C
Volume Interior	8704,98 m <sup>3</sup>	Temp. Entrada	10 °C
Área Interior	967,22 m <sup>2</sup>	Temp. Final Média	0 °C
	Tosco [m]	Finais [m]	
Comprimento	35,46	35,3	
Largura	27,56	27,4	
Altura	9,08	9	
Ar de Renovação		13°C/70%HR	
Renovações Automáticas		0	
Embalagem			
% Emb. sobre Peso Total do Produto		0 %	
Potência Máquinas/Extra		7,5 kW	
Func. Motoventiladores		22,66 h	
Func. Compressor		18 h	
Produto		Peixe Magro	
Capacidade Armazenagem		600643,62 kg	
Entrada Diária		180000 kg	
Quantidade para Congelar		0 kg	
Quantidade por Ciclo		0 kg	
Duração do Ciclo		0 h	
Densidade de Carga		69 kg/m <sup>3</sup>	
Factor de Carga		1	
Serviço		Normal	
Gás		R404A	
Iluminação		12 W/m <sup>2</sup> chão	

## Perdas e Cargas Térmicas

### 215852,46W

	Margem	0%
	[W.h]	%
Perdas por Isolamento	1050891,28	29,75
Perdas por Abertura e Renovação	50359,93	1,43
Carga Térmica do Produto	1800000	50,96
Carga Térmica de Respiração	0	0
Carga Térmica de Embalagem	0	0
Carga Térmica Pessoal de Estiva	270,06	0,01
Carga Térmica Máquinas/Extra	7500	0,21
Carga Térmica de Iluminação	11606,64	0,33
Carga Térmica de Motoventiladores	489456	13,86
Carga Térmica de Resistências	122047,2	3,46
<b>Carga Térmica Total</b>	<b>3532131,11</b>	<b>100</b>

## Temperaturas

Interior	0 °C
Norte	34 °C
Sul	34 °C
Tecto	34 °C
Chão	17 °C
Este	34 °C
Oeste	34 °C

## Isolamentos

Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Sem Isolamento	0 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm

## Ratios

R1	24,80 W/m <sup>3</sup>	R6	- % (Mot.)
R2	223,17 W/m <sup>2</sup>	R7	- m/s
R3	28,95 m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>	R8	- °C
R4	0,35 m <sup>2</sup> /TON	R9	- m <sup>2</sup> /TON
R5	0,86 W/m <sup>3</sup> /h	R10	- W/kg

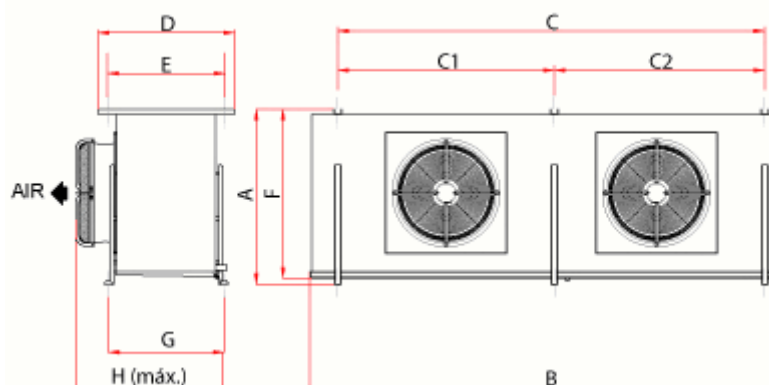
## Evaporador 6 x DDC/E 8T2/61

Capacidade por Unidade	DT	[W]
Nominal	8	61070
Pretendido	5	37191,63
DT (Corrigido) no regime	4,8	Sel. DTm

## Motor 2 x Ø800 mm

### Dimensões [mm]

A	B	C	C1	D	E	F	G	H
1400	3860	3410	1730	885	735	1350	719	1100





# Balanço Térmico



Câmara de Conservação de Frescos

## Dados Introduzidos Vol. Int. 7164,14 m<sup>3</sup> Temp. Int. 4 °C

Volume Interior	7164,14 m <sup>3</sup>	Temp. Entrada	15 °C
Área Interior	796,02 m <sup>2</sup>	Temp. Final Média	4 °C
	Tosco [m]	Finais [m]	
Comprimento	35,46	35,3	
Largura	22,71	22,55	
Altura	9,08	9	
Ar de Renovação		13°C/70%HR	
Renovações Automáticas		0	
Embalagem			
% Emb. sobre Peso Total do Produto		0 %	
Potência Máquinas/Extra		7,5 kW	
Func. Motoventiladores		22,66 h	
Func. Compressor		18 h	
Produto		Peixe Magro	
Capacidade Armazenagem		981487,18 kg	
Entrada Diária		42600 kg	
Quantidade para Congelar		0 kg	
Quantidade por Ciclo		0 kg	
Duração do Ciclo		0 h	
Densidade de Carga		137 kg/m <sup>3</sup>	
Factor de Carga		1	
Serviço		Normal	
Gás		R404A	
Iluminação		12 W/m <sup>2</sup> chão	

## Perdas e Cargas Térmicas

### 88307,4W

	Margem	0%
	[W.h]	%
Perdas por Isolamento	718428,84	49,72
Perdas por Abertura e Renovação	30079,65	2,08
Carga Térmica do Produto	468600	32,43
Carga Térmica de Respiração	0	0
Carga Térmica de Embalagem	0	0
Carga Térmica Pessoal de Estiva	245,73	0,02
Carga Térmica Máquinas/Extra	7500	0,52
Carga Térmica de Iluminação	9552,18	0,66
Carga Térmica de Motoventiladores	156354	10,82
Carga Térmica de Resistências	54270	3,76
<b>Carga Térmica Total</b>	<b>1445030,4</b>	<b>100</b>

## Temperaturas

Interior	4 °C
Norte	34 °C
Sul	34 °C
Tecto	34 °C
Chão	17 °C
Este	34 °C
Oeste	34 °C

## Isolamentos

Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Sem Isolamento	0 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm

## Ratios

R1	12,33 W/m <sup>3</sup>	R6	- % (Mot.)
R2	110,94 W/m <sup>2</sup>	R7	- m/s
R3	8,58 m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>	R8	- °C
R4	0,09 m <sup>2</sup> /TON	R9	- m <sup>2</sup> /TON
R5	1,44 W/m <sup>3</sup> /h	R10	- W/kg

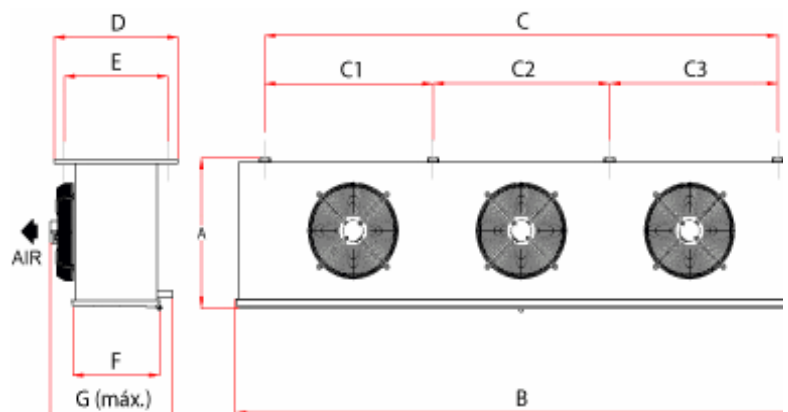
## Evaporador 5 x DD/E 7J3/25

Capacidade por Unidade	DT	[W]
Nominal	8	25220
Pretendido	5	17477,46
DT (Corrigido) no regime	5,1	Sel. DTm

## Motor 3 x Ø450 mm

### Dimensões [mm]

A	B	C	C1	D	E	F	G	H
714	2343	1980	-	745	625	525	780	-





# Balanço Térmico



Câmara de Conservação de Frescos

## Dados Introduzidos

Vol. Int.	1262 m <sup>3</sup>	Temp. Int.	4 °C
Volume Interior	1262 m <sup>3</sup>	Temp. Entrada	18 °C
Área Interior	140,22 m <sup>2</sup>	Temp. Final Média	4 °C
	Tosco [m]	Finais [m]	
Comprimento	11,45	11,29	
Largura	12,58	12,42	
Altura	9,08	9	
Ar de Renovação		13°C/70%HR	
Renovações Automáticas		0	
Embalagem			
% Emb. sobre Peso Total do Produto		0 %	
Potência Máquinas/Extra		7,5 kW	
Func. Motoventiladores		22,66 h	
Func. Compressor		18 h	
Produto		Peixe Seco	
Capacidade Armazenagem		169108 kg	
Entrada Diária		16910,8 kg	
Quantidade para Congelar		0 kg	
Quantidade por Ciclo		0 kg	
Duração do Ciclo		0 h	
Densidade de Carga		134 kg/m <sup>3</sup>	
Factor de Carga		1	
Serviço		Normal	
Gás		R404A	
Iluminação		12 W/m <sup>2</sup> chão	

## Temperaturas

Interior	4 °C
Norte	34 °C
Sul	34 °C
Tecto	34 °C
Chão	17 °C
Este	34 °C
Oeste	34 °C

## Isolamentos

Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Sem Isolamento	0 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	80 mm

## Evaporador 2 x DDC/E 8P1/17

Capacidade por Unidade	DT	[W]
Nominal	8	17220
Pretendido	5	11933,46
DT (Corrigido) no regime	5,1	Sel. DTm

## Perdas e Cargas Térmicas

**24394,18 W**

Margem	0%
[W.h]	%
Perdas por Isolamento	167571,63 41,98
Perdas por Abertura e Renovação	13045,87 3,27
Carga Térmica do Produto	154163,57 38,62
Carga Térmica de Respiração	0 0
Carga Térmica de Embalagem	0 0
Carga Térmica Pessoal de Estiva	245,73 0,06
Carga Térmica Máquinas/Extra	7500 1,88
Carga Térmica de Iluminação	1682,66 0,42
Carga Térmica de Motoventiladores	45320 11,35
Carga Térmica de Resistências	9648 2,42
<b>Carga Térmica Total</b>	<b>399177,46 100</b>

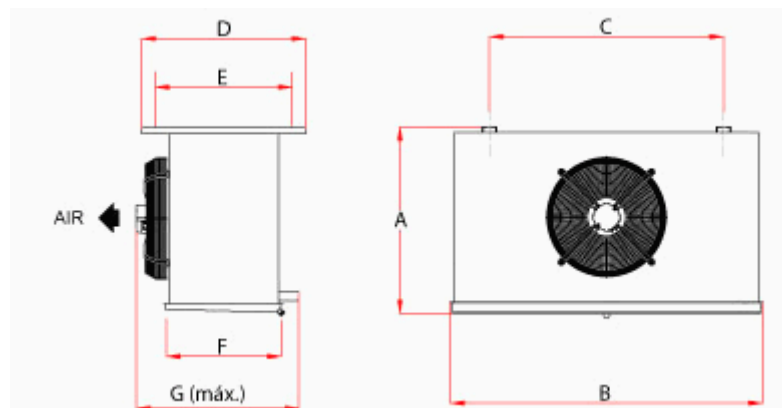
## Ratios

R1	19,33 W/m <sup>3</sup>	R6	- % (Mot.)
R2	173,97 W/m <sup>2</sup>	R7	- m/s
R3	16,16 m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>	R8	- °C
R4	0,33 m <sup>2</sup> /TON	R9	- m <sup>2</sup> /TON
R5	1,20 W/m <sup>3</sup> /h	R10	- W/kg

## Motor 1 x Ø560 mm

### Dimensões [mm]

A	B	C	C1	D	E	F	G	H
960	1660	1310	-	735	615	-	515	740





# Balanço Térmico



Túnel de Congelação Rápida

## Dados Introduzidos Vol. Int. 49,9 m<sup>3</sup> Temp. Int. -35 °C

Volume Interior	49,9 m <sup>3</sup>	Temp. Entrada	8 °C
Área Interior	20,79 m <sup>2</sup>	Temp. Final Média	-25 °C
	Tosco [m]	Finais [m]	
Comprimento	8,1	7,7	
Largura	3,1	2,7	
Altura	2,8	2,4	
Ar de Renovação		13°C/70%HR	
Renovações Automáticas		0	
Embalagem			
% Emb. sobre Peso Total do Produto		0 %	
Potência Máquinas/Extra		0 kW	
Func. Motoventiladores		22 h	
Func. Compressor		20 h	
Produto		Peixe Magro	
Capacidade Armazenagem		0 kg	
Entrada Diária		0 kg	
Quantidade para Congelar		0 kg	
Quantidade por Ciclo		2130 kg	
Duração do Ciclo		6 h	
Densidade de Carga		0 kg/m <sup>3</sup>	
Factor de Carga		1,1	
Serviço		Muito Forte	
Gás		R404A	
Iluminação		0 W/m <sup>2</sup> chão	

## Perdas e Cargas Térmicas

105509,16 W

	Margem	0%
	[W.h]	%
Perdas por Isolamento	13813,35	0,72
Perdas por Abertura e Renovação	24482,58	1,28
Carga Térmica do Produto	946212,38	49,32
Carga Térmica de Respiração	0	0
Carga Térmica de Embalagem	0	0
Carga Térmica Pessoal de Estiva	0	0
Carga Térmica Máquinas/Extra	0	0
Carga Térmica de Iluminação	0	0
Carga Térmica de Motoventiladores	831600	43,35
Carga Térmica de Resistências	102240	5,33
<b>Carga Térmica Total</b>	<b>1918348,31</b>	<b>100</b>

## Temperaturas

Interior	-35 °C
Norte	34 °C
Sul	34 °C
Tecto	34 °C
Chão	29 °C
Este	34 °C
Oeste	34 °C

## Isolamentos

Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	200 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	200 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	200 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	200 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	200 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	200 mm

## Ratios

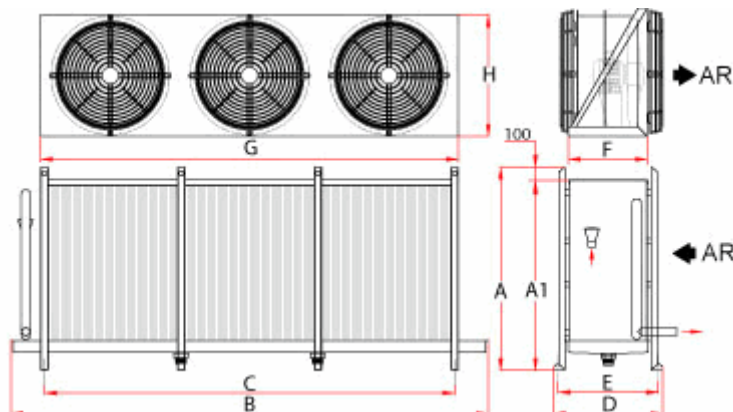
R1	2114,41 W/m <sup>3</sup>	R6	43,35 % (Mot.)
R2	5075,00 W/m <sup>2</sup>	R7	3,81 m/s
R3	2965,93 m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>	R8	0,63 °C
R4	0 m <sup>2</sup> /TON	R9	96,24 m <sup>2</sup> /TON
R5	0,71 W/m <sup>3</sup> /h	R10	297,21 W/kg

## Evaporador 2 x BSUS/E 4702.2 XL Motor 3 x Ø800 mm

Capacidade por Unidade	DT	[W]
Nominal	8	106550
Pretendido	5	51996,4
DT (Corrigido) no regime	5,1	Sel. DTm

## Dimensões [mm]

A	B	C	C1	D	E	F	G	H
1590	4200	3750	1233	829	769	630	3800	915





# Balanço Térmico



Câmara de Conservação de Congelados

## Dados Introduzidos

Volume Interior	4156,63 m <sup>3</sup>	Temp. Entrada	-20 °C
Área Interior	461,85 m <sup>2</sup>	Temp. Final Média	-25 °C
	Tosco [m]	Finais [m]	
Comprimento	19,49	19,14	
Largura	24,48	24,13	
Altura	9,35	9	
Ar de Renovação		13°C/70%HR	
Renovações Automáticas		0	
Embalagem			
% Emb. sobre Peso Total do Produto		0 %	
Potência Máquinas/Extra		7,5 kW	
Func. Motoventiladores		22 h	
Func. Compressor		16 h	
Produto		Peixe Magro	
Capacidade Armazenagem		211988,13 kg	
Entrada Diária		21198,813 kg	
Quantidade para Congelar		0 kg	
Quantidade por Ciclo		0 kg	
Duração do Ciclo		0 h	
Densidade de Carga		51 kg/m <sup>3</sup>	
Factor de Carga		1	
Serviço		Normal	
Gás		R404A	
Iluminação		12 W/m <sup>2</sup> chão	

## Temperaturas

Interior	-25 °C
Norte	34 °C
Sul	34 °C
Tecto	34 °C
Chão	29 °C
Este	34 °C
Oeste	34 °C

## Isolamentos

Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	175 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	175 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	175 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	175 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	175 mm
Poliuretano - 40 kg/m <sup>3</sup>	175 mm

## Evaporador 4 x DXL/E 12P1/18

Capacidade por Unidade	DT	[W]
Nominal	8	18400
Pretendido	5	9108,74
DT (Corrigido) no regime	5,1	Sel. DTm

## Perdas e Cargas Térmicas

### 36971,21W

	Margem	0%
	[W.h]	%
Perdas por Isolamento	253465,11	47,13
Perdas por Abertura e Renovação	79374,38	14,76
Carga Térmica do Produto	55462,01	10,31
Carga Térmica de Respiração	0	0
Carga Térmica de Embalagem	0	0
Carga Térmica Pessoal de Estiva	419,31	0,08
Carga Térmica Máquinas/Extra	7500	1,39
Carga Térmica de Iluminação	5542,18	1,03
Carga Térmica de Motoventiladores	88000	16,36
Carga Térmica de Resistências	48000	8,93
<b>Carga Térmica Total</b>	<b>537762,99</b>	<b>100</b>

## Ratios

R1	8,89 W/m <sup>3</sup>	R6	- % (Mot.)
R2	80,05 W/m <sup>2</sup>	R7	- m/s
R3	9,14 m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>	R8	- °C
R4	0,36 m <sup>2</sup> /TON	R9	- m <sup>2</sup> /TON
R5	0,97 W/m <sup>3</sup> /h	R10	- W/kg

## Motor 1 x Ø560 mm

### Dimensões [mm]

A	B	C	C1	D	E	F	G	H
975	1660	1310	-	1000	850	-	725	950

