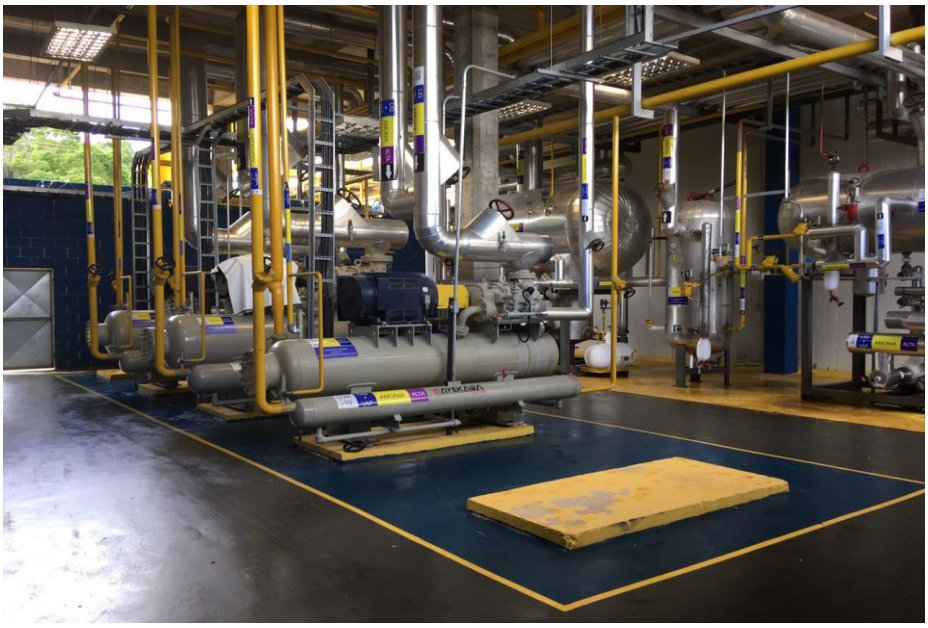
ISEL



Estudo de sistemas frigoríficos otimizados, utilizando fluidos naturais

DIOGO MIGUEL CARDOSO DUARTE
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização de Energia, Refrigeração e Climatização

Orientador:
Doutor Especialista João Nuno Pinto Miranda Garcia

Júri:
Presidente: Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes
Vogais:
Doutor Miguel Borges Lança
Doutor Especialista João Nuno Pinto Miranda Garcia

novembro de 2025

Estudo de sistemas frigoríficos otimizados, utilizando fluidos naturais

DIOGO MIGUEL CARDOSO DUARTE
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização de Energia, Refrigeração e Climatização

Orientador:
Doutor Especialista João Nuno Pinto Miranda Garcia, ISEL/IPL

Júri:
Presidente: Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes, ISEL/IPL
Vogais:
Doutor Miguel Borges Lança, ISEL/IPL
Doutor Especialista João Nuno Pinto Miranda Garcia, ISEL/IPL

novembro de 2025

Agradecimentos

Para começar, quero agradecer a todos os colegas da *Hiperfrio, LDA* em geral, que sempre demonstraram compreensão e disponibilidade para me integrar na empresa.
Seguidamente, quero agradecer aos meus colegas do Departamento de Engenharia da empresa, em especial, à Engª. Mariana Martins por me ter auxiliado em diversos aspetos técnicos e por toda a paciência que teve para me acompanhar ao longo do meu estágio curricular, mesmo quando se encontrava sobrecarregada de trabalho.
Além disto, quero reconhecer o Engº. Rui Pépio e Paulo Paralvas por me terem integrado na sua equipa de Engenharia, dando sempre uma explicação a todas as questões e dúvidas por mim levantadas.
Gostaria de agradecer, também, à Engª Isabel Cunha por ter sido a primeira pessoa a dirigir-se a mim no meu primeiro dia da empresa e por toda a sua empatia e disponibilidade.
Além do mais, quero sublinhar toda a ajuda que o Eng.º Pedro Duarte me deu, apesar de nos tornarmos colegas recentemente, a qual foi fundamental para tomar algumas decisões técnicas nos sistemas que analisei.
Aos meus colegas de faculdade, quero realçar a minha gratidão, com destaque para o meu amigo Engº. Diogo Henriques, com quem fiz, e sempre farei, uma excelente equipa de trabalho.
De seguida, como não poderia deixar de ser, quero deixar o meu eterno agradecimento à minha família mais próxima, em especial aos meus Pais, por me terem dado todas as condições para finalizar os meus estudos, pela sua presença e apoio constantes e por me terem transmitido os valores mais importantes da vida.
Além destes, quero agradecer profundamente ao meu querido Irmão, que sempre me apoiou e acreditou em mim, ajudando-me a ultrapassar alguns momentos mais difíceis com a sua boa disposição, sempre com muitos risos e gargalhadas.
Por fim, quero expressar o meu agradecimento ao meu Avô, que sempre foi a minha maior referência, a par com o meu Pai, pelo seu esforço, dedicação e vontade de vencer, mesmo que, por vezes, se tenha de remar “contra a maré”.
Um Muito obrigado a todos!

Declaração de integridade

Declaro que este relatório de estágio é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor

Diogo Duarte

Lisboa, 20 de novembro de 2025

Estudo de Sistemas Frigoríficos otimizados, utilizando fluidos naturais

Resumo

Com este Relatório de Estágio pretende-se adquirir valiosas técnicas que permitam projetar sistemas frigoríficos otimizados com a utilização de fluidos naturais.

Relativamente ao trabalho desenvolvido no presente relatório de estágio, procedeu-se à análise de dois sistemas otimizados com fluidos naturais. Para tal, estudou-se dois sistemas distintos: opção nº1 referente a um Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada e opção nº2 baseada num Sistema Inundado em Cascata com CO_2 e NH_3.

Inicialmente, com base nas condições de projeto, realizou-se o estudo das cargas térmicas do produto, envolvente, internas e de infiltrações, a dissipar nos Túneis de Congelação, Câmaras de Congelação e Refrigeração e, ainda, salas climatizadas, descrevendo-se o esquema de princípio e respetivo diagrama P-h com os vários pontos termodinâmicos, para ambos os ciclos.

Determinou-se os parâmetros da instalação, o que permitiu dimensionar os equipamentos da mesma como os grupos compressores, Evaporadores, Condensadores Evaporativos, Separadores de Líquido e de Óleo, Arrefecedores intermédios, Bombas Circuladores, entre outros.

Além do mais, estudou-se o impacto ambiental das soluções, com o cálculo das emissões de CO_2, abordando as medidas de segurança e deteção de fugas a adotar.

Por fim, realizou-se uma análise energética, onde se determinou a eficiência energética, efeito frigorífico e COP de ambos os sistemas, seguida de uma análise financeira, estimando custos de investimento inicial.

Em relação à eficiência energética, verificou-se que o sistema da opção nº1 atinge um valor de 2,07, sendo que a opção nº2 apresenta um valor de 2,05.

No que respeita aos consumos energéticos, constatou-se que a opção nº1 consome cerca de 1 472 599,8 kWh, ao passo que a opção nº2 gasta apenas 908 236,8 kWh.

Relativamente aos custos da instalação, o sistema da opção nº1 exige um investimento inicial de 1 044 007,43 euros, sendo mais dispendioso cerca de 10,4%, em comparação com a opção nº2, que somente requer um investimento de 935 131,19 euros.

Palavras-chave: Sistemas Otimizados, Fluidos Naturais, Análise Energética, Análise Financeira, Impacto Ambiental.

Study of optimized Refrigeration Systems with natural fluids

Abstract

This Internship Report intended to achieve valuable techniques that allow the design of optimized refrigeration systems with natural fluids.

The present work, developed in this internship report, demonstrates an analysis of two optimized systems with natural fluids.

For that, two distinct systems were studied: option no.1, related to a Flooded System with NH_3 and Glycolated Water and option no.2, based on a Cascade Flooded System with CO_2 and NH_3.

Initially, based on design conditions, thermal loads were studied, including products, bounding, internals and infiltrations, that are meant to be dissipated in Congelation Tunnels, Congelation and Refrigeration Rooms, and, also, climatized spaces, describing the principle and P-h diagrams, based on thermodynamic points, for both Systems.

The installation parameters are determined, allowing equipment's selection, such as compressors, Evaporators, Evaporative Condensers, Liquid and Oil Separators, Inter-Stage Cooler, pumps and others.

In addition, the Ambiental impact was studied, for both solutions, with the CO_2 emissions calculations, approaching security recommendations and leak detection.

Lastly, this work demonstrated energetic and financial analysis of these systems, to estimate, refrigeration effect, COP and initial investments.

In relation to energy efficiency, the system for option no.1 reaches a value of 2,07 and option no.2 reaches a value of 2,05.

Regarding energy consumption, it was verified that option no.1 consumes around 1 472 599,8 kWh, while option no.2 consumes only 908 236,9 kWh.

Considering installation costs, option no.1 requires an initial investment of 1 044 007,43 euros, approximately 10,4% more expensive than option no.2, which only requires an investment of 935 131,19 euros.

Keywords: Optimized Systems, Natural Fluids, Energetic Analysis, Financial Analysis, Environmental Impact.

Lista de Símbolos e de siglas

Alfabeto romano

$\dot{P}$ Potência

$\dot{W}$ Potência de Compressão

R_C Razão de Compressão

E Energia Consumida

P Pressão Absoluta

P_C Pressão de Condensação

P_E Pressão de Evaporação

T Temperatura

V Volume

h Entalpia específica

C_p Calor Específico

D Diâmetro

r Raio

L Comprimento

e Espessura

t Tempo

$\dot{Q}$ Carga Térmica

R Resistência Térmica

U Coeficiente Global de Transmissão de Calor

q Fluxo de Calor

H Altura Manométrica

H_V Nível de Vapor

H_{NLL} Nível Normal de Líquido

H_{LLL} Nível Baixo de Líquido

S Tensão Admissível

t_c Corrosão Permitida

$\dot{m}$ Caudal mássico

$E_{frigorífico}$ Efeito Frigorífico

CS Coeficiente de Segurança

n Número de Recirculações

g Aceleração Gravítica

R_e Número de Reynolds

Nu Número de Nussell

Pr Número de Prandtl

Alfabeto grego

ΔT Diferencial de Temperatura

ΔT_{sup} Superaquecimento

ΔT_{sub} Subarrefecimento

ΔP Diferencial de Pressão

α Fator de Carga de fluido frigorigéneo recuperado

β Emissões indiretas de CO_2

ε Eficiência Energética

η Rendimento

ρ Densidade

k Índice de Condutividade Térmica

v Volume Específico

μ Viscosidade Dinâmica

x Título

Siglas

AP Alta Pressão

APA Associação Portuguesa do Ambiente

AQS Água Quente Sanitária

ASME American Society of Mechanical Engineers

ASTM American Society for Testing and Materials

BP Baixa Pressão

CFC Clorofluorocarboneto

COP Coeficient of Performance

GEE Gases de Efeito de Estufa

GWP Global Warming Potencial

HCFC Hidroclorofluorocarboneto

HFC Hidrofluorocarboneto

HFO Hidrofluorolefina

LT Baixa Temperatura

MEG Monoetilenoglicol

MT Média Temperatura

NPSH Net Positive Suction Head

ODP Ozone Deflection Potencial

PG Propilenoglicol

TEWI Total Equivalent Warming Impact

TFM Trabalho Final de Mestrado

Fluidos Frigorigéneos

R11 Tricloromonofluormetano

R12 Diclorodifluormetano

R22 Monoclorodifluormetano

R134a Tetrafluoroetano

R404A Mistura entre R143a, R125 e R134a

R124ze Tetrafluoropropeno

R717 Amoníaco

R744 Dióxido de Carbono

Índice

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 MOTIVAÇÃO 1

1.2 OBJETIVOS 2

2 ESTADO DA ARTE 3

2.1 CICLO FRIGORÍFICO DE COMPRESSÃO DE VAPOR SIMPLES 4

2.2 CICLO FRIGORÍFICO REAL DE COMPRESSÃO DE VAPOR SIMPLES 7

2.3 PROCESSO DE SOBREAQUECIMENTO 8

2.4 PROCESSO DE SUBARREFECIMENTO 8

2.5 PROCESSO DE DESCONGELAÇÃO 10

2.6 FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS 12

2.6.1 Características Ambientais dos Fluidos Frigorigéneos 12

2.6.2 Fluidos Sintéticos ou Artificiais 13

2.6.3 Fluidos Naturais 14

2.6.4 Classificação quanto à Toxicidade e Inflamabilidade 16

2.7 EQUIPAMENTOS ANEXOS EM REFRIGERAÇÃO 17

2.7.1 Depósito de Líquido 17

2.7.2 Depósito Separador de Líquido 18

2.7.3 Bombas de Recirculação 29

2.7.4 Depósito de Óleo 32

2.7.5 Depósito Separador de Óleo com Arrefecimento por Termosifão 32

2.8 SISTEMAS DE EXPANSÃO DIRETA, INDIRETA E INUNDADO 33

2.9 CICLO DE COMPRESSÃO DE VAPOR DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS 36

2.9.1 Arrefecedor Intermédio Aberto 38

2.10 CICLOS DE COMPRESSÃO A CO_2 39

2.10.1 Ciclo de Compressão Transcrítico a CO_2 39

2.10.2 Ciclo de Compressão Cascata com CO_2 e NH_3 Subcríticos 43

2.11 PROJETO DE TUBAGEM DE UMA INSTALAÇÃO 46

2.11.1 Tubagem e Acessórios 47

2.11.2 Materiais da Tubagem 50

2.11.3 Isolamento 51

2.12 CARGAS TÉRMICAS 54

2.12.1 Cargas da Envolvente 54

2.12.2 Cargas do Produto 56

2.12.3 Cargas Internas 58

2.12.4 Cargas de Infiltrações de Ar 60

2.12.5 Cargas Globais 62

3 ESTÁGIO ACADÉMICO NA EMPRESA HIPERFRIO 63

3.1 Caracterização da Empresa 63
3.2 Trabalho desenvolvido na Empresa 63

4 CASO DE ESTUDO 65

4.1 Layout da Instalação 65
4.2 Condições de Projeto 66
4.2.1 Condições do Ar Exterior 66
4.2.2 Condições de Entrada dos Produtos 68
4.3 Determinação das Cargas Térmicas 68
4.3.1 Carga mássica e rotatividade de produtos 68
4.3.2 Equipamentos Instalados nos Processos de Transformação 69
4.3.3 Constituição dos Alimentos Processados 70
4.3.4 Isolamento 71
4.3.5 Aspetos Construtivos 71
4.3.6 Cargas Térmicas 73

5 SISTEMA INUNDADO A NH_3 E ÁGUA GLICOLADA 75

5.1 Descrição Geral 75
5.2 Caracterização Termodinâmica 76
5.2.1 Caudais Mássicos 76
5.2.2 Pontos Termodinâmicos 76
5.2.3 Temperaturas de Evaporação e Condensação 77
5.2.4 Balanços Mássicos e Energéticos 78
5.3 Diagrama de *Mollier* 80
5.4 Dimensionamento dos Evaporadores 80
5.5 Implantação dos Evaporadores 85
5.6 Dimensionamento da Central Frigorífica 86
5.6.1 Grupos Compressores 86
5.6.2 Condensador Evaporativo 88
5.6.3 Depósitos Separadores de Líquido 90
5.6.4 Depósito de Líquido 92
5.6.5 Bombas de Recirculação 93
5.6.6 Depósito Separador de Óleo com Termosifão 95
5.6.7 Permutador de Calor NH_3/Água Glicolada 96
5.7 Dimensionamento dos Frigodifusores 97
5.8 Dimensionamento dos Equipamentos do Circuito Secundário 99
5.8.1 Depósito de Inércia 99
5.8.2 Bombas de Recirculação de Água Glicolada 101
5.8.3 Vaso de Expansão 103
5.9 Dimensionamento da Tubagem e Acessórios de NH_3 e Água Glicolada 105
5.10 Dimensionamento do Isolamento da Tubagem de NH_3 e Água Glicolada 106

5.11 Mapa de Quantidades e Custos Associados 106

6 SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM NH_3 E CO_2 SUBCRÍTICOS 107

6.1 Descrição Geral 107

6.2 Caracterização Termodinâmica 107

6.2.1 Caudais Mássicos 107

6.2.2 Pontos Termodinâmicos 108

6.2.3 Temperaturas de Evaporação e Condensação 110

6.2.4 Balanços Mássicos e Energéticos 110

6.3 Diagramas de *Mollier* 111

6.4 Dimensionamento dos Evaporadores 112

6.5 Implantação dos Evaporadores 119

6.6 Dimensionamento da Central Frigorífica 120

6.6.1 Grupos Compressores 120

6.6.2 Permutador de Calor CO_2/NH_3 122

6.6.3 Condensador Evaporativo 123

6.6.4 Depósitos Separadores de Líquido 125

6.6.5 Depósitos de Líquido de CO_2 e NH_3 126

6.6.6 Bombas de Recirculação de CO_2 127

6.7 Dimensionamento da Tubagem e Acessórios de CO_2 e NH_3 129

6.8 Dimensionamento do Isolamento da Tubagem de CO_2 e NH_3 130

6.9 Mapa de Quantidades e Custos Associados 130

7 ANÁLISE ENERGÉTICA DOS SISTEMAS 131

7.1 Desempenho Energético 131

7.2 Consumos Energéticos Anuais 135

8 ANÁLISE FINANCEIRA DOS SISTEMAS 137

8.1 Investimento Inicial 137

8.2 Custos de Manutenção 139

8.3 Custos de Operação 140

9 IMPACTO AMBIENTAL DOS SISTEMAS 141

10 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO 145

10.1 Conclusões 145

10.2 Trabalho Futuro 147

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 148

ANEXOS 155

Anexo A – Layout da Instalação 155

Anexo B – Implantação da Estiva dos Produtos 157

ANEXO C – CÁLCULOS DA QUANTIDADE E ROTATIVIDADE DOS PRODUTOS 159
ANEXO D – PAINEL ISOTÉRMICO E MATERIAIS DE ALVENARIA 165
ANEXO E – CARGAS TÉRMICAS 167
Anexo E.1 – Exemplo de Aplicação do Método Analítico 167
Anexo E.2 – Resultados do Método Analítico 171
Anexo E.3 – Resultados no Software CalCam da Centauro 183
ANEXO F – SISTEMA INUNDADO A NH_3 E ÁGUA GLICOLADA 200
Anexo F.1 – Esquema de Princípio da Sala de Máquinas 200
Anexo F.2 – Esquema de Princípio dos Evaporadores e Frigodifusores 202
Anexo F.3 – Diagrama de Mollier 205
Anexo F.4 – Características dos Evaporadores 207
Anexo F.5 – Características dos Equipamentos da Central Frigorífica 210
Anexo F.6 – Características dos Frigodifusores 217
Anexo F.7 – Características dos Equipamentos do Circuito de Água Glicolada 223
Anexo F.8 – Implantação dos Evaporadores e Frigodifusores 226
Anexo F.9 – Implantação da Central Frigorífica 228
Anexo F.10 – Implantação da Tubagem 231
Anexo F.11 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de NH_3 233
Anexo F.12 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de Água Glicolada 236
Anexo F.13 – Contagem de Tubagem e Acessórios de NH_3 238
Anexo F.14 – Contagem de Tubagem e Acessórios de Água Glicolada 240
Anexo F.15 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de NH_3 242
Anexo F.16 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de Água Glicolada 244
Anexo F.17 – Mapa Resumo da Instalação Frigorífica 246
Anexo F.18 – Mapa de Quantidades e Custos 248
ANEXO G – SISTEMA CASCATA COM NH_3 E CO_2 SUBCRÍTICO 249
Anexo G.1 – Esquema de Princípio da Sala de Máquinas 249
Anexo G.2 – Esquema de Princípio dos Evaporadores 251
Anexo G.3 – Diagramas de Mollier 253
Anexo G.4 – Características dos Evaporadores 256
Anexo G.5 – Características dos Equipamentos da Central Frigorífica 257
Anexo G.6 – Implantação dos Evaporadores 261
Anexo G.7 – Implantação da Central Frigorífica 263
Anexo G.8 – Implantação da Tubagem 266
Anexo G.9 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de CO_2 267
Anexo G.10 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de NH_3 269
Anexo G.11 – Contagem de Tubagem e Acessórios de CO_2 271
Anexo G.12 – Contagem de Tubagem e Acessórios de NH_3 273
Anexo G.13 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de CO_2 275
Anexo G.14 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de NH_3 277

Anexo G.15 – Mapa Resumo da Instalação Frigorífica *279*
Anexo G.16 – Mapa de Quantidades e Custos *280*
ANEXO H – EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE DEPÓSITO SEPARADOR 281
ANEXO I – EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE LINHA DE TUBAGEM 287
ANEXO J – EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE ISOLAMENTO DE LINHA DE TUBAGEM 292
ANEXO K – TABELAS *ASHRAE* COM COMPRIMENTOS EQUIVALENTES E K´S DE ACESSÓRIOS DE TUBAGEM 296
ANEXO L – DIMENSÕES DE TUBAGEM DE AÇO DA NORMA *ASME B36.10* 298
ANEXO M – DIMENSÕES DE TUBAGEM DE COBRE DA NORMA *ASTM B280* 300
ANEXO N – PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS UTILIZADAS 301

Índice de figuras

Figura 2.1 – Esquema de Princípio do Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor Simples 4

Figura 2.2 – Diagrama T-s (a) e Diagrama P-h (b) do Ciclo Frigorífico teórico de Compressão de Vapor, ... 5

Figura 2.3 - Diagrama P-h do Ciclo Frigorífico real de Compressão de Vapor 7

Figura 2.4 – Representação esquemática de Subarrefecimento com utilização de Recuperador de Calor (a) e respetivo diagrama P-h (b). 9

Figura 2.5 – Esquema de Subarrefecedor com circuito secundário de água. 10

Figura 2.6 – Representação Axial e Frontal de Depósito de Líquido Horizontal 17

Figura 2.7 – Esquema de Depósito Separador com Níveis de fluido e respetivos Volumes 19

Figura 2.8 – Gráfico representativo da razão entre áreas transversais em função da razão entre Altura de líquido e Diâmetro do Depósito Separador 23

Figura 2.9 – Esquema de Depósito Separador com níveis de fluido e respetivas áreas transversais 24

Figura 2.10 - Esquema de Depósito Separador com níveis de fluido 28

Figura 2.11 – Coluna de Líquido disponível de uma Bomba de Recirculação 30

Figura 2.12 – Curva característica de uma bomba (a) e da associação de duas bombas distintas em paralelo (b) 32

Figura 2.13 – Esquema de instalação de um sistema de arrefecimento de óleo por Termosifão 33

Figura 2.14 – Esquema dos Sistemas de Expansão Direta e Indireta 34

Figura 2.15 - Esquema frigorífico de Sistema Inundado por Bombagem 35

Figura 2.16 - Esquema de Princípio do Ciclo de Compressão Múltiplos Estágios com Arrefecedor Intermédio Aberto (a) e respetivo diagrama P-h (b) 38

Figura 2.17 - Esquema de Princípio do Ciclo de Compressão Transcrítico a CO_2 (a) e diagrama P-h (b) 39

Figura 2.18 - Esquema de Princípio do Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Bypass de Gás (a) e diagrama P-h (b) 40

Figura 2.19 - Esquema de Princípio do Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Compressor Paralelo (a) e diagrama P-h (b) 41

Figura 2.20 – Princípio de Funcionamento de um Ejetor de CO_2 com respetiva Evolução de Pressão .. 42

Figura 2.21 - Esquema de Princípio do Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Ejetor (a) e diagrama P-h (b) 43

Figura 2.22 – Esquema de Princípio de Ciclo Cascata a CO_2/NH_3 (a) e diagrama P-h (b) 44

Figura 2.23 – Pressão de Projeto recomendada para circuito LTC em sistemas do tipo Cascata CO_2/NH_3 45

Figura 2.24 – Esquema de Princípio de sistema Cascata a CO2/NH3 com dois estágios de Evaporação e respetivas pressões de projeto 45

Figura 2.25 – Diagrama de *Moody* 47

Figura 2.26 – Representação de tubagem em corte com camada de isolamento e respetivas resistências térmicas 52

Figura 2.27 - Transmissão de Calor por condução numa superfície genérica 55

FIGURA 2.28 – PERFIL DE PRESSÃO DO FLUXO DE MASSAS DE AR EM ABERTURA DE PORTA DE CÂMARA DE FRIGORÍFICA 60
FIGURA 3.1 – REGISTO FOTOGRÁFICO DE UNIDADES CONDENSADORAS INSTALADAS NA AUCHAN LOCALIZADA NA VENDA DO PINHEIRO, LISBOA 64
FIGURA 4.1 – FLUXOGRAMA DE ETAPAS DE PROCESSAMENTO ALIMENTAR DA *FRIGOSTO* 66
FIGURA 4.2 – TEMPERATURAS EXTERIORES DE PROJETO PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ALCOBAÇA DISPONIBILIZADAS PELO *LNEC* 67
FIGURA 4.3 – EXCERTO DA NORMAL CLIMATOLÓGICA DO *IPMA* PARA A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ALCOBAÇA 67
FIGURA 4.4 – ESQUEMA DE VAZIO SANITÁRIO DE PISO ISOLADO DAS CÂMARAS COM TEMPERATURA NEGATIVA 72
FIGURA 5.1 – ESQUEMA DE PRINCÍPIO DE SISTEMA INUNDADO A NH_3 E ÁGUA GLICOLADA 75
FIGURA 5.2 – DIAGRAMA DE *MOLLIER* COM PONTOS TERMODINÂMICOS DO SISTEMA INUNDADO A NH3 E ÁGUA GLICOLADA, SOFTWARE *COOLPACK* 80
FIGURA 5.3 – FATORES DE CORREÇÃO, APLICADOS A EVAPORADORES DAS CÂMARAS DE CONGELAÇÃO E *"PICKING"*, ADAPTADO DA CENTAURO 82
FIGURA 5.4 - FATORES DE CORREÇÃO, APLICADOS A EVAPORADORES DOS TÚNEIS DE ULTRACONGELAÇÃO, ADAPTADO DA CENTAURO 84
FIGURA 5.5 – EXEMPLO DE IMPLANTAÇÃO DE EVAPORADORES PELA LARGURA DO *"PICKING"* DE CONGELADOS 85
FIGURA 5.6 - EXEMPLO DE IMPLANTAÇÃO DE EVAPORADORES PELA LARGURA DA CÂMARA DE CONGELADOS CC12 85
FIGURA 5.7 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM CONDENSADOR EVAPORATIVO 88
FIGURA 5.8 – FATOR DE CORREÇÃO PARA DIFERENTES TEMPERATURAS DE BOLBO SECO E HÚMIDO, ADAPTADO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA *BALTIMORE* 89
FIGURA 5.9 – GRÁFICO DO PERFIL DE CARGAS DIÁRIO DA INSTALAÇÃO 100
FIGURA 6.1 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO DE SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM CO_2 E NH_3 107
FIGURA 6.2 - DIAGRAMA DE *MOLLIER* COM PONTOS TERMODINÂMICOS DO CIRCUITO PRIMÁRIO DO SISTEMA INUNDADO A CO_2 E NH_3, SOFTWARE *COOLPACK* 111
FIGURA 6.3 - DIAGRAMA DE *MOLLIER* COM PONTOS TERMODINÂMICOS DO CIRCUITO SECUNDÁRIO DO SISTEMA INUNDADO A CO_2 E NH_3, SOFTWARE *COOLPACK* 112
FIGURA 6.4 – FATORES DE CORREÇÃO, APLICADOS A EVAPORADORES DAS CÂMARAS DE REFRIGERADOS, ADAPTADO DA CENTAURO 113
FIGURA 6.5 – FATORES DE CORREÇÃO, APLICADOS A EVAPORADORES DAS ZONAS CLIMATIZADAS, ADAPTADO DA CENTAURO 114
FIGURA 6.6 – FATORES DE CORREÇÃO, APLICADOS A EVAPORADORES DAS CÂMARAS DE CONGELADOS E *"PICKING"*, ADAPTADO DA CENTAURO 116
FIGURA 7.1 – GRÁFICO DE BARRAS COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E COP DOS SISTEMAS 133
FIGURA 7.2 - GRÁFICO DE BARRAS COMPARATIVO DAS POTÊNCIAS ELÉTRICAS ABSORVIDAS PELOS EQUIPAMENTOS DOS SISTEMAS 133
FIGURA 8.1 – GRÁFICO DE BARRAS ACUMULADO DE COMPARAÇÃO DO INVESTIMENTO INICIAL DOS SISTEMAS 137

Índice de quadros

QUADRO 2.1 – PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA DO SISTEMA DE DESCONGELAÇÃO POR GÁS QUENTE 11

QUADRO 2.2 – GRUPOS DE FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS SINTÉTICOS 14

QUADRO 2.3 – GRUPOS DE SEGURANÇA DE FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS SEGUNDO A NORMA ISO 817:2014 16

QUADRO 2.4 – GRUPOS DE SEGURANÇA E ÍNDICES DE ODP E GWP DE ALGUNS FLUIDOS FLUORADOS E NATURAIS .. 16

QUADRO 2.5 – PERÍODOS DE *"HOLDUP"* E *"SURGE"* RECOMENDADOS 21

QUADRO 2.6 – NÍVEL BAIXO DE LÍQUIDO ($NLLL$) DE DEPÓSITO SEPARADOR EM FUNÇÃO DA GEOMETRIA E DIÂMETRO 25

QUADRO 2.7 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DE SISTEMA DE EXPANSÃO INDIRETA, COMPARATIVAMENTE AO SISTEMA DE EXPANSÃO DIRETA, ... 34

QUADRO 2.8 – TAXAS DE RECIRCULAÇÃO RECOMENDADAS 35

QUADRO 2.9 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE SISTEMAS INUNDADOS 36

QUADRO 2.10 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CICLO FRIGORÍFICO DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS DE COMPRESSÃO. 37

QUADRO 2.11 – VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA TUBAGEM 49

QUADRO 2.12 – ESPESSURAS MÍNIMAS DE TUBAGEM DE AÇO CARBONO PARA NH3 50

QUADRO 2.13 – ACRÉSCIMO DE TEMPERATURA POR EFEITO SOLAR 55

QUADRO 4.1 – IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS DE CONGELAÇÃO, REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO 65

QUADRO 4.2 – CONDIÇÕES DE ENTRADA DOS PRODUTOS CONSERVADOS 68

QUADRO 4.3 – QUANTIDADES DE PRODUTOS ARMAZENADOS E RESPETIVA ROTATIVIDADE DIÁRIA 69

QUADRO 4.4 – EQUIPAMENTOS INSTALADOS NAS SALAS DE PROCESSAMENTO ALIMENTAR 70

QUADRO 4.5 – FRAÇÕES MÁSSICAS DOS CONSTITUINTES DOS PRODUTOS TRANSFORMADOS 70

QUADRO 4.6 – CALORES ESPECÍFICOS ANTES E DEPOIS DE CONGELAÇÃO PARA PRODUTOS ELEMENTARES E CALORES ESPECÍFICOS APARENTES PARA PRODUTOS TRANSFORMADOS 71

QUADRO 4.7 – CONSTITUIÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES DO PAVILHÃO E RESPETIVO COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR 72

QUADRO 4.8 - CONSTITUIÇÃO DO PISO NÃO ISOLADO DO PAVILHÃO E RESPETIVO COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR 72

QUADRO 4.9 - CONSTITUIÇÃO DO PISO ISOLADO COM VAZIO SANITÁRIO DO PAVILHÃO E RESPETIVO COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR 73

QUADRO 4.10 – RESULTADOS PARA AS CARGAS TÉRMICAS ATRAVÉS DO MÉTODO ANALÍTICO E SOFTWARE *CALCAM* 74

QUADRO 5.1 – CIRCUITOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRESSÃO E RESPETIVAS ZONAS DE ALIMENTAÇÃO. 75

QUADRO 5.2 – CAUDAIS MÁSSICOS DE NH3 PARA CADA CÂMARA E PERMUTADOR DE CALOR 76

QUADRO 5.3 – PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DOS PONTOS CARACTERÍSTICOS DO SISTEMA INUNDADO A NH_3 E ÁGUA GLICOLADA 77

QUADRO 5.4 – CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DAS CÂMARAS DE REFRIGERADOS CR13 E CR16, ADAPTADO DA *CENTAURO* 81

QUADRO 5.5 - CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DA CÂMARA DE CONGELADOS DE *"PICKING"*, ADAPTADO DA *CENTAURO* 82
QUADRO 5.6 - CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DA CÂMARA DE CONGELADOS, ADAPTADO DA *CENTAURO* 83
QUADRO 5.7 - CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DOS TÚNEIS DE ULTRACONGELAÇÃO, ADAPTADO DA *CENTAURO* 84
QUADRO 5.8 - CARACTERÍSTICAS DOS COMPRESSORES DE BAIXA, INTERMÉDIA E ALTA PRESSÕES, SOFTWARE *MYSELECT* DA *MYCOM* 87
QUADRO 5.9 - CARACTERÍSTICAS DO CONDENSADOR EVAPORATIVO, ADAPTADO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS *BALTIMORE* 90
QUADRO 5.10 – PARÂMETROS MÍNIMOS DOS DEPÓSITOS SEPARADORES DE LÍQUIDO DE NH_3 91
QUADRO 5.11 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS SEPARADORES DE LÍQUIDO DE NH_3, ADAPTADO DA *PHILLIPS REFRIGERATION* 91
QUADRO 5.12 - CARACTERÍSTICAS DO DEPÓSITO DE LÍQUIDO, ADAPTADO DA *CENTAURO* 92
QUADRO 5.13 – PARÂMETROS DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE NH_3 94
QUADRO 5.14 – PARÂMETROS DE VERIFICAÇÃO DE CAVITAÇÃO DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE NH_3 94
QUADRO 5.15 - CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE NH_3 95
QUADRO 5.16 - PARÂMETROS MÍNIMOS DO DEPÓSITO SEPARADOR DE ÓLEO COM TERMOSIFÃO 95
QUADRO 5.17 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO DEPÓSITO SEPARADOR DE ÓLEO COM TERMOSIFÃO, ADAPTADO DA *PHILLIPS REFRIGERATION* 95
QUADRO 5.18 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PERMUTADOR DE CALOR NH_3/MEG, ADAPTADO DAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA *ALFA LAVAL* 96
QUADRO 5.19 – PROPRIEDADES DOS FLUIDOS PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DO PERMUTADOR DE CALOR NH_3/MEG 96
QUADRO 5.20 - CARACTERÍSTICAS DOS FRIGODIFUSORES DA SALA DE MODAGEM, ADAPTADO DA *GUNTNER* 97
QUADRO 5.21 - CARACTERÍSTICAS DOS FRIGODIFUSORES DAS SALAS DE ENCARTONAMENTO, ACONDICIONAMENTO E CORREDORES, ADAPTADO DA *GUNTNER* 97
QUADRO 5.22 - CARACTERÍSTICAS DOS FRIGODIFUSORES DOS CAIS DE RECEÇÃO E EXPEDIÇÃO, ADAPTADO DA *GUNTNER* 98
QUADRO 5.23 - CARACTERÍSTICAS DO DEPÓSITO DE INÉRCIA, ADAPTADO DA *MECALIA* 101
QUADRO 5.24 - PARÂMETROS DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA GLICOLADA 102
QUADRO 5.25 - PARÂMETROS DE CAVITAÇÃO DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA GLICOLADA 103
QUADRO 5.26 - CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA GLICOLADA 103
QUADRO 5.27 - CARACTERÍSTICAS DO VASO DE EXPANSÃO, RETIRADO DO CATÁLOGO DA *REFLEX* 105
QUADRO 5.28 – CUSTOS DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA INUNDADO A NH3 E ÁGUA GLICOLADA 106
QUADRO 6.1 – CAUDAIS MÁSSICOS DE CO_2 E NH_3 PARA CADA CÂMARA E PERMUTADOR DE CALOR 108
QUADRO 6.2 – CARACTERÍSTICAS TERMODINÂMICAS DO SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM CO_2 E NH_3 109
QUADRO 6.3 – CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DAS CÂMARAS DE REFRIGERADOS CR13 E CR16, ADAPTADO DA *CENTAURO* 113
QUADRO 6.4 – CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DA CÂMARA DE REFRIGERADO CR14, ADAPTADO DA *CENTAURO* 114

QUADRO 6.5 – CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DA SALA DE ACONDICIONAMENTO, ENCARTONAMENTO, MOLDAGEM E CORREDOR ESTE, ADAPTADO DA CENTAURO 115
QUADRO 6.6 - CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DO CORREDOR NORTE, CAIS DE RECEÇÃO E EXPEDIÇÃO, ADAPTADO DO CATÁLOGO CENTAURO 116
QUADRO 6.7 – CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DO *"PICKING"* DE CONGELADOS, ADAPTADO DA *CENTAURO* 117
QUADRO 6.8 – CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DE CONGELADOS, ADAPTADO DA *CENTAURO* 117
QUADRO 6.9 – CARACTERÍSTICAS DOS EVAPORADORES DOS TÚNEIS DE ULTRACONGELAÇÃO, ADAPTADO DA *THERMONKEY* 119
QUADRO 6.10 – CARACTERÍSTICAS DO COMPRESSOR DE ALTA PRESSÃO DE NH_3 ADAPTADO DA *MYCOM* 120
QUADRO 6.11 – CARACTERÍSTICAS DOS COMPRESSORES DE BAIXA, INTERMÉDIA E ALTA PRESSÕES DE CO_2, ADAPTADO DA *BITZER* 121
QUADRO 6.12 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PERMUTADOR DE CALOR CO_2/NH_3, ADAPTADO DAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA *VAHTERUS* 123
QUADRO 6.13 – PROPRIEDADES DOS FLUIDOS PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DO PERMUTADOR DE CALOR CO_2/NH_3 . 123
QUADRO 6.14 – CARACTERÍSTICAS DO CONDENSADOR EVAPORATIVO, ADAPTADO DA *BALTIMORE* 124
QUADRO 6.15 – PARÂMETROS MÍNIMOS DOS DEPÓSITOS SEPARADORES DE LÍQUIDO DE CO_2 125
QUADRO 6.16 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS SEPARADORES DE LÍQUIDO DE CO_2, ADAPTADO DO CATÁLOGO DA *PHILLIPS REFRIGERATION* 125
QUADRO 6.17 - CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS DE LÍQUIDO DE CO_2 E NH_3, ADAPTADO DO CATÁLOGO DA *CENTAURO* 126
QUADRO 6.18 – PARÂMETROS DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE CO_2 128
QUADRO 6.19 – PARÂMETROS DE VERIFICAÇÃO DE CAVITAÇÃO DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE CO_2 129
QUADRO 6.20 - CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE CO_2 129
QUADRO 6.21 – CUSTOS DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM A CO_2 E NH_3 130
QUADRO 7.1 – POTÊNCIAS ELÉTRICAS ABSORVIDAS DO SISTEMA INUNDADO A NH_3 E ÁGUA GLICOLADA 134
QUADRO 7.2 – POTÊNCIAS ELÉTRICAS ABSORVIDAS DO SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM CO_2 SUBCRÍTICO E NH_3 135
QUADRO 7.3 – CONSUMOS ENERGÉTICOS ANUAIS DE AMBOS OS SISTEMAS 136
QUADRO 8.1 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO ANUAIS DOS COMPRESSORES DE AMBOS OS SISTEMAS 139
QUADRO 8.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO ANUAL DE AMBOS OS SISTEMAS 140
QUADRO 8.3 – CUSTO OPERAÇÃO ANUAL DE AMBOS OS SISTEMAS 140
QUADRO 9.1 – CARGAS DE FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS DO SISTEMA INUNDADO COM NH_3 E ÁGUA GLICOLADA 142
QUADRO 9.2 – CARGAS DE FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS DO SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM CO_2 SUBCRÍTICO E NH_3 142
QUADRO 9.3 – INDICADOR TEWI PARA AMBOS OS SISTEMAS 143

1 Introdução

A presente dissertação de mestrado pretendeu analisar alternativas a um sistema tradicional numa instalação existente do setor da indústria alimentar.

Para tal, estudaram-se e compararam-se dois sistemas, um Sistema Inundado com NH_3 e Água Glicolada e, ainda, um Sistema Inundado em Cascata com CO_2 e NH_3.

No presente documento é feita uma descrição dos principais sistemas a NH_3 e CO_2, bem como as suas características fundamentais, incluindo os ciclos de refrigeração em que se baseiam e, ainda, nos equipamentos que, tipicamente, os constituem. De seguida, será apresentado o caso de estudo real das instalações da empresa *Frigosto*, tendo o layout das instalações sido cedido pela empresa *Hiperfrio*.

Para além disto, apresenta-se uma descrição técnica do espaço físico, seguida do cálculo das cargas térmicas relativas ao mesmo e, ainda, aos produtos a refrigerar e congelar. Posteriormente, passou-se pela análise dos sistemas de refrigeração estudados, bem como dos equipamentos selecionados, em conformidade com os fluidos frigorigéneos utilizados. Neste aspeto, este documento debruçou-se, também, no sistema de controlo da instalação e, de um modo geral, na deteção de NH_3 e CO_2.

Por fim, foram realizadas as análises energética e financeira de ambas as alternativas analisadas, efetuando uma comparação entre estas, de modo a determinar eficiências energéticas, coeficientes de performance (COP), investimentos iniciais, entre outros.

1.1 Motivação

Com a progressão nos estudos académicos na área da Engenharia Mecânica, foi surgindo o interesse intrínseco na área científica respeitante à termodinâmica, em especial nas aplicações de refrigeração industrial, que configura um dos setores mais relevantes em que, cada vez mais, se procura alcançar melhores eficiências energéticas e se busca mitigar a utilização de gases fluorados como fluidos frigorigéneos (HFC´s), por questões ambientais, substituindo-os por fluidos naturais, como o amoníaco e o dióxido de carbono. Deste modo, seguem-se recomendações estabelecidas pelo "Regulamento F-Gas", o qual estabelece diretrizes, baseadas no Protocolo de Quioto, para alcançar uma redução da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), categoria na qual se inserem os gases fluorados.

Para além disto, a oportunidade de realizar a dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica no Ramo de Energia, Refrigeração e Climatização, integrado num estágio na empresa *Hiperfrio, LDA*, configurou uma mais-valia para obter experiência no ramo de refrigeração e desenvolver aptidões, de forma a enquadrar o conhecimento teórico

adquirido, com as mais recentes aplicações e tecnologias dos sistemas de refrigeração atualmente implementados.

1.2 Objetivos

No presente TFM estudou-se e dimensionou-se uma instalação frigorífica de uma Unidade Industrial de Transformação e Preparação de Produtos Congelados, da empresa *Frigosto LDA*, localizada em Caldas da Rainha, Portugal.

Inicialmente, estas instalações foram projetadas e executadas pela empresa *Hiperfrio LDA*, utilizando o fluido frigorigéneo NH_3 para a refrigeração, em conjunto com um circuito secundário de água glicolada, responsável pela climatização de alguns espaços da instalação.

No presente TFM, procedeu-se ao projeto destas instalações da *Frigosto LDA*, com base nas mesmas condições de temperaturas de conservação para as câmaras e espaços considerados, utilizando dois sistemas alternativos, baseados nos fluidos naturais NH_3, CO_2 e água glicolada, de modo que sejam comparáveis a nível energético e económico. Assim, no presente trabalho, foram objeto de estudo os seguintes pontos:

- Ciclos frigoríficos adotados;
- Determinação de cargas térmicas;
- Implementação de rede de fluidos, acessórios e equipamentos;
- Determinação de perdas de carga;
- Seleção de equipamentos.

Por fim, procedeu-se à comparação entre os dois sistemas alternativos, relativamente ao seguinte:

- Análise energética;
- Análise Financeira de custos de instalação;
- Análise Financeira de custos associados à manutenção do sistema;
- Técnicas e sistemas de controlo da instalação.

É importante referir que esta comparação será quantitativa, baseada em resultados mensuráveis de ambas as alternativas, visando identificar as vantagens e inconvenientes das mesmas e, se for possível, definir qual a melhor solução para estas instalações.

2 Estado da Arte

Uma das maiores aplicações da Termodinâmica é a área da Refrigeração. O objetivo desta área de engenharia é reduzir e manter a temperatura de uma determinada matéria, sendo esta sólida, líquida ou gasosa, para valores inferiores à temperatura do espaço circundante. Esta transferência de calor ocorre através de processos endotérmicos físicos ou químicos em que o sistema termodinâmico absorve energia, sob a forma de calor. Existem vários processos endotérmicos que permitem esta troca de calor sendo os mais comuns os seguintes:

- Fusão de sólidos, como o gelo comum ou gelo seco (CO_2 no estado sólido);
- Liquefação de gases criogénicos, como o N_2 ou CO_2, que permitem atingir temperaturas extremamente baixas, muito inferiores às suas temperaturas de fusão;
- Expansão de um fluido frigorigéneo, utilizando trabalho mecânico, baseado no Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor;
- Processos de Absorção, onde o fluido frigorigéneo é dissolvido num líquido antes de ser comprimido, baseado no Ciclo Frigorífico por Absorção.

Os dois primeiros processos são utilizados em aplicações de pequena escala e são processos descontínuos, pelo que não se consegue a reversão dos mesmos, sendo, por isso, descartados na Refrigeração Industrial e Comercial.

Relativamente ao processo de Absorção, este utiliza uma mistura de um fluido frigorigéneo com um fluido de transporte, sendo o sistema Amoníaco-Água o mais comum para aplicações de Refrigeração, com a água a servir de fluido absorvente. A grande vantagem deste sistema é o facto de operar apenas com recurso a uma fonte térmica, que promove a separação do amoníaco da água, necessitando apenas de trabalho mecânico para circulação da mistura, através de uma bomba circulador. Pelo contrário, o sistema tradicional de Compressão de Vapor necessita de trabalho mecânico para elevar a pressão do fluido frigorigéneo para a pressão de condensação. Contudo, o ciclo frigorífico de Absorção apresenta diversos inconvenientes, sendo a sua complexidade e baixa eficiência energética as mais críticas. Além do mais, as fontes de calor que estes sistemas necessitam, a maior parte das vezes, são mais dispendiosas e possuem perdas energéticas superiores, comparativamente à utilização de energia elétrica. Assim, o processo endotérmico mais utilizado na área da Refrigeração é o processo de expansão baseado no Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor que, por sua vez, foi sofrendo algumas alterações, dando origem a outros Ciclos Frigoríficos de Compressão, otimizados em função do tipo de fluido utilizado e da gama de cargas térmicas a remover.

2.1 Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor Simples

O ciclo padrão de refrigeração por compressão de vapor utiliza um fluido frigorigéneo circulante como meio de transferência de calor, que absorve e remove calor do espaço que se pretende refrigerar, rejeitando este calor noutro espaço exterior ou para outra aplicação de reaproveitamento do mesmo como, por exemplo, aquecimento de águas sanitárias (AQS). Este ciclo termodinâmico é constituído, na sua forma mais simplificada, por quatro componentes principais: Compressor, Condensador, Evaporador e dispositivo de expansão.

O Evaporador é o equipamento instalado no espaço a refrigerar e responsável pela permuta de calor entre o fluido frigorigéneo e o ar presente neste espaço, permitindo ao fluido de trabalho a absorção desta energia térmica e, por sua vez, provocando o arrefecimento do ar.

De seguida, o fluido frigorigéneo sob a forma de gás, que se encontra à pressão de Evaporação, é comprimido por um compressor até atingir a pressão de Condensação.

Posteriormente, o gás é introduzido no Condensador, cuja função é a rejeição do calor absorvido pelo fluido frigorigéneo para o exterior. Esta libertação de calor ocorre graças ao diferencial de temperatura existente, pois a temperatura de Condensação é inferior à temperatura a que se encontra o fluido de trabalho.

Finalmente, o líquido saturado é direcionado para um dispositivo de expansão, tipicamente uma válvula de expansão por laminagem, que provoca uma queda de pressão do fluido, atingindo a pressão de Evaporação, dando-se o fecho do ciclo.

A Figura 2.1 ilustra o Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor Simples, bem como os seus equipamentos principais.

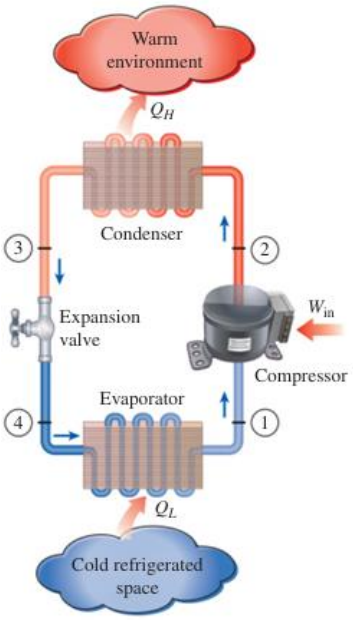


Figura 2.1 – Esquema de Princípio do Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor Simples [1].

Dado que se trata do Ciclo teórico de Compressão de Vapor, então torna-se possível identificar quatro processos termodinâmicos distintos [1], que ocorrem entre os equipamentos descritos anteriormente, sendo estes processos os que se seguem:

- Pontos 1 - 2: Processo de compressão isentrópica e adiabática reversível no compressor, onde o fluido frigorigéneo se encontra no estado de vapor saturado no ponto 1 e evolui para um estado de vapor sobreaquecido, através da compressão isentrópica, atingindo a pressão de Condensação.
- Pontos 2 – 3: Processo de rejeição isobárica de calor com troca inicial de calor sensível, com o fluido a entrar no Condensador (ponto 2) no estado de vapor sobreaquecido e a atingir o estado de vapor saturado, rejeitando calor sensível.
- Pontos 3 – 4: Processo de expansão irreversível isentálpica, em que o fluido no estado de líquido saturado expande, mantendo a sua entalpia constante, até uma pressão inferior, correspondente à pressão de Evaporação e temperatura do espaço refrigerado, através da passagem por uma válvula de expansão.
- Pontos 4 – 1: Processo de Absorção isobárica de calor latente, onde o fluido absorve o calor a remover do espaço refrigerado, evoluindo até ao estado de vapor saturado, mantendo a sua pressão constante, reentrando no compressor, dando-se início ao Ciclo Frigorífico.

De forma a analisar a evolução destes processos termodinâmicos, é comum a construção de dois tipos de diagramas, que se encontram representados na Figura 2.2. O diagrama T-s representa a evolução da temperatura do fluido em função da entropia. Por outro lado, o diagrama P-h traduz a progressão da pressão do fluido frigorigéneo, consoante a evolução da sua entalpia.

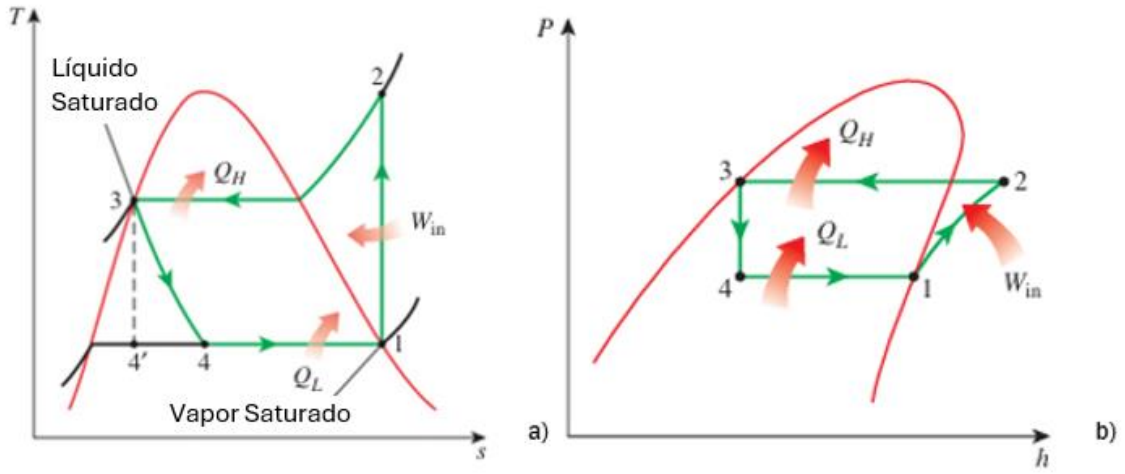


Figura 2.2 – Diagrama T-s (a) e Diagrama P-h (b) do Ciclo Frigorífico teórico de Compressão de Vapor, adaptado de [1].

É importante referir que o Ciclo Frigorífico teórico apresentado não é um ciclo reversível, pois apresenta um processo de expansão irreversível entre os pontos 3 e 4.
Relativamente aos parâmetros do ciclo e tendo em conta os pontos termodinâmicos identificados no diagrama P-h, torna-se possível determinar as potências térmicas de condensação e evaporação envolvidas no ciclo, bem como o trabalho de compressão requerido, com recurso às expressões 2.1, 2.2 e 2.3, respetivamente [2].

Potência de Evaporação (Potência Frigorífica):

$$\dot{Q}_{Evaporação} = \dot{m}_{fluido} \times (h_1 - h_4) \quad [kW] \tag{2.1}$$

Onde:

$\dot{Q}_{Evaporação}$ – Potência Frigorífica [kW];

$\dot{m}_{fluido}$ – Caudal mássico do fluido frigorigéneo [kg/s];

h_1 e h_4– Entalpia específica de saída e entrada do Evaporador [kJ/kg];

Potência de Condensação:

$$\dot{Q}_{Condensação} = \dot{m}_{fluido} \times (h_2 - h_3) \quad [kW] \tag{2.2}$$

Onde:

$\dot{Q}_{Condensação}$ – Potência de Condensação [kW];

h_2 e h_3 – Entalpia específica de entrada e saída do condensador [kJ/kg];

Potência de Compressão:

$$\dot{W}_{Compressão} = \dot{m}_{fluido} \times (h_2 - h_1) \quad [kW] \tag{2.3}$$

Onde:

$\dot{W}_{Compressão}$ – Potência de Compressão [kW];

Tendo em conta as pressões de Condensação e Evaporação, torna-se possível determinar a taxa de compressão, dada pela expressão abaixo.

Taxa de Compressão:

$$R_C = \frac{P_{Condensação}}{P_{Evaporação}} = \frac{P_2}{P_1} \quad [\text{Adimensional}] \tag{2.4}$$

Em que:

P_1 e P_2 – Pressão de Evaporação e de Condensação [MPa];

Para além disto, pode-se definir o efeito frigorifico como a quantidade de energia térmica absorvida por cada quilograma de fluido frigorigéneo, quando este percorre as serpentinas do Evaporador, de forma a permitir o arrefecimento útil deste espaço. Este parâmetro é determinado com a equação 2.5.

Efeito Frigorífico:

$$E_{frigorífico} = (h_1 - h_4) \quad [kJ/kg] \tag{2.5}$$

De modo a quantificar o desempenho do ciclo frigorífico, isto é, avaliar o efeito frigorífico obtido face ao trabalho gasto na compressão do fluido, determina-se a eficiência energética, que é expresso pela equação 2.6.

Eficiência Energética:

$$\varepsilon_{frigorífica} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad [adimensional] \tag{2.6}$$

2.2 Ciclo Frigorífico real de Compressão de Vapor Simples

Relativamente ao Ciclo Frigorífico real de Compressão de Vapor, este difere do ciclo teórico em vários aspetos, devido às irreversibilidades dos processos termodinâmicos. Estas irreversibilidades estão associadas a vários fatores, como as perdas de pressão causadas pelo atrito viscoso do fluido ou as perdas de calor para o meio envolvente.
Além do mais, neste ciclo real o processo de compressão deixa de ser isentrópico, devido à existência de efeitos de atrito, o que provoca um aumento de entalpia do fluido e, com isto, um aumento da temperatura de descarga do Compressor.
A Figura 2.3, representa o Ciclo Frigorífico real e respetivo diagrama P-h.

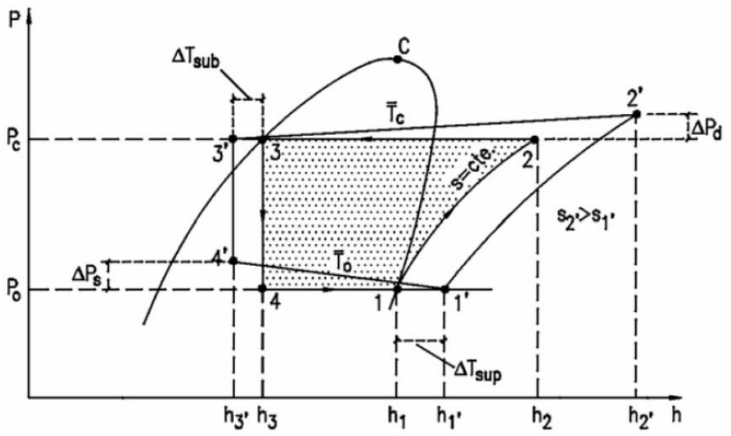


Figura 2.3 - Diagrama P-h do Ciclo Frigorífico real de Compressão de Vapor [2].

Note-se que o ponto real de descarga do compressor é o ponto 2`, que se encontra a uma maior pressão de condensação, de modo a compensar a perda de pressão no Condensador (pontos 2`e 3).

2.3 Processo de Sobreaquecimento

No ciclo descrito na Figura 2.2, existe um Sobreaquecimento à saída do Evaporador.
Este processo de Sobreaquecimento (ΔT_{sup}) garante a completa vaporização do fluido quando este é direcionado para a aspiração do Compressor. Deste modo, evita-se alguns problemas mecânicos que poderiam surgir, caso fosse admitido à entrada do compressor, fluido no estado de mistura, desde logo fenómenos de golpe de líquido.
Este processo de Sobreaquecimento pode ocorrer nos seguintes pontos da instalação:

- Saída do Evaporador ainda dentro do espaço refrigerado;
- Tubagem da linha de aspiração instalada dentro do espaço refrigerado;
- Tubagem da linha de aspiração instalada fora do espaço refrigerado;
- Permutador de calor fora do espaço refrigerado.

Nos dois primeiros casos, o vapor é sobreaquecido à custa de calor do interior do espaço refrigerado, obtendo-se um arrefecimento útil, devido a um aumento do efeito frigorífico.
No entanto, nos últimos casos, o calor que sobreaquece o vapor não tem origem no espaço refrigerado, logo não acarreta benefícios para aumentar o efeito frigorífico.

2.4 Processo de Subarrefecimento

No ciclo descrito na Figura 2.2, também existe um Subarrefecimento (ΔT_{sub}) do fluido frigorigéneo, após a sua saída do Condensador, de modo que este atinja o estado de líquido subarrefececido.
Com este processo, o fluido, após expansão, entra com uma entalpia específica menor no Evaporador, o que permite aumentar o efeito frigorífico do ciclo, pois o fluido passa a possuir maior capacidade de absorver o calor do espaço refrigerado [1].
Se o subarrefecimento for insuficiente, ao dar-se a queda de pressão na linha de líquido quente poderá ocorrer o fenómeno de *"flash gas"*, que consiste na formação de gás na linha de líquido entre o Condensador e a Válvula de Expansão, sendo este último componente muito sensível a este evento [4], perturbando a sua operação.
Existem diversos mecanismos de subarrefecimento que podem ser implementados no Ciclo real de compressão de vapor.

Assim, este processo poderá ocorrer recorrendo à implantação de vários tipos de equipamentos ou ajuste no funcionamento dos sistemas, sendo os mais comuns os seguintes:

- Subarrefecimento no final da serpentina do Condensador;
- Instalação de Recuperador de Calor;
- Instalação de Subarrefecedor com circuito secundário de água;

Subarrefecimento à saída do Condensador

Neste caso, o Subarrefecimento do fluido frigorigéneo ocorre no próprio Condensador do ciclo, na secção final da sua serpentina. Esta técnica é a mais simples, sendo utilizada apenas quando o subarrefecimento exigido pela instalação for de pequeno diferencial de temperatura. Quando tal não sucede, torna-se necessário instalar um permutador de calor dedicado.

Instalação de Recuperador de Calor

Em ciclos frigoríficos, recorre-se à instalação de um recuperador de calor que permite subarrefecer o fluido frigorigéneo após a sua saída do Condensador, utilizando o calor resultante do sobreaquecimento do gás à saída do Evaporador.

A grande desvantagem desta técnica é o facto de esta limitar a temperatura de subarrefecimento, pois se esta temperatura for excessivamente baixa poderá provocar uma temperatura de sobreaquecimento muito elevada e, consequentemente, uma temperatura do gás de descarga superior, o que compromete a vida útil do compressor.

A Figura 2.4 ilustra, de forma esquemática, a instalação de um recuperador de calor na linha de líquido do Ciclo real de Compressão de Vapor.

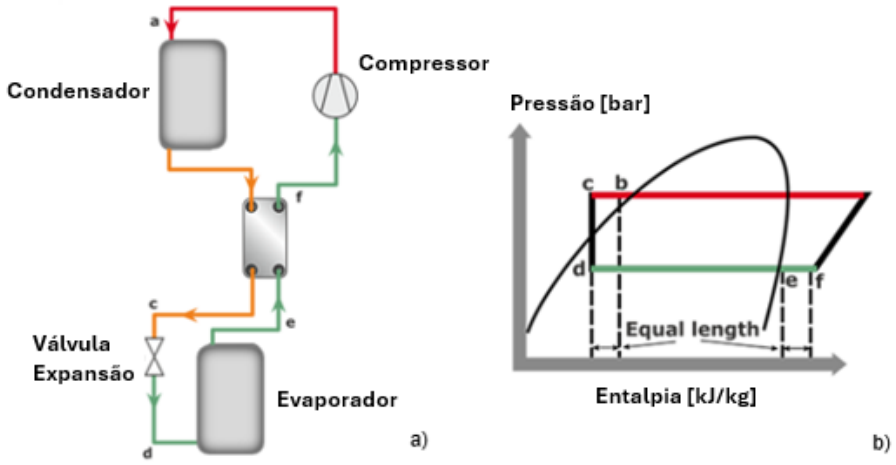


Figura 2.4 – Representação esquemática de Subarrefecimento com utilização de Recuperador de Calor (a) e respetivo diagrama P-h (b), adaptado [4].

Instalação de Subarrefecedor com circuito secundário de água

Outro método frequentemente utilizado em instalações frigoríficas é o subarrefecimento do fluido frigorigéneo obtido com um Subarrefecedor em conjunto com um circuito secundário de água, nos sistemas em que o Condensador instalado é a Água.
Desta forma, este Subarrefecedor permite o arrefecimento do líquido saturado, após a saída do Condensador, através da troca de calor com um circuito de água, que poderá ser o mesmo circuito de alimentação do Condensador, sendo que o fluxo de água se dá do Subarrefecedor para o Condensador, tal como representado pela Figura 2.5.

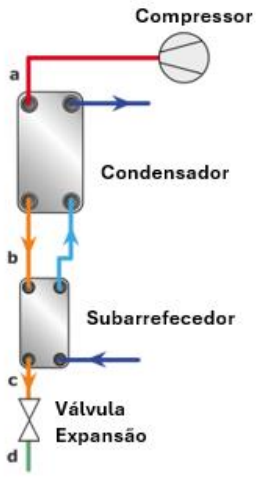


Figura 2.5 – Esquema de Subarrefecedor com circuito secundário de água, adaptado de [4].

2.5 Processo de Descongelação

Uma das mais comuns aplicações dos sistemas de Refrigeração consiste no controlo da temperatura dos espaços refrigerados através da circulação do ar presente nas serpentinas dos Evaporadores, fazendo proveito de fenómenos de transmissão de calor por convecção. Se a temperatura do fluido frigorigéneo for abaixo dos 0ºC, a água presente no ar húmido congela, acumulando gelo nas alhetas dos Evaporadores.
Esta barreira de gelo diminui o fluxo de ar no Evaporador, provocando a possibilidade de colmatação e, consequentemente, a “prejuízos” ao nível da eficiência do Ciclo.
Os procedimentos de Descongelação podem ser exteriores, isto é, atuam no exterior das serpentinas dos Evaporadores [2], tais como:

- Descongelamento Manual;
- Descongelamento por Paragem Simples;
- Descongelamento por Paragem e Circulação de Ar;
- Descongelamento por Aspersão de Água;
- Descongelamento por Pulverização de Salmoura;
- Descongelamento por Aquecimento Elétrico.

Contudo, pode-se optar por processos de Descongelação interiores, dando-se no interior das serpentinas dos Evaporadores, sendo os mais comuns os seguintes:

- Descongelamento por circulação de Salmoura quente;
- Descongelamento por Gás Quente;
- Descongelamento por Inversão do Ciclo.

Relativamente aos tipos de Descongelação adotados para os Evaporadores dos sistemas analisados, optou-se por Resistências Elétricas para as câmaras refrigeradas e por Gás Quente para as câmaras de congelados e túneis de congelação.

Descongelamento por Resistências Elétricas

Esta técnica consiste na integração de aquecedores elétricos diretamente no interior dos Evaporadores, com o objetivo de aquecer a superfície afetada, sendo utilizada devido à sua simplicidade e facilidade de controlo. O processo inicia-se com a desativação do sistema frigorífico. De seguida, procede-se ao fecho da válvula de expansão de líquido e drenagem do compressor.
Posteriormente, os ventiladores e os compressores são desligados, dando-se a ativação das resistências elétricas [5].

Descongelamento por Gás Quente

Esse método é altamente eficaz, em especial, em instalações de maiores dimensões, e não é muito dispendioso, uma vez que utiliza o fluido sobreaquecido de descarga do compressor para eliminar o gelo.
Deste modo, a descarga do compressor tem de estar diretamente ligada ao Evaporador, a jusante do dispositivo de Expansão. Neste caso, a potência de Descongelação é equivalente à potência absorvida pelo grupo Compressor do sistema [5].
Porém, nesta tecnologia de Descongelação, deve-se aplicar as seguintes medidas, de forma a garantir a segurança e eficiência do sistema frigorífico:

Quadro 2.1 – Precauções de segurança do Sistema de Descongelação por Gás Quente [6].

Precauções	***Medidas de Segurança Adotadas***
Prevenção de retorno de Líquido para o Compressor	Instalação de Depósito Separador de Aspiração
Prevenção de mistura de líquidos ou gases quentes com líquidos frios	Instalação de Válvula Reguladora de Pressão
Evitar picos de pressão	Instalação de Válvula de Descompressão

2.6 Fluidos Frigorigéneos

O fluido que circula em qualquer sistema de refrigeração e que é sujeito à absorção, transporte e rejeição de calor, através de mudanças do seu estado termodinâmico, nos diferentes equipamentos das instalações frigoríficas, denomina-se fluido frigorigéneo.
Existem diversos tipos de fluidos frigorigéneos tendo em conta a sua natureza, dividindo-se em dois grandes grupos: Sintéticos e Naturais.
Todos os fluidos frigorigéneos diferem entre si, possuindo características termodinâmicas, químicas e físicas distintas. Deste modo, um fluido frigorigéneo ideal deveria reunir as seguintes propriedades [6]:

Características termodinâmicas

- Temperatura de Fusão inferior à temperatura de serviço dos Evaporadores, evitando congelação;
- Baixo volume específico para evitar tubagem de aspiração de diâmetro elevado;
- Calor latente muito elevado, de forma que um pequeno caudal mássico de fluido possibilite a absorção de potências térmicas elevadas;
- Alta densidade para evitar tubagem de líquido de diâmetros demasiado baixos;
- Temperatura crítica e triplo ponto fora da gama de temperaturas de serviço.

Características Químicas e Físicas

- Baixos níveis de Toxicidade, Inflamabilidade e Corrosividade;
- Fácil deteção, em caso de fuga;
- Não deve reagir com outros materiais, mas deverá ser miscível com o óleo lubrificante;
- Deve ser um composto químico estável;
- Não Poluente.

2.6.1 Características Ambientais dos Fluidos Frigorigéneos

A seleção do fluido frigorigéneo numa instalação frigorífica tem em consideração, cada vez mais, o impacto ambiental que este pode causar, existindo a obrigatoriedade de cumprir com a legislação atual, limitando a utilização de alguns fluidos.
Uma das grandes restrições é a utilização de fluidos frigorigéneos sintéticos do tipo HCFC, pois verificou-se que estes tinham um grande impacto ambiental, acarretando vários prejuízos para o aquecimento global e destruição da camada de Ozono.

Em 1977, os cientistas Molina e Rowland desenvolveram uma hipótese da destruição do Ozono causada pela utilização massiva de CFC´s, após observarem uma abertura na camada de Ozono na Antártida [7].

Após a comprovação pela comunidade científica desta teoria, através do "Protocolo de Montreal" em 1987, estabeleceu-se regulamentações que baniram a utilização de fluidos CFC, devido ao elevado potencial de destruição de Ozono [8].

Mais tarde, em 1997, foi adotado o "Protocolo de Quioto", no âmbito do qual a Comunidade Europeia se comprometeu a reduzir as suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), na qual se inserem os gases fluorados.

Em 2014 surge o "Regulamento (UE) nº517/2014", conhecido por "Regulamento F-gas", que estabelece um conjunto de objetivos a atingir na redução destes gases, bem como os fluidos de substituição mais adequados para proceder ao *"Retrofit"* de instalações existentes, isto é, a alteração do fluido de serviço dos sistemas de refrigeração.

Atualmente, o impacto ambiental provocado pelos fluidos frigorigéneos é analisado, mediante os indicadores abaixo explicitados.

Potencial de Destruição de Ozono (ODP)

O Potencial de Destruição de Ozono ou *"Ozone Depletion Potencial"* (na literatura inglesa) é uma medida que procura quantificar o impacto de uma substância ou composto químico na perda global de ozono, sendo este valor resultado da razão entre o impacto de uma determinada substância, quando comparada com o gás R-11 com um ODP igual a 1, na mesma proporção de massa [7].

Potencial de Aquecimento Global (GWP)

Este indicador, também conhecido por *"Global Warming Potencial"* (na literatura inglesa), refere-se à quantificação do aquecimento global provocado por uma determinada substância, sendo determinado através da razão entre o calor retido numa determinada massa de um fluido e o calor retido na mesma massa de CO_2 [7].

2.6.2 Fluidos Sintéticos ou Artificiais

Os fluidos sintéticos foram estudados e criados como fluidos de substituição dos fluidos naturais, de modo a reunir algumas características benéficas para a segurança das instalações, como baixa toxicidade e inflamabilidade.

Estes fluidos sintéticos dividem-se na seguinte classificação: Hidroclorofluorocarbonetos (HCFC), Clorofluorocarbonetos (CFC), Hidrofluorocarbonetos (HFC) e Hidrofluorolefinas (HFO) [4].

O Quadro 2.2 apresenta os índices qualitativos de ODP e GWP para os diferentes grupos de fluidos halogenados.

Quadro 2.2 – Grupos de Fluidos Frigorigéneos Sintéticos.

Fluido	Composição	ODP	GWP	Exemplos
CFC	Cl, F, C	Elevado	Nulo	R11, R12
HCFC	H, Cl, F, C	Baixo	Elevado	R22
HFC	H, F, C	Nulo	Elevado	R32, R134a, R404A
HFO	H, F, C	Nulo	Baixo	R124ze

Como é possível perceber através do Quadro 2.2, os CFC´s possuem um ODP muito elevado, pelo que foi devido a esta razão que foram abolidos. Como substitutos dos mesmos, surgem os HCFC que podem ser utilizados até 2030 [9], pois apesar de não terem um impacto significativo na camada de Ozono, possuem um GWP elevado.

2.6.3 Fluidos Naturais

Os fluidos frigorigéneos naturais são compostos químicos produzidos por processos bioquímicos na natureza que se encontram presentes na biosfera. Para além do mais, estes fluidos não danificam a camada de Ozono (ODP é nulo) e têm um baixo ou nenhum valor de potencial de aquecimento global (GWP é negligenciável) [10].

Os fluidos naturais mais comuns são o CO_2, NH_3 e alguns hidrocarbonetos como o propano (R290), sendo que estes últimos não são muito utilizados na Refrigeração Industrial, por questões de segurança da instalação.

Uma vez que o trabalho desenvolvido no âmbito de Refrigeração Industrial se prende com a utilização de NH_3 e CO_2, abordaram-se, mais profundamente, as suas características.

Utilização de Amoníaco (R717)

O amoníaco, com a nomenclatura R717, foi um dos primeiros fluidos a ser utilizados na Refrigeração Industrial, antes de surgirem os fluidos halogenados.

Contudo, a sua utilização nunca se extinguiu, passando a ser um dos fluidos frigorigéneos naturais mais utilizados, devido às suas excelentes propriedades termodinâmicas e pelo facto de possuir potenciais de empobrecimento do Ozono (ODP) e de Aquecimento Global (GWP) nulos.

Para além disto, possui diversas vantagens sendo as mais relevantes as seguintes [7]:

- Elevado coeficiente transferência de calor;
- Produz maior efeito frigorífico;
- Fácil deteção em caso de fugas, devido ao seu odor intenso;
- Reduzido custo do fluido.

Porém, existem alguns inconvenientes quando se utiliza este tipo de fluido [7]:

- Elevada Toxicidade;
- Inflamável, em certas condições;
- Elevada Corrosividade, não sendo compatível com tubagens de Cobre;
- Elevado investimento inicial, devido a incompatibilidades com os materiais dos equipamentos e tubagens;
- Não é adequado para o *"Retrofit"* de instalações de gases fluorados.

É relevante referir que este fluido é, muitas das vezes, utilizado em grandes instalações frigoríficas que possuem elevadas cargas térmicas a dissipar, pois este fluido permite sistemas com elevada eficiência energética e elevado efeito frigorífico.

Utilização de Dióxido de Carbono (R744)

Este fluido encontra-se amplamente difundido nos sistemas de refrigeração atuais, também devido às suas propriedades termodinâmicas e potencial de destruição da camada de Ozono (ODP) nulo e de Aquecimento Global (GWP) de valor 1.
No entanto, possui algumas restrições, devido à sua elevada pressão de serviço, pois só com pressões elevadas é que se obtém uma elevada eficiência energética.
Estas pressões devem-se à baixa temperatura crítica, cerca de 31 ºC, o que obriga, muitas vezes, à adoção de sistemas transcríticos, onde o fluido condensa num regime em que este se encontra num estado termodinâmico de líquido e vapor, em simultâneo.
Assim, as vantagens deste fluido decorrem das seguintes características [7]:

- Baixa Toxicidade, apenas perigosa em altas concentrações;
- Elevado coeficiente de transferência de calor;
- Pouco inflamável;
- Possibilita baixas taxas de compressão, em comparação com outros fluidos frigorigéneos;
- Operação relativamente económica;
- Completa compatibilidade com os óleos lubrificantes mais comuns e materiais de equipamentos e tubagens.

Relativamente às suas desvantagens, as mais relevantes são as seguintes [7]:

- Baixa temperatura do ponto crítico, o que provoca perda de capacidade e COP;
- Pressões de Operação elevadas;
- Difícil deteção de fuga, pois não possui odor.
- Não permite o *"Retrofit"* de instalações existentes, devido à pressão do ciclo.

2.6.4 Classificação quanto à Toxicidade e Inflamabilidade

Em relação à Toxicidade e Inflamabilidade dos fluidos frigorigéneos, existe uma classificação específica, prevista na norma ISO 817:2014, presente no Quadro 2.3.
A classificação da toxicidade é expressa por A e B, isto é, baixa ou alta toxicidade, enquanto a classificação da inflamabilidade é dada pelos números 1 a 3.
A classe 1 corresponde a fluidos frigorigéneos não inflamáveis, a classe 2 é designada a fluidos inflamáveis e, por fim, a classe 3 destinada a fluidos altamente inflamáveis. Para além desta nomenclatura, adiciona-se a letra L aos fluidos que, apesar de serem inflamáveis, possuem uma velocidade de chama abaixo de 10 m/s.

Quadro 2.3 – Grupos de Segurança de fluidos Frigorigéneos segundo a norma ISO 817:2014, adaptado de [11].

Propriedades	***Baixa Toxicidade***	***Alta Toxicidade***
Altamente inflamável	A3	B3
Inflamável	A2	B2
Pouco inflamável	A2L	B2L
Sem propagação de Chama	A1	B1

No Quadro 2.4, apresentam-se as principais características de alguns gases fluorados e fluidos naturais, mencionados anteriormente.

Quadro 2.4 – Grupos de segurança e índices de ODP e GWP de alguns fluidos fluorados e naturais, adaptado de [11] e [12].

DESIGNAÇÃO	**ODP**	**GWP**	**GRUPO SEGURANÇA**	**TIPO**
R12	1	10 900	A1	CFC
R22	0,055	1 810	A1	HCFC
R134A	0	1 430	A1	HFC
R290	0	3	A3	HC
R717 (NH3)	0	0	A1	Inorgânico
R744 (C02)	0	1	B2L	Inorgânico

2.7 Equipamentos Anexos em Refrigeração

Para além dos equipamentos principais dos ciclos de Refrigeração, já enunciados em 2.1, existem outros equipamentos anexos às instalações fundamentais para o seu correto funcionamento.

2.7.1 Depósito de Líquido

O Depósito de Líquido tem como função acomodar o fluido frigorigéneo da instalação, em caso de paragem do sistema, de forma a recolher todo o fluido. Esta função é fundamental para realizar algumas reparações, eliminar fugas, soldagem de tubagem, entre outros. Além do mais, no seu dimensionamento deve-se procurar que o fluido a acomodar esteja entre 80 e 85% do volume útil do Depósito de Líquido [13].

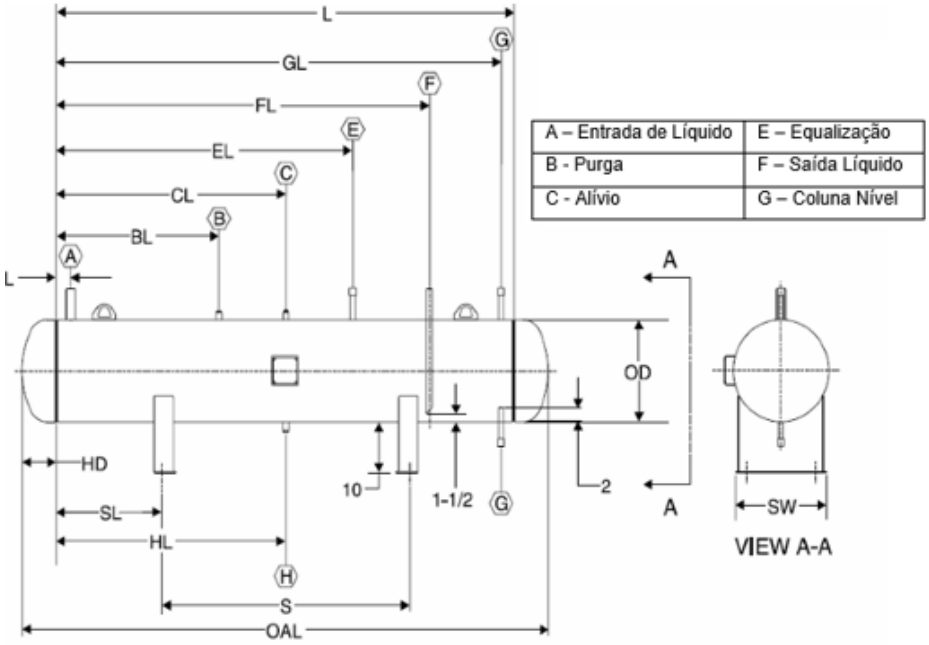


Figura 2.6 – Representação Axial e Frontal de Depósito de Líquido Horizontal [13].

Contudo, em instalações industriais de grande dimensão é inviável dimensionar este equipamento para receber todo o fluido do circuito, pois originava um Depósito excessivamente grande.

Deste modo, considera-se os Depósitos Separadores, quando existentes, como equipamentos também capazes de armazenar fluido, sendo que estes armazenam o fluido circulante que se encontra à mesma pressão de Evaporação.

Da mesma forma que o Depósito de Líquido armazena o fluido da instalação quando ocorre uma paragem do sistema, este também serve de *"buffer"*, isto é, permite armazenar o excesso de fluido quando as válvulas expansoras restringem os caudais aos Evaporadores, sendo resposta do sistema a variações das cargas térmicas [7].

2.7.2 Depósito Separador de Líquido

O Depósito Separador de Líquido é um dos equipamentos mais utilizados em instalações de grande escala baseadas em sistemas Inundados, explicitados em 2.8.
As principais funções destes equipamentos são as seguintes [14]:

- Garantir a separação das fases líquida e gasosa do fluido frigorigéneo, de modo a assegurar que apenas fluido no estado de vapor é aspirado pelos Compressores;
- Armazenar fluido frigorigéneo líquido a uma determinada temperatura de evaporação para que esteja disponível para atender aos requisitos de um ou mais evaporadores por um determinado tempo;
- Armazenar fluido frigorigéneo em caso de paragem do sistema (função de *"Buffer"*).

Apesar de existirem diversas metodologias para o correto dimensionamento do Depósito Separador, a seleção deste equipamento é indissociável de alguma subjetividade. Além disto, o Depósito poderá assumir uma geometria vertical ou horizontal, sendo, por vezes, necessário dimensioná-lo para ambos os casos e verificar qual é a solução mais económica [15].
No entanto, o Depósito Separador com orientação vertical é preferível para a separação do líquido de misturas com uma razão vapor/líquido mais elevada, enquanto a orientação horizontal é aplicada em misturas com esta razão mais baixa [15].
Além disso, o Depósito vertical utiliza-se em sistemas menores de recirculação bombeada, pois o NPSH (*"Net Positive Suction Head"*) requerido pelas bombas é facilmente atingido, evitando a cavitação [16], fenómeno explicado em 2.7.3.
Outro fator a ter em conta na seleção da geometria do Depósito passa pelo espaço ocupado na sala de máquinas, em que o Depósito Horizontal ocupa uma maior área do piso, mas permite um pé direito menor, contrariamente ao Depósito Vertical [16].
Tipicamente, a separação Vapor/Líquido é atingida em três fases distintas. A primeira separação ocorre através da utilização de uma entrada desviadora (*"Diverter"*), em que o Momento Linear do líquido arrastado pelo vapor provoca a colisão das gotículas maiores no desviador, enquanto ocorre queda por gravidade, em simultâneo [15].
De seguida, a segunda separação é caracterizada pela separação das gotículas menores, enquanto o fluido escoa para a área de segregação (*"Disengagement Area"*).
Por fim, a última separação é o processo de eliminação da névoa (*"mist elimination"*), onde as gotículas menores são coalescidas, de forma a formar gotículas maiores, posteriormente separadas por gravidade [15].

A Figura 2.7 representa um esquema de um Depósito Separador com a indicação dos respetivos níveis de fluido e volumes.

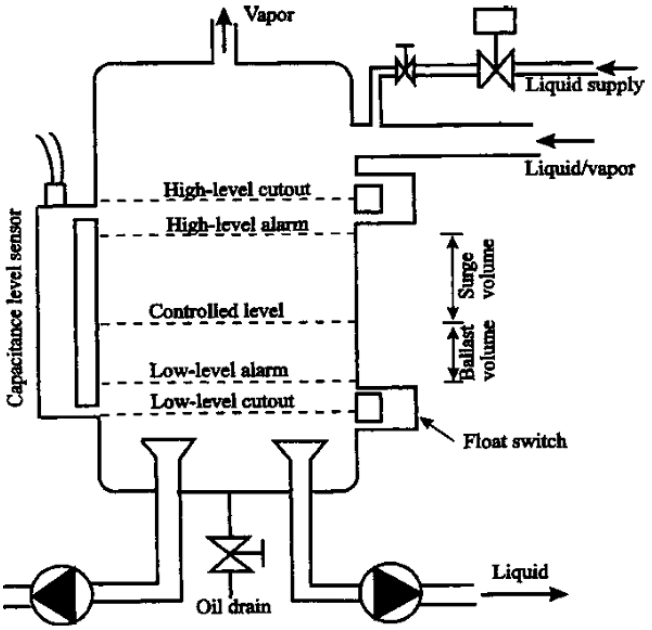


Figura 2.7 – Esquema de Depósito Separador com níveis de fluido e respetivos volumes [16].

No dimensionamento destes equipamentos é fundamental compreender as noções de Volume de Balastro (*"Holdup Volume"*) e Volume de Pico ("*Surge Volume"*), sendo que estes volumes ocupam, respetivamente, os espaços abaixo e acima do nível de controlo do Depósito [16].

"Holdup Volume" – É o volume do Depósito Separador necessário para a alimentação de líquido para os Evaporadores por parte das bombas de recirculação, durante um determinado período de tempo (*"Holdup time"*), sem entrada de fluido para o Depósito. Deste modo, este volume serve para alimentar os Evaporadores no início de operação do sistema [16].

"Surge Volume" – É o volume do Depósito Separador que permite acomodar o líquido que se encontra nas linhas húmidas de retorno e nas serpentinas dos Evaporadores, que é "forçado" a retornar ao Depósito, durante os períodos de descongelação [14]. Além do mais, assegura também algum caudal de fluido em excesso, causado por um aumento repentino da carga térmica ("picos" de carga) [16].

Como referido anteriormente, existem vários métodos de dimensionamento de Depósitos Separadores Bifásicos, contudo, apresenta-se a metodologia de *Monnery e Svrcek,* descrita na literatura [15], sendo esta um processo iterativo para o cálculo do diâmetro e comprimento ideais.

Metodologia de Dimensionamento – Depósito Separador Horizontal

1º Passo - Esta metodologia inicia-se na determinação da velocidade terminal das gotículas de fluido (U_T), formadas após a segunda separação, de forma a determinar a área de separação ideal [15].

Para tal considera-se as equações 2.7 e 2.8 que traduzem a força gravítica (F_G) e a força de arrasto (F_D), respetivamente, que atuam sob as gotículas.

$$F_G = \frac{M_p(\rho_L - \rho_v)g}{\rho_L} \quad [\mathrm{N}] \tag{2.7}$$

$$F_D = \left(\frac{\pi}{8}\right) C_D D_P^2 U_V^2 \rho_V \quad [\mathrm{N}] \tag{2.8}$$

Em que:

M_p – Massa das gotículas [kg];

g – Aceleração gravítica [9,8 m/s^2];

ρ_L – Densidade do fluido frigorigéneo no estado líquido saturado [kg/m^3];

ρ_v – Densidade do fluido frigorigéneo no estado vapor saturado [kg/m^3];

C_D – Coeficiente de Arrasto;

D_P – Diâmetro médio das gotículas [m];

U_V – Velocidade vertical das gotículas [m/s].

Quando estas duas forças se igualam, as gotículas maiores de fluido atingem uma velocidade constante terminal (U_T), resultando na equação 2.9.

$$U_T = \sqrt{\frac{4gD_P(\rho_L - \rho_V)}{3C_D\rho_V}} [\mathrm{m/s}] \tag{2.9}$$

Normalmente, a velocidade vertical das gotículas encontra-se entre 75 e 100% da velocidade constante terminal, pelo que se considera a igualdade 2.10, de forma a garantir um projeto conservador [15].

$$U_V = 0{,}75U_T \ [\mathrm{m/s}] \tag{2.10}$$

O coeficiente de Arrasto depende do número de Reynolds do escoamento do fluido, se este é laminar ou turbulento e, ainda, da geometria das gotículas que podem ser aproximadas a esferas. A equação 2.11 permite determinar o número de Reynolds (R_e).

$$R_e = \frac{D_P V_T \rho_V}{\mu} \text{ [Adimensional]} \quad (2.11)$$

Com:

μ – Viscosidade Dinâmica do fluido frigorigéneo [Pa.s];

V_T – Velocidade terminar do gás, segundo a Lei de Stokes [m/s].

Segundo a *"GPSA - Gas Processors Suppliers Association"* em [17], o diâmetro médio das gotículas pode ser estimado utilizando a Lei de Stokes, se for assumido que o escoamento é laminar e tendo um número de Reynolds reduzido (inferior a 2), sendo expresso pela equação 2.12.

$$D_P = K_{CR} \left[\frac{\mu^2}{g \rho_V (\rho_L - \rho_V)} \right]^{0,33} \text{ [mm]} \quad (2.12)$$

Sendo que a constante K_{CR} é de 0,025 para um número de Reynolds igual a 2.

Por sua vez, a Lei de Stokes enuncia que, para números de Reynolds reduzidos, pode-se estabelecer uma relação linear entre o coeficiente de arrasto e o número de Reynolds [17], sendo válida a equação 2.13 para o cálculo da velocidade terminal do gás (V_T).

$$V_T = \frac{1000 g D_P^2 (\rho_L - \rho_V)}{18 \mu} \text{ [m/s]} \quad (2.13)$$

2º Passo – Seguidamente, deve-se calcular o Volume de Balastro. Para tal, necessita-se de adotar um tempo de *"holdup"* adequado e, ainda, o caudal volúmico de fluido frigorigéneo que circula para os Evaporadores com a mesma pressão de Evaporação que o Depósito. No caso de se tratar de um sistema de recirculação bombeado, este caudal corresponde ao caudal volúmico que passa pelas bombas de recirculação.
O Quadro 2.5 apresenta os períodos típicos em função da alimentação do Depósito Separador e do tipo de recirculação do sistema.

Quadro 2.5 – Períodos de *"Holdup"* e *"Surge"* recomendados, adaptado de [15].

Tipo de Depósito Separador	***Período de "Holdup" [min]***	***Período de "Surge" [min]***
Alimentação para Coluna de Líquido	5	3
Alimentação para outro Depósito (Bombeado)	5	2
Alimentação para outro Depósito (Gravidade)	2	1

Deste modo, o volume de Balastro pode ser determinado com a equação 2.14.

$$V_{Balast} = \dot{V}_{Recirculação} \times t_{holdup} \ [\mathrm{m}^3] \tag{2.14}$$

3º Passo – Após a determinação do volume de Balastro, torna-se necessário calcular o volume de Pico. Este volume é, então, determinado através do somatório dos volumes das frações de líquido presentes na tubagem de retorno húmida e nas serpentinas dos Evaporadores, tal como sugere a equação 2.15.

$$V_{Surge} = V_{Líq.\ Tubagem} + V_{Líq.\ Evaporadores} \ [\mathrm{m}^3] \tag{2.15}$$

Segundo [16], a fração de líquido da linha de retorno ($FL_{Linha\ Retorno}$) pode ser estimada com recurso à equação 2.16.

$$FL_{Linha\ Retorno} = \frac{(n-1)R}{(n-1)R+1} \ [\%] \tag{2.16}$$

Sendo que a variável R pode ser expressa por:

$$R = \frac{\rho_V}{\rho_L} + \sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}} \quad [\text{Adimensional}] \tag{2.17}$$

Com:

n – Número de Recirculações;

Deste modo, o volume de líquido ocupado por toda a tubagem de retorno será dado pela seguinte equação:

$$V_{Líq.\ Tubagem} = FL_{Linha\ Retorno} \times V_{Tubagem} \ [\mathrm{m}^3] \tag{2.18}$$

Em relação ao volume de líquido dos Evaporadores, a fração de líquido que circula nas suas serpentinas pode ser aproximada recorrendo à equação 2.19, de acordo com [16].

$$FL_{Evaporadores} = 1 - \frac{1}{1{,}2n^{0{,}2}} \ [\%] \tag{2.19}$$

Assim, sabendo o volume de fluido nos Evaporadores, que faz parte da informação que consta nas suas fichas técnicas, torna-se possível determinar o volume ocupado de líquido nas suas serpentinas, tal como descreve a equação 2.20.

$$V_{Líq.\ Evaporadores} = FL_{Evaporadores} \times V_{Evaporadores} \quad [\mathrm{m}^3] \tag{2.20}$$

4º Passo – Nesta etapa procede-se ao cálculo da primeira aproximação do diâmetro do Depósito Separador ($D_{Depósito}$), com a equação 2.21, retirada da literatura em [15].

$$D_{Depósito} = \sqrt[3]{\frac{4(V_{Balast} + V_{Surge})}{\pi f_1 \left(\frac{L}{D}\right)}} \quad [\mathrm{m}] \tag{2.21}$$

Com:

$\frac{L}{D}$ – Razão entre comprimento e diâmetro úteis do Depósito.

O fator $f_1$corresponde à razão entre a área transversal ocupada por vapor (A_{Vapor}) e a área total do Depósito (A_{Total}), tal como sugere a equação 2.22.

$$f_1 = \frac{A_{Vapor}}{A_{Total}} \tag{2.22}$$

O fator f_1 obtém-se consultando o gráfico apresentado na Figura 2.8, que fornece este fator, consoante a razão entre a altura de líquido do Depósito e o seu Diâmetro ($\frac{H}{D}$). Segundo [14], o nível de controlo do Depósito Separador, isto é, o nível de serviço recomendado é de 50% de líquido.

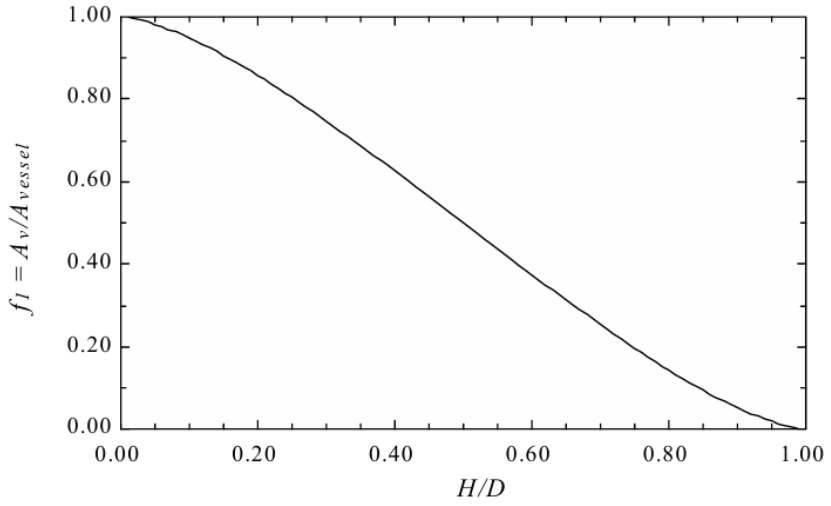


Figura 2.8 – Gráfico representativo da razão entre áreas transversais em função da razão entre Altura de líquido e Diâmetro do Depósito Separador [18].

O nível do Depósito Separador é controlado através de uma válvula solenóide na linha de líquido, que é acionada através de um sensor de nível. Se o nível do Depósito baixa do nível de controlo, a válvula solenóide abre. Pelo contrário, quando o nível do Depósito atinge o ponto de controlo, a válvula fecha [16].

Por observação do gráfico acima, constata-se que para uma razão $\frac{H}{D}$ de 0,5 (correspondente aos 50%), obtém-se um fator f_1 de 0,5.

5º Passo – Após a primeira aproximação do diâmetro útil do Depósito Separador, segue-se o cálculo das áreas transversais do mesmo e respetivas alturas de líquido.

A Figura 2.9 ilustra uma representação do Depósito Separador Horizontal com indicação destas áreas e respetivos níveis de fluido.

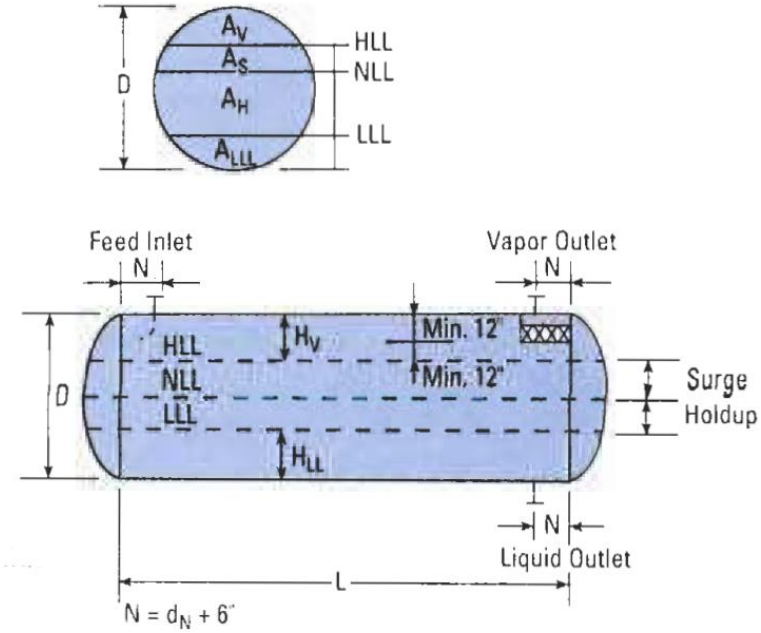


Figura 2.9 – Esquema de Depósito Separador com níveis de fluido e respetivas áreas transversais, adaptado de [15].

Em primeiro lugar, conhecendo o diâmetro útil de primeira aproximação, calcula-se a área transversal total (A_T) do Depósito Separador, com recurso à equação seguinte:

$$A_T = \frac{\pi}{4} D_{Depósito}^2 \quad [\mathrm{m}^2] \tag{2.23}$$

De seguida, pode-se estimar a altura de nível baixo de líquido (N_{LLL}), através do Quadro 2.6, retirada de [15].

Quadro 2.6 – Nível baixo de líquido (N_{LLL}) de Depósito Separador em função da geometria e diâmetro, adaptado de [15].

Diâmetro do Depósito Separador [mm]	***N_{LLL} [mm]***	
	Vertical	***Horizontal***
≤ 1219,2 (4 ft)	381,0 (15”)	228,6 (9”)
1828,8 (6 ft)	381,0 (15”)	254,0 (10”)
2438,4 (8 ft)	381,0 (15”)	279,4 (11”)
3048,0 (10 ft)	152,4 (6”)	304,8 (12”)
3657,6 (12 ft)	152,4 (6”)	330,2 (13”)
4876,8 (16 ft)	152,4 (6”)	381,0 (15”)

Com o nível baixo de líquido (N_{LLL}), pode-se determinar a área transversal ocupada por este nível (A_{LLL}), através da fórmula de conversão de razão de comprimentos (X) para razão de áreas (Y) aplicada a volumes cilíndricos dada pela equação 2.24 [15].

$$Y = \frac{(4{,}75593 \times 10^{-5}) + 0{,}174875X + 5{,}668973X^2 - 4{,}916411X^3 - 0{,}145348X^4}{1 + 3{,}924091X - 6{,}358805X^2 + 4{,}018448X^3 - 1{,}801705X^4} \quad (2.24)$$

Em que se considera:

$$X = \frac{H_{LLL}}{D_{Depósito}} \quad \text{e} \quad \text{Y} = \frac{A_{LLL}}{A_T} \quad (2.25)$$

De seguida, sabe-se por recomendação da literatura descrita em [15], que o nível de vapor (H_V) é dado por:

$$H_V = \max\left(0{,}2D_{Depósito}\,;\, 304{,}2\right) \quad [\text{mm}] \quad (2.26)$$

Com o valor do nível de vapor no Depósito Separador, procede-se ao cálculo da área transversal ocupada pelo vapor (A_V) recorrendo, novamente, à equação 2.24, em que se considera o seguinte:

$$X = \frac{H_V}{D_{Depósito}} \quad \text{e} \quad \text{Y} = \frac{A_V}{A_T} \quad (2.27)$$

6º Passo – Conhecendo os níveis de fluido e respetivas áreas transversais ocupadas, estão reunidas as condições para determinar o comprimento útil mínimo do Depósito Separador para a acomodação dos volumes de *“Holdup”* e *“Surge”* ($L_{min,volumes}$), previamente estimados.

O comprimento útil ($L_{min,volumes}$) pode ser determinado com a equação 2.28.

$$L_{min,volumes} = \frac{V_{Balast} + V_{Surge}}{A_T - A_V - A_{LLL}} \quad [\text{mm}] \tag{2.28}$$

7º Passo – O próximo passo consiste na determinação do comprimento útil mínimo do Depósito que permita a total separação das fases vapor e líquido ($L_{min,separação}$).
A equação 2.29 permite determinar o valor para este comprimento mínimo.

$$L_{min,separação} = U_{VA} \times \phi_{separação} \quad [\text{mm}] \tag{2.29}$$

Para tal, calcula-se a velocidade de vapor corrigida (U_{VA}) e, ainda, o tempo de queda das gotículas de líquido ($\phi_{separação}$), dados pelas equações 2.30 e 2.31, respetivamente.

$$U_{VA} = \frac{\dot{V}_V}{A_V} \quad [\text{m/s}] \tag{2.30}$$

$$\phi_{separação} = \frac{H_V}{U_V} \quad [\text{s}] \tag{2.31}$$

Com:
$\dot{V}_V$ – Caudal volúmico de vapor no Depósito Separador [m^3/s].

8º Passo – Aplica-se o processo iterativo para seleção do comprimento e diâmetro úteis mínimos para o Depósito Separador, com base nas seguintes premissas:

- Se o comprimento mínimo de acomodação de volumes for ligeiramente inferior ao comprimento mínimo de separação ($L_{min,volumes} < L_{min,separação}$), seleciona-se o comprimento mínimo de separação;
- Se ($L_{min,volumes} \ll L_{min,separação}$), então deve-se regressar ao 5º Passo e aumentar o nível de vapor (H_V);
- Se o comprimento mínimo de acomodação de volumes for ligeiramente superior ao comprimento mínimo de separação ($L_{min,separação} < L_{min,volumes}$), o dimensionamento encontra-se correto, adotando-se o comprimento mínimo de acomodação de volumes;
- Se ($L_{min,separação} \ll L_{min,volumes}$), procura-se aproximar ambos os comprimentos, diminuindo o nível de vapor (H_V). Contudo, H_V não pode ser inferior ao valor mínimo estabelecido no 5º Passo.

9º Passo – Após a seleção do comprimento útil mínimo do Depósito e do seu diâmetro, determina-se os restantes nível de líquido, isto é, o nível normal e o nível alto de líquido.

Para determinar o nível normal de líquido é necessário determinar a área transversal ocupada por este volume (A_{NLL}), através da equação 2.32.

$$A_{NLL} = A_{LLL} + A_{Holdup} = A_{LLL} + \frac{V_{Holdup}}{L_{min}} \ [\mathrm{m}^2] \tag{2.32}$$

Utilizando a fórmula de conversão de razão de áreas para razão de comprimentos aplicada a volumes cilíndricos, expressa na equação 2.33, calcula-se o nível normal de líquido (H_{NLL}), isto é, o nível de controlo do Depósito Separador.

$$Y = \frac{(0{,}00153756) + 3{,}299201X + 24{,}353518X^2 - 36{,}999376X^3 + 9{,}892851X^4}{1 + 26{,}787101X - 22{,}923932X^2 - 14{,}844824X^3 + 10{,}529572X^4} \tag{2.33}$$

Em que se considera:

$$X = \frac{A_{NLL}}{A_T} \quad \text{e} \quad \mathrm{Y} = \frac{H_{NLL}}{D_{Depósito}} \tag{2.34}$$

10º Passo – Este dimensionamento termina com o cálculo da espessura mínima do corpo do Depósito e dos seus topos elípticos, de modo a resistir à pressão de serviço, obtidas através das equações 2.35 e 2.36.

$$e_{Shell} = \frac{P_{Projeto} \times D_{Depósito}}{2SE - 1{,}2P_{Projeto}} + t_c \quad [\text{inches}] \quad (\text{Corpo ou "}\mathit{Shell}\text{"}) \tag{2.35}$$

$$e_{Heads} = \frac{P_{Projeto} \times D_{Depósito}}{2SE - 0{,}2P_{Projeto}} + t_c \quad [\text{inches}] \quad (\text{Topos ou "}\mathit{Heads}\text{"}) \tag{2.36}$$

Com:

$P_{Projeto}$ – Pressão de Projeto que deve exceder a Pressão de Serviço em 15% [psi(g)];

S – Tensão Admissível do material constituinte do Depósito [psi];

E – Eficiência de Soldadura, que assume o valor de 0,85 para soldas examinadas;

t_c – Corrosão permitida [inches].

É de notar que as equações 2.35 e 2.36 se encontram no sistema de unidades imperial, pelo que se tem de proceder à conversão do valor final das espessuras para o sistema internacional.

Metodologia de Dimensionamento – Depósito Separador Vertical

A metodologia de *Monnery e Svrcek* [15], aplicada a Depósitos Verticais, apresenta muitas semelhanças com a geometria do Depósito Horizontal, com algumas exceções. Inicialmente, os cálculos da velocidade de separação e dos volumes de *"Holdup"* e *"Surge"*, descritos do 1º ao 3º passos da metodologia Horizontal, podem ser aplicados. Contudo, nos Depósitos Separadores Verticais, a área de separação de vapor representa a sua área total transversal [15], pelo que o diâmetro interior do Depósito é determinado segundo a equação 2.37.

$$D_{Depósito} = \sqrt{\frac{\dot{V}_V}{\pi U_V}} \quad [\text{mm}] \tag{2.37}$$

De seguida, procede-se à determinação dos níveis de líquido no Depósito Separador Vertical, apresentados na Figura 2.10.

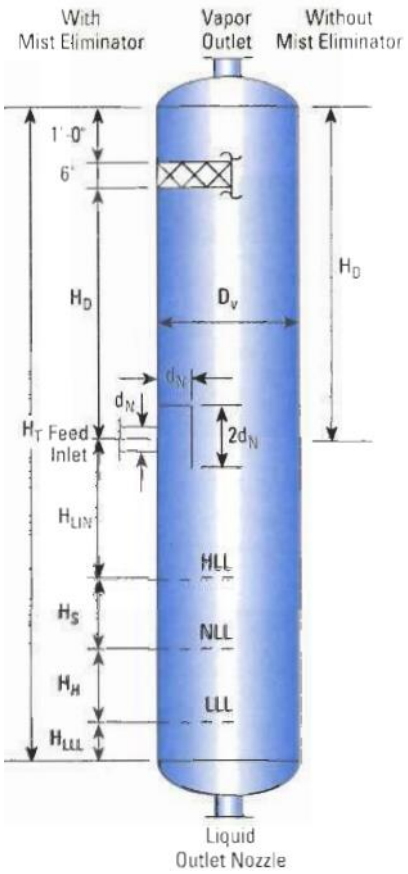


Figura 2.10 - Esquema de Depósito Separador com níveis de fluido, adaptado de [15].

Novamente, o nível baixo de líquido (H_{LLL}) pode ser obtido consultando o Quadro 2.6. Por outro lado, a coluna de líquido entre o nível baixo e o nível normal (H_H) é determinada com recurso à equação 2.38.

$$H_H = \frac{V_{Holdup}}{\frac{\pi}{4} D^2_{Depósito}} \quad [\text{mm}] \tag{2.38}$$

Já a coluna de líquido entre o nível normal e o nível alto (H_S) é dada por:

$$H_S = \frac{V_{Surge}}{\frac{\pi}{4} D^2_{Depósito}} \quad [\text{mm}] \tag{2.39}$$

De seguida, determina-se a coluna de líquido entre o nível alto e a cota da tubagem de alimentação de líquido do Depósito (H_{LIN}).

$$H_{LIN} = 12 + \frac{1}{2} d_N \ [\text{mm}] \tag{2.40}$$

Posteriormente, segue-se o cálculo da coluna de separação (H_D), que corresponde à coluna entre a tubagem de alimentação de líquido e a cota do fim do corpo do Depósito.

$$H_D = \min (0{,}5 D_{Depósito} \, ; 914{,}4 + \frac{1}{2} d_N) \ [\text{mm}] \tag{2.41}$$

Com:

d_N – Diâmetro nominal da tubagem de alimentação de líquido do Depósito [mm].

Finalmente, recorre-se à equação 2.42 que representa a soma de todas estas colunas de líquido, obtendo-se a altura final do Depósito Separador (H_T), que corresponde ao seu comprimento útil mínimo.

$$H_T = H_{LLL} + H_H + H_S + H_{LIN} + H_D \ [\text{mm}] \tag{2.42}$$

O cálculo das espessuras do corpo e topos do Depósito Separador Vertical realiza-se de igual forma à metodologia apresentada para Depósitos Horizontais.

2.7.3 Bombas de Recirculação

Os sistemas inundados, explorados em maior detalhe em 2.8, podem utilizar bombas para garantir a circulação do fluido frigorigéneo. Com esta circulação bombeada, obtém-se uma distribuição eficiente de líquido aos Evaporadores.

Além disto, estes sistemas possibilitam diminuir o sobreaquecimento do fluido próximo de 0 K, pelo que aumenta a eficiência dos Evaporadores sem o risco de ocorrer aspiração de líquido nos compressores, isto é, sem existir golpe de líquido.

O maior problema que compromete o funcionamento das Bombas é a Cavitação, que se verifica quando a pressão do fluido frigorigéneo na aspiração da Bomba é inferior à pressão de saturação correspondente à temperatura do líquido neste ponto. Se tal suceder, formam-se "bolhas" de vapor que colapsam dentro das Bombas, provocando danos mecânicos no empanque e pás.

Para evitar este problema, instala-se as Bombas num plano inferior ao Depósito Separador, garantindo uma coluna de líquido que compense a diminuição da pressão do fluido. Estas perdas de carga devem-se, principalmente, ao atrito na tubagem, perdas localizadas associadas aos acessórios e, ainda, à aceleração do líquido para a entrada do rotor da bomba, normalmente designado por NPSH (*"Net Positive Suction Head"*).

A Figura 2.11 ilustra a coluna de líquido disponível numa Bomba de Recirculação.

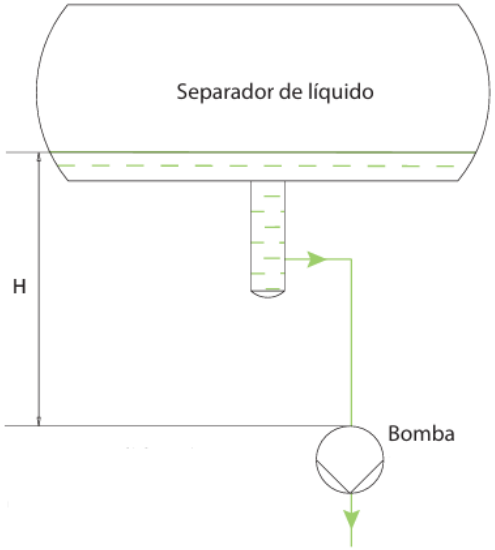


Figura 2.11 – Coluna de Líquido disponível de uma Bomba de Recirculação, adaptado de [18].

Primeiro, determina-se o NPSH disponível na instalação, expresso na equação 2.43.

$$NPSH_{Disponível} = \frac{P_{Aspiração} - P_{Vaporização}}{\rho g} - h_{aspiração} + \mathrm{H}\ [\mathrm{m.c.l}] \qquad (2.43)$$

Com:

$P_{Aspiração}$ – Pressão de Aspiração da Bomba [bar];

$P_{Vaporização}$ – Pressão de Vaporização à temperatura de sucção da Bomba [bar];

$h_{aspiração}$ – Perdas de carga distribuídas (Tubagens) e localizadas (acessórios) [m.c.l];

H – Altura manométrica disponível [m.c.l].

De seguida, deve-se comparar o NPSH disponível com o NPSH requerido pela bomba, sendo este último um parâmetro fornecido pelos fornecedores das Bombas. A equação 2.44 representa a condição em que não ocorre problemas de Cavitação.

$$NPSH_{Disponível} > \ NPSH_{Requerido} \tag{2.44}$$

Após verificar que não existe o perigo de Cavitação, é fundamental determinar as condições de saída do fluido, principalmente, a coluna de elevação máxima. Segundo [19], se for desprezada a transferência de calor deste processo, a variação da coluna de líquido pode ser obtida através da equação de *Bernoulli*, dada pela equação 2.45.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + H_{Bomba} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_{carga} \tag{2.45}$$

Com:

P_1 e V_1 – Pressão [Pa(a)] e Velocidade [m/s] do fluido à saída do Depósito;

P_2 e V_2 – Pressão [Pa(a)] e Velocidade [m/s] do fluido no retorno do Depósito;

z_1 e z_2 – Cotas [m] à saída e ao retorno do Depósito.

Dado que se trata de Bombas de Recirculação, o fluido é bombeado para o mesmo Depósito Separador, pelo que se assume que a velocidade do mesmo no interior do Depósito é nula e as pressões P_1 e P_2 são iguais. Deste modo, a altura manométrica da Bomba é apenas influenciada pelas perdas de carga e pela diferença de cotas da saída e entrada de fluido no Depósito, tal como sugere a equação 2.46.

$$H_{Bomba} = (z_2 - z_1) + h_{carga} \quad [\mathrm{m.c.l}] \tag{2.46}$$

Por fim, conhecendo a altura manométrica mínima que a bomba tem de assegurar e, ainda, o NPSH disponível da instalação, procede-se à seleção da bomba, sendo que estes parâmetros se devem encontrar na faixa de operação mais adequada da curva característica da mesma.

É relevante sublinhar que nestes sistemas inundados, é comum associar bombas em paralelo, de modo a dividir o caudal volúmico de fluido pelas bombas, sendo que a altura manométrica máxima atingida se mantém constante.

A Figura 2.12 ilustra uma curva característica de uma bomba típica, com a altura manométrica (H) e NPSH em função do caudal volúmico (Q) de fluido frigorigéneo e, ainda, a curva característica resultante da associação de duas bombas distintas em paralelo.

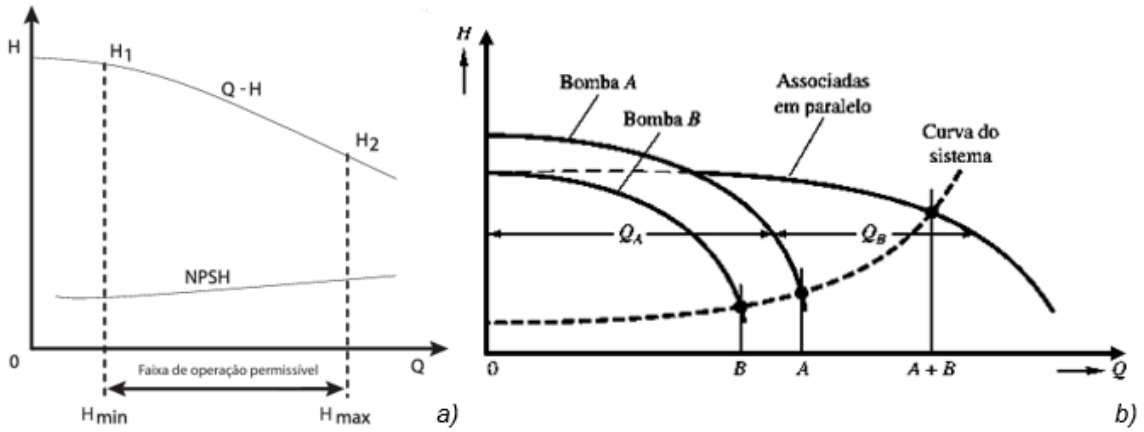


Figura 2.12 – Curva característica de uma bomba (a) e da associação de duas bombas distintas em paralelo (b), adaptado de [18] e [19], respetivamente.

2.7.4 Depósito de Óleo

O sistema de lubrificação é fundamental para lubrificar as partes móveis dos compressores, de forma a garantir uma operação confiável e eficiente dos mesmos. O óleo lubrificante é "forçado" a lubrificar os compressores por meio de bombas de óleo ou por diferencial de pressão entre os lados de alta e baixa pressão [18].

O Depósito de Óleo tem como finalidade receber todo o óleo removido pelo Separador de Óleo e direcioná-lo para os compressores. Tipicamente, em grandes instalações com vários grupos compressores, é frequente a utilização de um Depósito de Óleo para cada grupo compressor.

2.7.5 Depósito Separador de Óleo com Arrefecimento por Termosifão

O arrefecimento do óleo é muito importante, pois este tem de estar dentro de uma faixa de temperatura especificada pelo fabricante, de forma a manter as suas propriedades de viscosidade. Este arrefecimento pode ser garantido com recurso a água, ar ou por termossifão, sendo este último o mais eficiente.

O sistema de arrefecimento a óleo por Termosifão funciona através de um Depósito Separador que separa o fluido frigorigéneo do óleo, instalado na linha de descarga dos compressores. De seguida, parte do óleo acumulado é direcionado para o Arrefecedor de Óleo por Termosifão, onde o fluido frigorigéneo no estado de líquido escoa, por gravidade, do depósito de líquido para este Arrefecedor. Por sua vez, o fluido evapora absorvendo o calor do óleo, sendo o vapor resultante direcionado para o depósito de líquido ou para o Condensador.

Uma condição imposta por este sistema de arrefecimento é a necessidade de sobredimensionar o Condensador da instalação, de forma a ter a capacidade de também dissipar o calor removido ao óleo lubrificante.

A Figura 2.13 ilustra um esquema exemplificativo de arrefecimento de óleo por Termosifão.

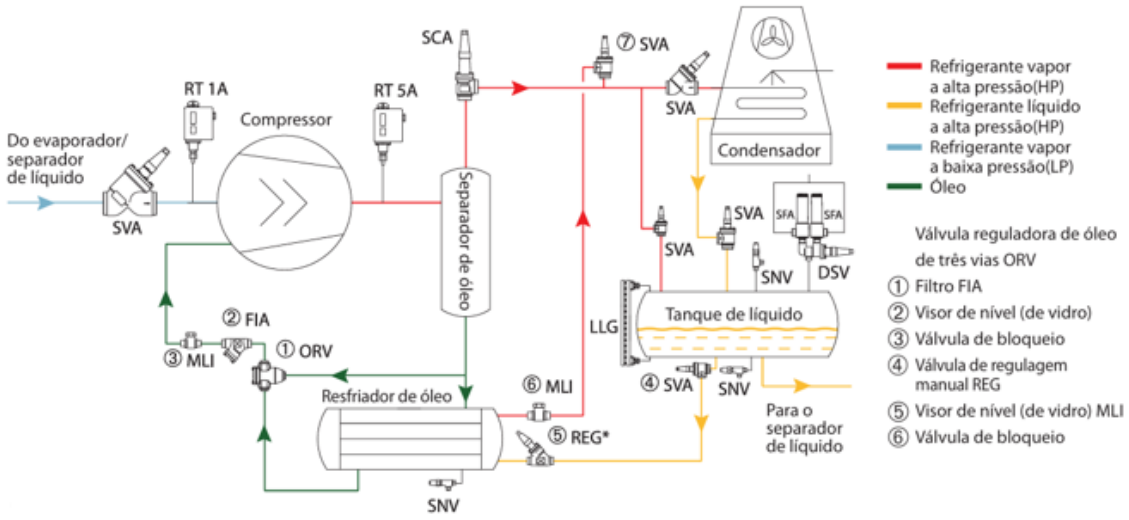


Figura 2.13 – Esquema de instalação de um sistema de arrefecimento de óleo por Termosifão, adaptado de [18].

É importante referir que a temperatura do óleo é mantida na faixa requerida pelo fabricante, através da válvula de 3 vias (ORV) que mistura óleo a uma temperatura mais elevada com o óleo arrefecido.

2.8 Sistemas de Expansão Direta, Indireta e Inundado

Relativamente ao processo de Evaporação, que ocorre ao longo das serpentinas dos Evaporadores, existem três tipos de sistemas distintos, sendo estes os seguintes:

- Expansão Direta;
- Expansão Indireta;
- Inundado.

Sistemas de Expansão Direta e Indireta

Num sistema de Expansão Direta, o fluido frigorigéneo que passa pelo processo de Evaporação é o fluido que é comprimido na sala de máquinas da instalação, sendo, de seguida direcionado para as unidades evaporadoras das câmaras frigoríficas [20].
Para além disso, o caudal mássico de fluido frigorigéneo que é direcionado para os Evaporadores é o necessário e suficiente para o processo de Evaporação. Deste modo, o fluido absorve o calor latente da câmara frigorífica, evaporando ao longo da serpentina destes equipamentos. Se este processo terminar no final da serpentina de permuta dos Evaporadores, o fluido sai no estado de vapor saturado.

No entanto, regula-se a válvula de expansão, que antecede a entrada dos evaporadores, para o fluido evaporar antes de percorrer toda a serpentina obtendo um sobreaquecimento e garantindo apenas a entrada de vapor nos compressores.

Por outro lado, um sistema de expansão indireta caracteriza-se por possuir um circuito secundário, onde circula um fluido de elevada condutividade térmica, tal como água glicolada, responsável pela absorção da carga térmica das câmaras frigoríficas, nos frigodifusores. Para tal, o fluido frigorigéneo, que circula no circuito primário, é confinado à sala de máquinas, onde troca calor com o fluido secundário através de um permutador, sendo o fluido secundário a "transportar" a potência de arrefecimento aos utilizadores finais, auxiliados por estações de bombagem [20].

A Figura 2.14 ilustra as diferenças entre os esquemas frigoríficos destes sistemas.

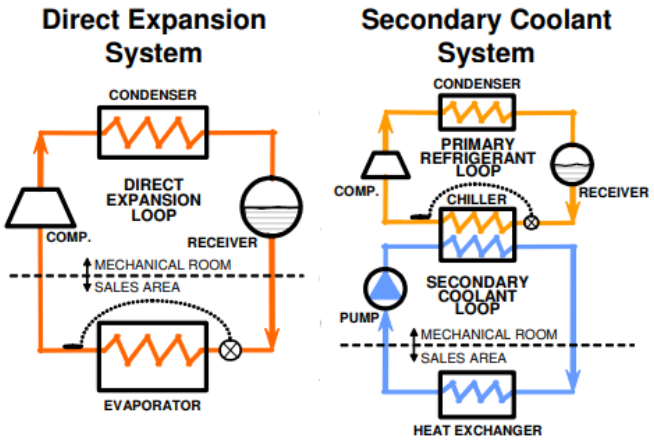


Figura 2.14 – Esquema dos Sistemas de Expansão Direta e Indireta [21].

Este sistema possui diversas vantagens e desvantagens, comparativamente com os sistemas de Expansão Direta, sendo as mais relevantes as que constam no Quadro 2.7.

Quadro 2.7 - Vantagens e Desvantagens de Sistema de Expansão Indireta, comparativamente ao Sistema de Expansão Direta, adaptado de [21] e [20].

Vantagens	***Desvantagens***
Risco de Fuga de fluido frigorigéneo é limitado	Exige carga de fluido secundário
Redução da carga de fluido frigorigéneo, em comparação com sistema de Expansão Direta	Presença de Permutadores de calor intermédios que reduzem a eficiência
Restringe a circulação de fluido primário apenas à Sala de Máquinas	Requer tubagem de circulação de fluido secundário constituída por materiais mais dispendiosos, como o aço inoxidável
Possibilidade de acumulação de Potência de Arrefecimento, através de depósitos de inércia	Bombagem de recirculação aumenta os custos energéticos e de manutenção

Sistemas Inundados

Os sistemas Inundados ou de Recirculação caracterizam-se por "forçar" a circulação em excesso de fluido frigorigéneo no estado de líquido saturado nos Evaporadores [22]. Desta forma, ao longo do processo de Evaporação, só uma fração de fluido evapora, sendo que à saída do Evaporador o fluido se encontra no estado de mistura. O título do fluido à saída do Evaporador está diretamente relacionado com o número de recirculações adotada no sistema, cujos valores típicos se encontram no Quadro 2.8.

Quadro 2.8 – Taxas de Recirculação recomendadas, adaptado de [22] e [18].

Fluido Frigorigéneo	***Taxa de Recirculação***
R717 (NH3) Alimentação por cima e tubagem de grande diâmetro	6 a 7
R717 (NH3) Alimentação normal e tubagem de pequeno diâmetro	2 a 4
R744 (CO_2)	1,1 a 2

Para tal, torna-se necessária a existência de um Depósito Separador de baixa pressão que permita a separação das frações líquida e gasosa do fluido, eliminando o *"flash gas"* que surge após expansão do fluido na válvula expansora.

Assim, o Depósito Separador assegura a sobrealimentação dos evaporadores e, ainda, garante a aspiração de vapor saturado dos compressores, o que permite a proteção dos seus elementos mecânicos.

A Figura 2.15 ilustra um sistema inundado de apenas um estágio de baixa pressão.

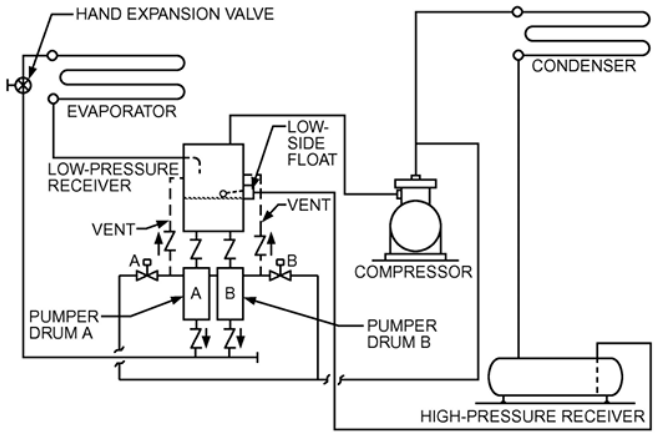


Figura 2.15 - Esquema frigorífico de Sistema Inundado por Bombagem [22].

O maior benefício destes sistemas é a sua elevada eficiência, uma vez que as áreas de superfície das serpentinas dos Evaporadores se encontram "molhadas", ou seja, totalmente em contacto com o fluido. Este fator é determinante no aumento da eficiência

de permuta de calor, pois o fluido no estado líquido apresenta maior densidade e capacidade térmica, em comparação com o estado de vapor, o que significa que a troca de calor latente no processo de Evaporação será mais eficaz.

Além do mais, importa referir que a recirculação de fluido nos Evaporadores pode funcionar por meio de gravidade ou através de bombagem, quando a quantidade de Evaporadores a alimentar é elevada [22].

O Quadro 2.9 apresenta as principais vantagens e possíveis desvantagens decorrentes da utilização de sistemas inundados, segundo a ASHRAE [22].

Quadro 2.9 – Vantagens e Desvantagens de Sistemas Inundados, adaptado de [22].

Vantagens	***Desvantagens***
Superfície de contacto dos Evaporadores "Molhada" o que permite maior eficiência	Exige elevada carga de fluido frigorigéneo
Separação das frações líquida e gasosa no Depósito Separador que permite proteção dos compressores	Linhas de Retorno ao Depósito Separador têm maior diâmetro do que as linhas de Aspiração de sistemas de Expansão Direta
O gás de *"flash"* resultante da Expansão é removido no Depósito Separador	Requer isolamento de todas as linhas de Retorno ao Depósito Separador
Permite baixa temperatura de Descarga dos compressores, devido à aspiração de vapor saturado	A operação de bombagem de recirculação aumenta os custos energéticos e de manutenção da Instalação

2.9 Ciclo de Compressão de Vapor de Múltiplos Estágios

O Ciclo Frigorífico de Múltiplos Estágios de Compressão apresenta dois ou mais níveis de pressão de Evaporação, com recurso ao mesmo fluido, e é utilizado quando se pretende gamas de temperaturas de Evaporação diversas. Normalmente, recorre-se a estes sistemas quando não é economicamente viável a utilização de um Sistema de Compressão Simples, em casos em que a taxa de compressão é demasiado elevada, ou seja, quando excede o valor de 10 [23], dada pela equação 2.4.

Desta forma, estes sistemas apresentam dois ou mais compressores, do tipo alternativo, centrífugo ou parafuso, ligados em série com o mesmo fluido circulante [23].

Além disto, nestas instalações recorre-se a alguns equipamentos adicionais, incluindo um arrefecimento intermédio, que reduz o trabalho específico de compressão, pois este é diretamente proporcional ao volume específico do gás na aspiração do compressor. Estes sistemas diferem do Ciclo de compressão Simples, dado que o fluido frigorigéneo

proveniente do estágio de BP não segue diretamente para o Condensador, passando primeiramente num arrefecedor intermédio.

Uma grande vantagem dos sistemas de Múltiplos Estágios de Compressão é a redução da temperatura de descarga do estágio de Alta Pressão, estando esta associada à razão de compressão. Já a descarga de vapor sobreaquecido atinge a pressão intermédia e este é novamente comprimido para atingir o estágio de AP.

Relativamente à pressão intermédia, esta pode variar fazendo com que a eficiência energética possa ser distinta, mantendo o sistema. Assim, é vantajoso utilizar a mesma taxa de compressão nos estágios de BP e AP, atingindo o ponto ótimo de funcionamento [2]. Esta pressão intermédia é determinada através da expressão 2.47.

Pressão Intermédia:

$$P_{Intermédia} = \sqrt{P_{Evaporação} \times P_{Condensação}} \quad [\text{MPa}] \tag{2.47}$$

Quando esta razão de compressão é demasiado elevada pode ocorrer [23]:

- Perdas de Eficiência Energética;
- Altas temperaturas de Descarga;
- Carbonização do óleo lubrificante, reduzindo a sua viscosidade e qualidade;
- Danos devido a cargas elevadas aplicadas nos rolamentos do Compressor;
- Desgaste mecânico excessivo.

Contudo, estas soluções de arrefecimento a pressão intermédia só devem ser adotadas, após a realização de uma análise económica e energética, avaliando a poupança energética obtida, face ao incremento do investimento inicial.

De forma resumida, o Quadro 2.10 apresenta as principais vantagens e inconvenientes associados a este tipo de sistemas.

Quadro 2.10 – Vantagens e desvantagens do Ciclo Frigorífico de Múltiplos Estágios de Compressão, adaptado de [23] e [24].

Vantagens	***Desvantagens***
Aumento do Efeito Frigorífico	Complexidade do Sistema Frigorífico
Remoção de *"Flash Gas"* no Arrefecedor Intermédio	Investimento Inicial
Redução da temperatura do gás de Descarga	Aumento de Desgaste de Componentes
Redução do consumo de Potência do Sistema	Controlo da Instalação mais complexo
Redução dos Custos de operação anuais	Ocupação de mais espaço de Instalação

Além disto, o arrefecimento intermédio pode ser obtido com diversas configurações, permitindo o desobreaquecimento do gás sobreaquecido do primeiro estágio.
Deste modo, assegura-se menores temperaturas de descarga à pressão intermédia e à pressão alta, prologando a vida útil do compressor.
Este arrefecimento intermédio é atingido através de um dos seguintes métodos:

- Injeção Direta de Líquido no estágio intermédio;
- Injeção Direta de Gás e Líquido no estágio intermédio;
- Arrefecedor Intermédio Aberto;
- Arrefecedor Intermédio Fechado.

2.9.1 Arrefecedor Intermédio Aberto

Tendo em conta que os sistemas bombeados utilizam arrefecedores intermédios abertos no Ciclo frigorífico de Múltiplos Estágios de Compressão explicita-se, em detalhe, o seu funcionamento e respetivo esquema de princípio, ilustrado na Figura 2.16.

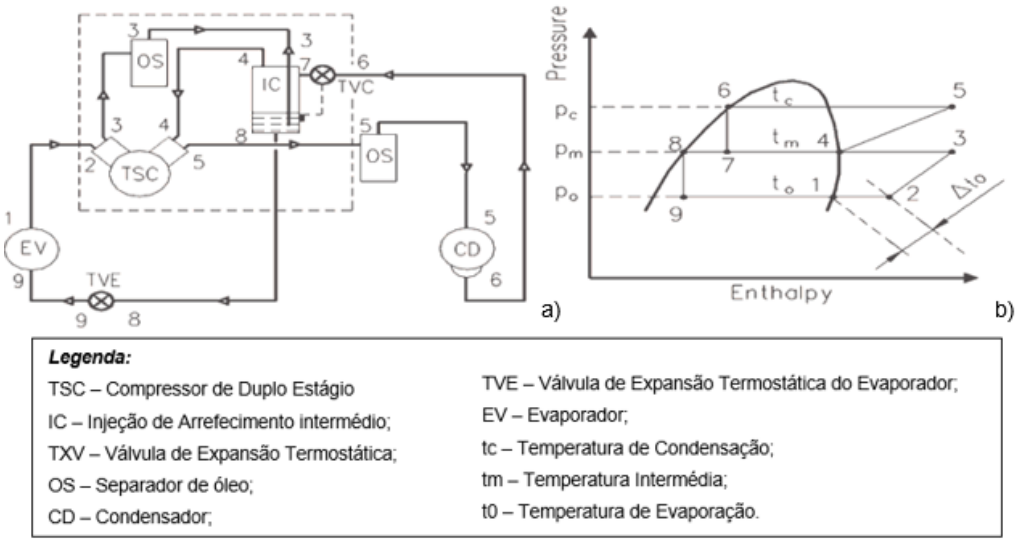


Figura 2.16 - Esquema de Princípio do Ciclo de Compressão Múltiplos Estágios com Arrefecedor Intermédio Aberto (a) e respetivo diagrama P-h (b), adaptado de [24].

Nestes sistemas, o fluido frigorigéneo é comprimido para o primeiro estágio (pressão intermédia), através do compressor de baixa pressão, também designado *Booster*, sendo direcionado para o Arrefecedor intermédio que permite o desobreaquecimento do vapor sobreaquecido até o estado de vapor saturado.
É importante referir que o Arrefecedor Intermédio é, por vezes, designado por *"Flash Tank"*, pois não só promove a ebulição do vapor sobreaquecido, proveniente do compressor de BP, como também funciona como um separador de líquido, que separa o líquido saturado que é expandido para a Pressão de Evaporação, reduzindo o efeito de *"Flash Gas"* na linha de líquido de BP, explicitado no subcapítulo 2.4.

2.10 Ciclos de Compressão a CO_2

Como foi enunciado em 2.6.3, o Dióxido de Carbono é um dos fluidos mais utilizados, especialmente, em instalações em que a toxicidade e a inflamabilidade do fluido circulante são estritamente controladas [25].

Além disso, este fluido apresenta uma elevada capacidade de arrefecimento por unidade de volume, baixa viscosidade cinemática e acesso simples e de baixo custo.

Contudo, este fluido apresenta uma temperatura crítica de condensação, relativamente baixa, de cerca de 31,1ºC, pelo que facilmente atinge o estado de supercrítico, na maioria dos sistemas frigoríficos industriais [26].

Deste modo, associados ao tipo de estado atingido pelo CO_2 e pelo princípio de funcionamento, podem ser adotados os seguintes ciclos de CO_2:

- Ciclo de Compressão do tipo Cascata com CO_2 e NH_3 Subcrítico;
- Ciclo de Compressão Transcrítico a CO_2.

Note-se que o Ciclo de Compressão em Cascata poderá utilizar outros fluidos, sintéticos ou Naturais, em conjunto com o CO_2.

No entanto, é comum optar-se pela utilização do NH_3 como fluido de alta pressão, devido às suas excelentes propriedades termodinâmicas, evidenciadas em 2.6.3.

2.10.1 Ciclo de Compressão Transcrítico a CO_2

O sistema transcrítico mais simples a CO_2 baseia-se no Ciclo de Compressão simples, explicitado em 2.2, com a clara diferença de que a condensação do fluido ocorre a uma temperatura e pressão acima do ponto crítico, tal como evidencia a Figura 2.17, que ilustra o esquema de princípio e respetivo diagrama P-h deste sistema.

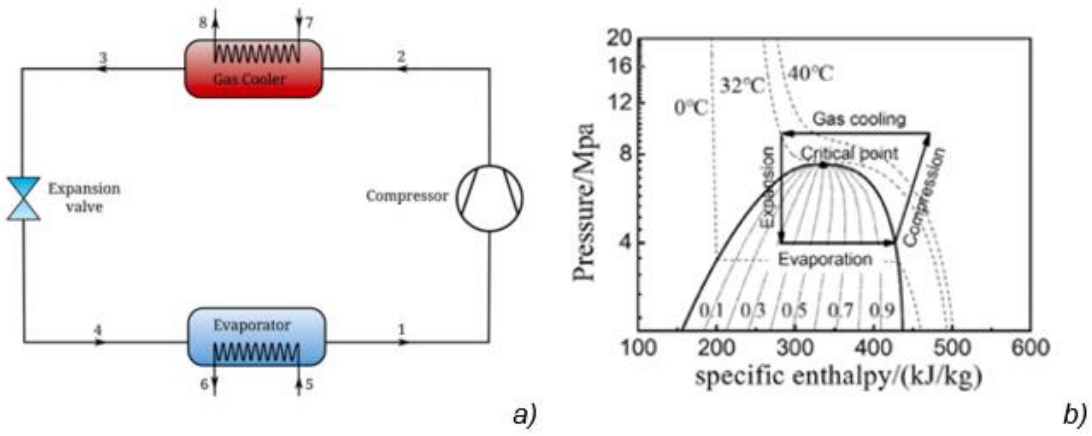


Figura 2.17 - Esquema de Princípio do Ciclo de Compressão Transcrítico a CO_2 (a) e diagrama P-h (b) [27] e [26], respetivamente.

Neste sistema, a rejeição de calor ocorre na região supercrítica, acima do ponto crítico, onde as condições de saturação não existem e a pressão é independente da temperatura. Deste modo, o Condensador, típico dos sistemas convencionais de compressão de vapor, é substituído por um Arrefecedor de gás ou *"Gas Cooler"* que possui a mesma função, embora no processo de arrefecimento, o fluido apresente ambos os estados físicos de líquido e gás [26].

Por outro lado, estes sistemas apresentam elevadas perdas de pressão, devido ao elevado diferencial de pressão entre a entrada e saída da válvula de expansão.

De forma a melhorar a eficiência deste sistema, implementam-se algumas tecnologias que modificam o esquema de princípio do mesmo.

Normalmente, recorre-se a estas alterações quando se pretende obter vários estágios de pressão de Evaporação (sistemas multiestágios), podendo obter as seguintes soluções:

- Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Bypass de Gás;
- Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Compressor Paralelo;
- Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Ejetor.

Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Bypass de Gás

Este tipo de sistema transcrítico permite, tipicamente, dois patamares de temperatura, um de baixa pressão (LT) e outro de pressão intermédia (MT). Deste modo, é necessário existir dois grupos compressores, dedicados a estas pressões de Evaporação e, ainda, um depósito separador intermédio, cuja função é separar a fração líquida da gasosa do CO_2 após a sua expansão, que ocorre numa válvula expansora de alta pressão.

A Figura 2.18 apresenta o esquema frigorífico destes sistemas, bem como o seu diagrama de *Mollier* genérico.

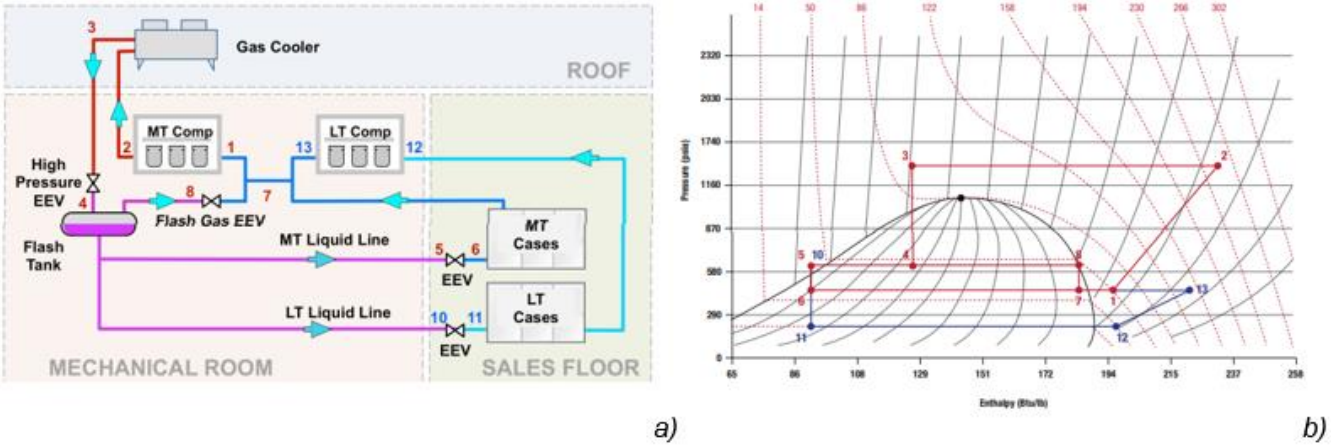


Figura 2.18 - Esquema de Princípio do Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Bypass de Gás (a) e diagrama P-h (b) [28].

Como se pode observar através da Figura 2.18, a fração líquida de CO_2 à pressão intermédia é direcionada para os evaporadores de baixa e intermédia temperaturas que funcionam num modo de expansão direta, após as expansões nas válvulas expansoras. Após o processo de Evaporação, o fluido à saída dos Evaporadores LT é aspirado pelo grupo compressor BP, enquanto o vapor à saída dos Evaporadores MT é misturado com a descarga LT, sendo a mistura resultante aspirada pelo grupo compressor de MT.
Por sua vez, a descarga deste grupo compressor dirige-se para o *"Gas Cooler"*, onde ocorre o processo de arrefecimento do CO_2.
De seguida, no Depósito Intermédio ocorre a remoção do *"flash gas"*, formado devido à queda de pressão na válvula de alta pressão, separando as fases líquida e gasosa.
Por fim, o fluido líquido é direcionado para os Evaporadores, enquanto o *"flash gas"* é redirecionado para a aspiração dos compressores de pressão média (MT).

Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Compressor Paralelo

O ciclo Booster a CO_2 com a incorporação de um compressor paralelo surge como uma melhoria face ao mesmo sistema com uma válvula de bypass de gás.
Num ambiente de temperatura mais elevada, o título do fluido frigorigéneo que é direcionado para o Depósito Intermédio é superior. Este fator obriga a utilização de um grupo compressor paralelo (IT) ao grupo compressor MT, de forma a auxiliar na compressão do *"flash gas"*, contribuindo para mitigar o consumo energético [29].
Esta poupança energética reside no facto de que o grupo compressor IT comprime o vapor do Depósito Intermédio partindo da pressão intermédia, contrariamente ao que sucedia no ciclo com bypass de gás, onde o *"flash gas"* é comprimido à pressão MT.
A Figura 2.19 apresenta o esquema desta melhoria do Ciclo Booster a CO_2.

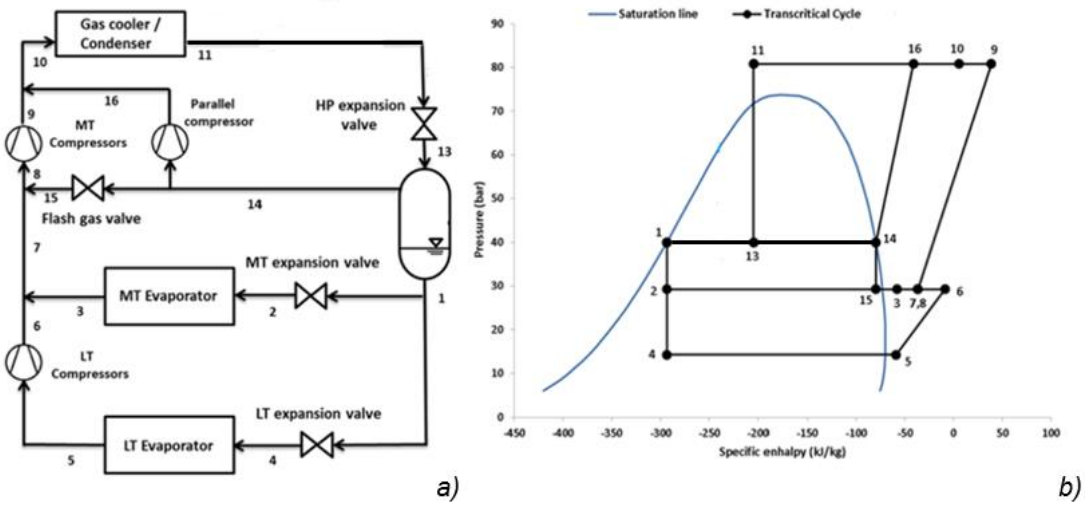


Figura 2.19 - Esquema de Princípio do Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Compressor Paralelo (a) e diagrama P-h (b) [29].

Relativamente ao diagrama P-h apresentado na Figura 2.19, observa-se que o ponto 16, referente à descarga do compressor paralelo, possui uma temperatura muito inferior ao ponto 9, que é a descarga dos compressores MT. Da mistura destas descargas resulta o ponto 10, reduzindo a temperatura do fluido à entrada do "*Gas Cooler*".
Tal facto permite que este equipamento possa ser de menor capacidade, reduzindo o custo da instalação.

Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Ejetor

Para além da instalação de um grupo compressor paralelo, o ciclo transcrítico a CO_2 pode ser melhorado, substituindo a válvula expansora de alta pressão por um conjunto de ejetores.
Um Ejetor é um dispositivo relativamente simples sem partes móveis [30], constituído por um bocal Convergente-Divergente, uma câmara de mistura e, por fim, um difusor.
No interior destes Ejetores estão envolvidos três fenómenos distintos [30], sendo estes os seguintes:

- Escoamento supersónico que ocorre no bocal Convergente-Divergente;
- Conservação de Momento Linear entre os fluxos motriz (*"motive stream"*) e de arrastamento (*entrainment stream"*) na câmara de mistura;
- Conversão de energia cinética em energia potencial no Difusor.

A Figura 2.20 representa o princípio de funcionamento de um Ejetor, apresentado em corte axial e acompanhado do perfil de pressões ao longo da geometria deste equipamento.

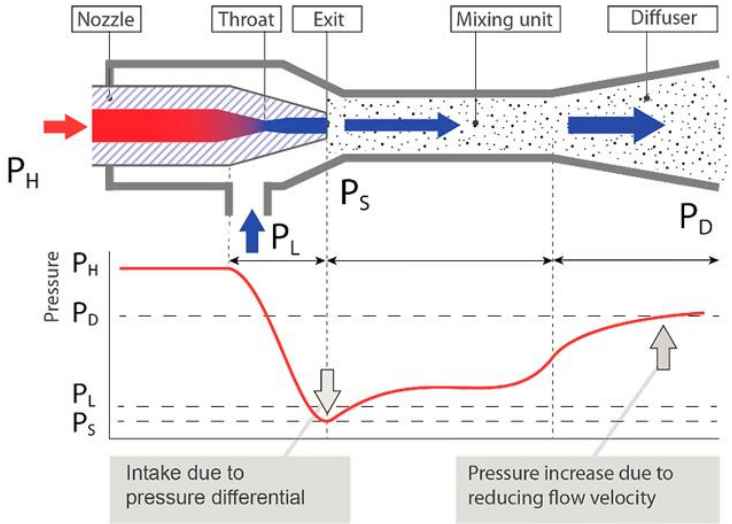


Figura 2.20 – Princípio de Funcionamento de um Ejetor de CO_2 com respetiva Evolução de Pressão [31].

Inicialmente, o CO_2 arrefecido no *"Gas Cooler"* a alta pressão (*"motive stream"*) é direcionado para a entrada do bocal do Ejetor onde ocorre a expansão do fluido.
De seguida, à saída da garganta do bocal, obtém-se uma pressão muito baixa e uma velocidade muito elevada em condições supersónicas, devido ao efeito de *Venturi* [30]. Esta subpressão, por efeito da força de arrasto (*"drag force"*), provoca a entrada de CO_2 no estado de vapor sobreaquecido à pressão P_L (*"entrainment stream"*) [31].
Posteriormente, estes dois escoamentos misturam-se na câmara de mistura, como resultado da transferência de Momento Linear [30], originando um fluxo a uma pressão (P_S) superior à pressão de aspiração MT.
Após esta mistura, o fluido entra num difusor, cuja geometria permite a conversão de energia cinética em energia potencial [31]. Desta forma, o fluxo resultante diminui a sua velocidade e aumenta a sua pressão, atingindo a pressão do depósito intermédio (P_D).
A Figura 2.21 ilustra o esquema deste ciclo, bem como o respetivo diagrama P-h.

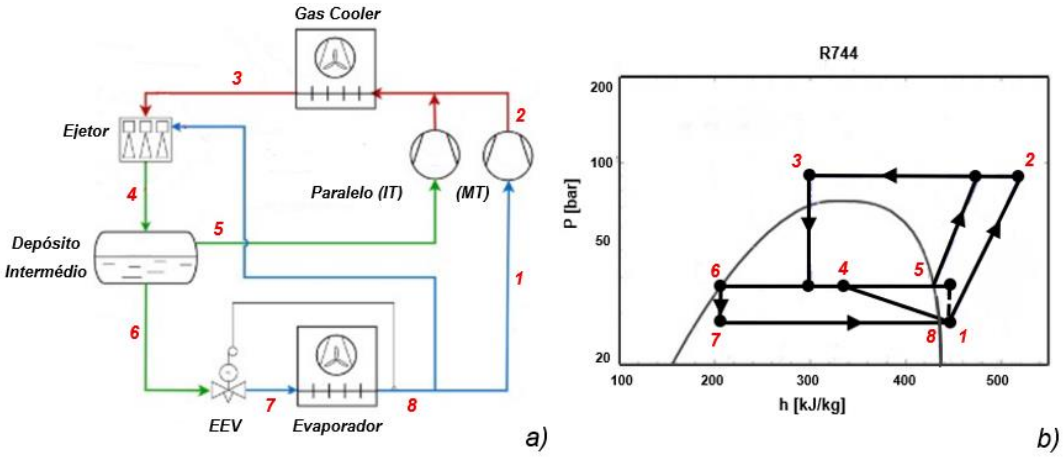


Figura 2.21 - Esquema de Princípio do Ciclo Booster Transcrítico a CO_2 com Ejetor (a) e diagrama P-h (b), adaptado de [32].

Através da observação do diagrama P-h deste tipo de sistema, constata-se que o ponto à saída dos Ejetores (ponto 4), possui um título superior ao que seria obtido num sistema com válvula expansora de alta pressão, ilustrado na Figura 2.19. Deste modo, o *"flash gas"* formado no Depósito Intermédio será inferior, pelo que o grupo compressor paralelo (IT) necessitará de menor potência de compressão o que, por consequente, possibilita a redução dos custos energéticos.

2.10.2 Ciclo de Compressão Cascata com CO_2 e NH_3 Subcríticos

Como alternativa a sistemas de CO_2 Transcríticos, pode-se recorrer ao Ciclo de Compressão do tipo Cascata, em que o CO_2 circula num regime subcrítico a pressões inferiores. Estes sistemas têm a capacidade de cumprir com requisitos de média e baixa temperaturas obtendo, também, uma elevada eficiência energética [33].

Tipicamente, o sistema de refrigeração em Cascata utiliza CO_2 e NH_3 em circuitos de baixa e alta temperaturas (LTC e HTC), respetivamente, em instalações para conservação alimentar a baixas temperaturas e, ainda, para rápidas congelações [33].
A Figura 2.22 apresenta o esquema de princípio e respetivo diagrama P-h para os sistemas do tipo Cascata.

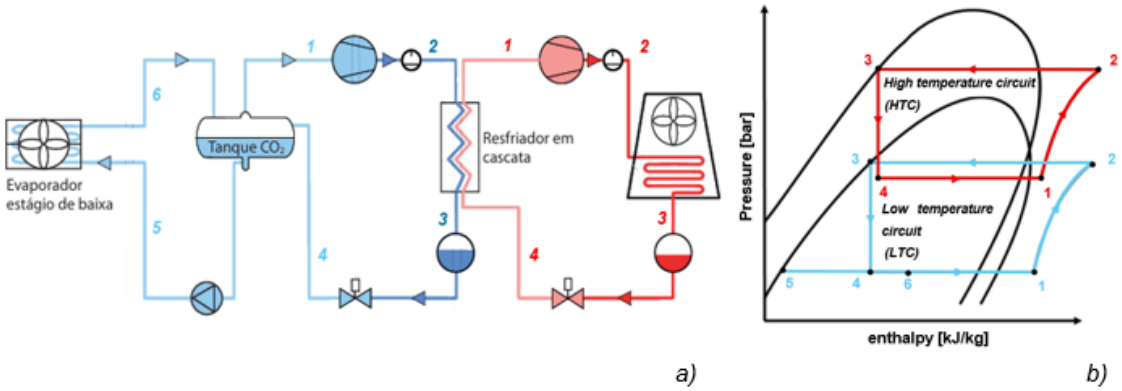


Figura 2.22 – Esquema de Princípio de Ciclo Cascata a CO_2/NH_3 (a) e diagrama P-h (b), adaptado de [18] e [34].

Como se observa na Figura 2.22, estes dois circuitos encontram-se interligados através de um permutador de calor que atua como Condensador para o circuito de baixa temperatura e como Evaporador no circuito de alta temperatura [35].
Uma das muitas particularidades destas instalações, prende-se com o facto de permitirem diminuir a carga de NH_3 do sistema e de o restringir à sala de máquinas, contribuindo para a segurança da instalação. Um inconveniente que merece destaque é a existência do permutador de calor que introduz perdas de calor, o que diminui a eficiência energética, comparativamente a sistemas multiestágio a NH_3.

Pressão de Projeto

A determinação das pressões de projeto nestes sistemas Cascata CO_2/NH_3, deve contemplar os seguintes fatores [35]:

- Pressão atingida durante paragem da Instalação;
- Pressão requerida para Descongelação.

Quando o sistema é desligado, a pressão aumenta, devido aos ganhos térmicos do ar ambiente. O CO_2 funciona em regimes de pressões muito elevadas, pelo que qualquer aumento de temperatura, traduz um elevado aumento na pressão.
Por exemplo, se a temperatura do fluido atingir os 0ºC, a pressão de saturação é de 35 bar(g), enquanto se a temperatura for de 20ºC, a pressão atinge os 57,2 bar(g).

Assim, importa projetar o sistema para pressões que se aproximam destes valores. Além disto, existem diversos métodos de descongelação, explicitados anteriormente em 2.5, sendo o método mais eficaz a descongelação por gás quente.

A utilização deste método obriga a uma pressão de projeto mais elevada, permitindo temperaturas de descongelação de cerca de 10ºC. A esta temperatura, a pressão de saturação do CO_2 ronda os 45 bar(g), pelo que adicionando 10% como pressão de ajuste das válvulas de segurança e 5% de pressão de pico, obtém-se uma pressão de Projeto de 52 bar(g) [35], tal como sugere a Figura 2.23.

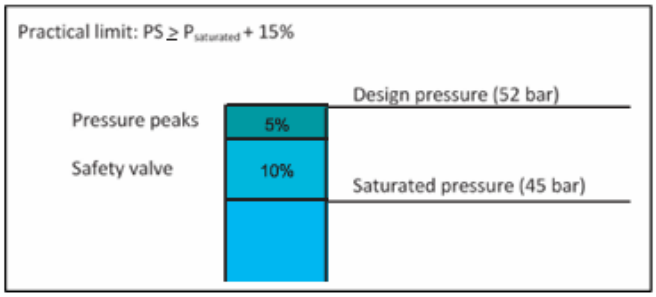


Figura 2.23 – Pressão de Projeto recomendada para circuito LTC em sistemas do tipo Cascata CO_2/NH_3 [35].

É importante realçar que a descongelação por gás quente pode obrigar o sistema a incorporar um compressor para a descongelação para comprimir o CO_2 à temperatura média (MT) para a pressão de 52bar(g) e direcioná-lo para os Evaporadores.

A Figura 2.24 ilustra um sistema típico do tipo Cascata a CO_2/NH_3 de dois estágios de Evaporação com a indicação das pressões de projeto recomendadas.

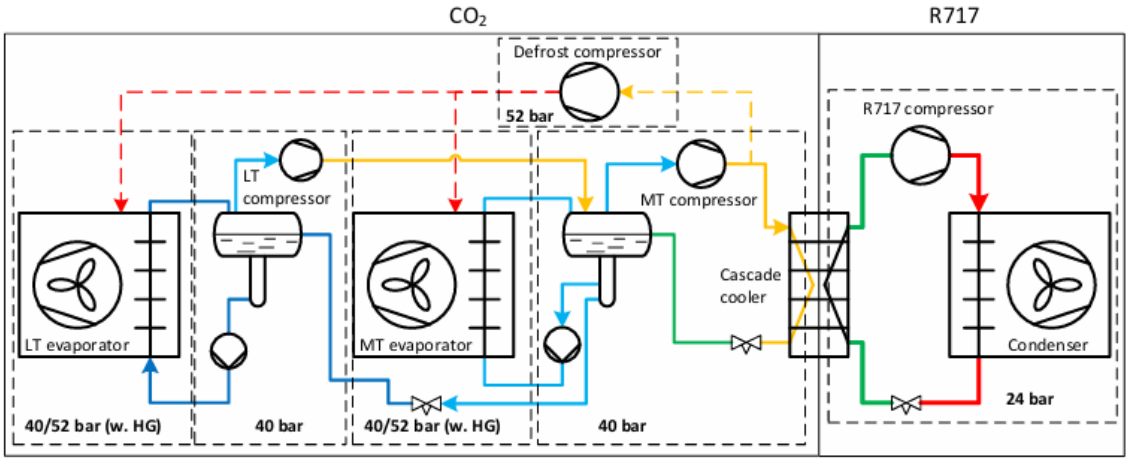


Figura 2.24 – Esquema de Princípio de sistema Cascata a CO2/NH3 com dois estágios de Evaporação e respetivas pressões de projeto [35].

Fugas em sistema Cascata a CO_2/NH_3

Para além das pressões elevadas de serviço neste sistema, as possíveis fugas de CO_2 e NH_3 constituem um perigo elevado da instalação, devido à toxicidade e corrosividade do amoníaco, explicadas em 2.6.4.

A situação de fuga mais comprometedora para estes sistemas é quando estas ocorrem no permutador de calor a CO_2/NH_3.

A pressão do CO_2 é muito mais elevada, comparativamente à pressão de serviço do NH_3, pelo que ocorre a contaminação do circuito de NH_3.

Quando estes dois fluidos se misturam, formam uma substância sólida, designada por Carbonato de Amônio, que possui propriedades extremamente corrosivas que deterioram as tubagens e os equipamentos da instalação, sendo um "impulsionador" de outras fugas no sistema.

A equação 2.48 traduz a transformação química destes dois fluidos, quando ocorre a sua mistura [18].

$$CO_2 + 2NH_3 \rightarrow H_2NCOONH_4 \qquad (2.48)$$

2.11 Projeto de Tubagem de uma Instalação

O dimensionamento da tubagem e respetivo isolamento é fundamental para projetar uma instalação frigorífica não só energeticamente eficiente, mas também fiável, permitido o seu funcionamento por largos anos sem avarias ou fugas.

Para o projeto da tubagem é necessário ter em consideração os seguintes aspetos [36]:

- Fluido frigorigéneo circulante e suas propriedades corrosivas;
- Velocidades recomendadas para cada linha de tubagem;
- Limites de perdas de carga ao longo da tubagem;
- Máxima capacidade frigorífica da instalação;
- Retorno adequado do óleo aos compressores;
- Custo mínimo;
- Carga mínima de fluido frigorigéneo.

As perdas de carga nas linhas de tubagem podem ser provocadas pelo atrito das paredes internas da mesma (perdas distribuídas) e pelas perdas de pressão na passagem do fluido pelos acessórios (perdas localizadas) que restringem o seu escoamento.

2.11.1 Tubagem e Acessórios

As perdas de carga distribuídas ($\Delta P_{Distribuídas}$) são determinadas com recurso à equação de *Darcy-Weisbach*, apresentada na equação 2.49, que indica, quantitativamente, como é que o diâmetro e comprimento da tubagem e as propriedades do fluido as influenciam [37] .

$$\Delta P_{Distribuídas} = f \frac{L}{D_i} \frac{V^2}{2} \rho \quad [Pa] \tag{2.49}$$

Com:

f – Fator de Atrito [Adimensional];

D_i – Diâmetro interno e comprimento da tubagem [m];

L – Comprimento da tubagem [m];

V – Velocidade do escoamento do fluido [m/s];

ρ – Densidade do fluido [kg/m^3];

A equação 2.50 pode surgir sob a forma de energia específica representada por:

$$\Delta h_{Distribuídas} = \frac{\Delta P}{\rho g} = f \frac{L}{D_i} \frac{V^2}{2g} \quad [m.c.l] \tag{2.50}$$

O Fator de Atrito é função do nº de Reynolds, rugosidade absoluta e diâmetro interno da tubagem, podendo ser obtido pelo Diagrama de *Moody*, apresentada na Figura 2.25.

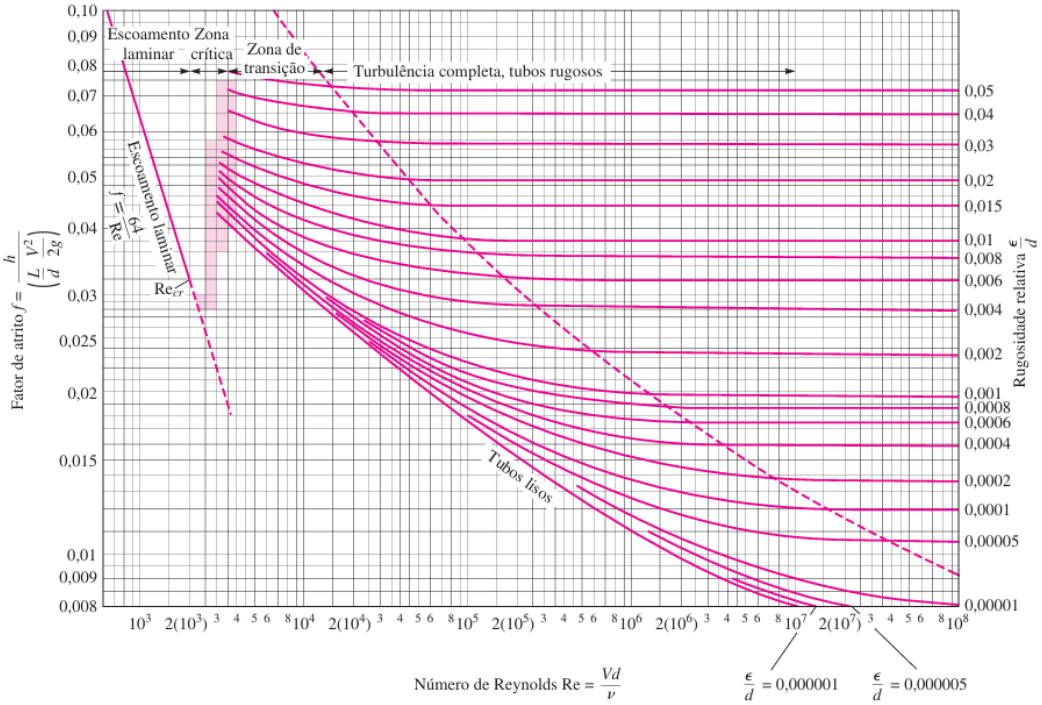


Figura 2.25 – Diagrama de *Moody* [38].

Já o número de Reynolds pode ser determinado com recurso à equação 2.11, apresentada em 2.7.2.

É relevante referir que, a maioria das vezes, as tubagens direcionam fluido no estado de líquido ou vapor. Contudo, existe algumas exceções, principalmente em sistemas Inundados, sendo que na tubagem das linhas de retorno aos Depósitos Separadores circula uma mistura bifásica de fluido [39].

A viscosidade dinâmica de uma mistura bifásica ($\mu_{mistura}$), necessária para o cálculo do nº de Reynolds, é dada equação de *Arrhenius* [40], expressa pela equação 2.51.

$$\log \mu_{mistura} = x_{vapor} \log \mu_{vapor} + x_{líquido} \log \mu_{líquido} \tag{2.51}$$

Com:

x_{vapor} e $x_{líquido}$ – Títulos das fases de vapor e líquido do fluido;

μ_{vapor} e $\mu_{líquido}$ – Viscosidades dinâmicas das fases de vapor e líquido [Pa.s].

O cálculo da velocidade de escoamento do fluido (V_{fluido}) é dada pela equação 2.52.

$$V_{fluido} = \frac{\dot{V}_{fluido}}{A_{transversal}} = \frac{4\dot{V}_{fluido}}{\pi D_i^2} \quad [m/s] \tag{2.52}$$

Sendo:

$\dot{V}_{fluido}$ – Caudal volúmico do fluido [m^3/s];

$A_{transversal}$ – Área transversal da Tubagem [m^2].

Considerando estes conceitos, constata-se que a dimensão da tubagem impõe uma grande influência na velocidade do escoamento e na perda de pressão.

De acordo com a relação da equação 2.53, para duas tubagens (índices 1 e 2) de igual comprimento e com o mesmo caudal volúmico, verifica-se que, quando o diâmetro é reduzido em 50%, a velocidade aumenta quatro vezes.

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \tag{2.53}$$

Por outro lado, se for considerada a relação da equação 2.54 e esta for inserida na razão entre perdas de carga das duas tubagens, verifica-se que um aumento de 50% no diâmetro da tubagem implica um aumento de 32 vezes na perda de carga.

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \frac{D_1}{D_2}\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{D_1}{D_2}\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5 \tag{2.54}$$

O ajuste da velocidade de cada linha de tubagem é muito importante, especialmente nas linhas de aspiração, uma vez que se deve assegurar uma velocidade suficientemente alta para transportar o óleo de volta aos compressores e, em simultâneo, evitar uma queda de pressão excessiva [36].
Deste modo, a *ASHRAE* em [41] fornece velocidades recomendadas para cada tipo de linha de tubagem, estando estes valores expostos no Quadro 2.11.

Quadro 2.11 – Velocidades recomendadas para tubagem, adaptado de [41].

Tipologia das Linhas	***Velocidades [m/s]***
Aspiração Compressores	4,5 - 20
Descarga Compressores	10 - 18
Líquido (Condensador até Depósito Separador)	≤ 0,5
Líquido (Depósito Separador até Evaporadores)	≤ 1,5
Aspiração Bombas de Recirculação	≈ 0,9

Relativamente às perdas de carga localizadas ($\Delta h_{Localizada}$), referentes aos acessórios, existem duas metodologias utilizadas, sendo estas o método do comprimento equivalente e o método dos coeficientes K´s.
O método do comprimento equivalente avalia as perdas de carga do acessório com um determinado comprimento equivalente de tubagem (L_{eq}).
Deste modo, cada acessório de tubagem será substituído por um comprimento de tubagem, cuja perda de carga por atrito é equivalente à perda verificada no acessório.
A equação 2.55 ilustra a equação de *Darcy-Weisbach* aplicada a este método.

$$\Delta h_{Localizada} = \frac{L_{eq}}{D_i}\frac{V^2}{2g} \quad [m.c.l] \tag{2.55}$$

O métodos dos K´s é definido atendendo a equação de *Darcy-Weisbach*, sendo as perdas de carga de um determinado acessório calculadas através da seguinte expressão:

$$\Delta h_{Localizada} = K\frac{V^2}{2g} \quad [m.c.l] \quad com\ K = f\frac{L_{eq}}{D_i} \quad [Adimensional] \tag{2.56}$$

Os valores de K´s e os comprimentos equivalentes, fornecidos pela *ASHRAE*, considerados para a elaboração deste relatório de estágio, encontram-se no Anexo K.
Além disto, a literatura *ASHRAE* em [42], indica, também, que a perda de carga na aspiração dos compressores, em temperatura equivalente, deve-se encontrar entre 0,5 e 1,5 K. Já na descarga, a perda de pressão deverá estar entre os 7 e os 15 kPa.

2.11.2 Materiais da Tubagem

A seleção dos materiais constituintes da tubagem da instalação é fulcral para diminuir as incidências de fugas de fluido frigorigéneo. Este fator, está intimamente ligado às propriedades dos fluidos circulantes de toxicidade e corrosividade, explicitado anteriormente em 2.6.
Uma vez que o amoníaco é muito corrosivo e tóxico por inalação, toda a tubagem que o contém deverá ser de aço carbono ou inoxidável.
De acordo com a ASHRAE em [42], os aços carbonos admissíveis, sem costura de soldadura, para circulação do NH_3 são os seguintes:

- ASTM Standard A53 grau A ou B;
- ASTM Standard A106.

Além disto, a espessura da tubagem possui valores mínimos em função do diâmetro da mesma, tal como se observa no Quadro 2.12.

Quadro 2.12 – Espessuras mínimas de Tubagem de Aço Carbono para NH3, adotado de [42].

Linhas de Líquido		***Linhas de Gás***	
Diâmetro	***Shedule***	***Diâmetro***	***Shedule***
$\boldsymbol{D_N} \leq 40$	Sh80	$D_N \leq 150$	Sh40
$50 \leq \boldsymbol{D_N} \leq 150$	Sh40	$200 \leq D_N \leq 300$	Sh20
$200 \leq \boldsymbol{D_N} \leq 300$	Sh20	$D_N \geq 350$	Sh10

Em relação aos sistemas a CO_2 utiliza-se tubagens de cobre K65 S120 para linhas de descarga e K65 S80 para as restantes. As grandes vantagens destes materiais são a elevada resistência mecânica, leveza e, ainda, a sua elevada compatibilidade com a solda de tubos de cobre tradicionais [43].
Deste modo, as tubagens de cobre K65 S120 e K65 S80 permitem pressões de serviço de até 120 e até 80 bar(g), respetivamente.

2.11.3 Isolamento

As trocas de calor do ambiente para o fluido frigorigéneo ao longo do comprimento da tubagem ocorrem por meio de condução, convecção e radiação. No entanto, os efeitos de radiação podem ser negligenciados. De modo a mitigar os efeitos da transferência de calor, toda a tubagem da instalação deverá estar termicamente isolada, sendo recomendado pela *ASHRAE* em [44], que o fluxo de calor não ultrapasse os 25 W/m^2.
De forma a determinar o fluxo de calor, recorre-se a uma analogia com a lei de *Ohm*, onde o fluxo de calor (q) é a razão entre o diferencial de temperatura (ΔT) e o somatório de todas as resistências térmicas (R), tal como descreve a equação 2.57.

$$q = \frac{\Delta T}{\sum R} \quad [W/m^2] \tag{2.57}$$

A lei de *Fourier*, que traduz o fluxo de calor por condução (q_r), aplicada a corpos com geometria cilíndrica pode ser escrita pela equação 2.58.

$$q_{condução} = -kA\frac{dT}{dr} = -2\pi kL\frac{dT}{dr} \quad [W/m^2] \tag{2.58}$$

Onde:
k – Condutividade Térmica [W/m.K];
L – Comprimento da Tubagem [m];
A – Área transversal da Tubagem [m^2].

Por sua vez, o fluxo de calor que ocorre por convecção ($q_{convecção}$) do fluido e do ar ambiente que envolve a tubagem depende do índice de convecção (h) e pode ser determinado pela expressão 2.59:

$$q_{convecção} = hA\Delta T \quad [W/m^2] \tag{2.59}$$

Assim, as resistências térmicas por condução ($R_{condução}$) e por convecção ($R_{convecção}$) para um corpo cilíndrico podem ser descritas pelas equações 2.60 e 2.61.

$$R_{condução} = \frac{\ln(r_e/r_i)}{2\pi kL} \quad [K/W.m] \tag{2.60}$$

$$R_{convecção} = \frac{1}{hA} \quad [K/W.m] \tag{2.61}$$

Com:
r_e e r_i – Raios exterior e interior da Tubagem, respetivamente [m];

A Figura 2.26 ilustra o corte de uma tubagem genérica com camada de isolamento térmico, bem como as resistências térmicas de condução e convecção que se opõem ao fluxo de calor, representadas recorrendo à analogia de resistências elétricas.

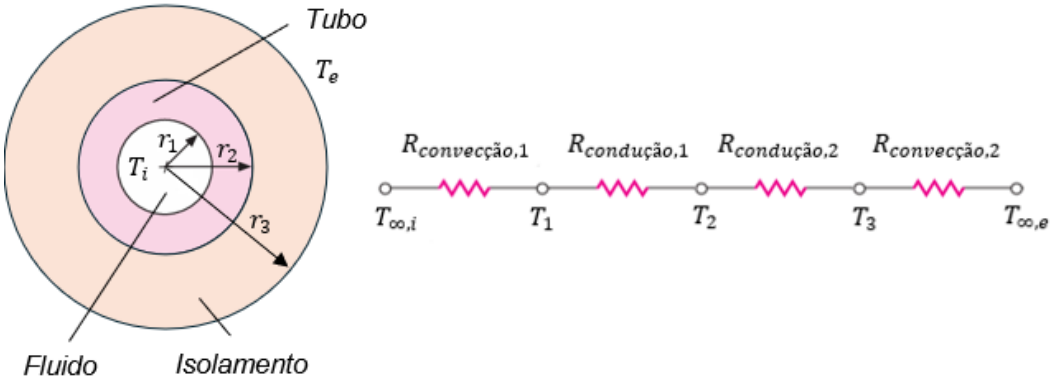


Figura 2.26 – Representação de tubagem em corte com camada de isolamento e respetivas resistências térmicas, adaptado de [45].

Com base na Figura 2.26, torna-se possível escrever a equação 2.62, que permite determinar o fluxo de calor que ocorre nessa tubagem.

$$q_{tubagem} = \frac{\Delta T}{R_{convecção,1} + R_{condução,1} + R_{condução,2} + R_{convecção,2}} \; [K/W.m] \quad (2.62)$$

O índice de convecção determina-se empiricamente através do cálculo do número de *Nussell*. Segundo a *ASHRAE – Fundamentals* em [46], para um fluido de arrefecimento num escoamento turbulento com nº Reynolds superior a 10 000, o número de *Nusselt* (Nu) é dado pela equação 2.63.

$$Nu = 0{,}023 \times Re^{\frac{4}{5}} \times Pr^{0,3} \quad [Adimensional] \quad (2.63)$$

O nº de *Reynolds* é determinado recorrendo-se à equação 2.11 apresentada em 2.7.2 e o número de *Prandtl* (Pr) é dado pela expressão 2.64:

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} \quad [Adimensional] \quad (2.64)$$

C_p e μ – Calor específico [kJ/kg] e Viscosidade dinâmica [Pa.s], respetivamente.

Note-se que o índice de condutividade térmica (k) é uma característica dos materiais fornecida pelos fabricantes.

Após determinação do nº *Nussell*, calcula-se o índice de convecção do fluido frigorigéneo, utilizando a equação 2.65.

$$Nu = \frac{h_{NH3}D}{k} \leftrightarrow h_{fluido} = \frac{kNu}{D} \quad [W/m^2.ºC] \tag{2.65}$$

Pelo contrário, o índice de convecção do ar ambiente pode ser determinado através de uma expressão empírica, recomendada pela *ASHRAE – Fundamentals* [46], dada pela equação 2.66.

$$h_{ar} = \frac{2{,}755V_{ar}^{0,471}}{D^{0,529}} \quad [W/m^2.ºC] \tag{2.66}$$

Sendo:

V_{ar} – Velocidade do Ar ambiente [m/s].

Como se observa, o cálculo do índice de convecção do fluido frigorigéneo, requere o índice de condutividade térmica do mesmo, que pode ser retirado das tabelas das propriedades termodinâmicas da *ASHRAE - Fundamentals* [47].

Porém, como referido anteriormente, podem existir linhas de tubagem onde circula uma mistura bifásica de líquido e vapor. Da literatura em [48], retira-se a equação 2.67 para obter uma estimativa do índice de condutividade térmica desta mistura ($k_{mistura}$).

$$k_{mistura} = \left[\frac{1-\left[1-\frac{3k_v}{(2k_l+k_v)}\right]x_v}{1-\left[1-\frac{3k_l}{(2k_l+k_v)}\right]x_v}\right]k_l \quad [W/m.K] \tag{2.67}$$

Sendo:

k_v e k_l – índices de Condutividade térmica das fases de vapor e líquido, respetivamente [W/m.K];

x_v – Título da fase de vapor.

Por fim, importa sublinhar que o dimensionamento do isolamento das tubagens baseia-se num processo iterativo, em que se faz variar a espessura do isolamento até obter um fluxo de calor por unidade de área admissível, isto é, inferior a 25 W/m^2.

Esta iteração encontrar-se-á concluída quando se atingir a espessura ótima, ou seja, a espessura mínima que permite cumprir a condição imposta pela *ASHRAE*.

No Anexo J encontra-se um exemplo de aplicação desta metodologia analítica para compreender melhor este cálculo.

2.12 Cargas Térmicas

A fim de dimensionar os equipamentos de uma instalação frigorífica, torna-se necessário determinar as cargas térmicas a dissipar, isto é, as necessidades de remoção de calor de cada câmara. Estas cargas surgem associadas a vários fatores sendo estes os seguintes:

- **Cargas da Envolvente**, provocadas pelo gradiente térmico entre a temperatura exterior e interior das câmaras frigoríficas.
- **Cargas do Produto**, que resultam da rotatividade diária dos produtos e da sua temperatura superior, face à temperatura interior das câmaras.
- **Cargas Internas**, relativas à ocupação interna das câmaras, bem como à existência de equipamentos que dissipam calor para as câmaras.
- **Cargas de Infiltrações de Ar**, que podem ocorrer através da abertura de portas e, ainda, através de deficiências na estanquicidade das câmaras.

2.12.1 Cargas da Envolvente

Quando existe um diferencial de temperatura entre o ar exterior e o ar interior da câmara frigorífica, dá-se transmissão de calor por condução da fonte quente para a fria, através das paredes, tetos e solo. Se estas superfícies de contacto forem retangulares, pode-se aplicar a equação 2.68 para determinar as cargas por condução da envolvente [45].

$$\dot{Q}_{Condução} = \mathrm{A} \times \mathrm{U} \times \Delta\mathrm{T} \quad [\mathrm{W}] \tag{2.68}$$

Onde:

A – Área Transversal da superfície [m];

U – Coeficiente Global de Transmissão de Calor [W/m^2.K];

Este coeficiente Global de Transmissão de Calor é o inverso do somatório das resistências térmicas de cada material que constitui a superfície, tal como descreve a equação 2.69.

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \cdots + R_n} \quad com\ n = n^{\underline{o}}\ camadas \tag{2.69}$$

Com:

R_n – Resistência Térmica [K.m^2/W].

A Figura 2.27 ilustra uma superfície genérica constituída por várias camadas de materiais com diferentes espessuras, representando, também, o fluxo de calor, transmitido por condução térmica.

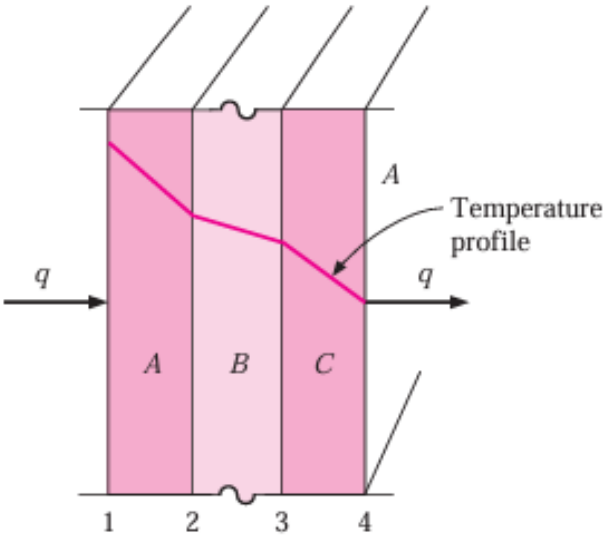


Figura 2.27 - Transmissão de Calor por condução numa superfície genérica [45].

Relativamente à resistência térmica de cada material, esta depende da espessura da camada e, ainda, do coeficiente de condutividade térmica, que é característica de cada material, tal como se verifica através da equação 2.70.

$$R = \frac{e}{k} \quad [m^2.K/W] \tag{2.70}$$

Sendo:

e – Espessura da camada [m];

Para além do mais, segundo as recomendações *ASHRAE-Refrigeration*, presentes em [49], ao diferencial de temperatura (ΔT) entre o exterior e o interior de cada câmara, deverá ser acrescido um incremento relativo ao efeito da radiação solar incidente, disposto no Quadro 2.13.

Quadro 2.13 – Acréscimo de Temperatura por Efeito Solar, adaptado de [49].

Tipo de Superfície	Parede Este [K]	Parede Sul [K]	Parede Oeste [K]	Teto [K]
Cor escura	5	3	5	11
Cor média	4	3	4	9
Cor clara	3	2	3	5

Deste modo, a carga térmica total perdida por Condução para cada espaço ou câmara com temperatura controlada é expressa pela equação 2.71 [45].

$$\dot{Q}_{Total\ Condução} = \dot{Q}_{paredes} + \dot{Q}_{teto} + \dot{Q}_{chão} \quad [W] \qquad (2.71)$$

2.12.2 Cargas do Produto

O produto refrigerado ou congelado também contribui para as cargas térmicas a dissipar pelas câmaras frigoríficas, uma vez que estes produtos são, a maior parte das vezes, transportados com uma temperatura controlada superior às temperaturas de conservação em câmara. Além disso, ao longo do transporte e no seu manuseamento, os produtos acabam por absorver calor do meio que os rodeia.

Assim, de forma a determinar as cargas térmicas do produto, é importante determinar a quantidade a armazenar em câmara, bem como conhecer a sua rotatividade diária, isto é, a entrada e saída de produto da câmara, tal como a equação abaixo sugere.

$$\dot{m}_{prod.diário} = \dot{m}_{prod.armazenado} \times Rot._{diária} \quad [kg/24h] \qquad (2.72)$$

Com:

$\dot{m}_{prod.diário}$ – Quantidade de produto introduzido e retirado por dia [kg/24h];

$\dot{m}_{prod.armazenado}$ – Quantidade máxima de produto armazenado em câmara [kg];

$Rot._{diária}$ – Rotatividade diária [0-1].

Sabendo as quantidades rotativas do produto pode-se determinar a carga térmica introduzida pelo mesmo.

Se o objetivo for congelar o produto dentro da câmara frigorífica, torna-se necessário contabilizar o calor removido para o produto atingir a temperatura de congelação e, ainda, o calor removido após congelação, até alcançar a temperatura de conservação.

Deste modo, uma operação de congelação requer conhecer os calores específicos do produto acima e abaixo da temperatura de congelação e o calor latente de congelação do produto [50].

As equações 2.73 e 2.74 permitem determinar as cargas térmicas de um determinado produto não congelado em regimes de refrigeração e de congelação, respetivamente.

$$\dot{Q}_{Arrefecimento} = \dot{m}_{prod.diário} \times C_{pa} \times (T_i - T_f) \quad [kW] \qquad (2.73)$$

$$\dot{Q}_{Arrefecimento} = \dot{m}_{prod.diário} \times \left[C_{pa}(T_i - T_c) + h_{sf} + C_{pd}(T_c - T_f)\right] \quad [kW] \qquad (2.74)$$

Sendo:

T_i – Temperatura de entrada do produto [ºC];

T_c – Temperatura de congelação do produto [ºC];

T_f – Temperatura final de conservação do produto [ºC];

C_{pa} – Calor específico antes da congelação [kJ/kg.K];

C_{pd} – Calor específico depois da congelação [kJ/kg.K];

h_{sf} – Calor latente de solidificação do produto [kJ/kg.K].

Por vezes, quando se procede à conservação de alimentos processados, que são uma combinação de vários produtos elementares (matéria-prima), é necessário determinar o calor específico aparente ($C_{aparente}$) depois da congelação, uma vez que estes alimentos já se encontram congelados. Segundo a *ASHRAE – Refrigeration* em [51], a expressão que permite estimar o calor específico aparente é dada pela equação 2.75.

$$C_{aparente} = 1{,}55 + 1{,}26x_{sólidos} - \frac{(x_{wo} - x_b)L_o T_{conservação}}{T_{média}} \quad [kJ/kg.K] \qquad (2.75)$$

Onde:

$x_{sólidos}$ – Fração mássica de sólidos que constituem o alimento processado;

x_{wo} – Fração mássica de água antes da congelação do alimento processado;

x_b – Fração mássica de água indissociável dos sólidos do alimento processado;

L_o – Calor latente da fusão da água [333,6 kJ/kg];

$T_{conservação}$ – Temperatura de congelação do alimento processado [ºC];

$T_{média}$ – Temperatura média entre entrada do produto e de conservação [ºC].

A estimativa da fração mássica de sólidos é dada pela equação 2.76, sendo necessário conhecer, através da composição química do alimento processado, as frações mássicas das proteínas, hidratos de carbono, lípidos e fibras.

$$x_{sólidos} = x_{proteínas} + x_{hidratos} + x_{lípidos} + x_{fibras} \qquad (2.76)$$

Já a fração de água antes da congelação é a restante fração mássica do alimento, tal como sugere a equação 2.77.

$$x_{wo} = 1 - x_{sólidos} \qquad (2.77)$$

A fração de água que é indissociável da fração sólida é aproximada a 40% da fração mássica de proteínas do alimento, tal como ilustra a equação 2.78.

$$x_b = 0{,}4x_{proteínas} \quad (2.78)$$

A temperatura de congelação dos alimentos é dada pelas tabelas de dados da *ASHRAE-Refrigeration* [51].

Por outro lado, o cálculo da carga térmica dos produtos deve, também, contabilizar o calor libertado resultante do processo de Respiração Celular, característica biológica dos produtos vegetais.

Para tal, torna-se fundamental conhecer a energia libertada sob a forma de calor dos produtos, disponível em diversas bases de dados como, por exemplo, as que se encontram expostas nas recomendações ASHRAE em [51].

Desta forma, as cargas térmicas dos produtos provenientes da Respiração são dadas pela equação 2.79 [49].

$$\dot{Q}_{Respiração} = \dot{m}_{prod.diário} \times E_{Respiração} \quad [kW] \quad (2.79)$$

Com:

$E_{Respiração}$ – Energia Libertada por Respiração Celular [kW/kg].

Assim, a perda térmica dos produtos pode ser determinada através da equação 2.80.

$$\dot{Q}_{Produtos} = \dot{Q}_{Arrefecimento} + \dot{Q}_{Respiração} \quad [kW] \quad (2.80)$$

À semelhança com o produto a refrigerar ou congelar, a estiva do produto, isto é, o seu tipo de acondicionamento, também poderá provocar cargas térmicas a dissipar pelo sistema de Refrigeração, desde que esta estiva possua uma temperatura diferente das câmaras frigoríficas.

Deste modo, considera-se a massa da estiva e respetivas temperaturas de entrada (T_i) e de conservação (T_f), bem como o calor específico do seu material constituinte, possibilitando a determinação das cargas da estiva ($\dot{Q}_{Estiva}$) através da equação 2.81.

$$\dot{Q}_{Estiva} = \dot{m}_{prod.diário} \times C_p \times (T_i - T_f) \quad [kW] \quad (2.81)$$

2.12.3 Cargas Internas

As cargas térmicas internas dos espaços de temperatura controlada englobam todos os fatores que libertam diretamente calor para os mesmos, sendo a iluminação, os equipamentos e as pessoas que operam no interior destes espaços, os fatores que mais contribuem para a existência destas cargas térmicas.

Cargas Térmicas de Ocupação

Relativamente às cargas geradas pela ocupação dos espaços, estas dependem do tipo de função das pessoas e da sua exigência, bem como o tempo de permanência no espaço de temperatura controlada.
A partir de tabelas da ASHRAE [49], pode-se obter uma estimativa da carga térmica introduzida pelas pessoas que ocupam o espaço controlado, em função da temperatura de conservação da câmara e do número de ocupantes.

Cargas Térmicas de Iluminação

Por sua vez, a iluminação do espaço de temperatura controlada influência as cargas térmicas internas, dissipando calor, por efeito joule. A equação 2.82 permite determinar estas cargas, considerando a densidade de iluminação ($E_{Iluminação}$) da câmara frigorífica.

$$\dot{Q}_{Iluminação} = 1000 E_{Iluminação} \times A \quad [kW] \qquad (2.82)$$

Tipicamente, a densidade de iluminação ronda valores de 12 a 15 W/m^2, segundo [52].

Cargas Térmicas de Equipamentos

Alguns equipamentos de logística e transporte dos produtos que operam no interior das câmaras como, por exemplo, empilhadores, produzem calor que contribuem para este tipo de cargas térmicas. Por outro lado, alguns espaços de temperatura controlada de processamento possuem equipamentos de moagem, mistura e de cozedura [49], que também dissipam calor e que têm de ser consideradas no cálculo das cargas térmicas.
As recomendações da *ASHRAE - Refrigeration* [49], disponibilizam tabelas que possuem dados relativos aos ganhos de calor produzidos por motores elétricos, consoante a sua potência elétrica.

Cargas Térmicas Internas Globais

Após a determinação das cargas referentes aos vários fatores que contribuem para os ganhos internos de uma determinada câmara, define-se o número de horas de ocupação (NHO) deste espaço, possibilitando o cálculo final das cargas internas, tal como sugere a equação 2.83.

$$\dot{Q}_{Internas} = \left(\frac{NHO}{24}\right)(\dot{Q}_{Ocupação} + \dot{Q}_{Iluminação} + \dot{Q}_{Equipamentos}) \quad [kW] \qquad (2.83)$$

2.12.4 Cargas de Infiltrações de Ar

Por fim, a carga térmica produzida no interior da câmara também é influenciada pelas eventuais infiltrações de ar que decorrem através da abertura de uma porta ou de alguma deficiência na estanquicidade dos espaços controlados.

Estas infiltrações ocorrem, frequentemente, devido à diferença de densidade do ar entre câmaras [49]. As pressões dos espaços adjacentes com temperaturas distintas acabam por evoluir até atingir a pressão neutra de elevação.

No entanto, abaixo e acima deste plano de pressão neutra, a pressão do ar difere no exterior e interior da câmara de temperatura controlada, devido à força estática da coluna de ar, que é função da densidade do ar [50].

Além do mais, a pressão do ar aumenta a uma taxa mais elevada dentro da câmara com menor temperatura, dado que a densidade do ar é superior no interior da câmara, comparativamente com o ar exterior.

Desta forma, a pressão do ar aumenta mais rapidamente abaixo da pressão neutra de elevação, enquanto a pressão do ar decresce a uma maior taxa acima desse plano de pressão neutra [50].

Assim, este fenómeno, permite explicar a razão pela qual o ar com temperatura mais baixa flui para o exterior no plano inferior da abertura e o ar com temperatura mais elevada flui do exterior para o interior da câmara, através do plano superior da abertura.

A Figura 2.28 ilustra o perfil de pressão do ar ao longo da abertura de uma câmara frigorífica, realçando o Plano Neutro de Elevação.

É importante sublinhar que, nos casos em que se pode considerar um escoamento estacionário, cumpre-se o balanço mássico de ar.

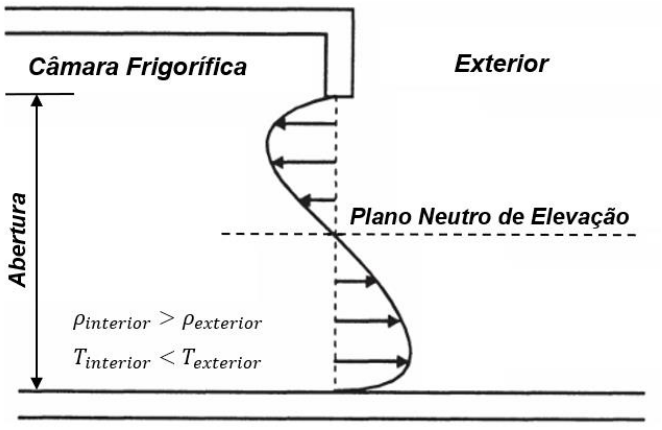


Figura 2.28 – Perfil de Pressão do fluxo de massas de ar em abertura de porta de câmara de frigorífica, adaptado de [49].

Uma vez mais, as recomendações da *ASHRAE - Refrigeration* em [49] apresentam uma metodologia para determinar as cargas térmicas introduzidas nos espaços de temperatura controlada, originadas por infiltrações de ar.
Segundo este método, o ganho térmico médio por trocas de ar com o exterior de uma determinada câmara frigorífica é dado pela equação 2.84.

$$\dot{Q}_{Infiltração} = \dot{Q}_{Sensível\ e\ Latente} D_t D_f (1 - E) \quad [kW] \tag{2.84}$$

Com:

$\dot{Q}_{Sensível\ e\ Latente}$ – Carga térmica Sensível e Latente [kW];
D_t – Fator de Abertura de porta (fração de tempo de abertura);
D_f – Fator de Fluxo;
E – Eficiência do dispositivo de proteção da porta.

Sabe-se também que, para um fluxo de ar completamente estabilizado, as cargas sensível e latente por infiltrações podem ser determinadas através da equação 2.85.

$$\dot{Q}_{Sensível\ e\ Latente} = 0{,}221 A (h_i - h_f) \rho_r \left(1 - \frac{\rho_i}{\rho_r}\right)^{0,5} (gH)^{0,5} F_m D_f D_t (1 - ef) \quad [kW] \tag{2.85}$$

Sendo:

A – Área da Abertura ou Porta [m^2];
h_i e h_r – Entalpia do ar de infiltração e da câmara, respetivamente [kJ/kg];
ρ_i e ρ_r – Densidade do ar de infiltração e da câmara, respetivamente [kg/m^3];
g – Constante Gravitacional (9,81 m/s^2);
H – Altura da Abertura ou Porta [m];
F_m – Fator de Densidade;
D_f – Fator de Fluxo [%];
D_t – Fator de Abertura de porta [%];
ef – Eficiência de Porta Aberta.

O fator de densidade (F_m) deve ser calculado com recurso à equação 2.86.

$$F_m = \left[\frac{2}{1 + (\rho_r/\rho_i)^{\frac{1}{3}}}\right]^{1,5} \tag{2.86}$$

Relativamente ao Fator de Abertura da porta, este pode ser determinado através da equação 2.87 [49].

$$D_t = \frac{(P\theta_p + 60\theta_o)}{3600\theta_d} \quad (2.87)$$

Sendo:

P – Número de passagens pela porta;

θ_p – Tempo de Abertura-Fecho da porta [s/passagem];

θ_o – Tempo de Permanência de porta aberta [min];

θ_d – Período de serviço da porta [h].

Segundo a *ASHRAE* [49], os tempos típicos de abertura-fecho de portas, em função da sua tipologia, variam entre 15 e 25 segundos para portas convencionais acionadas por cordão e 5 e 10 segundos para portas rápidas.

Além do mais, o Fator de Fluxo (D_f) é definido como a razão entre a atual troca de ar e a troca em condições de fluxo completamente estabilizado, isto é, sem quaisquer obstruções. Nestas condições, este fator assume o valor unitário.

No entanto, um valor conservativo deste fator para diferenciais de temperatura inferiores a 11ºC entre a câmara e o exterior será de 0,8 [49].

Finalmente, a eficiência dos dispositivos de proteção de portas contra infiltrações como, por exemplo, cortinas de ar podem variar entre 0,85 e 0,95 [49].

2.12.5 Cargas Globais

Após a determinação de todas as cargas térmicas do espaço de temperatura controlada, torna-se possível estimar a potência frigorífica mínima necessária garantir à instalação, através da equação 2.88 [49].

$$\dot{Q}_{Frigorífica} = \left(\frac{24}{TFE}\right)(\dot{Q}_{Cond} + \dot{Q}_{Prod} + \dot{Q}_{Int} + \dot{Q}_{Inf}) \times CS \quad [kW] \quad (2.88)$$

Com:

TFE – Tempo de Funcionamento Efetivo dos Evaporadores [h];

CS – Coeficiente de Segurança.

É importante referir que, habitualmente, procura-se que o tempo de funcionamento dos Evaporadores seja cerca de 16 a 18 horas, de modo a proteger a vida útil do equipamento.

3 Estágio Académico na Empresa Hiperfrio

3.1 Caracterização da Empresa

A empresa *Hiperfrio – Refrigeração Industrial e Comercial, Lda* é uma empresa de topo a nível nacional no ramo da refrigeração comercial e industrial, envolvida em projetos de refrigeração de média e grande dimensão. A empresa, fundada em 1996, adquiriu a empresa *Ritel* em 2007, ambas pertencendo ao grupo *ARH Solutions*, do qual também fazem parte as empresas *Aquimadeira* e *Hiperfrio Angola*.

A *Hiperfrio* procede ao projeto, execução e manutenção de sistemas de refrigeração com fluidos halogenados, como o Fréon, com fluidos naturais, entre os quais o CO_2 e o NH_3 e, ainda, sistemas com fluido secundário de água glicolada, procurando sempre uma simbiose entre a melhor solução técnica e o impacto ambiental.

A *Hiperfrio* é uma das empresas mais creditadas nas grandes superfícies comerciais, sendo responsável por várias instalações em grandes grupos de supermercados, como os grupos *Sonae*, *Jerónimo Martins*, *Intermarche*, entre outros.

Esta empresa conquista a confiança de diversos distribuidores agrícolas, como a *Frescura das Beiras*, *Kiwicoop*, *Quinta do Vilar*, ou *Cooperativa Agrícola do Távora*.

No indústria de processamento alimentar, a *Hiperfrio* também assume um papel preponderante ao projetar instalações como a *Frigosto*, *Faster* ou *Sicasal*, sendo, ainda, responsável por matadouros e aviários como a *Raporal-Stec*, *Matsel* e *Lusiaves*.

3.2 Trabalho desenvolvido na Empresa

Ao longo do estágio na Empresa *Hiperfrio* foram adquiridas várias competências técnicas e pessoais, fundamentais para o sucesso no setor da Refrigeração.

Inicialmente, foram realizadas tarefas, como pequenas alterações ao nível de desenho técnico das instalações, utilizando o software *AutoCad*.

Com o decorrer do estágio, passou-se a realizar implantações de painel isotérmico, portas isotérmicas e de serviço, equipamentos, tubagens dos circuitos, ente outros.

Com a supervisão da Eng.ª Mariana Martins e do Eng.º Rui Pépio, participou-se na orçamentação de algumas obras de pequena e média dimensão, contabilizando os equipamentos principais, equipamentos de controlo e segurança, isotermia e tubagens.

Por sua vez, passou-se a dimensionar estes equipamentos, como Evaporadores, Condensadores Evaporativos, Compressores, Bombas de Recirculação, entre outros.

Para além disto, realizou-se alguns dimensionamentos de tubagem e estimativa das cargas térmicas, com auxílio do Eng.º Paulo Paralvas e da Eng.ª Mariana Martins.

Neste estágio, foram discutidas questões relacionadas com a otimização das câmaras, passagens de tubagem, tipos de suporte dos painéis e tubagem e vazios sanitários.
Por outro lado, o contacto com diversos fornecedores destes equipamentos foi bastante enriquecedor, uma vez que contribuiu para uma visão abrangente dos custos associados, pormenores técnicos e sua montagem.
A manutenção dos compressores, dependente das horas de funcionamento e tipos de compressores, também foi abordada realizando-se propostas de manutenção para alguns clientes, contabilizando todas as peças, acessórios e mão de obra.
A nível de aprendizagem de programas de cálculo, para além de serem aprofundados os softwares de seleção e dimensionamento como o *CalCam* e *CproSelect (Centauro)*, *Bitzer*, *Coolselector (Danfoss)* e *Witt Select*, foi dada a oportunidade de aprender os conhecimentos básicos do software de Gestão *PHC*, onde se trabalhou com aberturas de Pedidos de Assistência Técnica e consulta de stock.
Destes trabalhos enunciados importa, também, destacar as visitas, ao encargo da Engª Mariana Martins, à obra da *Auchan* na Venda do Pinheiro, Lisboa, onde se acompanhou os trabalhos de montagem das câmaras, sala de máquinas e unidades condensadoras, contactando com toda a logística relacionada com a obra e normas de segurança.
A Figura 3.1 ilustra um registo fotográfico após instalação das unidades condensadoras no topo do Pavilhão da *Auchan*.

Figura 3.1 – Registo fotográfico de unidades condensadoras instaladas na Auchan localizada na Venda do Pinheiro, Lisboa.

Relativamente à instalação da *Frigosto – Indústria de Transformação e Preparação de Produtos Congelados, Lda*, nas Caldas da Rainha, não foram realizadas quaisquer visitas, devido ao sistema já se encontrar em funcionamento. No entanto, o vasto registo fotográfico e detalhes da instalação disponibilizados foram suficientes para o enquadramento do projeto e compreensão das decisões tomadas, contribuindo para os estudos e alternativas apresentados neste relatório de estágio.

4 Caso de Estudo

O caso de estudo, objeto deste Trabalho Final de Mestrado, baseia-se numa instalação frigorífica, inicialmente projetada e executada pela empresa *Hiperfrio*, localizada nas Caldas da Rainha – Portugal, tratando-se de uma ampliação da instalação existente.
O decorrer do estágio no Departamento de Engenharia e de Projeto da empresa, possibilitou a consulta das decisões tomadas, relativas às soluções adotadas.
Neste TFM, pretendeu-se implementar algumas alterações ao sistema de NH_3 existente e estudar uma alternativa otimizada, utilizando o NH_3 e o CO_2.

4.1 Layout da Instalação

O *layout* da instalação, objeto do presente caso de estudo, e respetivas condições de projeto, encontram-se dispostas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Identificação das zonas de congelação, Refrigeração e Climatização.

ZONAS	REF.	CxLxH [m]	VOLUME [m^3]	TEMPERATURA [ºC]
CONGELADOS				
Túnel de Congelação I	T5	6,95 x 4,00 x 4,00	111,2	-36/-34
Túnel de Congelação II	T6	6,85 x 4,78 x 4,00	131,0	-36/-34
Câmara de Congelados	CC15	23,24 x 12,45 x 6,50	1880,7	-22/-20
Câmara de Congelados	CC11	31,01 x 12,11 x 6,50	2441,0	-22/-20
Câmara de Congelados	CC12	31,01 x 6,61 x 6,50	1332,3	-22/-20
Picking de Congelados	PC	14,20 x 7,41 x 4,00	420,89	-10/-8
REFRIGERADOS				
Câmara de Refrigerados	CR16	7,09 x 4,37 x 4,00	123,9	0/+2
Câmara de Refrigerados	CR14	12,55 x 6,59 x 6,5	537,6	0/+2
Câmara de Refrigerados	CR13	4,55 x 4,90 x 4,00	89,2	0/+2
CLIMATIZADOS				
Sala Moldagem/Enchimento	81	11,96 x 9,03 x 4,00	432,0	+10/+12
Sala Acondicionamento	83	9,03 x 7,01 x 4,00	253,2	+10/+12
Sala Encartonamento	84	7,01 x 6,31 x 4,00	176,9	+10/+12
Cais de Expedição	85	25,58 x 9,50 x 4,00	972,0	+10/+12
Cais de Receção	93	14,90 x 12,38 x 4,00	737,8	+10/+12
Cozinha	78	9,03 x 4,90 x 4,00	177,0	+16/+18
Corredor Este	ZC4	45,40 x 5,03 x 4,00	913,4	+10/+12
Corredor Norte	ZC5	34,54 x 4,05 x 4,00	559,5	+10/+12

No Anexo A apresenta-se o *layout* da instalação com representação de todas as câmaras e salas climatizadas, bem como respetivas temperaturas de conservação.

Seguindo a lógica deste layout, os produtos de matéria-prima chegam às instalações por via do Cais de Receção, onde são pesados e direcionados para as devidas câmaras de conservação (Refrigerados ou Congelados).

De seguida, estes alimentos são transformados na sala de Moldagem e Enchimento, sendo cozinhados na área de cozinha.

Depois disto, os produtos processados seguem para os túneis estáticos de ultracongelação, onde são congelados.

A etapa posterior passa pelo embalamento e encartonamento dos mesmos sendo, depois, armazenados em câmaras de congelação.

Finalmente, através do "*Picking*" de Congelados, estes produtos são removidos destas câmaras de congelação e são expedidos no Cais de Expedição.

A Figura 4.1 apresenta um fluxograma das principais etapas de processamento alimentar que ocorre na empresa *Frigosto*.

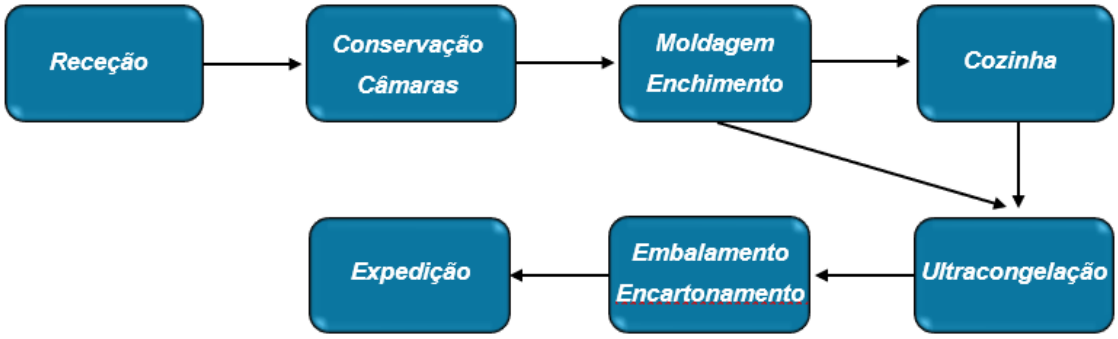


Figura 4.1 – Fluxograma de etapas de processamento alimentar da *Frigosto.*

4.2 Condições de Projeto

4.2.1 Condições do Ar Exterior

De forma a determinar a temperatura de condensação para garantir uma elevada eficiência dos Condensadores Evaporativos, foi necessário estimar a temperatura exterior de projeto.

Para tal, recorreu-se aos registos meteorológicos da Estação Meteorológica de Alcobaça, localizada perto das Caldas da Rainha, consultando as Normais Climatológicas para a estação de Verão.

O *Laboratório Nacional de Engenharia Civil* (*LNEC*) [53] disponibiliza temperaturas exteriores de projeto de verão de bolbo seco para várias estações meteorológicas, com probabilidades de ocorrência de 1 a 10%, tal como ilustra a Figura 4.2.

REGIAO	NUM. DE ORDEM	LOCAL	T TERM.SECO				TW TERM.MOLHADO COINCIDENTE COM T				TW TERM.MOLHADO				AMPLITUDE TERMICA DIARIA
			99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	99%	97.5%	95%	90%	
CONTINENTE	30	MONTEMOR-O-VELHO	32.3	30.0	27.7	25.5	22.0	21.1	20.2	19.6	22.9	21.8	21.0	20.1	10.5
	31	FUNDAO	34.8	33.5	32.1	30.1	20.5	19.9	19.6	18.9	22.3	21.1	20.1	19.2	15.0
	32	ZEBREIRA	36.4	34.9	33.5	31.7	19.8	19.5	19.2	18.6	21.3	20.6	20.0	19.1	14.8
	33	CASTELO BRANCO	36.2	34.9	33.6	31.7	21.5	21.1	20.7	19.9	24.1	22.3	21.3	20.3	14.1
	34	MARINHA GRANDE	31.5	28.7	26.2	24.3	20.3	19.6	19.4	19.0	21.7	20.8	20.2	19.4	10.5
	35	ALCOBACA	33.1	30.5	28.0	25.5	21.5	20.6	19.9	19.2	22.2	21.3	20.5	19.7	11.8
	36	TANCOS/B.AEREA	36.1	34.2	32.4	30.2	21.9	21.3	20.9	20.1	22.7	21.9	21.3	20.5	15.1
	37	ALVEGA	36.9	35.0	33.3	31.2	23.2	22.2	21.8	21.0	24.4	23.4	22.6	21.7	17.1
	38	MARVAO	31.8	30.4	29.2	27.4	18.5	18.2	17.9	17.3	20.9	19.7	18.9	18.0	10.1
	39	CAbO CARVOEIRO	23.9	22.2	21.4	20.6	18.8	18.5	18.5	18.0	19.8	19.3	18.8	18.4	4.1
	40	RIO MAIOR	34.5	32.3	30.0	27.6	22.1	21.5	20.7	20.0	23.1	22.2	21.5	20.6	13.2
	41	PORTALEGRE	33.6	32.2	30.7	29.1	18.4	17.8	17.4	17.1	19.5	19.1	18.5	17.8	13.5
	42	SANTAREM	35.6	33.6	31.9	29.7	21.9	21.3	20.8	20.1	22.8	22.0	21.4	20.6	15.5
	43	FONTE BOA	35.7	33.6	31.8	29.4	22.6	21.9	21.3	20.5	24.0	22.7	21.8	20.8	14.3
	44	OTA/BASE AEREA	34.8	32.8	30.9	28.6	22.1	21.2	20.6	19.9	22.7	21.9	21.2	20.4	11.9
	45	BENAVILA	37.0	35.3	33.7	31.6	22.6	21.9	21.3	20.5	23.7	22.7	21.9	20.9	16.5
	46	DOIS PORTOS	32.8	30.7	28.5	26.0	21.6	20.8	20.2	19.4	22.6	21.6	20.8	19.9	11.3

Figura 4.2 – Temperaturas exteriores de projeto para a estação meteorológica de Alcobaça disponibilizadas pelo *LNEC, adaptado de* [53].

Note-se que para a estação de Verão, as probabilidades de ocorrência de 1 a 10% correspondem a 99 a 90%, respetivamente, devido ao "andamento" da curva da Normal estatística.

Tendo em conta a situação mais adversa e com menor probabilidade de ocorrência, verifica-se que a temperatura exterior de verão de bolbo seco é de 33,1 ºC, pelo que adotou este valor também para a região Caldas da Rainha. Em relação à humidade relativa do ar exterior, considerou-se o valor médio de 60%.

Relativamente à temperatura do solo, consultou-se a Normal Climatológica fornecida pelo *Instituto Português do Mar e Atmosfera* (*IPMA*) para esta estação, relativa aos anos entre 1991 e 2020. Deste modo, equiparou-se a temperatura do solo à média da temperatura média diária do ar para o mês de agosto (mês mais quente).

A Figura 4.3 apresenta um excerto da normal climatológica consultada.

Normal Climatológica – Alcobaça / Estação de Fruticultura Vieira Natividade 1991-2020

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
TT [°C]	9.7	10.4	12.7	14.0	16.3	18.9	20.5	20.9	19.4	16.7	12.5	10.6	15.2
TX [°C]	15.3	16.3	18.5	19.7	22.1	24.6	26.1	27.0	25.9	22.9	18.2	16.1	21.1
TN [°C]	4.0	4.5	6.8	8.2	10.4	13.1	14.9	14.8	13.0	10.5	6.9	5.2	9.4

Figura 4.3 – Excerto da Normal Climatológica do *IPMA* para a estação meteorológica de Alcobaça, adaptado de [54].

Por observação da Figura 4.3 constata-se que a média da temperatura média diária, considerada a temperatura do solo, é de 20,9 ºC.

4.2.2 Condições de Entrada dos Produtos

Dado que a instalação em estudo é uma unidade de processamento alimentar, algumas câmaras conservam os produtos primários que, posteriormente, são transformados em alimentos processados, que são armazenados em outras câmaras.

Estes produtos quando chegam à instalação para serem processados, já se encontram a uma temperatura controlada, proveniente do transporte.

A *Direção Geral de Alimentação e Veterinária* (*dgav*) define as temperaturas de transporte obrigatórias pela legislação para cada tipo de alimento que garantem a segurança alimentar. Estas temperaturas encontram-se dispostas na literatura de [55].

Além disto, os alimentos processados que são, posteriormente, ultracongelados à temperatura de -38ºC nos túneis de congelação, ao serem embalados acabam por receber calor aumentando a sua temperatura até os -10 ºC.

As temperaturas de congelação de cada produto foram retiradas da literatura *ASHRAE-Refrigeration* [51].

O Quadro 4.2 resume os produtos que são conservados nas respetivas câmaras.

Quadro 4.2 – Condições de Entrada dos Produtos conservados, adaptado de [55].

CÂMARA	PRODUTO CONSERVADO	TEMPERATURA CONGELAÇÃO [ºC]	HUMIDADE RELATIVA [%]	TEMPERATURA ENTRADA [ºC]
CC15	Bacalhau e Pescada	-2,2	95	-9
CC11	Processados de Peixe	-2,2	95	-10
CC12	Processados de Carne	-2,2 a -2,8	95	-10
PC	Processados de Carne e Peixe	-	95	-20
CR16	Frango	-2,8	95	+4
CR14	Vaca e Porco	-2,2	90 e 85	+7
CR13	Perú	-2,8	95	+4

4.3 Determinação das Cargas Térmicas

4.3.1 Carga mássica e rotatividade de produtos

A capacidade de armazenamento de cada câmara, depende do seu volume total, do volume ocupado pelos produtos e, ainda, do tipo de estiva.

Relativamente às rotatividades diárias de produto de cada câmara, estas foram arbitradas para as câmaras CC15, CR13, CR14 e CR16, pois são as câmaras que recebem produtos de matéria-prima.

No entanto, para as rotatividades diárias das câmaras de conservação de produtos transformados, foi necessário determinar a quantidade de cada produto transformado

com base nas quantidades de produtos de matéria-prima que eram processadas diariamente.

Para melhor compreensão, os cálculos referentes à estimativa da capacidade e rotatividade de cada câmara, encontram-se dispostos no Anexo C.

O Quadro 4.3 reúne as cargas mássicas dos produtos armazenados por cada câmara.

Quadro 4.3 – Quantidades de produtos armazenados e respetiva rotatividade diária.

CÂMARAS	PRODUTOS ARMAZENADOS	VOLUME OCUPADO [%]	MASSA PRODUTO [Ton]	MASSA TOTAL [Ton]	ROT. DIÁRIA [%]
CC15	Bacalhau	50	193,50	387,00	10
	Pescada	50	193,50		
CC11	Rissóis Bacalhau	50	169,88	339,76	16,3
	Rissóis Pescada	50	169,88		
CC12	Hambúrguer Vaca	17,24	31,96	185,33	15,1
	Almôndega Porco	7,39	13,70		
	Hambúrguer Perú	5,40	10,00		
	Chamuça Frango	12,44	23,06		
	Peras Frango	2,61	4,840		
	Rissóis Vaca	38,32	71,02		
	Rissóis Frango	16,60	30,75		
CR16	Frango	100	24,40	24,40	10
CR14	Vaca	70	32,20	46,00	15
	Porco	30	13,80		
CR13	Perú	100	10,08	10,08	15

4.3.2 Equipamentos Instalados nos Processos de Transformação

Ao longo dos processos de transformação alimentar, são utilizados vários equipamentos elétricos, que produzem uma determinada carga térmica para o interior das áreas de temperatura controlada.

Entre estes equipamentos estão, também, os empilhadores utilizados para deslocamento dos produtos que são responsáveis pela introdução de 2,75 kW de potência térmica.

Tal como explicitado em 2.12.3, estas potências térmicas entram no cálculo das cargas internas, que também contam com a contribuição da iluminação e ocupação.

Após recolha dos equipamentos instalados nas salas de processamento, construiu-se o Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Equipamentos instalados nas Salas de Processamento Alimentar.

CÂMARAS	EQUIPAMENTOS INSTALADOS	POTÊNCIA TÉRMICA [kW]	POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL [kW]
Moldagem e Enchimento	Cortador de Massas	10	32
	Laminador Misturador	8	
	Moldagem de Carne	6	
	Rolling Almôndegas	2	
	Filetagem Peixe	6	
Acondicionamento	Embaladora	12	12
Encartonamento	Encarteladora	8	8
Cozinha	Diversos	20	20
Cais Receção	Pesagem e Transporte	19	19
Cais Expedição	Pesagem e Transporte	19	19

4.3.3 Constituição dos Alimentos Processados

Para o cálculo das cargas térmicas impostas pelos produtos processados foi necessário consultar as suas tabelas nutricionais, de forma a reunir as frações mássicas dos seus constituintes. Depois disto, já é possível determinar algumas propriedades destes alimentos, entre as quais o calor específico aparente dado pela equação 2.75 em 2.12.2. O Quadro 4.5 resume estas frações mássicas dos alimentos conservados em câmara.

Quadro 4.5 – Frações mássicas dos constituintes dos produtos transformados [56].

PRODUTOS PROCESSADOS	$X_{PROTEÍNA}$	$X_{HIDRATO}$	$X_{LÍPIDO}$	X_{FIBRA}	$X_{SÓLIDOS}$	$X_{ÁGUA}$	$X_{ÁGUA\ INDISSOCIÁVEL}$
Rissóis Bacalhau	0,150	0,036	0,088	0,018	0,292	0,708	0,060
Rissóis Pescada	0,170	0,049	0,064	0,005	0,288	0,712	0,068
Hambúrguer Vaca	0,056	0,270	0,030	0,018	0,374	0,626	0,022
Almôndegas Porco	0,170	0,049	0,064	0,005	0,288	0,712	0,068
Hambúrguer Perú	0,150	0,032	0,044	0,017	0,243	0,757	0,06
Chamuça Frango	0,122	0,206	0,019	0,031	0,378	0,622	0,049
Peras Frango	0,083	0,326	0,015	0,000	0,424	0,576	0,033
Rissóis Vaca	0,079	0,180	0,072	0,039	0,370	0,630	0,032
Rissóis Frango	0,067	0,340	0,051	0,027	0,485	0,515	0,027

De seguida, o Quadro 4.6 apresenta os calores específicos antes e depois de congelação para os alimentos elementares e os calores específicos aparentes depois de congelação, relativos aos alimentos transformados.

Quadro 4.6 – Calores específicos antes e depois de congelação para produtos elementares e calores específicos aparentes para produtos transformados [51].

PRODUTOS CONSERVADOS	C_{pa} [kJ/kg]	C_{pd} [kJ/kg]	$C_{p,aparente}$ [kJ/kg]
Carne Vaca	3,19	2,33	-
Carne Porco	2,80	3,37	-
Carne Frango	4,34	3,32	-
Carne Perú	3,53	2,28	-
Bacalhau	3,78	2,14	-
Pescada	3,77	2,15	-
Rissóis Bacalhau	-	-	3,78
Rissóis Pescada	-	-	3,76
Hambúrguer Vaca	-	-	3,75
Almôndegas Porco	-	-	3,76
Hambúrguer Perú	-	-	4,40
Chamuça Frango	-	-	4,12
Peras Frango	-	-	4,06
Rissóis Vaca	-	-	4,73
Rissóis Frango	-	-	3,94

4.3.4 Isolamento

No que respeita ao isolamento das câmaras frigoríficas e zonas climatizadas, consultando a planta da instalação, disposta no Anexo A, sabe-se que:

- Espessura de Isolamento para os Túneis de Ultracongelação é de 200 mm;
- Espessura de Isolamento para as câmaras de Congelação é de 150 mm;
- Espessura de Isolamento para as câmaras de Refrigeração e zonas Climatizadas é de 100 mm.

Para além do mais, por consulta da especificação técnica de painéis isotérmicos do fornecedor *Huurre*, disponível no Anexo D, considerou-se o índice de condutividade térmica de 0,020 W/m.K.

4.3.5 Aspetos Construtivos

Com o objetivo de determinar as cargas térmicas por condução que são introduzidas nas câmaras, realizou-se um levantamento da constituição das paredes exteriores de alvenaria e pisos do Pavilhão da *Frigosto*. Note-se que as câmaras de congelação e túneis de ultracongelação possuem pisos com vazio sanitário.

Além disto, consultou-se o *ITE 50 – "Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos Edifícios"*, disponibilizado pelo *LNEC* [57], de modo a recolher informações sobre a condutividade térmica dos materiais, disposta no Anexo D.
O Quadro 4.7 e Quadro 4.8 apresentam todas as camadas de materiais que constituem as paredes exteriores e piso não isolado, respetivamente, com indicação da espessura, peso específico, resistência térmica (R) e coeficiente global de transmissão de calor (U).

Quadro 4.7 – Constituição das Paredes Exteriores do Pavilhão e respetivo coeficiente global de transmissão de calor [57].

PAREDES EXTERIORES					**TOTAL**
Constituição	*Reboco*	*Tijolo Cerâmico*	*Isolamento XPS*	*Reboco*	-
Espessura [m]	0,040	0,150	0,050	0,040	0,280
Peso [kg/m^2]	80,000	93,750	1,500	80,000	255,250
R [m^2.K/W]	0,031	0,420	1,351	0,031	1,833
U [W/m^2.K]	32,500	2,380	0,740	32,500	0,545

Quadro 4.8 - Constituição do piso não isolado do Pavilhão e respetivo coeficiente global de transmissão de calor [57].

PISO NÃO ISOLADO				**TOTAL**
Constituição	*Arroncamento*	*Betão Estrutural*	*Betonilha*	-
Espessura [m]	0,300	0,100	0,150	0,550
Peso [kg/m^2]	777,000	180,000	159,000	1116,000
R [m^2.K/W]	0,130	0,095	0,470	0,700
U [W/m^2.K]	7,667	10,500	2,127	1,437

Por sua vez, os pisos das câmaras com temperaturas negativas possuem um piso com vazio sanitário, cuja constituição está representada na Figura 4.4.

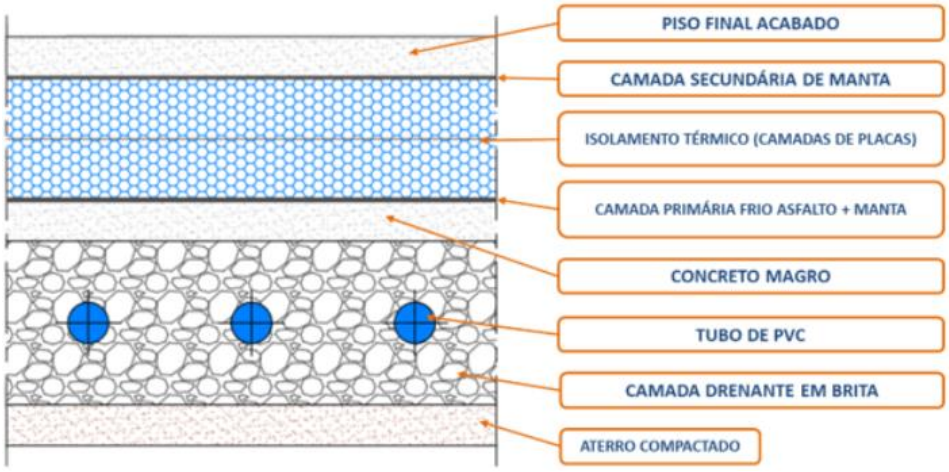


Figura 4.4 – Esquema de vazio sanitário de piso isolado das câmaras com temperatura negativa [58].

O vazio sanitário tem como função constituir uma barreira de vapor que permite retardar a migração de vapor de água, reduzindo, assim, o risco de danos estruturais do piso, pela expansão da água quando ocorre formação de gelo.

Além disso, dado que o piso está termicamente isolado, as perdas térmicas através do solo também são reduzidas.

O Quadro 4.9 apresenta a constituição do piso isolado das câmaras com temperatura negativa.

Quadro 4.9 - Constituição do piso isolado com vazio sanitário do Pavilhão e respetivo coeficiente global de transmissão de calor.

PISO ISOLADO COM VAZIO SANITÁRIO					
Constituição	*Arroncamento*	*Betão Estrutural*	*Vazio Sanitário*	*Betão isolante resistente*	*Tela Asfáltica*
Espessura [m]	0,300	0,100	0,110	0,100	0,050
Peso [kg/m^2]	777,000	180,000	214,500	110,000	105,000
R [m^2.K/W]	0,130	0,095	0,055	0,244	0,071
U [W/m^2.K]	7,667	10,500	18,182	4,100	14,000
Constituição	*Poliestileno (Glascofoam)*	*Poliestileno (Glascofoam)*	*filme polietileno hidrófugo*	*Betonilha*	**TOTAL**
Espessura [m]	0,160	0,080	0,0002	0,150	0,970
Peso [kg/m^2]	4,800	2,400	0,184	159,000	1550,484
R [m^2.K/W]	4,400	2,200	0,001	0,470	5,467
U [W/m^2.K]	0,910	0,455	1650,000	2,127	0,183

4.3.6 Cargas Térmicas

Na determinação das cargas térmicas de cada câmara de conservação, seguiu-se a metodologia apresentada em 2.12 e considerou-se todos os aspetos construtivos e aspetos relativos ao produto, enunciados de 4.3.1 a 4.3.5.

Em contrapartida, utilizou-se o software *CalCam* da *Centauro*, de modo a validar os resultados obtidos com a metodologia analítica, verificando qual destas duas abordagens apresentava a maior carga térmica.

O resultado mais elevado, entre a metodologia analítica e o software, foi o valor considerado para a potência frigorífica a instalar nas respetivas câmaras.

Relativamente aos túneis de ultracongelação, salas de processamento, cais e corredores recorreu-se, apenas, ao software *CalCam*.

O Quadro 4.10 apresenta os resultados obtidos para todos os tipos de cargas térmicas no método analítico, bem como os resultados obtidos no software *CalCam*.

Quadro 4.10 – Resultados para as cargas térmicas através do método analítico e software *Calcam.*

Zonas	OCUPAÇÃO		MÉTODO ANALÍTICO					CALCAM
	Tempo Ocupação [h]	Nº Ocupantes	Carga Condução [kW]	Carga Produto [kW]	Carga Interna [kW]	Carga infiltração [kW]	Carga Total [kW]	Carga Total [kW]
CONGELADOS								
T5	-	-	-	-	-	-	-	115,42
T6	-	-	-	-	-	-	-	115,87
CC15	0,25	3	7,62	12,51	9,31	4,41	36,13	36,09
CC11	0,27	5	8,48	5,56	10,79	5,99	44,21	41,96
CC12	0,15	5	5,11	6,57	8,16	3,27	22,00	23,85
PC	0,84	5	1,89	0,00	10,45	2,79	7,39	5,64
REFRIGERADOS								
CR13	0,25	1	1,10	0,26	4,36	0,20	2,36	2,56
CR14	0,25	1	3,97	1,27	5,27	2,09	10,84	10,53
CR16	0,25	1	1,38	0,50	4,49	0,69	3,84	3,74
CLIMATIZADOS								
81	8	12	-	-	-	-	-	40,76
83	8	4	-	-	-	-	-	14,07
84	8	4	-	-	-	-	-	10,14
85	8	5	-	-	-	-	-	47,60
93	8	5	-	-	-	-	-	41,64
78	8	6	-	-	-	-	-	19,50
ZC4	8	5	-	-	-	-	-	40,43
ZC5	8	5	-	-	-	-	-	32,12

Note-se que o Anexo E.1 exemplifica, em pormenor, a aplicação do método analítico para determinar as cargas térmicas, enquanto os dados inseridos no software *CalCam* e respetivos resultados se encontram dispostos no Anexo E.3.

5 Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada

5.1 Descrição Geral

Neste sistema, a instalação tem como base uma Central Frigorífica constituída por 3 grupos compressores, num sistema inundado assente num Ciclo de três Estágios de Compressão, utilizando NH_3 bombeado para os túneis de Congelação, Câmaras frigoríficas de conservação de Congelados e de Refrigerados.

Associado a este sistema, existe um circuito secundário de água glicolada com 30% de Monoetilenoglicol (MEG), cujo arrefecimento é garantido pelo sistema frigorífico, de modo a proceder à climatização das salas de processamento, corredores e cais.

Assim, a central frigorífica instalada abrange os circuitos descritos no Quadro 5.1, com as respetivas zonas de alimentação.

Quadro 5.1 – Circuitos de Baixa, Média e Alta Pressão e respetivas zonas de alimentação.

Circuito	Zonas
Circuito a -42 / -8 ºC (BP)	• Túneis de Congelação;
Circuito -30 / -8 ºC (MP)	• Câmaras de Conservação de Congelados; • *Picking;*
Circuito a -8 / +35 ºC (AP)	• Câmaras de Refrigerados; • Arrefecimento de Água Glicolada para Climatizados.

O esquema de princípio simplificado encontra-se ilustrado na figura abaixo com indicação dos pontos termodinâmicos considerados para o sistema.

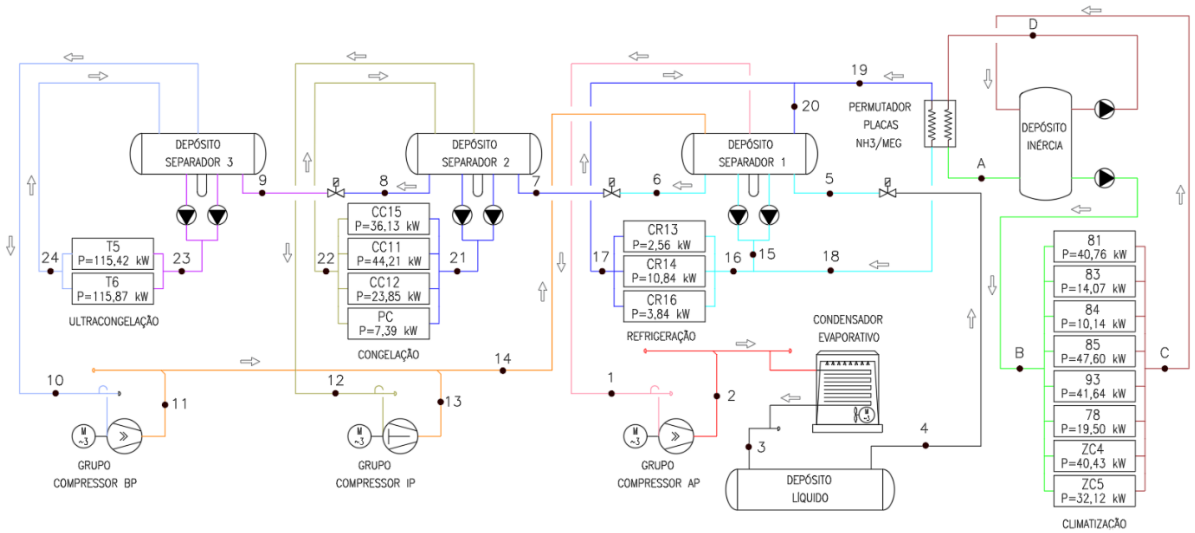


Figura 5.1 – Esquema de Princípio de Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada.

Note-se que os esquemas de princípio detalhados da Central Frigorífica e dos Evaporadores, com indicação de todos os equipamentos principais e de controlo, encontram-se no Anexo F.1 e Anexo F.2, respetivamente.

5.2 Caracterização Termodinâmica

5.2.1 Caudais Mássicos

Tendo presente a numeração dos pontos termodinâmicos ilustrados na Figura 5.1, procedeu-se à análise termodinâmica do sistema, como o objetivo de conhecer os principais parâmetros destes pontos, incluindo a temperatura, pressão, entalpia e estado termodinâmico.

Em primeiro lugar, determinou-se os caudais mássicos de fluido primário, expostos pelo Quadro 5.2, necessários para satisfazer as potências de Evaporação de cada câmara e zonas climatizadas, recorrendo à equação 2.1, apresentada em 2.1.

Quadro 5.2 – Caudais Mássicos de NH3 para cada Câmara e Permutador de Calor.

CAMÂRAS	***CAUDAL MÁSSICO NH_3 [kg/s]***	***POTÊNCIA FRIGORÍFICA [kW]***
CONGELADOS	**0,994**	**342,76**
T5	0,332	115,42
T6	0,333	115,87
CC15	0,107	36,13
CC11	0,130	44,21
CC12	0,070	23,85
PC	0,022	7,39
REFRIGERADOS	**0,054**	**17,24**
CR13	0,008	2,56
CR14	0,034	10,84
CR16	0,012	3,84
CLIMATIZADOS	**0,765**	**246,26**
Permutador NH3/MEG	0,765	246,26

5.2.2 Pontos Termodinâmicos

Tendo em conta as temperaturas de Evaporação e de Condensação adotadas e, ainda, num total de 4 recirculações de bombagem, procedeu-se à caracterização termodinâmica, culminando nos pontos termodinâmicos apresentados no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Propriedades termodinâmicas dos pontos característicos do sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada.

Pontos	Temperatura [ºC]	Pressão [bar(a)]	V. específico [m3/kg]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg.K]	Título	Estado
1	-8	3,16	0,387	1450,72	5,72	1	V. Saturado
2_{is}	95,7	13,57	0,124	1660,87	5,72	-	V. Sobreaquecido
2	115,9	13,57	0,133	1713,41	5,86	-	V. Sobreaquecido
3	35	13,57	0,002	363,77	1,56	0	L. Saturado
4	35	13,57	0,002	363,77	1,56	0	L. Saturado
5	-8	3,15	0,069	388,41	1,71	0,175	Mistura
6	-8	3,15	0,002	165,22		0	L. Saturado
7	-30	1,20	0,073	165,22	0,89	0,074	Mistura
8	-30	1,20	0,002	65,22	0,48	0	L. Saturado
9	-42	0,64	0,068	65,22	0,49	0,039	Mistura
10	-42	0,64	1,718	1402,90	6,27	1	V. Saturado
11_{is}	61,1	3,15	0,507	1615,94	6,27	-	V. Sobreaquecido
11	84,5	3,15	0,545	1669,20	6,43	-	V. Sobreaquecido
12	-30	1,20	0,961	1421,74	6,06	1	V. Saturado
13_{is}	31,0	3,15	0,456	1546,38	6,06	-	V. Sobreaquecido
13	44,7	3,15	0,480	1577,54	6,16	-	V. Sobreaquecido
14	69,3	3,15	0,520	1635,07	6,33	-	V. Sobreaquecido
15	-8	3,15	0,002	163,77	0,87	0	L. Saturado
16	-8	3,15	0,002	163,77	0,87	0	L. Saturado
17	-8	3,15	0,098	485,51	2,08	0,25	Mistura
18	-8	3,15	0,002	163,77	0,87	0	L. Saturado
19	-8	3,15	0,098	485,51	2,08	0,25	Mistura
20	-8	3,15	0,098	485,51	2,08	0,25	Mistura
21	-30	1,20	0,002	65,22	0,48	0	L. Saturado
22	-30	1,20	0,242	404,35	1,87	0,25	Mistura
23	-42	0,64	0,002	11,59	0,25	0	L. Saturado
24	-42	0,64	0,431	359,42	1,76	0,25	Mistura

5.2.3 Temperaturas de Evaporação e Condensação

A caracterização termodinâmica dos pontos à entrada e saída do Condensador Evaporativo foi obtida assumindo uma temperatura de Condensação, que deverá permitir um diferencial de temperatura com o ar exterior de 6 a 20 ºC [59].

Com base na temperatura do ar exterior de 33,1 ºC, considerada em 4.2.1, estabelece-se a temperatura de Condensação de bolbo seco de 35 ºC com temperatura de bolbo

húmido de 24 ºC, uma vez que o dispositivo de Condensação instalado é um Condensador Evaporativo, cujo dimensionamento se encontra exposto 5.6.2.
Por outro lado, os pontos de entrada e saída dos Evaporadores foram determinados estabelecendo as temperaturas de Evaporação de -42ºC, -30ºC e -8ºC, que correspondem às pressões de saturação de BP, IP e AP, respetivamente.
Estas temperaturas foram adotadas de modo a assegurar os seguintes diferenciais de temperatura com a temperatura das câmaras:

- ΔT de 7ºC para os Túneis de Ultracongelação;
- ΔT de 8ºC para as câmaras de Congelação e Refrigeração;
- ΔT de 20ºC para o *"Picking"* de Congelados.

Note-se que o ΔT é de 20ºC para o *"Picking"*, pois não se estabeleceu um estágio de pressão dedicado ao mesmo, estando alimentado pelo estágio intermédio de pressão (IP) com temperatura de Evaporação de -30ºC.
No permutador de calor de NH_3/MEG, detalhado em 5.6.7, considerou-se um ΔT de 10ºC entre as temperaturas do NH_3 e da Água Glicolada, ambas à sua entrada.
Relativamente ao Quadro 5.3, o índice "is" refere-se aos pontos isentrópicos de descarga dos compressores, sendo que os pontos reais de descarga foram determinados com recurso ao conceito de rendimento isentrópico ($\eta_{isentrópico}$), expresso pela equação 5.1, assumindo o valor típico de 80%.

$$\eta_{isentrópico} = \frac{W_{isentrópico}}{W_{real}} = \frac{h_{aspiração} - h_{descarga,is}}{h_{aspiração} - h_{descarga,real}} \quad [kW] \qquad (5.1)$$

Com:
$h_{aspiração}$ – Entalpia do ponto à entrada do compressor (Aspiração) [kJ/kg];
$h_{descarga,is}$ – Entalpia do ponto isentrópico à saída do compressor (Descarga) [kJ/kg];
$h_{descarga,real}$ – Entalpia do ponto real à saída do compressor (Descarga) [kJ/kg].

5.2.4 Balanços Mássicos e Energéticos

Posteriormente, conhecendo as propriedades termodinâmicas dos pontos do ciclo e, ainda, os caudais mássicos necessários para as potências frigoríficas calculadas, procedeu-se à determinação dos caudais mássicos em cada grupo compressor, o que permite saber, imediatamente, o caudal mássico em qualquer ponto do circuito de NH_3.
Para isso, realizaram-se os balanços energéticos e mássicos para cada Depósito Separador, tendo em conta o sistema simplificado da Figura 5.1.

Balanços – Depósito Separador 3

O sistema de equações 5.2 expressa os balanços energético e mássico deste Depósito.

$$\begin{cases} \dot{m}_9 h_9 + \dot{m}_{24} h_{24} = \dot{m}_{23} h_{23} + \dot{m}_{10} h_{10} \\ \dot{m}_9 + \dot{m}_{24} = \dot{m}_{23} + \dot{m}_{10} \end{cases} \quad (5.2)$$

Sabendo que:

$$\dot{m}_{24} = \dot{m}_{23} \quad e \quad \dot{m}_8 = \dot{m}_9 \quad (5.3)$$

Após resolução deste sistema de equações, obtém-se a equação 5.4, que exprime o caudal do grupo compressor de baixa pressão (BP).

$$\dot{m}_{10} = \frac{\dot{m}_{24}(h_{24} - h_{23})}{(h_{10} - h_9)} \quad (5.4)$$

Balanços – Depósito Separador 2

À semelhança com o Depósito separador 3, construiu-se a equação 5.5 que representa ambos os balanços para o Depósito Separador 2.

$$\begin{cases} \dot{m}_7 h_7 + \dot{m}_{22} h_{22} = \dot{m}_{21} h_{21} + \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_{12} h_{12} \\ \dot{m}_7 + \dot{m}_{22} = \dot{m}_{21} + \dot{m}_8 + \dot{m}_{12} \end{cases} \quad (5.5)$$

Sabendo que:

$$\dot{m}_{22} = \dot{m}_{21} \quad e \quad \dot{m}_7 = \dot{m}_6 \quad (5.6)$$

Resolvendo o sistema de equações, chega-se à expressão 5.7 que traduz o caudal que passa no grupo compressor de pressão média (IP).

$$\dot{m}_{12} = \frac{\dot{m}_8(h_7 - h_8) + \dot{m}_{22}(h_{22} - h_{21})}{(h_{12} - h_7)} \quad (5.7)$$

Balanços – Depósito Separador 1

Finalmente, a equação 5.8 define os balanços para o Depósito Separador 1.

$$\begin{cases} \dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_{20} h_{20} + \dot{m}_{14} h_{14} = \dot{m}_{15} h_{15} + \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_6 h_6 \\ \dot{m}_5 + \dot{m}_{20} + \dot{m}_{14} = \dot{m}_{15} + \dot{m}_1 + \dot{m}_6 \end{cases} \quad (5.8)$$

Tendo em conta que:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_5 \quad e \quad \dot{m}_{14} = \dot{m}_{11} + \dot{m}_{13} \quad (5.9)$$

Além disto, a entalpia do ponto 14 é obtida através de um balanço energético entre os pontos 11, 13 e 14, tal como sugere a equação 5.10.

$$\dot{m}_{14}h_{14} = \dot{m}_{11}h_{11} + \dot{m}_{13}h_{13} \tag{5.10}$$

Após resolução do sistema de equações, conclui-se que o caudal mássico que passa no grupo compressor de alta pressão (AP) pode ser dado pela equação 5.11.

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_{14}(h_6 - h_{14}) - \dot{m}_{20}(h_{20} - h_{15})}{(h_5 - h_1)} \tag{5.11}$$

5.3 Diagrama de *Mollier*

Com base nos pontos termodinâmicos reunidos no Quadro 5.3, marcaram-se os pontos do ciclo no diagrama de *Mollier* do amoníaco, representado na Figura 5.2. É de referir que este diagrama se encontra, em maior detalhe, no Anexo F.3.

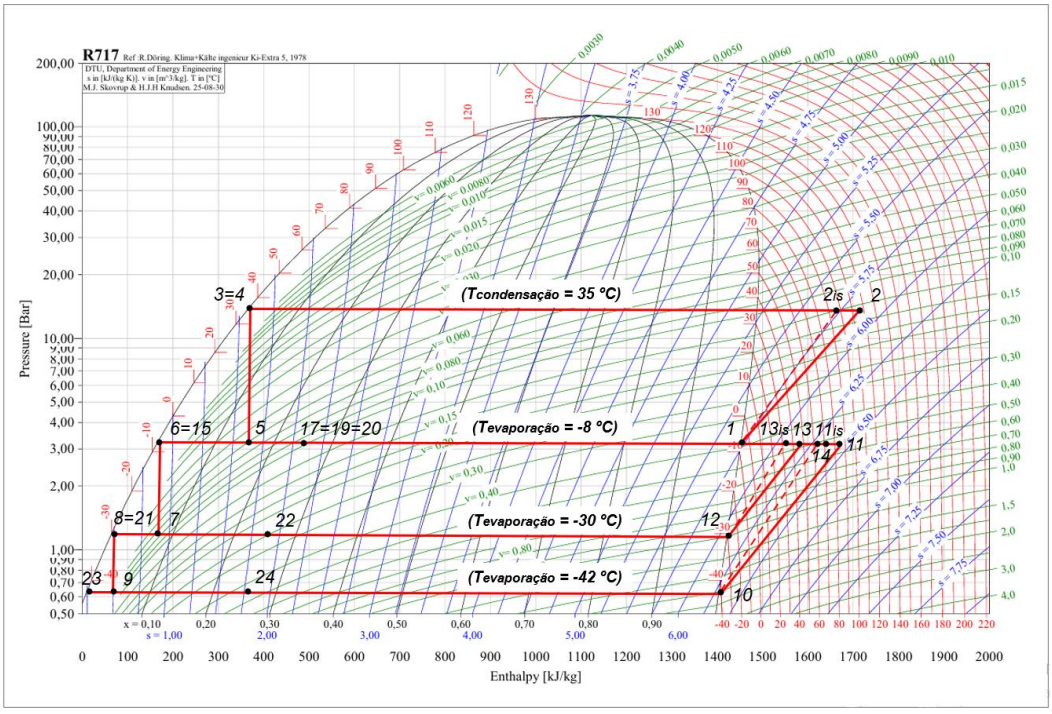


Figura 5.2 – Diagrama de *Mollier* com pontos termodinâmicos do Sistema Inundado a NH3 e Água Glicolada, software *CoolPack* [60].

5.4 Dimensionamento dos Evaporadores

Após a determinação das potências frigoríficas a assegurar pela instalação, procedeu-se à seleção dos Evaporadores para cada câmara de congelação e refrigeração, bem como os Evaporadores de túneis estáticos de ultracongelação (*"Blast Freezers"*).

Esta seleção baseou-se nos métodos de dimensionamento disponibilizados na informação técnica da *Centauro*, sendo este o fornecedor dos Evaporadores de NH_3.
Deste modo, a Centauro fornece a potência frigorífica nominal para cada Evaporador para determinadas condições de temperatura de câmara e diferencial de temperatura entre o interior da câmara e o fluido frigorigéneo (ΔT), explicitado em 5.2.3.
Se for pretendido determinar a potência nominal do Evaporador para diferentes condições, o método de seleção fornece fatores de correção para obter esses valores.
Do catálogo da *Centauro*, disposto no Anexo F.4, retirou-se diretamente os Evaporadores para as câmaras de Refrigerados, uma vez que se pretende uma temperatura interior de câmara de 0ºC e um ΔT de 8ºC. O Quadro 5.4 apresenta os Evaporadores para as câmaras de Refrigerados, com as suas principais características.

Quadro 5.4 – Características dos Evaporadores das Câmaras de Refrigerados CR13 e CR16, adaptado da *Centauro* [61].

CÂMARA REFRIGERADOS – CR13 E CR16		
Evaporador Modelo – DDI 8E2/8		
Potência Nominal	6,01 kW	
Caudal Volúmico Ar	5900 m^3/h	
Volume Interno	6,6 dm^3	
Projeção de Ar	16 m	
Nº Ventiladores	2 Unidades	
Diâmetro Ventiladores	350 mm	
Espessura Alhetas	8 mm	
Dimensões	1760x658x590 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**1 Unidade por Câmara**	
CÂMARA REFRIGERADOS – CR14		
Evaporador Modelo – DDI 8E3/17		
Potência Nominal	12,02 kW	
Caudal Volúmico Ar	8400 m^3/h	
Volume Interno	14,9 dm^3	
Projeção de Ar	16 m	
Nº Ventiladores	3 unidades	
Diâmetro Ventiladores	350 mm	
Espessura Alhetas	8 mm	
Dimensões	2390x658x590 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**1 Unidade**	

Relativamente às câmaras de Congelados e *"Picking"*, a temperatura interior da câmara de -22ºC e -10ºC com ΔT de 8ºC e 20ºC, respetivamente, não permitem retirar diretamente os Evaporadores mais adequados.

Deste modo, recorre-se aos fatores de correção ($f_{correção}$), aplicando a equação 5.12, para obter a potência nominal corrigida ($P_{Corrigida}$) [61].

$$P_{Corrigida} = f_{correção} \times P_{Nominal} \quad [kW] \tag{5.12}$$

A Figura 5.3, ilustra a tabela de fatores de correção disponibilizada pela Centauro, sendo o fator aplicado às câmaras de Congelação e *"Picking"* de 0,645, após interpolação.

DLI - DXI

RC1	DT1 [K]						
Tse [ºC]	10	9	8	7	6	5	4
+4	**1,000**	0,936	0,832	0,728	0,624	0,520	0,416
+2	0,970	0,886	0,788	0,690	0,591	0,493	0,394
0	0,906	0,815	0,725	0,634	0,544	0,453	0,362
-2	0,890	0,801	0,712	0,623	0,534	0,445	0,356
-10	0,859	0,773	0,687	0,601	0,515	0,429	0,344
-12	0,851	0,765	0,680	0,596	0,511	0,426	0,340
-14	0,843	0,759	0,675	0,591	0,506	0,422	0,337
-18	0,827	0,745	0,661	0,579	0,496	0,414	0,331
-20	0,820	0,737	0,655	0,574	0,492	0,410	0,328
-25	0,788	0,709	0,630	0,552	0,473	0,394	0,315
-34	0,734	0,658	0,587	0,546	0,468	0,390	0,312

Figura 5.3 – Fatores de Correção, aplicados a Evaporadores das câmaras de Congelação e *"Picking"*, adaptado da Centauro [62].

O Quadro 5.5 e Quadro 5.6 reúnem os principais parâmetros dos Evaporadores instalados no *"Picking"* e câmaras de Congelados.

Quadro 5.5 - Características dos Evaporadores da câmara de Congelados de *"Picking"*, adaptado da *Centauro* [62].

CÂMARA CONGELADOS – PICKING		
Evaporador Modelo – DLI 10G2/8		
Potência Corrigida	5,46 kW	
Caudal Volúmico Ar	6800 m^3/h	
Volume Interno	8,4 dm^3	
Projeção de Ar	18 m	
Nº Ventiladores	2 unidades	
Diâmetro Ventiladores	400 mm	
Espessura Alhetas	10 mm	
Dimensões (CxLxH)	2100x690x590 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidades**	

Quadro 5.6 - Características dos Evaporadores da câmara de Congelados, adaptado da *Centauro* [62].

CÂMARA CONGELADOS – CC15		
Evaporador Modelo – DLI 10J4/37		
Potência Corrigida	24,01 kW	
Caudal Volúmico Ar	23600 m^3/h	
Volume Interno	37,9 dm^3	
Projeção de Ar	22 m	
Nº Ventiladores	3 unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	10 mm	
Dimensões (CxLxH)	3750x825x830 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidades**	
CÂMARA CONGELADOS – CC11		
Evaporador Modelo – DLI 10J4/46		
Potência Corrigida	29,96 kW	
Caudal Volúmico Ar	23400 m^3/h	
Volume Interno	50,5 dm^3	
Projeção de Ar	22 m	
Nº Ventiladores	4 unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	10 mm	
Dimensões (CxLxH)	3750x825x830 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidades**	
CÂMARA CONGELADOS – CC12		
Evaporador Modelo – DLI 10GJ3/21		
Potência Corrigida	13,55 kW	
Caudal Volúmico Ar	18750 m^3/h	
Volume Interno	18,9 dm^3	
Projeção de Ar	22 m	
Nº Ventiladores	3 unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	10 mm	
Dimensões (CxLxH)	3000x615x830 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidades**	

Por fim, os evaporadores dos túneis estáticos de Ultracongelação foram selecionados com a temperatura interior de câmara de -35ºC e um ΔT de 7ºC, o que obrigou ao cálculo do fator de correção da potência, através da Figura 5.4, obtendo o valor de 0,524.

BSUTI 12...								
RC1		DT1 [K]						
		10	9	8	7	6	5	4
Tse [ºC]	+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,614	0,512	0,410
	+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,604	0,503	0,402
	+4	**1,000**	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400
	+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,568	0,474	0,379
	0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,523	0,436	0,348
	-2	0,856	0,770	0,685	0,599	0,514	0,428	0,342
	-10	0,826	0,743	0,661	0,578	0,496	0,413	0,330
	-12	0,818	0,736	0,654	0,573	0,491	0,409	0,327
	-14	0,811	0,730	0,649	0,568	0,487	0,406	0,324
	-18	0,795	0,716	0,636	0,557	0,477	0,398	0,318
	-20	0,788	0,709	0,630	0,552	0,473	0,394	0,315
	-25	0,758	0,682	0,606	0,531	0,455	0,379	0,303
	-34	0,751	0,677	0,599	0,525	0,445	0,370	0,295
	-40	0,743	0,671	0,592	0,521	0,444	0,369	0,294

Figura 5.4 - Fatores de Correção, aplicados a Evaporadores dos túneis de Ultracongelação, adaptado da Centauro [62].

O Quadro 5.7 expõe os principais parâmetros dos evaporadores dos túneis estáticos, incluindo a carga de produto que congelam durante um ciclo, bem como a sua duração.

Quadro 5.7 - Características dos Evaporadores dos Túneis de Ultracongelação, adaptado da *Centauro* [62].

TÚNEIS ULTRACONGELADOS – T5 E T6		
Evaporador Modelo – BSUTI 12.704 XL		
Carga Rotativa (Ciclo)	2400 kg	
Duração dos Ciclos	4 horas	
Potência Corrigida	115,59 kW	
Caudal Volúmico Ar	54000 m^3/h	
Volume Interno	201,1 dm^3	
Projeção de Ar	18 m	
Nº Ventiladores	5 unidades	
Diâmetro Ventiladores	800 mm	
Espessura Alhetas	12 mm	
Dimensões (CxLxH)	6050x647x1804 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**1 Unidade por Túnel**	

5.5 Implantação dos Evaporadores

Em relação à seleção dos Evaporadores, estes foram selecionados através da potência nominal. Contudo, teve-se também em consideração as dimensões das câmaras, adotando um número de Evaporadores por câmara adequado, de forma a assegurar que o ar projetado alcance toda a largura da câmara, tal como exemplifica a Figura 5.5.

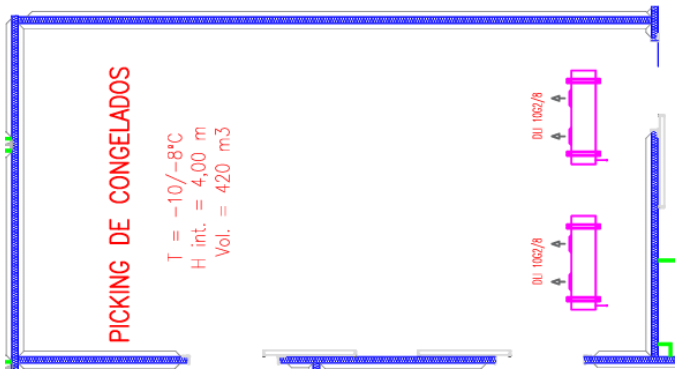


Figura 5.5 – Exemplo de implantação de Evaporadores pela largura do *"Picking"* de Congelados.

Além disto, verificou-se, ainda, se a projeção do ar permitia a correta circulação do ar arrefecido, isto é, se o ar chegava a todo o comprimento das câmaras. Para tal, nas câmaras de Congelados, que possuem um comprimento maior face à sua largura, instalou-se cada Evaporador nas faces opostas da câmara, tal como ilustra a Figura 5.6.

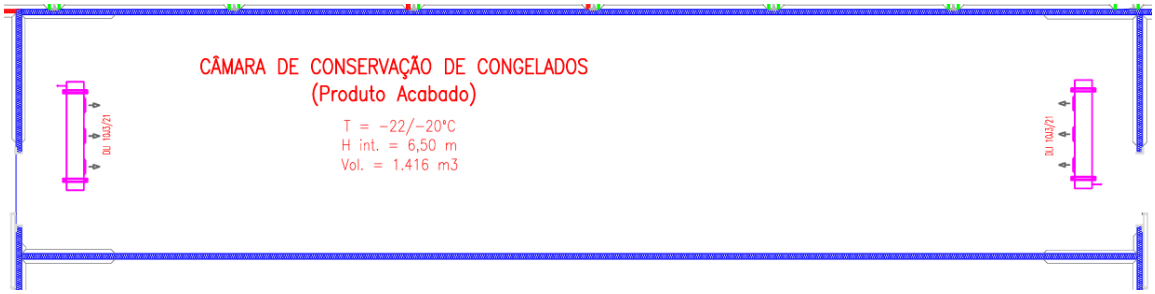


Figura 5.6 - Exemplo de implantação de Evaporadores pela largura da câmara de Congelados CC12.

De forma a minimizar os efeitos de infiltrações e exfiltrações de ar através das portas, que contribuem para as perdas térmicas abordadas em 2.12.4, procurou-se instalar os Evaporadores acima das portas das câmaras.

Por outro lado, o espaçamento entre alhetas dos Evaporadores também constitui um fator relevante neste dimensionamento, tendo-se adotado as seguintes espessuras:

- 8 mm entre alhetas para as câmaras de Refrigerados;
- 10 mm entre alhetas para as câmaras de Congelados;
- 12 mm entre alhetas para os túneis Estáticos de Ultracongelação.

O espaçamento entre alhetas dos Evaporadores é escolhido com base nas temperaturas interiores das câmaras. Quanto menor for estas temperaturas, especialmente se forem negativas, maior é a probabilidade de formação de gelo, que prejudica a permuta de calor entre o fluido frigorigéneo e o ar.
Assim, adotaram-se espaçamentos entre alhetas maiores para evitar diminuir o impacto energético deste fenómeno indesejável.
A implantação completa dos Evaporadores selecionados nas câmaras frigoríficas e túneis de Ultracongelação encontra-se ilustrada, em detalhe, no Anexo F.8.

5.6 Dimensionamento da Central Frigorífica

Após a seleção dos Evaporadores e conhecidos todos os pontos termodinâmicos do sistema, bem como caudais mássicos, procedeu-se ao dimensionamento dos principais equipamentos da Central Frigorífica, implementados na Sala de Máquinas.

5.6.1 Grupos Compressores

Os compressores foram selecionados com recurso ao software de seleção *MySelect*, disponibilizado pelo fabricante *Mycom*, após determinar as potências de compressão necessárias. Para tal, utilizou-se a equação 2.3, exposta em 2.1, utilizando as entalpias do NH_3 na aspiração e descarga para cada compressor.
Além disto, optou-se pela instalação de compressores parafuso na Baixa e Alta Pressão, devido às elevadas potências de compressão envolvidas.
Por outro lado, selecionou-se um compressor alternativo para efetuar a compressão da pressão correspondente à temperatura de Evaporação -30ºC para -8ºC, pois esta potência de compressão é diminuta.
No que diz respeito ao sistema de lubrificação por meio de óleo, nos compressores parafuso esta lubrificação é realizada com a mistura de óleo arrefecido com o próprio fluido frigorigéneo. Deste modo, o óleo é arrastado para o circuito da instalação, sendo coletado no depósito separador de óleo que se encontra instalado entre o Condensador Evaporativo e o Depósito de Líquido.
Posteriormente, este óleo é arrefecido com auxílio do efeito termossifão, explicado em 2.7.5, sendo direcionado para os compressores.
Pelo contrário, o compressor alternativo utiliza uma bomba de óleo que permite a circulação do mesmo em todas as partes móveis.
O Quadro 5.8 resume as potências de compressão obtidas e as principais características dos compressores selecionados.

Quadro 5.8 - Características dos Compressores de Baixa, Intermédia e Alta Pressões, software *MySelect* da *Mycom.*

GRUPO COMPRESSOR DE BAIXA PRESSÃO (BP)		
Modelo – Mycom N170JS-V		
Potência Compressão necessária do Sistema	46,04 kW	
Potência Compressão	70,10 kW	
Sobredimensionamento	34,32 %	
Potência Elétrica Absorvida	22,60 kW	
Rotação	2950 rpm	
Deslocamento Volumétrico	390 m^3/h	
COP	3,1	
Temperatura Descarga	58,4ºC	
Quantidade	**1 Unidade**	
GRUPO COMPRESSOR DE INTERMÉDIA PRESSÃO (IP)		
Modelo – Mycom N4K		
Potência Compressão necessária do Sistema	15,98 kW	
Potência Compressão	20,10 kW	
Sobredimensionamento	40,50 %	
Potência Elétrica Absorvida	4,39 kW	
Rotação	1100 rpm	
Deslocamento Volumétrico	97,4 m^3/h	
COP	4,58	
Temperatura Descarga	28,9ºC	
Quantidade	**1 Unidade**	
GRUPO COMPRESSOR DE BAIXA PRESSÃO (AP)		
Modelo – Mycom i125L-H		
Potência Compressão necessária do Sistema	161,53 kW	
Potência Compressão	202,10 kW	
Sobredimensionamento	20,07 %	
Potência Elétrica Absorvida	56,40 kW	
Rotação	2950 rpm	
Deslocamento Volumétrico	295 m^3/h	
COP	3,58	
Temperatura Descarga	77,1ºC	
Quantidade	**1 Unidade**	

As restantes características destes compressores encontram-se reunidas nas especificações técnicas disponibilizadas pelo software de seleção *MySelect*, que estão apresentadas no Anexo F.5.1.

5.6.2 Condensador Evaporativo

De modo a realizar o processo de Condensação do fluido frigorigéneo, optou-se pela instalação de um Condensador Evaporativo. Este equipamento permite baixas temperaturas de condensação, comparativamente a Condensadores a ar.

Para tal, o fluido frigorigéneo circula numa serpentina que é continuamente "molhada" através de um sistema de pulverização de água [63]. Este fluxo de água pulverizada é contrário ao fluxo do ar ambiente que passa através do exterior da serpentina, provocando a evaporação de alguma desta água. Desta forma, este princípio tira partido do calor latente da Evaporação da água, removendo calor do fluido frigorigéneo [64].

Como consequência, a temperatura de Condensação passa a ser a temperatura de bolbo húmido que se obtém para o ar ambiente, que é bastante inferior à temperatura de bolbo seco.

A Figura 5.7 ilustra um esquema do funcionamento de um Condensador Evaporativo.

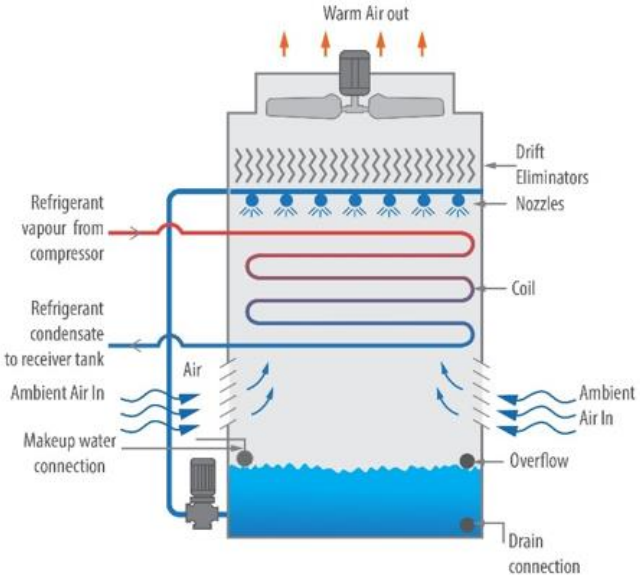


Figura 5.7 – Princípio de Funcionamento de um Condensador Evaporativo [65].

Estes equipamentos permitem diminuir as potências de compressão e, ainda, obter temperaturas menores de descarga dos compressores, apesar de adicionar ao sistema alguns gastos energéticos com a bomba de recirculação da água [66].

Para a instalação em questão, recorreu-se ao fabricante *Baltimore* que apresenta vários modelos de Condensadores Evaporativos com diferentes potências de Condensação.

Após aplicação da equação 2.2, apresentada em 2.1, concluiu-se que a potência de Condensação do ciclo é de 829,93 kW.

Este valor inicial, refere-se à potência teórica, pois tem em consideração apenas as entalpias dos pontos à entrada e saída do Condensador Evaporativo, não correspondendo ao valor real.

No entanto, a determinação da potência de Condensação necessária ($P_{Condensação\ Necessária}$) deverá incluir, não só as potências de compressão ($P_{compressão}$), como também as potências elétricas ($P_{Elétricas}$) dos compressores.

Além disto, a estes valores somou-se as potências de Evaporação de cada Evaporador selecionado ($P_{Evaporadores}$), ao invés de contabilizar as potências frigoríficas mínimas, obtidas através do cálculo das cargas térmicas. Deste modo, obteve-se uma potência de Condensação superior, no valor de 1053,88 kW, tal como ilustra a equação 5.13.

$$\begin{gathered} P_{Condensação\ Necessária} = (P_{compressão} + P_{Elétricas}) + P_{Evaporadores} \leftrightarrow \\ \leftrightarrow P_{Condensação\ Necessária} = (70{,}1 + 22{,}6) + (20{,}1 + 4{,}39) + (202{,}1 + 56{,}4) + 678{,}2 \\ \leftrightarrow P_{Condensação\ Necessária} = 1053{,}88\ kW \end{gathered} \tag{5.13}$$

Consultando o catálogo destes equipamentos da *Baltimore*, disposto no Anexo F.5.2, retirou-se o fator de correção da potência de Condensação, em função das temperaturas de bolbo seco e húmida, apresentados na Figura 5.8.

Cond. Temp.	Entering Air Wet Bulb Temperature (°C)											
(°C)	10	12	14	16	18	19	20	21	22	24	26	28
29	0.99	1.08	1.18	1.32	1.51	1.63	1.78	1.97	2.21	2.99	–	–
31	0.88	0.94	1.02	1.12	1.25	1.34	1.43	1.55	1.69	2.10	2.84	–
33	0.79	0.84	0.90	0.97	1.07	1.13	1.19	1.27	1.36	1.61	2.00	2.70
35	0.71	0.75	0.80	0.86	0.93	0.97	1.02	1.07	1.13	1.30	1.53	1.90
37	0.65	0.68	0.72	0.76	0.82	0.85	0.88	0.92	0.97	1.08	1.23	1.46
39	0.59	0.62	0.65	0.68	0.73	0.75	0.78	0.81	0.84	0.92	1.03	1.18
41	0.54	0.57	0.59	0.62	0.65	0.67	0.69	0.72	0.74	0.80	0.88	0.98
43	0.50	0.52	0.54	0.56	0.59	0.61	0.62	0.64	0.66	0.71	0.77	0.84
45	0.47	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.56	0.58	0.59	0.63	0.68	0.73

Figura 5.8 – Fator de Correção para diferentes temperaturas de bolbo Seco e Húmido, adaptado de especificações técnicas da *Baltimore* [67].

Tendo presente as temperaturas de bolbo seco e húmido de 35ºC e 24ºC, respetivamente, retira-se o fator de correção de 1,3. Selecionando o Condensador Evaporativo VXC 221 que possui uma capacidade nominal próxima da potência necessária, aplica-se a equação 5.14 para obter a capacidade corrigida de 1238,9 kW.

$$C_{Corrigida} = f_{correção} \times C_{Nominal} \quad [kW] \tag{5.14}$$

Quadro 5.9 - Características do Condensador Evaporativo, adaptado de especificações técnicas *Baltimore* [67].

CONDENSADOR EVAPORATIVO		
Modelo – VXC 221		
Potência Condensação Mínima	1053,88 kW	
Capacidade Nominal	953 kW	
Capacidade Corrigida	1238,90 kW	
Sobredimensionamento	14,2 %	
Caudal de Ar	21,9 m3/s	
Potência Ventiladores	15 kW	
Caudal de Água	19,2 m3/s	
Potência Bomba de Água	2,2 kW	
Carga de NH3	109 kg	
Quantidade	**1 Unidade**	

É importante referir que o Condensador Evaporativo foi selecionado, de modo a obter uma capacidade corrigida superior à potência de Condensação mínima requerida pela instalação, mantendo um sobredimensionamento de cerca de 10%.

Este sobredimensionamento serve não só para assegurar o processo de Condensação em condições do ar exterior excessivamente elevadas, mas também para permitir dissipar o calor resultante do arrefecimento do óleo lubrificante da instalação, tal como foi explicado em 2.7.5.

5.6.3 Depósitos Separadores de Líquido

Antes da seleção dos Depósitos Separadores de Líquido, realizou-se o seu dimensionamento baseado na metodologia de *Monnery e Svrcek* para depósitos horizontais, que foi descrita, em pormenor, em 2.7.2.

Deste modo, conseguiu-se otimizar o diâmetro e comprimento destes Depósitos para garantir o correto funcionamento do sistema e evitando um excessivo sobredimensionamento, através do processo iterativo descrito anteriormente.

Após este dimensionamento, obteve-se os parâmetros mínimos para cada um destes Depósitos Separadores, que se encontram descritos no Quadro 5.10.

Note-se que as restantes características destes depósitos, incluindo as espessuras mínimas, se encontram dispostas no mapa-resumo da instalação no Anexo F.17.

Quadro 5.10 – Parâmetros Mínimos dos Depósitos Separadores de Líquido de NH_3.

PARÂMETROS MÍNIMOS	***Depósito 1***	***Depósito 2***	***Depósito 3***
Relação Comprimento/Diâmetro	3,0	3,0	3,0
Relação Altura Líquido/Diâmetro	0,5	0,5	0,5
Volume de *"Balast"*	383,28 m^3	174,71 m^3	349,10 m^3
Volume de *"Surge"*	30,59 m^3	140,52 m^3	479,03 m^3
Diâmetro Mínimo	705,61 mm	644,39 mm	889,15 mm
Comprimento Mínimo de Acomodação	2689,21 mm	1847,98 mm	1526,59 mm
Comprimento Mínimo de Separação	2691,07 mm	134,10 mm	234,38 mm

Com base nestes parâmetros mínimos, recorreu-se ao catálogo do fabricante *Phillips Refrigeration* [68] para selecionar os depósitos mais adequados, cujas principais características se encontram resumidas no Quadro 5.11.

Para melhor compreensão deste método de dimensionamento, no Anexo H encontra-se, como exemplo, a aplicação do método *Monnery e Svrcek* para o Depósito Separador de Líquido 3, que se encontra à temperatura de Evaporação de -42ºC.

Além do mais, destaca-se que o excerto do catálogo técnico deste fabricante utilizado para a seleção destes Depósitos se encontra no Anexo F.5.3.

Quadro 5.11 – Principais Características dos Depósitos Separadores de Líquido de NH_3, adaptado da *Phillips Refrigeration* [68].

DEPÓSITOS SEPARADORES	***Depósito 1***	***Depósito 2***	***Depósito 3***
Modelo	*RVH-30140*	*RVH-30140*	*RVH-42146*
Diâmetro	762,00 mm	762,00 mm	1066,80 mm
Comprimento útil	3048,00 mm	3048,00 mm	3048,00 mm
Comprimento Total	3556,00 mm	3556,00 mm	3708,40 mm
Relação Comprimento/Diâmetro	4,67	4,67	3,48
Volume	1595,93 dm3	1595,93 dm3	3511,45 dm3
Pressão Design	3,624 bar(a)	1,374 bar(a)	0,738 bar(a)
Altura de Nível Baixo (H_{LLL})	228,60 mm	228,60 mm	228,60 mm
Altura de Nível de Controlo (H_{NLL})	397,86 mm	307,66 mm	349,79 mm
Altura de Nível Alto (H_{HLL})	434,98 mm	457,20 mm	762,00 mm

Note-se que os Depósitos Separadores 2 e 3 foram dimensionados recorrendo apenas à 1ª iteração, pois verificou-se, de imediato, que o comprimento de separação era inferior ao de acomodação. No entanto, o Depósito Separador 1 foi dimensionado à 2ª iteração, pois verificou-se, inicialmente, a situação inversa, pelo que se teve de aumentar a altura de vapor de 304,8 mm para 327,2 mm para validar a condição.

5.6.4 Depósito de Líquido

Devido à grande dimensão desta instalação, considerou-se que o NH_3 do circuito pode ser acomodado não só no Depósito de Líquido, como nos Depósitos Separadores.

Assim, adotou-se que cada Depósito Separador permite acomodar o volume de amoníaco dos Evaporadores com a mesma temperatura de Evaporação, bem como as respetivas tubagens de líquido e retorno ao Depósito.

Por outro lado, o Depósito de Líquido deve possuir um volume que permita acomodar todo o amoníaco presente no Condensador Evaporativo ($V_{Cond.Evaporativo}$) e, ainda, nas linhas de líquido à sua saída ($V_{Linhas\ Líq.}$).

Para além disso, tal como explicado em 2.7.1, o volume do Depósito de Líquido está sobredimensionado em cerca de 20%, relativamente ao seu volume. Deste modo, a equação 5.15 permite calcular o volume mínimo para este Depósito ($V_{Depósito\ Líq,mín}$).

$$V_{Depósito\ Líq,mín} = V_{Linhas\ Líq.} + V_{Cond.Evaporativo} \quad [m^3] \qquad (5.15)$$

Após o dimensionamento de todas as tubagens do circuito primário do sistema, foi possível determinar o volume das linhas de líquido à saída do Condensador Evaporativo no valor de 131,74 dm^3. Além disto, conhecendo a densidade do NH_3 no estado de líquido saturado à pressão de Condensação, obtida através do inverso do volume específico retirado do Quadro 5.3, determina-se que a carga de NH_3 do Condensador Evaporativo de 109 kg representa 188,57 dm^3.

Com base nestes volumes, consultou-se a informação técnica da *Centauro*, que se encontra no Anexo F.5.4, e selecionou-se o modelo horizontal CRH-500.

Quadro 5.12 - Características do Depósito de Líquido, adaptado da *Centauro* [69].

DEPÓSITO DE LÍQUIDO		
Modelo – CRH-500		
Volume a Armazenar	320,31 dm^3	
Volume do Depósito	500 dm^3	
Sobredimensionamento	35,94 %	
Diâmetro	610 mm	
Comprimento Total	1786 mm	

É de referir que este sobredimensionamento de cerca de 35% é propositado, de modo a assegurar uma função de *"Buffer"* ao Depósito, uma vez que pode ocorrer algum problema a um dos Depósitos Separadores, que provoque a sua desativação, estando este Depósito de Líquido pronto para receber esse volume adicional de líquido.

5.6.5 Bombas de Recirculação

Nesta secção descreve-se o dimensionamento das Bombas de Recirculação de NH_3 que foi realizado com base nas considerações explicitadas em 2.7.3.

De modo a determinar a altura manométrica mínima das bombas, dada pela equação 2.46, identificou-se qual o conjunto de linhas de tubagens mais crítico, ou seja, qual é o "caminho" que o NH_3 tem de percorrer com maior perda de carga.

Para tal, analisou-se as perdas de carga determinadas para as linhas de descarga das bombas e linhas de líquido dos Evaporadores que estas alimentam, recorrendo aos resultado obtidos no dimensionamento da tubagem, apresentados no Anexo F.11.

Assim, concluiu-se os seguintes troços críticos de ida e volta de tubagem:

- Bombas do Depósito 1: Troços (1-2) → (2-3) → (3-4) → (4-6);
- Bombas do Depósito 2: Troços (1-2) → (2-3) → (3-10) → (10-12) → (12-13);
- Bombas do Depósito 3: Troços (1-2) → (2-4).

Note-se que a identificação dos troços está coerente com a numeração dada às linhas de Tubagem no desenho de implantação de Tubagem, disponível no Anexo F.10.

Além destas perdas de carga da tubagem, inclui-se, também, as perdas de cargas associadas aos Evaporadores instalados.

Como não existia informação sobre estas perdas por parte da *Centauro*, adotou-se um valor estimado de 50 kPa, que é um valor típico para estes equipamentos.

Conforme descrito em 2.7.3, a altura manométrica mínima das bombas depende do diferencial de cotas dos pontos de entrada e saída de amoníaco do Depósito ($z_2 - z_1$). Deste modo, o termo ($z_2 - z_1$), é dado pela diferença entre o diâmetro de cada depósito e o nível mínimo de líquido dos mesmos (N_{LLL} de 228,60 mm).

As equações 5.16 a 5.18 expressam as perdas de Carga para os troços críticos.

Bombas de Recirculação do Depósito 1:

$$\begin{gathered} h_{Carga} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-6} + h_{Evaporador} \\ \leftrightarrow h_{Carga} = (32{,}68 + 0{,}84) + (16{,}20 + 2{,}70) + (0{,}21 + 1{,}44) + (-17{,}35 + 12{,}64) + 50 \\ \leftrightarrow\ h_{Carga} = 99{,}37\ kPa\ \cong 15{,}80\ m.c.l \end{gathered} \tag{5.16}$$

Bombas de Recirculação do Depósito 2:

$$\begin{gathered} h_{Carga} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-10} + h_{10-12} + h_{12-13} + h_{Evaporador} \\ \leftrightarrow h_{Carga} = (49{,}69 + 1{,}98) + (6{,}56 + 0{,}36) + (3{,}86 + 0{,}81) + (32{,}08 + 1{,}97) + (14{,}77 + 1{,}29) + 50 \\ \leftrightarrow\ h_{Carga} = 163{,}37\ kPa\ \cong 29{,}48\ m.c.l \end{gathered} \tag{5.17}$$

Bombas de Recirculação do Depósito 3:

$$h_{Carga} = h_{1-2} + h_{2-4} + h_{Evaporador}$$
$$\leftrightarrow h_{Carga} = (49{,}53 + 0{,}98) + (44{,}53 + 1{,}17) + 50 = 146{,}21\ kPa \cong 26{,}08\ m.c.l \quad (5.18)$$

Segundo as recomendações da *ASHRAE-Refrigeration* [42], as perdas de carga na descarga das Bombas de Recirculação não devem ser superiores a 170 kPa, condição esta que foi mantida válida neste dimensionamento.

Assim, as alturas manométricas mínimas para cada grupo de Bombas de Recirculação são as que constam no Quadro 5.13, bem como os caudais volúmicos de NH_3.

Quadro 5.13 – Parâmetros das Bombas de Recirculação de NH_3.

PARÂMETROS DAS BOMBAS	*Bombas (-42ºC)*	*Bombas (-30ºC)*	*Bombas (-8ºC)*
Perdas de Carga Troço Crítico (h_{carga})	26,08 m.c.l	29,48 m.c.l	15,80 m.c.l
Diferença de Cotas (z_1 -z_2)	0,84 m	0,53 m	0,53 m
Altura Manométrica Mínima ($H_{Instalação}$)	26,92 m.c.l	30,01 m.c.l	16,33 m.c.l
Caudal Volúmico Total de NH_3	2,09 m^3/h	1,05 m^3/h	2,30 m^3/h

Relativamente à verificação quanto a fenómenos de Cavitação, determinou-se o NPSH disponível para cada grupo de bombas, recorrendo à equação 2.43, tendo em conta as perdas de carga na aspiração ($h_{Aspiração}$) e, ainda, a diferença de cotas entre o nível de controlo dos Depósitos Separadores e entrada nas Bombas (ΔZ).

Neste caso, como a pressão de aspiração é igual à de vaporização do fluido, esse termo foi anulado.

O Quadro 5.14 resume os parâmetros calculados para a verificação quanto à Cavitação, concluindo-se que as bombas dimensionadas não sofrem deste problema, considerando o NPSH requerido de 1 metro, fornecido pela *WITT* nas especificações técnicas das bombas (Anexo F.5.5).

Quadro 5.14 – Parâmetros de verificação de Cavitação das Bombas de Recirculação de NH_3.

VERIFICAÇÃO DE CAVITAÇÃO	*Bombas (-42ºC)*	*Bombas (-30ºC)*	*Bombas (-8ºC)*
Perdas de Carga Aspiração ($h_{Aspiração}$)	-0,8 m.c.l	-0,5 m.c.l	-0,75 m.c.l
Diferença de Cotas de Aspiraçao (ΔZ)	1,42 m	1,38 m	1,38 m
NPSH Disponível	2,23 m.c.l	1,88 m.c.l	2,13 m.c.l
NPSH Requirido	1,0 m.c.l	1,0 m.c.l	1,0 m.c.l
Existência de Cavitação	NÃO	NÃO	NÃO

As Bombas de Recirculação foram selecionadas através do software *WittSelect* do fabricante *Witt*, considerando 4 recirculações de NH_3.

Quadro 5.15 - Características das Bombas de Recirculação de NH_3.

BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE NH_3 (4 RECIRCULAÇÕES)			
Características	***Bombas (-42ºC)***	***Bombas (-30ºC)***	***Bombas (-8ºC)***
Modelo	GP 52	GP 42	GP 42
Altura Manométrica da Bomba	31,2 m.c.l	30,0 m.c.l	20,6 m.c.l
Potência Absorvida	5,5 kW	1,1 kW	1,1 kW
Rotação	1450 rpm	1450 rpm	1450 rpm
Diferencial de Pressão	1,83 bar(g)	2,00 bar(g)	1,04 bar(g)
Dimensões (CxLxH)	946,9x300x354 (mm)	841,9x300x276 (mm)	841,9x300x276 (mm)
Quantidade	2 Unidades	2 Unidades	2 Unidades

5.6.6 Depósito Separador de Óleo com Termosifão

O Depósito Separador de Óleo com efeito de Termosifão foi dimensionado seguindo a metodologia de *Monnery e Svrcek* para depósitos verticais, explicitada em 2.7.2.
Com o dimensionamento reuniu-se, no Quadro 5.16, os seus parâmetros mínimos.

Quadro 5.16 **-** Parâmetros Mínimos do Depósito Separador de Óleo com Termosifão.

PARÂMETROS MÍNIMOS	***Depósito (Termosifão)***
Volume de *"Balast"*	127,66 dm^3
Volume de *"Surge"*	63,83 dm^3
Diâmetro Mínimo	692,77 mm

Com a informação técnica da *Phillips Refrigeration*, selecionou-se o Depósito Separador de Termosifão, com as suas características apresentadas no Quadro 5.17.

Quadro 5.17 - Principais Características do Depósito Separador de Óleo com Termosifão, adaptado da *Phillips Refrigeration* [68].

DEPÓSITO SEPARADOR DE ÓLEO (TERMOSIFÃO)	
Modelo	*TSR3084V*
Diâmetro	762,00 mm
Comprimento útil	1625,60 mm
Comprimento Total	2133,60 mm
Volume	1050,22 dm^3
Pressão Design	15,61 bar(a)
Altura de Nível Baixo (H_{LLL})	381,00 mm
Altura de Nível de Controlo (H_{NLL})	381,00 mm
Altura de Nível Alto (H_{HLL})	660,93 mm

5.6.7 Permutador de Calor NH_3/Água Glicolada

Como referido anteriormente, o permutado de calor funciona com o amoníaco do circuito primário e água glicolada com 30% de fração mássica de Monoetilenoglicol (MEG), que age como anticongelante e impede a corrosão das tubagens.

Nesta secção, calculou-se a potência necessária, que corresponde à potência de arrefecimento para as zonas climatizadas de 246,26 kW, referida no Quadro 5.2.

Para tal, consultou-se o fornecedor *ACS – Advanced Cooling Solutions*, representante do fabricante *Alfa Laval*, de modo a selecionar o permutador com uma potência superior adequada para assegurar esta necessidade térmica. Desta forma, optou-se por selecionar um permutador do tipo placas, por ser dos permutadores com maior eficiência de permuta de calor, sendo constituído por aço inoxidável AISI 316.

As suas características encontram-se no Quadro 5.18 e no Anexo F.5.7.

Quadro 5.18 - Principais Características do Permutador de Calor NH_3/MEG, adaptado das especificações técnicas da *Alfa Laval.*

PERMUTADOR DE PLACAS NH_3/ÁGUA GLICOLADA		
Modelo – M10-BWFG 54		
Potência Necessária	246,26 kW	
Potência	300 kW	
Sobredimensionamento	17,9 %	
Direção de Fluxos	Concorrentes	
Nº Placas	52 unidades	
Dimensões (CxLxH)	1145x600x985 (mm)	

Já as propriedades do NH_3 e da água glicolada, fornecidas pelo fabricante Alfa-Laval, são apresentadas pelo Quadro 5.19.

Quadro 5.19 – Propriedades dos fluidos primário e secundário do Permutador de Calor NH_3/MEG.

PROPRIEDADES	***Fluido Primário (NH_3)***	***Fluido Secundário (Água Glicolada)***
Caudal Mássico	2547,00 kg/h	73280 kg/h
Temperatura Entrada	-8ºC	2ºC
Temperatura Saída	-8ºC	-2ºC
Volume de Líquido	17,61 dm^3	16,98 dm^3
Perda de Carga	5,92 kPa	94,90 kPa
Pressão de Design	16 bar(a)	10 bar(a)

5.7 Dimensionamento dos Frigodifusores

No circuito de água glicolada, o arrefecimento das zonas climatizadas é realizado com Frigodifusores de duplo fluxo, ideais para salas de processamento, que se assemelham aos Evaporadores, exceto que não ocorre nenhum processo de Evaporação do fluido. A seleção destes equipamentos foi realizada através do programa de cálculo *GPC* da *Guntner* e teve como base alguns prossupostos semelhantes à seleção dos Evaporadores em 5.4, destacando-se, ainda, o espaçamento entre alhetas assumindo-se valores de 7mm ou 4mm, uma vez que as temperaturas envolvidas não formam gelo. As características dos frigodifusores estão resumidas do Quadro 5.20 ao Quadro 5.22.

Quadro 5.20 - Características dos Frigodifusores da Sala de Modagem, adaptado da *Guntner.*

CLIMATIZADOS – SALA DE MOLDAGEM/ENCHIMENTO		
Frigodifusor Modelo – MGBK 050.1B/24-ES/6P		
Potência Corrigida	23,2 kW	
Caudal Volúmico Ar	7300 m^3/h	
Volume Interno	21,9 dm^3	
Projeção de Ar	12 m	
Nº Ventiladores	2 unidades	
Diâmetro Ventiladores	500 mm	
Espessura Alhetas	4 mm	
Dimensões (CxLxH)	2888x1096x727 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**2 Unidades**	

Quadro 5.21 - Características dos Frigodifusores das Salas de Encartonamento, Acondicionamento e Corredores, adaptado da *Guntner.*

CLIMATIZADOS – SALA DE ENCARTONAMENTO		
Frigodifusor Modelo – MGBK 041C/210-EW/18P		
Potência Corrigida	12,2 kW	
Caudal Volúmico Ar	6400 m^3/h	
Volume Interno	16,8 dm^3	
Projeção de Ar	9 m	
Nº Ventiladores	2 unidades	
Diâmetro Ventiladores	400 mm	
Espessura Alhetas	10 mm	
Dimensões (CxLxH)	1600x1565x450 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**1 Unidade**	

CLIMATIZADOS – SALA DE ACONDICIONAMENTO		
Frigodifusor Modelo – MDGN 046C/17-ES/18P		
Potência Corrigida	7,7 kW	
Caudal Volúmico Ar	3950 m^3/h	
Volume Interno	11,7 dm^3	
Projeção de Ar	8 m	
Nº Ventiladores	1 unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	7 mm	
Dimensões (CxLxH)	1565x1200x450 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**2 Unidades**	
CLIMATIZADOS – CORREDORES NORTE E ESTE		
Frigodifusor Modelo – MDGN 046C/27-ES/18P		
Potência Corrigida	25,7 kW	
Caudal Volúmico Ar	7900 m^3/h	
Volume Interno	22,4 dm^3	
Projeção de Ar	11 m	
Nº Ventiladores	2 unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	7 mm	
Dimensões (CxLxH)	2000x1565x450 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**2 Unidades por Corredor**	

Quadro 5.22 - Características dos Frigodifusores dos Cais de Receção e Expedição, adaptado da *Guntner.*

CLIMATIZADOS – CAIS DE RECEÇÃO		
Frigodifusor Modelo – MDGN 041C/27-EW/18P		
Potência Corrigida	16 kW	
Caudal Volúmico Ar	6300 m^3/h	
Volume Interno	16,8 dm^3	
Projeção de Ar	8 m	
Nº Ventiladores	2 unidades	
Diâmetro Ventiladores	400 mm	
Espessura Alhetas	7 mm	
Dimensões (CxLxH)	1600x1565x450 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**3 Unidades**	

CLIMATIZADOS – CAIS DE EXPEDIÇÃO		
Frigodifusor Modelo – MDGN 046A/24-ES/8P		
Potência Corrigida	17,4 kW	
Caudal Volúmico Ar	8160 m^3/h	
Volume Interno	14,6 dm^3	
Projeção de Ar	11 m	
Nº Ventiladores	2 unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	4 mm	
Dimensões (CxLxH)	2000x1565x450 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**3 Unidades**	

5.8 Dimensionamento dos Equipamentos do Circuito Secundário

5.8.1 Depósito de Inércia

A instalação do Depósito de Inércia térmica no circuito secundário, tem como objetivo reduzir os custos de operação, uma vez que permite alimentar os frigodifusores com água arrefecida por um período reduzido, sem que as bombas de recirculação iniciem de imediato o seu funcionamento.

Além do mais, este Depósito de Inércia assume uma função de *"Buffer"* [70], acumulando alguma capacidade de arrefecimento, assegurando a minimização dos efeitos de "picos" de consumo anómalas que possam existir na instalação.

Com o objetivo de dimensionar o volume necessário para o Depósito de inércia térmica, necessita-se de conhecer o perfil horário de consumos da instalação [71]. Deste modo, assumiram-se os seguintes pressupostos:

- Das 0h às 8h e das 19h às 0h está em funcionamento a Sala de Moldagem;
- Das 8h às 9h e das 18h às 19h está em funcionamento as Salas de Moldagem, Acondicionamento e Encartonamento, bem como os Cais de Receção e Expedição;
- Das 9h às 18h estão todas as zonas climatizadas em funcionamento.

Tendo presente as cargas térmicas de todas as zonas climatizadas, traçou-se o gráfico da Figura 5.9 que ilustra a evolução destas cargas ao longo de um dia típico da instalação.

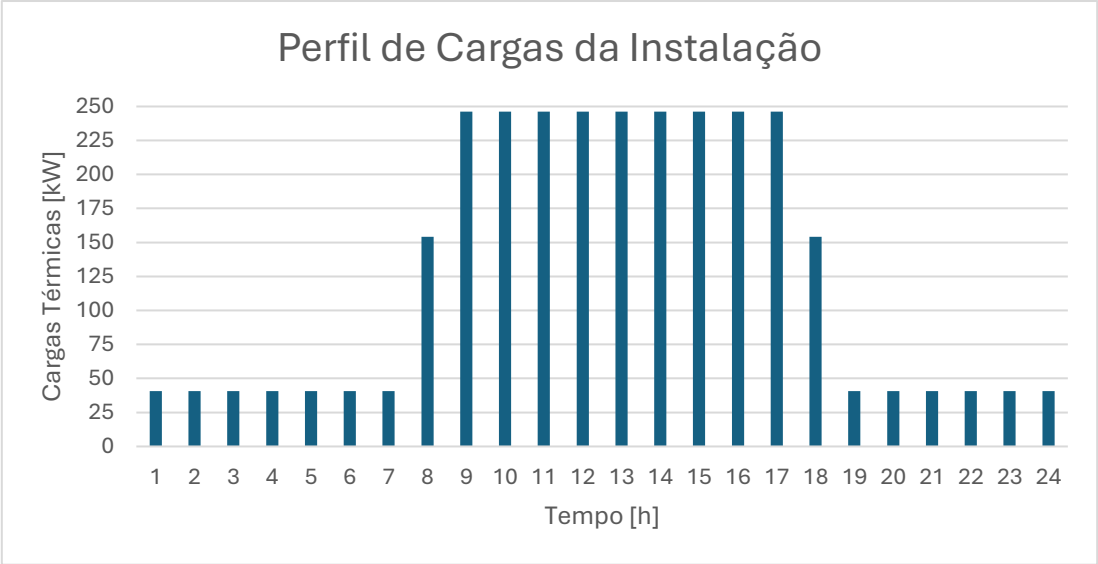


Figura 5.9 – Gráfico do Perfil de Cargas diário da Instalação.

O dimensionamento do Depósito de Inércia é função do número de arranques por hora ($t_{Operação}$), que pode ser expresso pela equação 5.19 [70].

$$t_{Operação} = \frac{m_{Água} C_p \Delta T}{P} \quad [s] \tag{5.19}$$

Onde:

$m_{Água}$ – Massa de Água Glicolada armazenada [kg];

C_p – Calor Específico da Água Glicolada [kJ/kg.K];

P – Carga Térmica máxima da instalação [kW];

ΔT – Diferencial de Temperatura entre a água glicolada de entrada e saída (4ºC).

Segundo [70], o tempo de operação do sistema de arrefecimento de água ($t_{Operação}$) deve estar compreendido entre 10 e 20 minutos por hora.

Assim, assumindo um tempo de operação de cerca de 10 minutos e reorganizando a equação 5.19, torna-se possível calcular a massa de água glicolada armazenada do Depósito, tal como exemplifica a equação 5.20.

$$m_{Água} = \frac{P\ (60 \times t_{Operação})}{C_p\ \Delta T} = \frac{246{,}26 \times (60 \times 10)}{3{,}69 \times 4} = 10010{,}57\ kg \tag{5.20}$$

Por fim, aplicando o conceito de densidade da água glicolada, determina-se o volume mínimo de armazenagem do Depósito de Inércia, tal como ilustra a equação 5.21.

$$\rho_{Água} = \frac{m_{Água}}{V_{água}} \leftrightarrow V_{água} = \frac{10010{,}57}{1051} = 9{,}5248\ m^3 = 9524{,}80\ L \qquad (5.21)$$

É de referir que a densidade e calor específico da água glicolada foram retirados das especificações técnicas do permutador de calor, dispostas no Anexo F.5.7.

Com este volume mínimo, selecionou-se através do catálogo do fabricante *Mecalia*, disposto no Anexo F.7.1, o depósito de Inércia vertical DPAC/DI 10.000, cujas características estão presentes no Quadro 5.23.

Quadro 5.23 - Características do Depósito de Inércia, adaptado da *Mecalia* [72].

DEPÓSITO DE INÉRCIA	
MODELO DPAC/DI 10.000	
Volume	10000 dm^3
Diâmetro	1910 mm
Altura Máxima	4683 mm
Temperatura Min	-2ºC
Temperatura Max	2ºC

5.8.2 Bombas de Recirculação de Água Glicolada

O dimensionamento das Bombas de Recirculação de água glicolada seguem a mesma linha de raciocínio apresentada para as Bombas de Recirculação do circuito primário, em 5.6.5.

Primeiramente, definiram-se os troços críticos de ida e volta para os grupos de bombagem de água glicolada fria e quente:

- Bombas de água glicolada fria: Troços (Descarga Bombas) → (Coletor Descarga) → (1-2) → (12-14) → (14-16) → (16-20) → (20-22) → (22-26) → (26-28) → (28-30);
- Bombas de água glicolada quente: Troços (Descarga Bombas) → (Coletor Descarga) → (Entrada Permutador) → (Saída Permutador).

Mais uma vez, a designação de cada troço está em concordância com a numeração dada às linhas de Tubagem no desenho de implantação de Tubagem, disponível no Anexo F.10.

Ao contrário do que ocorria para as Bombas de Recirculação de NH_3, as Bombas de Recirculação de água glicolada fria não necessitam de vencer as perdas de carga dos frigodifusores, pois existem pequenas bombas recirculadoras dedicadas a cada

frigodifusor, responsáveis por estas perdas. Esta bombas dedicadas, cujas especificações técnicas se encontram no Anexo F.7.2, seguem o mesmo raciocínio de dimensionamento, contabilizando apenas as perdas de carga internas de cada Frigodifusor, definindo, assim, a altura manométrica necessária.

Contudo, as Bombas de Recirculação de água quente têm de vencer as perdas de carga do Permutador que, relembrando o Quadro 5.18, possuem o valor de 94,9 kPa, o que corresponde a cerca de 9,2 m.c.a.

Relativamente à diferença de cotas ($z_2 - z_1$), esta é entre os pontos de entrada e saída da água glicolada que, segundo as dimensões do Depósito de Inércia apresentadas no Anexo F.7.1 é de 2,8 metros.

As equações 5.22 e 5.23 expressam o cálculo das perdas de cargas para cada grupo de Bombagem de água glicolada.

Bombas de Recirculação de água fria:

$$\begin{gathered} h_{Carga} = h_{Descarga} + h_{Coletor} + h_{1-2} + h_{12-14} + h_{14-16} + h_{16-20} + h_{20-22} + h_{22-26} + h_{26-28} + h_{28-30} \\ \leftrightarrow h_{Carga} = 0{,}70 + 0{,}74 + (10{,}63 + 1{,}64) + (2{,}08 + 2{,}48) + (1 + 1{,}35) + (0{,}92 + 0{,}85) + (1{,}30 + 1{,}34) \\ + (1{,}29 + 1{,}46) + (1{,}73 + 1{,}69) + (0{,}46 + 0{,}46) + (0{,}78 + 0{,}6) \\ \leftrightarrow\ h_{Carga} = \ 33{,}50\ m.c.a \end{gathered} \tag{5.22}$$

Bombas de Recirculação de água quente:

$$\begin{gathered} h_{Carga} = h_{Descarga} + h_{Coletor} + h_{Entrada\ Permutador} + h_{Saída\ Permutador} + \ h_{\ Permutador} \\ \leftrightarrow h_{Carga} = 0{,}71 + 0{,}74 + 3{,}42 + 2{,}3 + 9{,}20 \\ \leftrightarrow\ h_{Carga} = \ 16{,}37\ m.c.a \end{gathered} \tag{5.23}$$

Assim, as alturas manométricas mínimas para cada grupo de Bombas de Recirculação são as que constam no Quadro 5.24.

A seleção das bombas foi realizada através do software da *Grundfos*, selecionando as bombas apresentadas no Quadro 5.26.

Quadro 5.24 - Parâmetros das Bombas de Recirculação de Água Glicolada.

PARÂMETROS DAS BOMBAS	***Bombas (Água Fria)***	***Bombas (Água Quente)***
Perdas de Carga Troço Crítico (h_{carga})	33,50 m.c.a	16,37 m.c.l
Diferença de Cotas (z_1 -z_2)	2,80 m	2,80 m
Altura Manométrica Mínima ($H_{Instalação}$)	36,30 m.c.l	19,17 m.c.l
Caudal Volúmico Total de NH_3	28,58 m^3/h	28,58 m^3/h

Com a informação dos NPSH requeridos das bombas, foi possível validá-las quanto à Cavitação, tal como ilustra o Quadro 5.26.

Note-se que, neste caso, o cálculo do NPSH disponível já é calculado também com o termo da diferença entre pressões de aspiração e vaporização da água, sendo esta pressão de vaporização retirada de tabelas de propriedades da água [47].

Quadro 5.25 - Parâmetros de Cavitação das Bombas de Recirculação de Água Glicolada.

VERIFICAÇÃO DE CAVITAÇÃO	***Bombas (Água Fria)***	***Bombas (Água Quente)***
Perdas de Carga Aspiração ($h_{Aspiração}$)	-0,42 m.c.l	-0,40 m.c.l
Diferença de Cotas de Aspiraçao (ΔZ)	1,11 m	3,64 m
NPSH Disponível	18,66 m.c.l	16,07 m.c.l
NPSH Requirido	1,67 m.c.l	1,80 m.c.l
Existência de Cavitação	NÃO	NÃO

Quadro 5.26 - Características das Bombas de Recirculação de Água Glicolada.

BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO ÁGUA GLICOLADA		
Características	***Bombas (Água Fria)***	***Bombas (Água Quente)***
Modelo	NB 40-160/172	NB 40-125/131
Altura Manométrica da Bomba	42 m.c.a	16,40 m.c.a
Potência Absorvida	11 kW	2,2 kW
Rotação	2677 rpm	2604 rpm
Pressão da Água Glicolada	2 bar(a)	2 bar(a)
Dimensões (CxLxH)	905x292x364 (mm)	647x170x252 (mm)
Quantidade	2 Unidades	2 Unidades

5.8.3 Vaso de Expansão

O Vaso de Expansão tem como função compensar a expansão ou contração do líquido circulante incompressível, devido às variações volumétricas provocadas pela alteração da temperatura do fluido. Para permitir esta expansão ou contração, o Vaso de Expansão possui uma interfase (diafragma) entre o fluido e um gás compressível [73].
O dimensionamento deste equipamento passa pela determinação do volume mínimo necessário para permitir a expansão da água glicolada da instalação não só nas condições de funcionamento, mas também sob as condições de paragem do sistema.
Para tal, a *ASHRAE* [73], recomenda a aplicação da equação 5.24.

$$V_{Vaso} = \frac{V_s\left[\left(\frac{v_2}{v_1}\right) - 1\right] - 3\alpha\Delta T}{1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)} \qquad (5.24)$$

Com:

V_s – Volume total de água glicolada no Circuito [m^3];

v_1 e v_2 – Volumes específicos da água glicolada às temperaturas mais baixa e mais elevada [m^3/kg];

P_1 e P_2 – Pressões da água glicolada às temperaturas mais baixa e mais elevada [kPa];

α – Coeficiente linear da expansão térmica do material da tubagem ($11{,}7 \times 10^{-6}$ m/m.K);

ΔT – Diferença entre as temperaturas mais elevada e mais baixa [K].

Segundo o fabricante *Caleffi* [74], as pressões P_1 e P_2 são dadas por:

$$P_1 = P_{st} + 0{,}3\ [bar(a)] \quad e \quad P_2 = P_{VS} - 0{,}5 \quad [bar(a)] \tag{5.25}$$

Sendo:

P_{st} – Pressão hidrostática no ponto de instalação do Vaso de Expansão [bar(a)];

P_{VS} – Pressão de regulação da válvula de segurança [bar(a)].

O Vaso de Expansão é montado no ponto mais elevado da instalação a uma elevação (H) de 5,42 metros, sendo a pressão hidrostática disponível dada pela equação 5.26.

$$P_{hidroestática} = H\rho g = 5{,}42 \times 1051 \times 9{,}81 = 0{,}559\ [bar(a)] \tag{5.26}$$

A *ASHRAE* recomenda que, no ponto mais alto da instalação, a pressão seja de 70 kPa(g). Desta forma, à pressão hidrostática disponível soma-se o valor de 1,7 kPa(a). Assumindo uma pressão de regulação de válvula de segurança de 5 bar(a) obtém-se os seguintes valores para as pressões P_1 e P_2:

$$P_1 = (1{,}7 + 0{,}559) + 0{,}3 = 2{,}56\ bar(a) \quad e \quad P_2 = 5 - 0{,}5 = 4{,}5\ bar(a) \tag{5.27}$$

Além disto, a temperatura mais baixa do sistema é de -2ºC, enquanto a temperatura mais elevada é a de projeto do ar exterior, analisada em 4.2.1, de 33,1ºC.

O volume total do circuito de água glicolada é determinado através da equação 5.28.

$$\begin{gathered} V_s = V_{Tubagem} + V_{Depósito\ Inércia} + V_{Permutador} + V_{Frigodifusor} \leftrightarrow \\ \leftrightarrow V_s = 1923 + 10000 + 16{,}98 + (3 \times 16{,}8) + (3 \times 14{,}6) + (2 \times 22{,}4) + (2 \times 22{,}4) \\ + (2 \times 11{,}7) + 16{,}8 + (2 \times 21{,}9) = 12207{,}6\ dm^3 \end{gathered} \tag{5.28}$$

Finalmente, aplicando a equação 5.29, determina-se que o Vaso de Expansão deve possuir um volume mínimo de 381,97 dm^3.

$$V_{Vaso} = \frac{12207{,}6\left[\left(\frac{9{,}65\times10^{-4}}{9{,}51\times10^{-4}}\right)-1\right]-3\times(11{,}7\times10^{-6})\times35{,}1}{1-\left(\frac{2{,}56}{4{,}5}\right)} = 381{,}97\ dm^3 \qquad (5.29)$$

Deste modo, recorreu-se ao fabricante *Reflex* [75], com a especificação técnica do Anexo F.7.3, para selecionar um Vaso de Expansão de diafragma adequado.

Quadro 5.27 - Características do Vaso de Expansão, adaptado da *Reflex* [75].

VASO DE EXPANSÃO		
Modelo – N400		
Diâmetro	746 mm	
Altura	1093 mm	
Volume	400 dm³	
Temperatura Serviço Min.	-10ºC	
Temperatura Serviço Max.	70ºC	
Pressão Máxima	6 bar(g)	

5.9 Dimensionamento da Tubagem e Acessórios de NH_3 e Água Glicolada

O dimensionamento das tubagens de NH_3 e Água glicolada teve como base a metodologia analítica de cálculo exposta em 2.11, utilizando as tabelas da *ASHRAE* de comprimentos equivalentes e K´s apresentadas no Anexo K.

Relativamente ao circuito de NH_3, o material da tubagem adotado foi o aço carbono ASTM Standard A53 grau B sem costura e foram consideradas todas as velocidades e perdas de carga recomendadas pela *ASHRAE* apresentadas em 2.11.1.

Para o circuito de água glicolada, considerou-se uma velocidade recomendada de 1,5 m/s e selecionou-se o material aço inoxidável AISI 304L com costura.

Para a tubagem de Descongelação, definiu-se uma potência de Descongelação 2,5 vezes superior à potência de cada Evaporador, de modo a dimensionar as linhas.

Ambos os materiais referidos estão em conformidade com a Norma *ASME B36.10* que rege as dimensões dos tubos de aço, cujas tabelas surgem no Anexo L.

No que diz respeito aos acessórios utilizados, como curvas, tês, reduções e outros, utilizou-se o aço carbono ASTM A234 WPB sem costura para os acessórios de NH_3.

Por outro lado, todas as válvulas de regulação, solenoides e de controlo foram selecionadas com recurso ao software *CoolSelector2* da *Danfoss*.

De forma a compreender melhor toda esta metodologia, encontra-se no Anexo I o dimensionamento de uma linha de tubagem do circuito de NH_3, como exemplo.

5.10 Dimensionamento do Isolamento da Tubagem de NH_3 e Água Glicolada

Em relação ao isolamento da tubagem de NH_3 e água glicolada, o seu dimensionamento baseia-se na metodologia analítica descrita em 2.11.3, sendo que, no Anexo J, está exemplificado a sua aplicação para uma tubagem do circuito de NH_3.

Além disto, importa referir que, para a tubagem de ambos os circuitos, se optou pelo isolamento através de Poliuretano injetado com forra de alumínio, sendo que todas as válvulas instaladas devem estar isoladas com fita impregnada.

5.11 Mapa de Quantidades e Custos Associados

No Anexo F.18 encontra-se o mapa de quantidades com indicação dos custos dos principais equipamentos, tubagem e acessórios do Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada. O Quadro 5.28 apresenta os custos dos elementos da instalação.

Quadro 5.28 – Custos da Instalação do Sistema Inundado a NH3 e Água Glicolada.

CUSTOS DA INSTALAÇÃO		
Elementos da Instalação	**Custos**	**Pesos Percentuais**
Central Frigorífica	*319 987,24 €*	*30,65 %*
Equip. Circuito Secundário	*45 593,00 €*	*4,37 %*
Evaporadores	*271 380,40 €*	*26,00 %*
Frigodifusores	*212 429,32 €*	*20,35 %*
Carga de Fluidos e Óleos	*28 453,45 €*	*2,72 %*
Tubagem de NH_3	*14 994,30 €*	*1,44 %*
Acessórios de Tubagem de NH_3	*96 839,85 €*	*9,28 %*
Isolamento Térmico de NH_3	*33 519,76 €*	*3,21 %*
Tubagem de Água Glicolada	*5 839,15 €*	*0,56 %*
Acessórios de Tubagem Água Glicolada	*2 445,41 €*	*0,22 %*
Isolamento Térmico de Água Glicolada	*12 525,55 €*	*1,20 %*
CUSTO FINAL	***1 044 007,43 €***	***100,00 %***

Por fim, constata-se que o Sistema Inundado com NH_3 e Água Glicolada exige um investimento inicial estimado em 1 044 007,43 euros, sendo a Central Frigorífica a componente com maior peso no custo inicial da instalação, contribuindo com cerca de 30%. Além disto, os Evaporadores e Frigodifusores constituem a restante parte dos custos, sobrando 166 164,02 euros destinados à tubagem da instalação e 28 453,45 euros gastos na aquisição do fluido R717 e óleo Reflo 68A necessários.

6 Sistema Inundado em Cascata com NH_3 e CO_2 Subcríticos

6.1 Descrição Geral

A 2ª solução estudada, baseia-se um sistema Inundado em Cascata, explicado anteriormente em 2.10.2, que utiliza CO_2 em 3 estágios no estado subcrítico e o NH_3 no lado da Alta Pressão em circuitos separados.

A troca de calor entre estes circuitos independentes foi realizada através de um permutador de calor CO_2/NH_3, sendo que este assumiu a função de Condensador para o circuito de CO_2 e de Evaporador na perspetiva do circuito de NH_3.

No que respeita às temperaturas de Evaporação e às zonas alimentadas pelo CO_2, manteve-se os pressupostos, presentes no Quadro 5.1.

A Figura 6.1 ilustra o esquema de princípio simplificado deste sistema com a respetiva indicação dos pontos termodinâmicos considerados.

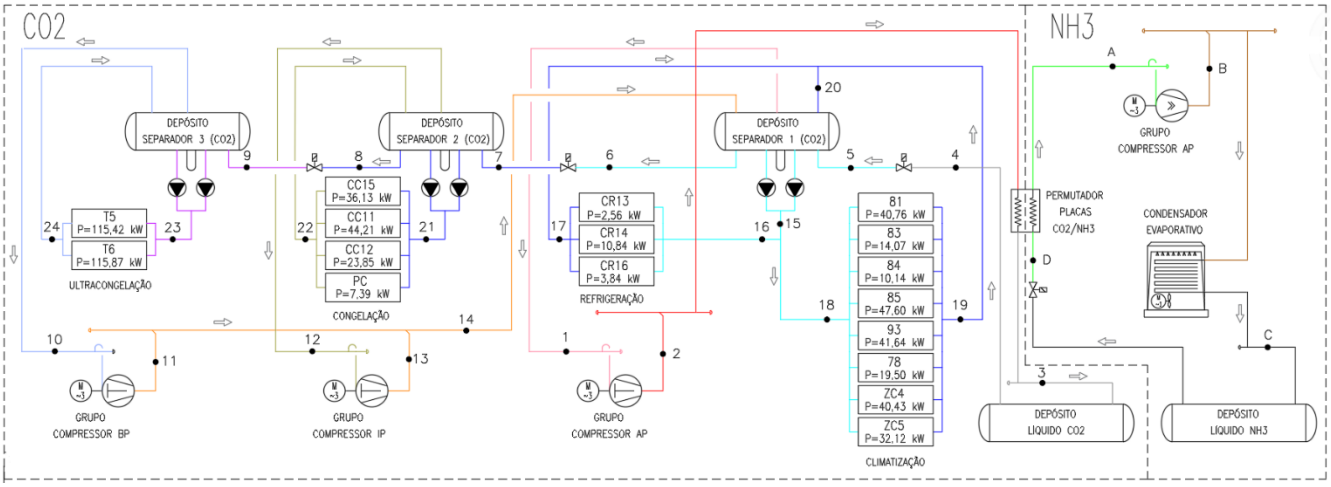


Figura 6.1 - Esquema de Princípio de Sistema Inundado em Cascata com CO_2 e NH_3.

É de referir que o Anexo G.1 contém o esquema de princípio, pormenorizado, deste sistema, incluindo todos os equipamentos dimensionados, válvulas e tubagem.

6.2 Caracterização Termodinâmica

6.2.1 Caudais Mássicos

À semelhança com o que foi realizado na análise do sistema da opção nº2, para esta solução procedeu-se ao cálculo dos caudais mássicos mínimos que garantem as

potências de Evaporação necessárias para cada Câmara e zonas climatizadas, estando os valores obtidos resumidos no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Caudais Mássicos de CO_2 e NH_3 para cada Câmara e Permutador de Calor.

CAMÂRAS	*CAUDAL MÁSSICO [kg/s]*	*POTÊNCIA FRIGORÍFICA [kW]*
CIRCUITO PRIMÁRIO DE CO_2		
CONGELADOS		
T5	0,709	115,42
T6	0,712	115,87
CC15	0,239	36,13
CC11	0,293	44,21
CC12	0,158	23,85
PC	0,049	7,39
REFRIGERADOS		
CR13	0,020	2,56
CR14	0,086	10,84
CR16	0,030	3,84
CLIMATIZADOS		
Permutador CO_2/NH_3	3,558	246,26
CIRCUITO SECUNDÁRIO DE NH_3		
Permutador CO_2/NH_3	0,709	246,26

6.2.2 Pontos Termodinâmicos

O Quadro 6.2 resume as propriedades termodinâmicas dos pontos da Figura 6.1.

A definição das pressões de serviço deste sistema, em particular no circuito de CO_2 (LTC), é muito importante de modo a garantir não só a segurança das instalações, como também expressa um impacto muito elevado ao nível dos custos iniciais de instalação.

As pressões dos Depósitos Separadores e respetivos circuitos de recirculação são obtidas através dos ΔT definidos entre as temperaturas de Evaporação e as temperaturas requeridas nas câmaras e zonas climatizadas.

No entanto, como o método de descongelação é por gás quente, a alta pressão no circuito de CO_2 foi assumida como 53 bar(a), pelas razões explicitadas em 2.10.2, não sendo necessário um compressor dedicado para a descongelação.

Relativamente à alta pressão no circuito de NH_3, adotou-se o valor de 13,57 bar(a), de modo a garantir a temperatura de Condensação de 35ºC.

Quadro 6.2 – Características termodinâmicas do sistema Inundado em Cascata de CO_2 e NH_3.

Pontos	Temperatura [ºC]	Pressão [bar(a)]	V. específico [m3/kg]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg.K]	Título	Estado
CIRCUITO PRIMÁRIO DE CO_2							
1	-8	28,07	0,0132	434,35	1,89	1	V. Saturado
2_{is}	38,3	53,00	0,0080	459,35	1,89	-	V. Sobreaquecido
2	42,3	53,00	0,0083	465,60	1,91	-	V. Sobreaquecido
3	16,8	53,00	0,0012	245,22	1,15	0	L. Saturado
4	16,8	53,00	0,0012	245,22	1,15	0	L. Saturado
5	-8	28,07	0,0041	245,22	1,17	0,252	Mistura
6	-8	28,07	0,0010	181,81	0,94	0	L. Saturado
7	-30	14,29	0,0051	181,81	0,95	0,159	Mistura
8	-30	14,29	0,0010	133,99	0,75	0	L. Saturado
9	-42	9,34	0,0040	133,99	0,76	0,077	Mistura
10	-42	9,34	0,0411	434,71	2,06	1	V. Saturado
11_{is}	30,6	28,07	0,0175	482,54	2,06	-	V. Sobreaquecido
11	41,5	28,07	0,0185	494,50	2,10	-	V. Sobreaquecido
12	-30	14,29	0,0269	436,52	2,00	1	V. Saturado
13_{is}	15,1	28,07	0,0159	464,78	2,00	-	V. Sobreaquecido
13	21	28,07	0,0165	471,85	2,02	-	V. Sobreaquecido
14	32,5	28,07	0,0176	484,74	2,07	-	V. Sobreaquecido
15	-8	28,07	0,0010	181,81	0,94	0	L. Saturado
16	-8	28,07	0,0010	181,81	0,94	0	L. Saturado
17	-8	28,07	0,0071	307,90	1,44	0,5	Mistura
18	-8	28,07	0,0010	181,81	0,94	0	L. Saturado
19	-8	28,07	0,0071	307,90	1,44	0,5	Mistura
20	-8	28,07	0,0071	307,90	1,44	0,5	Mistura
21	-30	14,29	0,0010	133,99	0,75	0	L. Saturado
22	-30	14,29	0,0139	285,07	1,37	0,5	Mistura
23	-42	9,34	0,0009	108,99	0,65	0	L. Saturado
24	-42	9,34	0,0210	271,67	1,35	0,5	Mistura
CIRCUITO SECUNDÁRIO DE NH3							
A	9,6	6,06	0,2082	1469,57	5,49	1	V. Saturado
B_{is}	66,2	13,57	0,1111	1581,10	5,49	-	V. Sobreaquecido
B	76,7	13,57	0,1159	1608,98	5,58	-	V. Sobreaquecido
C	35	13,57	0,0017	363,77	1,56	0	L. Saturado
D	9,6	6,06	0,0218	363,77	1,58	0,098	Mistura

O índice “is” refere-se aos pontos isentrópicos de descarga dos compressores, cujo rendimento isentrópico é de 80%.

6.2.3 Temperaturas de Evaporação e Condensação

Dado que a temperatura de Condensação do NH_3 é de 35ºC, estabelece-se um ΔT de cerca de 9ºC com a temperatura de bolbo húmido do ar exterior de 24ºC, estando este diferencial de temperatura no intervalo de valores recomendados em [76].
Em contrapartida, as temperaturas de Evaporação e respetivos ΔT com as temperaturas das câmaras e zonas climatizadas permanecem iguais às consideradas no sistema da opção nº1, encontrando-se dispostas em 5.2.3.
Por outro lado, no Permutador de Calor CO_2/NH_3, estabeleceu-se um ΔT de 7ºC, que é o diferencial de temperatura mínimo para permutadores de sistemas em Cascata, segundo [76]. Deste modo, quando o CO_2 no estado de vapor sobreaquecido (ponto 2) entra no Permutador a 42,3ºC, o NH_3 entra neste equipamento (ponto D) a 9,6ºC, valor bastante superior ao ΔT estabelecido. Contudo, quando o CO_2 passa para o estado de saturação, este passa a possuir uma temperatura de 16,8ºC, então o ΔT entre fluidos é de 7ºC, pelo que o CO_2 continua a saturar até mudar para o estado de líquido saturado.

6.2.4 Balanços Mássicos e Energéticos

Com conhecimento dos caudais mássicos de CO_2 necessários para as potências frigoríficas das câmaras e zonas climatizadas, procedeu-se ao cálculo dos balanços mássicos e energéticos para cada Depósito Separador do sistema.

Balanços – Depósito Separador 3

Tal como no sistema da opção nº1, o sistema de equações 5.2 expressa os balanços energético e mássico deste Depósito, obtendo-se a equação 5.4.

Balanços – Depósito Separador 2

Neste depósito, obtém-se o sistema de equações 5.5 que representa ambos os balanços para o Depósito Separador 2 culminando na expressão 5.7, que traduz o caudal que passa no grupo compressor de pressão média no lado do CO_2.

Balanços – Depósito Separador 1

Finalmente, a equação 5.8 define os balanços para o Depósito Separador 1, obtendo-se a equação 5.11, que exprime o caudal mássico que passa no grupo compressor de alta pressão (AP) no lado do CO_2.

Permutador de Calor CO_2/NH_3

O caudal mássico de NH_3 que flui no circuito de alta pressão, determinou-se através da potência necessária do permutador de calor, analisando o lado do CO_2, obtendo-se a equação 6.1.

$$P_{permutador} = \dot{m}_{CO2}(h_2 - h_3) = 3{,}56 \times (465{,}60 - 245{,}22) = 784{,}12\ kW \qquad (6.1)$$

Analisando o permutador no lado do NH_3, obtém-se a expressão 6.2.

$$P_{permutador} = \dot{m}_{NH3}(h_A - h_B) \leftrightarrow \dot{m}_{NH3} = \frac{784{,}12}{(1486{,}96 - 1592{,}02)} = 0{,}775\ kg/s \qquad (6.2)$$

Assim, conclui-se que o caudal mássico de NH_3 de todo o circuito de alta pressão é de 0,775 kg/s.

6.3 Diagramas de *Mollier*

Considerando os pontos termodinâmicos expostos no Quadro 6.2, apresentam-se os diagramas de *Mollier* para o CO_2 e o NH_3, ilustrados pela Figura 6.2 e Figura 6.3, respetivamente.

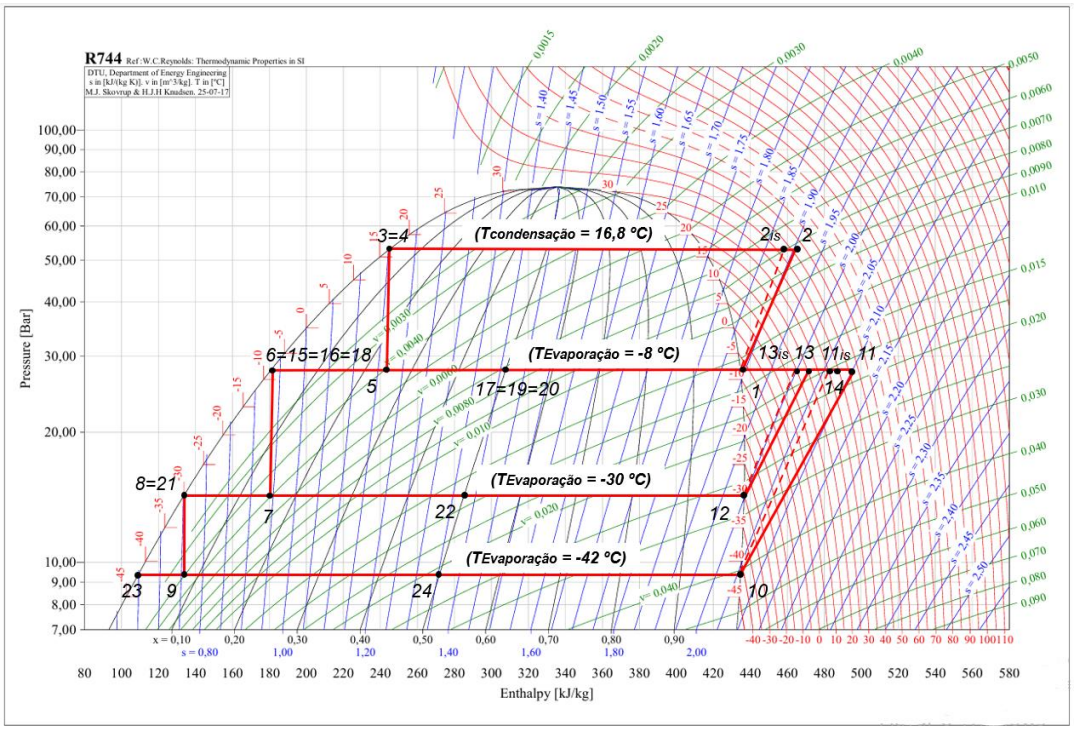


Figura 6.2 - Diagrama de *Mollier* com pontos termodinâmicos do circuito primário do Sistema Inundado a CO_2 e NH_3, software *CoolPack* [60].

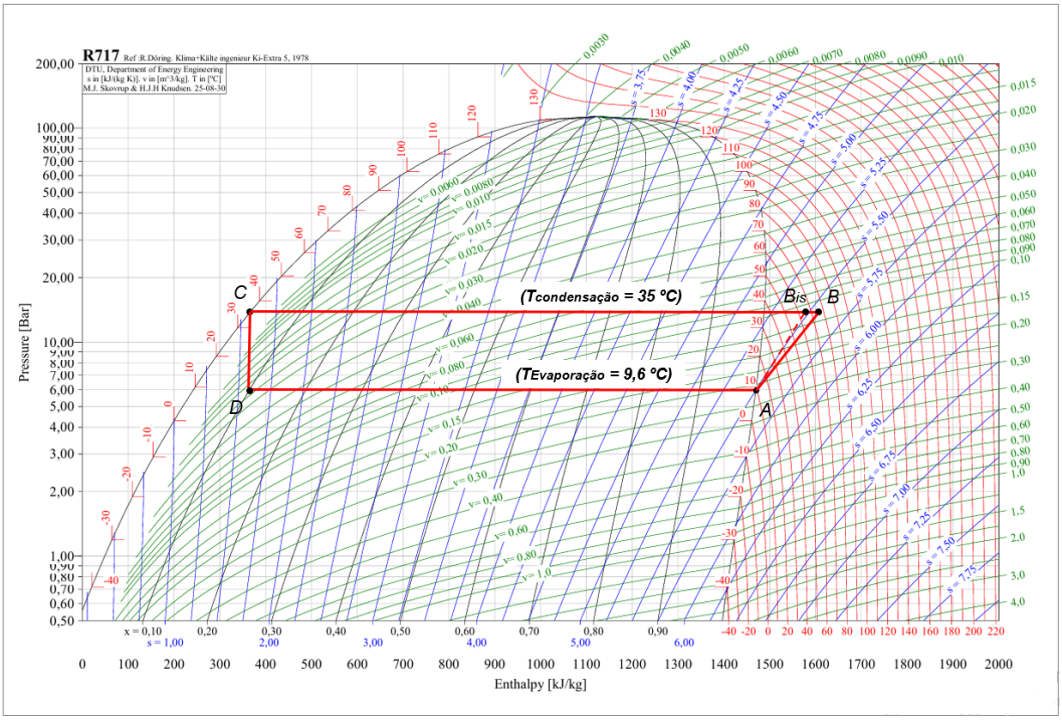


Figura 6.3 - Diagrama de *Mollier* com pontos termodinâmicos do circuito secundário do Sistema Inundado a CO_2 e NH_3, software *CoolPack* [60].

Note-se que os diagramas de *Mollier* se encontram em maior detalhe no Anexo G.3.

6.4 Dimensionamento dos Evaporadores

Novamente, à semelhança com o que foi realizado para a 1ª solução, procedeu-se à seleção dos Evaporadores de CO_2 utilizados para as câmaras de Congelados, Refrigerados e zonas climatizadas. Este dimensionamento baseou-se, uma vez mais, no método disponibilizado pelas especificações da *Centauro*, disponíveis no Anexo G.4, Além disto, selecionou-se, também, os Evaporadores dos túneis de Ultracongelação, através do fabricante *Thermonkey*.

É importante sublinhar que se considerou espessuras de alhetas de 4,2mm para os Evaporadores de Refrigerados e Climatizados, ao passo que se adotou espessuras de 7 e 12mm para os Evaporadores de Congelados e Ultracongelados, respetivamente.

Desta forma, assegura-se que não existe grandes concentrações de gelo entre alhetas nos Evaporadores de Congelados e Ultracongelados.

No que respeita ao dimensionamento destes equipamentos, para os Evaporadores de Refrigerados, considerou-se um ΔT1 de 8ºC entre a temperatura da câmara e a temperatura do CO_2 à entrada do Evaporador, estando este diferencial térmico inserido no intervalo recomendado em [76].

Uma vez que as especificações técnicas da Centauro não possuem as potências nominais para estas condições, recorre-se ao fator de correção de 0,697, apresentado na Figura 6.4, de modo a determinar a potência corrigida destes equipamentos.

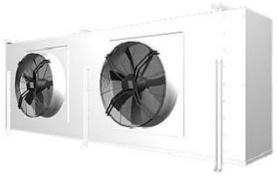
MT CO2							
RC1		DT1 [K]					
		10	9	8	7	6	5
TC [ºC]	+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,553	0,435
	+8	1,016	0,914	0,812	0,710	0,548	0,430
	+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,544	0,428
	+4	**1,000**	0,900	0,800	0,700	0,540	0,425
	+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,511	0,403
	0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,471	0,371
	-2	0,856	0,770	0,685	0,599	0,463	0,364
	-4	0,848	0,763	0,678	0,594	0,458	0,360
	-6	0,841	0,757	0,673	0,589	0,455	0,358
	-8	0,833	0,750	0,666	0,583	0,450	0,354
	-10	0,826	0,743	0,661	0,578	0,446	0,351
	-12	0,818	0,736	0,654	0,573	0,442	0,348
	-14	0,811	0,730	0,649	0,568	0,438	0,345
	-16	0,803	0,723	0,642	0,562	0,434	0,342
	-18	0,795	0,716	0,636	0,557	0,429	0,338
	-20	0,788	0,709	0,630	0,552	0,426	0,335
	-22	0,773	0,696	0,618	0,541	0,418	0,329
	-25	0,758	0,682	0,606	0,531	0,410	0,322

Figura 6.4 – Fatores de Correção, aplicados a Evaporadores das câmaras de Refrigerados, adaptado da Centauro [62].

Para as câmaras CR13 e CR16, partindo da seleção inicial do Modelo MT 4C2/6 com potência nominal de 7,1 kW e recorrendo à equação 5.12, obteve-se uma potência corrigida de 4,95 kW.

O Quadro 6.3 apresenta os Evaporadores para estas câmaras de Refrigerados, com as suas principais características.

Quadro 6.3 – Características dos Evaporadores das Câmaras de Refrigerados CR13 e CR16, adaptado da *Centauro* [62].

CÂMARA REFRIGERADOS – CR13 E CR16		
Evaporador Modelo – MT 4C2/6		
Potência Corrigida	4,95 kW	
Caudal Volúmico Ar	2600 m^3/h	
Volume Interno	5,77 dm^3	
Projeção de Ar	11 m	
Nº Ventiladores	2 Unidades	
Diâmetro Ventiladores	300 mm	
Espessura Alhetas	4,2 mm	
Dimensões	1220x540x449 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**1 Unidade por Câmara**	

Já para a câmara de Refrigerados CR14, optou-se pelo modelo MT 4E/16, cuja potência corrigida é de 12,1 kW, o que permite suprimir a potência frigorífica de 10,84 kW.
O Quadro 6.4 apresenta as características dos Evaporadores da câmara CR14.

Quadro 6.4 – Características dos Evaporadores da Câmara de Refrigerado CR14, adaptado da *Centauro* [62].

CÂMARA REFRIGERADOS – CR14		
Evaporador Modelo – MT 4E/16		
Potência Corrigida	12,10 kW	
Caudal Volúmico Ar	2600 m^3/h	
Volume Interno	5,77 dm^3	
Projeção de Ar	11 m	
Nº Ventiladores	2 Unidades	
Diâmetro Ventiladores	300 mm	
Espessura Alhetas	4,2 mm	
Dimensões	1220x540x449 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**1 Unidade**	

Relativamente aos Evaporadores aplicados nas zonas Climatizadas, estes encontram-se na Figura 6.5 e Figura 6.6, e adotou-se os modelos da série CBN da Centauro. Uma vez mais, como as potências nominais para cada Evaporador referem-se a condições de funcionamento que não são as consideradas, então procedeu-se à determinação do fator de correção, através das especificações técnicas da Centauro, chegando ao fator de 1,023, para uma temperatura de câmara de 10ºC e um ΔT1 de 10 K, sendo estas condições as máximas dadas pela Centauro.

CBN - CBL
CO2

RC1	DT1 [K]					
	10	9	8	7	6	5
+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,553	0,435
+8	1,016	0,914	0,812	0,710	0,548	0,430
+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,544	0,428
+4	**1,000**	0,900	0,800	0,700	0,540	0,425
+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,511	0,403
0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,471	0,371
-2	0,856	0,770	0,685	0,599	0,463	0,364
-4	0,848	0,763	0,678	0,594	0,458	0,360
TC -6	0,841	0,757	0,673	0,589	0,455	0,358
[ºC] -8	0,833	0,750	0,666	0,583	0,450	0,354
-10	0,826	0,743	0,661	0,578	0,446	0,351

Figura 6.5 – Fatores de Correção, aplicados a Evaporadores das Zonas Climatizadas, adaptado da Centauro [62].

Quadro 6.5 – Características dos Evaporadores da Sala de Acondicionamento, Encartonamento, Moldagem e Corredor Este, adaptado da Centauro [62].

CLIMATIZADOS – SALA DE ACONDICIONAMENTO		
Evaporador Modelo – CBN 4B2/6		
Potência Corrigida	8,69 kW	
Caudal Volúmico Ar	2600 m^3/h	
Volume Interno	5,8 dm^3	
Projeção de Ar	9 m	
Nº Ventiladores	1 unidades	
Diâmetro Ventiladores	300 mm	
Espessura Alhetas	4,2 mm	
Dimensões (CxLxH)	1313x920x354 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**2 Unidades**	
CLIMATIZADOS – SALA DE ENCARTONAMENTO		
Frigodifusor Modelo – CBN 4B3/9		
Potência Corrigida	13,6 kW	
Caudal Volúmico Ar	3900 m^3/h	
Volume Interno	8,6 dm^3	
Projeção de Ar	9 m	
Nº Ventiladores	3 unidades	
Diâmetro Ventiladores	300 mm	
Espessura Alhetas	4,2 mm	
Dimensões (CxLxH)	1813x920x363 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**2 Unidades**	
CLIMATIZADOS – SALA DE MOLDAGEM E CORREDOR ESTE		
Evaporador Modelo – CBN 4F3/16		
Potência Corrigida	22,92 kW	
Caudal Volúmico Ar	9440 m^3/h	
Volume Interno	14,0 dm^3	
Projeção de Ar	11 m	
Nº Ventiladores	3 unidades	
Diâmetro Ventiladores	400 mm	
Espessura Alhetas	4,2 mm	
Dimensões (CxLxH)	2400x1280x400 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade	**2 Unidades cada zona**	

Quadro 6.6 - Características dos Evaporadores do Corredor Norte, Cais de Receção e Expedição, adaptado da Centauro [62].

CLIMATIZADOS – CORREDOR NORTE, CAIS DE RECEÇÃO E EXPEDIÇÃO		
Evaporador Modelo – CBN 4F3/16		
Potência Corrigida	17,2 kW	
Caudal Volúmico Ar	5200 m^3/h	
Volume Interno	11,5 dm^3	
Projeção de Ar	9 m	
Nº Ventiladores	4 unidades	
Diâmetro Ventiladores	300 mm	
Espessura Alhetas	4,2 mm	
Dimensões (CxLxH)	2313x920x363 mm	
Tipo Descongelação	Resistências Elétricas	
Quantidade Corredor	**2 Unidades para Corredor e 3 Unidades para cada Cais**	

É importante referir que o fator de correção calculado para as zonas climatizadas, não corresponde às condições de ΔT1 e temperatura de câmara (TC) para algumas destas zonas. No entanto, dado que as condições reais são superiores às consideradas, o fator de correção será superior, o que fará com que estes equipamentos apresentem uma potência corrigida ainda maior.

Relativamente às câmaras de Congelados e *"Picking"*, considerou-se, uma vez mais, um ΔT1 de 8ºC e 20ºC, respetivamente, o que obrigou à utilização do fator de correção de 0,618, considerando a temperatura de câmara de -22ºC, tal como ilustra a Figura 6.6.

DD CO2							
RC1		DT1 [K]					
		10	9	8	7	6	5
TC [ºC]	+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,553	0,435
	+8	1,016	0,914	0,812	0,710	0,548	0,430
	+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,544	0,428
	+4	**1,000**	0,900	0,800	0,700	0,540	0,425
	+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,511	0,403
	0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,471	0,371
	-2	0,856	0,770	0,685	0,599	0,463	0,364
	-4	0,848	0,763	0,678	0,594	0,458	0,360
	-6	0,841	0,757	0,673	0,589	0,455	0,358
	-8	0,833	0,750	0,666	0,583	0,450	0,354
	-10	0,826	0,743	0,661	0,578	0,446	0,351
	-12	0,818	0,736	0,654	0,573	0,442	0,348
	-14	0,811	0,730	0,649	0,568	0,438	0,345
	-16	0,803	0,723	0,642	0,562	0,434	0,342
	-18	0,795	0,716	0,636	0,557	0,429	0,338
	-20	0,788	0,709	0,630	0,552	0,426	0,335
	-22	0,773	0,696	0,618	0,541	0,418	0,329
	-25	0,758	0,682	0,606	0,531	0,410	0,322

Figura 6.6 – Fatores de Correção, aplicados a Evaporadores das câmaras de Congelados e *"Picking"*, adaptado da Centauro [62].

Recordando a potência frigorífica de 7,39 kW necessária para o *"Picking"*, selecionou-se o modelo DD 7E2/7 com potência nominal de 8,61kW que, após aplicação do fator de correção, permite alcançar a potência de 5,12 kW. Deste modo, opta-se pela utilização de duas destas unidades para esta câmara.
O Quadro 6.7 apresenta os principais parâmetros dos Evaporadores do *"Picking"*.

Quadro 6.7 – Características dos Evaporadores do *"Picking"* de Congelados, adaptado da *Centauro* [62].

CÂMARA CONGELADOS – "PICKING"		
Evaporador Modelo – DD 7E2/7		
Potência Corrigida	5,12 kW	
Caudal Volúmico Ar	3880 m^3/h	
Volume Interno	7,2 dm^3	
Projeção de Ar	16 m	
Nº Ventiladores	2 Unidades	
Diâmetro Ventiladores	350 mm	
Espessura Alhetas	7 mm	
Dimensões	1380x540x449 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidade por Câmara**	

Em relação às restantes câmaras de Congelados, aplicando o mesmo fator e metodologia de cálculo, obteve-se os modelos expostos no Quadro 6.8.

Quadro 6.8 – Características dos Evaporadores de Congelados, adaptado da *Centauro* [62].

CÂMARA CONGELADOS – CC15		
Evaporador Modelo – DD 7J3/25		
Potência Corrigida	19,78 kW	
Caudal Volúmico Ar	12300 m^3/h	
Volume Interno	31,82 dm^3	
Projeção de Ar	20 m	
Nº Ventiladores	3 Unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	7 mm	
Dimensões	2390x625x690 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidade**	

CÂMARA CONGELADOS – CC11		
Evaporador Modelo – DD 7J4/34		
Potência Corrigida	27,66 kW	
Caudal Volúmico Ar	16400 m^3/h	
Volume Interno	41,8 dm^3	
Projeção de Ar	20 m	
Nº Ventiladores	4 Unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	7 mm	
Dimensões	3040x625x690 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidade**	
CÂMARA CONGELADOS – CC12		
Evaporador Modelo – DD 7J2/19		
Potência Corrigida	14,30 kW	
Caudal Volúmico Ar	8200 m^3/h	
Volume Interno	21,84 dm^3	
Projeção de Ar	20 m	
Nº Ventiladores	2 Unidades	
Diâmetro Ventiladores	450 mm	
Espessura Alhetas	7 mm	
Dimensões	1740x625x690 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**2 Unidade**	

Recorreu-se ao fabricante da *Thermonkey* para selecionar os Evaporadores dos Túneis de Ultracongelação (*"Blast Freezers"*).

Relembrando as potências frigoríficas mínimas de 115,42 kW e 115,87 kW para os túneis T5 e T6, respetivamente, selecionou-se o modelo ICN563110P5HRS que possui a potência nominal de 107 kW para um ΔT1 de 7K e temperatura de Evaporação - 42ºC. Contudo, segundo o fabricante, estes equipamentos, quando equipados com ventiladores de frequência 60Hz, permitem obter uma potência superior, tal como se observa na especificação técnica destes Evaporadores, exposto no Anexo G.4.

Deste modo, a potência nominal corrigida atinge a potência de 117,3kW, o que é aproximadamente a potência frigorífica exigida pelos túneis.

O Quadro 6.9 apresenta as principais características destes Evaporadores de Túneis estáticos.

Quadro 6.9 – Características dos Evaporadores dos Túneis de Ultracongelação, adaptado da *Thermonkey* [62].

TÚNEIS ULTRACONGELADOS – T5 E T6		
Evaporador Modelo – ICN5631110P5HRS		
Carga Rotativa (Ciclo)	2400 kg	
Duração dos Ciclos	4 horas	
Potência Corrigida	117,30 kW	
Caudal Volúmico Ar	90270 m^3/h	
Volume Interno	230 dm^3	
Projeção de Ar	61 m	
Nº Ventiladores	5 unidades	
Diâmetro Ventiladores	630 mm	
Espessura Alhetas	11 mm	
Dimensões (CxLxH)	5717x1071x1601 mm	
Tipo Descongelação	Gás Quente	
Quantidade	**1 Unidade por Túnel**	

6.5 Implantação dos Evaporadores

No que respeita à implantação dos Evaporadores nas câmaras e zonas climatizadas, adotou-se a mesma distribuição apresentada para o sistema Inundado com NH_3 Bombeado e Água Glicolada, tendo em consideração os mesmos pressupostos, enunciados em 5.5.

No entanto, importa sublinhar que existe algumas diferenças no traçado de tubagem de alimentação e aspiração dos Evaporadores, apresentado no Anexo G.8, desde logo a tubagem de CO_2 de Baixa Pressão que alimenta os Evaporadores das zonas Climatizadas.

No sistema da opção nº1, esta tubagem apenas alimentava as câmaras de refrigerados, sendo os Climatizados alimentados por um circuito secundário de Água Glicolada.

Além disto, devido às dimensões dos novos Evaporadores serem distintas, as linhas de tubagem têm comprimentos ligeiramente diferentes, tendo sido considerados no cálculo das perdas de carga destas linhas, cujos resultados estão no Anexo G.9.

6.6 Dimensionamento da Central Frigorífica

Através dos pontos termodinâmicos deste sistema, apresentado no Quadro 6.2, procedeu-se ao dimensionamento de todos os equipamentos da Central Frigorífica, instalados na sala de máquinas, selecionando os modelos mais adequados para as necessidades da instalação.

6.6.1 Grupos Compressores

Como é possível constatar, através da observação da Figura 6.1, este sistema em Cascata foi projetado para possuir três grupos compressores de baixa, média e alta pressão no circuito de CO_2 Subcrítico e, ainda, um grupo de compressão de alta pressão para o circuito de NH_3.

De modo a determinar as potências de compressão necessárias, aplicou-se a equação 2.3, utilizando os pontos termodinâmicos das aspirações e descargas de cada compressor e assumindo um rendimento isentrópico de 80% para cada um, sendo este um valor típico para os compressores.

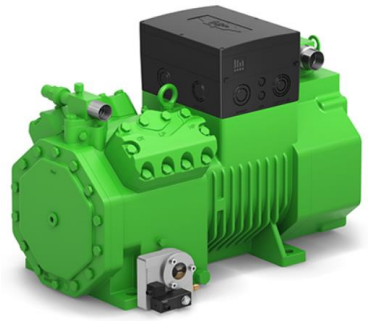
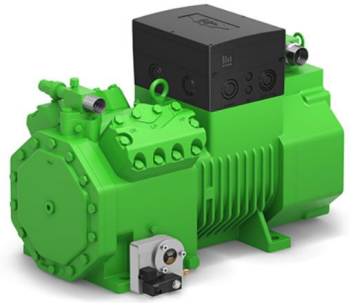
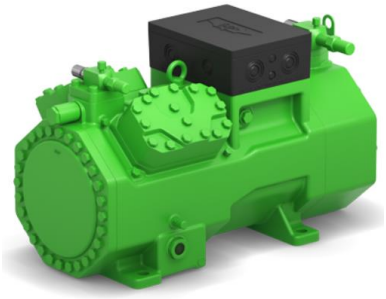
No que concerne aos compressores de CO_2, utilizou-se o software de seleção da *Bitzer* para obter os modelos de compressores alternativos mais adequados, que estão reunidos no Quadro 6.11.

Por outro lado, à semelhança com a 1ª solução, o compressor alternativo de NH_3 foi escolhido através da utilização do software *MySelect*, disponibilizado pela *Mycom*, sendo que o Quadro 6.10 resume os seus principais parâmetros.

Quadro 6.10 – Características do Compressor de Alta Pressão de NH_3 adaptado da *Mycom.*

GRUPO COMPRESSOR DE BAIXA PRESSÃO (BP)		
Modelo – Mycom N2K		
Potência Compressão necessária do Sistema	98,86 kW	
Potência Compressão	100,50 kW	
Sobredimensionamento	1,64 %	
Potência Elétrica Absorvida	13,00 kW	
Rotação	1670 rpm	
Deslocamento Volumétrico	73,9 m^3/h	
COP	7,73	
Temperatura Descarga	70,2ºC	
Quantidade	**1 Unidade**	

Quadro 6.11 – Características dos Compressores de Baixa, Intermédia e Alta Pressões de CO_2, adaptado da *Bitzer.*

GRUPO COMPRESSOR DE BAIXA PRESSÃO (BP)		
Modelo – Bitzer 4PSL-25K		
Potência Compressão necessária do Sistema	45,98 kW	
Potência Compressão	53,90 kW	
Sobredimensionamento	14,69 %	
Potência Elétrica Absorvida	15,70 kW	
Rotação	1450 rpm	
Deslocamento Volumétrico	40,4 m^3/h	
COP	3,43	
Temperatura Descarga	59,6ºC	
Quantidade	**1 Unidade**	
GRUPO COMPRESSOR DE INTERMÉDIA PRESSÃO (IP)		
Modelo – Bitzer 2DSL-5K		
Potência Compressão necessária do Sistema	10,58 kW	
Potência Compressão	21,40 kW	
Sobredimensionamento	3,85 %	
Potência Elétrica Absorvida	3,55 kW	
Rotação	1450 rpm	
Deslocamento Volumétrico	11,1 m^3/h	
COP	6,01	
Temperatura Descarga	32,5ºC	
Quantidade	**1 Unidade**	
GRUPO COMPRESSOR DE BAIXA PRESSÃO (AP)		
Modelo – Bitzer 4CTE-30K		
Potência Compressão necessária do Sistema	111,19 kW	
Potência Compressão	119,40 kW	
Sobredimensionamento	6,88 %	
Potência Elétrica Absorvida	24,10 kW	
Rotação	1450 rpm	
Deslocamento Volumétrico	36,0 m^3/h	
COP	-	
Temperatura Descarga	59,6ºC	
Quantidade	**1 Unidade**	

Relativamente ao sistema de lubrificação destes equipamentos, dado que se trata de compressores do tipo alternativo, considerou-se a utilização de um Separador de Óleo montado nas descargas dos mesmos, permitindo coletar e recircular o óleo para as peças móveis dos compressores, por meio de bombas de óleo.

No entanto, algum deste óleo de lubrificação "escapa" para o circuito, pelo que existe a necessidade de instalar Retificadores de Óleo. Estes equipamentos são pequenos permutadores de calor que subarrefecem o líquido proveniente do Depósito de Líquido antes de este entrar no Depósito Separador [35].

Enquanto isto, algum líquido do Depósito Separador é sobreaquecido neste permutador, absorvendo o calor do líquido de alimentação do Depósito. Deste modo, o líquido do Depósito Separador rico em óleo é evaporado, sendo direcionado, juntamente com o óleo lubrificante, para as aspirações dos compressores [35].

Note-se que apenas é necessário instalar estes Retificadores de Óleo nos Depósitos de -42ºC e -30ºC, pois são nestas "zonas" de menor temperatura onde ocorre maior acumulação de óleo, devido à densidade do fluido se tornar inferior à do óleo.

No esquema de princípio deste sistema, presente no Anexo G.1, é possível observar a incorporação dos Retificadores de Óleo no circuito de CO_2.

6.6.2 Permutador de Calor CO_2/NH_3

Como foi explorado em 2.10.2, o Permutador de Calor de CO_2/NH_3 num sistema em Cascata, assume a função de Condensador do circuito de primário e de Evaporador do circuito de secundário, isto é, do circuito de CO_2 e de NH_3, respetivamente.

Para tal, este equipamento será responsável pela rejeição de calor do circuito de CO_2, ou seja, será através deste permutador que se liberta as cargas térmicas das câmaras de congelados e refrigerados e, ainda, das zonas climatizadas.

Além disto, o permutador deverá também dissipar as potências de compressão dos compressores e respetivas potências elétricas absorvidas.

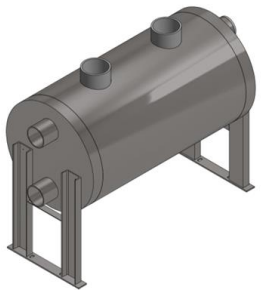
Assim, a potência de Condensação necessária, que corresponde à potência do Permutador, pode ser determinada através da expressão 6.3.

$$P_{Permutador\ Necessária} = \left(P_{Compressão\ CO2} + P_{Elétrica}\right) + P_{Evaporadores} \leftrightarrow$$
$$\leftrightarrow P_{Permutador\ Necessária} = (53{,}9 + 15{,}7) + (21{,}4\ + 3{,}55) + (119{,}4 + 24{,}1) + 646{,}47 \leftrightarrow \quad (6.3)$$
$$\leftrightarrow P_{Permutador\ Necessária} = 884{,}52\ kW$$

Após consulta do fabricante *Vahtherus*, decidiu-se utilizar o permutador de calor do tipo *"Plate and Shell"* do modelo PSHE 7HH-464/1/1 que é indicado para aplicações em Cascata de altas pressões.

O Quadro 6.12 reúne as principais características deste permutador de CO_2/NH_3, sendo que os restantes parâmetros se encontram dispostos no Anexo G.5.6.

Quadro 6.12 – Principais características do Permutador de Calor CO_2/NH_3, adaptado das especificações técnicas da *Vahterus.*

PERMUTADOR "PLATE AND "SHELL" CO_2/NH_3		
Modelo – PSHE 7HH-464/1/1		
Potência Necessária	884,52 kW	
Potência	1200,00 kW	
Sobredimensionamento	26,34 %	
Direção de Fluxos	Concorrentes	
Espessura "Plate"	1 mm	
Dimensões (CxLxD)	1695x1386x880 (mm)	

Já as propriedades do CO_2 e do NH_3, fornecidas pelo fabricante *Vahterus*, são apresentadas pelo Quadro 6.13.

Quadro 6.13 – Propriedades dos fluidos primário e secundário do Permutador de Calor CO_2/NH_3.

PROPRIEDADES	***Fluido Primário (CO_2)***	***Fluido Secundário (NH_3)***
Caudal Mássico	17640 kg/h	3240 kg/h
Temperatura Entrada	-5ºC	-8ºC
Temperatura Saída	-5ºC	-8ºC
Volume de Líquido	241,20 dm^3	322,80 dm^3
Perda de Carga	0,60 kPa	1,20 kPa
Pressão de Design	60 bar(a)	60 bar(a)

6.6.3 Condensador Evaporativo

No circuito de NH_3, o compressor descarrega o fluido para o Condensador Evaporativo para dissipar o calor absorvido no Permutador de Placas de CO_2/NH_3.

Este Condensador Evaporativo dissipa a potência do Permutador de Calor e, ainda, a potência de compressão do NH_3 e respetiva potência elétrica.

Deste modo, a potência de Condensação requerida pelo sistema resultou em cerca de 998,02 kW, utilizando a equação 6.4.

$$P_{Condensação\ Necessária} = \left(P_{Compressão\ NH3} + P_{Elétrica}\right) + P_{Permutador} \leftrightarrow$$
$$\leftrightarrow P_{Condensação\ Necessária} = (100{,}5 + 13{,}0) + 884{,}52 = 998{,}02\ kW \quad (6.4)$$

Comparativamente à 1ª solução, esta potência de Condensação necessária é ligeiramente inferior, uma vez que as potências de compressão e elétricas são inferiores, pelo que se podia utilizar o mesmo Condensador Evaporativo dimensionado em 5.6.2.
No entanto, o facto desta potência de Condensação ser mais baixa, constitui uma das vantagens do Sistema em Cascata, pelo que se selecionou um Condensador Evaporativo a partir de uma gama mais baixa e, consequentemente, com menor custos energéticos e financeiros.
Mais uma vez, recorreu-se à informação técnica da *Baltimore* para dimensionar o modelo mais adequado, face às necessidades de rejeição de calor, que se encontra exposto no Quadro 6.14.
Da Figura 5.8, recorda-se o fator de correção de 1,3 para as mesmas condições de temperatura de bolbo seco e húmido de 35ºC e 24ºC, respetivamente.
Assim, selecionou-se no catálogo da *Baltimore*, presente no Anexo G.5.6, o modelo VXC 205, com capacidade nominal de 884 kW, atingindo a potência corrigida de 1149,2 kW.

Quadro 6.14 – Características do Condensador Evaporativo, adaptado da *Baltimore* [67].

CONDENSADOR EVAPORATIVO		
Modelo – VXC 205		
Potência Condensação Mínima	998,02 kW	
Capacidade Nominal	884 kW	
Capacidade Corrigida	1149,2 kW	
Sobredimensionamento	13,16 %	
Caudal de Ar	16,9 m3/s	
Potência Ventiladores	15 kW	
Caudal de Água	13,9 m3/s	
Potência Bomba de Água	1,5 kW	
Carga de NH3	111 kg	
Quantidade	**1 Unidade**	

Uma vez mais, estabeleceu-se um sobredimensionamento de cerca de 10% para assegurar algum pico de carga térmica a dissipar, relativo ao aumento do calor a dissipar nas câmaras de temperatura controlada.

6.6.4 Depósitos Separadores de Líquido

Relativamente aos Depósitos Separadores de Líquido, tornou-se a utilizar a metodologia de dimensionamento de *Monnery e Svrcek*, descrito em 2.7.2.

No Quadro 6.15 apresenta-se um resumo dos parâmetros mínimos para cada um dos Depósitos Separadores.

Quadro 6.15 – Parâmetros Mínimos dos Depósitos Separadores de Líquido de CO_2.

PARÂMETROS MÍNIMOS	***Depósito 1***	***Depósito 2***	***Depósito 3***
Relação Comprimento/Diâmetro	3,0	3,0	3,0
Relação Altura Líquido/Diâmetro	0,5	0,5	0,5
Volume de *"Balast"*	652,01 m^3	210,49 m^3	383,87 m^3
Volume de *"Surge"*	98,84 m^3	45,53 m^3	252,13 m^3
Diâmetro Mínimo	860,58 mm	601,22 mm	814,25 mm
Comprimento Mínimo de Acomodação	2341,67 mm	1500,87 mm	1172,42 mm
Comprimento Mínimo de Separação	2332,23 mm	1467,57 mm	707,78 mm

Uma vez mais, recorreu-se ao fabricante *Phillips Refrigeration* [68] para selecionar os depósitos mais adequados, cujas principais características se encontram resumidas no Quadro 6.16.

Note-se que o excerto do catálogo técnico deste fabricante utilizado para a seleção destes Depósitos se encontra no Anexo G.5.6.

Quadro 6.16 – Principais Características dos Depósitos Separadores de Líquido de CO_2, adaptado do catálogo da *Phillips Refrigeration* [68].

DEPÓSITOS SEPARADORES	***Depósito 1***	***Depósito 2***	***Depósito 3***
Modelo	*RVH-30140*	*RVH-30140*	*RVH-42146*
Diâmetro	1066,80 mm	762,00 mm	1066,80 mm
Comprimento útil	3048,00 mm	3048,00 mm	3048,00 mm
Comprimento Total	3708,40 mm	3556,00 mm	3708,40 mm
Relação Comprimento/Diâmetro	3,48	4,67	3,48
Volume	3511,45 dm3	1595,93 dm3	3511,45 dm3
Pressão Design	32,29 bar(a)	16,43 bar(a)	10,74 bar(a)
Altura de Nível Baixo (H_{LLL})	228,60 mm	228,60 mm	228,60 mm
Altura de Nível de Controlo (H_{NLL})	446,45 mm	323,31 mm	361,17 mm
Altura de Nível Alto (H_{HLL})	546,80 mm	457,20 mm	762,00 mm

Além disto, o mapa-resumo deste sistema, exposto no Anexo G.15, apresenta as características destes Depósitos, ilustrando o "raciocínio" para o seu dimensionamento.

Para o dimensionamento dos Depósitos Separadores 2 e 3, isto é, os depósitos com temperaturas de Evaporação de -30ºC e -42ºC, respetivamente, não foi necessário ir além da 1ª iteração. Deste modo, após o primeiro cálculo dos comprimentos, verificou-se que o comprimento mínimo de separação era inferior ao de acomodação, não sendo necessário aumentar a altura de vapor (H_V).

Pelo contrário, no Depósito Separador 1, que é responsável por alimentar os Evaporadores de temperatura de Evaporação de -8ºC, só se alcançou o dimensionamento final após a 2ª iteração, pois o comprimento mínimo de separação era superior ao de acomodação. Neste caso, aumentou-se a coluna de vapor (H_V) de 304,8 mm para 520 mm, de forma a atingir a condição de dimensionamento válida.

6.6.5 Depósitos de Líquido de CO_2 e NH_3

O Depósito de Líquido de NH_3 é responsável por armazenar todo o NH_3 presente no Condensador Evaporativo e, ainda, nas linhas de líquido à saída do mesmo. Deste modo, recordando a equação 5.15, pode-se estimar o volume de líquido mínimo que o Depósito terá de acomodar.

Após o cálculo das perdas de carga de todas as linhas do circuito de NH_3, expostas no Anexo G.9, ficou-se a conhecer os diâmetros das tubagens de líquido de saída do Condensador Evaporativo, pelo que foi possível calcular o seu volume no valor de 161,02 dm^3.

Através das informações técnicas da *Baltimore*, sabe-se que o Condensador Evaporativo VXC 205 leva uma carga de NH_3 de 111 kg, o que representa 192,03 dm^3. Assim, conclui-se que o Depósito de Líquido de NH_3 deverá ser capaz de acomodar cerca de 353,05 dm^3, selecionando-se o modelo CRH-500 da *Centauro*, cujas características estão apresentadas no Quadro 6.17.

Quadro 6.17 - Características dos Depósitos de Líquido de CO_2 e NH_3, adaptado do catálogo da *Centauro* [69].

DEPÓSITO DE LÍQUIDO DE CO_2		***DEPÓSITO DE LÍQUIDO DE NH_3***	
Modelo – CRH-500		***Modelo – CRH-500***	
Volume a Armazenar	310,25 dm^3	**Volume a Armazenar**	353,05
Volume Adicional	-	**Volume Adicional**	-
Volume do Depósito	500 dm^3	**Volume do Depósito**	500 dm^3
Sobredimensionamento	37,95 %	**Sobredimensionamento**	29,39 %
Diâmetro	610 mm	**Diâmetro**	610 mm
Comprimento Total	1786 mm	**Comprimento Total**	1786 mm

Por outro lado, no circuito de CO_2 assume-se que os Depósitos Separadores têm a função de acomodar fluido em caso de paragem da instalação, armazenando o CO_2 presente nos Evaporadores que estes alimentam e respetiva tubagem.
No entanto, neste lado do sistema, a Condensação do CO_2 é realizada pelo Permutador de Calor, pelo que o Depósito Separador de CO_2 tem de acomodar o volume interno do Permutador e, ainda, da tubagem de saída deste equipamento.
Das características do Permutador, dispostas no Quadro 6.12, sabe-se que o seu volume é de 241,20 dm^3 e, através dos diâmetros das tubagens de CO_2, presentes no Anexo G.9, conhece-se o seu volume de 69,05 dm^3.
Desta forma, o Depósito de Líquido de CO_2 deverá acomodar um volume de 310,25 dm^3, o que significa que se pode instalar um Depósito de Líquido de menores dimensões. Todavia, selecionou-se o mesmo modelo de Depósito da *Centauro*, exposto no Quadro 6.17, para garantir a segurança da instalação, uma vez que poderá ocorrer a paragem do sistema e um dos Depósitos Separadores não estar operacional para acomodar nenhum volume de CO_2.

6.6.6 Bombas de Recirculação de CO_2

Como referido anteriormente, o sistema em Cascata possui um circuito de CO_2 bombeado, pelo que é necessário dimensionar as suas bombas de recirculação.
Para tal, foi necessário determinar as perdas de carga de todas as linhas de líquido dos Evaporadores e retorno aos Depósitos Separadores, bem como as linhas de aspiração, descarga e coletores das Bombas.
Este dimensionamento segue o mesmo método utilizado em 5.6.5, aplicado ao Sistema de NH_3 e Água Glicolada.
Desta forma, iniciou-se este processo pela definição dos troços críticos, de ida e volta, de cada grupo de bombagem, sendo estes os seguintes:

- Bombas do Depósito 1: Troços (1-2) → (2-16) → (16-18) → (18-20) → (20-22) → (22-27) → (26-28) → (28-32) → (32-34) → (34-36) → (36-37);
- Bombas do Depósito 2: Troços (1-2) → (2-3) → (3-10) → (10-12) → (12-14) → (14-15);
- Bombas do Depósito 3: Troços (1-2) → (2-4).

Uma vez mais, a identificação destes troços encontra-se coerente com a numeração da tubagem apresentada no seu desenho de implantação, disposto no Anexo G.8.
Na ausência de informação relativa às perdas de carga dos Evaporadores, adotou-se um valor estimado de 50 kPa.

Assim, aplicando a metodologia explicitada em 2.7.3, determinou-se as perdas de Carga para cada troço crítico, através das expressões 6.5 a 6.7.

Bombas de Recirculação do Depósito 1:

$$\begin{gathered} h_{Carga} = h_{1-2} + h_{2-16} + h_{16-18} + h_{18-20} + h_{20-22} + h_{22-27} + h_{26-28} + h_{28-32} + h_{32-34} + h_{34-36} + h_{36-37} + h_{Evap} \\ \leftrightarrow h_{Carga} = (76{,}88 + 17{,}27) + (0{,}75 + 4{,}71) + (3{,}32 + 5{,}37) + (0{,}51 + 14{,}12) + (2{,}65 + 16{,}39) + (1{,}08 + 6{,}53) \\ + (1{,}66 + 6{,}49) + (-21{,}99 + 27{,}57) + (0{,}64 + 14{,}66) + (1{,}34 + 8{,}01) + (3{,}42 + 37{,}34) + 50 \leftrightarrow \\ \leftrightarrow\ h_{Carga} = 278{,}72\ kPa\ \cong 29{,}55\ m.c.l \end{gathered} \tag{6.5}$$

Bombas de Recirculação do Depósito 2:

$$\begin{gathered} h_{Carga} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-10} + h_{10-12} + h_{12-14} + h_{14-15} + h_{Evap} \leftrightarrow \\ \leftrightarrow h_{Carga} = (67{,}44 + 6{,}5) + (2{,}69 + 6{,}27) + (1{,}59 + 7{,}46) + (9{,}16 + 30{,}38) + (1{,}57 + 5{,}76) + (25{,}96 + 36{,}2) + 50 \leftrightarrow \\ \leftrightarrow\ h_{Carga} = 250{,}98\ kPa\ \cong 24{,}30\ m.c.l \end{gathered} \tag{6.6}$$

Bombas de Recirculação do Depósito 3:

$$\begin{gathered} h_{Carga} = h_{1-2} + h_{2-4} + h_{Evap} \leftrightarrow \\ \leftrightarrow h_{Carga} = (73{,}32 + 59{,}31) + (5{,}7 + 10{,}89) + 50 \leftrightarrow \\ \leftrightarrow\ h_{Carga} = 199{,}22\ kPa\ \cong 18{,}28\ m.c.l \end{gathered} \tag{6.7}$$

As alturas manométricas mínimas para cada grupo de bombagem encontram-se descritas no Quadro 6.18, bem como os caudais volúmicos de CO_2.

Quadro 6.18 – Parâmetros das Bombas de Recirculação de CO_2.

PARÂMETROS DAS BOMBAS	***Bombas (-42ºC)***	***Bombas (-30ºC)***	***Bombas (-8ºC)***
Perdas de Carga Troço Crítico (h_{carga})	18,28 m.c.l	24,30 m.c.l	29,55 m.c.l
Diferença de Cotas (z_1 -z_2)	0,84 m	0,53 m	0,84 m
Altura Manométrica Mínima ($H_{Instalação}$)	19,12 m.c.l	24,83 m.c.l	30,39 m.c.l
Caudal Volúmico Total de NH_3	2,30 m^3/h	1,26 m^3/h	3,92 m^3/h

Note-se que a diferença de cotas entre a entrada e saída do CO_2 nos Depósitos Separadores (Z_2-Z_1) é dada pela diferença entre o diâmetro de cada depósito e o nível mínimo de líquido (N_{LLL}) dos mesmos, que é de 228,60 mm.

No que concerne à verificação de Cavitação, determinou-se o NPSH disponível, através da equação 2.43, considerando as perdas de carga nas aspirações e a diferença de cotas entre o nível normal dos Depósitos Separadores e entrada nas Bombas.

Da informação técnica da *Witt* verificou-se que, para as bombas selecionadas, o NPSH requerido é de 1 metro, pelo que se constatou que não existe fenómenos de Cavitação, tal como sugere o Quadro 6.19.

Quadro 6.19 – Parâmetros de verificação de Cavitação das Bombas de Recirculação de CO_2.

VERIFICAÇÃO DE CAVITAÇÃO	*Bombas (-42ºC)*	*Bombas (-30ºC)*	*Bombas (-8ºC)*
Perdas de Carga Aspiração ($h_{Aspiração}$)	-0,79 m.c.l	-0,63 m.c.l	-0,75 m.c.l
Diferença de Cotas de Aspiração (ΔZ)	1,41 m	1,41 m	1,41 m
NPSH Disponível	2,20 m.c.l	2,04 m.c.l	2,16 m.c.l
NPSH Requirido	1,0 m.c.l	1,0 m.c.l	1,0 m.c.l
Existência de Cavitação	NÃO	NÃO	NÃO

As Bombas de Recirculação foram selecionadas através do software *WittSelect* do fabricante *Witt*, considerando 2 recirculações de CO_2.

Quadro 6.20 - Características das Bombas de Recirculação de CO_2.

BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE CO_2 (2 RECIRCULAÇÕES)			
Características	***Bombas (-42ºC)***	***Bombas (-30ºC)***	***Bombas (-8ºC)***
Modelo	NRP W-2/12-8050-40	NRP W-2/12-8050-40	NRP W-2/12-8050-40
Altura Manométrica da Bomba	42,9 m.c.l	42,9 m.c.l	43,0 m.c.l
Potência Absorvida	4,2 kW	4,2 kW	4,2 kW
Rotação	2900 rpm	2900 rpm	2900 rpm
Diferencial de Pressão	2,11 bar(g)	2,65 bar(g)	2,90 bar(g)
Dimensões (CxLxH)	511x282x320 (mm)	511x282x320 (mm)	511x282x320 (mm)
Quantidade	2 Unidades	2 Unidades	2 Unidades

6.7 Dimensionamento da Tubagem e Acessórios de CO_2 e NH_3

Toda a tubagem de NH_3 foi dimensionada seguindo os mesmos pressupostos explicados em 5.9, sendo a tubagem constituída por aço carbono ASTM Standard A53 grau B e os seus acessórios pelo aço ASTM A234 WPB, ambos sem costura.

Relativamente à tubagem e acessórios de CO_2, utilizou-se o cobre Wieland K65 S80, que segue a Norma *ASTM B280-2003*, aplicada a tubos de cobre para Refrigeração, que se encontra exposta no Anexo M.

À semelhança com o que foi efetuado no sistema da 1ª opção, a tubagem de Descongelação foi dimensionada considerando uma potência de Descongelação 2,5 vezes superior à potência de cada Evaporador, tal como é recomendado em [18], obtendo, dessa forma, o caudal de gás quente necessário em cada linha.

Relativamente às perdas de carga da tubagem de CO_2, utilizou-se o software *CoolSelector2* para estimar as perdas localizadas das válvulas solenoides e de regulação, ao passo que para os restantes acessórios, aplicou-se os métodos dos comprimentos equivalentes e K´s, utilizando as tabelas da *ASHRAE* do Anexo K.

6.8 Dimensionamento do Isolamento da Tubagem de CO_2 e NH_3

Relativamente ao isolamento de toda a tubagem de NH_3, adota-se como isolante térmico o poliuretano injetado, sendo este isolamento revestido com forra em alumínio.

Por outro lado, a tubagem de CO_2, constituída por cobre, pode ser isolada termicamente com coquilha de espuma elastomérica flexível da marca Armaflex AF-CO, fornecida pela *Pecomark*, adequada para temperaturas de serviço entre os -50ºC e os 110ºC e sendo resistente à difusão de vapor de água.

Note-se que o cálculo da espessuras mais adequadas do isolamento das tubagens encontra-se exemplificado no Anexo J e está descrita em 2.11.3.

6.9 Mapa de Quantidades e Custos Associados

No Anexo G.16 encontra-se um mapa de quantidades com indicação dos custos dos principais equipamentos, tubagem e acessórios do Sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3. O Quadro 6.21 apresenta os custos dos elementos da instalação.

Quadro 6.21 – Custos da Instalação do Sistema Inundado em Cascata com a CO_2 e NH_3.

CUSTOS DA INSTALAÇÃO		
Elementos da Instalação	**Custos**	**Pesos Percentuais**
Central Frigorífica	*395 313,44 €*	*42,27 %*
Evaporadores	*244 417,60 €*	*26,14 %*
Carga de Fluidos e Óleos	*40 152,19 €*	*4,29 %*
Tubagem de CO_2	*22 446,05 €*	*2,40 %*
Acessórios de Tubagem de CO_2	*155 521,60 €*	*16,63 %*
Isolamento Térmico de CO_2	*73 233,85 €*	*7,83 %*
Tubagem de NH_3	*1 780,40 €*	*0,20 %*
Acessórios de Tubagem de NH_3	*1 985,51 €*	*0,21 %*
Isolamento Térmico de NH_3	*280,55 €*	*0,03 %*
CUSTO FINAL	***935 131,19 €***	***100,00 %***

Relativamente a esta 2ª solução, verifica-se que o investimento inicial estimado será cerca de 935 131,19 euros, ligeiramente menos dispendiosa, em comparação com o sistema da opção nº1. Neste caso, a Central Frigorífica tem um peso de cerca de 42% no custo total e os Evaporadores cerca de 26%.

Além disto, verifica-se que o custo da tubagem e respetivos acessórios de CO_2 é bem superior ao da tubagem e acessórios de NH_3, uma vez que o NH_3 se encontra restrito à Sala de Máquinas e não possui linha de tubagem de elevados comprimentos.

7 Análise Energética dos Sistemas

Após a análise termodinâmica realizada para ambos os sistemas e considerando todos os equipamentos dimensionados, procedeu-se à realização de um estudo quanto à eficiência energética destas diferentes soluções.
Consideraram-se todas as potências elétricas dos equipamentos e, recorrendo às tarifas de energia elétrica atuais, efetuou-se uma estimativa visando obter os consumos elétricos anuais da instalação, relativamente às soluções propostas.

7.1 Desempenho Energético

Inicialmente, para analisar a eficiência energética dos sistemas, recorreu-se ao conceito de eficiência energética ($\varepsilon_{Sistema}$), que pode ser determinada pela equação 7.1.

$$\varepsilon_{Sistema} = \frac{Q_{Ultacongelados} + Q_{Congelados} + Q_{Refrigerados} + Q_{Climatizados}}{\dot{W}_{compressores}} \quad [Adimensional] \tag{7.1}$$

Onde:
Q – Potências Frigoríficas das câmaras e zonas de temperatura controlada [kW];
$\dot{W}$ – Potências de compressão dos Compressores [kW].

Como se observa na expressão acima, a eficiência energética de um sistema de refrigeração depende das potências frigoríficas e da potência de compressão necessária para o sistema funcionar.
Deste modo, foi necessário recordar as potências frigoríficas, obtidas através das cargas térmicas impostas na instalação, sendo estas as seguintes:

- $Q_{Ultacongelados} = 231{,}29\ kW$;
- $Q_{Congelados} = 111{,}58\ kW$;
- $Q_{Refrigerados} = 17{,}24\ kW$;
- $Q_{Climatizados} = 246{,}26\ kW$.

Além disto, através dos compressores selecionados para ambas as soluções, sabe-se que a potência de compressão instalada no sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada é de 292,3 kW e para o sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3 é de 295,2 kW.
Assim, as equações 7.2 e 7.3 definem as eficiências energéticas obtidas para cada sistema.

$$\varepsilon_{NH3/MEG} = \frac{231{,}29 + 111{,}58 + 17{,}24 + 246{,}26}{292{,}3} = 2{,}07 \quad (7.2)$$

$$\varepsilon_{CO2/NH3} = \frac{231{,}29 + 111{,}58 + 17{,}24 + 246{,}26}{295{,}2} = 2{,}05 \quad (7.3)$$

Por outro lado, a análise energética de uma instalação de Refrigeração deve também englobar o cálculo do COP (*"Coeficient of Performance"*), que pode ser determinado com recurso à equação 7.4.

$$COP_{Sistema} = \frac{Q_{Ultacongelados} + Q_{Congelados} + Q_{Refrigerados} + Q_{Climatizados}}{\dot{W}_{compressores} + P_{Compressores} + P_{Evaporadores} + P_{Bombas\ Recirculação} + P_{Bomba\ Cond.Evap}} \quad (7.4)$$

Com:

P – Potências Elétricas dos equipamentos [kW].

Como se verifica através da equação 7.4, o COP entra em consideração com todas as potências da instalação, incluindo não só os compressores, mas também os Evaporadores, Bombas de Recirculação e Condensadores Evaporativos.

Deste modo, é fundamental conhecer as potências elétricas de cada equipamento de ambas as soluções, estando esses valores apresentados no Quadro 7.1 e Quadro 7.2, para o sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada e para o sistema Inundado do tipo Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3, respetivamente.

Com base nestas potências enunciadas, torna-se possível determinar o COP para cada solução, através das expressões 7.5 e 7.6.

$$COP_{NH3/MEG} = \frac{231{,}29 + 111{,}58 + 17{,}24 + 246{,}26}{292{,}3 + 83{,}36 + 83{,}67 + 15{,}4 + 26{,}4 + 17{,}2} = 1{,}17 \quad (7.5)$$

$$COP_{CO2/NH3} = \frac{231{,}29 + 111{,}58 + 17{,}24 + 246{,}26}{295{,}2 + 56{,}35 + 40{,}19 + 25{,}2 + 16{,}5} = 1{,}40 \quad (7.6)$$

Com base nestes resultados, constata-se que os sistemas estudados apresentam eficiências energéticas reais muito aproximadas, com valores de 2,07 para o sistema de NH_3 e Água Glicolada e 2,05 para o sistema em Cascata.

Estes resultados são semelhantes, devido às potências de compressão dos sistemas serem muito próximas, assumindo os valores de 292,3 kW para o sistema Inundado de NH_3 e Água Glicolada e 295,2 kW para o sistema Inundado em Cascata.

No entanto, após a introdução das potências elétricas absorvidas por cada solução, verifica-se que a opção nº2, isto é, o sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3 apresenta um COP superior, no valor de 1,40, face à opção nº1 que apenas alcança um COP de 1,17. A Figura 7.1 ilustra a comparação destes indicadores de desempenho através de um gráfico de barras.

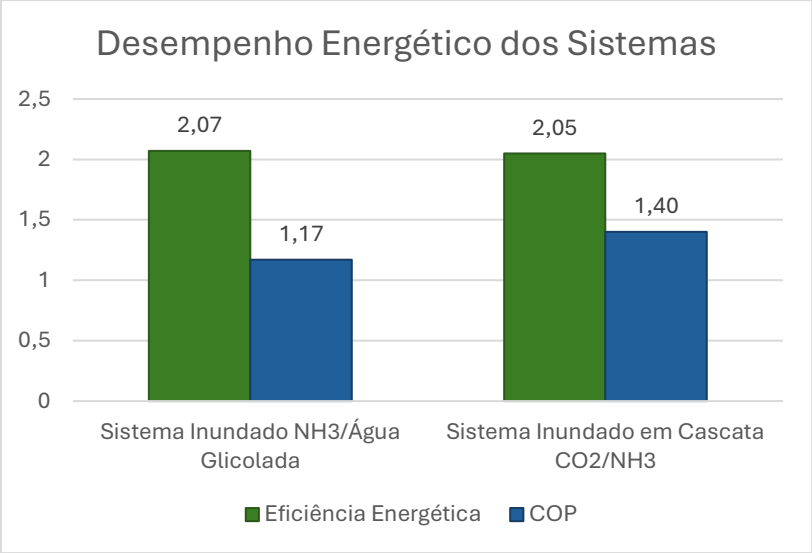


Figura 7.1 – Gráfico de Barras comparativo da Eficiência Energética e COP dos Sistemas.

De forma a visualizar a distribuição destas potências em cada sistema, construiu-se o gráfico de barras, apresentado na Figura 7.2, permitindo uma melhor compreensão dos resultados obtidos do desempenho energético.

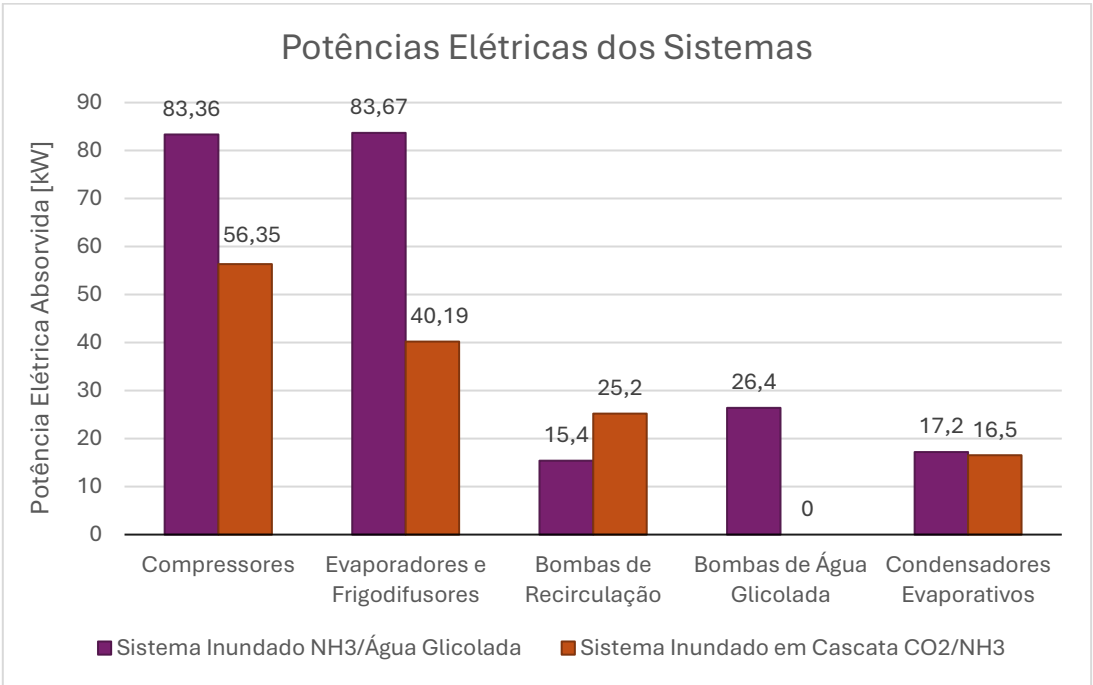


Figura 7.2 - Gráfico de Barras comparativo das Potências elétricas absorvidas pelos equipamentos dos Sistemas.

Como se constata, a diferença significativa entre o COP da opção nº1 para o da opção nº2, deve-se às potências elétricas absorvidas pelos equipamentos instados.

O sistema em Cascata possui as Bombas de Recirculação de CO_2 que, apesar de consumirem mais que as Bombas de Recirculação do sistema de NH_3 e Água Glicolada, apresentam uma menor contribuição no consumo elétrico, comparativamente ao consumo combinado das Bombas de NH_3 e de Água glicolada da 1ª solução.

Para além disto, os Evaporadores de CO_2, de uma forma geral, possuem menores potências elétricas, em especial destaque, nos *"Blast Freezers"* da *Thermonkey*, cujos ventiladores possuem, no total, uma potência elétrica de 13,5 kW, bastante inferior à potência elétrica dos *"Blast Freezers"* da *Centauro*, que possuem 31,5 kW.

Quadro 7.1 – Potências elétricas absorvidas do Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada.

Sistema Inundado a NH3 e Água Glicolada					
Equipamentos	**Marca**	**Modelo**	**Qte.**	**Potência Elétrica Unitária [kW]**	**Potência Elétrica Total [kW]**
Compressores	Mycom	N170JS-V	1	22,60	22,60
	Mycom	N4K	1	4,39	4,39
	Mycom	I125L-H	1	56,40	56,40
Evaporadores	Centauro	DDI 8E2/8	2	0,19	0,38
	Centauro	DDI 8E3/17	1	0,57	0,57
	Centauro	DLI 10G2/8	2	0,46	0,92
	Centauro	DLI 10J4/37	2	2,16	4,32
	Centauro	DLI 10J4/46	2	2,16	4,32
	Centauro	DLI 10 J3/21	2	1,62	3,24
	Centauro	BSUTI 12.704XL	2	31,5	63,00
Frigodifusores	Guntner	MDGN 046C/210	2	0,24	0,48
	Guntner	MDGN 041C/210	1	0,54	0,54
	Guntner	MGBK 050.1B/24	2	0,46	0,92
	Guntner	MDGN 046A/24	3	0,48	1,44
	Guntner	MDGN 041C/27	3	0,54	1,62
	Guntner	MDGN 046C/27	4	0,48	1,92
Bombas NH3	Witt	GP 52	2	5,50	11,00
	Witt	GP 42	4	1,10	4,40
Bombas Água Glicolada	Grundfos	NB 40-160/172	2	11,00	22,00
	Grundfos	NB 40-125/131	2	2,20	4,40
Condensador Evaporativo	Baltimore	VXC 221	2	7,50	15,00
	Baltimore	VXC 221	1	2,20	2,20
TOTAL					**224,14 kW**

Quadro 7.2 – Potências elétricas absorvidas do Sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3.

Sistema Inundado em Cascata com CO2 e NH3					
Equipamentos	**Marca**	**Modelo**	**Qte.**	**Potência Elétrica Unitária [kW]**	**Potência Elétrica Total [kW]**
Compressores	Bitzer	4PSL-25K	1	15,70	15,70
	Bitzer	2DSL-5K	1	3,55	3,55
	Bitzer	4CTE-30K	1	24,10	24,10
	Mycom	N2K	1	13,00	13,00
Evaporadores	Centauro	MT 4C2/6	2	0,20	0,40
	Centauro	MT 4E3/16	1	0,33	0,33
	Centauro	DD 7E2/7	2	0,22	0,44
	Centauro	DD 7J3/25	2	1,38	2,76
	Centauro	DD 7J4/34	2	1,84	3,68
	Centauro	DD 7J2/19	2	0,92	1,84
	Thermonkey	ICN5631110P5HRS	2	13,50	27,00
	Centauro	CBN 4B2/6	2	0,14	0,28
	Centauro	CBN 4B3/9	1	0,22	0,22
	Centauro	CBN 4F3/16	4	0,53	2,12
	Centauro	CBN 4B4/12	8	0,14	1,12
Bombas NH3	Witt	NRP W-2/12-8050-40	6	4,2	25,20
Condensador Evaporativo	Baltimore	VXC 205	3	5	15,00
	Baltimore	VXC 205	1	1,5	1,5
TOTAL					**138,24 kW**

7.2 Consumos Energéticos Anuais

Após a determinação da potência elétrica instalada de ambos os sistemas, torna-se possível estimar os consumos energéticos anuais ($Consumo_{\,Elétrico\ Anual}$).

Tendo em consideração que os sistemas se encontram em funcionamento ao longo de 18 horas diárias durante todo o ano, ou seja, desprezando os eventuais feriados nacionais que possam condicionar as horas de funcionamento da instalação, determina-se que ambos os sistemas operam 6570 horas anuais.

De seguida, sabendo a potência elétrica dos equipamentos, então pode-se estimar o consumo energético anual, expresso pela equação 7.7.

$$Consumo_{\,Elétrico\ Anual} = t_{operação} \times P_{elétrica\ instalada} \quad [kWh] \tag{7.7}$$

Sendo:

$P_{elétrica\ instalada}$ – Potência elétrica instalada no sistema [kW];

$t_{operação}$ – Período de Operação [h].

É importante sublinhar que se considerou que ambos os sistemas funcionam em plena carga ao longo dos dias, ou seja, negligenciou-se as eventuais poupanças energéticas decorrentes dos sistemas de controlo, como a variação de frequência nos compressores ou dos ventiladores dos equipamentos, que podem ajustar as potências elétricas e, consequentemente, o consumo energético, em resposta a cargas térmicas inferiores às estimadas.

Assim, com a aplicação da equação 7.7, determinou-se os seguintes consumos energéticos dos sistemas, expostos no Quadro 7.3.

Quadro 7.3 – Consumos Energéticos Anuais de ambos os Sistemas.

Consumo Energético dos Sistemas		
Tipo de Sistema	**Inundado a NH_3 e Água Glicolada**	**Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3**
Potência Elétrica Total	224,14 kW	138,24 kW
Tempo de Operação Anual	6570 horas	6570 horas
Consumo Energético Anual	1472599,8 kWh	908236,8 kWh
	1472,60 MWh	**908,24 MWh**

Através do Quadro 7.3, constata-se que o sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada apresenta um consumo energético anual de 1472,6 MWh, que é cerca de 37,9% superior ao consumo do sistema em Cascata, que assume o valor de 908,24 MWh,

Deste modo, verifica-se que a 1ª solução acarreta um maior custo de operação, tal como foi analisado em 8.3.

8 Análise Financeira dos Sistemas

No presente capítulo apresenta-se o estudo do desempenho energético dos sistemas estudados e da análise financeira dos mesmos, considerando a determinação do investimento inicial necessário para cada sistema, o cálculo dos custos de manutenção anuais e, ainda, a estimativa dos custos de operação que cada solução acarreta.

8.1 Investimento Inicial

Para o cálculo do investimento inicial, foi necessário conhecer o custo estimado de cada equipamento, tubagens, isolamento térmico e acessórios. Estes custos foram apresentados anteriormente, no Quadro 5.28 e Quadro 6.21, para o Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada e para o Sistema Inundado em Cascata, respetivamente.

Estes custos encontram-se diluídos por todos os componentes que constituem ambas as soluções, sendo apresentados, em maior destaque, no Anexo F.18 e Anexo G.16, através de mapas de quantidades e custos.

Assim, através da análise destes mapas de quantidades e respetivos custos, conclui-se que é necessário investir cerca de 1 044 007,43 euros no sistema Inundado com NH_3 e Água Glicolada, ao passo que o Sistema em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3 implica um investimento inferior na ordem dos 935 131,19 euros.

De forma a simplificar a análise do investimento inicial, a Figura 8.1 apresenta um gráfico de Barras Acumulado, identificando as parcelas do custo total dos sistemas.

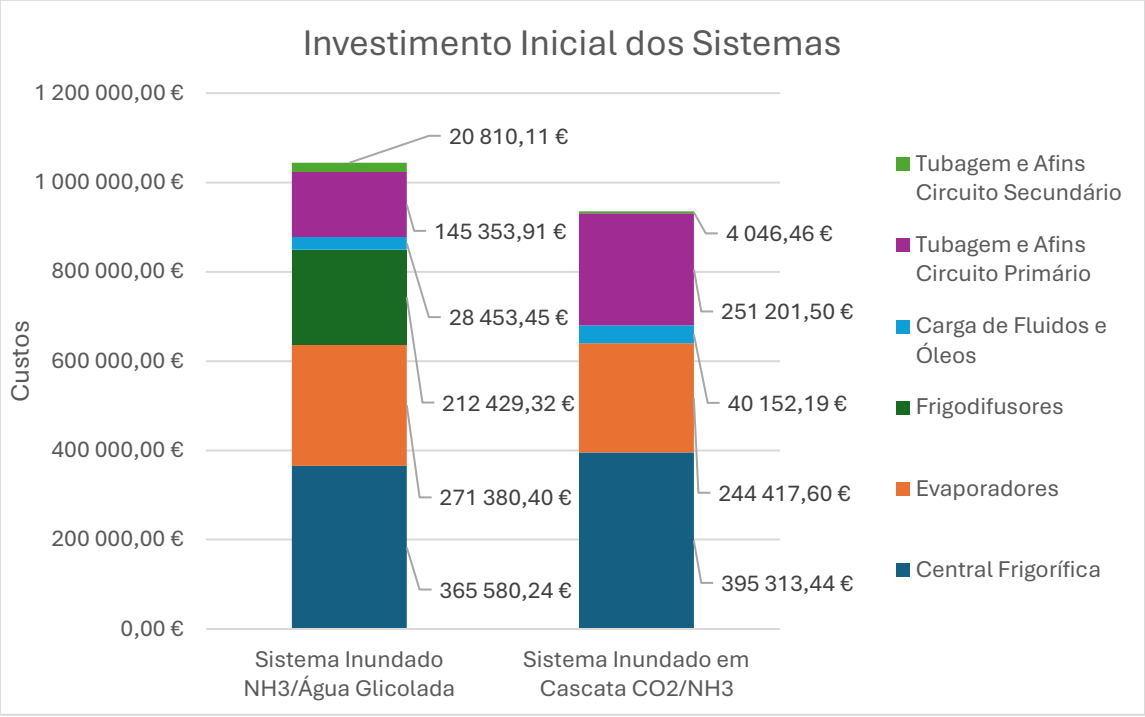


Figura 8.1 – Gráfico de Barras Acumulado de comparação do Investimento Inicial de Sistemas.

Com a observação do gráfico da Figura 8.1, constata-se que a Central Frigorífica do sistema Inundado com NH_3 e Água Glicolada é cerca de 7,5% menos dispendiosa, comparativamente à Central do sistema da opção nº2 a CO_2 e NH_3.

Por consequente, verifica-se que o circuito secundário do sistema da opção nº1 é mais económico do que o do sistema da opção nº2, pois apenas acrescenta custos associados ao Depósito de Inércia, Bombas de Água Glicolada e Vaso de Expansão. No entanto, o circuito secundário da solução com CO_2/NH_3 acarreta custos mais significativos, devido à instalação do compressor de NH_3 e Depósito de Líquido.

Por outro lado, é relevante frisar a diferença de custos entre o Permutador de Placas NH_3/Água Glicolada, que apenas custa 5 178,17 euros, e o Permutador *"Plate and Shell"* de CO_2/NH_3, sendo este último mais caro no valor de 63 500 euros.

Além do mais, o custo das Bombas de Recirculação de NH_3 é mais modesto, comparativamente às Bombas de Recirculação de CO_2.

Relativamente à parcela dos Evaporadores e Frigodifusores, esta é muito mais elevada para a 1ª solução, no valor combinado de 483 809,72 euros, ao passo que os Evaporadores de CO_2 da 2ª solução assumem o valor de 244 417,60 euros.

Tal facto deve-se aos materiais constituintes destes equipamentos, que devem ser de aço inoxidável para o caso do NH_3 e da água glicolada, devido à corrosividade destes fluidos, o que encarece muito o seu custo.

No que toca às cargas de fluidos e óleos, observa-se que os custos dos óleos lubrificantes são irrisórios, face ao custo associado aos fluidos frigorigéneos. Mais se acrescenta que o fluido R717 é menos dispendioso do que o R744 e, após a determinação das cargas de fluidos exposta em 9, concluiu-se que será necessário carregar o sistema da opção nº2 com CO_2 numa quantidade 1,67 vezes superior à carga de NH_3 que o sistema da opção nº1 exige.

Por fim, confirma-se que os gastos com a tubagem do circuito primário da opção nº1 são muito inferiores aos da opção nº2, custando menos 105 847,59 euros, o que corresponde a 57% do custo da tubagem do circuito primário da 2ª solução.

Em relação aos custos da tubagem e afins do circuito secundário, estes são mais elevados na 1ª solução, devido à necessidade de usar tubagem e acessórios em aço inoxidável para a Água Glicolada. Não obstante, estes valores são desprezáveis, face ao custo total de ambas os sistemas.

Assim, estima-se que o sistema da opção nº2, ou seja, o sistema Inundado em Cascata com CO_2 e NH_3, permite uma poupança no investimento inicial de cerca de 108 876,24 euros, o que corresponde a cerca de 10,4% do custo total do sistema da opção nº1.

8.2 Custos de Manutenção

Os custos de Manutenção dos sistemas encontram-se associados a algumas peças de reposição necessárias e, ainda, consumíveis utilizados quando ocorre intervenções de Manutenção, que são realizadas ao longo de cada ano.

Relativamente à manutenção dos equipamentos dos sistemas, destaca-se a revisão e monitorização dos compressores. A manutenção dos mesmos implica a substituição do óleo lubrificante, em intervalos temporais ou horas de operação definidas pelos respetivos fabricantes.

Neste caso, os intervalos considerados para a substituição do óleo dos compressores instalados são os seguintes:

- Compressores *Mycom* – troca a cada 3000 horas de operação;
- Compressores *Bitzer* – troca a cada 5000 horas de operação.

De forma a englobar gastos relativos à manutenção corretiva dos compressores, adota-se um custo de manutenção de 1000 euros por compressor.

Com base nesta manutenção corretiva e, ainda, nestes intervalos, determina-se os custos associados às mudanças de óleo, ilustrados no Quadro 8.1.

Quadro 8.1 – Custos de Manutenção Anuais dos Compressores de ambos os Sistemas.

Compressores	Tipo de Óleo	Custo de Óleo [€/kg]	Carga de Óleo [kg]	Custo Troca de Óleo [€/Ano]	Custo Manutenção [€/Ano]
Mycom N170JS-V	Reflo68A	14,75	17,60	519,20	1 519,20
Mycom N4K	Reflo68A	14,75	10,56	311,52	1 311,52
Mycom I125L-H	Reflo68A	14,75	17,60	519,20	1 519,20
Bitzer 4PSL-25K	BSE60K	59,4	2,63	156,22	1 156,22
Bitzer 2DSL-5K	BSE60K	59,4	1,52	90,29	1 090,29
Bitzer 4CTE-30K	BSE85K	151,6	2,58	391,13	1 391,13
Mycom N2K	Reflo68A	14,75	7,92	860,22	1 860,22

Relativamente aos restantes equipamentos, adotou-se um custo de manutenção unitário de 1000 euros para a limpeza do Condensador Evaporativo e, ainda, 300 euros para cada Bomba de Recirculação, sendo estes custos comuns para estes serviços de manutenção, segundo a *Hiperfrio, Lda*.

Além disto, assume-se que são substituídas as malhas de todos os filtros existentes nos sistemas, cujos preços se encontram nos mapas de quantidades e custos.

Tendo em conta os custos de manutenção referidos, torna-se possível construir o Quadro 8.2, que reúne os custos de manutenção anuais para cada sistema analisado.

Quadro 8.2 – Custos de Manutenção Anual de ambos os Sistemas.

Equipamentos	Inundado a NH3 e Água Glicolada	Inundado em Cascata CO2 Subcrítico e NH3
Compressores	*4 349,92 €*	*5 497,86 €*
Condensador Evaporativo	*1 000 €*	*1 000 €*
Bombas Recirculação	*2 400 €*	*1 800 €*
Troca de Malha de Filtros	*4 205 €*	*7 506 €*
Custo Manutenção Anual	***11 954,92 €***	***15 803,86 €***

Como é possível inferir, o sistema da 1ª solução exige um custo de manutenção anual inferior à 2ª solução, dado que a manutenção dos compressores de NH_3 é menos dispendiosa, devido ao custo reduzido dos óleos lubrificantes.
Além disto, o custo dos filtros instalados no sistema da opção nº1 são inferiores, devido a terem sido instalados, em geral, filtros de menor dimensão, tal como se pode verificar através dos mapas de quantidades e custos apresentados no Anexo F.18 e Anexo G.16.

8.3 Custos de Operação

A análise económica destes sistemas incorpora, também, a estimativa dos custos anuais de operação, tendo em consideração os consumos energéticos.
Relativamente aos custos de eletricidade, recorreu-se às tarifas de energia do distribuidor EDP. Dado que não se conhece quais são as horas correspondentes às 18 horas de funcionamento dos compressores, não se considerou as tarifas de vazio, cheias e ponta. Deste modo, aplicou-se a tarifa de hora de ponta de 0,145 €/kWh para todas as horas de funcionamento, obtendo um custo de operação sobrevalorizado.
Recordando os consumos energéticos anuais de cada sistema, torna-se possível estimar o custo energético anual para cada sistema, exposto no Quadro 8.3.

Quadro 8.3 – Custo Operação Anual de ambos os Sistemas.

Equipamentos	Inundado a NH_3 e Água Glicolada	Inundado em Cascata CO_2 Subcrítico e NH_3
Consumo Energético Anual	*1 472 599,8 kWh*	*908 236,8 kWh*
Tarifa Eletricidade	*0,145 €*	*0,145 €*
Custo Operação Anual	***213 526,97 €***	***131 694,34 €***

Note-se que este custo energético anual corresponderá, aproximadamente, ao custo de operação anual, desprezando os consumos de água da rede provocados pelos Condensadores Evaporativos.

9 Impacto Ambiental dos Sistemas

Neste capítulo foi descrito o estudo sobre o impacto ambiental que cada uma destas soluções é responsável.

Para tal, recorre-se ao indicador TEWI, que é uma medida do aquecimento global provocado por estas instalações, baseado nas emissões de gases de efeito estufa durante o tempo de operação destes sistemas e após a eliminação dos fluidos, quando as instalações chegam ao final de vida útil [77].

Deste modo, o TEWI considera as emissões diretas de gases e, ainda, as emissões indiretas, relacionadas com o consumo energético ao longo do tempo de operação [77].

A determinação deste indicador de impacto ambiental efetuou-se com a equação 9.1.

$$TEWI = \left[\left(GWP \times m_{fluido} \times L_{Anual} \times n\right) + \left(GWP \times m_{fluido} \times (1-\alpha)\right)\right] + \left(E_{Anual} \times \beta \times n\right)\ [kg_{CO2eq}] \qquad (9.1)$$

Com:

GWP – Potencial de Aquecimento Global do fluido relativo ao CO_2 [GWP_{CO2} =1];

m_{fluido} – Carga de fluido [kg];

L_{Anual} – Fugas anuais do Sistema [kg/ano];

n – Tempo de Vida útil do Sistema [anos];

α – Fator de Carga de fluido recuperado no final de vida útil do sistema;

E_{Anual} – Consumo Energético Anual do Sistema [kWh/ano];

β – Emissões Indiretas de CO_2 na produção de energia [kg_{CO2eq}/kWh].

Como se verifica através da expressão 9.1, para estimar o índice TEWI necessita-se de conhecer a carga de fluido frigorigéneo. Através dos volumes de tubagem, evaporadores e restantes equipamentos da instalação, estimou-se a carga de fluido frigorígéneo.

O cálculo da carga de fluido nas tubagens foi determinado através da equação 9.2.

$$m_{fluido} = \left(\left(\frac{\pi D_{Tubagem}^2}{4}\right) \times L_{Tubagem}\right) \rho_{fluido} \quad [kg_{fluido}] \qquad (9.2)$$

Onde:

$L_{Tubagem}$ e $D_{Tubagem}$ – Comprimento [m] e diâmetro interno da tubagem [m^2];

ρ_{fluido} – Densidade do fluido frigorigéneo [kg/m^3].

Já os volumes de fluidos dos equipamentos foram consultados nas informações técnicas dos fabricantes, sendo a carga de fluido determinada através da equação 9.3.

$$m_{fluido} = V_{fluido} \times \rho_{fluido} \quad [kg_{fluido}] \tag{9.3}$$

Após aplicação destas expressões, construiu-se o Quadro 9.1 e Quadro 9.2, que resumem as cargas dos fluidos frigorigéneos para cada sistema.

Quadro 9.1 – Cargas de fluidos frigorigéneos do Sistema Inundado com NH_3 e Água Glicolada.

Equipamentos	Carga de NH3 [kg]	Carga de Água Glicolada [kg]
Tubagem	*133,72*	*1708,01*
Depósito Separador 1	*265,31*	-
Depósito Separador 2	*178,10*	-
Depósito Separador 3	*473,22*	-
Depósito Termosifão	*110,69*	-
Condensador Evaporativo	*109,00*	-
Evaporadores	*608,40*	-
Permutador de Placas	*11,29*	*17,85*
Frigodifusores	-	*281,46*
Depósito Inércia	-	*10510,00*
Vaso de Expansão	-	*378,36*
Carga Total	***1889,72 kg***	***3863,35 kg***

Quadro 9.2 – Cargas de fluidos frigorigéneos do Sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3.

Equipamentos	Carga de CO2 [kg]	Carga de NH3 [kg]
Tubagem	*513,36*	*28,75*
Depósito Separador 1	*721,97*	-
Depósito Separador 2	*269,50*	-
Depósito Separador 3	*601,61*	-
Condensador Evaporativo	-	*111,00*
Evaporadores	*805,85*	-
Permutador "Plate & Shell"	*231,92*	*14,81*
Carga Total	***3144,20 kg***	***154,56 kg***

É importante referir que os volumes de fluido frigorigéneo necessários nos Depósitos Separadores são os volumes de *"Balast"* e *"Surge"*, pelo que a carga de fluido nestes equipamentos foi obtida utilizando estes volumes. Além disto, os volumes internos de alguns equipamentos, como os compressores, foram negligenciáveis.

Nos equipamentos de Água Glicolada, considerou-se o Depósito de Inércia com a capacidade máxima e adotou-se o volume útil do Vaso de Expansão.

Relativamente aos fluidos analisados sabe-se que o R744 (CO_2) possui um GWP de 1 e o R717 (NH_3) e Água Glicolada possuem um GWP nulo.

Por outro lado, sabe-se que o fator de recuperação de fluido (α) é de 0,95 e o de fugas anuais (L_{Anual}) é de 0,05 para instalações industriais [77].

Além disso, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) em [78], verificou-se uma emissão indireta de CO_2 (β) de 0,169 kg_{CO2eq}/kWh em Portugal.

Assim, considerando todos estes fatores, bem como um tempo de vida útil de 15 anos para ambos os sistemas, determinou-se o índice TEWI para as soluções estudadas, estando os resultados obtidos expostos na expressões 9.4 e 9.5.

$$TEWI_{NH3/MEG} = \left[(GWP_{R717} \times m_{R717} \times L_{Anual} \times n) + \left(GWP_{\text{Água Glic.}} \times m_{\text{Água Glic.}} \times (1-\alpha)\right)\right] + (E_{Anual} \times \beta \times n) \leftrightarrow$$
$$\leftrightarrow TEWI_{NH3/MEG} = (0) + (1472599{,}8 \times 0{,}169 \times 15) = 3733{,}04\ ton_{CO2eq} \quad (9.4)$$

$$TEWI_{CO2/NH3} = \left[(GWP_{R744} \times m_{R744} \times L_{Anual} \times n) + \left(GWP_{R717} \times m_{R717} \times (1-\alpha)\right)\right] + (E_{Anual} \times \beta \times n) \leftrightarrow$$
$$\leftrightarrow TEWI_{CO2/NH3} = [(1 \times 3144{,}2 \times 0{,}05) + 0] + (908236{,}8 \times 0{,}169 \times 15) = 2302{,}54\ ton_{CO2eq} \quad (9.5)$$

Quadro 9.3 – Indicador TEWI para ambos os Sistemas.

Indicador	Inundado a NH3 e Água Glicolada	Inundado em Cascata CO2 Subcrítico e NH3
TEWI	*3 733,04 ton_{CO2eq}*	*2 302,54 ton_{CO2eq}*

Com base nos resultados expostos no Quadro 9.3, verifica-se que o sistema em Cascata, apesar de implicar emissões diretas de CO_2 em caso de fuga, como apresenta um consumo energético anual inferior à 1ª solução, possui um índice de TEWI inferior, no valor de 2302,54 ton_{CO2eq}, em comparação ao sistema de NH_3/Água Glicolada que possui um TEWI de 3733,04 ton_{CO2eq}.

10 Conclusões e Trabalho Futuro

Após o desenvolvimento dos sistemas de refrigeração apresentados no presente Trabalho Final de Mestrado, e com base nas análises efetuadas, foram expostas as conclusões preponderantes, enfatizando os principais resultados obtidos para comparação entre as soluções adotadas.

Além do mais, apresentou-se algumas sugestões para trabalho futuro, de forma a otimizar os sistemas estudados, atingindo melhores patamares ao nível energético e económico.

10.1 Conclusões

A atual preocupação com as alterações climáticas decorrentes da utilização de fluidos frigorigéneos fluorados, proporcionou a aplicação de legislação mais restrita, no que toca ao uso destes fluidos. Deste modo, tem-se vindo a observar uma crescente utilização de fluidos naturais, como o NH_3 e o CO_2, bem como um elevado investimento, visando desenvolver os sistemas baseados nestes gases.

Desta forma, projetou-se sistemas que utilizassem apenas fluidos naturais, implementados numa instalação real da empresa *Frigosto, Lda*, a fim de analisá-los no que respeita aos indicadores de desempenho energético e, ainda, à sua viabilidade financeira, determinando o investimento inicial e custos de operação e manutenção.

Com este propósito, dimensionou-se duas soluções distintas: a opção nº1, baseada num Sistema Inundado com NH_3 e Água Glicolada e a opção nº2, assente num Sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3.

Para tal, procedeu-se ao dimensionamento e seleção de todos os equipamentos de sala de máquinas e Evaporadores/Frigodifusores de ambos os sistemas.

O sistema da opção nº1, recorre à utilização de três Depósitos Separadores cada um com a pressão de Evaporação requerida pelos Evaporadores/Frigodifusores que estes alimentam. Esta solução bombeada funciona num regime de quatro recirculações de NH_3 e possui três estágios de compressão, sendo o processo de Condensação do NH_3, assegurado por um Condensador Evaporativo.

Por sua vez, os Frigodifusores deste sistema, que arrefecem as zonas climatizadas da instalação, são alimentados por um circuito secundário de Água Glicolada, arrefecida através de um permutador de placas NH_3/Água Glicolada.

À semelhança com a opção nº1, a 2ª solução também se baseia em três Depósitos Separadores que alimentam os Evaporadores das câmaras de temperatura controlada. Contudo, o fluido deste circuito é CO_2 a pressões subcríticas, bombeado a uma taxa de

recirculação de 2, sendo que este funciona em sistema Cascata, pelo que o processo de Condensação ocorre num permutador *"Plate and Shell"* CO_2/NH_3. Deste modo, um circuito secundário de NH_3 é responsável pela rejeição de calor, estando este circuito munido com um Condensador Evaporativo e um estágio de compressão de alta pressão.
Foi realizado o dimensionamento de ambos os sistemas em análise, efetuando-se uma análise energética, que permitiu constatar que ambas as soluções apresentam eficiências energéticas muito semelhantes, no valor de 2,07 para a opção nº1 e 2,05 para a opção nº2. Contudo, contabilizando todos os consumos energéticos dos equipamentos, verificou-se que os coeficientes de Performance (COP) destes sistemas eram bastante distintos, com a 2ª solução a possuir um COP bem mais elevado na ordem dos 1,40, comparativamente com o valor de 1,17, obtido para a opção nº1.
Relativamente à análise financeira, dado que o sistema da opção nº1 possui uma potência elétrica instalada superior ao sistema da opção nº2, este apresenta um consumo energético mais elevado, no valor de 1 472 599,8 kWh, ao passo que a opção nº2 apresenta um consumo de 908 236,8 kWh. Após contabilização das tarifas de energia, constatou-se que estes valores se traduzem para custos energéticos de 213 526,97 euros e 131 694,34 euros, respetivamente.
Em relação aos custos de manutenção, verificou-se que a opção nº2 acarreta um valor de 15 803,86 euros, superior ao custo da opção nº1 de 11 954,92 euros.
Com a contabilização dos equipamentos e acessórios de cada sistema, concluiu-se que o investimento inicial da 2ª solução é de 935 131,19 euros, permitindo uma poupança de 10,4%, face ao custo da 1ª solução de 1 044 007,43 euros.
Por fim, procedeu-se a um sucinto estudo ambiental, estimando o índice TEWI para estas soluções, por forma a avaliar o impacto ambiental da sua operação. Deste modo, concluiu-se que a opção nº2 apresenta um impacto menor, pois será responsável pela libertação de 2302,54 kg_{CO2eq}, comparativamente aos 3733,04 kg_{CO2eq} emitidos pelo sistema da opção nº1.
Diante do exposto, depreende-se que o sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3 possui diversas vantagens, face ao sistema Inundado com NH_3 e Água Glicolada, salvo o facto de operar em regimes de pressões mais elevadas e de apresentar um custo de manutenção ligeiramente superior.
Em suma, comparativamente com o que foi apontado como desafios iniciais para este Trabalho Final de Mestrado, de uma forma geral, os objetivos foram atingidos tendo proporcionado a aquisição de sólidos conhecimentos na área de Refrigeração Industrial, abrindo caminho para o desenvolvimento destas competências técnicas no futuro.

10.2 Trabalho Futuro

Apesar dos resultados obtidos nas análises dos sistemas serem satisfatórios, existem várias vertentes em que estas soluções podem ser otimizadas, em desenvolvimento futuro, propondo-se o seguinte:

- Implementação de circuito de Água Glicolada como circuito intermediário no Sistema Inundado em Cascata com CO_2 Subcrítico e NH_3, contornando os eventuais problemas que podem decorrer do contacto entre estes fluidos no sistema analisado, entre os quais a formação de Carbonato de Amónio, que é extremamente corrosivo, comprometendo a integridade dos equipamentos e tubagem;
- Alteração da temperatura de Condensação do CO_2 no sistema da opção nº2, de modo a atingir pressões de serviço mais baixas e, assim, reduzir custos, estudando o impacto que esta alteração provocaria no COP do sistema;
- Redução dos três estágios de compressão para dois estágios em ambos os sistemas analisados, promovendo a utilização de apenas dois Depósitos Separadores, um dedicado aos túneis de Ultracongelação e o segundo a alimentar as câmaras de Congelados, Refrigerados e, ainda, o permutador NH_3/Água Glicolada;
- Integração dos custos associados ao isolamento térmico das câmaras de temperatura controlada, perfilaria, ferragens e consumíveis na análise financeira de ambas as soluções.

Referências Bibliográficas

[1] Y. A. Çengel, THERMODYNAMICS - An Engineering Approach, Mc Graw Hill Education, 2015.

[2] I. Dinçer, Refrigeration Systems and Applications, 4ª ed., Jonh Wiley, 2010.

[3] P. Medeiros e C. Barbosa, "Diferenças entre o Ciclo ideal e o real," 2005. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Figura-02-Diferencas-entre-o-ciclo-ideal-e-o-real-SILVA-2005_fig1_285269697. [Acedido em 3 janeiro 2025].

[4] SWEP, "Refrigeration Handbook," [Online]. Available: https://www.swep.net/refrigerant-handbook/refrigerant-handbook/. [Acedido em 15 janeiro 2025].

[5] INTARCON, "Tipos de Descongelação em Refrigeração," [Online]. Available: https://www.intarcon.com/pt-pt/tipos-de-descongelacao-em-refrigeracao/. [Acedido em 8 janeiro 2025].

[6] R. J. Dossat, Principles of Refrigeration, Wiley Toppan, 1961.

[7] G. Hundry, A.R.Trott e T.C. Welch, Refrigeration and Air Conditioning, BH, 2008.

[8] ScienceDirect, "Refrigerant Fluid," [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/refrigerant-fluid. [Acedido em 12 janeiro 2025].

[9] Danfoss, "Eliminação Gradual do R22," [Online]. Available: https://www.danfoss.com/pt-br/about-danfoss/our-businesses/cooling/refrigerants-and-energy-efficiency/hcfc-and-cfc-phase-out/r22-phase-down/. [Acedido em 28 janeiro 2025].

[10] INTARCON, "Substitute Natural Refrigerants," [Online]. Available: https://www.intarcon.com/pt-pt/refrigerantes-substitutos-naturais/. [Acedido em 24 janeiro 2025].

[11] R. S. A. Teixeira, "Utilização de Fluidos Frigorigéneos Inflamáveis em Termoacumuladores Domésticos do Tipo Bomba de Calor," *FEUP - Faculdade De Engenharia Universidade Do Porto,* pp. 26-36, 2018.

[12] Agência Portuguesa do Ambiente, "Gases Fuorados," [Online]. Available: https://apambiente.pt/sites/default/files/2024-01/BD_FGases_site_10_2022.pdf. [Acedido em 28 janeiro 2025].

[13] R. Paranjpey, "Pressure vessels used in Ammonia Refrigeration Systems," *Association of Ammonia Refrigeration,* 2020.

[14] R. Paranjpey, “Liquid Overfeed Systems,” 2007.

[15] Y. W. Svrcek e W. D. Monnery, “Design two-phase separators within the right limits,” outubro 1993.

[16] W. F. Stoecker, “Chapter 10 - Vessels,” em *Industrial Refrigeration Handbook*, Mc Graw Hill, 1998, pp. 367-390.

[17] GPSA - Gas Processors Suppliers Association, “Section 7 - Separation Equipment,” em *Engineering Data Book*, vol. I e II, GPSA, 2004, pp. 161-178.

[18] Vaportec, Refrigeração Industrial Amônia e CO2 - Manual de Aplicação, 2014.

[19] F. M. White, “Capítulo 11 - Turbomaquinas,” em *Mecânica dos Fluidos*, 6ª ed., Mc Graw Hill, 2011, pp. 763-794.

[20] INTARCON, “Sistemas de Arrefecimento Direto e Indireto,” [Online]. Available: https://www.intarcon.com/pt-pt/sistemas-de-arrefecimento-direto-e-indireto/. [Acedido em 3 Maio 2025].

[21] G. S. Kazachki e D. K. Hinde, “Why Secondary-Coolant Systems for Supermarket Refrigeration?,” *Purdue University,* 2006.

[22] ASHRAE, “Chapter 1 - Liquid Overfeed Systems,” em *ASHRAE HANDBOOK - Refrigeration*, 2006.

[23] Mechanical Education, “Compound Vapour Compression Refrigeration,” [Online]. Available: https://www.mechanicaleducation.com/compound-vapour-compression-refrigeration-system-definition-components-working-principle-advantages/. [Acedido em 10 janeiro 2025].

[24] R. Paranjpey, “Single Stage, Compound Cascate and Booster Systems and Interstage Cooling Methods,” *ASHRAE,* pp. 1-8, 2018.

[25] CAREL, “Refrigerants,” [Online]. Available: https://www.carel.nz/refrigerants. [Acedido em 21 janeiro 2025].

[26] D. Yang, Y. Li, J. Xie e J. Wang, “Research and application progress of transcritical CO2 refrigeration cycle system: a review,” 2021.

[27] B. Tashtoush, H. Sahli, M. Elakhdar, K. Megdouli e E. Nehdi, “A new CO2 refrigeration system with two-phase ejector and parallel compression for supermarkets,” *Heliyon,* 2024.

[28] KYSOR WARREN, “CO2 Transcritical eCO2 Boost - Instalation and Operation Manual,” [Online]. Available: https://www.kysorwarren.com/en/products/refrigeration-systems/co2-transcritical-booster-system. [Acedido em 6 junho 2025].

[29] E. Syngounas, D. Tsimpoukis, B. Evangelos e C. Tzivanidis, “Annual performance of a supermarket refrigeration system using different configurations with CO2 refrigerant,” *Energy Conversion and Management: X,* 2019.

[30] M. P. Haida , “Experimental analysis of the R744 vapour compression rack equipped with the multi-ejector expansion work recovery module,” *NTNU, Norwegian University of Science and Technology,* 2015.

[31] Donfoss, “A complete portfolio of CO2 refrigeration solutions,” [Online]. Available: https://assets.danfoss.com/documents/latest/374967/AD243886442898en-000601.pdf. [Acedido em 12 julho 2025].

[32] Arquitetura, Engenharia, “Vantagens e limites dos sistemas CO2 transcríticos,” [Online]. Available: https://www.engenhariaearquitetura.com.br/2024/08/vantagens-e-limites-dos-sistemas-co2-transcriticos. [Acedido em 12 Junho 2025].

[33] Q. Yang, X. Chen, W. Chi, L. Li, G. Liu e Y. Zhao, “Thermodynamic Analysis of an NH3/CO2 Cascate Refrigeration System with Subcooling in the Low-Temperature Circuit Utilizing the Expansion Work,” *International Journal of Energy Research,* 2023.

[34] V. K. Patel, B. D. Raja, L. Parmar e H. Jouhara, “An investigation to identify the performance of cascate refrigeration system by adopting hight-temperature circuit refrigerant R1233zd(E) over R161,” *International Journal of Thermofluids,* 2023.

[35] Danfoss, Industrial Refrigeration - Ammonia and CO2 Application, 2025.

[36] J. Garcia, “Capítulo 8 - Tubagem,” *Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa,* 2023.

[37] ASHRAE, “Chapter 22 - Pipe Sizing,” em *ASHRAE HANDBOOK - Fundamentals*, 2009.

[38] F. M. White, “Capítulo 6 - Escoamento Viscoso em Dutos,” em *Mecânica dos Fluidos*, Mc Graw Hill, 2011, pp. 353-435.

[39] W. F. Stoecker, “Chapter 9 - Refrigerant Piping,” em *Industrial Refrigeration Handbook*, Mc Graw Hill, 1998, pp. 337-366.

[40] D. T. Oliveira, “Determinação da Viscosidade de Misturas Líquidas Binárias através do Viscosímetro Capilar de Cannon-Fenske,” *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia,* 2012.

[41] ASHRAE, “Chapter 2 - System Practices for Halocarbon Refrigerants,” em *ASHRAE HANDBOOK - Refrigeration*, 2006.

[42] ASHRAE, “Chapter 3 - System Practices for Ammonia and Carbon Dioxide Refrigerants,” em *ASHRAE HANDBOOK - Refrigeration*, 2006.

[43] Lawton Tubes, “Tubo K65 para aplicações de CO2,” [Online]. Available: https://lawtontubes.co.uk/pt/product/k65-tube-for-co2-applications. [Acedido em 2 junho 2025].

[44] ASHRAE, “Chapter 33 - Insulation Systems for Refrigerant Piping,” em *ASHRAE HANDBOOK - Refrigeration*, 2006.

[45] J. P. Holman e J. Lloyd, “Steady-State Conduction - One Dimension,” em *Heat Transfer*, McGraw-Hill, 2010, pp. 27-75.

[46] ASHRAE, “Chapter 4 - Heat Transfer,” em *ASHRAE HANDBOOK - Fundamentals*, 2009.

[47] ASHRAE, “Chapter 30 - Thermophysical Properties of Refrigerants,” em *ASHRAE HANDBOOK - Fundamentals*, 2009.

[48] PUC-RIO - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, “4 Equações de Movimento de Mistura e Modelo Homogêneo,” [Online]. Available: https://www.puc-rio.br/. [Acedido em 8 junho 2025].

[49] ASHRAE, “Chapter 13 - Refrigeration Load,” em *ASHRAE HANDBOOK - Refrigeration*, 2006, p. 13.2.

[50] S. F. Wilbert, “Chapter 18 - Refrigeration Load Calculations,” em *Industrial Refrigeration Handbook*, McGraw-Hill, 1998.

[51] ASHRAE, “Chapter 9 - Thermal Properties of Foods,” em *ASHRAE HANDBOOK - Refrigeration*, 2006.

[52] J. Garcia, “Capítulo 4 - Cargas Térmicas em Refrigeração,” *Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa,* 2023.

[53] LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Temperaturas Exteriores de Projeto e números de Graus-Dias.

[54] IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosfera, [Online]. Available: https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1991-2020/#535. [Acedido em 2025].

[55] dgav - Direção Geral de Alimentação e Veterinária, “Segurança dos Alimentos,” 2019.

[56] Frigosto - Indústria de Transformação e Preparação de Produtos Congelados, Lda, “Produtos,” [Online]. Available: https://frigosto.pt/. [Acedido em 4 março 2025].

[57] C. Santos e L. Matias, LNEC, ITE50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, 2006.

[58] Dufrio, “Isolamento térmico do piso e a barreira de vapor,” 2022. [Online]. Available: https://blog.dufrio.com.br/ar-condicionado/comercial/piso-para-camara-fria-e-isolamento-saiba-mais-blog-dufrio/. [Acedido em 11 março 2025].

[59] H. Acul, “Effects of Finned Tube Type Air Cooled Condensers Desgin on Energy Efficiency,” *Cooling Technology Institute,* 2008.

[60] IPU - Institute for Product Development, “CoolPack Software,” [Online]. Available: https://www.ipu.dk/products/coolpack/. [Acedido em 28 março 2025].

[61] Centauro, “Catálogo Evaporadores MTI DDI DLI DXI,” [Online]. Available: https://centauro.pt/files/FLY/CLI13/FY-0003-0.pdf. [Acedido em 04 abril 2025].

[62] Centauro, “Catálogos Técnicos Resumidos - CTRC RS 2020,” [Online]. Available: https://centauro.pt/index.php/pt/documentacao/catalogos-tecnicos-resumidos/533-catalogo-tecnico-rn-resumido-2020. [Acedido em 11 abril 2025].

[63] BAC - Baltimore, “What is an Evaporative Condenser,” [Online]. Available: https://baltimoreaircoil.com/what-is-an-evaporative-condenser. [Acedido em 9 julho 2025].

[64] DECSA, “Evaporative Condenser: What it is and how it works,” [Online]. Available: https://en.decsasrl.com/news/condensatore-evaporativo-cose-e-come-funziona. [Acedido em 9 julho 2025].

[65] THERMAX, “Evaporative Condensor,” [Online]. Available: https://www.thermaxglobal.com/sustainx/evaporative-condensor/. [Acedido em 9 julho 2025].

[66] W. F. Stoecker, “Chapter 7 - Condensers,” em *Industrial Refrigeration Handbook*, McGraw-Hill, 1998.

[67] HOS BV, “Baltimore Aircoil,” [Online]. Available: https://www.hosbv.com/data/specifications/12271_VXC%20English.pdf.

[68] Phillips Refrigeration, “Catálogo - Depósitos,” [Online]. Available: https://haphillips.com/wp-content/uploads/2024/07/Vessel_Book_WP-24E-01.pdf.

[69] Centauro, “Catálogo - TGC 2014-0,” [Online]. Available: https://centauro.pt/files/CTR/TGC-2014-0-SP.pdf. [Acedido em 23 abril 2025].

[70] LZC technologies, “Thermal Storage Vessel Sizing,” 2016.

[71] ASHRAE, “Chapter 51 - Thermal Storage,” em *ASHRAE HANDBOOK - HVAC Systems & Equipment*, 2012.

[72] Mecalia, “Catálogo - Depósito Inércia Aço Carbono,” [Online]. Available: https://www.mecalia.com/pt/producto/deposito-inercia-aco-carbono/. [Acedido em 03 junho 2025].

[73] ASHRAE, “Chapter 12 - Hydronic Heating and Cooling System Design,” em *ASHRAE HANDBOOK - HVAC Systems & Equipment*, 2008.

[74] Caleffi, “Vasos de Expansão,” 2025. [Online]. Available: https://www.caleffi.com/sites/default/files/media/external-file/01079_pt.pdf. [Acedido em 30 julho 2025].

[75] Reflex, “Catálogo Vaso de Expansão,” [Online]. Available: https://reflex-winkelmann.com/en/products/8218000. [Acedido em 29 junho 2025]

[76] Y. Xu, R. Langebach e U. Hesse, “Design of a cascade refrigeration system for applications below -50ºC using CO2-Sublimation,” *Purdue University,* 2018.

[77] AIRAH, “Methods of Calculating Total Equivalent Warming Impact (TEWI),” *The Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating,* 2012.

[78] APA - Agência Portuguesa do Ambiente, “Fator de Emissão da Eletriciade - Portugal,” 2024.

[79] Georg Utz AG, “Pallet box Paloxe,” [Online]. Available: https://www.utzgroup.ch/pallet-box-paloxe-1200-1000-775-mm-21247057/. [Acedido em 2 março 2025].

[80] naeco Packaging, “Europalete H1 - Paletes de Plástico,” [Online]. Available: https://naeco.com/pt/hygienic/europalete-h1.html. [Acedido em 2 março 2025].

[81] InPlastic, “Caixa PED Frango Congelado,” [Online]. Available: https://inplastic.com.br/pallet/caixa-frango-congelado/. [Acedido em 2 março 2025].

[82] “Drag Coefficient Calculator,” [Online]. Available: https://kdusling.github.io/teaching/Applied-Fluids/DragCoefficient.html. [Acedido em 21 maio 2025].

[83] ASME, ASME Boiler and Pressure Vessel Code - Section II - Part D.

[84] CalcTool, “Darcy Friction Factor Calculator,” [Online]. Available: https://www.calctool.org/fluid-mechanics/friction-factor. [Acedido em 25 maio 2025]

[85] Trident Steel, “ASTM A53 Grade B ERW Pipe,” [Online]. Available: https://www.tridentsteel.co.in/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html. [Acedido em 04 julho 2025].

[86] The Engineering Toolbox, “Polyurethane Insulation,” [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/polyurethane-insulation-k-values-d_1174.html. [Acedido em 2 junho 2025].

[87] ASHRAE, “Chapter 23 - Insulation for Mechanical Systems,” em *ASHRAE HANDBOOK - Fundamentals*, 2009.

[88] ASHRAE, “ASHRAE Duct Fitting Loss Coefficients,” 2021. [Online]. Available: https://www.scribd.com/document/822433455/ASHRAE-Duct-Fitting-Loss-Coefficients. [Acedido em 17 maio 2025].

[89] D. Li e E. A. Groll, “Transcritical CO2 refrigeration cycle with ejector-expansion device,” *International Journal of Refrigeration,* 2005.

[90] T. B. Jekel, D. T. Reindl e J. M. Fisher, “Gravity Separator Fubdamentals and Design,” 18 Março 2001.

Anexos

Anexo A – Layout da Instalação

ARMAZÉM PARA MATÉRIAS NÃO PERECÍVEIS
T = Ambiente
H int. = 6,50 m
Vol. = 929 m3

CAIS DE RECEPÇÃO
T = +10/+12°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 491 m3

GABINETE
T = Ambiente
H int. = 4,00 m

ARMAZÉM PARA MATERIAL DE EMBALAGEM
T = Ambiente
H int. = 6,50 m
Vol. = 2.141 m3

CÂMARA DE CONSERVAÇÃO REFRIGERADOS
T = 0/+2°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 89 m3

SALA DE MÁQUINAS

CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE REFRIGERADOS
T = 0/+2°C
H int. = 6,50 m
Vol. = 325 m3

CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE CONGELADOS (Produto Acabado)
T = −22/−20°C
H int. = 6,50 m
Vol. = 1.416 m3

PICKING DE CONGELADOS
T = −10/−8°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 420 m3

CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE CONGELADOS
T = −22/−20°C
H int. = 6,50 m
Vol. = 1.799 m3

CORREDOR
T = +14/+16°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 603 m3

CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE CONGELADOS (Produto Acabado)
T = −22/−20°C
H int. = 6,50 m
Vol. = 2.487 m3

ZONA DE ENCARTONAMENTO
T = +10/+12°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 148 m3

CAIS DE EXPEDIÇÃO
T = +10/+12°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 974 m3

SALA DE MATERIAL DE ETIQUETAGEM
H int. = 3,50 m
Vol. = 47 m3

GABINETE
H int. = 3,50 m
Vol. = 60 m3

ARMAZÉM DE PROD. DE LIMPEZA
T = Ambiente
H int. = 4,00 m
Vol. = 85 m3

CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE REFRIGERADOS
T = 0/+2°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 121 m3

COZINHA
T = +16/+18°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 177 m3

SALA DE MOLDAGEM/ENCHIMENTO
T = +10/+12°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 504 m3

TÚNEL DE CONGELAÇÃO
T = −36/−34°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 85 m3
T6

TÚNEL DE CONGELAÇÃO
T = −36/−34°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 85 m3
T5

ZONA DE ACONDICIONAMENTO
T = +10/+12°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 253 m3

CORREDOR
T = +14/+16°C
H int. = 4,00 m
Vol. = 419 m3

PC

PL

PORTAS ISOTÉRMICAS

P1	– Deslizante Motorizada, Congelados	2,00 x 3,00 m
P2	– Deslizante Manual, Temp. Ambiente	2,00 x 3,00 m
P3	– Deslizante Manual, Refrigerados	2,00 x 2,70 m
P4	– Deslizante Manual, Congelados	2,00 x 3,00 m
P5	– Deslizante Manual, Tunel de Congelação	1,40 x 2,70 m
P6	– Pivotante Manual, Refrigerados	1,20 x 2,70 m
P7	– Porta de Serviço	0,80 x 2,20 m
P8	– Porta de Serviço, com óculo	0,80 x 2,20 m
P9	– Porta Vai-Vém, 2 Folhas	2,00 x 2,70 m
P10	– Porta Vai-Vém	1,00 x 2,70 m
P11	– Porta de Serviço, barra antipanico	0,80 x 2,20 m
P12	– Porta Rápida	1,45 x 2,40 m

PAINÉIS ISOTÉRMICOS Paredes / Tectos

60 mm	60 mm
100 mm	100 mm
150 mm	150 mm
	200 mm

Cliente:	FRIGOSTO Indústria de Transformação de Produtos Congelados, Lda
Local:	Caldas da Rainha
Designação:	ISOTERMIA LAYOUT DA INSTALAÇÃO PISO 0
Projecto Nº	Projeto
Desenho Nº	P01
Data:	2 Janeiro 2025
Escala:	1:100
Projectou:	Nome Apelido
Desenhou:	Nome Apelido
Verificou:	

Anexo B – Implantação da Estiva dos Produtos

CR13
36 Paletes
720 Caixas
10,1 Toneladas

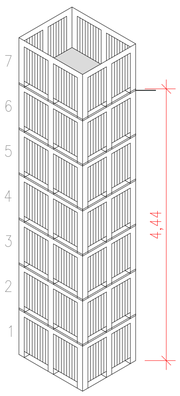
CR14
115 Paletes
2300 Caixas
46,0 Toneladas

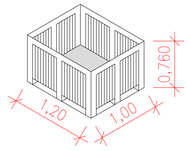
CC12
540 Paletes
84240 Caixas
185,3 Toneladas

CC11
990 Paletes
154440 Caixas
339,8 Toneladas

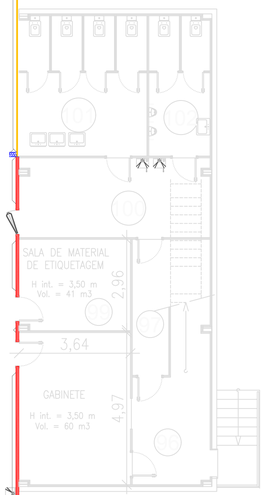
CC15
1290 Paloxes
387 Toneladas

CR16
61 Paletes
1220 Caixas
24,4 Toneladas





Palotes:
Dim. (cxlxa): 1,20 x 1,00 x 0,760 m
Capac. aprox.: 300 kg



PAINÉIS ISOTÉRMICOS

60 mm

100 mm

150 mm

Instituto superior de engenharia de lisboa	Cliente: FRIGOSTO Indústria de Transformação de Produtos Congelados, Lda Local: Caldas da Rainha	Projecto Nº: Projeto 1 Desenho Nº: P02
	Designação: PAVILHÃO IMPLANTAÇÃO DA ESTIVA E CAPACIDADES DAS CÂMARAS PISO 0	Data: 12 Março 2025 Escala: 1:100 Projectou: Diogo Duarte Desenhou: Diogo Duarte Verificou:

Anexo C – Cálculos da Quantidade e Rotatividade dos Produtos

De forma a estimar a quantidade de cada produto armazenados nas câmaras, foi necessário analisar a disposição da estiva existente, com os devidos limites impostos pelas dimensões internas das câmaras, apresentadas no Quadro 4.1.
Note-se que se impôs uma distância mínima entre a estiva e os tetos das câmaras de 1 metro, de forma a garantir a correta circulação de ar nas mesmas.
É importante relembrar que foram arbitradas rotatividades de produto para as câmaras CC15, CR13, CR14 e CR16, pois são câmaras que recebem a matéria-prima.

Câmara CC15

Dado que os produtos armazenados são peixe (Bacalhau e Pescada), considera-se que a estiva é por meio de paloxes que possui as seguintes dimensões:

Características de Paloxe normalizado [79].

Características dos Paloxes		
Largura	1 m	
Comprimento	1,2 m	
Altura Interna	0,68 m	
Altura Externa	0,78 m	
Área	1,2 m^2	
Volume Útil	0,816 m^3	
Peso	31,7 kg	
Carga Máxima	1500 kg	
Capacidade Unitária	**300 kg**	

A disposição dos paloxes na planta da instalação, possibilita dispor 195 paloxes pela área da câmara, apesar do limite de pé direito só permitir 7 níveis de paloxes.
Além disto, os paloxes perto da porta de entrada só podem assumir 5 níveis de altura, sendo, ainda, possível colocar 3 paloxes com 2 níveis imediatamente antes da porta.
Assim, a câmara apresenta uma capacidade máxima de 1290 paloxes, dispostos por:

- 7 Níveis com 162 paloxes cada;
- 5 Níveis com 30 paloxes cada;
- 2 Níveis com 3 paloxes cada.

Como cada paloxe armazena 300 kg de peixe, então verifica-se que a carga máxima da câmara CC15 é de 387 toneladas, sendo 50% de Bacalhau e 50% de Pescada.

Câmara CR16

Esta câmara é responsável pela conservação de carne, armazenada em caixa, pelo que se considera que a estiva é por meio de paletes, organizadas em *"Racks"*.

As dimensões das europaletes encontram-se dispostas no quadro abaixo.

Características de europalete normalizada [80].

Características das Europaletes		
Largura	0,8 m	
Comprimento	1,2 m	
Altura	0,14 m	
Área	0,96 m^2	
Peso	25 kg	
Nº Caixas	20 unidades	
Carga Máxima	1000 kg	

As caixas PED que se considerou para a acomodação da carne, possuem as seguintes características:

Características de Caixa PED [81].

Características de Caixa PED		
Largura	40 cm	
Comprimento	60 cm	
Altura	15,9 cm	
Área	0,24 m^2	
Peso	1,82 kg	
Capacidade Unitária	25 kg	

As "Racks" possuem capacidade para acomodar as seguintes quantidades de paletes:

- 4 *"Racks"* de comprimento 2,7 metros – 9 paletes cada;
- 1 *"Rack"* de comprimento 4,3 metros – 15 paletes cada.

Assim, conhecendo o número de paletes que cada *"Rack"* armazena e, ainda, considerando que se consegue dispor 10 paletes assentes no chão da câmara, conclui-se que a câmara pode armazenar 61 paletes.

Dado que cada palete acomoda 20 caixas, constata-se que a capacidade da câmara é cerca de 24,4 toneladas de carne.

Câmara CR14

Esta câmara é responsável por armazenar carne (matéria-prima) de Vaca e de Porco, apresentando uma estiva de paletes, dispostas em *"Racks"*. Neste caso, a câmara permite instalar as seguintes *"Racks"*:

- 9 *"Racks"* de comprimento 3,575 metros – 12 paletes cada;

Sabendo que se pode colocar até 7 paletes no chão e tendo em conta as dimensões apresentadas para as caixas utilizadas, verifica-se que as 115 paletes correspondem a 2300 caixas, que permitem concluir que a capacidade de armazenamento desta câmara é cerca de 46 toneladas.

O processo de transformação alimentar obriga à divisão desta capacidade em 70% para carne de Vaca e 30% de Porco, correspondendo a 32,2 e 13,8 toneladas.

Câmara CR13

À semelhança das Câmaras CR16 e CR14, esta câmara também armazena carne sendo que, neste caso, é de apenas Perú. A estiva também será com *"Racks"* e paletes. A estiva permite dispor 12 paletes no chão da câmara e organizar as seguintes *"Racks"*:

- 1 *"Rack"* de comprimento 4,3 metros – 15 paletes cada;
- 1 *"Rack"* de comprimento 2,7 metros – 9 paletes cada.

Neste caso, obtém-se o número total de 36 paletes que permitem armazenar em câmara 720 caixas. Assim, a capacidade máxima da mesma será de 10,08 toneladas de Perú.

Câmara CC11

Esta câmara é responsável por armazenar produtos transformados, neste caso, Rissóis de Pescada e Bacalhau, que são acondicionados em caixas de cartão e, por sua vez, organizados em paletes. As caixas de cartão possuem as seguintes características:

Características de Caixa de Cartão.

Características de Caixa de Cartão	
Largura	26 cm
Comprimento	26 cm
Altura	13 cm
Área	0,068 m^2
Peso	0,2 kg
Capacidade Unitária	2,2 kg

Por sua vez, a estiva desta câmara dispõe das seguintes *"Racks"*:

- 66 *"Racks"* de comprimento 4,3 metros – 15 paletes cada;

Desta forma, calculou-se que o número de paletes total seria de 990 e, sabendo que cada europalete permite acomodar 156 caixas, determinou-se o número total de caixas armazenadas no valor de 154440 unidades. Assim, concluiu-se que a capacidade máxima desta câmara seria de 339,77 toneladas, sendo metade constituída por Rissóis de Pescada e a outra metade por Rissóis de Bacalhau.

No que diz respeito à rotatividade, esta foi determinada através da razão entre a quantidade de produto armazenada e a quantidade diária de produto que é retirada da câmara.

Como esta câmara armazena produtos transformados, tem de se estimar a quantidade de produto processado por dia, utilizando a quantidade diária de produto que é retirada das câmaras de matéria-prima.

Além disto, considera-se que 50% do Bacalhau e da Pescada diários são utilizados para produzir rissóis de Bacalhau e Pescada, respetivamente. Mais a mais, através das tabelas nutricionais dos produtos processados [56], sabe-se que existe um fator de 35% entre a massa de matéria-prima utilizada e o produto transformado a que esta dá origem. Isto significa que, a partir de 350 gramas de Bacalhau e Pescada produz-se 1 kg dos respetivos produtos processados.

Posto isto, calculou-se os fluxos mássicos destes produtos processados, dados por:

$$\dot{m}_{Rissóis\ Bacalhau} = \frac{0{,}5\dot{m}_{Bacalhau}}{0{,}35} = \frac{0{,}5 \times 193500}{0{,}35} \cong 27642{,}9\ kg/24h$$

$$\dot{m}_{Rissóis\ Pescada} = \frac{0{,}05\dot{m}_{Pescada}}{0{,}35} = \frac{0{,}05 \times 193500}{0{,}35} \cong 27642{,}9\ kg/24h$$

Por sua vez, as rotatividades destes produtos são dadas por:

$$Rot._{Diária} = \frac{\dot{m}_{Rissóis\ Bacalhau}}{m_{Rissóis\ Bacalhau}} = \frac{27642{,}9}{169884} \cong 0{,}163 \quad (16{,}3\%)$$

$$Rot._{Diária} = \frac{\dot{m}_{Rissóis\ Pescada}}{m_{Rissóis\ Pescada}} = \frac{27642{,}9}{169884} \cong 0{,}163 \quad (16{,}3\%)$$

Câmara CC12

À semelhança com a câmara CC11, esta câmara armazena produtos transformados que, neste caso, são de carne e de peixe, também armazenados em caixa de cartão.

A sua estiva dispõe das seguintes *"Racks"*:

- 36 *"Racks"* de comprimento 4,3 metros – 15 paletes cada.

Deste modo, sabe-se que esta câmara pode armazenar cerca de 540 paletes, o que corresponderá a um número máximo de caixas de 84240 unidades, correspondendo a cerca de 185,33 toneladas.

Relativamente ao cálculo dos fluxos mássicos de cada um dos produtos transformados, considerou-se a seguinte distribuição dos fluxos mássicos de matéria-prima:

- Quantidade diária de Carne de Vaca é utilizada para 30% para Hambúrguer de Vaca e 70% para Rissóis de Vaca;
- Quantidade diária de Carne de Porco é utilizada para 100% para Almôndegas de Porco;
- Quantidade diária de Carne de Perú é utilizada para 100% para Hambúrguer de Perú;
- Quantidade diária de Carne de Frango é utilizada para 40% para Rissóis de Frango, 30% para Chamuças e Peras de Frango.

Além disto, com base nas tabelas nutricionais dos produtos processados [56], assumiu-se uma relação de 21% para a confeção das chamuças e Rissóis de Frango e Rissóis de Vaca. Quer isto dizer que 210 gramas da matéria-prima utilizada permite produzir 1 kg de cada um destes produtos transformados.

Assim, torna-se possível determinar os fluxos mássicos dos alimentos processados que são armazenados nesta câmara, obtendo os seguintes valores:

$$\dot{m}_{Hambúrguer\ Vaca} = 0{,}3\dot{m}_{Carne\ Vaca} = 0{,}3 \times 4830 = 1449\ kg/24h$$

$$\dot{m}_{Almôndegas\ \ Porco} = \dot{m}_{Carne\ Porco} = 2070\ kg/24h$$

$$\dot{m}_{Hambúrguer\ \ Perú} = \dot{m}_{Carne\ Perú} = 1512\ kg/24h$$

$$\dot{m}_{Chamuça\ Frango} = \frac{0{,}3\dot{m}_{Carne\ Frango}}{0{,}21} = \frac{0{,}3 \times 2440}{0{,}21} = 3485{,}71\ kg/24h$$

$$\dot{m}_{Peras\ Frango} = 0{,}3\dot{m}_{Carne\ Frango} = 732{,}00\ kg/24h$$

$$\dot{m}_{Rissóis\ Vaca} = \frac{0{,}7\dot{m}_{Carne\ Vaca}}{0{,}21} = \frac{0{,}7 \times 4830}{0{,}21} = 10733{,}33\ kg/24h$$

$$\dot{m}_{Rissóis\ Frango} = \frac{0{,}4\dot{m}_{Carne\ Frango}}{0{,}21} = \frac{0{,}4 \times 2440}{0{,}21} = 4647{,}62\ kg/24h$$

Por fim, a rotatividade total desta câmara foi obtida através da aplicação da seguinte expressão:

$$Rot._{Diária} = \frac{\dot{m}_{Hamb.Vaca} + \dot{m}_{Alm.Porco} + \dot{m}_{Hamb.Perú} + \dot{m}_{chamuças} + \dot{m}_{Peras\ Frango} + \dot{m}_{Rissóis\ Vaca} + \dot{m}_{Rissóis\ Frango}}{m_{Total\ produtos}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \frac{1449 + 2070 + 1512 + 3485{,}71 + 732 + 10733{,}33 + 4647{,}62}{185328} \cong 0{,}151 \quad (15{,}1\%)$$

Anexo D – Painel Isotérmico e Materiais de Alvenaria

Condutividade Térmica e Densidade dos Materiais segundo o ITE50 do LNEC [53].

Material	***Condutividade Térmica [W/m.ºC]***	***Densidade [kg/m³]***
Reboco Tradicional	1,300	2000
Tijolo Cerâmico 15 cm	0,357	625
Isolamento XPS	0,037	30
Lã de Rocha	0,040	70
Arroncamento (pedras calcáricas duras)	2,300	2590
Betão Estrutural	1,050	1800
Tela Asfáltica	0,700	2100
Betão Isolante sem areia rio	0,410	1100
Placas de Poliestileno (Glascofoam)	0,037	30
Betonilha Autonivelante	0,319	1060
Filme Polietileno Hidrófugo Baixa Densidade	0,319	920
Brita	2,000	1950
Poliuretano	0,022	40

HI-F Panel frigorífico

Panel aislante de alta eficiencia térmica

Descripción y aplicaciones

Panel sandwich frigorífico de caras metálicas y núcleo aislante rígido, diseñado para aplicaciones que requieran un alto grado de aislamiento: industria agroalimentaria, cámaras frigoríficas, laboratorios, etc.

Buen comportamiento ante el fuego, certificado CLASE 1 por <FM Approvals> (panel HI-PIRM F).

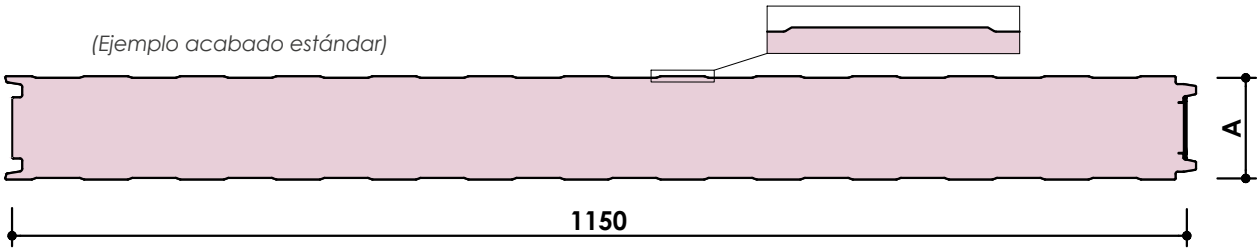
La gama de paneles HI-F está disponible con dos núcleos aislantes: PIR (HI-PIR F) y en PIRM (HI-PIRM F).

Disponible en diversos espesores de acero, con recubrimientos aptos para el contacto con alimentos y tres acabados: grecado, liso y semiliso.

Altas prestaciones mecánicas, certificadas mediante ensayos en laboratorio.

Dimensiones, masa y prestaciones térmicas

(Ejemplo acabado estándar)



Ancho útil		1.150 mm (1.120 mm, consultar disponibilidad)							
Longitud de fabricación	**Estándard**	2,0 a 13,5 m							
	Especial	13,5 a 18,0 m (transporte especial)							
Tipo de junta		FJ | FS							
Conductividad térmica fresca		0,020 W/mK							
Conductividad térmica declarada[1]		0,022 W/mK (considerando núcleo envejecido)							
Densidad del núcleo aislante		PIR: 40 (± 5) kg/m³ | PIRM: 40 (-2/+5) kg/m³							
Espesor núcleo aislante (A)		60	80	100	125	150	175	200	230 (mm)
Masa[2]		10,89	11,69	12,49	13,49	14,49	15,49	16,49	17,69 (kg/m²)
Transmitancia térmica[1,2] **(PIR/PIRM)**		0,39	0,28	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10 (W/m²K)
Resistencia térmica[2] **(PIR/PIRM)**		2,85	3,76	4,67	5,81	6,94	8,08	9,22	10,58 m²K/W)

NOTAS: (1) Transmitancia térmica determinada acorde a norma UNE-EN 14509:2014, considerando el efecto del envejecimiento del núcleo aislante, y certificada mediante la marca N de AENOR.

(2) Para chapas de 0,5/0,5 mm (int/ext), junta FJ y ancho de panel 1.150 mm. Consultar para otras opciones.

Anexo E – Cargas Térmicas

Anexo E.1 – Exemplo de Aplicação do Método Analítico

De forma a exemplificar o processo de cálculo analítico da potência frigorífica das câmaras de congelados e refrigerados, este anexo apresenta a determinação desta potência para a câmara de congelados CC11.

Cargas da Envolvente

A primeira contribuição para as cargas térmicas a determinar é a carga da envolvente, onde se fez um levantamento da orientação e localização desta câmara, de modo a conhecer quais seriam as condições de temperatura que a rodeiam.

Além disto, é necessário conhecer as espessuras e constituição das paredes, teto e solo da câmara, de forma a determinar, com recurso à equação 2.69, os coeficientes global de transmissão de calor (U). Estes coeficientes encontram-se expostos no Quadro 4.7 em 4.3.5, para cada tipologia de parede de Alvenaria e solo.

No que respeita ao painel isotérmico, sabe-se que o coeficiente global de transmissão de calor é de 0,15 W/m^2.K, através do catálogo da *Huurre*, exposto no Anexo D.

De modo a calcular o fluxo de calor em cada superfície da câmara, aplica-se a equação 2.68, sendo necessário considerar o diferencial entre as temperaturas do ar exterior e de conservação da câmara. Importa referir que a este diferencial soma-se um acréscimo de temperatura para incluir os efeitos de radiação, em superfícies que contactam diretamente com a radiação solar, cujos valores se encontram reunidos no Quadro 2.13.

O quadro seguinte reúne os resultados do fluxo de calor das superfícies desta câmara.

Parâmetros das cargas térmicas da Envolvente para a câmara CC11

CARGAS TÉRMICAS DA ENVOLVENTE							
Superfície	***Orientação***	***Temperatura Ar Exterior [ºC]***	***Temperatura Câmara [ºC]***	***Área [m²]***	***ΔT Radiação [ºC]***	***Fluxo Calor [W]***	***Fluxo Calor por Área [W/A]***
1	Oeste	-20	-22	201,6	3	90,7	0,45
2a	Este	33,1	-22	154,1	3	1342,5	8,7
2b	Este	12	-22	45,6	3	252,9	5,6
3	Sul	16	-22	78,7	2	472,3	6,0
4a	Norte	-8	-22	48,9	0	102,6	2,1
4b	Norte	12	-22	29,4	0	149,8	5,1
Teto	-	33,1	-22	377,7	0	3121,7	8,3
Solo	-	20,6	-22	377,7	0	2943,2	7,8

Cargas dos Produtos

Com base nas quantidades rotativas diárias dos produtos, apresentadas no Anexo C, procedeu-se ao cálculo das cargas térmicas produzidas pelos mesmos. Neste caso, os produtos conservados já se encontram congelados quando são armazenados nesta câmara, pelo que se aplica a equação 2.74.

Para tal, considera-se a temperatura de conservação da câmara e a temperatura inicial de -10ºC, pois o produto, apesar de ter sido congelado nos túneis de Ultracongelação, estes aumentaram a sua temperatura, devido ao contacto com as salas de Encartonamento e Acondicionamento.

Dado que os produtos desta câmara são produtos transformados, então o calor específico a considerar é o aparente, calculado através da equação 2.75, e reunidos no Quadro 4.6.

O Quadro abaixo resume os parâmetros utilizados no cálculo destas cargas, bem como os resultados obtidos.

Resultados obtidos das cargas térmicas do Produto para a câmara CC11

CARGAS TÉRMICAS DE PRODUTOS					
Produtos	***Quantidade Diária produtos [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp aparente [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Rissóis Bacalhau	27642,9	-10	-22	3,776	14,50
Rissóis Pescada	27642,9	-10	-22	3,759	14,43

Cargas da Estiva

Relativamente à carga térmica introduzida pela estiva que entra diariamente na câmara, o seu cálculo é bastante semelhante às cargas do produto, considerando os calores específicos da palete e caixas de cartão.

Resultados obtidos das cargas térmicas da Estiva para a câmara CC11

CARGAS TÉRMICAS DE ESTIVA					
Produtos	***Quantidade Diária [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp aparente [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Paletes	25	-10	-22	1,900	0,007
Caixa Cartão	50,2	-10	-22	1,340	0,009

Cargas Internas

No que diz respeito às cargas introduzidas pelos ocupantes da câmara, definiu-se um tempo de ocupação de 0,27 horas, o que corresponde a 22,5 minutos, de forma a permitir aos operários manipularem os produtos da câmara. O número de ocupantes considerado foi de 5 pessoas, dadas as grandes dimensões da câmara.

Através da *ASHRAE – Refrigeration* [49], sabe-se que a energia libertada por pessoa é de 272 W, nas condições da câmara.

Assim, através de tabelas da ASHRAE, determinou-se estas cargas térmicas, que surgem apresentadas no quadro abaixo.

Resultados obtidos das cargas térmicas de Ocupação para a câmara CC11

CARGAS TÉRMICAS DE OCUPAÇÃO			
Nº Ocupantes	***Potência libertada por Ocupante [W]***	***Tempo de Ocupação [h]***	***Carga Térmica [kW]***
5	272	0,27	1,36

De seguida, determinou-se as cargas térmicas da iluminação das câmaras, através da equação 2.82, considerando uma densidade de iluminação de 15 W/m^2.

Resultados obtidos das cargas térmicas de Iluminação para a câmara CC11

CARGAS TÉRMICAS DE ILUMINAÇÃO			
Área	***Densidade de Iluminação [W/m2]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
377,7	15	0,27	5,67

Posteriormente, contabilizou-se as perdas de cargas referentes aos equipamentos que operam no interior desta câmara. Neste caso particular, é apenas um Empilhador com uma potência combinada de 2,95 kW. Note-se que as cargas térmicas do Empilhador foram retiradas da *ASHRAE – Refrigeration* [49].

Resultados obtidos das cargas térmicas de Equipamentos para a câmara CC11

CARGAS TÉRMICAS DE EQUIPAMENTOS					
Potência Motor 1 [kW]	***Potência Motor 2 [kW]***	***Carga Motor 1 [W]***	***Carga Motor 2 [W]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
0,75	2,2	993	2763	0,27	3,76

Cargas de Infiltração

De modo a determinar as cargas térmicas referentes às infiltrações de ar, deve-se identificar todas as portas da câmara que fazem fronteira com outros espaços com temperatura interior diferente da temperatura de conservação desta câmara. Estas cargas são determinadas através da aplicação da equação 2.84.

Para tal, deve-se conhecer as densidades do ar de infiltração (ρ_i) e do ar interior da câmara (ρ_r), o Fator de Densidade (F_m), Fator de Fluxo (D_f) e, ainda, o Fator de Abertura de porta (D_t). Além disto, considera-se também uma eficiência de porta aberta de 90%.

Resultados obtidos das cargas térmicas de Infiltrações para a câmara CC11

CARGAS TÉRMICAS DE INFILTRAÇÕES									
Portas	h_i ***[kJ/kg]***	h_r ***[kJ/kg]***	ρ_i ***[kJ/kg]***	ρ_r ***[kJ/kg]***	***H [m]***	F_m	D_f	D_t	***Carga Térmica [kW]***
Norte	-3,500	-20,900	1,330	1,405	3	0,986	0,8	0,321	1,02
Sul	33,2	-20,9	1,216	1,405	3	0,964	0,8	0,321	4,96

Relativamente ao Fator de Abertura de Porta (D_t), este depende de várias características de utilização da porta, nomeadamente, os tempos de abertura-fecho (θ_p) e de porta aberta (θ_o), bem como o período de serviço (θ_d) e o nº de passagens (P).

Parâmetros do Fator de Abertura das Portas da câmara CC11

Portas	θ_p **[s/passagem]**	θ_o **[min]**	θ_d **[h]**	***Nº Passagens***	D_t
Norte	15	11	1	33	0,321
Sul	15	11	1	33	0,321

Cargas Totais

Após determinar todas as cargas térmicas, aplicou-se equação 2.88 e calculou-se as cargas térmicas totais, que correspondem à potência frigorífica da câmara.

Note-se que se considerou um coeficiente de segurança de 1,1 e um tempo de funcionamento dos Evaporadores de 18h.

Resultados obtidos para cálculo da Potência Frigorífica para a câmara CC11

Carga Condução	***Carga Produto***	***Carga Estiva***	***Carga Ocupação***	***Carga Iluminação***	***Carga Equipamento***	***Carga Infiltração***	***Potência Frigorífica***
8,48 kW	14,50 kW	0,007 kW	1,36 kW	5,67 kW	3,76 kW	5,99 kW	42,67 kW

Anexo E.2 – Resultados do Método Analítico

- Câmara de Congelados CC15

Parâmetros das cargas térmicas da Envolvente para a câmara CC15

CARGAS TÉRMICAS DA ENVOLVENTE							
Superfície	***Orientação***	***Temperatura Ar Exterior [ºC]***	***Temperatura Câmara [ºC]***	***Área [m²]***	***ΔT Radiação [ºC]***	***Fluxo Calor [W]***	***Fluxo Calor por Área [W/A]***
1	Oeste	2	-22	80,9	3	327,7	4,1
2a	Este	33,1	-22	34,8	3	303,6	8,7
2b	Este	2	-22	46,1	3	186,6	4,1
3	Sul	33,1	-22	151,1	2	1293,8	8,6
4	Norte	16	-22	151,1	0	861,0	5,7
Teto	-	33,1	-22	289,3	0	2391,4	8,3
Solo	-	20,6	-22	289,3	0	2254,7	7,8

Resultados obtidos das cargas térmicas do Produto para a câmara CC15

CARGAS TÉRMICAS DE PRODUTOS					
Produtos	***Quantidade Diária produtos [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cpd [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Bacalhau	19350	-9	-22	2,140	6,2
Pescada	19350	-9	-22	2,150	6,3

Resultados obtidos das cargas térmicas da Estiva para a câmara CC15

CARGAS TÉRMICAS DE ESTIVA					
Produtos	***Quantidade Diária [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp aparente [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Paloxes	67,5	-9	-22	1,700	0,017

Resultados obtidos das cargas térmicas de Ocupação para a câmara CC15

CARGAS TÉRMICAS DE OCUPAÇÃO			
Nº Ocupantes	***Potência libertada por Ocupante [W]***	***Tempo de Ocupação [h]***	***Carga Térmica [kW]***
3	404	0,25	1,21

Resultados obtidos das cargas térmicas de Iluminação para a câmara CC15

CARGAS TÉRMICAS DE ILUMINAÇÃO			
Área	***Densidade de Iluminação [W/m2]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
289,3	15	0,25	4,34

Resultados obtidos das cargas térmicas de Equipamentos para a câmara CC15

CARGAS TÉRMICAS DE EQUIPAMENTOS					
Potência Motor 1 [kW]	***Potência Motor 2 [kW]***	***Carga Motor 1 [W]***	***Carga Motor 2 [W]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
0,75	2,2	993	2763	0,25	3,76

Resultados obtidos das cargas térmicas de Infiltrações para a câmara CC15

CARGAS TÉRMICAS DE INFILTRAÇÕES									
Portas	h_i ***[kJ/kg]***	h_r ***[kJ/kg]***	ρ_i ***[kJ/kg]***	ρ_r ***[kJ/kg]***	***H [m]***	F_m	D_f	D_t	***Carga Térmica [kW]***
Nordeste	32,5	-20,9	1,220	1,405	3	0,965	0,8	0,292	4,41

Parâmetros do Fator de Abertura das Portas da câmara CC15

Portas	θ_p **[s/passagem]**	θ_o **[min]**	θ_d **[h]**	***Nº Passagens***	D_t
Nordeste	15	15	1	10	0,292

Resultados obtidos para cálculo da Potência Frigorífica para a câmara CC15

Carga Condução	***Carga Produto***	***Carga Estiva***	***Carga Ocupação***	***Carga Iluminação***	***Carga Equipamento***	***Carga Infiltração***	***Potência Frigorífica***
7,62 kW	12,49 kW	0,017 kW	1,21 kW	4,34 kW	3,76 kW	4,41 kW	36,13 kW

- Câmara de Congelados CC12

Parâmetros das cargas térmicas da Envolvente para a câmara CC12

CARGAS TÉRMICAS DA ENVOLVENTE							
Superfície	***Orientação***	***Temperatura Ar Exterior [ºC]***	***Temperatura Câmara [ºC]***	***Área [m^2]***	***ΔT Radiação [ºC]***	***Fluxo Calor [W]***	***Fluxo Calor por Área [W/A]***
1a	Oeste	12	-22	69,6	3	386,0	5,55
1b	Oeste	2	-22	30,1	3	121,9	4,05
1c	Oeste	33,1	-22	97,1	3	846,3	8,72
2	Este	-20	-22	201,6	3	151,2	0,75
3	Sul	16	-22	43,0	2	257,8	6,00
4	Norte	-8	-22	43,0	0	90,2	2,10
Teto	-	33,1	-22	202,8	0	1676,2	8,27
Solo	-	20,6	-22	202,8	0	1580,4	7,79

Resultados obtidos das cargas térmicas do Produto para a câmara CC12

CARGAS TÉRMICAS DE PRODUTOS					
Produtos	***Quantidade Diária produtos [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp aparente [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Ham. Vaca	4830,00	-10	-22	3,752	2,52
Alm. Porco	2070,00	-10	-22	3,759	1,08
Ham. Perú	1512,00	-10	-22	4,400	0,92
Chamuça	3485,71	-10	-22	4,118	1,99
Peras Frango	732,00	-10	-22	4,065	0,41
Rissóis Vaca	10733,33	-10	-22	3,732	5,56
Rissóis Frango	4647,62	-10	-22	3,942	2,54

Resultados obtidos das cargas térmicas da Estiva para a câmara CC12

CARGAS TÉRMICAS DE ESTIVA					
Produtos	***Quantidade Diária [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Paletes	2025	-10	-22	1,900	0,53
Caixa Cartão	2546,4	-10	-22	1,340	0,47

Resultados obtidos das cargas térmicas de Ocupação para a câmara CC12

CARGAS TÉRMICAS DE OCUPAÇÃO			
Nº Ocupantes	***Potência libertada por Ocupante [W]***	***Tempo de Ocupação [h]***	***Carga Térmica [kW]***
5	272	0,15	1,36

Resultados obtidos das cargas térmicas de Iluminação para a câmara CC12

CARGAS TÉRMICAS DE ILUMINAÇÃO			
Área	***Densidade de Iluminação [W/m2]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
202,8	15	0,15	3,04

Resultados obtidos das cargas térmicas de Equipamentos para a câmara CC12

CARGAS TÉRMICAS DE EQUIPAMENTOS					
Potência Motor 1 [kW]	***Potência Motor 2 [kW]***	***Carga Motor 1 [W]***	***Carga Motor 2 [W]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
0,75	2,2	0,99	2,76	0,15	3,76

Resultados obtidos das cargas térmicas de Infiltrações para a câmara CC12

CARGAS TÉRMICAS DE INFILTRAÇÕES									
Portas	h_i ***[kJ/kg]***	h_r ***[kJ/kg]***	ρ_i ***[kJ/kg]***	ρ_r ***[kJ/kg]***	***H [m]***	F_m	D_f	D_t	***Carga Térmica [kW]***
Norte	-3,5	-20,9	1,330	1,215	3	0,986	0,8	0,171	0,55
Sul	34,7	-20,9	1,215	1,405	3	0,964	0,8	0,171	2,72

Parâmetros do Fator de Abertura das Portas da câmara CC12

Portas	θ_p **[s/passagem]**	θ_o **[min]**	θ_d **[h]**	***Nº Passagens***	D_t
Norte	15	6	1	17	0,171
Sul	15	6	1	17	0,171

Resultados obtidos para cálculo da Potência Frigorífica para a câmara CC12

Carga Condução	***Carga Produto***	***Carga Estiva***	***Carga Ocupação***	***Carga Iluminação***	***Carga Equipamento***	***Carga Infiltração***	***Potência Frigorífica***
5,11 kW	5,56 kW	1,01 kW	1,36 kW	3,04 kW	3,76 kW	3,27 kW	22,00 kW

- *"Picking"* de Congelados

Parâmetros das cargas térmicas da Envolvente para o Picking

CARGAS TÉRMICAS DA ENVOLVENTE							
Superfície	***Orientação***	***Temperatura Ar Exterior [ºC]***	***Temperatura Câmara [ºC]***	***Área [m^2]***	***ΔT Radiação [ºC]***	***Fluxo Calor [W]***	***Fluxo Calor por Área [W/A]***
1	Oeste	33,1	-10	29,6	3	205,0	6,9
2	Este	12	-10	29,6	3	111,2	3,8
3a	Sul	-20	-10	26,2	2	-31,4	-1,2
3b	Sul	-20	-10	30,0	2	-36,0	-1,2
4	Norte	33,1	-10	56,8	0	367,2	6,5
Teto	-	33,1	-10	105,2	0	680,3	6,5
Solo	-	20,6	-10	105,2	0	589,0	5,6

Resultados obtidos das cargas térmicas do Produto para o Picking

CARGAS TÉRMICAS DE PRODUTOS					
Produtos	***Quantidade Diária produtos [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp aparente [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Rissóis Bacalhau	27642,9	-20	-10	3,990	-
Rissóis Pescada	27642,9	-20	-10	4,014	-
Ham. Vaca	4830,0	-20	-10	4,032	-
Alm. Porco	2070,0	-20	-10	4,014	-
Ham. Perú	1512,0	-20	-10	4,750	-
Chamuça	3485,7	-20	-10	4,406	-
Peras Frango	732,0	-20	-10	4,338	-
Rissóis Vaca	10733,3	-20	-10	3,968	-
Rissóis Frango	4647,6	-20	-10	4,188	-

Note-se que no caso do *"Picking"* não se considera as cargas térmicas do produto, pois a temperatura de entrada dos produtos é inferior à temperatura de conservação do *"Picking"*.

Resultados obtidos das cargas térmicas da Estiva para o "Picking"

CARGAS TÉRMICAS DE ESTIVA					
Produtos	***Quantidade Diária [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp aparente [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Paletes	3825,0	-10	-22	1,900	1,01
Caixa Cartão	0	-10	-22	1,340	0,00

Resultados obtidos das cargas térmicas de Ocupação para o "Picking"

CARGAS TÉRMICAS DE OCUPAÇÃO			
Nº Ocupantes	***Potência libertada por Ocupante [W]***	***Tempo de Ocupação [h]***	***Carga Térmica [kW]***
5	272	0,84	1,36

Resultados obtidos das cargas térmicas de Iluminação para o "Picking"

CARGAS TÉRMICAS DE ILUMINAÇÃO			
Área	***Densidade de Iluminação [W/m2]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
105,2	15	0,84	1,58

Resultados obtidos das cargas térmicas de Equipamentos para o "Picking"

CARGAS TÉRMICAS DE EQUIPAMENTOS					
Potência Motor 1 [kW]	***Potência Motor 2 [kW]***	***Carga Motor 1 [W]***	***Carga Motor 2 [W]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
0,75	2,2	993	2763	0,84	7,51

Resultados obtidos das cargas térmicas de Infiltrações para o "Picking"

CARGAS TÉRMICAS DE INFILTRAÇÕES									
Portas	h_i ***[kJ/kg]***	h_r ***[kJ/kg]***	ρ_i ***[kJ/kg]***	ρ_r ***[kJ/kg]***	***H [m]***	F_m	D_f	D_t	***Carga Térmica [kW]***
Este	27,4	-6,3	1,233	1,340	3	0,979	0,8	0,388	2,79

Parâmetros do Fator de Abertura das Portas do "Picking"

Portas	θ_p **[s/passagem]**	θ_o **[min]**	θ_d **[h]**	***Nº Passagens***	D_t
Este	15	16	1	29	0,388

Resultados obtidos para cálculo da Potência Frigorífica para o "Picking"

Carga Condução	*Carga Produto*	*Carga Estiva*	*Carga Ocupação*	*Carga Iluminação*	*Carga Equipamento*	*Carga Infiltração*	*Potência Frigorífica*
1,89	0,00 kW	0,00 kW	1,36 kW	1,58 kW	7,51 kW	2,79 kW	7,39 kW

- Câmara de Congelados CR16

Parâmetros das cargas térmicas da Envolvente para a câmara CR16

CARGAS TÉRMICAS DA ENVOLVENTE							
Superfície	***Orientação***	***Temperatura Ar Exterior [ºC]***	***Temperatura Câmara [ºC]***	***Área [m^2]***	***ΔT Radiação [ºC]***	***Fluxo Calor [W]***	***Fluxo Calor por Área [W/A]***
1	Oeste	-22	0	28,4	3	-80,8	-2,85
2	Este	16	0	28,4	3	118,5	4,18
3	Sul	33,1	0	17,5	2	135,0	7,72
4	Norte	16	0	17,5	0	61,5	3,52
Teto	-	33,1	0	31,0	0	225,6	7,28
Solo	-	20,6	0	31,0	0	917,2	29,60

Resultados obtidos das cargas térmicas do Produto para a câmara CR16

CARGAS TÉRMICAS DE PRODUTOS					
Produtos	***Quantidade Diária produtos [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cpd [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Frango	2440	4	0	3,320	0,49

Resultados obtidos das cargas térmicas da Estiva para a câmara CR16

CARGAS TÉRMICAS DE ESTIVA					
Produtos	***Quantidade Diária [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Paletes	150	4	0	1,900	0,013

Resultados obtidos das cargas térmicas de Ocupação para a câmara CR16

CARGAS TÉRMICAS DE OCUPAÇÃO			
Nº Ocupantes	***Potência libertada por Ocupante [W]***	***Tempo de Ocupação [h]***	***Carga Térmica [kW]***
1	272	0,25	0,27

Resultados obtidos das cargas térmicas de Iluminação para a câmara CR16

CARGAS TÉRMICAS DE ILUMINAÇÃO			
Área	***Densidade de Iluminação [W/m2]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
30,98	15	0,25	0,46

Resultados obtidos das cargas térmicas de Equipamentos para a câmara CR16

CARGAS TÉRMICAS DE EQUIPAMENTOS					
Potência Motor 1 [kW]	***Potência Motor 2 [kW]***	***Carga Motor 1 [W]***	***Carga Motor 2 [W]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
0,75	2,2	993	2763	0,25	3,76

Resultados obtidos das cargas térmicas de Infiltrações para a câmara CR16

CARGAS TÉRMICAS DE INFILTRAÇÕES									
Portas	h_i ***[kJ/kg]***	h_r ***[kJ/kg]***	ρ_i ***[kJ/kg]***	ρ_r ***[kJ/kg]***	***H [m]***	F_m	D_f	D_t	***Carga Térmica [kW]***
Nordeste	32,5	9,0	1,220	1,289	2,7	0,986	0,8	0,204	0,69

Parâmetros do Fator de Abertura das Portas da câmara CR16

Portas	θ_p **[s/passagem]**	θ_o **[min]**	θ_d **[h]**	***Nº Passagens***	D_t
Nordeste	15	10,5	1	7	0,204

Resultados obtidos para cálculo da Potência Frigorífica para a câmara CR16

Carga Condução	***Carga Produto***	***Carga Estiva***	***Carga Ocupação***	***Carga Iluminação***	***Carga Equipamento***	***Carga Infiltração***	***Potência Frigorífica***
1,38 kW	0,49 kW	0,01 kW	0,27 kW	0,46 kW	3,76 kW	0,69 kW	3,84 kW

- Câmara de Congelados CR14

Parâmetros das cargas térmicas da Envolvente para a câmara CR14

CARGAS TÉRMICAS DA ENVOLVENTE							
Superfície	***Orientação***	***Temperatura Ar Exterior [ºC]***	***Temperatura Câmara [ºC]***	***Área [m^2]***	***ΔT Radiação [ºC]***	***Fluxo Calor [W]***	***Fluxo Calor por Área [W/A]***
1	Oeste	33,1	0	81,58	3	647,87	7,94
2	Este	-20	0	81,58	3	-208,02	-2,55
3	Sul	33,1	0	42,84	2	330,77	7,72
4	Norte	16	0	42,84	0	150,78	3,52
Teto	-	33,1	0	82,70	0	602,25	7,28
Solo	-	20,6	0	82,70	0	2448,24	29,60

Resultados obtidos das cargas térmicas do Produto para a câmara CR14

CARGAS TÉRMICAS DE PRODUTOS					
Produtos	***Quantidade Diária produtos [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cpd [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Vaca	3220	7	0	3,190	0,83
Porco	2070	7	0	2,800	0,47

Resultados obtidos das cargas térmicas da Estiva para a câmara CR14

CARGAS TÉRMICAS DE ESTIVA					
Produtos	***Quantidade Diária [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Paletes	275	4	0	1,900	0,024

Resultados obtidos das cargas térmicas de Ocupação para a câmara CR14

CARGAS TÉRMICAS DE OCUPAÇÃO			
Nº Ocupantes	***Potência libertada por Ocupante [W]***	***Tempo de Ocupação [h]***	***Carga Térmica [kW]***
1	272	0,25	0,27

Resultados obtidos das cargas térmicas de Iluminação para a câmara CR14

CARGAS TÉRMICAS DE ILUMINAÇÃO			
Área	**Densidade de Iluminação [W/m2]**	**Tempo de Atividade [h]**	**Carga Térmica [kW]**
82,70	15	0,25	1,24

Resultados obtidos das cargas térmicas de Equipamentos para a câmara CR14

CARGAS TÉRMICAS DE EQUIPAMENTOS					
Potência Motor 1 [kW]	**Potência Motor 2 [kW]**	**Carga Motor 1 [W]**	**Carga Motor 2 [W]**	**Tempo de Atividade [h]**	**Carga Térmica [kW]**
0,75	2,2	993	2763	0,25	3,76

Resultados obtidos das cargas térmicas de Infiltrações para a câmara CR14

CARGAS TÉRMICAS DE INFILTRAÇÕES									
Portas	h_i **[kJ/kg]**	h_r **[kJ/kg]**	ρ_i **[kJ/kg]**	ρ_r **[kJ/kg]**	**H [m]**	F_m	D_f	D_t	**Carga Térmica [kW]**
Nordeste	32,5	9,0	1,220	1,289	3	0,986	0,8	0,525	2,09

Parâmetros do Fator de Abertura das Portas da câmara CR14

Portas	θ_p **[s/passagem]**	θ_o **[min]**	θ_d **[h]**	**Nº Passagens**	D_t
Nordeste	15	27	1	18	0,525

Resultados obtidos para cálculo da Potência Frigorífica para a câmara CR14

Carga Condução	**Carga Produto**	**Carga Estiva**	**Carga Ocupação**	**Carga Iluminação**	**Carga Equipamento**	**Carga Infiltração**	**Potência Frigorífica**
3,97 kW	0,83 kW	0,02 kW	0,27 kW	1,24 kW	3,76 kW	2,09 kW	10,22 kW

- Câmara de Congelados CR13

Parâmetros das cargas térmicas da Envolvente para a câmara CR13

CARGAS TÉRMICAS DA ENVOLVENTE							
Superfície	***Orientação***	***Temperatura Ar Exterior [ºC]***	***Temperatura Câmara [ºC]***	***Área [m^2]***	***ΔT Radiação [ºC]***	***Fluxo Calor [W]***	***Fluxo Calor por Área [W/A]***
1	Oeste	33,1	0	19,6	3	155,66	7,94
2	Este	-22	0	19,6	3	-55,86	-2,85
3	Sul	12	0	18,2	2	56,06	3,08
4	Norte	33,1	0	18,2	0	132,53	7,28
Teto	-	33,1	0	22,1	0	160,57	7,28
Solo	-	20,6	0	22,1	0	652,73	29,60

Resultados obtidos das cargas térmicas do Produto para a câmara CR13

CARGAS TÉRMICAS DE PRODUTOS					
Produtos	***Quantidade Diária produtos [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cpd [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Perú	1512	4	0	2,280	0,25

Resultados obtidos das cargas térmicas da Estiva para a câmara CR13

CARGAS TÉRMICAS DE ESTIVA					
Produtos	***Quantidade Diária [kg/24h]***	***Temperatura Entrada Produtos [ºC]***	***Temperatura Conservação [ºC]***	***Cp [kJ/kg.K]***	***Carga Térmica [kW]***
Paletes	125	4	0	1,900	0,01

Resultados obtidos das cargas térmicas de Ocupação para a câmara CR13

CARGAS TÉRMICAS DE OCUPAÇÃO			
Nº Ocupantes	***Potência libertada por Ocupante [W]***	***Tempo de Ocupação [h]***	***Carga Térmica [kW]***
1	272	0,25	0,27

Resultados obtidos das cargas térmicas de Iluminação para a câmara CR13

CARGAS TÉRMICAS DE ILUMINAÇÃO			
Área	***Densidade de Iluminação [W/m2]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
22,05	15	0,25	0,33

Resultados obtidos das cargas térmicas de Equipamentos para a câmara CR13

CARGAS TÉRMICAS DE EQUIPAMENTOS					
Potência Motor 1 [kW]	***Potência Motor 2 [kW]***	***Carga Motor 1 [W]***	***Carga Motor 2 [W]***	***Tempo de Atividade [h]***	***Carga Térmica [kW]***
0,75	2,2	0,99	2,76	0,25	3,76

Resultados obtidos das cargas térmicas de Infiltrações para a câmara CR13

CARGAS TÉRMICAS DE INFILTRAÇÕES									
Portas	h_i ***[kJ/kg]***	h_r ***[kJ/kg]***	ρ_i ***[kJ/kg]***	ρ_r ***[kJ/kg]***	***H [m]***	F_m	D_f	D_t	***Carga Térmica [kW]***
Nordeste	23,5	9	1,24	1,29	2,7	0,991	0,8	0,117	0,20

Parâmetros do Fator de Abertura das Portas da câmara CR13

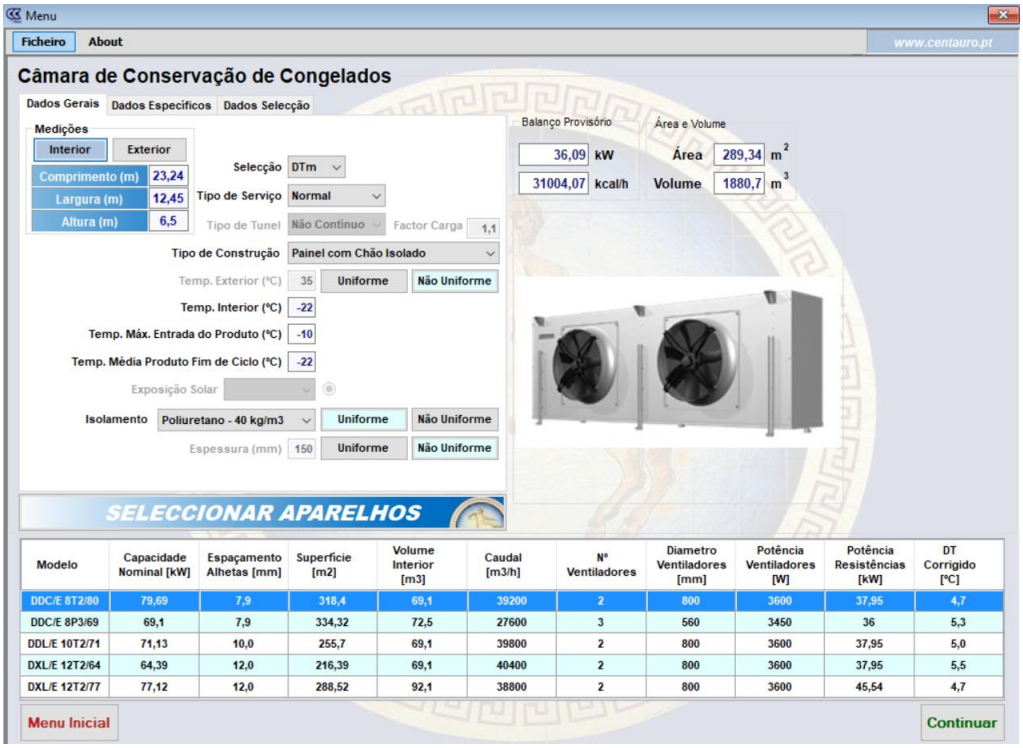
Portas	θ_p **[s/passagem]**	θ_o **[min]**	θ_d **[h]**	***Nº Passagens***	D_t
Nordeste	*15*	*6*	*1*	*4*	*0,117*

Resultados obtidos para cálculo da Potência Frigorífica para a câmara CR13

Carga Condução	***Carga Produto***	***Carga Estiva***	***Carga Ocupação***	***Carga Iluminação***	***Carga Equipamento***	***Carga Infiltração***	***Potência Frigorífica***
1,1 KW	0,25 kW	0,01 kW	0,27 kW	0,33 kW	3,76 kW	0,20 kW	2,36 kW

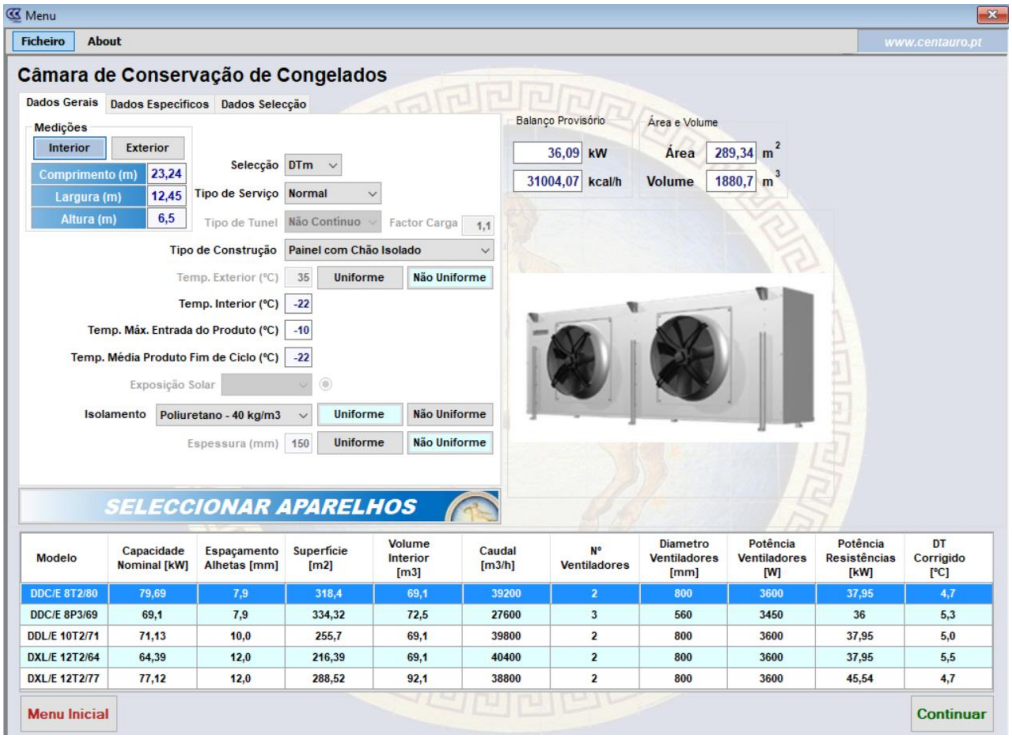
Anexo E.3 – Resultados no Software *CalCam* da *Centauro*

Câmara de Congelados - CC15



Modelo	Capacidade Nominal [kW]	Espaçamento Alhetas [mm]	Superfície [m2]	Volume Interior [m3]	Caudal [m3/h]	Nº Ventiladores	Diametro Ventiladores [mm]	Potência Ventiladores [W]	Potência Resistências [kW]	DT Corrigido [ºC]
DDC/E 8T2/80	79,69	7,9	318,4	69,1	39200	2	800	3600	37,95	4,7
DDC/E 8P3/69	69,1	7,9	334,32	72,5	27600	3	560	3450	36	5,3
DDL/E 10T2/71	71,13	10,0	255,7	69,1	39800	2	800	3600	37,95	5,0
DXL/E 12T2/64	64,39	12,0	216,39	69,1	40400	2	800	3600	37,95	5,5
DXL/E 12T2/77	77,12	12,0	288,52	92,1	38800	2	800	3600	45,54	4,7

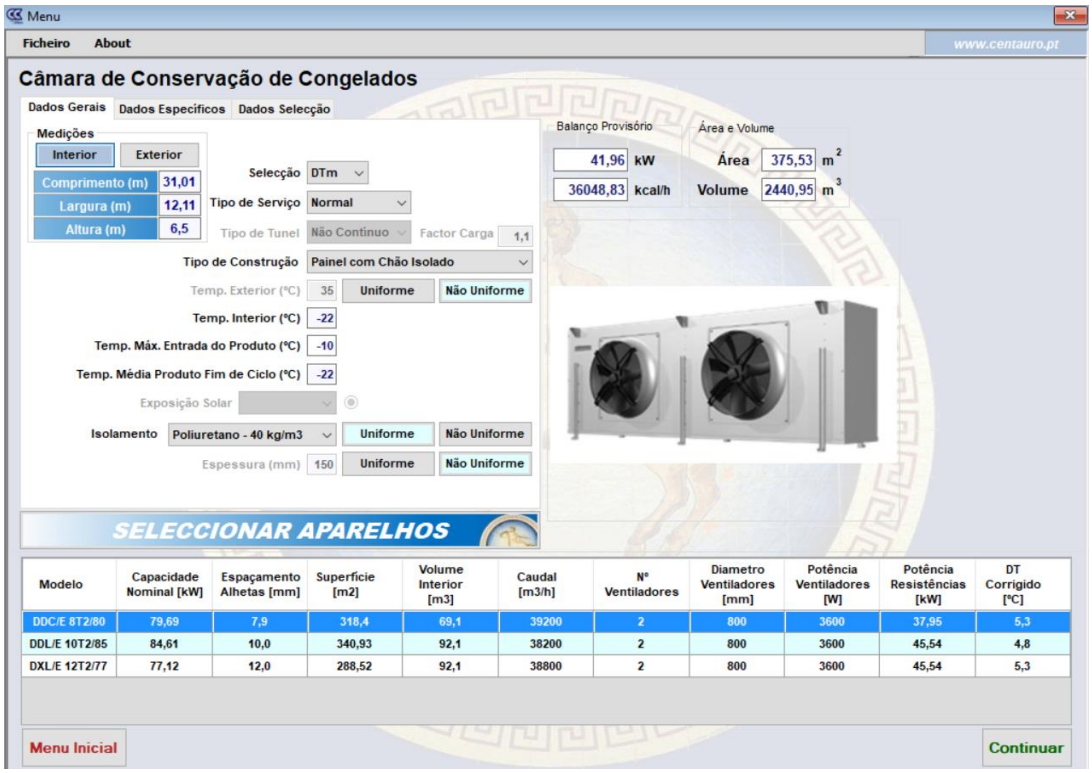
Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para a câmara CC15 (parte 1 de 2)



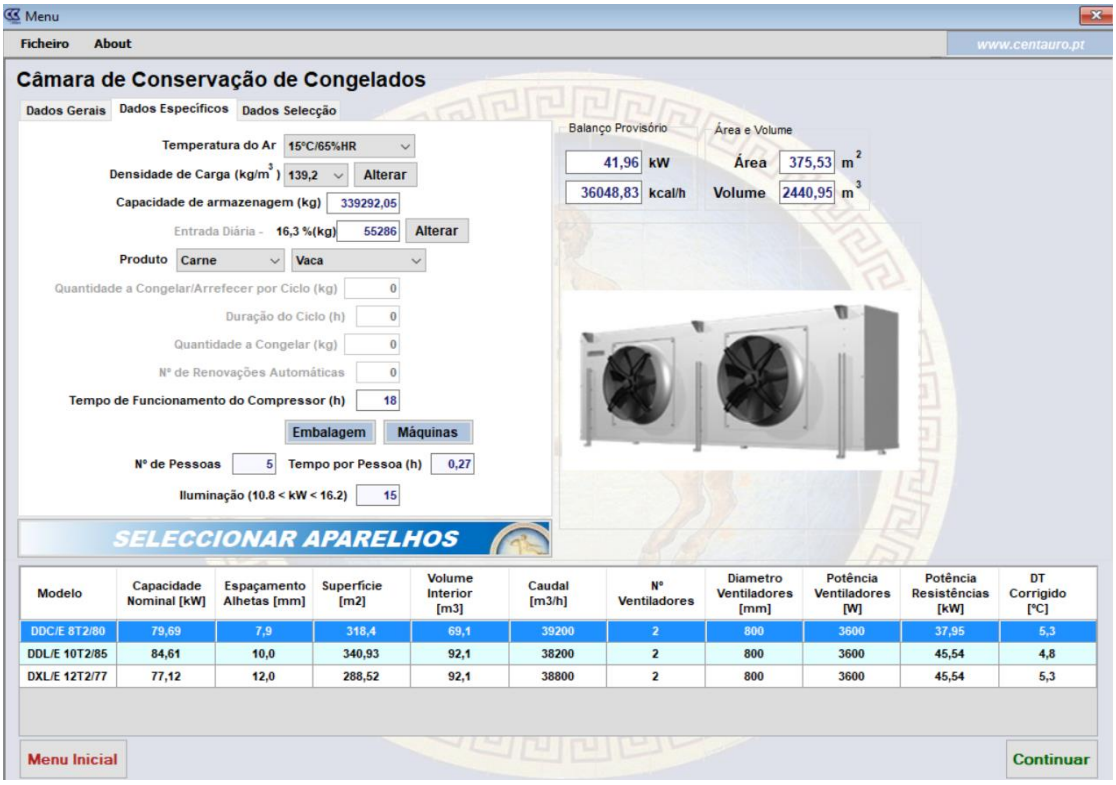
Modelo	Capacidade Nominal [kW]	Espaçamento Alhetas [mm]	Superfície [m2]	Volume Interior [m3]	Caudal [m3/h]	Nº Ventiladores	Diametro Ventiladores [mm]	Potência Ventiladores [W]	Potência Resistências [kW]	DT Corrigido [ºC]
DDC/E 8T2/80	79,69	7,9	318,4	69,1	39200	2	800	3600	37,95	4,7
DDC/E 8P3/69	69,1	7,9	334,32	72,5	27600	3	560	3450	36	5,3
DDL/E 10T2/71	71,13	10,0	255,7	69,1	39800	2	800	3600	37,95	5,0
DXL/E 12T2/64	64,39	12,0	216,39	69,1	40400	2	800	3600	37,95	5,5
DXL/E 12T2/77	77,12	12,0	288,52	92,1	38800	2	800	3600	45,54	4,7

Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para a câmara CC15 (parte 2 de 2)

Câmara de Congelados - CC11

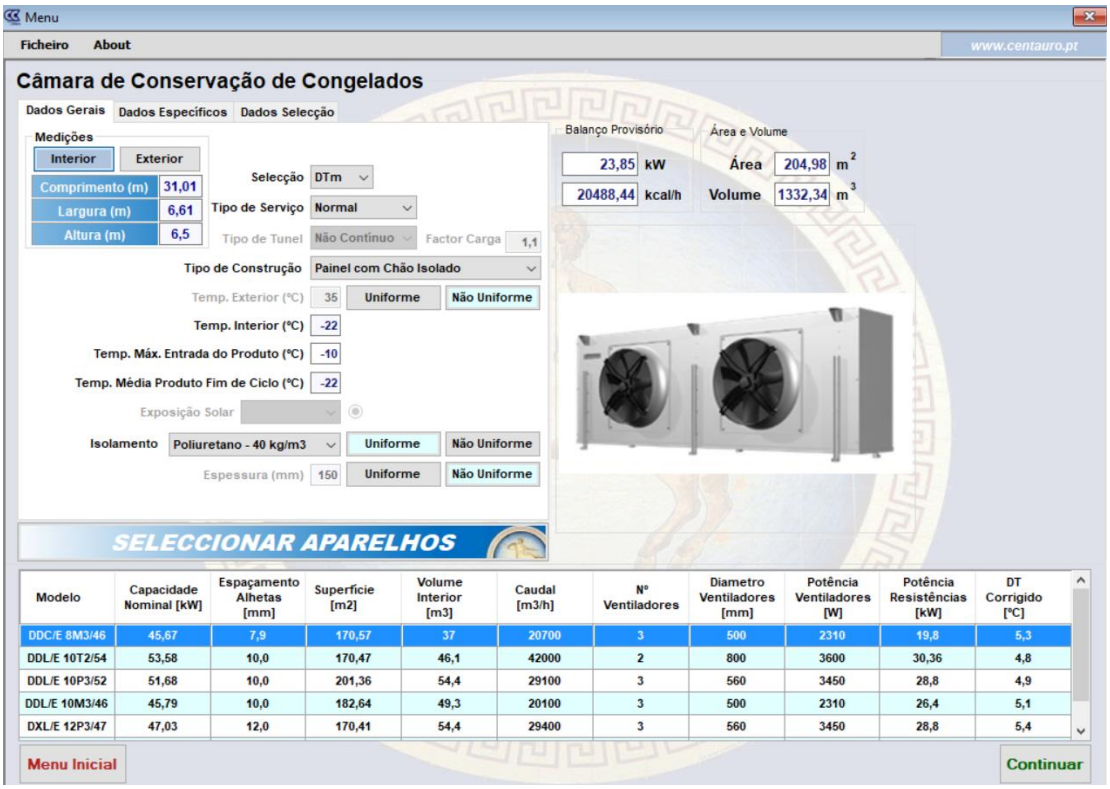


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para a câmara CC11 (parte 1 de 2)

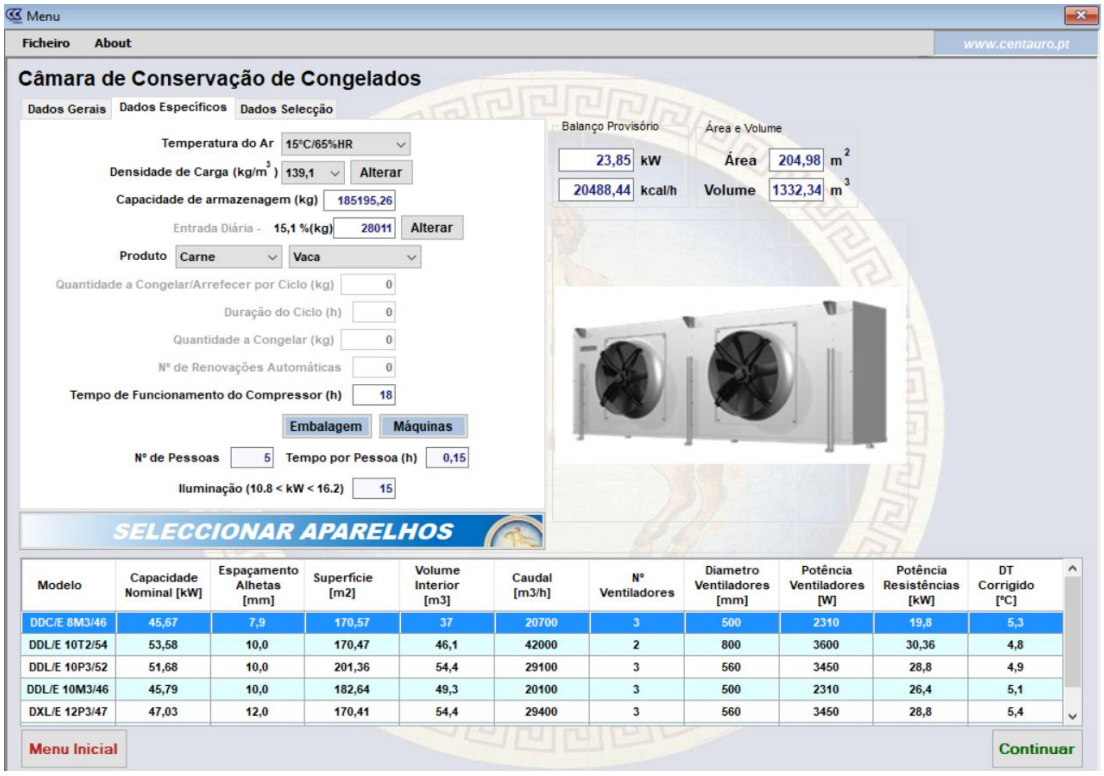


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para a câmara CC11 (parte 2 de 2)

Câmara de Congelados - CC12

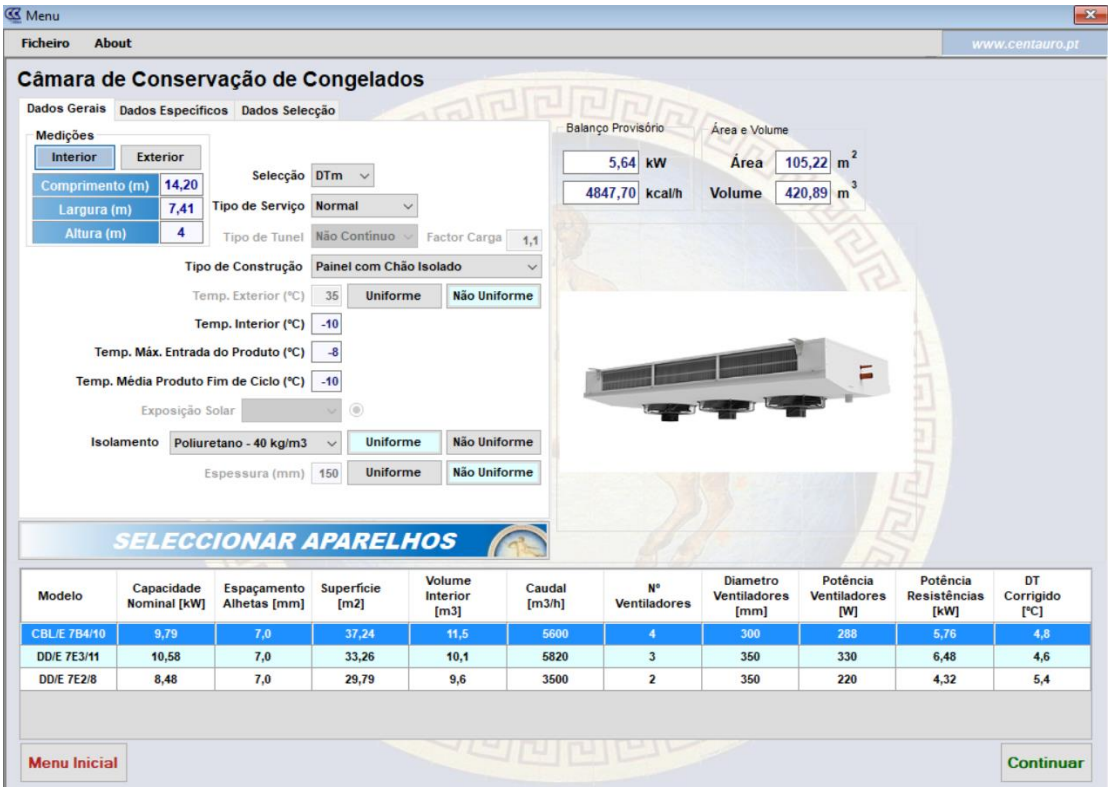


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para a câmara CC12 (parte 1 de 2)



Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para a câmara CC12 (parte 2 de 2)

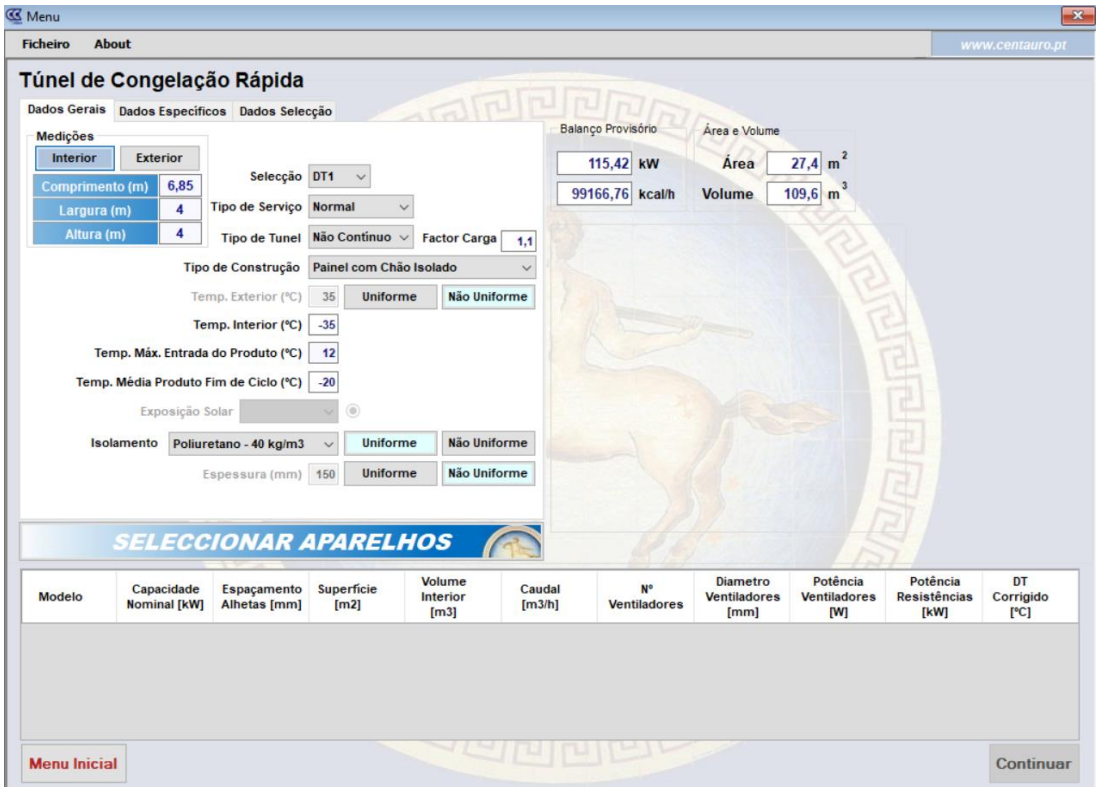
Câmara de Congelados - *"Picking"*



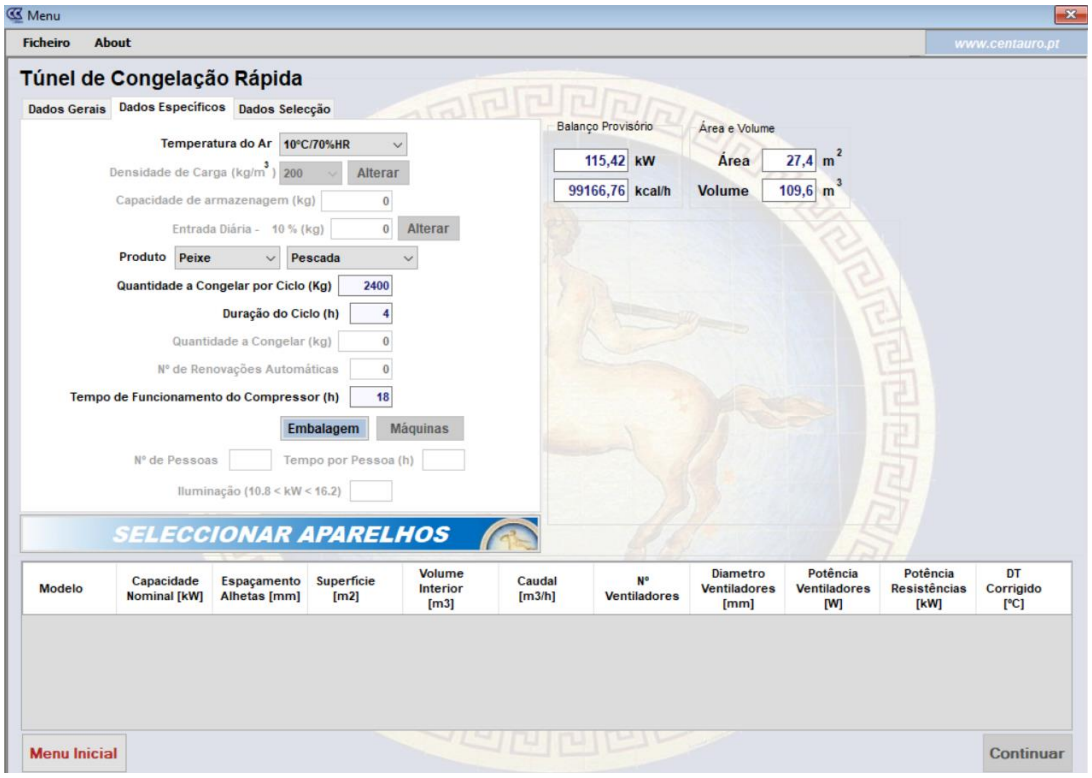
Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para "Picking" (parte 1 de 2)

Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para "Picking" (parte 2 de 2)

Túnel de Ultracongelação - T5

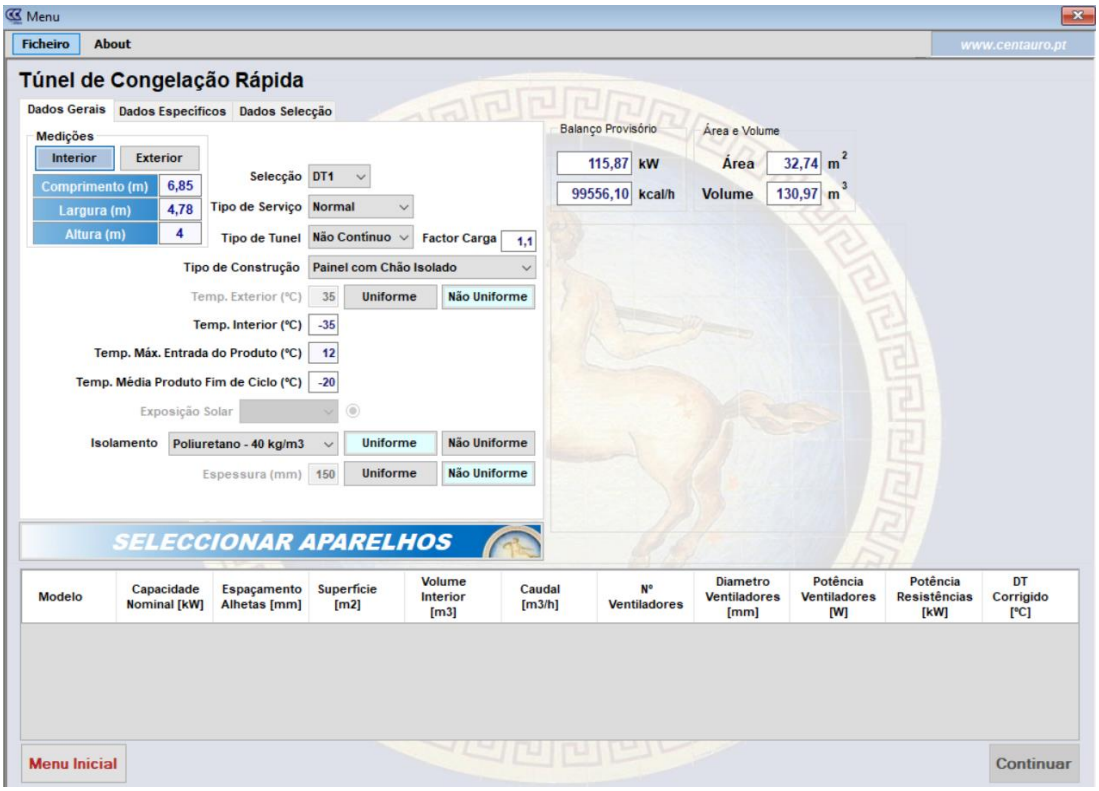


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Túnel T5 (parte 1 de 2)

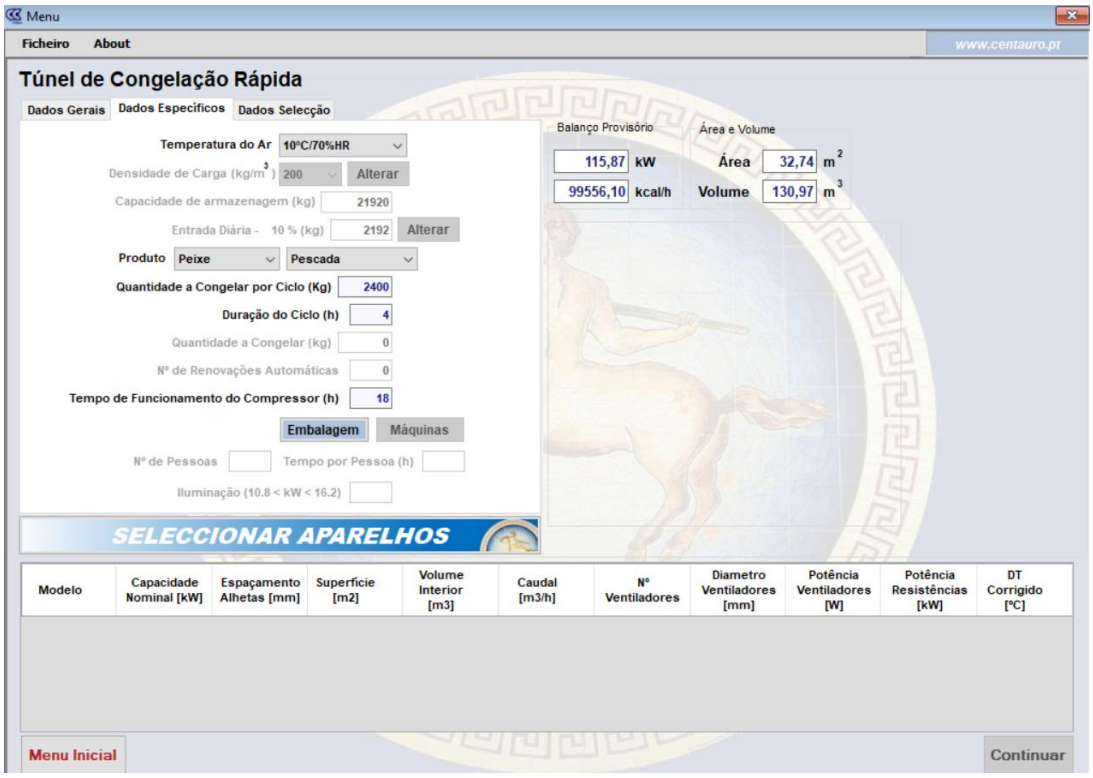


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Túnel T5 (parte 2 de 2)

Túnel de Ultracongelação - T6

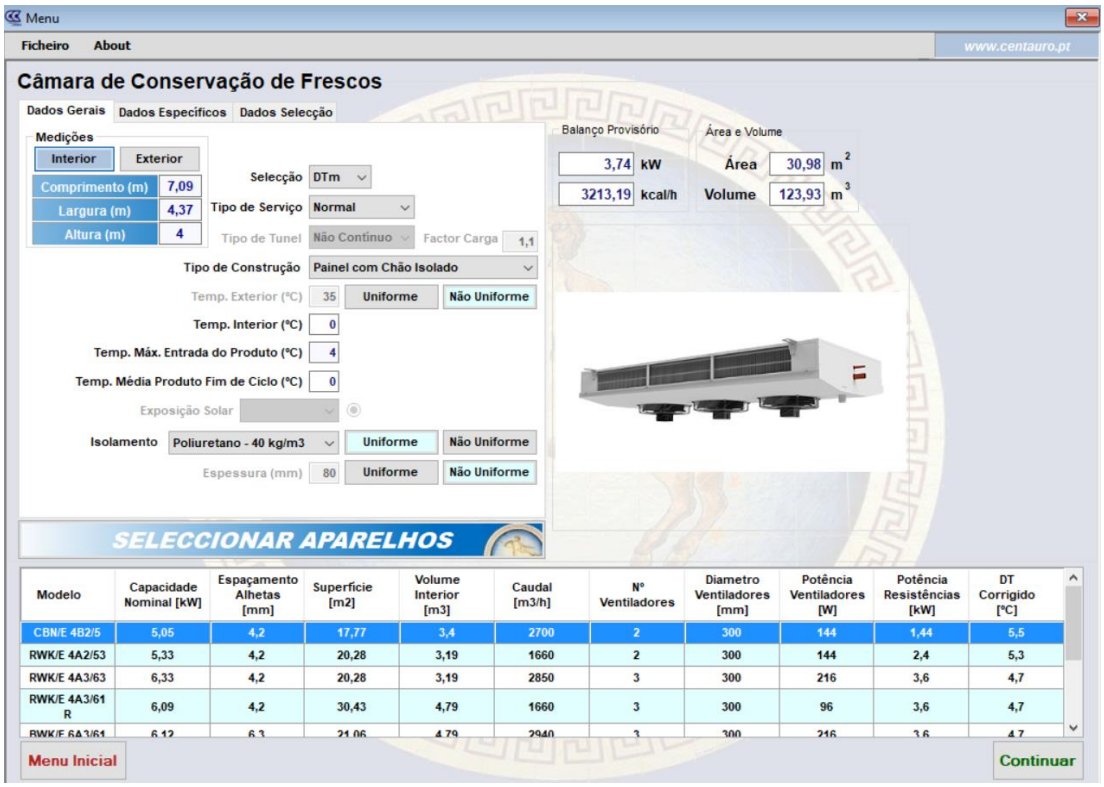


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Túnel T6 (parte 1 de 2)

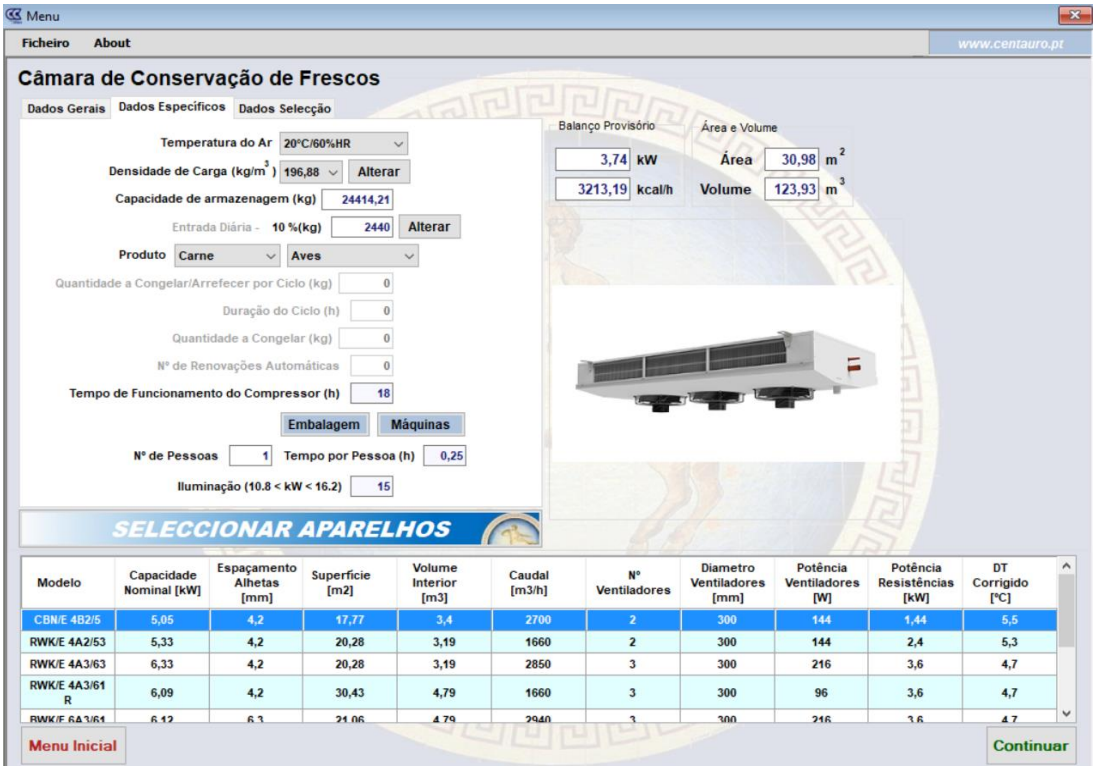


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Túnel T6 (parte 2 de 2)

Câmara de Refrigerados - CR16

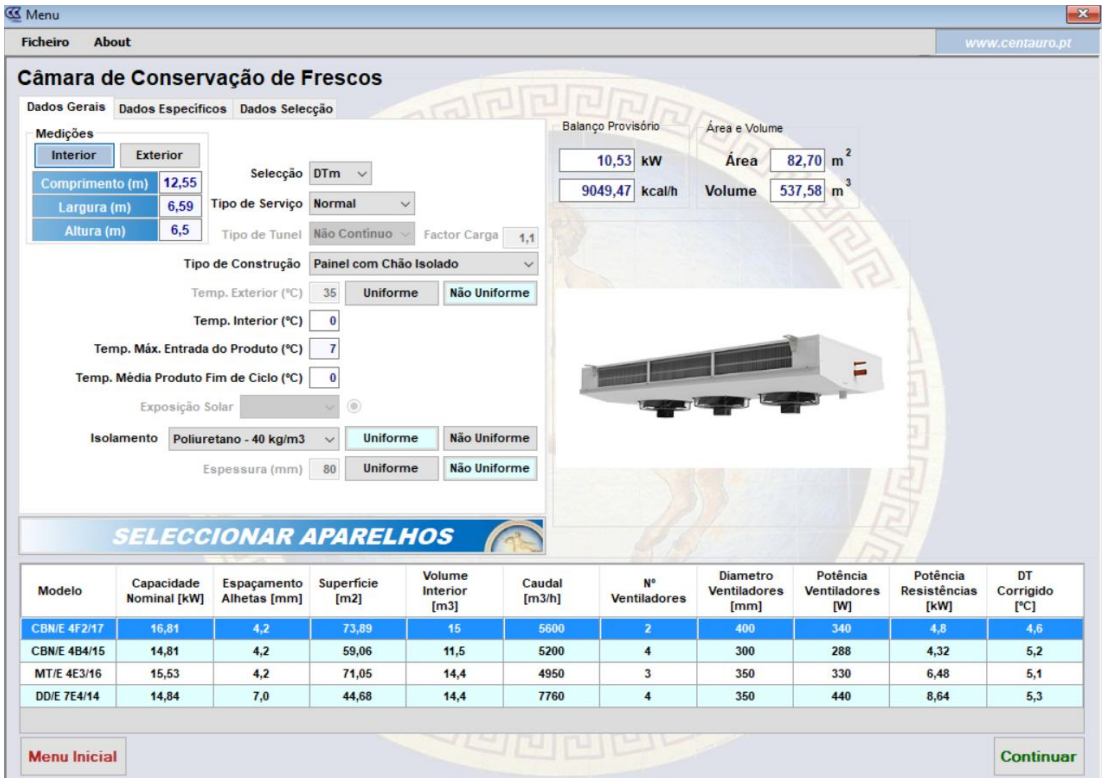


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Câmara CR16 (parte 1 de 2)

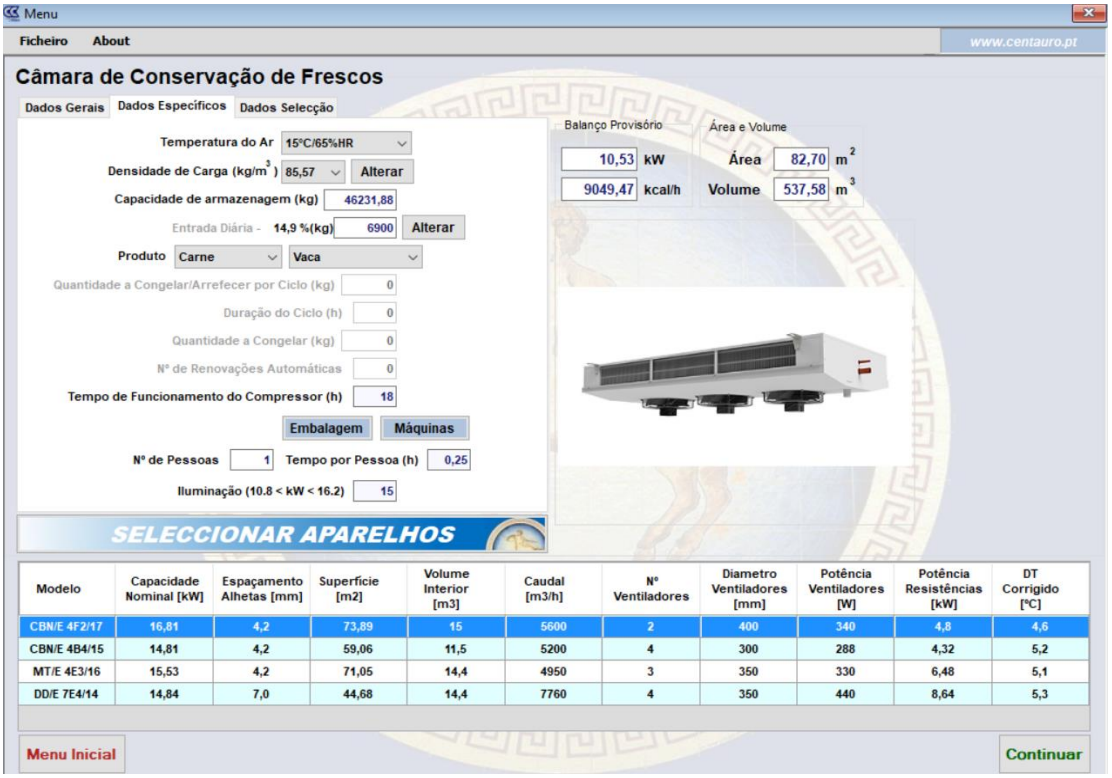


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Câmara CR16 (parte 2 de 2)

Câmara de Refrigerados - CR14

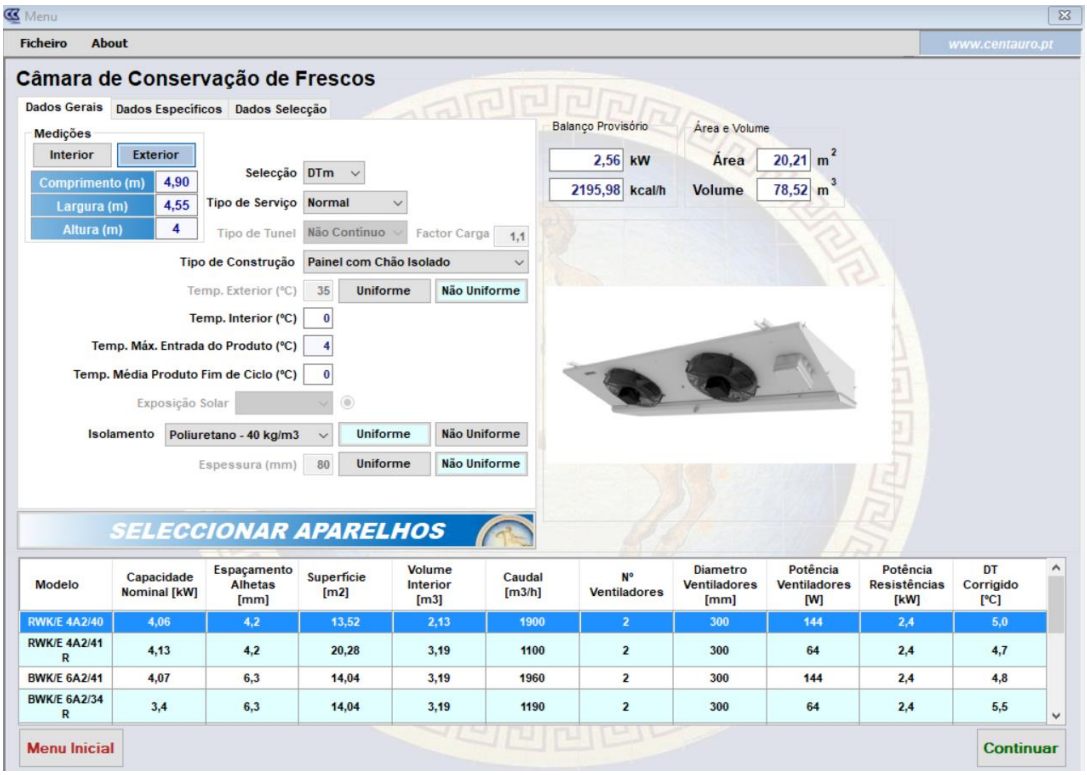


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Câmara CR14 (parte 1 de 2)

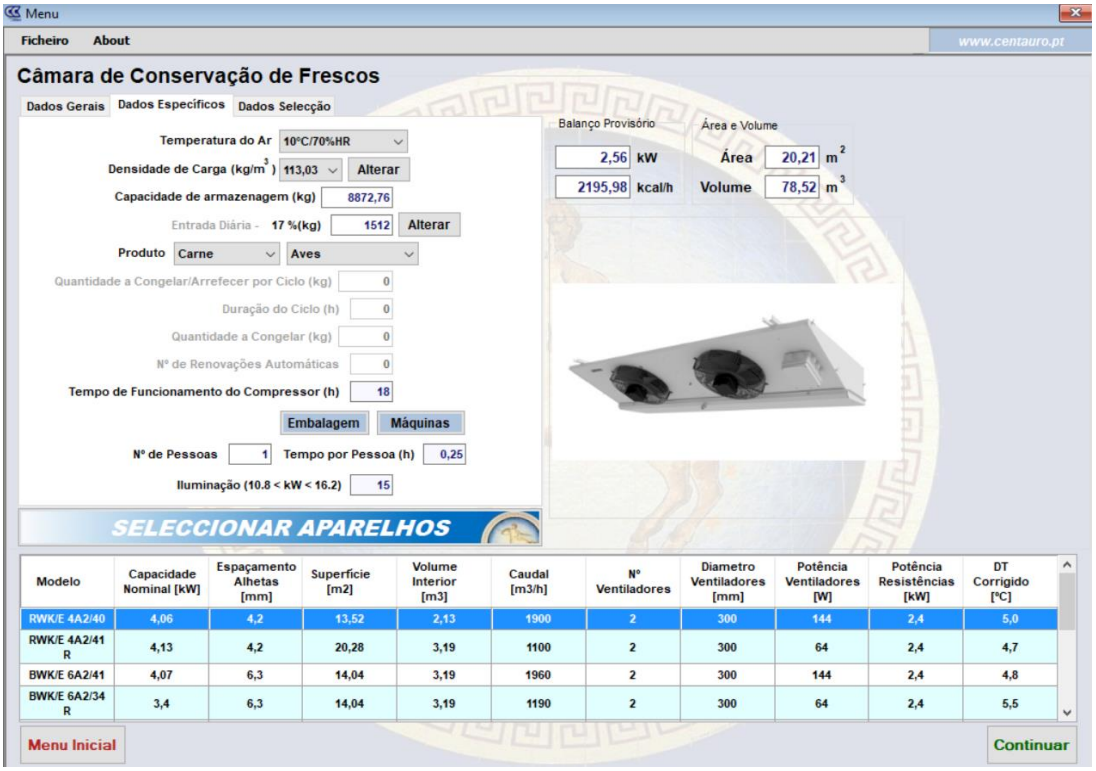


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Câmara CR14 (parte 2 de 2)

Câmara de Refrigerados - CR13

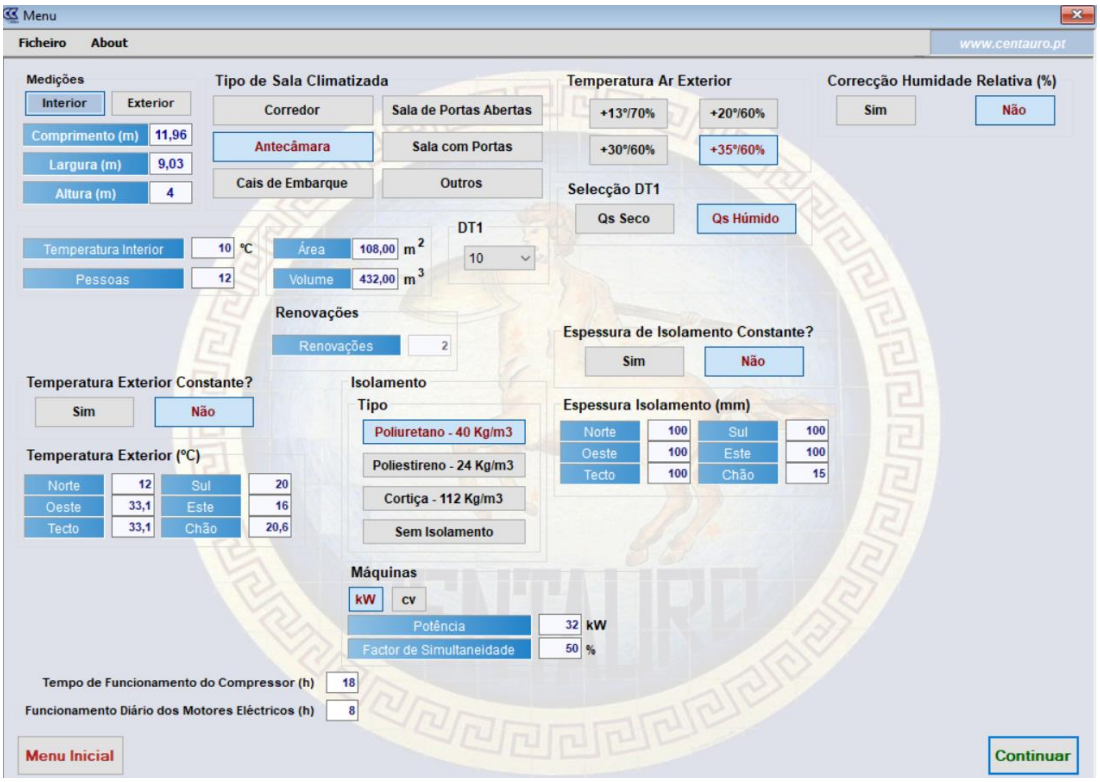


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Câmara CR13 (parte 1 de 2)

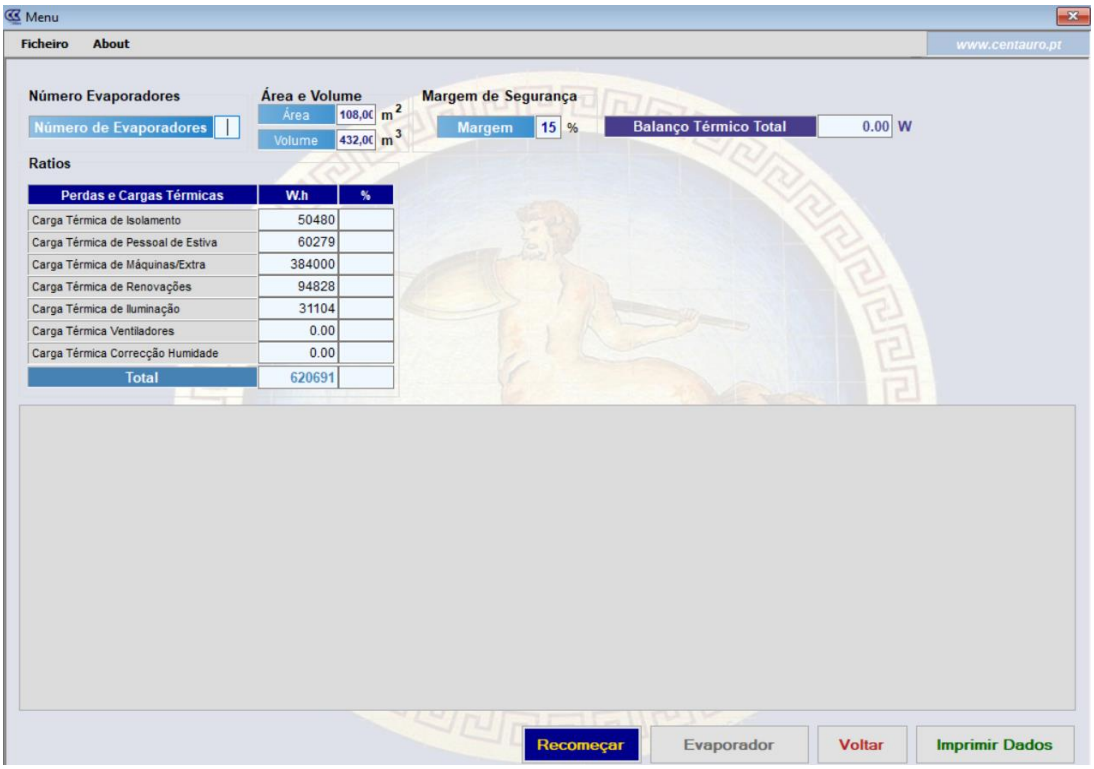


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Câmara CR13 (parte 2 de 2)

Climatizados – Sala de Moldagem/Enchimento

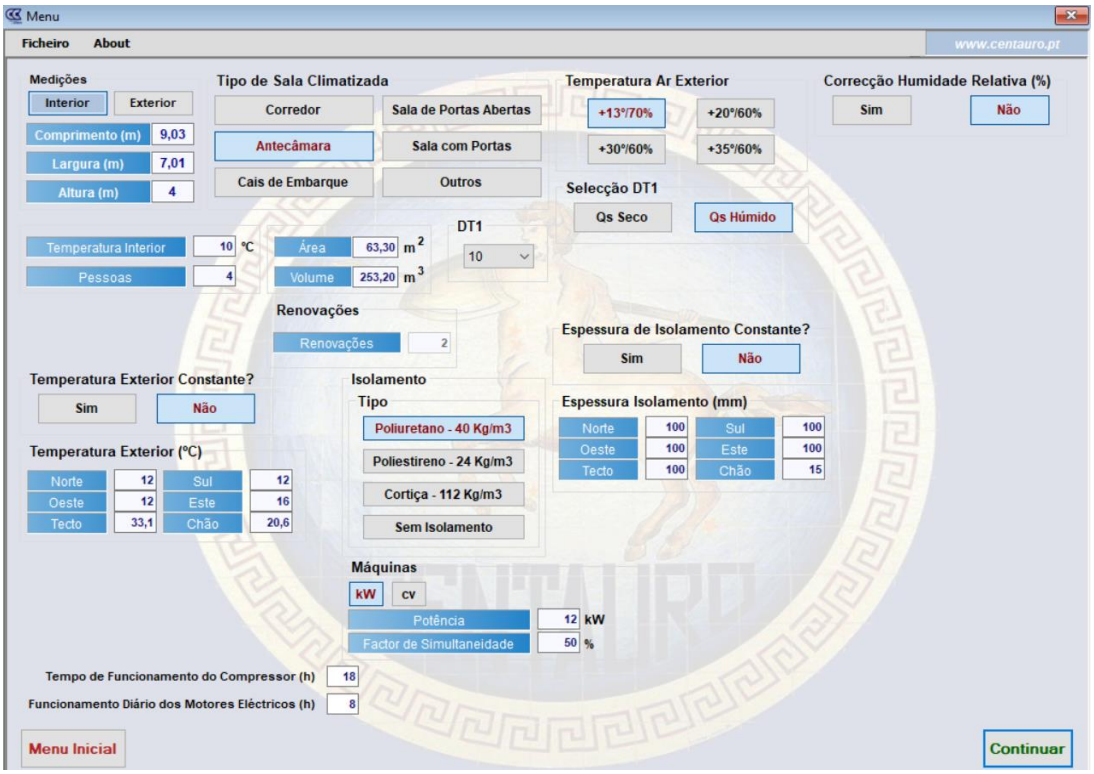


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Sala de Moldagem (parte 1 de 2)

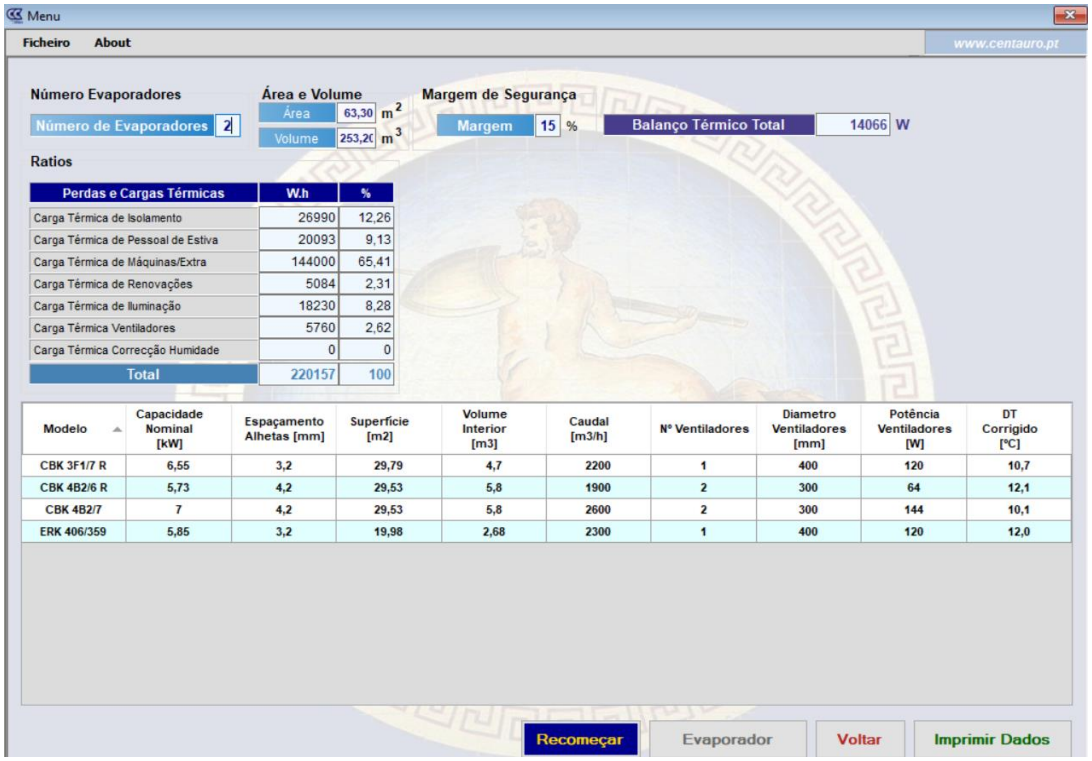


Resultados obtidos no software CalCam da Centauro para Sala de Moldagem (parte 2 de 2)

Climatizados – Sala de Acondicionamento

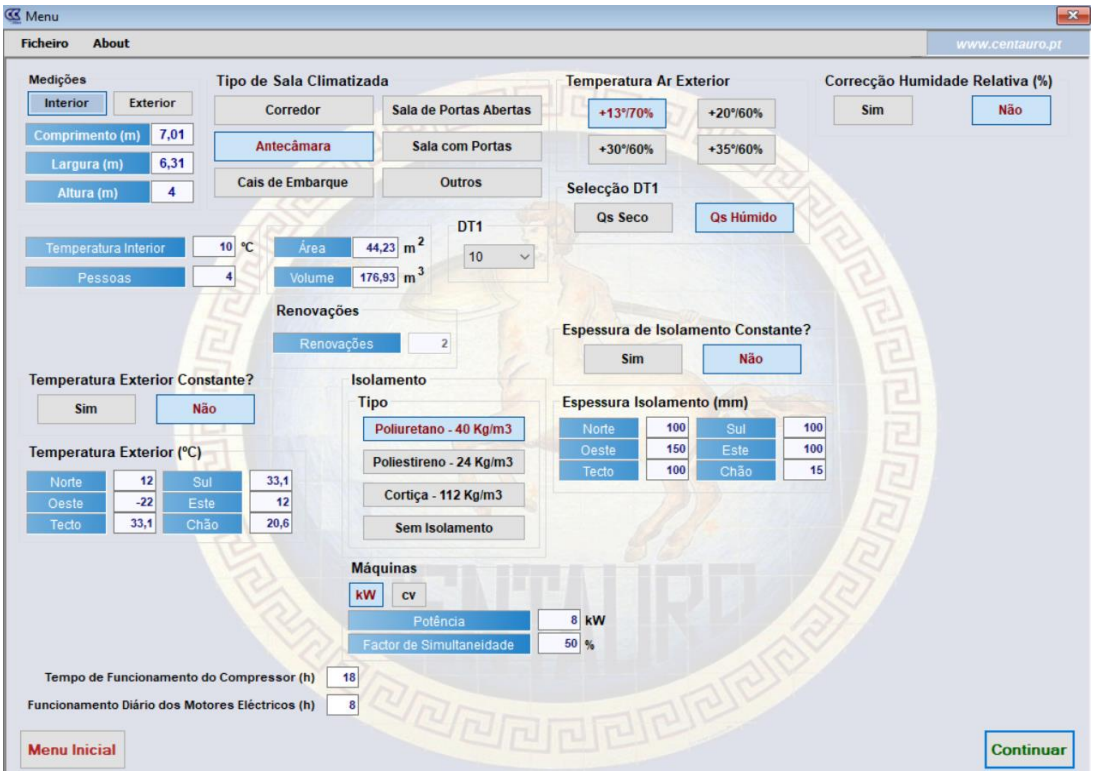


Resultados do software CalCam da Centauro para Sala de Acondicionamento (parte 1 de 2)

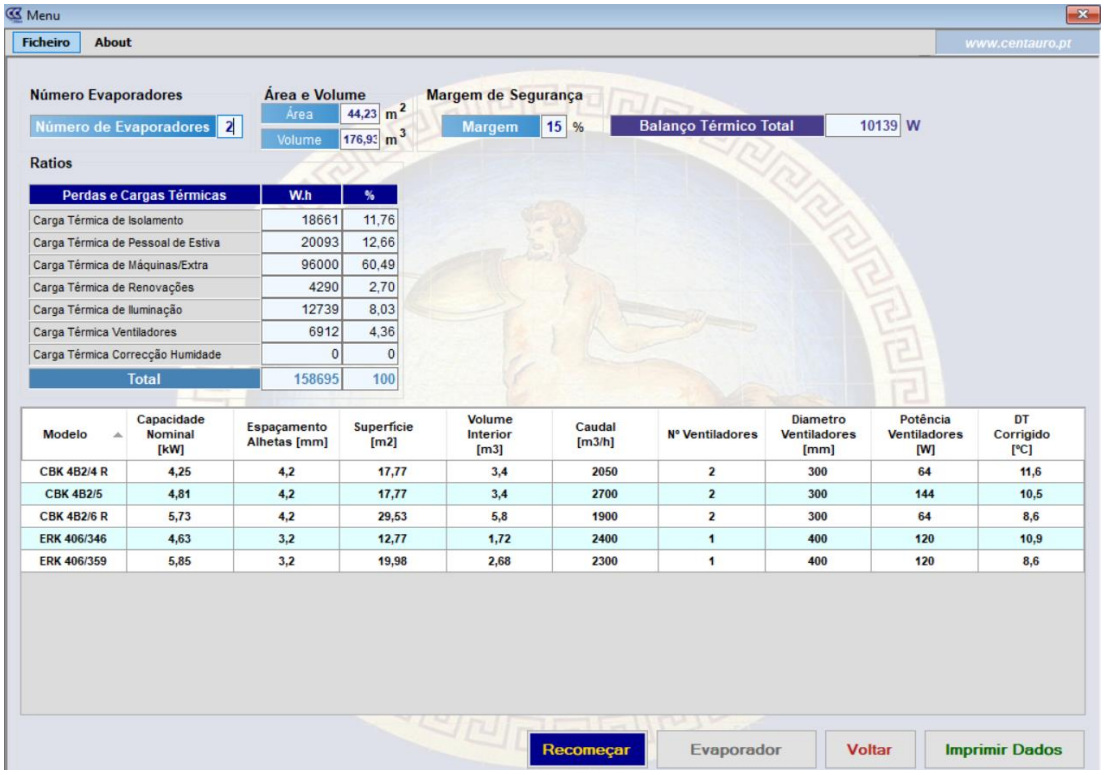


Resultados do software CalCam da Centauro para Sala de Acondicionamento (parte 2 de 2)

Climatizados – Sala de Encartonamento

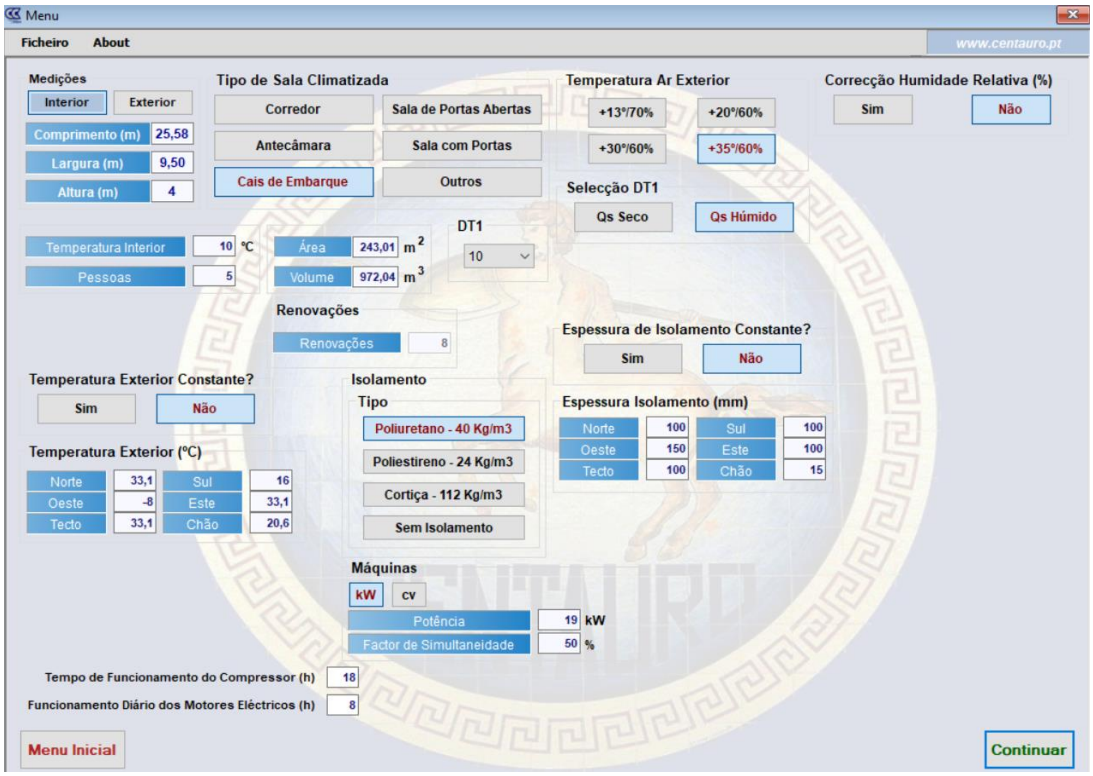


Resultados do software CalCam da Centauro para Sala de Encartonamento (parte 1 de 2)

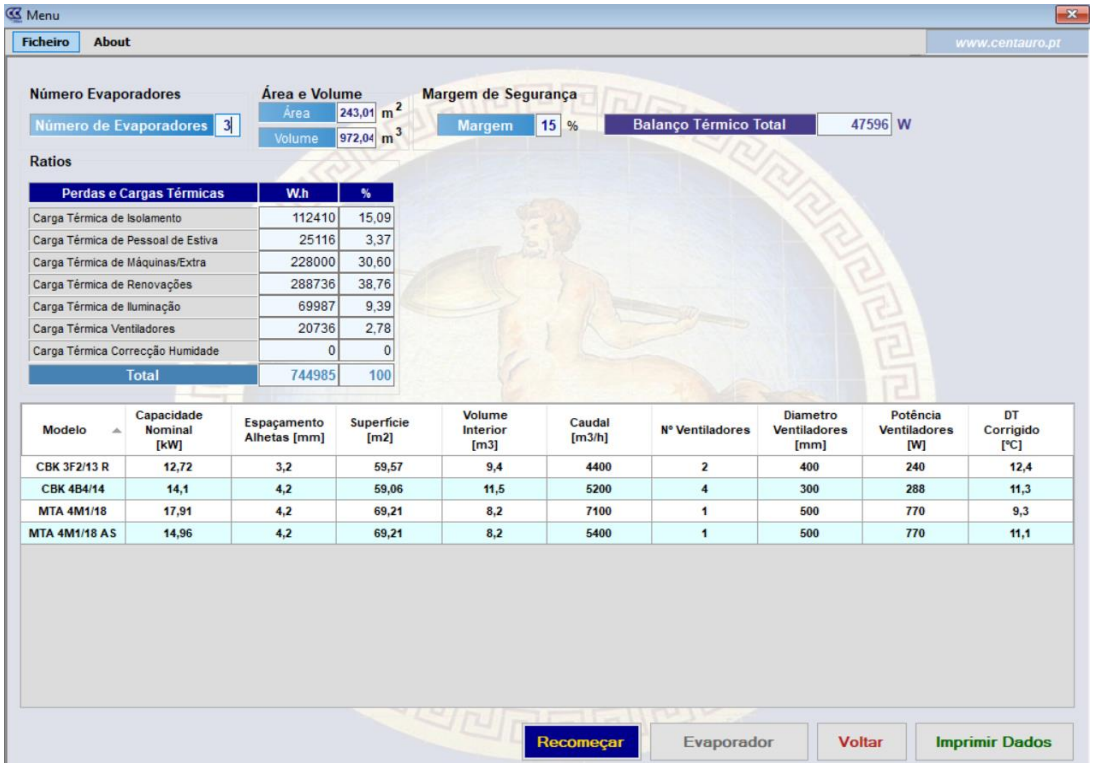


Resultados do software CalCam da Centauro para Sala de Encartonamento (parte 2 de 2)

Climatizados – Cais de Expedição

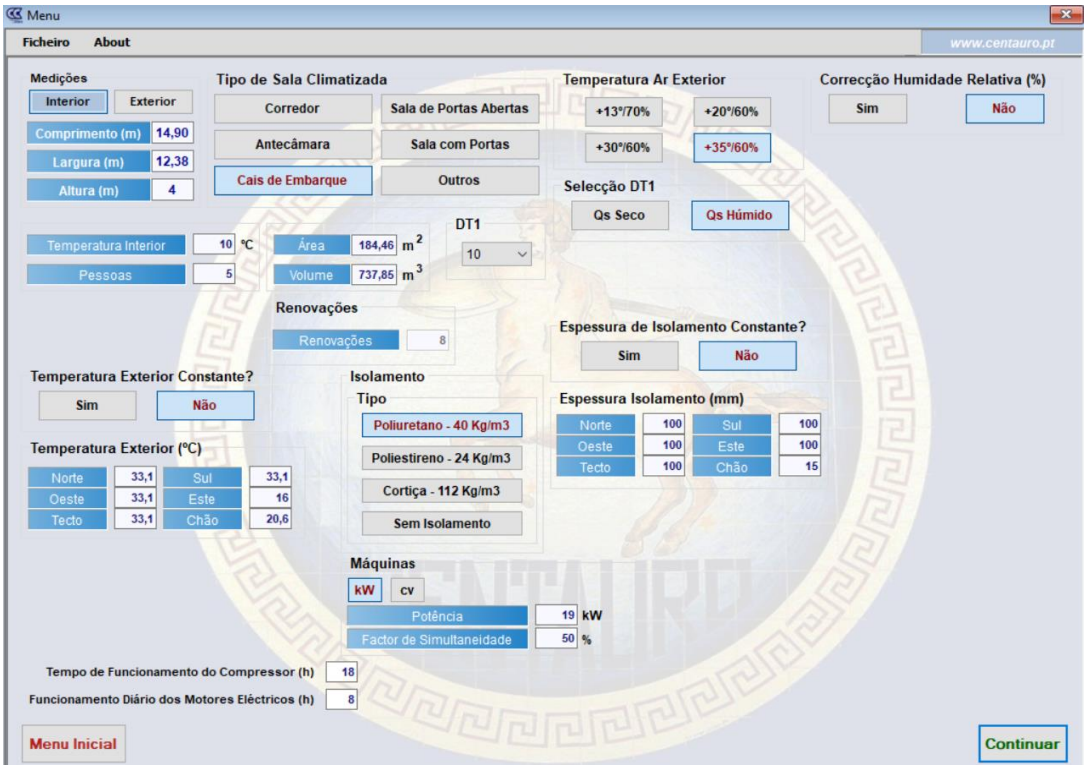


Resultados do software CalCam da Centauro para Cais de Expedição (parte 1 de 2)

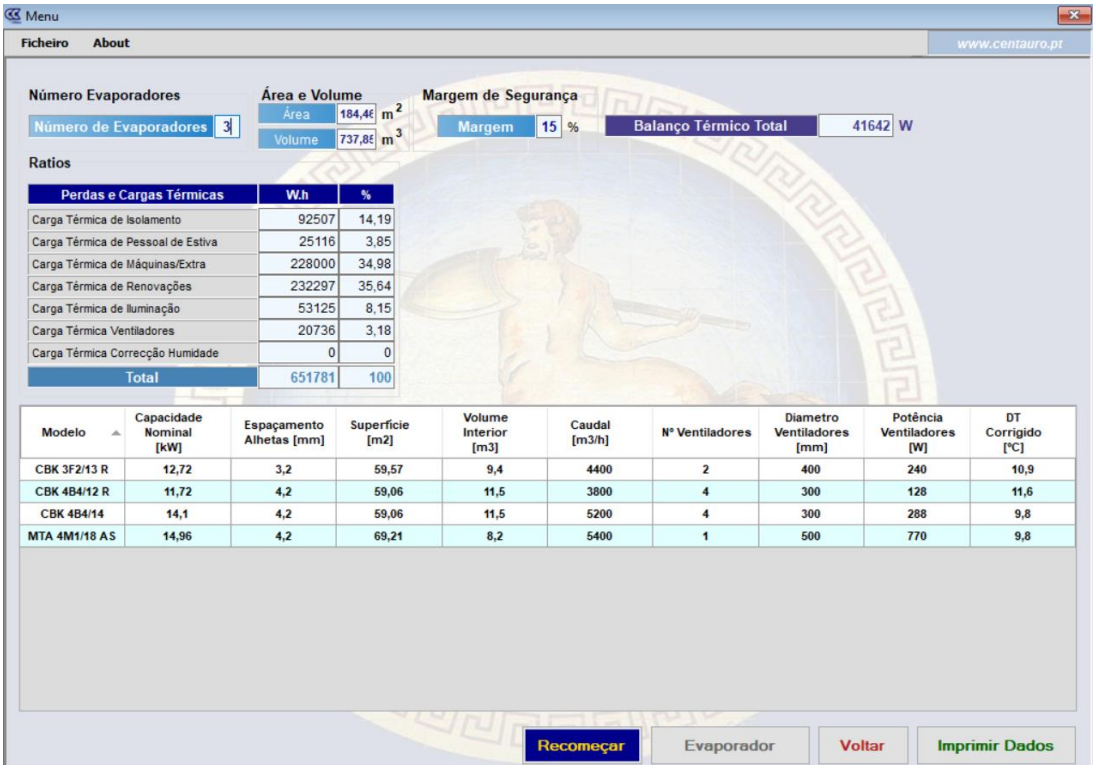


Resultados do software CalCam da Centauro para Cais de Expedição (parte 2 de 2)

Climatizados – Cais de Receção

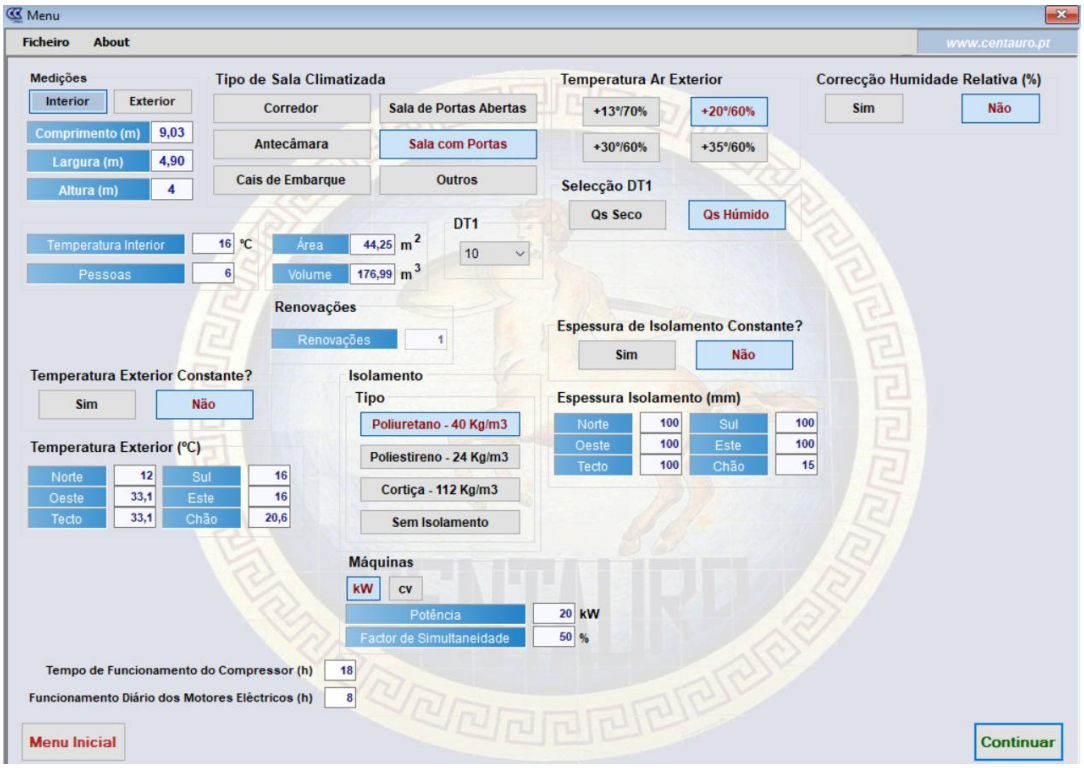


Resultados do software CalCam da Centauro para Cais de Receção (parte 1 de 2)

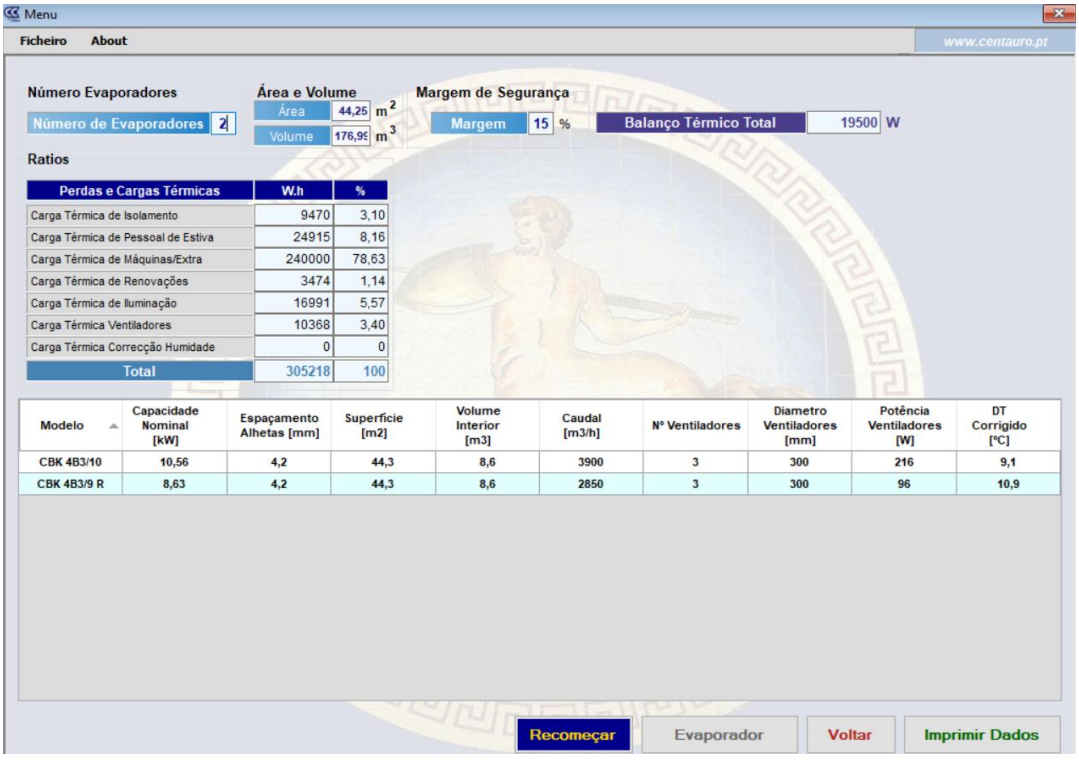


Resultados do software CalCam da Centauro para Cais de Receção (parte 2 de 2)

Climatizados – Cozinha

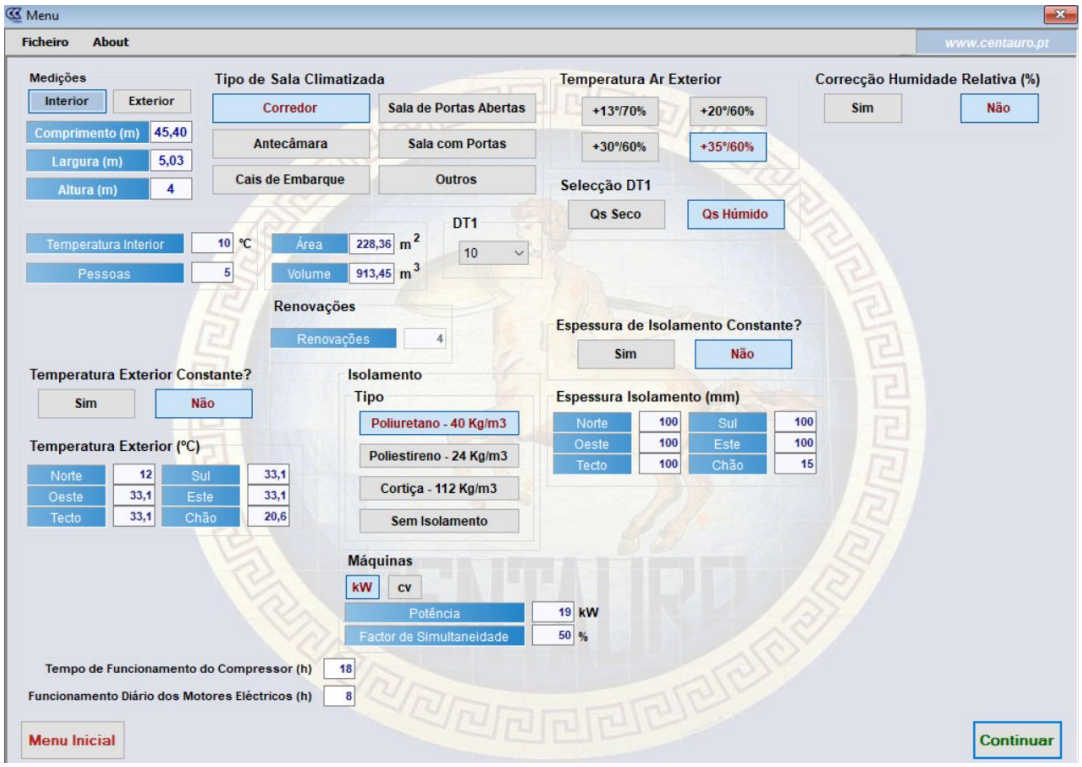


Resultados do software CalCam da Centauro para Cozinha (parte 1 de 2)

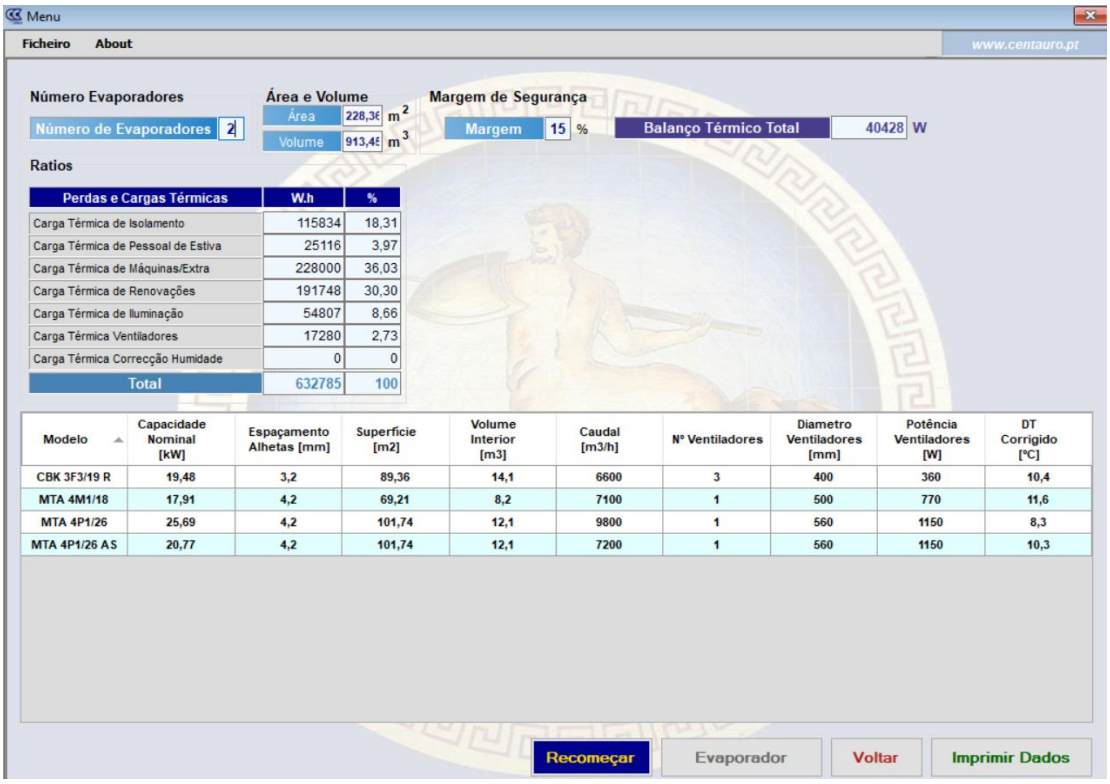


Resultados do software CalCam da Centauro para Cozinha (parte 2 de 2)

Climatizados – Corredor Este

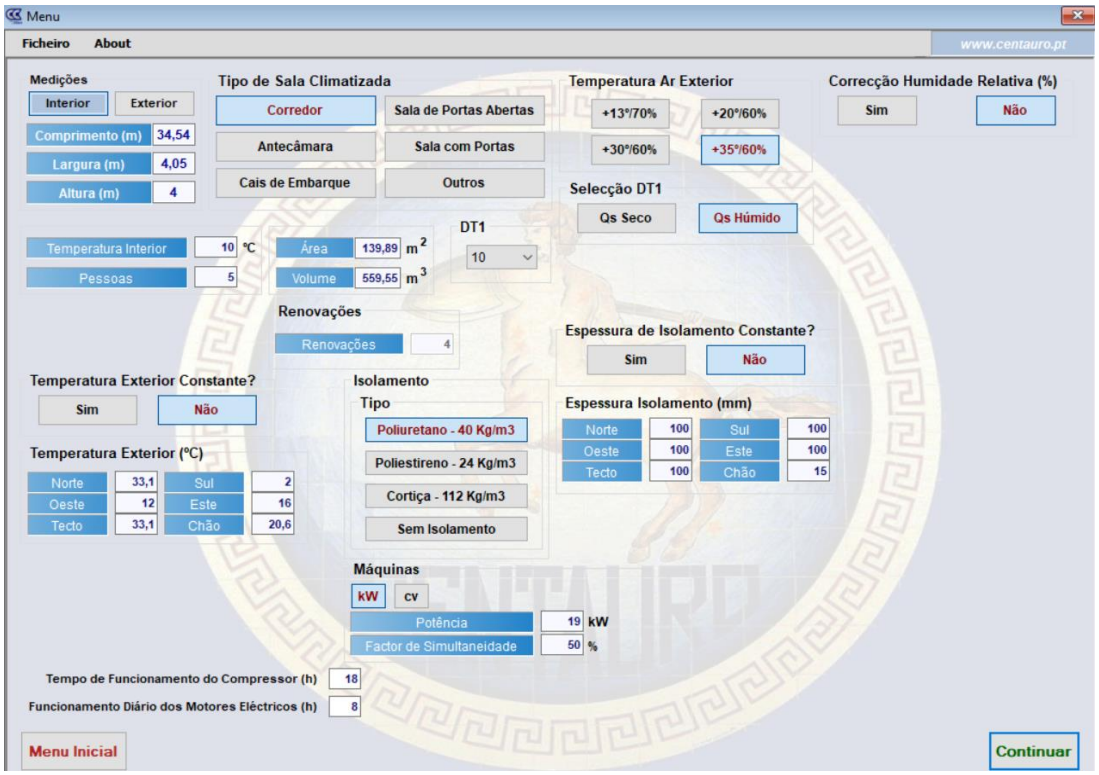


Resultados do software CalCam da Centauro para Corredor Este (parte 1 de 2)

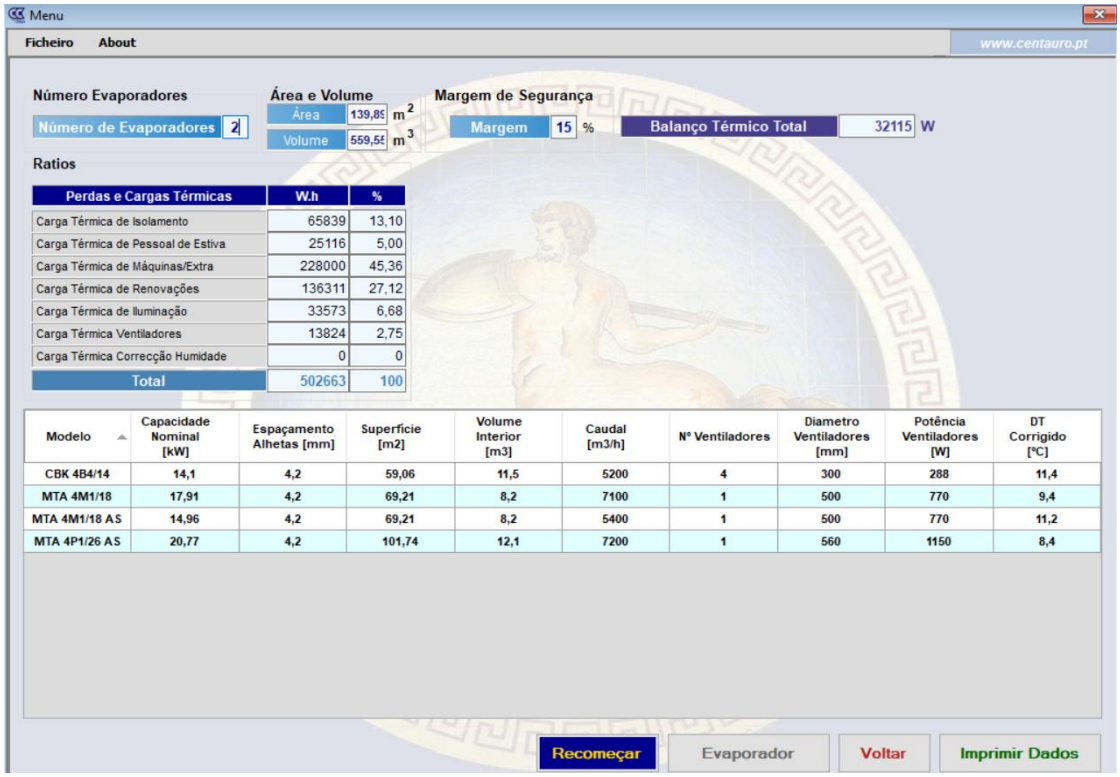


Resultados do software CalCam da Centauro para Corredor Este (parte 2 de 2)

Climatizados – Corredor Norte



Resultados do software CalCam da Centauro para Corredor Norte (parte 1 de 2)



Resultados do software CalCam da Centauro para Corredor Norte (parte 2 de 2)

Anexo F – Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada

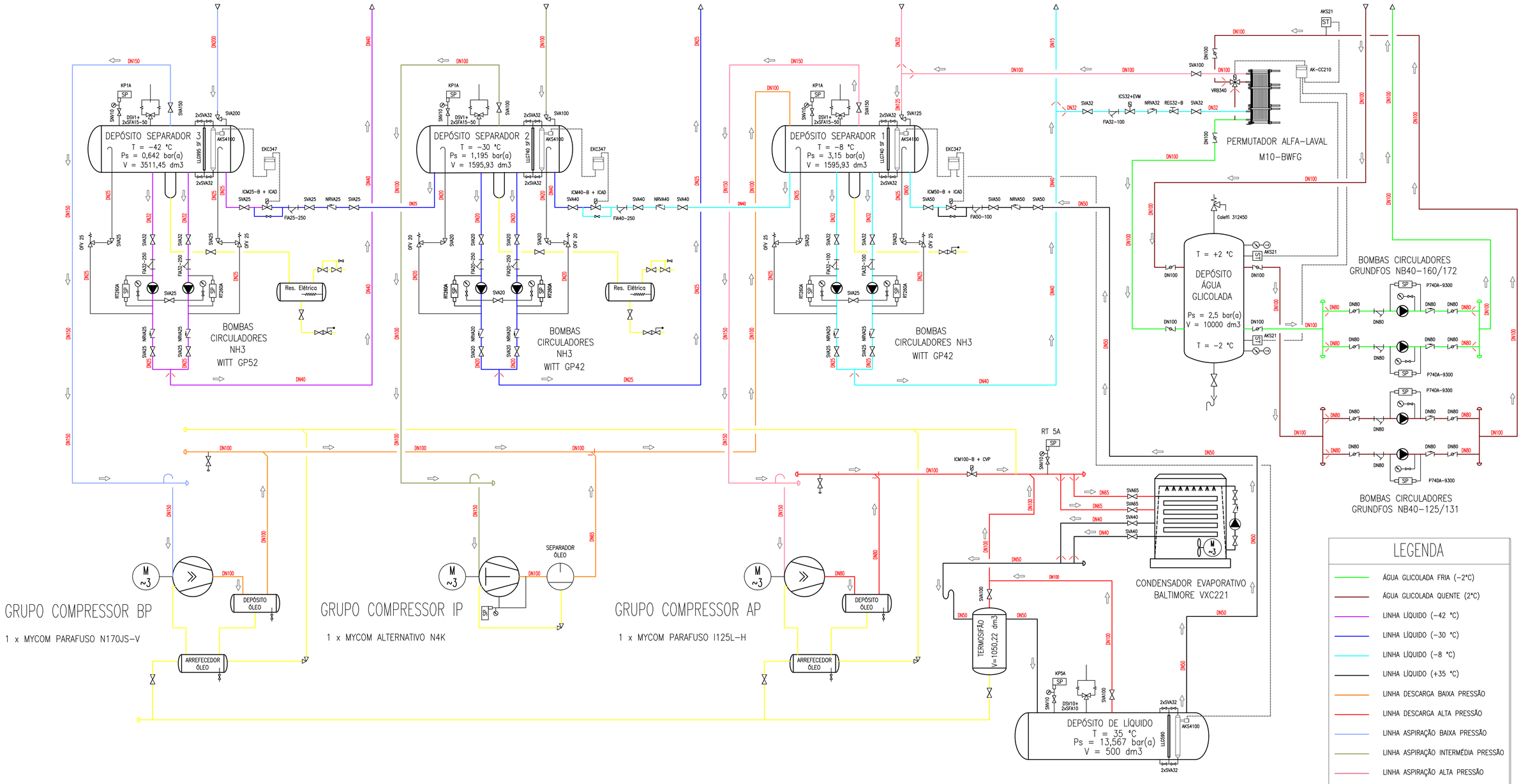
Anexo F.1 – Esquema de Princípio da Sala de Máquinas

DESENHO F03
Diagrama Princípio – Evaporadores NH3

DESENHO F03
Diagrama Princípio – Evaporadores NH3

DESENHO F03
Diagrama Princípio – Evaporadores NH3

DESENHO F04
Diagrama Princípio – Evaporadores MEG



LEGENDA

- ÁGUA GLICOLADA FRIA (−2°C)
- ÁGUA GLICOLADA QUENTE (2°C)
- LINHA LÍQUIDO (−42 °C)
- LINHA LÍQUIDO (−30 °C)
- LINHA LÍQUIDO (−8 °C)
- LINHA LÍQUIDO (+35 °C)
- LINHA DESCARGA BAIXA PRESSÃO
- LINHA DESCARGA ALTA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO BAIXA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO INTERMÉDIA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO ALTA PRESSÃO
- LINHA DE ÓLEO

instituto superior de engenharia de lisboa

Cliente: Frigosto
Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda

Local: Caldas da Rainha

Projecto Nº: Projeto 1

Desenho Nº: F02

Designação:
DIAGRAMA DE PRINCÍPIO
SALA DE MÁQUINAS - SISTEMA INUNDADO BOMBEADO
NH3 E ÁGUA GLICOLADA

Data: 08 Abril 2025

Escala: S/E

Projectou: Diogo Duarte

Desenhou: Diogo Duarte

Verificou:

Anexo F.2 – Esquema de Princípio dos Evaporadores e Frigodifusores

DESENHO F02
Diagrama Princípio
Sala de Máquinas

CÂMARA REFRIGERADOS C13
CENTAURO DDI 8E2/8

CÂMARA REFRIGERADOS C14
CENTAURO DDI 8E3/17

CÂMARA CONGELADOS C12
CENTAURO DLI 10J3/21
CENTAURO DLI 10J3/21

PICKING CONGELADOS
CENTAURO DLI 10G2/8
CENTAURO DLI 10G2/8

CÂMARA CONGELADOS C11
CENTAURO DLI 10J4/46
CENTAURO DLI 10J4/46

CÂMARA CONGELADOS C15
CENTAURO DLI 10J4/37
CENTAURO DLI 10J4/37

CÂMARA REFRIGERADOS C16
CENTAURO DDI 8E2/8

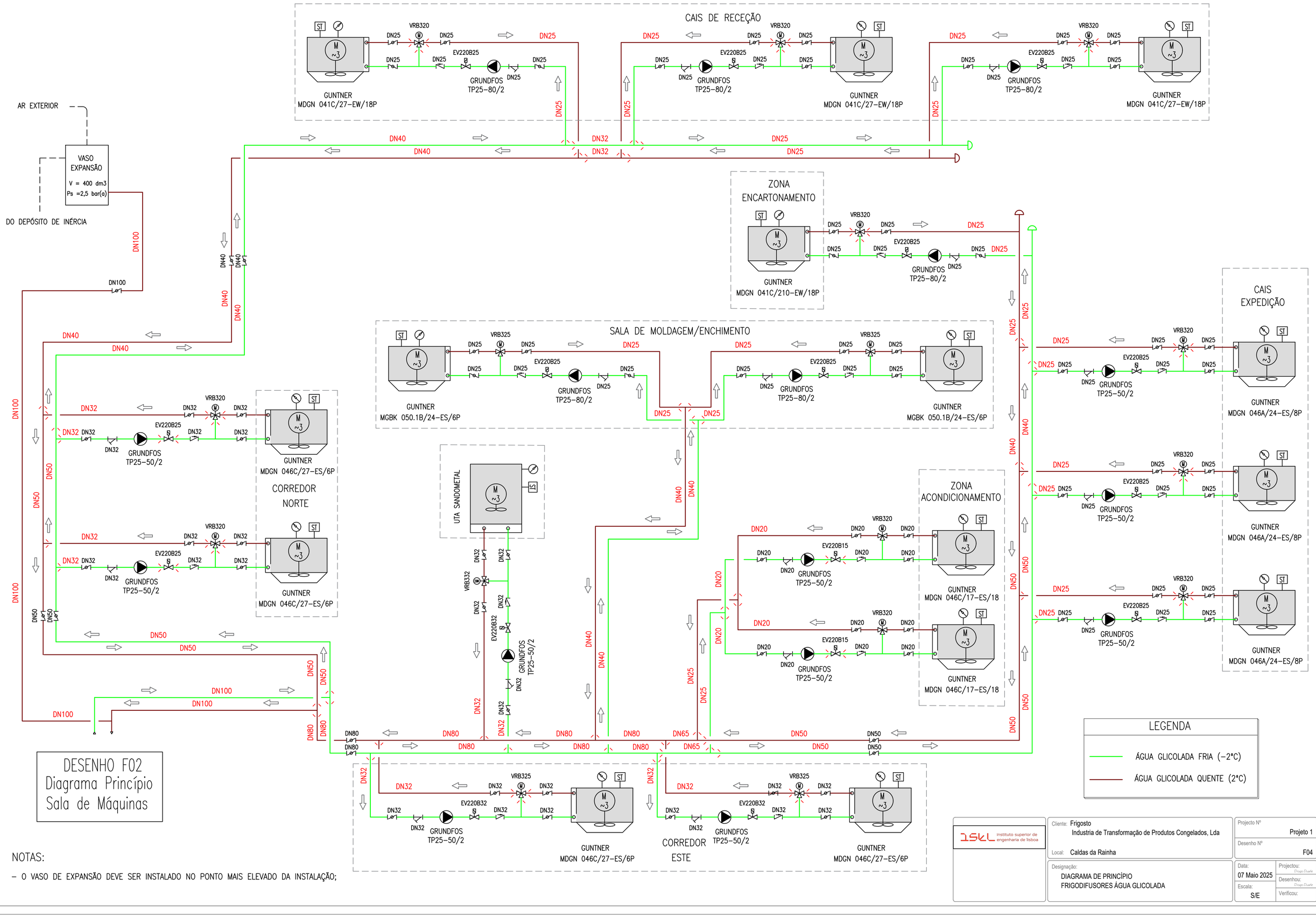
TÚNEIS CONGELAÇÃO
CENTAURO BSUTI 12.704 XL
CENTAURO BSUTI 12.704 XL

LEGENDA

- LINHA LÍQUIDO (−42 °C)
- LINHA LÍQUIDO (−30 °C)
- LINHA LÍQUIDO (−8 °C)
- LINHA ASPIRAÇÃO BAIXA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO INTERMÉDIA PRESSÃO
- LINHA DESCARGA ALTA PRESSÃO (DESCONGELAÇÃO)

Cliente: Frigosto Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda Local: Caldas da Rainha	Projecto Nº: Projeto 1 Desenho Nº: F03	
Designação: DIAGRAMA DE PRINCÍPIO EVAPORADORES NH3	Data: 28 Abril 2025 Escala: S/E	Projectou: Diogo Duarte Desenhou: Diogo Duarte Verificou:

Instituto superior de engenharia de lisboa



DESENHO F02
Diagrama Princípio
Sala de Máquinas

LEGENDA

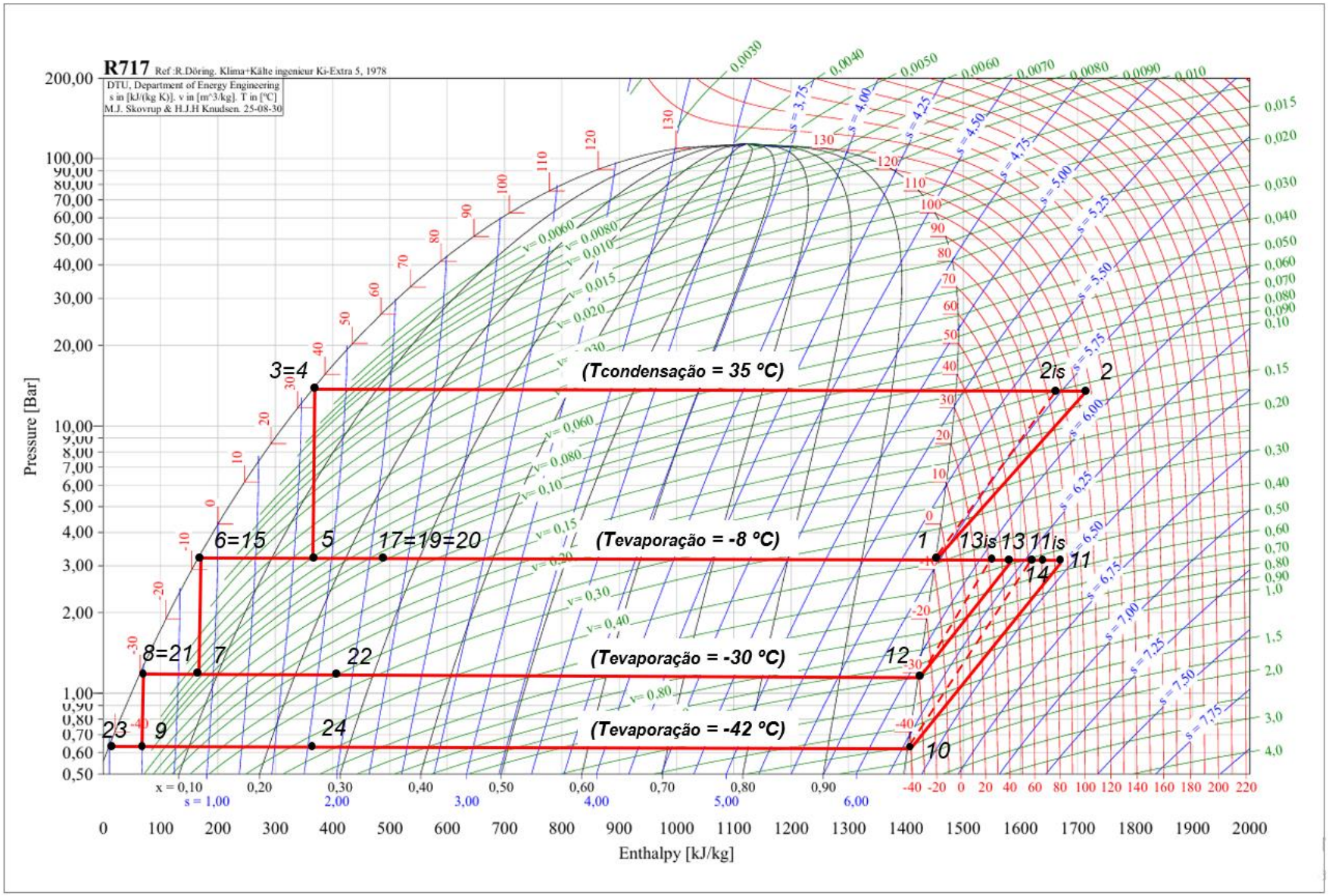
- ÁGUA GLICOLADA FRIA (−2°C)
- ÁGUA GLICOLADA QUENTE (2°C)

NOTAS:

– O VASO DE EXPANSÃO DEVE SER INSTALADO NO PONTO MAIS ELEVADO DA INSTALAÇÃO;

instituto superior de engenharia de lisboa	Cliente: Frigosto Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda Local: Caldas da Rainha	Projecto Nº: Projeto 1 Desenho Nº: F04
	Designação: DIAGRAMA DE PRINCÍPIO FRIGODIFUSORES ÁGUA GLICOLADA	Data: 07 Maio 2025 Escala: S/E Projectou: Diogo Duarte Desenhou: Diogo Duarte Verificou:

Anexo F.3 – Diagrama de *Mollier*


R717 Ref :R.Döring. Klima+Kälte ingenieur Ki-Extra 5, 1978
DTU, Department of Energy Engineering
s in [kJ/(kg K)]. v in [m^3/kg]. T in [°C]
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen. 25-08-30
Pressure [Bar]
Enthalpy [kJ/kg]
(Tcondensação = 35 °C)
(Tevaporação = -8 °C)
(Tevaporação = -30 °C)
(Tevaporação = -42 °C)
3=4
2is
2
6=15
5
17=19=20
1
13is
13
11is
11
14
8=21
7
22
12
23
9
24
10

Anexo F.4 – Características dos Evaporadores

Câmaras de Refrigerados

DADOS TÉCNICOS TECHNICAL DATA DATOS TÉCNICOS

Modelo / Type / Modelo	Altura do evaporador / Evaporator's height / Altura del evaporador	Ventiladores / Fans / Ventiladores			Superfície / Surface / Superficie	Volume interno / Internal Volume / Volumen interno	Espaçamento de alhetas / Fin spacing / Separación de aletas	Capacidade SC2 / Capacity SC2 / Capacidad SC2 (Tse=0°C / DT1=8K)	Capacidade SC3 / Capacity SC3 / Capacidad SC3 (Tse=-18°C / DT1=7K)	Capacidade SC3 / Capacity SC3 / Capacidad SC3 (Tse=-25°C / DT16K)	
		Nº. Nr. Nº	Diâmetro / Diameter / Diámetro	Caudal de ar / Air flow / Caudal de aire							
	mm		mm	m^3/h	m^2	dm^3	mm	kW	kW	kW	
DDI 8E1/4	590	1	350	2950	15,73	3,30	8,0	3,02	2,30		
DDI 8E1/5	590	1	350	2800	23,60	5,00	8,0	3,95	3,00		
DDI 8E2/8	590	2	350	5900	31,47	6,60	8,0	6,01	4,57		
DDI 8G2/10	590	2	400	6700	39,96	8,40	8,0	7,28	5,54		
DDI 8E2/11	590	2	350	5600	47,20	9,90	8,0	7,98	6,07		
DDI 8E3/12	590	3	350	8850	47,20	9,90	8,0	8,95	6,81		
DDI 8G2/13	590	2	400	6400	59,94	12,60	8,0	9,28	7,07		
DDI 8G3/15	590	3	400	10050	59,94	12,60	8,0	10,76	8,19		
DDI 8J2/17	830	2	450	12400	59,94	12,60	8,0	12,00	9,13		
DDI 8E3/17	590	3	350	8400	70,80	14,90	8,0	12,02	9,14		
DDI 8G3/20	590	3	400	9600	89,90	18,90	8,0	14,00	10,66		
DDI 8G4/20	590	4	400	13400	79,91	16,80	8,0	14,60	11,11		

DADOS DIMENSIONAIS DIMENSIONAL DATA DATOS DIMENSIONALES

	Dimensões / Dimensions / Dimensiones									
	A	C	C1	C2	D	E	F	G	L	Modelo / Type / Modelo
	mm									
	590	660			720	658	590	850	1130	DDI 8E1/4
	590	660			720	658	590	850	1130	DDI 8E1/5
	590	1290			720	658	590	850	1760	DDI 8E2/8
	590	1630			746	690	590	850	2100	DDI 8G2/10
	590	1290			720	658	590	850	1760	DDI 8E2/11
	590	1920			720	658	590	850	2390	DDI 8E3/12
	590	1630			746	690	590	850	2100	DDI 8G2/13
	590	2430			746	690	590	850	2900	DDI 8G3/15
	830	1650			671	615	515	800	2200	DDI 8J2/17
	590	1920			720	658	590	850	2390	DDI 8E3/17
	590	2430			746	690	590	850	2900	DDI 8G3/20
	590	3230	1615		746	690	590	850	3700	DDI 8G4/20

DADOS TÉCNICOS TECHNICAL DATA DATOS TÉCNICOS

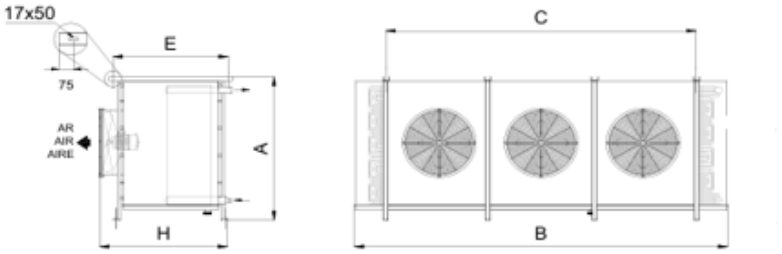
Modelo / Type / Modelo	Altura do evaporador / Evaporator's height / Altura del evaporador	Ventiladores / Fans / Ventiladores			Superfície / Surface / Superficie	Volume interno / Internal Volume / Volumen interno	Espaçamento de alhetas / Fin spacing / Separación de aletas	Capacidade SC2 / Capacity SC2 / Capacidad SC2 (Tse=0ºC / DT1=8K)	Capacidade SC3 / Capacity SC3 / Capacidad SC3 (Tse=-18ºC / DT1=7K)	Capacidade SC3 / Capacity SC3 / Capacidad SC3 (Tse=-25ºC / DT16K)	
		Nº. Nr. Nº	Diâmetro / Diameter / Diámetro	Caudal de ar / Air flow / Caudal de aire							
	mm		mm	m^3/h	m^2	dm^3	mm	kW	kW	kW	
DLI 10E1/3	590	1	350	3050	12,79	3,30	10,0	2,53	2,02	1,65	
DLI 10E1/4	590	1	350	2900	19,18	5,00	10,0	3,45	2,76	2,25	
DLI 10E2/7	590	2	350	6100	25,57	6,60	10,0	5,09	4,06	3,32	
DLI 10G2/8	590	2	400	6800	32,47	8,40	10,0	6,13	4,90	4,00	
DLI 10E2/9	590	2	350	5800	38,36	9,90	10,0	6,99	5,58	4,56	
DLI 10E3/10	590	3	350	9150	38,36	9,90	10,0	7,69	6,14	5,02	
DLI 10G2/11	590	2	400	6500	48,70	12,60	10,0	8,14	6,50	5,31	
DLI 10G3/12	590	3	400	10200	48,70	12,60	10,0	9,06	7,24	5,91	
DLI 10J2/13	830	2	450	12500	48,70	12,60	10,0	10,03	8,01	6,54	
DLI 10E3/14	590	3	350	8700	57,53	14,90	10,0	10,51	8,39	6,86	
DLI 10G3/16	590	3	400	9750	73,06	18,90	10,0	12,26	9,79	8,00	
DLI 10G4/16	590	4	400	13600	64,94	2,50	10,0	12,31	9,83	8,03	
DLI 10J2/18	830	2	450	11800	73,06	18,90	10,0	13,40	10,70	8,74	
DLI 10J3/21	830	3	450	18750	73,10	18,90	10,0	15,23	12,16	9,94	
DLI 10G5/21	590	5	400	17000	81,17	21,00	10,0	15,31	12,23	9,99	
DLI 10G4/23	590	4	400	13000	97,41	25,30	10,0	16,73	13,36	10,91	
DLI 10J2/23	830	2	450	11700	97,41	25,30	10,0	16,73	13,36	10,91	
DLI 10J4/27	830	4	450	25000	97,41	25,30	10,0	20,08	16,04	13,10	
DLI 10L3/28	830	3	500	25050	100,45	26,00	10,0	20,48	16,36	13,36	
DLI 10J3/28	830	3	450	17700	109,60	28,40	10,0	20,79	16,60	13,56	
DLI 10G5/28	590	5	400	16250	121,76	31,60	10,0	20,87	16,67	13,62	
DLI 10J3/34	830	3	450	17550	146,11	37,90	10,0	25,20	20,13	16,44	
DLI 10J5/35	830	5	450	31250	121,76	31,60	10,0	25,48	20,35	16,62	
DLI 10P3/17	1080	3	560	30900	133,94	34,70	10,0	26,64	21,28	17,38	
DLI 10J4/37	830	4	450	23600	146,11	37,90	10,0	26,99	21,55	17,61	
DLI 10L3/37	830	3	500	24000	150,70	39,10	10,0	27,51	21,97	17,95	
DLI 10L4/38	830	4	500	33400	133,94	34,70	10,0	27,68	22,11	18,06	
DLI 10J4/46	830	4	450	23400	194,82	50,50	10,0	33,68	26,90	21,97	
DLI 10L/47	830	3	500	23700	200,91	52,10	10,0	34,24	27,34	22,34	

DADOS DIMENSIONAIS DIMENSIONAL DATA DATOS DIMENSIONALES

	Dimensões / Dimensions / Dimensiones									
	A	C	C1	C2	D	E	F	G	L	Modelo / Type / Modelo
	mm									
	590	660			720	658	590	850	1130	DLI 10E1/3
	590	660			720	658	590	850	1130	DLI 10E1/4
	590	1290			720	658	590	850	1760	DLI 10E2/7
	590	1630			746	690	590	850	2100	DLI 10G2/8
	590	1290			720	658	590	850	1760	DLI 10E2/9
	590	1920			720	658	590	850	2390	DLI 10E3/10
	590	1630			746	690	590	850	2100	DLI 10G2/11
	590	2430			746	690	590	850	2900	DLI 10G3/12
	830	1650			671	615	515	800	2200	DLI 10J2/13
	590	1920			720	658	590	850	2390	DLI 10E3/14
	590	2430			746	690	590	850	2900	DLI 10G3/16
	590	3230	1615		746	690	590	850	3700	DLI 10G4/16
	830	1650			881	825	725	1010	2200	DLI 10J2/18
	830	2450			671	615	515	800	3000	DLI 10J3/21
	590	4030	1615	800	746	690	590	850	4500	DLI 10G5/21
	590	3230	1615		746	690	590	850	3700	DLI 10G4/23
	830	1650			881	825	725	1010	2200	DLI 10J2/23
	830	3250	1625		671	615	515	800	3800	DLI 10J4/27
	830	3350	1125	1100	933	850	725	1030	3950	DLI 10L3/28
	830	2450			881	825	725	1010	3000	DLI 10J3/28
	590	4030	1615	800	746	690	590	850	4500	DLI 10G5/28
	830	2450			881	825	725	1010	3000	DLI 10J3/34
	830	4050	1625	800	671	615	515	800	4600	DLI 10J5/35
	1080	3350	1125	1100	750	670	541	850	3950	DLI 10P3/17
	830	3250	1625		881	825	725	1010	3800	DLI 10J4/37
	830	3350	1125	1100	933	850	725	1030	3950	DLI 10L3/37
	830	4450	2225		933	850	725	1030	5050	DLI 10L4/38
	830	3250	1625		881	825	725	1010	3800	DLI 10J4/46
	830	3350	1125	1100	933	850	725	1030	3950	DLI 10L/47

Túneis de Ultracongelação

Modelo Type	Capacidade QS1 Capacity QS1 (Tse=+4ºC / DT1=10K)	Capacidade Capacity (Tse=-18ºC / DT1=7K)	Superfície Surface	Volume interno Internal Volume	Ventiladores Fans								
					Nº. Nr.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Pressão estática Static pressure	Rotação Revolutions	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	
	kW		m^2	dm^3		mm	m^3/h	Pa	rpm	W	A	V / F / Hz	
BSUTI 12.469 M	137,12	76,38	469,50	268,10	4	700	81000	20	1300	11100	20,19	400/3/50	
BSUTI 12.469 L	137,12	76,38	469,50	268,10	4	800	81000	90	1300	19200	38,88	400/3/50	
BSUTI 12.469 XL	137,12	76,38	469,50	268,10	3	800	81000	130	1300	18900	34,50	400/3/50	
BSUTI 12.625 M	168,94	94,10	625,90	357,50	4	700	81000	20	1300	14800	26,92	400/3/50	
BSUTI 12.625 L	168,94	94,10	625,90	357,50	4	800	81000	90	1300	19200	38,88	400/3/50	
BSUTI 12.625 XL	168,94	94,10	625,90	357,50	3	800	81000	130	1300	18900	34,50	400/3/50	
BSUTI 12.704 M	220,60	122,87	704,20	402,20	5	800	108000	56	1300	24000	48,60	400/3/50	
BSUTI 12.704 L	220,60	122,87	704,20	402,20	4	800	108000	126	1300	25200	46,00	400/3/50	
BSUTI 12.704 XL	220,60	122,87	704,20	402,20	5	800	108000	256	1300	31500	57,50	400/3/50	



Resistências da bateria Coil heaters			Ligações Connections			Dimensões Dimensions					Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E	H			
kW	A	V / F	mm		in	mm					kg	m^3	
54,00	3x25,98	400/3	33,7	2x 60,3	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1190	647	1820,0	9,90	BSUTI 12.469 M
54,00	3x25,98	400/3	33,7	2x 60,3	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1190	647	1856,0	9,90	BSUTI 12.469 L
54,00	3x25,98	400/3	33,7	2x 60,3	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1190	647	1848,0	9,90	BSUTI 12.469 XL
63,00	3x25,98+1x12,99	400/3	33,7	2x 76,1	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1190	647	2024,0	9,90	BSUTI 12.625 M
63,00	3x25,98+1x12,99	400/3	33,7	2x 76,1	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1190	647	2060,0	9,90	BSUTI 12.625 L
63,00	3x25,98+1x12,99	400/3	33,7	2x 76,1	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1190	647	2052,0	9,90	BSUTI 12.625 XL
63,00	3x25,98+1x12,99	400/3	42,6	2x 76,1	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1280	647	2229,0	9,90	BSUTI 12.704 M
63,00	3x25,98+1x12,99	400/3	42,6	2x 76,1	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1280	647	2234,0	9,90	BSUTI 12.704 L
63,00	3x25,98+1x12,99	400/3	42,6	2x 76,1	2x 2 1/2	1804	6050	5300	1280	647	2294,0	9,90	BSUTI 12.704 XL

Anexo F.5 – Características dos Equipamentos da Central Frigorífica

Anexo F.5.1 - Compressores

DATE : 04-30-2025

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

Title :	

MODEL : N170JS-V

REFRIGERANT : AMMONIA

RECOMMENDED PORT :		M
COMPRESSION RATIO :	[-]	4,89
CAPACITY :	[kW]	70,1
CAPACITY :	[TR]	19,9
ABSORBED POWER :	[kW]	22,6
DRIVE SHAFT SPEED :	[min-1]	2950
COMPRESSOR SPEED :	[min-1]	2950
INDICATOR POSITION :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	-8,00
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-42,0
SUCTION SUPERHEAT :	[K]	0,00
LIQUID SUBCOOLING :	[K]	5,00
SUCTION TEMP. :	[degC]	-42,0
OIL SUPPLY TEMP. :	[degC]	50,0
SUCTION PRESS. :	[MPaA]	0,064
DISCHARGE PRESS. :	[MPaA]	0,315
OIL SUPPLY PRESS. :	[MPaA]	0,565
SUCTION PRES. DROP :	[MPa]	0,000
DISCHARGE PRES. DROP :	[MPa]	0,000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	390
LOAD(SUCTION VOL. FLOW RATE) :	[%]	100
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	58,4
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[m3/h]	343
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[m3/h]	101
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[kg/h]	199,7
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[kg/h]	199,7
INJECT. OIL FLOW RATE :	[L/min]	24,3
LUB. OIL FLOW RATE :	[L/min]	23,0
TOTAL OIL FLOW RATE :	[L/min]	47,3
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	11,2

* All data herein is for reference only.
* Content is subject to change without notice.

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

OIL SPEC HT :	[J/kgK]	1930
OIL DENSITY :	[kg/m3]	880
COP :	[-]	3,10
Elevation :	[m]	NA
Atmospheric :	[MPa]	NA

--- SUPER HEAT is NOT counted in refrigeration capacity ---

--- WITH WATER COOLED OIL COOLER ---

--- Refrigeration oil is not soluble with refrigerant (mineral oil) ---

--- When choosing the motor set a safety factor of more than 10% for the ABSORBED POWER. ---

--- Please check carefully the operating range. ---

--- Reference temperature : Dew Point ---

*** MYCOMW 29_Ver.2 compressor performance table is valid until the end of March, 2026. ***

* All data herein is for reference only.
* Content is subject to change without notice.

DATE : 09-11-2025

MYCOM RECIP. COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

Title :	

MODEL : N4K

REFRIGERANT : AMMONIA

BOOSTER :		-
CAPACITY :	[kW]	20,1
CAPACITY :	[TR]	5,73
ABSORBED POWER :	[kW]	4,39
SPEED :	[min-1]	1100
LOAD :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	-8,00
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-30,0
SUCTION SUPERHEAT :	[K]	0,00
LIQUID SUBCOOLING :	[K]	5,00
SUCTION TEMP. :	[degC]	-30,0
SUCTION PRES. :	[MPaA]	0,119
DISCHARGE PRES. :	[MPaA]	0,315
SUCTION PRES.LOSS :	[MPa]	0,000
DISCHARGE PRES.LOSS :	[MPa]	0,000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	97,4
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	28,9
REFRIG. FLOW RATE (SUC.) :	[m3/h]	54,5
REFRIG. FLOW RATE (DIS.) :	[m3/h]	25,7
REFRIG. FLOW RATE (SUC.) :	[Kg/h]	56,54
REFRIG. FLOW RATE (DIS.) :	[Kg/h]	56,54
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	0,58
JACKET HEAT REJECTION :	[kW]	0,46
COP :	[-]	4,58
Elevation :	[m]	NA
Atmospheric :	[MPa]	NA

--- SUPERHEAT is not counted in the refrigeration capacity ---

--- WITH WATERCOOLED OIL COOLER ---

SP

MYCOM RECIPROCATING COMPRESSOR PERFORMANCE 29_Ver.3.1

MAYEKAWA MFG. CO., LTD.

MYCOMW 29_Ver.3.1EP

* All data herein is for reference only.

* Content is subject to change without notice.

DATE : 09-11-2025

MYCOM RECIP. COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

--- When choosing the motor set a safety factor of more than 10% for the ABSORBED POWER. ---

--- Please check carefully the operating range. ---

--- Reference temperature : Dew Point ---

Please consult your local Mayekawa(MYCOM) representative before using oils other than Mineral or Alkyl Benzene(AB) based oils for Ammonia(NH3) Applications.

--- The results for this operating condition are for reference use only. ---

--- The valve specifications are the same as single stage. ---

--- MYCOMW 29_Ver.3.1 compressor performance table is valid until the end of March, 2026. ---

--- All data herein is for reference only. ---

--- Content is subject to change without notice. ---

* All data herein is for reference only.
* Content is subject to change without notice.

DATE : 07-11-2025

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

Title :	

MODEL : i125L-H

REFRIGERANT : AMMONIA

RECOMMENDED PORT :		L
COMPRESSION RATIO :	[-]	4,29
CAPACITY :	[kW]	202,1
CAPACITY :	[TR]	57,5
ABSORBED POWER :	[kW]	56,4
DRIVE SHAFT SPEED :	[min-1]	2950
COMPRESSOR SPEED :	[min-1]	2950
INDICATOR POSITION :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	35,0
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-8,00
SUCTION SUPERHEAT :	[K]	0,00
LIQUID SUBCOOLING :	[K]	5,00
SUCTION TEMP. :	[degC]	-8,00
OIL SUPPLY TEMP. :	[degC]	50,0
SUCTION PRESS. :	[MPaA]	0,315
DISCHARGE PRESS. :	[MPaA]	1,35
OIL SUPPLY PRESS. :	[MPaA]	1,35
SUCTION PRES. DROP :	[MPa]	0,000
DISCHARGE PRES. DROP :	[MPa]	0,000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	295
LOAD(SUCTION VOL. FLOW RATE) :	[%]	100
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	77,1
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[m3/h]	255
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[m3/h]	75,7
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[kg/h]	655,1
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[kg/h]	655,1
INJECT. OIL FLOW RATE :	[L/min]	5,42
LUB. OIL FLOW RATE :	[L/min]	31,1
TOTAL OIL FLOW RATE :	[L/min]	36,6
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	28,0
OIL SPEC HT :	[J/kgK]	1930

* All data herein is for reference only.
* Content is subject to change without notice.

MYCOM SCREW COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

OIL DENSITY :	[kg/m3]	880
COP :	[-]	3,58
Elevation :	[m]	NA
Atmospheric :	[MPa]	NA

--- SUPER HEAT is NOT counted in refrigeration capacity ---

--- WITH WATER COOLED OIL COOLER ---

--- Refrigeration oil is not soluble with refrigerant (mineral oil) ---

--- When choosing the motor set a safety factor of more than 10% for the ABSORBED POWER. ---

--- REFERENCE! i series partload performance ---

--- Please check carefully the operating range. ---

--- Reference temperature : Dew Point ---

--- The model name was changed from J to J2 in March 2024. The performance of the J2 model will be the same as that of the J model. ---

*** MYCOMW 29_Ver.3.1 compressor performance table is valid until the end of March, 2026. ***

* All data herein is for reference only.
* Content is subject to change without notice.

Anexo F.5.2 – Condensador Evaporativo

GENERAL INFORMATION

OPERATING CONDITIONS

Evaporative Condensers are designed for operating conditions specified below. The operator must ensure that during operation of the equipment these conditions are not exceeded.
Acceptable Refrigerants: R-717, Halocarbon Refrigerants and HFC`s.
Coil design pressure: 22 bar max. (Note that high pressure coils with a design pressure of 28 bar are available upon request.)
Maximum temperature of superheated vapour: 120 °C
Minimum temperature of refrigerant in coil(s): - 20°C

ALLGEMEINE INFORMATION

BETRIEBSBEDINGUNGEN

Verdunstungsverflüssiger sind für nachstehende Betriebs-bedingungen entworfen. Der Betreiber hat sicherzustellen, daß diese Bedingungen während des Betriebs eingehalten werden.
Akzeptierte Kältemittel: R717, FKW, HFC.
Max. Betriebsdruck: 22 bar (Rohrschlangen für 28 bar Betriebsdruck als Option verfügbar)
Max. Temperatur des überhitzten Dampfes: 120°C
Min. Temperatur Kältemittel im Rohrbündel: -20°C

TABLE 1 - BASE HEAT REJECTION VXC (kW)
TABELLE 1 - VERFLÜSSIGERNENNLEISTUNG VXC (kW)

MODEL NO VXC MODELL VXC	HEAT REJECTION KONDENSATOR NENNLEISTUNG (kW)	MODEL NO VXC MODELL VXC	HEAT REJECTION VERFLÜSSIGER-NENNLEISTUNG (kW)
14	61	S455	1961
18	78	S482	2077
25	108	*495*	*2133*
28	121	S504	2172
36	156	*516*	*2223*
45	194	562	2422
52	225	S576	2482
59	250	S600	2585
65	281	620	2672
72	311	S656	2826
86	371	680	2930
97	418	S700	3016
110	474	714	3076
125	539	*715*	*3081*
135	582	*772*	*3326*
150	647	798	3438
166	716	*804*	*3464*
185	798	S806	3473
205	884	S858	3697
221	953	908	3912
250	1078	S910	3921
265	1142	S964	4153
S288	1241	*990*	*4265*
S300	1293	S1010	4352
S328	1413	*1032*	*4446*
S350	1508	1124	4843
357	1538	1240	5343
399	1719	1360	5862
S403	1737	*1430*	*6161*
S429	1849	*1544*	*6652*
454	1956	*1608*	*6928*

NOTE / BEMERKUNG:
• Models (& capacities) in italics have a unit width of 3,6 meters.
• Types (& Leistungen) im Kursivdruck haben eine Gerätebreite von 3,6 Metern.

TABLE 2 - HEAT REJECTION CAPACITY FACTORS
TABELL 2 - KORREKTURFAKTOR

A. REFRIGERANT R22 & 134A / KÄLTEMITTEL R22 & 134A

Cond. Temp. / Verfl. Temp. (°C)	Entering Air Wet Bulb Temperature (°C) / Feuchtkugeltemperatur am Lufteintritt (°C)											
(°C)	10	12	14	16	18	19	20	21	22	24	26	28
29	1.12	1.21	1.33	1.48	1.69	1.83	2.00	2.21	2.49	3.36	–	–
31	0.99	1.06	1.15	1.26	1.41	1.50	1.61	1.74	1.90	2.36	3.19	–
33	0.89	0.94	1.01	1.09	1.20	1.26	1.34	1.43	1.53	1.81	2.25	3.04
35	0.80	0.85	0.90	0.96	1.04	1.09	1.14	1.20	1.27	1.46	1.72	2.14
37	0.73	0.76	0.81	0.86	0.92	0.95	0.99	1.04	1.09	1.21	1.39	1.64
39	0.67	0.69	0.73	0.77	0.82	0.84	0.87	0.91	0.94	1.04	1.16	1.32
41	0.61	0.64	0.66	0.69	0.73	0.75	0.78	0.80	0.83	0.90	0.99	1.10
43	0.56	0.58	0.61	0.63	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.79	0.86	0.94
45	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.67	0.71	0.76	0.82

B. REFRIGERANT R717 (Ammonia) / KÄLTEMITTEL R717 (Ammoniak)

Cond. Temp. / Verfl.. Temp. (°C)	Entering Air Wet Bulb Temperature (°C) / Feuchtkugeltemperatur am Lufteintritt (°C)											
(°C)	10	12	14	16	18	19	20	21	22	24	26	28
29	0.99	1.08	1.18	1.32	1.51	1.63	1.78	1.97	2.21	2.99	–	–
31	0.88	0.94	1.02	1.12	1.25	1.34	1.43	1.55	1.69	2.10	2.84	–
33	0.79	0.84	0.90	0.97	1.07	1.13	1.19	1.27	1.36	1.61	2.00	2.70
35	0.71	0.75	0.80	0.86	0.93	0.97	1.02	1.07	1.13	1.30	1.53	1.90
37	0.65	0.68	0.72	0.76	0.82	0.85	0.88	0.92	0.97	1.08	1.23	1.46
39	0.59	0.62	0.65	0.68	0.73	0.75	0.78	0.81	0.84	0.92	1.03	1.18
41	0.54	0.57	0.59	0.62	0.65	0.67	0.69	0.72	0.74	0.80	0.88	0.98
43	0.50	0.52	0.54	0.56	0.59	0.61	0.62	0.64	0.66	0.71	0.77	0.84
45	0.47	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.56	0.58	0.59	0.63	0.68	0.73

SELECTION EXAMPLE

Given

R717 refrigerant, open reciprocating compressor

	Alt. ≠ 1	Alt. ≠ 2
Total Heat Rejection :	950 kW	950 kW
Condensing Temperature :	35°C	35°C
Wet Bulb Temperature :	22°C	22°C
Suction Temperature :	–	-5°C

Solution

Alt. ≠ 1
1. Determine heat rejection capacity factor for R717 at 35°C condensing temperature and 22°C wet bulb temperature from Table 2B which is 1,13.
2. Multiply 950 kW x 1,13 = 1074 kW.
3. From Table 1 select a unit with a base total heat rejection equal to or greater than 1074 kW.
4. Select a VXC-250 with a heat rejection rating of 1078 kW.

Alt. ≠ 2
1. See Alt. ≠ 1.
2. See Alt. ≠ 1.
3. Determine ammonia desuperheater capacity factor for -5°C from Table 3 which is 0,920.
4. Multiply 950 kW x 0,920 x 1,13 = 988 kW.
5. Selection : VXC-250.

AUSWAHLBEISPIEL

Gegeben

Kältemittel R717 offener Kolbenverdichter

	Alt. ≠ 1	Alt. ≠ 2
Verflüssigerleistung :	950 kW	950 kW
Verflüssigungstemperatur :	35°C	35°C
Feuchtkugeltemperatur :	22°C	22°C
Saugtemperatur :	–	-5°C

Lösung

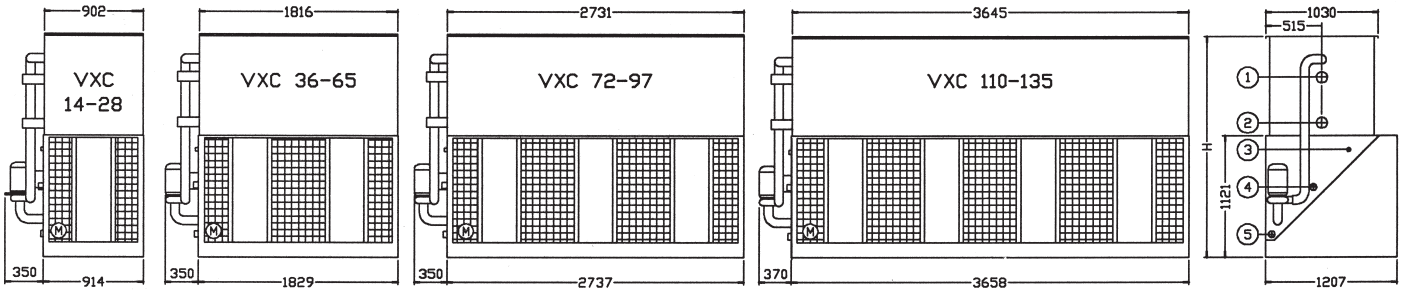
Alt. ≠ 1
1. Bestimmung des Korrekturwertes für R717 bei 35°C Verflüssigungstemperatur und 22°C Feuchtkugeltemperatur (Tabelle 2B). Der Faktor ist 1,134.
2. Man multipliziere : 950 x 1,13 = 1074 kW.
3. Aus Tabelle 1 wählt man einen Verdunstungsverflüssiger, dessen Verflüsigernennleistung größer oder gleich 1074 kW ist. Man wähle hier einen VXC 250 mit einer Verflüsigernennleistung von 1078 kW.

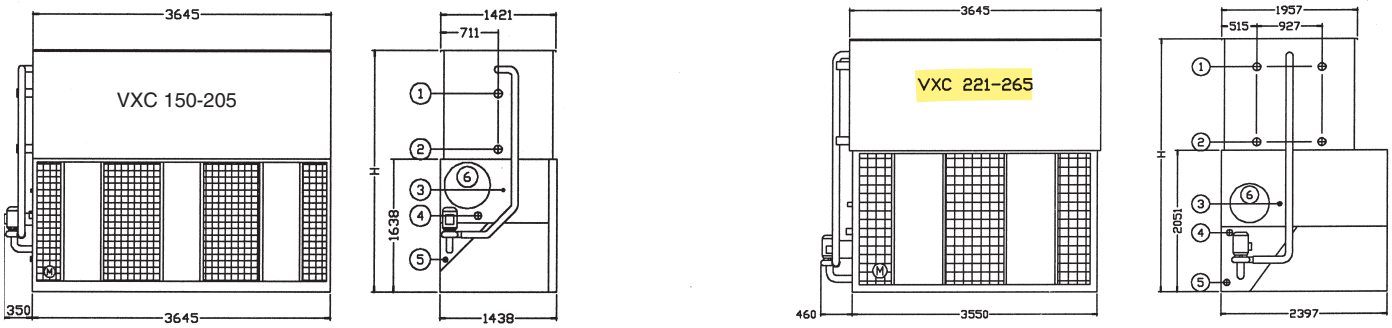
Alt. ≠ 2
1. Siehe Alt. ≠ 1.
2. Siehe Alt. ≠ 1.
3. Mann bestimme den Ammoniakenthizerkorrekturfaktor für-5°C nach Tabelle 3, nämlich 0,920.
4. Man multipliziere : 950 kW x 0,920 x 1,13 = 988 kW.
5. Auslegung : VXC-250.

TABLE 3 - R717 DESUPERHEATER HEAT REJECTION CAPACITY FACTORS
TABELLE 3 - KORREKTURWERTE FÜR R717 BEI ENTHITZERBETRIEB

Suction Temp. Saugtemperatur (°C)	Capacity Factor Korrekturfaktor
-25	0.875
-20	0.886
-15	0.897
-10	0.908
- 5	0.920
0	0.935
+ 5	0.954

VXC ENGINEERING DATA / TECHNISCHE DATEN





(M) Fan motor location / Anordnung des Ventilatormotors.

Do not use for construction. Refer to factory certified dimensions.
In the interest of product improvement, specifications and dimensions are subject to change without notice.

Verwenden Sie diese Maßbilder nicht zu Detailzeichnungen, sondern fordern Sie genaue Maßblätter von einer BAC Vertretung
Wir behalten uns vor, technische Daten und Abmessungen ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

1. Refrigerant in / Kältemittel Ein
2. Refrigerant out / Kältemittel Aus
3. Make-up / Zusatzwasser
4. Overflow / Überlauf
5. Drain / Entleerung
6. Access / (Models 14 through 135 have the access door at the back. / Bei den Modellen VXC 14 - 135 ist die Zugangstür der Rückseite).

MODEL	BASE HEAT REJECTION	WEIGHT			AIR FLOW	FAN MOTOR	WATER FLOW	PUMP MOTOR	R-717 CHARGE	REMOTE SUMPH		H
		APPROX. SHIPPING	APPROX. OPERAT.	HEAVIEST SECTION (COIL)						DRAIN SIZE	OPERA-TING WEIGHT	
MODELL	VER-FLÜSSIGER NENN-LEISTUNG	GEWICHTEN VERSAND GEWICHT	BETRIEBS-GEWICHT	Schwerstes Bauteil (Rohrschlan-genteil)	LUFT-DURCH-SATZ	VENTIL. MOTOR	WASSER-DURCH-SATZ	PUMPEN MOTOR	KÄLTE-MITTEL INHALT R-717	GETR. W. BEHÄLTER ABLAUF	BETRIEBS-GEWICHT	H
	(kW)	(kg)	(kg)	(kg)	(m³/s)	(kW)	(l/s)	(kW)	(kg)	(mm)	(kg)	(mm)
VXC 14	61	600	660	580*	2.3	1.5	2.2	0.25	9	65	620	2035
VXC 18	78	670	740	660*	2.2	1.5	2.2	0.25	11	65	690	2245
VXC 25	108	760	830	480	2.5	2.2	2.2	0.25	15	65	780	2465
VXC 28	121	830	900	540	2.4	2.2	2.2	0.25	19	65	850	2685
VXC 36	156	920	1050	920*	4.6	4.0	4.7	0.37	16	80	950	2035
VXC 45	194	1030	1170	1030*	5.0	4.0	4.7	0.37	20	80	1060	2245
VXC 52	225	1160	1310	700	4.8	4.0	4.7	0.37	29	80	1190	2465
VXC 59	250	1180	1330	700	5.3	5.5	4.7	0.37	29	80	1210	2465
VXC 65	281	1330	1500	860	5.5	5.5	4.7	0.37	36	80	1360	2685
VXC 72	311	1490	1810	1000	5.8	4.0	7.1	0.75	41	100	1600	2580
VXC 86	371	1500	1820	1000	7.5	7.5	7.1	0.75	41	100	1610	2580
VXC 97	418	1730	2080	1200	7.1	7.5	7.1	0.75	50	100	1880	2815
VXC 110	474	1800	2240	1200	10.4	7.5	9.6	0.75	59	100	1960	2580
VXC 125	539	2050	2510	1440	9.9	7.5	9.6	0.75	66	100	2230	2815
VXC 135	582	2080	2540	1440	10.9	11.0	9.6	0.75	73	100	2270	2815
VXC 150	647	2640	3210	1720	13.3	7.5	13.9	1.5	77	150	2790	3095
VXC 166	716	2670	3240	1720	15.8	11.0	13.9	1.5	77	150	2820	3095
VXC 185	798	2950	3670	1980	15.7	11.0	13.9	1.5	104	150	3260	3330
VXC 205	884	3255	3980	2240	16.9	15.0	13.9	1.5	111	150	3570	3565
VXC 221	953	4250	5860	2630	21.9	15.0	19.2	2.2	109	150	4760	3585
VXC 250	1078	4770	6390	3150	21.2	15.0	19.2	2.2	145	150	5290	3820
VXC 265	1142	4815	6435	3150	22.7	18.5	19.2	2.2	145	150	5335	3820

* Unit normally ships in one piece. / Versand des Gerätes normalerweise in einem Stück.

PAN WATER HEATERS & STEEL SUPPORT DATA
WANNENHEIZUNGEN & UNTERBAUDATEN

PAN WATER HEATERS / WANNENHEIZUNGEN

MODEL NO VXC	HEATER –18°C
MODELL	HEIZ-LEISTUNG –18°C (kW)
14 - 28	1 x1
36 - 65	1 x 1.5
72 - 97	1 x 2.5
110 - 135	1 x 3
150 - 205	1 x 4
221 - 265	1 x 6
S288 - S350	1 x 6
S403 - S504	2 x 4
S576 - S700	2 x 6
S806 - S1010	4 x 4

MODELE NO. VXC	HEATER –18°C
MODELL	HEIZ-LEISTUNG –18°C (kW)
357 - 454	1 x 6
562 - 680	2 x 5
714 - 908	2 x 6
1124 - 1360	4 x 5
495 - 516	2 x 4
715 - 804	2 x 6
990 - 1032	4 x 4
1430 - 1608	4 x 6

IMMERSION HEATERS

Electric immersion heaters are factory installed in the evaporative condenser basin. The heaters are controlled by a remote thermostat with the sensing bulb located in the pan. A low water leven control, also factory installed, prevents heater operation unless the heater elements are fully submerged.

ELEKTRISCHE HEIZELEMENTE

Die Heizelemente werden werkseitig in der Wanne des Verdunnungsverflüssigers eingebaut. Die Heizstäbe werden über einen Thermostaten (in der Wanne montiert) gesteuert, dessen Fühler in der Wanne eingebaut ist Ein Niedrigniveauschutzschalter, ebenfalls werkseitig montiert, verhindert das Einschalten der Heizelemente, wenn Sie nicht völlig unter Wasser sind.

Heater selection for maintaining pan water at + 4°C at –18°C ambient air temperature. Electric heater package for higher then –18°C average ambient temperature is available upon request.

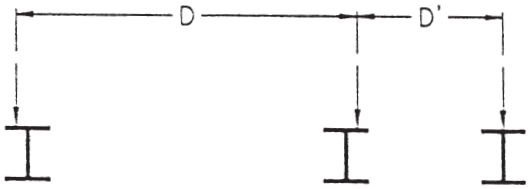
Die Heizleistung wird so gewählt, daß die Wannewassertemperatur bei –18°C Außtemperatur auf + 4°C gehalten wird.
Für Außtemperaturen höher als –18°C können Heizelemente auf Wunsch geliefert werden.

STEEL SUPPORT DATA / UNTERBAUDATEN

MODELE NO. VXC	D	MAX. DEFLEC-TION
MODELL	D (mm)	MAX. DURCH-BIEGUNG (mm)
14 - 28	1153	2.4
36 - 65	1153	5
72 - 97	1153	8
110 - 135	1153	10
150 - 205	1378	10
221 - 265	2327	10
S288 - S350	2327	10
S403 - S504	2327	13
S576 - S700	2327	13
S806 - S1010	2327	13

MODELE NO. VXC	D	MAX. DEFLEC-TION
MODELL	D (mm)	MAX. DURCH-BIEGUNG (mm)
357 - 454	2934	10
562 - 680	2934	13
714 - 908	2934	13
1124 - 1360	2934	13
495 - 516	3537	13
715 - 804	3537	13
990 - 1032	3537	13
1430 - 1608	3537	13

D : Center line distance between bolt holes of unit. / Herzdistanz zwischen Montagebohrungen des Gerätes.
D' : Distance to a third support beam which is required with the optional sound attenuator package: 905 mm. / Distanz zu einem dritten Träger für ein Schalldämpfer (Zubehör) : 905 mm.



BEAM SIZE AND LENGTH

Beam size should be calculated in accordance with accepted structural practice. Use 65 % of the operating weight as a uniform load on each beam. The length of the beam must be at least equal to the length of the pan. Maximum permissible beam deflection and center line distances between bolt holes are tabulated at the left.

PROFILGRÖßE UND LÄNGE

Die Träger sind gemäß anerkannten Richtlinien für die Baustatik auszulegen. 65 % des Betriebsgewichts des Gerätes können als gleichmäßige Belasting für jeden Träger angenommen werden. Die Länge der Balken muß mindestens der Länge des Wannenteils entsprechen. Die maximal zulässige Durchbiegung der Balken sowie der erforderliche Abstand zwischen den Balken ist in nebenstehender Tabelle angegeben.

VIBRATION ISOLATORS
If vibration isolators are used, a rail or channel must be provided between the unit and the isolators to provide continuous unit support. Refer to BAC vibration isolator drawings for the mounting hole locations.

FEDERISOLATOREN
Bei Verwendung von Federisolatoren muß~eine Schiene zwischen den Isolatoren und dem Gerät installiert werden, die für ein gleichmäßige Unterstützung des Gerätes sorgt. Die Lage der Ankerbolzen bei Aufstellung mit oder ohne Federisolatoren ist in den entsprechenden BAC Zeichnungen angegeben.

Baltimore Aircoil
BALTIMORE AIRCOIL INTERNATIONAL N.V., Industriepark - Zone A, B-2220 Heist-op-den-Berg, Belgium
BALTIMORE AIRCOIL LTD., Princewood Road, Corby, Northants, NN17 4AP, U.K.
BALTIMORE AIRCOIL ITALIA S.R.L., Località Giardini, 23030 Chiuro (Sondrio), Italy
BALTIMORE AIRCOIL IBERICA, S.A., Avenida de Burgos 14, Bloque 3, 2°D, 28036 Madrid, Spain

www.BaltimoreAircoil.be info-bac@BaltimoreAircoil.be

Printed in Belgium

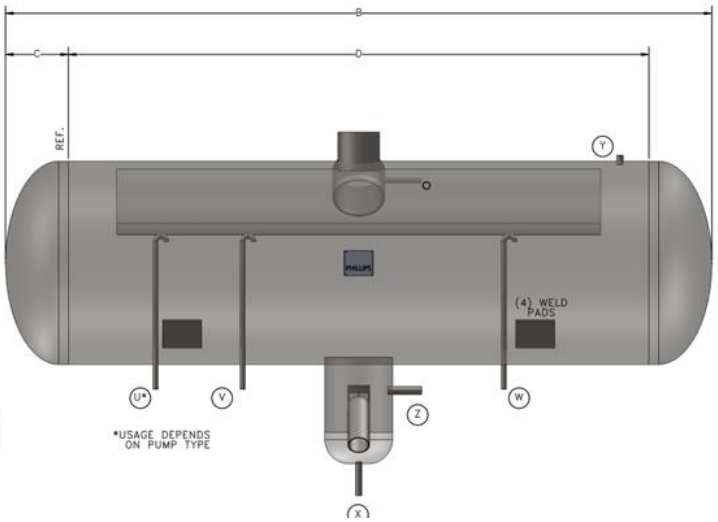
ONE OF THE Amsted INDUSTRIES

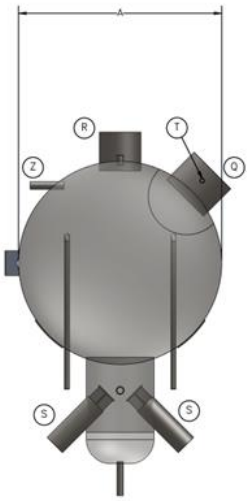
Anexo F.5.3 – Depósitos Separadores

VALVES • VESSELS • SYSTEMS • CONTROLS

Phillips. REFRIGERATION

Horizontal Pump Recirculator





	A	B	C	D	I	J	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Model No.	Dia.	OAL	Head	Shell	Drop Leg Dia.	Drop Leg Len.	Suction Inlet	Suction Outlet	Pump Suction	Makeup	Pump Vent/Recirc (Qty 2)	Pump Bypass (Qty 2)	Oil Pot Vent	Oil Drain†	Relief	Column (Qty 2)	Est. Shipping Wt. (lbs.)
RVH-24137	24	137	8½	120	8	12	6	5	4	1¼	¾	¾	¾	1	¾	1¼	1580
RVH-30140	30	140	10	120	10	12	8	6	4	1½	¾	¾	¾	1	¾	1¼	2020
RVH-36143	36	143	11½	102	12	12	8	6	4	1½	¾	¾	¾	1	¾	1¼	2370
RVH-42146	42	146	13	120	14	12	10	8	4	2	¾	¾	¾	1	¾	1¼	2880
RVH-48149	48	149	14½	120	14	12	10	8	4	2½	¾	¾	¾	1	¾	1¼	3260
RVH-54152	54	152	16	120	16	12	10	10	4	2½	¾	1	¾	1	¾	1¼	4660
RVH-60155	60	155	17½	120	4	12	12	10	5	3	¾	1	¾	1¼	¾	1¼	5300
RVH-72161	72	161	20½	120	4	12	14	12	6	4	¾	1	¾	1¼	¾	1¼	8020
RVH-84167	84	167	23½	120	4	12	16	16	8	4	¾	1	1	1½	¾	1¼	9840
RVH-96173	96	173	26½	120	4	12	18	16	8	5	¾	1¼	1	1½	¾	1¼	13290
RVH-108179	108	179	29½	120	4	12	20	18	8	5	¾	1¼	1	1½	1	1¼	18020
RVH-120185	120	185	32½	120	4	12	24	20	10	6	¾	1½	1	1½	1	1¼	23730
RVH-144197	144	197	38½	120	4	12	24	24	12	8	¾	1½	1	1½	1¼	1¼	36430

†For temperatures below -20° oil drain size is 1-1/2"

Standard Features

- ASME Certification: All pressure vessels are designed, fabricated, tested, inspected and stamped in accordance with ASME Section VIII, Division 1 Pressure Vessel Code and are National Board registered.
- Maximum Allowable Working Pressure (MAWP): 250 PSI low side vessels, 300 PSI high side vessels from -20°F to +450°F. Dual stamped to -60°F at reduced pressure (unless otherwise noted). Other MAWPs and lower temperatures are available.
- Heads: 2:1 Semi-elliptical SA 516-70N carbon steel
- Shells: 24" diameter and smaller are SA 106 S/B or SA 53 E/B or S/B pipe. 30" diameter and larger are rolled SA 516-70 carbon steel plate.
- Lifting lugs are standard on all vessels 30" in diameter and larger
- Nozzle Materials: ASTM A-53 B and ASTM A-106B. ASTM A-333 Gr. 6 available where necessary.
- Nozzle Thickness: 2" and smaller, Schedule 80. Larger than 2" are Schedule 40.
- Fittings: Class 3000
- 1 coat primer and 4-6 mils of engineered epoxy top coat

Available Options

- Stainless Steel construction
- Abrasive blasting (SSPC-SP 6)
- Radiography (X-Ray)
- Post Weld Heat Treat (PWHT)
- Nitrogen Charge
- Special Paint/Color

Anexo F.5.4 – Depósito de Líquido

DEPÓSITOS DE LÍQUIDO
LIQUID RECEIVERS

TECNAC E BITZER - HORIZONTAIS E VERTICAIS

TECNAC AND BITZER - HORIZONTAL AND VERTICAL

Modelo Type	Preço Price – Depósito standard Standard receiver	Tipo Type	Volume Volume	Peso Weight	Dimensões Dimensions								
					A	B	C	Ø D	E	F	G	H	I
	EUR	-	dm^3	Kg	mm								
DEPÓSITOS TECNAC TECNAC RECEIVERS													
CRH-20	•	H	20	13.7	600	300	150	219	300	200	200	350	300
CRH-30	•	H	30	21.0	900	500	200	219	300	300	140	350	300
CRH-45	•	H	45	28.5	1350	600	375	219	300	340	140	350	300
CRH-60	•	H	60	39.5	1200	600	300	273	357	370	170	400	350
CRH-90	•	H	90	55.0	1780	800	490	273	357	370	170	400	350
CRH-120	•	H	120	70.4	1750	1200	275	324	422	250	250	400	350
CRH-150	•	H	150	96.4	1330	800	265	406	503	370	170	550	500
CRH-180	•	H	180	111.4	1580	900	340	406	503	370	170	550	500
CRH-250	•	H	250	152.8	2170	1100	535	406	503	710	310	550	500
CRH-300	•	H	300	193.0	2310	1800	255	406	503	300	300	550	500
CRH-350	•	H	350	212.2	2980	1500	740	406	503	710	310	550	500
CRH-500	•	H	500	257.5	1764	1100	332	610	705	710	310	700	650

	Ligações entrada Inlet connections		Ligações saída Oulet connections		Extras (A) Extras (A)										
	Diâmetro Diameter	Tipo Type	Diâmetro Diameter	Tipo Type	Válvula de corte na entrada Inlet shut-off valve	Válvula de corte na saída Outlet shut-off valve	Suportes de fixação superiores Upper fixing rails	Suportes em ângulo superiores Upper angle brackets	Placa de fixação (1) Fixing plate (1)	Placa fixação para Tandem (1) Fixing plate for Tandem (1)	Suportes de fixação inferiores Lower fixing rails	Visor (2) Sight glass (2)	Alarme de nível (3) Oil level control (3)	Válvula de segurança (4) Pressure relief valve (4)	Modelo Type
	in	-	in	-	EUR										
DEPÓSITOS TECNAC TECNAC RECEIVERS															
	3/4"	VC	5/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-20
	1 1/8"	VC	7/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-30
	1 1/8"	VC	7/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-45
	1 3/8"	VC	1 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-60
	1 3/8"	VC	1 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-90
	1 5/8"	VC	1 3/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-120
	1 5/8"	VC	1 3/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-150
	2 1/8"	VC	1 5/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-180
	2 1/8"	VC	1 5/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-250
	2 1/2"	VC	2 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-300
	2 1/2"	VC	2 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-350
	3"	VC	2 1/2"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRH-500
	3/4"	VC	5/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-20
	1 1/8"	VC	7/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-30
	1 1/8"	VC	7/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-40
	1 3/8"	VC	1 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-60
	1 3/8"	VC	1 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-90
	1 5/8"	VC	1 3/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-120
	1 5/8"	VC	1 3/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-150
	2 1/8"	VC	1 5/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-180
	2 1/8"	VC	1 5/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-250
	2 1/2"	VC	2 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-300
	2 1/2"	VC	2 1/8"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-350
	3"	VC	2 1/2"	VC	S	S	-	-	-	-	S	S	•	S	CRV-500

Anexo F.5.5 – Bombas de Recirculação de NH_3

Input Data

Refrigerant	R717				
Evaporating Temperature	-42.0	°C			
Refrig. capacity	140.1	kW	Desired volume flow	2.09	m³/h
Desired delivery height	26.9	m	Desired differential pressure	1.83	bar
Recirculation Factor	4.0		Frequency	50	Hz

Results: GP 52

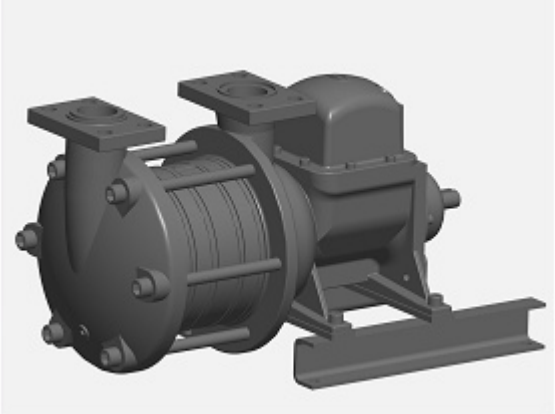
Actual delivery height	31.2	m			
Pump Differential Pressure	2.12	bar	Pump volume flow	2.09	m³/h
Pressure overflow valve	4.42	bar			
Overflow valve: DN20	65.0	m			

Technical Data: GP 52

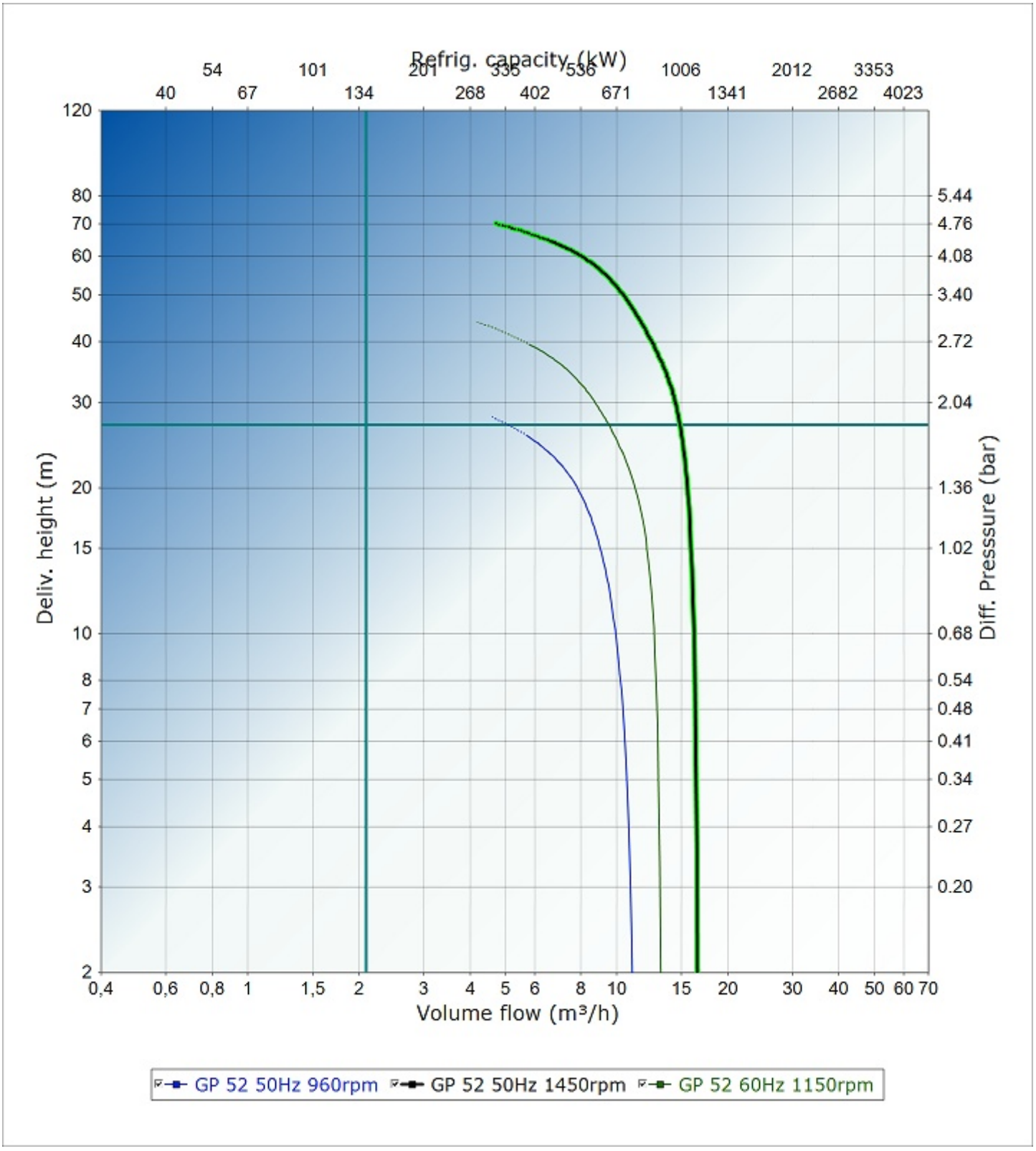
Revolutions per minute	1450	1/min	Insulation class terminal box	IP 55	
Weight	166.0	kg	Maximum current	0.0	A
Required downleg diameter	DN150		Effective power	5.5	kW

Articledata: 2161.000276

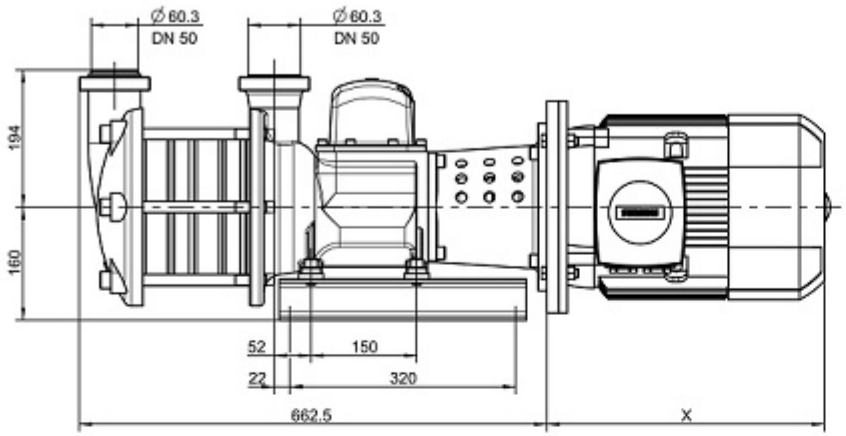
Description Model 1 (replacement pump)

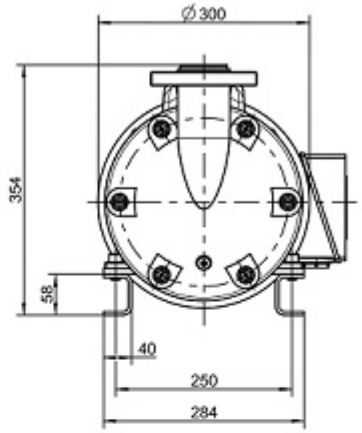


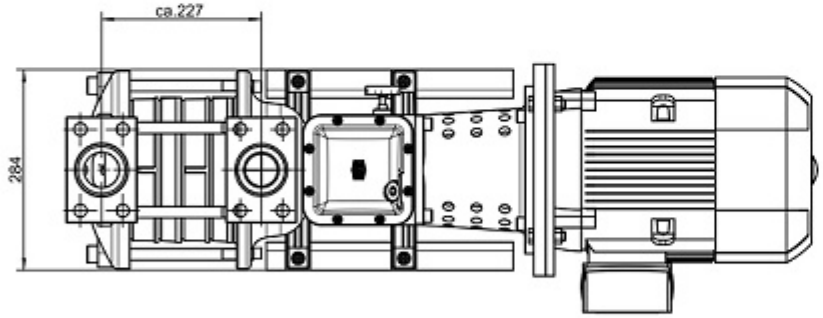
NOTE: Please note the limitations regarding warranty and liability. With all due care, we cannot exclude errors, mistakes and price changes and reserve the right to make changes and corrections. In case of discrepancies between the electronic and printed TH. WITT price list, the price of the printed price list, as amended from time to time, shall apply.

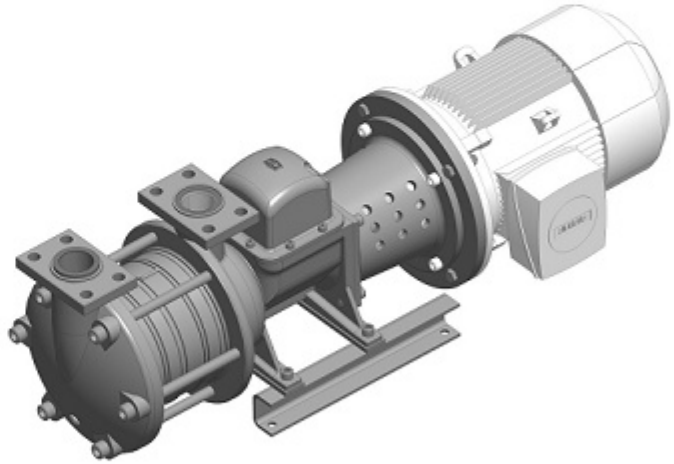


NOTE: Please note the limitations regarding warranty and liability. With all due care, we cannot exclude errors, mistakes and price changes and reserve the right to make changes and corrections. In case of discrepancies between the electronic and printed TH. WITT price list, the price of the printed price list, as amended from time to time, shall apply.









Das Urheberrecht dieser Zeichnung verbleibt uns. Sie ist dem Empfänger nur zum persönlichen Gebrauch anvertraut. Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf sie nicht kopiert oder vervielfältigt werden, auch nicht dritten Personen, insbesondere Wettbewerbern, mitgeteilt oder zugänglich gemacht werden. Widerrechtliche Benutzung durch den Empfänger oder Dritte hat zivil- und strafrechtliche Folgen. Diese Zeichnung ist uns im Falle der Nichtbenutzung sofort zurückzugeben.

ISO Methode E

Kunden Nr.: -	Kunde: - -				Oberflächen DIN / ISO 1302
					Allgemeintoleranz ISO 2768 - mK
					Form- und Lagetol. DIN ISO 1101
Beleg-Nr. 0	Beleg-Pos., Nr: 0	Rhr: 0		Datum	Name	Ersatz für: -
			gez.	25.11.2020	Ka	Art.-Nr.: 2161.000076
Kältemittelpumpe GP 52-0 Refrigerant Pump GP52-0			gepr.	25.11.2020	Ka	Format: A2 / Maßstab: 1:5
			WITT			Zchngs.-Nr. 16000.2161.152.001 / Rev. 001

Input Data

Refrigerant	R717				
Evaporating Temperature	-30.0	°C			
Refrig. capacity	67.2	kW	Desired volume flow	1.05	m³/h
Desired delivery height	30.0	m	Desired differential pressure	2.00	bar
Recirculation Factor	4.0		Frequency	50	Hz

Results: GP 42

Actual delivery height	45.6	m			
Pump Differential Pressure	3.03	bar	Pump volume flow	1.05	m³/h
Pressure overflow valve	3.19	bar			
Overflow valve: DN20	48.0	m			

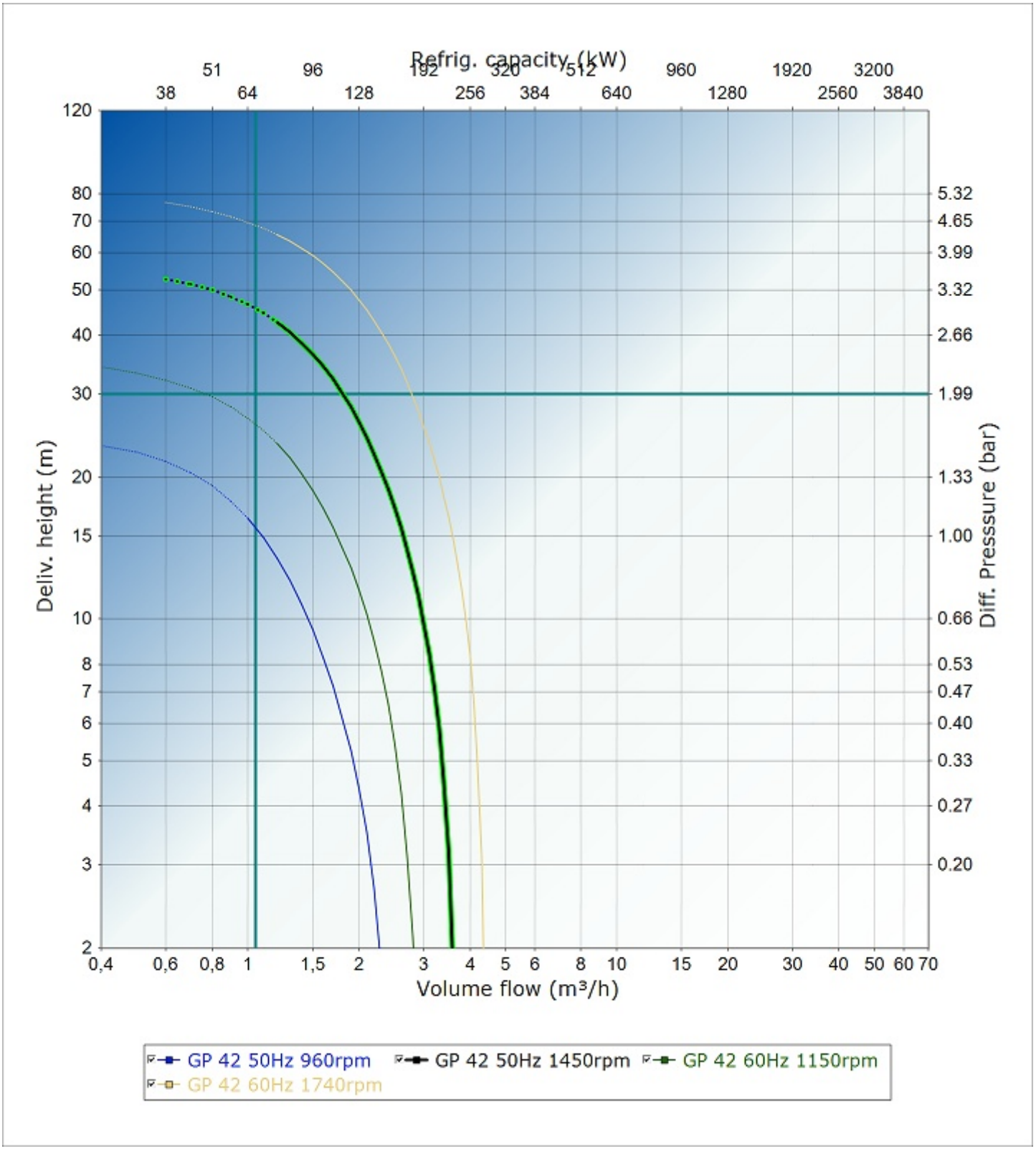
Technical Data: GP 42

Revolutions per minute	1450	1/min	Insulation class terminal box	IP 55	
Weight	75.0	kg	Maximum current	0.0	A
Required downleg diameter	DN80		Effective power	1.1	kW

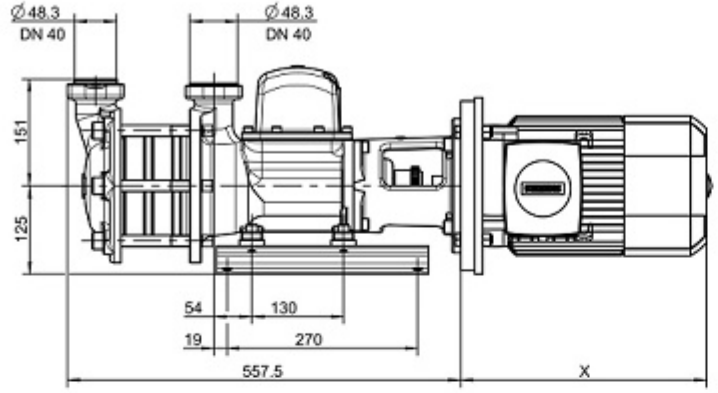
Articledata: 2161.000273

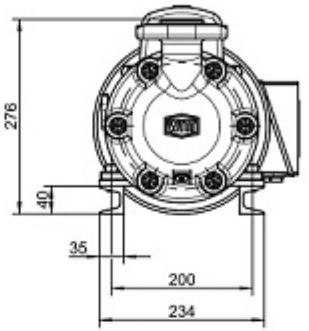
Description Model 1 (replacement pump)

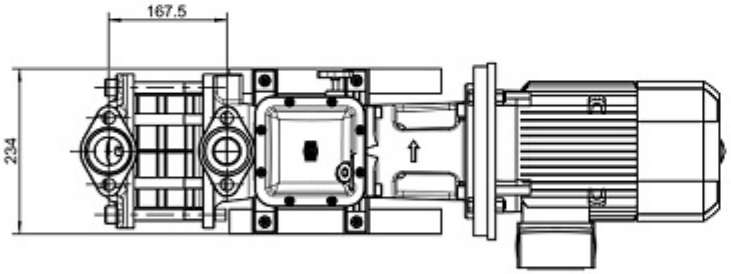
NOTE: Please note the limitations regarding warranty and liability. With all due care, we cannot exclude errors, mistakes and price changes and reserve the right to make changes and corrections. In case of discrepancies between the electronic and printed TH. WITT price list, the price of the printed price list, as amended from time to time, shall apply.

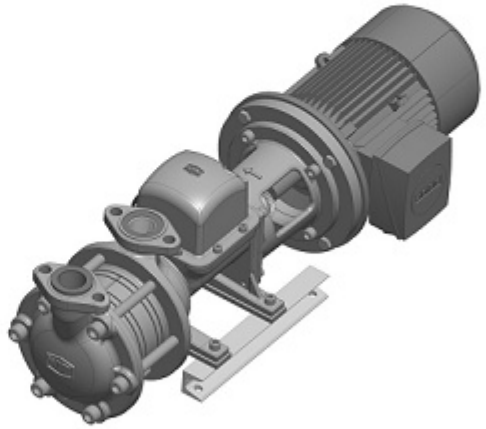


NOTE: Please note the limitations regarding warranty and liability. With all due care, we cannot exclude errors, mistakes and price changes and reserve the right to make changes and corrections. In case of discrepancies between the electronic and printed TH. WITT price list, the price of the printed price list, as amended from time to time, shall apply.









Das Urheberrecht dieser Zeichnung verbleibt uns. Sie ist dem Empfänger nur zum persönlichen Gebrauch anvertraut. Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf sie nicht kopiert oder vervielfältigt werden, auch nicht diritten Personen, insbesondere Wettbewerbern, zugänglich gemacht werden. Widerrechtliche Benutzung durch den Empfänger oder Dritte hat zivil- und strafrechtliche Folgen. Diese Zeichnung ist uns im Falle der Nichtbenutzung sofort zurückzugeben.

ISO Methode E

Kunden Nr.: -	Kunde: - -				Oberflächen DIN / ISO 1302
					Allgemeintoleranz ISO 2768 - mK
					Form- und Lagetol. DIN ISO 1101
Beleg-Nr. 0	Beleg-Pos._Nr: 0	Rhr: 0		Datum	Name	Ersatz für: -
			gez.	24.11.2020	Kü	Art.-Nr.: 2161.000073
Kältemittelpumpe GP 42-0 Refrigerant Pump GP 42-0			gepr.	24.11.2020	Kü	Format: A2 / Maßstab: 1:5
			WITT			Zchngs.-Nr. 16000.2161.000.073 / Rev. 001

Input Data

Refrigerant	R717				
Evaporating Temperature	-8.0	°C			
Refrig. capacity	133.8	kW	Desired volume flow	2.30	m³/h
Desired delivery height	16.3	m	Desired differential pressure	1.04	bar
Recirculation Factor	4.0		Frequency	50	Hz

Results: GP 42

Actual delivery height	20.6	m			
Pump Differential Pressure	1.31	bar	Pump volume flow	2.30	m³/h
Pressure overflow valve	3.06	bar			
Overflow valve: DN20	48.0	m			

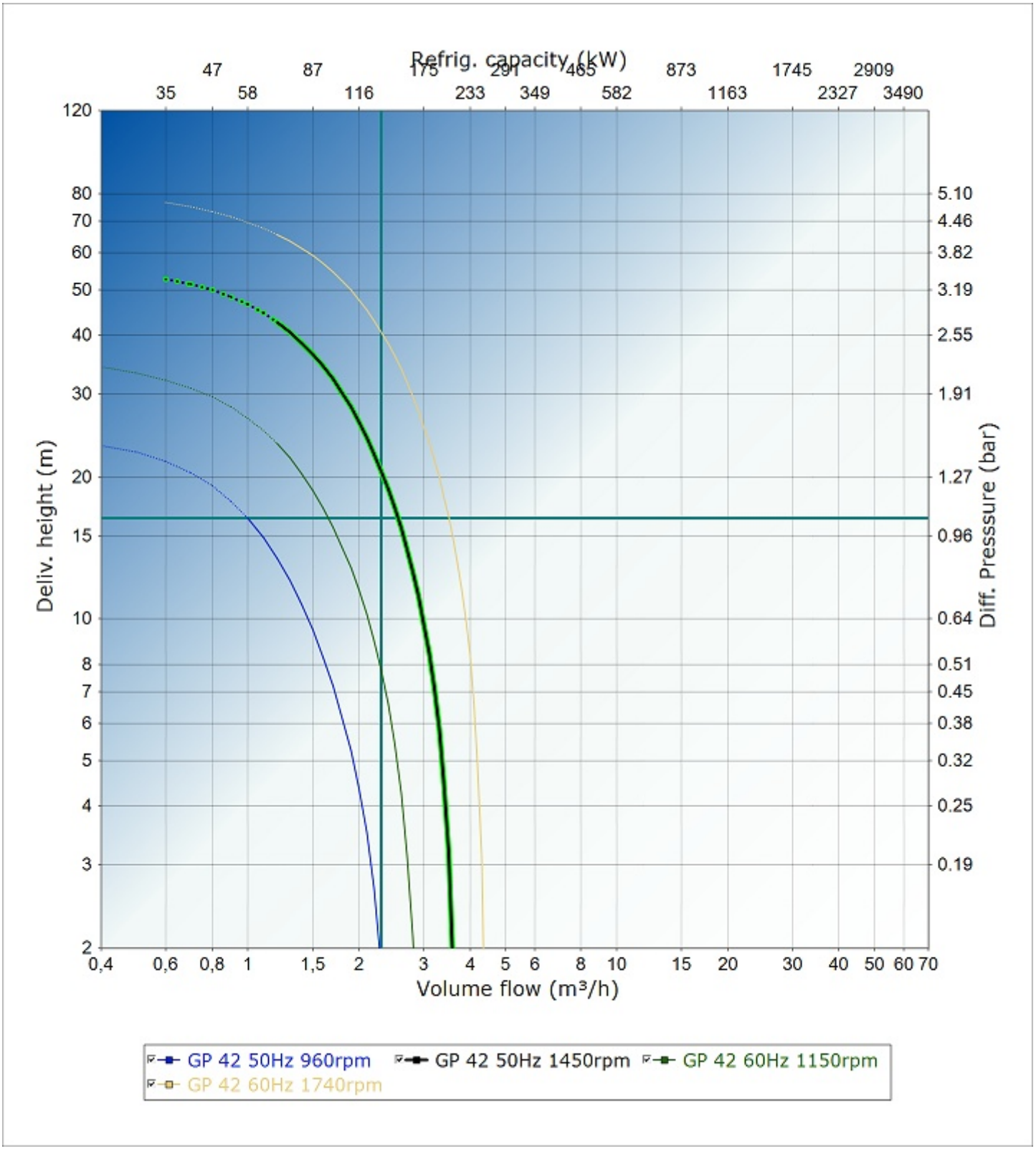
Technical Data: GP 42

Revolutions per minute	1450	1/min	Insulation class terminal box	IP 55	
Weight	75.0	kg	Maximum current	0.0	A
Required downleg diameter	DN80		Effective power	1.1	kW

Articledata: 2161.000273

Description Model 1 (replacement pump)

NOTE: Please note the limitations regarding warranty and liability. With all due care, we cannot exclude errors, mistakes and price changes and reserve the right to make changes and corrections. In case of discrepancies between the electronic and printed TH. WITT price list, the price of the printed price list, as amended from time to time, shall apply.

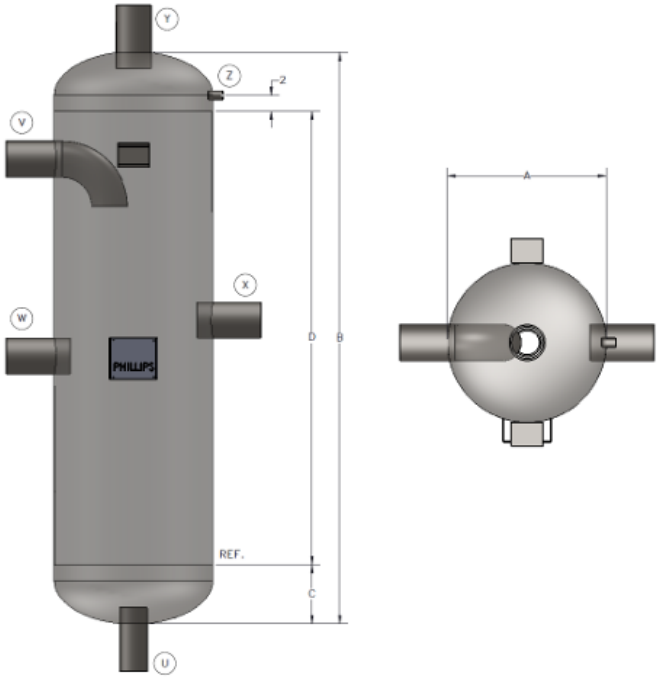


NOTE: Please note the limitations regarding warranty and liability. With all due care, we cannot exclude errors, mistakes and price changes and reserve the right to make changes and corrections. In case of discrepancies between the electronic and printed TH. WITT price list, the price of the printed price list, as amended from time to time, shall apply.

Anexo F.5.6 – Depósito Separador de Óleo com Termosifão

Phillips REFRIGERATION — VALVES • VESSELS • SYSTEMS • CONTROLS

Thermo-Syphon Receiver



Model No.*	Heat of Rejection [Btu/min]**	A Dia.	B OAL/OAH	C Head	D Shell	U Oil Cooler Supply	V Oil Cooler Return	W Liq. Inlet	X Liq. Outlet	Y Vent	Z Relief	Est. Shipping Wt. (lbs.)
TSR0836V/H	1500	8	36	4	28	1¼	1½	1½	1½	1½	½	120
TSR1048V/H	3000	10	48	5	38	1½	2	2	2	1½	½	170
TSR1060V/H	4500	10	60	5	50	2	2½	2½	2½	2	½	200
TSR1272V/H	9000	12	72	5½	61	2	2½	3	3	2½	½	260
TSR1672V/H	15000	16	72	6½	59	2½	3	4	4	3	½	370
TSR2072V/H	22500	20	72	7½	57	3	4	4	4	4	¾	450
TSR2472V/H	30000	24	72	8½	55	4	5	5	5	4	¾	730
TSR3072V/H	45000	30	72	10	52	5	6	5	5	5	¾	920
TSR3084V/H	60000	30	84	10	64	5	6	6	6	5	¾	1040

Anexo F.5.7 – Permutador de Placas

Plate Heat Exchanger

Technical specification

Customer :
Model : **M10-BWFG**
Project: :
Item : **300kW** **Date** : **05/06/2025**

Fluid		**30.0%Eth.glycol**	**Ammonia**
Mass flow rate	kg/h	73280	2547
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	840.6
Inlet temperature	°C	2.0	-8.0
Outlet temperature (vapor/liquid)	°C	-2.0	-8.0
Operating pressure (In/Out)	bara	/	3.17/3.11
Pressure drop (Perm/Calculate)	kPa	100/94.9	15.0/5.92
Velocity connection (In/Out)	m/s	2.47/2.46	0.139/12.0
Heat Exchanged	kW	300.0	
Heat transfer area	m²	12.5	
O.H.T.C clean conditions	W/(m²·K)	3854	
O.H.T.C service	W/(m²·K)	3154	
Fouling Resistance* 10000	m²·K/W	0.20	
Duty margin	%	15	
Mean Temperature Difference	K	7.6	
Relative directions of fluids		Cocurrent	
No. of plates		54	
No. of effective plates		52	
Number of passes		1	1
Extension capacity		18	
Plate material/ Thickness		ALLOY 316 / 0.50 mm	
Sealing material		NBRP	Welded
Ring Gasket		CR	
Connection material		Stainless steel	Stainless steel
Connection diameter		See drawing	See drawing
Nozzle orientation		S2 -> S1	S3 -> S4
Pressure vessel code		PED, Category 3	
Fluid danger group	No Danger	Dangerous	
Has risky vapour pressure			x
Flange rating		DIN PN16	
Design pressure	bar	10.0	16.0
Test pressure	bar	14.3	22.9
Design temperature	°C	100.0/-10.0	100.0/-10.0
Overall length x width x height	mm	745 x 470 x 1084	
Liquid volume	dm³	16.98	17.61
Net weight, empty / operating Flooded	kg	402 / 421 / 430	
Packed weight(PLYWOOD BOX LYING)	kg	444	
volume	m³	0.7	
length x width x height	mm	1145 x 600 x 985	

The performance of the equipment is conditioned by the process media and process parameters being consistent with the provided customer data.

Data, specifications, and other kind of information of technological nature set out in this document and submitted by Alfa Laval to you (Proprietary Information) are intellectual proprietary rights of Alfa Laval. The Proprietary Information shall remain the exclusive property of Alfa Laval and shall only be used for the purpose of evaluating Alfa Laval's quotation. The Proprietary Information may not, without the written consent of Alfa Laval, be used or copied, reproduced, transmitted or communicated or disclosed in any other way to a third party.

Fluid Composition

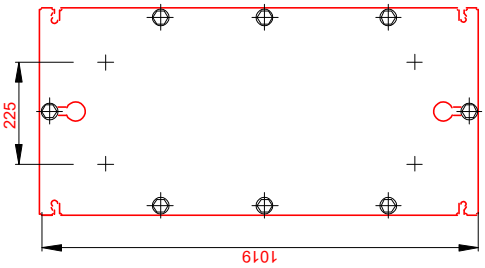
Hot side		**Cold side**	
Eth.glycol		**Ammonia**	
Liquid Cooling		Vapourizing	
Eth.glycol	**= 73280 kg/h**	**Ammonia**	**= 2547 kg/h**
inlet v/l	0.000/73280	inlet v/l	0.000/2547
outlet v/l	0.000/73280	outlet v/l	840.6/1707

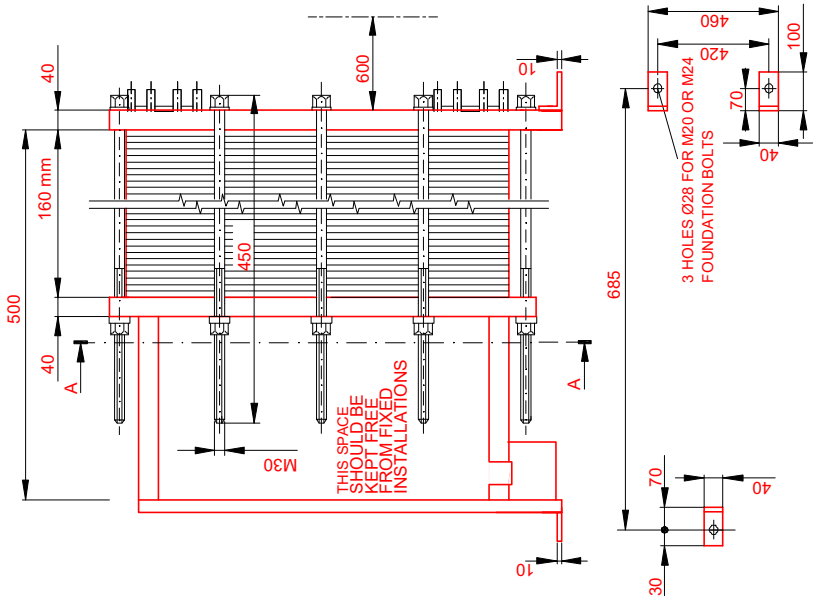
Physical Properties

	Hot side		**Cold side**	
(inlet/outlet)	**Liquid**	**Vapour**	**Liquid**	**Vapour**
Dens	1051/1052		646.5/646.4	2.530/2.484
Sp.heat	3.688/3.680		4.564/4.564	2.581/2.575
Visc	3.94/4.58		0.185/0.185	0.0090/0.0090
Th.Cond	0.481/0.479		0.545/0.545	0.0213/0.0213
Bub. p.				/-8.0
Dew point				/-8.0
Mol.W.				17.03/17.03
Cr.pr.				113.33/113.33
Cr.Temp.				132.3/132.3
Lat.heat				1284.2/1283.9

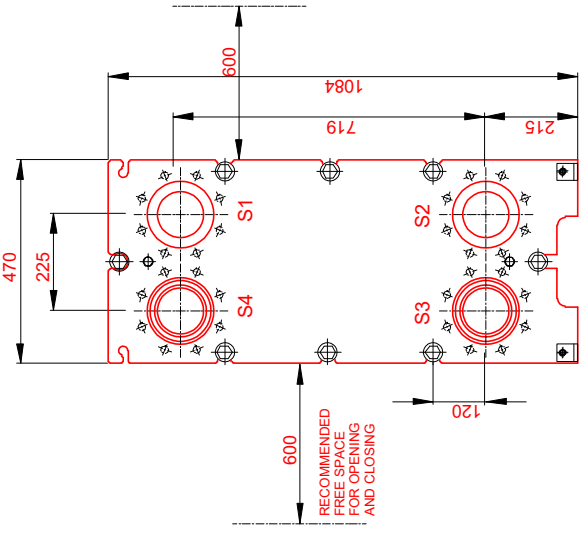
This document and its contents are subject to copyrights and other intellectual property rights owned by Alfa Laval AB (publ) or any of its affiliates (jointly âAlfa Lavalâ). No part of this document may be copied, reproduced or transmitted in any form or by any means, or used for any purpose, other than specifically permitted by Alfa Laval. All rights reserved

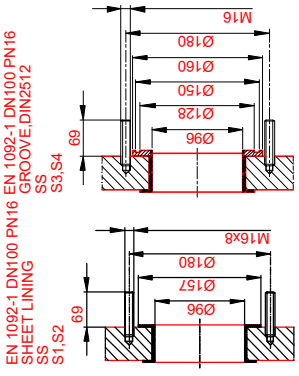
PRESSURE PLATE
(MOVABLE)
SECTION A-A





FRAME PLATE
(FIXED)





TOTAL LENGTH	745	mm
TOTAL WIDTH	470	mm
TOTAL HEIGHT	1084	mm

Do not use this drawing for foundation bolting, piping layout or planning of lifting and handling of the equipment

ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

SIDE	MEDIA	F.D.G.	INLET	TEMP.	OUTLET	TEMP.	FLOW RATE	PRESSURE DROP	LIQUID VOL.
1	30.0% Eth.glycol	2	S2	2.0 °C	S1	-2.0 °C	73280 kg/h	94.92 kPa	16,98 dm³
2	Ammonia	1	S3	-8.0 °C	S4	-8.0 °C	2547 kg/h	5.918 kPa	17,61 dm³

REMARKS:	SIDE 1	SIDE 2		
TEST PRESSURE	14,3 bar	22,9 bar	GASKET	NBRP/CR Clip-on
DESIGN PRESSURE	10 bar	16 bar	PLATE MATERIAL	ALLOY 316
MAX TEMPERATURE	100 °C	100 °C	PLATE THICKNESS	0.50 mm
MIN TEMPERATURE	-10 °C	-10 °C	HEATING SURFACE	12,5 m²
NETWEIGHT	402 kg		PLATE GROUPING	1*26MG/1*27MW
WEIGHT WITH WATER	437 kg		HEAT LOAD	300 kW

SUPPLIER	REF.	ITEM NO.
		300kW
AGENT / REF.		
CUSTOMER NAME / REF. NO.		
SIGN.	RISK CATEGORY III	

PLATE HEAT EXCHANGER

M10-BWFG

PED CE

(Untitled 1)

DATE 2025-06-05

REV NO. 0

Anexo F.6 – Características dos Frigodifusores

Sala de Moldagem/Enchimento

Data: 2025-04-01
Data de pedido:
Projeto:
Nº do orçamento:
Item:
Referência:

Resfriador de ar **2 x MGBK 050.1B/24-ES/6P Para cálculo somente!**

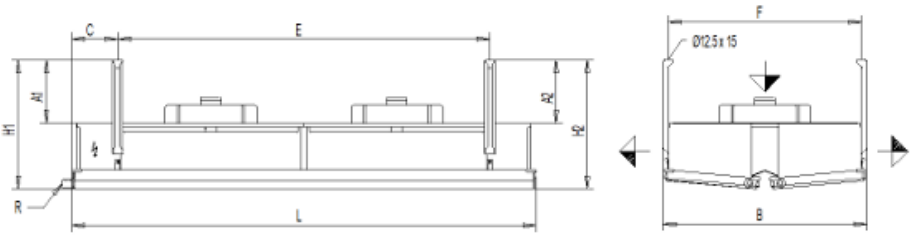
Capacidade:	23.2 kW(1)		
Reserva de superfície:	0.1 %	**Meio:**	Etileno glicol 30 Vol. %
Fluxo de ar:	7300 m³/h	Entrada:	-2.0 °C
Velocidade do ar:	1.4 m/s	Saída:	2.0 °C
Temperatura do Ar:	10.0 °C	Queda de pressão:	0.46 bar
Umidade relativa:	69 %	Vazão volumétrica (atual/máx.):	5.35 / 9.61 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores:	2 Peça(s) 3~400V 50HzY/(--)	Diâmetro do ventilador:	500 mm
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	48 dB(A) em 3.0 m(2)
Velocidade:	960 min-1 / (--)	Potência de ruído:	71 dB(A)
Capacidade:	0.23 kW, 1/6 hp mecânico		
Corrente:	0.75 A	Flecha de ar:	aprox. 2 x 12 m(3)

Carenagem:	AlMg, Pintura Epóxi sinal branco	Tubos:	Cobre(4)
Superfície:	103.9 m²	Aletas:	Alumínio(4)
Volume do tubo:	21.9 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	4.00 mm	Entrada:	2 1/8 in
Peso seco:	171 kg(5)	Saída:	2 1/8 in
Pressão máx. de operação:	16.0 bar		

Dimensões::

L	=	2888 mm
B	=	1096 mm
H1	=	727 mm
H2	=	698 mm
A1	=	372 mm
A2	=	342 mm
E	=	2400 mm
C	=	248 mm
F	=	1040 mm
R	=	G1¼"



Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

/2023 · Unnamed · Página 1 de 2

Data: 2025-04-01
Data de pedido:
Projeto:
Nº do orçamento:
Item:
Referência:

Resfriador de ar 2 x MDGN 046C/17-ES/18P Para cálculo somente!

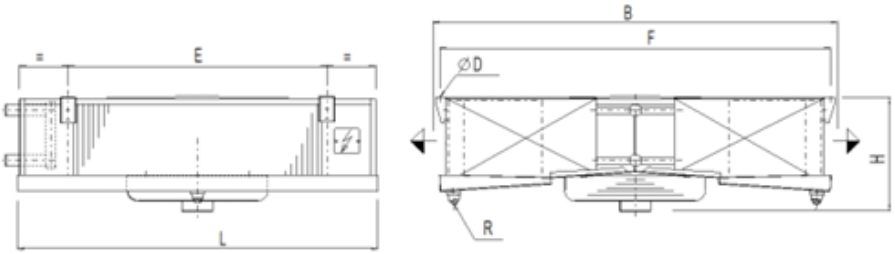
Capacidade:	7.7 kW[1]		
Reserva de superfície:	-0.1 %	**Meio:**	Etileno glicol 30 Vol. %
Fluxo de ar:	3950 m³/h	Entrada:	-2.0 °C
Velocidade do ar:	2.3 m/s	Saída:	2.0 °C
Temperatura do Ar:	10.0 °C	Queda de pressão:	0.16 bar
Umidade relativa:	69 %	Vazão volumétrica (atual/máx.):	1.77 / 2.02 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores:	1 Peça(s) 3~400V 50HzY/(--)	Diâmetro do ventilador:	450 mm
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	47 dB(A) em 3.0 m[2]
Velocidade:	1250 min-1 / (--)	Potência de ruído:	69 dB(A)
Capacidade:	0.24 kW, 1/6 hp mecânico		
Corrente:	0.46 A	Flecha de ar:	aprox. 2 x 8 m[3]

Carenagem:	AlMg, Pintura Epóxi sinal branco	Tubos:	Cobre[4]
Superfície:	40.7 m²	Aletas:	Alumínio[4]
Volume do tubo:	11.7 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	3/4 in
Peso seco:	67 kg[5]	Saída:	3/4 in
Pressão máx. de operação:	16.0 bar		

Dimensões::

L = 1200 mm
B = 1565 mm
H = 450 mm
E = 800 mm
F = 1510 mm
ØD = 14 x 18 mm
R = G¾"



Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

Data: 2025-04-01
Data de pedido:
Projeto:
Nº do orçamento:
Item:
Referência:

Resfriador de ar **MDGN 041C/210-EW/18P Para cálculo somente!**

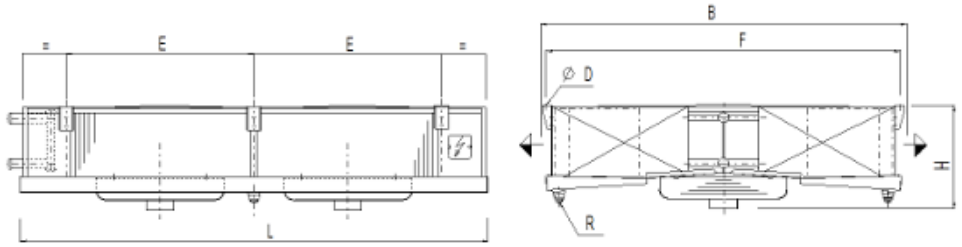
Capacidade:	12.2 kW(1)		
Reserva de superfície:	0.0 %	**Meio:**	Etileno glicol 30 Vol. %
Fluxo de ar:	6400 m³/h	Entrada:	-2.0 °C
Velocidade do ar:	2.5 m/s	Saída:	2.0 °C
Temperatura do Ar:	10.0 °C	Queda de pressão:	0.49 bar
Umidade relativa:	69 %	Vazão volumétrica (atual/máx.):	2.82 / 4.79 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores:	2 Peça(s) 1~230V 50Hz	Diâmetro do ventilador:	400 mm
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	58 dB(A) em 3.0 m(2)
Velocidade:	1310 min-1	Potência de ruído:	80 dB(A)
Capacidade:	0.27 kW, 1/3 hp mecânico		
Corrente:	1.16 A	Flecha de ar:	aprox. 2 x 9 m(3)

Carenagem:	AlMg, Pintura Epóxi sinal branco	Tubos:	Cobre(4)
Superfície:	44.0 m²	Aletas:	Alumínio(4)
Volume do tubo:	16.8 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	10.00 mm	Entrada:	1 1/8 in
Peso seco:	92 kg(5)	Saída:	1 1/8 in
Pressão máx. de operação:	16.0 bar		

Dimensões::

L = 1600 mm
B = 1565 mm
H = 450 mm
E = 600 mm
F = 1510 mm
ØD = 14 x 18 mm
R = G¾"



Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

Data: 2025-04-01
Data de pedido:
Projeto:
Nº do orçamento:
Item:
Referência:

Resfriador de ar **3 x MDGN 046A/24-ES/8P Para cálculo somente!**

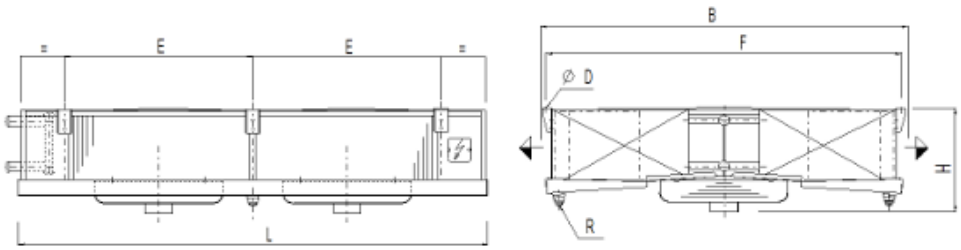
Capacidade:	17.4 kW[1]		
Reserva de superfície:	-0.0 %	**Meio:**	Etileno glicol 30 Vol. %
Fluxo de ar:	8160 m³/h	Entrada:	-2.0 °C
Velocidade do ar:	2.4 m/s	Saída:	2.0 °C
Temperatura do Ar:	10.0 °C	Queda de pressão:	0.26 bar
Umidade relativa:	69 %	Vazão volumétrica (atual/máx.):	4.02 / 4.79 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores:	2 Peça(s) 3~400V 50HzY/(--)	Diâmetro do ventilador:	450 mm
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	50 dB(A) em 3.0 m[2]
Velocidade:	1250 min-1 / (--)	Potência de ruído:	72 dB(A)
Capacidade:	0.24 kW, 1/6 hp mecânico		
Corrente:	0.46 A	Flecha de ar:	aprox. 2 x 11 m[3]

Carenagem:	AlMg, Pintura Epóxi sinal branco	Tubos:	Cobre[4]
Superfície:	92.3 m²	Aletas:	Alumínio[4]
Volume do tubo:	14.6 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	4.00 mm	Entrada:	1 1/8 in
Peso seco:	114 kg[5]	Saída:	1 1/8 in
Pressão máx. de operação:	16.0 bar		

Dimensões::

L = 2000 mm
B = 1565 mm
H = 450 mm
E = 800 mm
F = 1510 mm
ØD = 14 x 18 mm
R = G¾"



Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

Data: 2025-04-01
Data de pedido:
Projeto:
Nº do orçamento:
Item:
Referência:

Resfriador de ar **3 x MDGN 041C/27-EW/18P Para cálculo somente!**

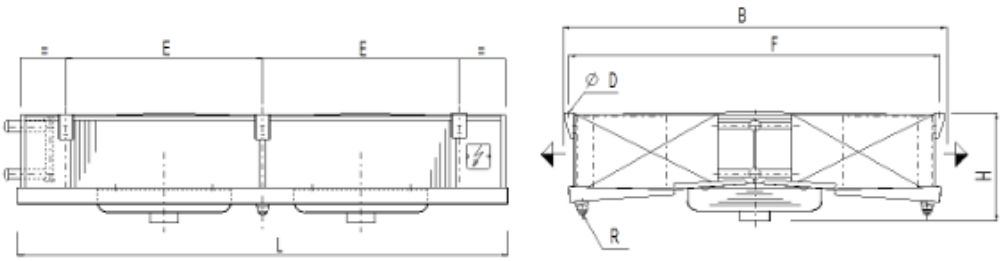
Capacidade:	16.0 kW[1]		
Reserva de superfície:	-0.0 %	**Meio:**	Etileno glicol 30 Vol. %
Fluxo de ar:	6300 m³/h	Entrada:	-2.0 °C
Velocidade do ar:	2.5 m/s	Saída:	2.0 °C
Temperatura do Ar:	10.0 °C	Queda de pressão:	0.78 bar
Umidade relativa:	69 %	Vazão volumétrica (atual/máx.):	3.69 / 4.79 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores:	2 Peça(s) 1~230V 50Hz	Diâmetro do ventilador:	400 mm
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	58 dB(A) em 3.0 m[2]
Velocidade:	1310 min-1	Potência de ruído:	80 dB(A)
Capacidade:	0.27 kW, 1/3 hp mecânico		
Corrente:	1.16 A	Flecha de ar:	aprox. 2 x 8 m[3]

Carenagem:	AlMg, Pintura Epóxi sinal branco	Tubos:	Cobre[4]
Superfície:	61.1 m²	Aletas:	Alumínio[4]
Volume do tubo:	16.8 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	1 1/8 in
Peso seco:	93 kg[5]	Saída:	1 1/8 in
Pressão máx. de operação:	16.0 bar		

Dimensões::

L = 1600 mm
B = 1565 mm
H = 450 mm
E = 600 mm
F = 1510 mm
ØD = 14 x 18 mm
R = G¾"



Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

Data: 2025-04-01
Data de pedido:
Projeto:
Nº do orçamento:
Item:
Referência:

Resfriador de ar **3 x MDGN 046C/27-ES/6P Para cálculo somente!**

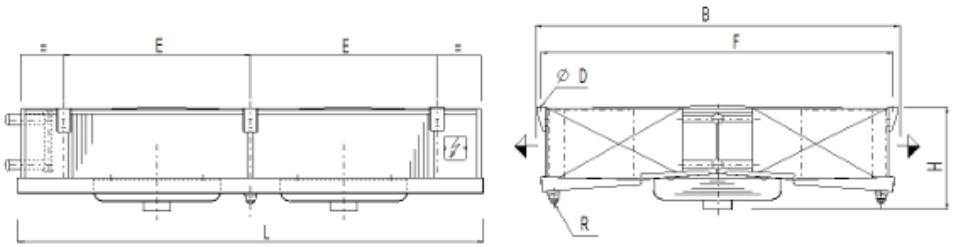
Capacidade:	25.7 kW[1]		
Reserva de superfície:	0.0 %	**Meio:**	Etileno glicol 30 Vol. %
Fluxo de ar:	7900 m³/h	Entrada:	-2.0 °C
Velocidade do ar:	2.3 m/s	Saída:	2.0 °C
Temperatura do Ar:	14.0 °C	Queda de pressão:	0.12 bar
Umidade relativa:	64 %	Vazão volumétrica (atual/máx.):	5.93 / 7.30 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores:	2 Peça(s) 3~400V 50HzY/(--)	Diâmetro do ventilador:	450 mm
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	50 dB(A) em 3.0 m[2]
Velocidade:	1250 min-1 / (--)	Potência de ruído:	72 dB(A)
Capacidade:	0.24 kW, 1/6 hp mecânico		
Corrente:	0.46 A	Flecha de ar:	aprox. 2 x 11 m[3]

Carenagem:	AlMg, Pintura Epóxi sinal branco	Tubos:	Cobre[4]
Superfície:	81.5 m²	Aletas:	Alumínio[4]
Volume do tubo:	22.4 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	1 3/8 in
Peso seco:	115 kg[5]	Saída:	1 3/8 in
Pressão máx. de operação:	16.0 bar		

Dimensões::

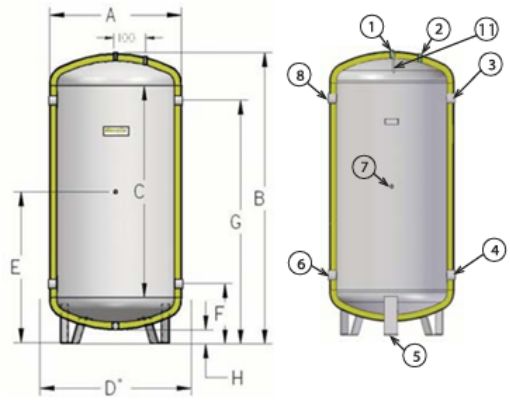
L = 2000 mm
B = 1565 mm
H = 450 mm
E = 800 mm
F = 1510 mm
ØD = 14 x 18 mm
R = G¾"



Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

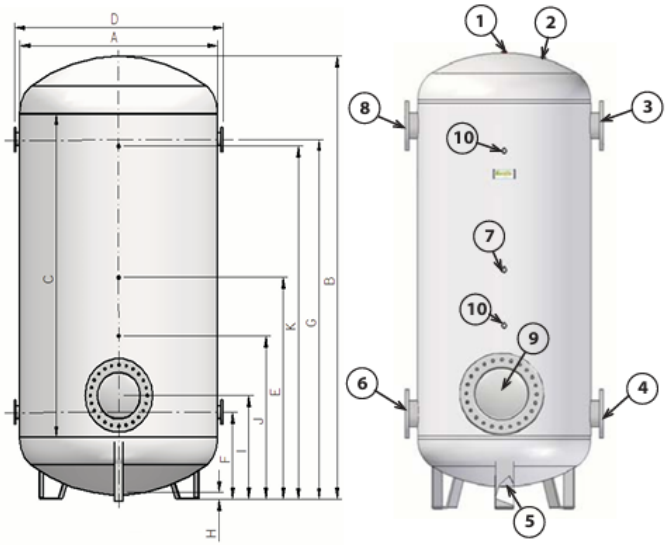
Anexo F.7 – Características dos Equipamentos do Circuito de Água Glicolada

Anexo F.7.1 – Depósito de Inércia



D*: solo para modelos a partir de 750 litros, con bridas/
D*: only for models from 750 litres, with flanged connections

HASTA 5.000 LITROS / UP TO 5,000 LITRES



DE 6.000 A 10.000 LITROS/ FROM 6,000 TO 10,000 LITRES

INSTALAR SIEMPRE VÁLVULAS DE SEGURIDAD / ALWAYS INSTALL SAFETY VALVES
INSTALLER TOUJOURS AVEC SOUPAPES DE SÉCURITÉ / SEMPRE INSTALAR VÁLVULA DE SEGURANÇA

Modelo/ Model	Capacidad/ Capacity (Litros/ Litres)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	I (mm)	J (mm)	K (mm)	Conexiones/ Connections						Peso/ Weight (kg)
													1-7	2	3-4-6-8	5	9	10	
DPAC/DI 100	100	520	953	600	---	511	291	731	80	---	---	---	1/2"	1/2"	1-1/2"	3/4"	---	---	45
DPAC/DI 150	150	520	1.203	850	---	636	291	981	80	---	---	---	1/2"	1/2"	1-1/2"	3/4"	---	---	53
DPAC/DI 200	200	520	1.503	1.150	---	786	291	1.281	80	---	---	---	1/2"	1/2"	2"	3/4"	---	---	69
DPAC/DI 250	250	560	1.613	1.250	---	846	301	1.391	80	---	---	---	1/2"	1/2"	2"	3/4"	---	---	82
DPAC/DI 300	300	560	1.863	1.500	---	971	301	1.641	80	---	---	---	1/2"	1/2"	2"	3/4"	---	---	106
DPAC/DI 500	500	670	1.921	1.500	---	1.001	330	1.671	80	---	---	---	1/2"	1/2"	2"	1"	---	---	128
DPAC/DI 800	800	930	1.828	1.250	1.130	967	462	1.472	115	---	---	---	1/2"	1/2"	3"	1"	---	---	171
DPAC/DI 1.000	1.000	930	2.078	1.500	1.130	1.092	462	1.692	115	---	---	---	1/2"	1/2"	3"	1"	---	---	212
DPAC/DI 1.500	1.500	1.280	1.861	1.000	1.450	978	628	1.328	115	---	---	---	1/2"	1/2"	4"	1"	---	---	324
DPAC/DI 2.000	2.000	1.280	2.361	1.500	1.450	1.228	628	1.828	115	---	---	---	1/2"	1/2"	4"	1-1/2"	---	---	364
DPAC/DI 2.500	2.500	1.510	1.971	1.000	1.720	1.033	683	1.383	115	---	---	---	1/2"	1/2"	4"	1-1/2"	---	---	518
DPAC/DI 3.000	3.000	1.510	2.471	1.500	1.720	1.293	693	1.893	115	---	---	---	1/2"	1/2"	4"	1-1/2"	---	---	555
DPAC/DI 4.000	4.000	1.910	2.190	1.000	2.050	1.138	788	1.488	115	---	---	---	1/2"	1/2"	4"	1-1/2"	---	---	898
DPAC/DI 5.000	5.000	1.910	2.690	1.500	2.050	1.388	788	1.988	115	---	---	---	1/2"	1/2"	4"	1-1/2"	---	---	975
DPAC/DI 6.000	6.000	1.910	3.190	2.000	2.050	1.631	781	2.481	115	946	1.476	2.470	1/2"	1-1/2"	4"	2"	DN-400	1/2"	1.030
DPAC/DI 7.000	7.000	1.910	3.694	2.500	2.050	1.881	781	2.981	115	946	1.476	2.970	1/2"	1-1/2"	4"	2"	DN-400	1/2"	1.069
DPAC/DI 8.000	8.000	1.910	3.944	2.750	2.050	2.006	781	3.231	115	946	1.476	3.220	1/2"	1-1/2"	5"	2"	DN-400	1/2"	1.205
DPAC/DI 9.000	9.000	1.910	4.444	3.250	2.050	2.256	781	3.731	115	946	1.476	3.720	1/2"	1-1/2"	5"	2"	DN-400	1/2"	1.308
DPAC/DI 10.000	10.000	1.910	4.694	3.500	2.050	2.381	781	3.981	115	946	1.476	3.970	1/2"	1-1/2"	5"	2"	DN-400	1/2"	1.452

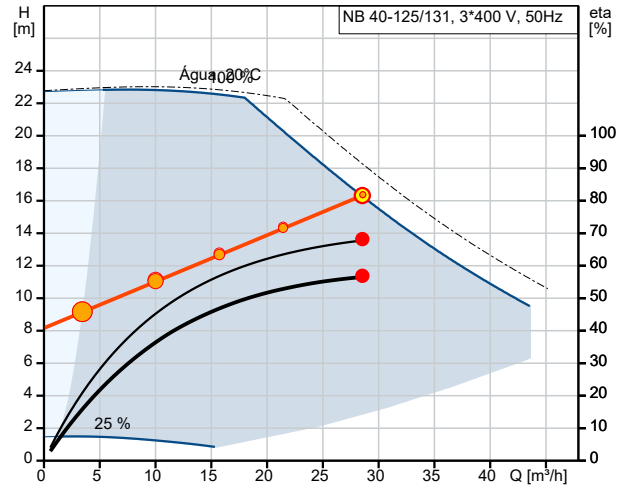
1. Purga/Purge/ Purgeur/ Purga.
2. Válvula de seguridad/ Safety valve/ Soupape de sécurité/ Válvula de segurança.
3. Salida a circuito de calor/ Outlet to heater circuit/Sortie circuit chauffage/ Saída circuito de calor.
4. Salida a circuito de frío/ Outlet to cold circuit/ Sortie circuit refroidisement/ Saída circuito de frio.
5. Vaciado/ Drain/ Vidange/ Vazamento.
6. Entrada desde enfriadora o retorno a caldera/ Inlet from cooling unit or return to boiler/ Entrée dés refroidisseur ou retour á la chaudière/ Entrada a partir do chiller ou retorno á caldeira.
7. Toma para termómetro/ Connexion for thermometer/ Connexion pour thermométre/ Tomada para termômetro.
8. Entrada desde caldera o retorno a enfriadora/ Inlet from boiler or return to cooling unit/ Entrée dés chaudière ou retour á la refroidisseur/ Entrada a partir da caldeira ou retorno ó chiller.
9. Boca de registro DN-400 (Solo para depósitos a partir de 6.000 litros)/ Manhole DN-400 (only for tanks from 6,000 litres). Trappe de visite DN-400 (uniquement pour les réservoirs de 6.000 litres) / Porta de visita (so para tanques a partir de 6.000 litros)
10. Toma para sonda (Solo para depósitos a partir de 6.000 litros)/ Connection for probe (only for tanks from 6,000 litres) Connexion pour sonde (uniquement pour les réservoirs de 6.000 litres) / Tomada para sonda (so para tanques a partir de 6.000 litros)
11. Los depósitos se suministran con o sin orejetas de elevación dependiendo de la capacidad/ The tanks are supplied with or without lifting lugs depending on capacity/ Les réservoirs sont livrés avec ou sans des anneaux de levage en fonction de la capacité/ Os tanques são fornecidos com ou sem alças de elevação dependendo da capacidade.

Anexo F.7.2 – Bombas de Recirculação de Água Glicolada

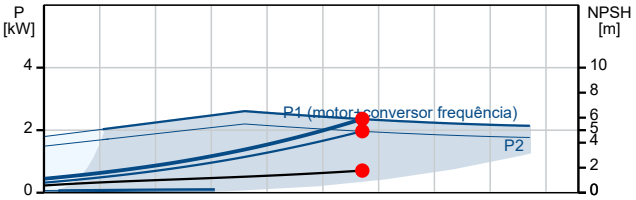
Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

Data: 11/07/2025

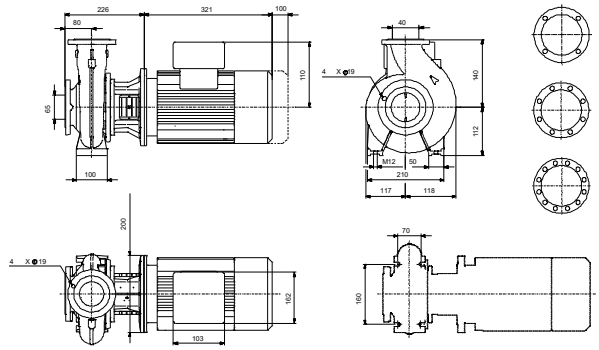
Descrição	Valor
Inf. geral:	
Designação do produto:	NB 40-125/131 AAF2AESBQQEIW1
Código::	A pedido
Número EAN::	A pedido
Técnicos:	
Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma:	2604 rpm
Caudal efectivo calculado:	28.58 m³/h
Altura manométrica resultante da bomba:	16.37 m
Diâmetro efectivo do impulsor:	131 mm
Diâmetro nominal de impulsor:	125
Arranjo do empanque de veio:	Single
Empanque de veio primário:	BQQE
Diâmetro do veio:	24 mm
Código de empanque do veio:	BQQE
Curva de tolerância:	ISO9906:2012 3B2
Versão da bomba:	A
Modelo de rolamento:	Standard
Materiais:	
Corpo da bomba:	Ferro fundido
Caixa da bomba:	EN-GJL-250
Corpo da bomba:	ASTM class 35
Anel de desgaste:	Brass
	CuZn34Mn3Al2Fe1-C
Impulsor:	Cast iron
	EN-GJL-200
Qualidade do material do impulsor:	ASTM class 30
Revestimento interno do corpo da bomba:	CED
Código do material:	A
Código de material:	A
Código para a borracha:	E
Veio/Eixo:	Stainless steel
	EN 1.4301
	AISI 304
Instalação:	
Temperatura ambiente máxima:	60 °C
Pressão máx. de funcionamento:	16 bar
Conexão de tubo standard:	EN 1092-2
Dimensão da conexão de entrada:	DN 65
Dimensão da conexão de saída:	DN 40
Nível de pressão para conexão:	PN 16
Lubrificação do rolamento:	Grease
Corpo de bomba com pés:	Yes
Sim = Com bloco de suporte, No = Sem bloco de suporte:	N
Código da ligação:	F2
Código de ligação:	F2
Líquido:	
Líquido bombeado:	Etileno Glicol
Gama de temperatura do líquido:	-25 .. 120 °C
Concentração:	30 %
Temperatura do líquido durante operação:	-2 °C
Densidade:	1052 kg/m³
Viscosidade cinemática:	4.25 mm²/seg
Car. eléctricas:	

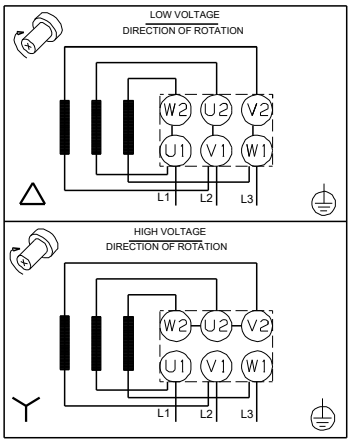


Q = 28.54 m³/h
n = 90 % (44.7Hz) / 2604 rpm
Viscosidade = 4.25 mm²/seg
Bomba Eta = 68.2 %
H = 16.32 m
Concentração = 30 %
Densidade = 1052 kg/m³
Líquido bombeado = Etileno Glicol
Temperatura do líquido durante o funcionamento = -2 °C
Bomba+motor+conv.frequên. Eta = 56.9 %



P1 (motor+conversor frequência) = 2.358 kW
P2 = 1.968 kW
NPSH = 1.77 m





Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

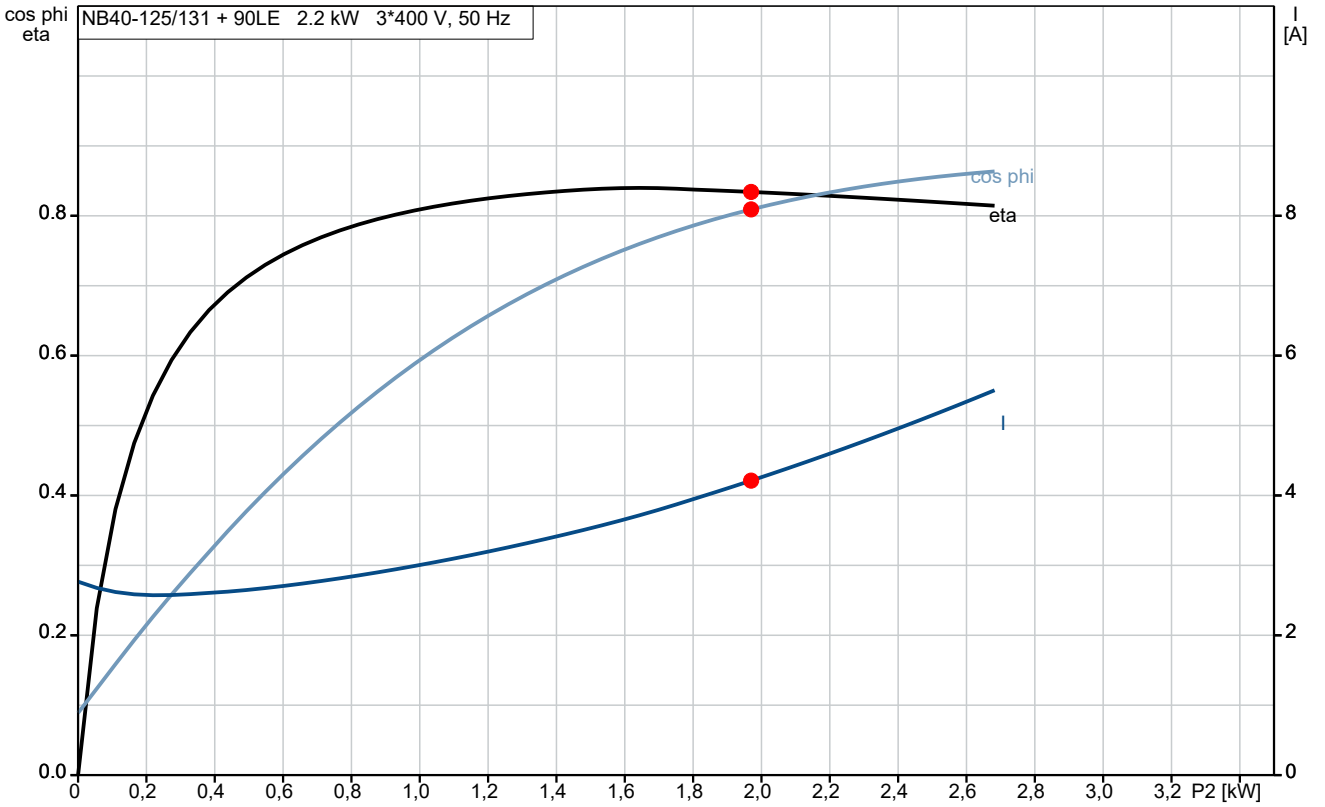
Data: 11/07/2025

Descrição	Valor
Tipo de motor:	90LE
Potência nominal - P2:	2.2 kW
Frequência da rede:	50 Hz
Tensão nominal:	3 x 220-240D/380-415Y V
Corrente nominal:	8.00/4.60 A
Corrente de arranque:	840-920 %
Velocidade nominal:	2890-2910 rpm
Classe de eficiência IE:	IE3
Eficiência do motor com carga total:	85.9 %
Eficiência do motor a 3/4 de carga:	88.2-87.2 %
Eficiência do motor a 1/2 carga:	88.0-85.5 %
Número de pólos:	2
Classe de protecção (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Protecção do motor incorporada:	NENHUM
Motor n.º:	99583819
Concepção de montagem conforme CEI 34-7:	IM V1/B5
Tipo de isolamento dos rolamentos, extremidade oposta:	Steel Bearing
Controlos:	
Conversor frequência:	None
Sensor de pressão:	N
Outros:	
Índice de eficiência mínima, MEI:	0.70
Peso líquido:	46 kg
Peso bruto:	56 kg
Volume de expedição:	0.178 m³
Dinamarca VVS Nº:	386061127
País de origem:	HU
Nº taxa aduaneira:	84137051
Idioma na placa de identificação da bomba:	GB

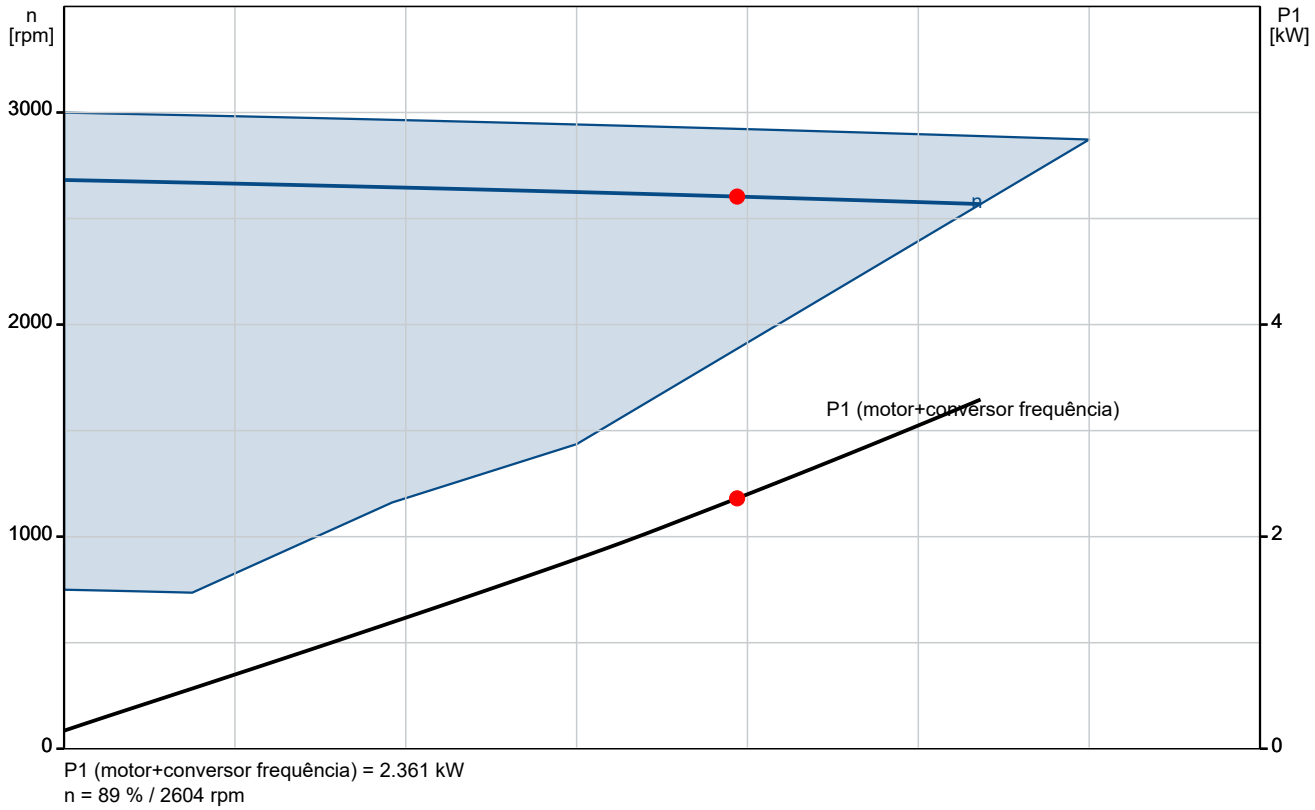
Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

Data: 11/07/2025

A pedido NB 40-125/131 AAF2AESBQQEIW1 50 Hz



P2 = 1.97 kW
cos phi = 0.81
Eta = 83.4 %
I = 4.21 A

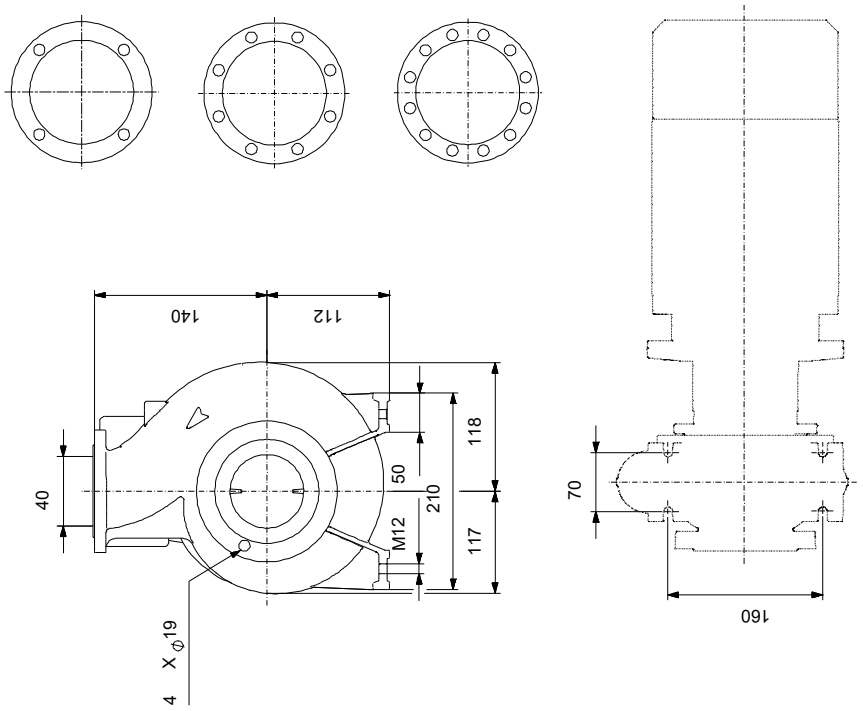


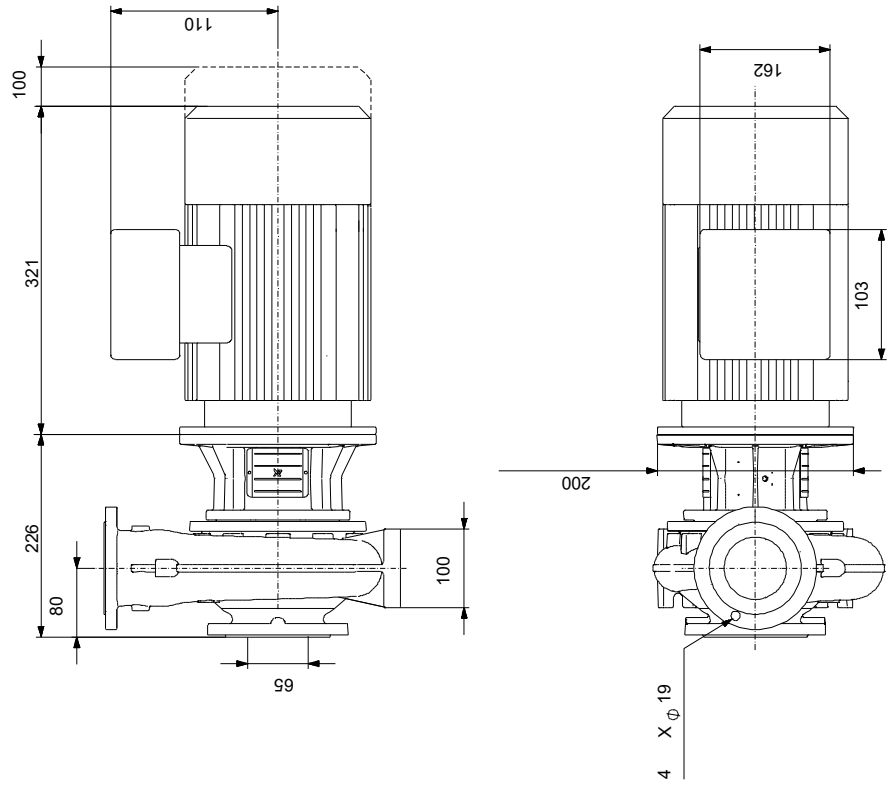
P1 (motor+conversor frequência) = 2.361 kW
n = 89 % / 2604 rpm

Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

Data: 11/07/2025

A pedido NB 40-125/131 AAF2AESBQQEIW1 50 Hz



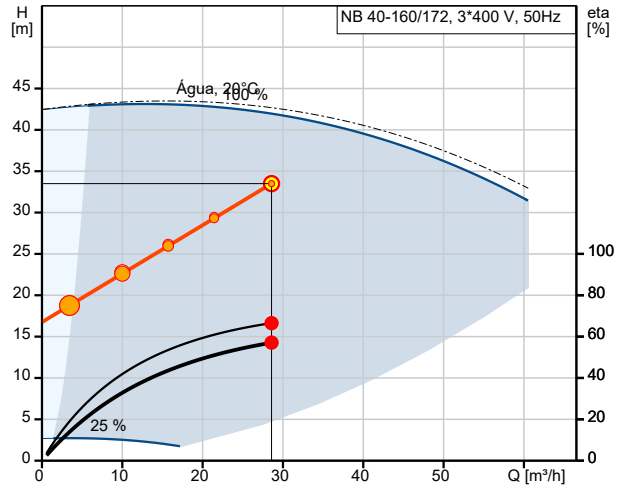


Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

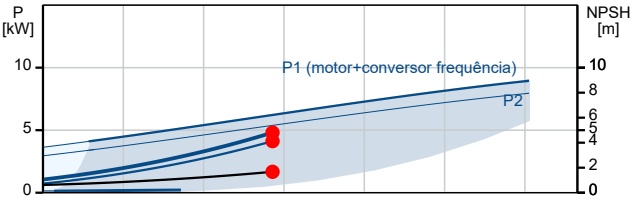
Data: 11/07/2025

Descrição	Valor
Inf. geral:	
Designação do produto:	NB 40-160/172 AAF2AESBQQENW1
Código::	98045640
Número EAN::	5710628042812
Técnicos:	
Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma:	2677 rpm
Caudal efectivo calculado:	28.58 m³/h
Altura manométrica resultante da bomba:	33.5 m
Diâmetro efectivo do impulsor:	172 mm
Diâmetro nominal de impulsor:	160
Arranjo do empanque de veio:	Single
Empanque de veio primário:	BQQE
Diâmetro do veio:	24 mm
Código de empanque do veio:	BQQE
Curva de tolerância:	ISO9906:2012 3B
Versão da bomba:	A
Modelo de rolamento:	Standard
Materiais:	
Corpo da bomba:	Ferro fundido
Caixa da bomba:	EN-GJL-250
Corpo da bomba:	ASTM class 35
Anel de desgaste:	Brass
	CuZn34Mn3Al2Fe1-C
Impulsor:	Cast iron
	EN-GJL-200
Qualidade do material do impulsor:	ASTM class 30
Revestimento interno do corpo da bomba:	CED
Código do material:	A
Código de material:	A
Código para a borracha:	E
Veio/Eixo:	Stainless steel
	EN 1.4301
	AISI 304
Instalação:	
Temperatura ambiente máxima:	60 °C
Pressão máx. de funcionamento:	16 bar
Conexão de tubo standard:	EN 1092-2
Dimensão da conexão de entrada:	DN 65
Dimensão da conexão de saída:	DN 40
Nível de pressão para conexão:	PN 16
Lubrificação do rolamento:	Grease
Corpo de bomba com pés:	Yes
Sim = Com bloco de suporte, No = Sem bloco de suporte:	N
Código da ligação:	F2
Código de ligação:	F2
Líquido:	
Líquido bombeado:	Etileno Glicol
Gama de temperatura do líquido:	-25 .. 120 °C
Concentração:	30 %
Temperatura do líquido durante operação:	-2 °C
Densidade:	1052 kg/m³
Viscosidade cinemática:	4.25 mm²/seg
Car. eléctricas:	

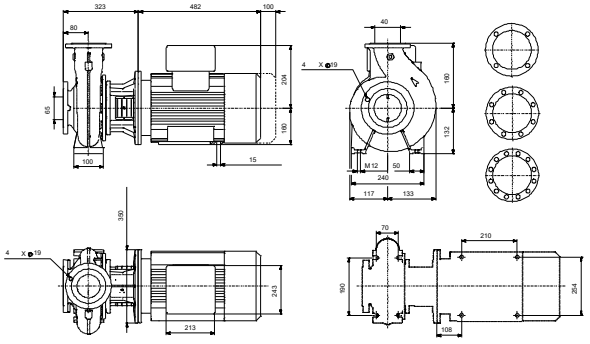


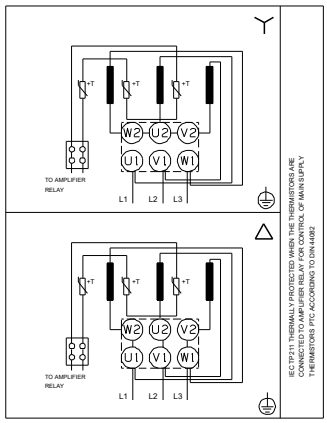
Q = 28.58 m³/h
n = 90 % (44.9Hz) / 2677 rpm
Viscosidade = 4.25 mm²/seg
Bomba Eta = 66.5 %
Líquido bombeado = Etileno Glicol
Temperatura do líquido durante o funcionamento = -2 °C
Bomba+motor+conv.frequên. Eta = 57.1 %

H = 33.5 m
Concentração = 30 %
Densidade = 1052 kg/m³



P1 (motor+conversor frequência) = 4.81 kW
P2 = 4.125 kW
NPSH = 1.67 m





Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

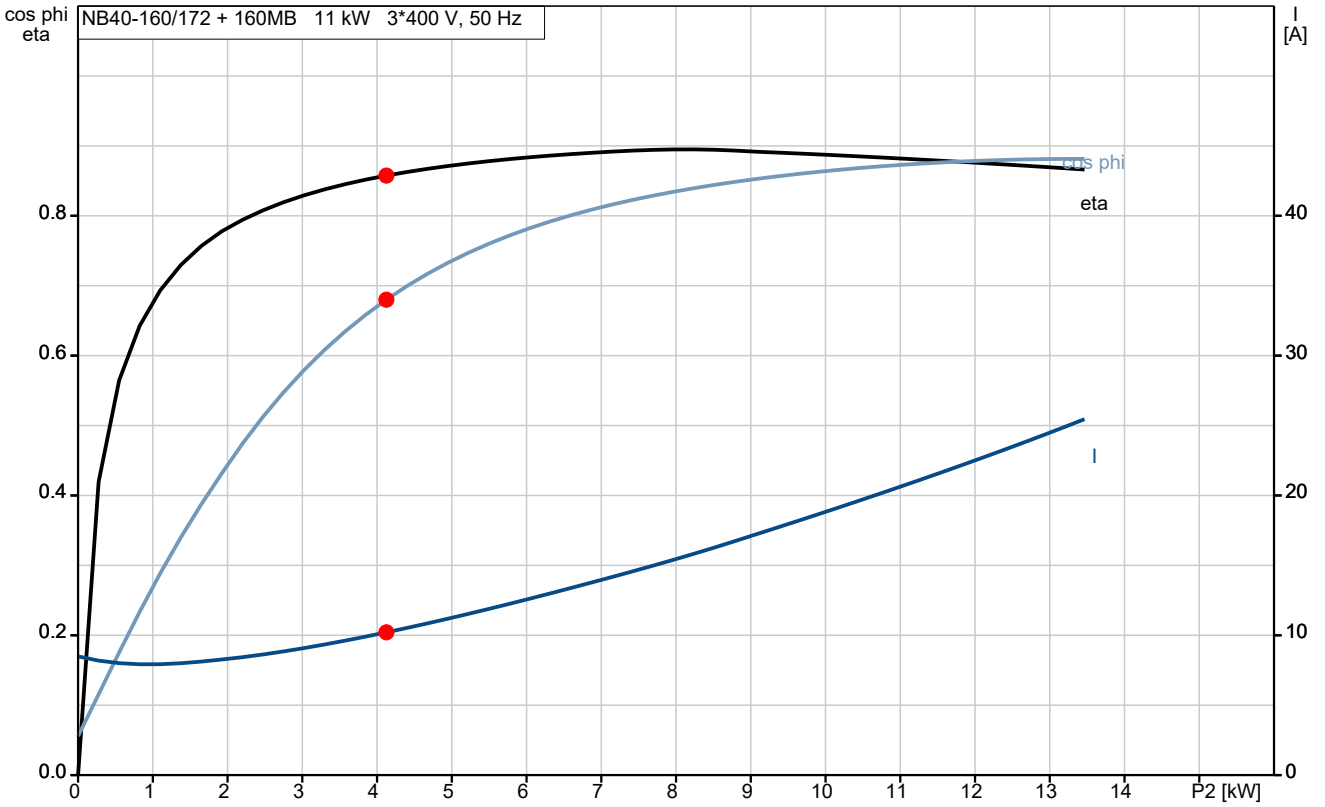
Data: 11/07/2025

Descrição	Valor
Tipo de motor:	160MB
Potência nominal - P2:	11 kW
Frequência da rede:	50 Hz
Tensão nominal:	3 x 380-415D V
Corrente nominal:	20.8-19.8 A
Corrente de arranque:	660-780 %
Cos phi - factor de potência:	0.88-0.84
Velocidade nominal:	2940-2950 rpm
Classe de eficiência IE:	IE3
Eficiência do motor com carga total:	91.2 %
Eficiência do motor a 3/4 de carga:	91.8 %
Eficiência do motor a 1/2 carga:	91.3-91.2 %
Número de pólos:	2
Classe de protecção (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Protecção do motor incorporada:	PTC
Motor n.º:	87420028
Concepção de montagem conforme CEI 34-7:	IM B35
Tipo de isolamento dos rolamentos, extremidade oposta:	Steel Bearing
Controlos:	
Conversor frequência:	None
Sensor de pressão:	N
Outros:	
Índice de eficiência mínima, MEI:	0.70
Peso líquido:	132 kg
Peso bruto:	154 kg
Volume de expedição:	0.509 m³
País de origem:	HU
Nº taxa aduaneira:	84137051
Idioma na placa de identificação da bomba:	GB

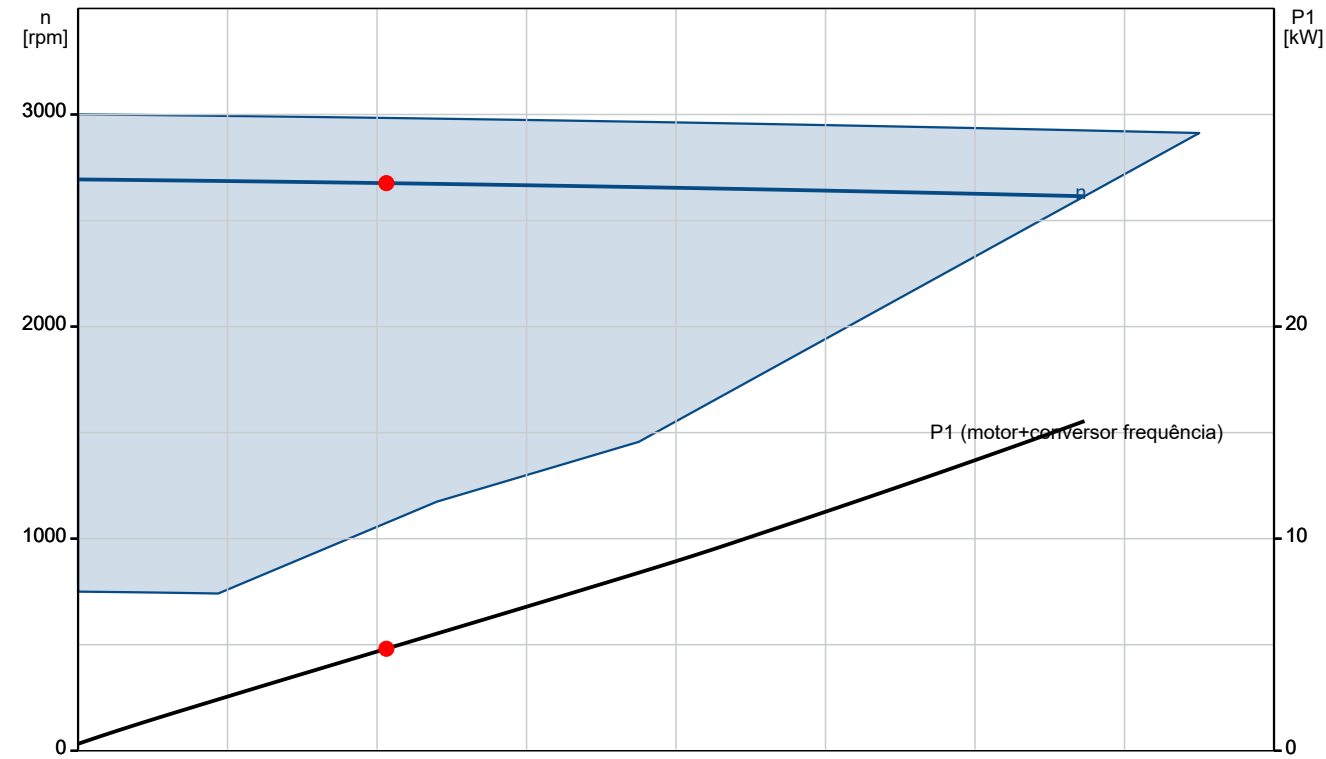
Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

Data: 11/07/2025

98045640 NB 40-160/172 AAF2AESBQQENW1 50 Hz



P2 = 4.125 kW
cos phi = 0.68
Eta = 85.8 %
I = 10.21 A

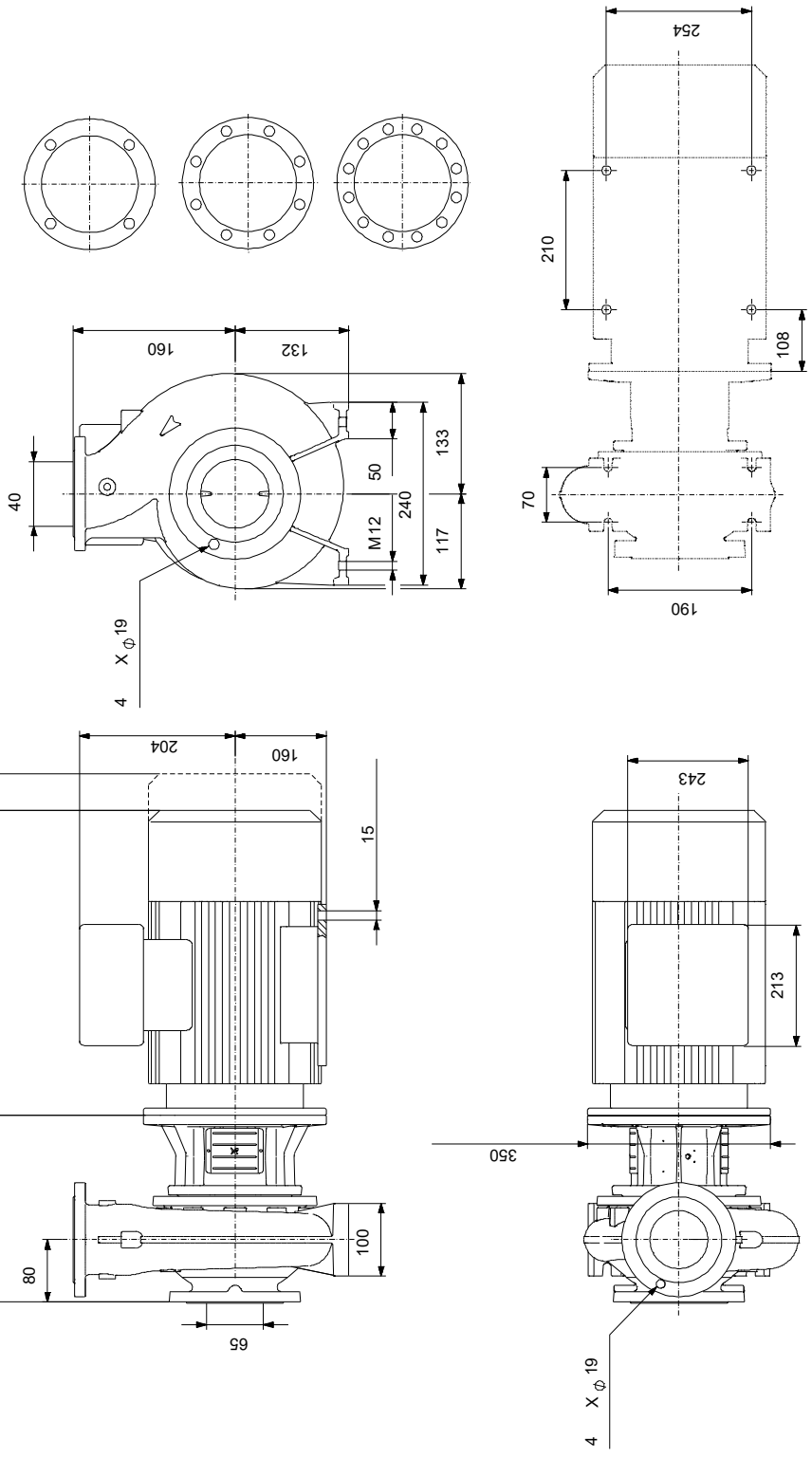


P1 (motor+conversor frequência) = 4.81 kW
n = 90 % / 2676 rpm

Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

Data: 11/07/2025

98045640 NB 40-160/172 AAF2AESBQQENW1 50 Hz

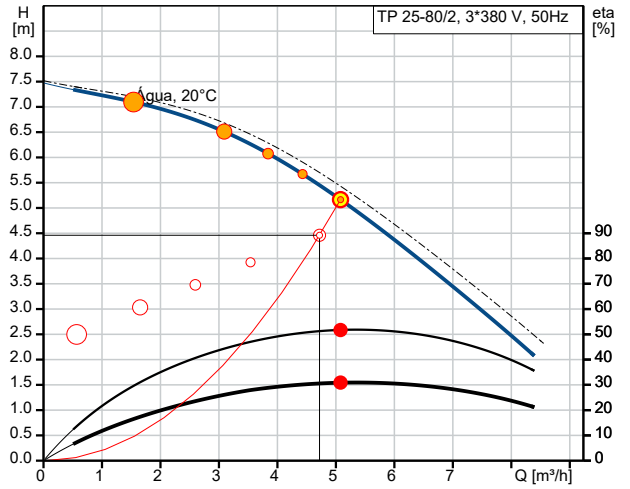


Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

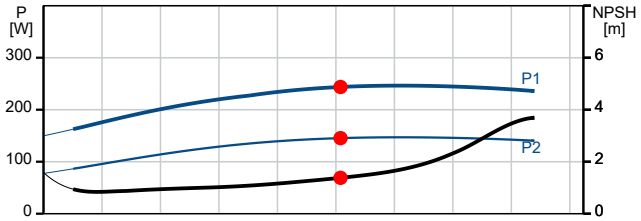
Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

Data: 18/09/2025

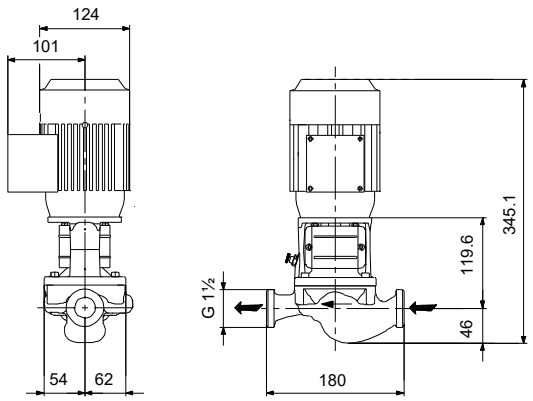
Descrição	Valor
Inf. geral:	
Designação do produto:	TP 25-80/2 A-O-A-BQQE-BW1
Código::	A pedido
Número EAN::	A pedido
Preço:	EUR 859
Técnicos:	
Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma:	2820 rpm
Caudal efectivo calculado:	5.079 m³/h
Altura manométrica resultante da bomba:	5.165 m
Altura manométrica máxima:	80 dm
Diâmetro efectivo do impulsor:	80 mm
Empanque de veio primário:	BQQE
Código de empanque do veio:	BQQE
Curva de tolerância:	ISO9906:2012 3B2
Versão da bomba:	A
Materiais:	
Corpo da bomba:	Ferro fundido
Caixa da bomba:	EN-GJL-150
Corpo da bomba:	ASTM class 25
Impulsor:	Composite
	PES+30% GF
Código do material:	A
Código de material:	A
Instalação:	
Gama de temperatura ambiente:	-20 .. 40 °C
Pressão máx. de funcionamento:	10 bar
Pressão máx. à temp. indicada:	10 bar / 120 °C
Conexão de tubo standard:	ISO 228-1
Tipo de conexão:	G
Dimensão da conexão:	DN 25
	1 1/2 inch
Nível de pressão para conexão:	PN 10
Extensão porta a porta:	180 mm
Dimensão de flange para motor:	FT75
Código da ligação:	O
Código de ligação:	O
Líquido:	
Líquido bombeado:	Etileno Glicol
Gama de temperatura do líquido:	-25 .. 120 °C
Concentração:	30 %
Temperatura do líquido durante operação:	-2 °C
Densidade:	1052 kg/m³
Viscosidade cinemática:	4.25 mm²/seg
Car. eléctricas:	
Tipo de motor:	INNOMOTICS
Potência nominal - P2:	0.18 kW
Frequência da rede:	50 Hz
Tensão nominal:	3 x 220-240/380-415 V
Corrente nominal:	0,94-0,96/0,55-0,56 A
Tensão solicitada:	380 V
Corrente nominal a esta tensão:	0.96 A
Corrente de arranque:	450 %
Cos phi - factor de potência:	0.78
Velocidade nominal:	2850 rpm
Eficiência:	IE2 60,4%

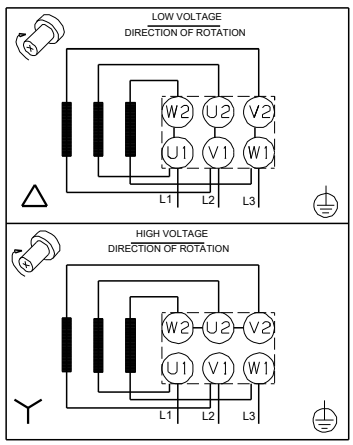


Q = 5.079 m³/h
H = 5.165 m
Concentração = 30 %
Viscosidade = 4.25 mm²/seg
Densidade = 1052 kg/m³
Bomba Eta = 51.7 %
Bomba+mot. Eta = 30.9 %
Líquido bombeado = Etileno Glicol
Temperatura do líquido durante o funcionamento = -2 °C



P1 = 243.7 W
P2 = 145.3 W
NPSH = 1.38 m





Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

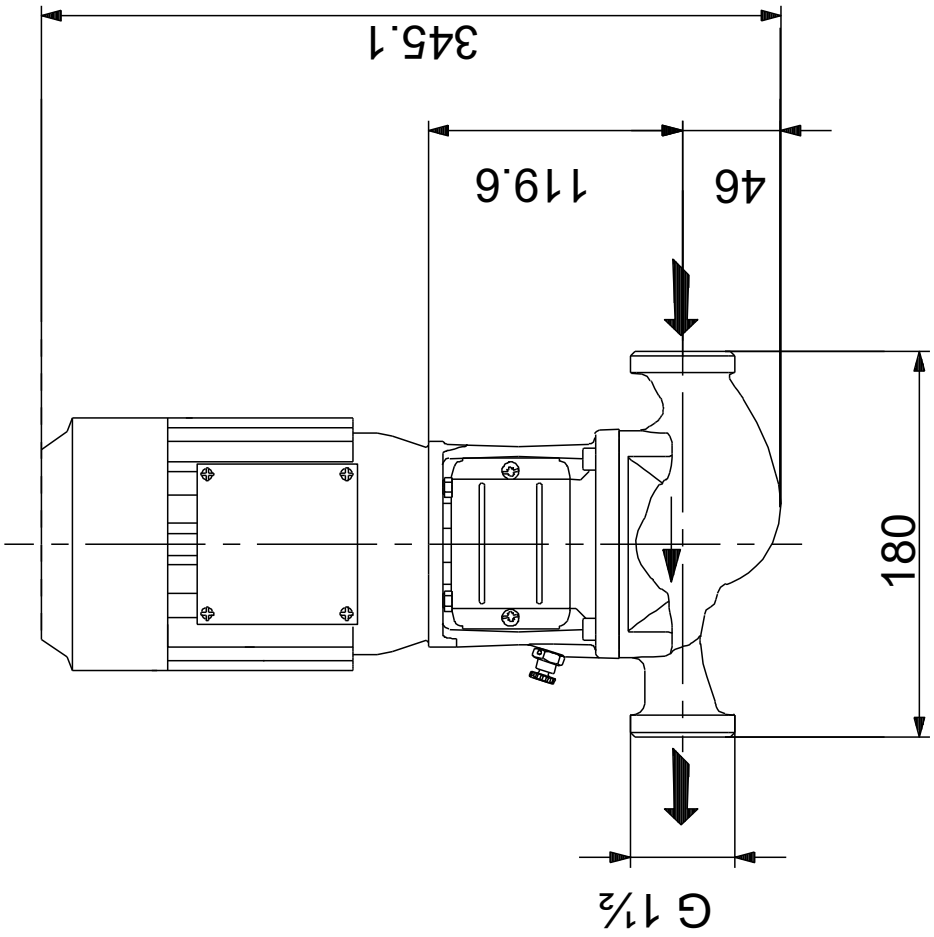
Data: 18/09/2025

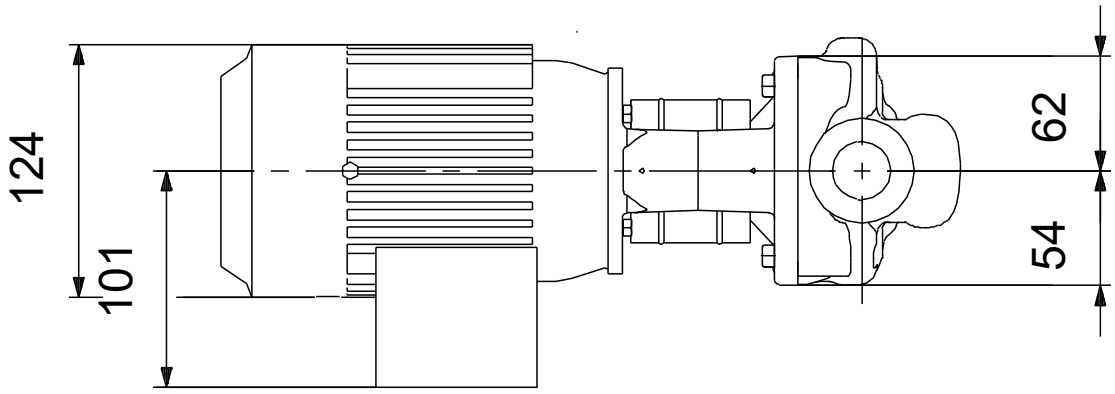
Descrição	Valor
Classe de eficiência IE:	IE2
Eficiência do motor com carga total:	60.4 %
Eficiência do motor a 3/4 de carga:	59.4 %
Eficiência do motor a 1/2 carga:	53.7 %
Número de pólos:	2
Classe de protecção (IEC 34-5):	IP55
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Protecção do motor incorporada:	NENHUM
Motor n.º:	99995094
Controlos:	
Conversor frequência:	None
Outros:	
Índice de eficiência mínima, MEI:	0.55
Peso líquido:	7.8 kg
Peso bruto:	8.8 kg
Volume de expedição:	0.026 m³
Dinamarca VVS Nº:	381810080
Finlândia LVI nº:	4616002
Noruega NRF nº:	9043511
País de origem:	HU
Nº taxa aduaneira:	84137051

Nome empresa:
Criado por:
Telefone:

Data: 18/09/2025

A pedido TP 25-80/2 A-O-A-BQQE-BW1 50 Hz





Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

Anexo F.7.3 – Vaso de Expansão

Reflex N 400, vaso de expansão com membrana, cinza, 6/1,5 bar

referência: 8218000

reflex
Thinking solutions.

Características

Tipo	N 400
Cor	cinza
Material da membrana	SBR
Volume nominal	400 l
Volume útil máx.	360 l
Temperatura do sistema máx. adm.	120 °C
Temperatura de serviço mín. adm.	-10 °C
Temperatura de serviço máx. adm.	70 °C
Sobrepressão de serviço máx. adm.	6 bar
Pressão inicial do gás ajustada de fábrica	1,5 bar
ligação	R 1"
Diâmetro	740 mm
Altura máx.	1093 mm
Altura da ligação de água	245 mm
Medida de inclinação aprox.	1163 mm
Peso	47,00 kg

Descrição

Reflex N
Vaso de expansão com membrana para sistemas de circuito fechado de água de aquecimento e refrigeração. Vasos construídos e produzidos de acordo com a norma DIN EN 13831. Aprovação nos termos da Diretiva 2014/68/UE relativa a equipamentos sob pressão.

- Revestimento de resina epoxídica de longa duração
- Diafragma não substituível conforme DIN EN 13831
- Acima de 35 litros vertical
- Para adição de, pelo menos, 25 a 50 % de anticongelante
- Com ligações roscadas
- Temperatura máx. admissível do sistema 120 °C
- temperatura de serviço máx. admissível 70 °C

Anexo F.8 – Implantação dos Evaporadores e Frigodifusores

ARMAZÉM PARA MATÉRIAS NÃO PERECÍVEIS

GABINETE

ARMAZÉM PARA MATERIAL DE EMBALAGEM

CAIS DE RECEPÇÃO

MDGN 041C/27-EW/18P

MDGN 041C/27-EW/18P

MDGN 041C/27-EW/18P

CÂMARA DE REFRIGERADOS CR13

DDI 8E2/8

SALA DE MÁQUINAS

CÂMARA DE REFRIGERADOS CR14

DDI 8E3/17

DLI 10J3/21

CÂMARA DE CONGELADOS CC12
(Produto Acabado)

DLI 10J3/21

PICKING DE CONGELADOS

DLI 10J4/37

MDGN 046C/27-ES/6P

CÂMARA DE CONGELADOS CC11
(Produto Acabado)

DLI 10J4/46

DLI 10J4/46

DLI 10G2/8

DLI 10G2/8

CÂMARA DE CONGELADOS CC15

CORREDOR NORTE

SALA DE FRITURA

ZONA DE ENCARTONAMENTO

MDGN 041C/210-EW/18P

MDGN 046A/24-ES/6P

CAIS DE EXPEDIÇÃO

SALA DE MATERIAL DE ETIQUETAGEM

H int. = 3,50 m
Vol. = 41 m3

2,96

3,64

GABINETE

H int. = 3,50 m
Vol. = 60 m3

4,97

DLI 10J4/37

MDGN 046C/27-ES/6P

UTA SANDOMETAL

SALA DE MOLDAGEM/ENCHIMENTO

TÚNEL DE CONGELAÇÃO

BSUTI 12.704 XL

MDGN 046C/17-ES/18P

MDGN 046A/24-ES/6P

MGBK 050.1B/24-ES/6P

MGBK 050.1B/24-ES/6P

ZONA DE ACONDICIONAMENTO

ARMAZÉM DE PROD. DE LIMPEZA

CÂMARA DE REFRIGERADOS CR16

DDI 8E2/8

COZINHA

TÚNEL DE CONGELAÇÃO

BSUTI 12.704 XL

MDGN 046C/17-ES/18P

MDGN 046A/24-ES/6P

CORREDOR ESTE

MDGN 046C/27-ES/6P

MDGN 046C/27-ES/6P

PAINÉIS ISOTÉRMICOS Paredes / Tectos

60 mm

100 mm

150 mm

Cliente: FRIGOSTO Indústria de Transformação de Produtos Congelados, Lda		Projecto Nº: Projeto 1
Local: Caldas da Rainha		Desenho Nº: F01
Designação: IMPLANTAÇÃO DE EVAPORADORES E FRIGODIFUSORES	Data: 16 Março 2025	Projectou: / Desenhou: / Verificou:
	Escala: 1:100	

Anexo F.9 – Implantação da Central Frigorífica

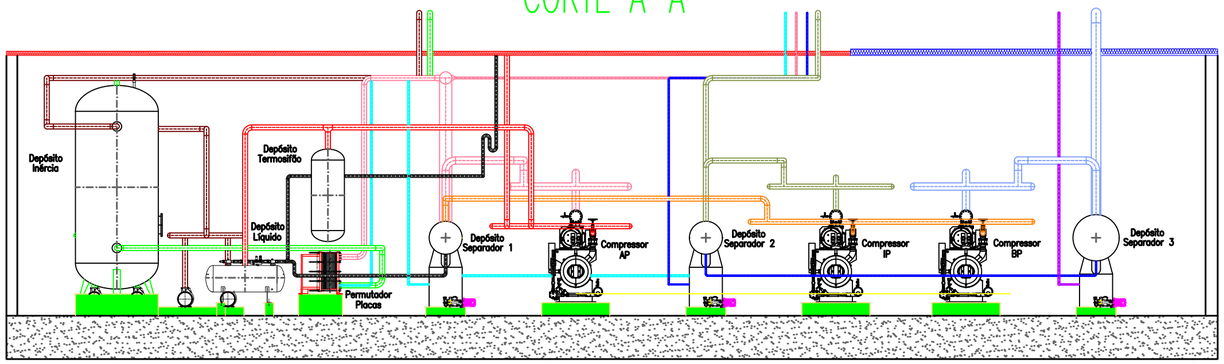
SALA DE MÁQUINAS – PISO 0

PAINÉIS ISOTÉRMICOS

100 mm

150 mm

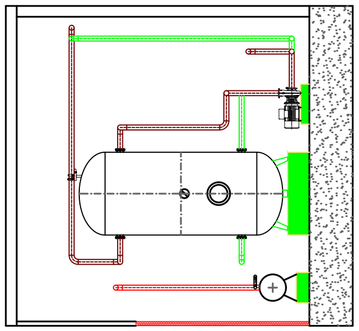
CORTE A-A

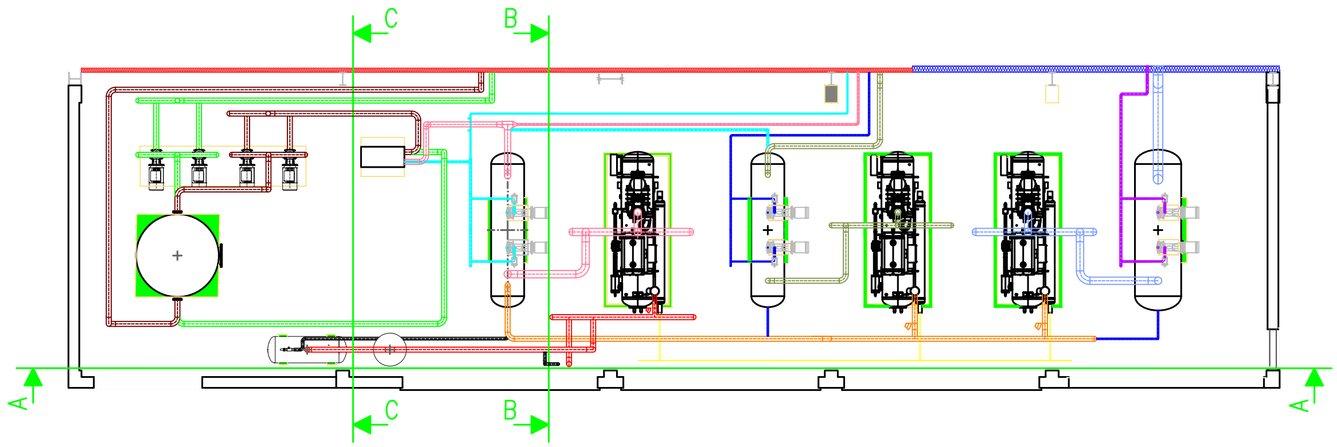


LEGENDA

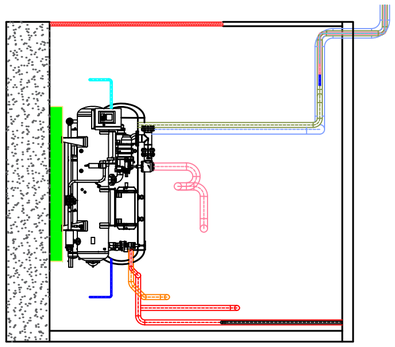
- ÁGUA GLICOLADA FRIA (–2°C)
- ÁGUA GLICOLADA QUENTE (2°C)
- LINHA LÍQUIDO (–42 °C)
- LINHA LÍQUIDO (–30 °C)
- LINHA LÍQUIDO (–8 °C)
- LINHA LÍQUIDO (+35 °C)
- LINHA DESCARGA BAIXA PRESSÃO
- LINHA DESCARGA ALTA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO BAIXA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO INTERMÉDIA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO ALTA PRESSÃO
- LINHA DE ÓLEO

CORTE C-C





CORTE B-B



NOTAS:

OS ACESSÓRIOS DE TUBAGEM E RESPETIVO ISOLAMENTO NÃO SE ENCONTRAM REPRESENTADOS;

MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE NH3 – AÇO CARBONO SEM COSTURA ASTM std A53 GrB;

MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE ÁGUA GLICOLADA – AÇO INOXIDÁVEL AISI 304;

MATERIAL DA TUBAGEM DE DESCONGELAÇÃO – AÇO CARBONO SEM COSTURA ASTM std A53 GrB.

instituto superior de engenharia de lisboa

Cliente: FRIGOSTO
Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda

Local: Caldas da Rainha

Projecto Nº: Projeto 1

Desenho Nº: F06A

Designação:
SALA DE MÁQUINAS
IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E TUBAGEM
PISO 0

Data: 16 MAIO 2025

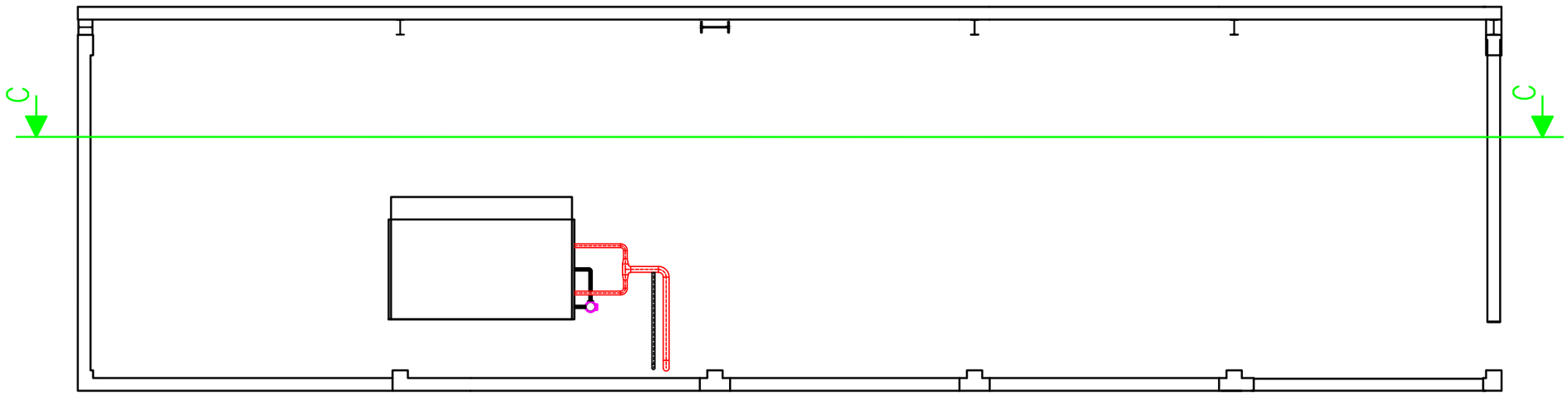
Escala: 1:100

Projectou: Diogo Duarte

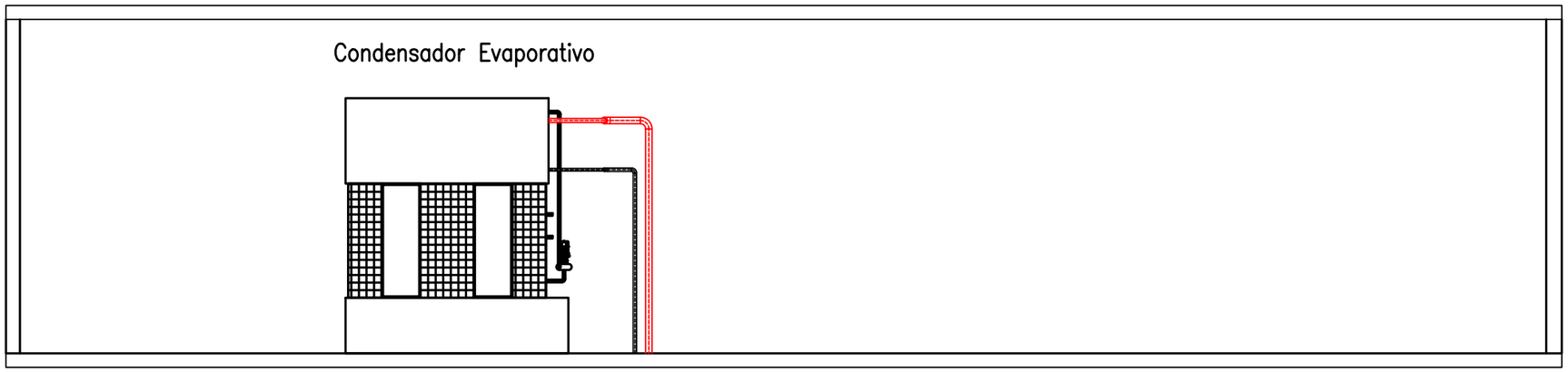
Desenhou: Diogo Duarte

Verificou:

SALA DE MÁQUINAS – COBERTURA



CORTE C-C



LEGENDA

- ÁGUA GLICOLADA FRIA (–2°C)
- ÁGUA GLICOLADA QUENTE (2°C)
- LINHA LÍQUIDO (–42 °C)
- LINHA LÍQUIDO (–30 °C)
- LINHA LÍQUIDO (–8 °C)
- LINHA LÍQUIDO (+35 °C)
- LINHA DESCARGA BAIXA PRESSÃO
- LINHA DESCARGA ALTA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO BAIXA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO INTERMÉDIA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO ALTA PRESSÃO
- LINHA DE ÓLEO

instituto superior de engenharia de lisboa

Cliente: FRIGOSTO
Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda

Local: Caldas da Rainha

Designação:
SALA DE MÁQUINAS
IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E TUBAGEM
PISO 0

Projecto Nº: Projeto 1

Desenho Nº: F06A

Data: 16 MAIO 2025

Escala: 1:100

Projectou: Diogo Duarte

Desenhou: Diogo Duarte

Verificou:

Anexo F.10 – Implantação da Tubagem

LEGENDA

- ÁGUA GLICOLADA FRIA (−2°C)
- ÁGUA GLICOLADA QUENTE (2°C)
- LINHA LÍQUIDO (−42 °C)
- LINHA LÍQUIDO (−30 °C)
- LINHA LÍQUIDO (−8 °C)
- LINHA LÍQUIDO (+35 °C)
- LINHA DESCARGA BAIXA PRESSÃO
- LINHA DESCARGA ALTA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO BAIXA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO INTERMÉDIA PRESSÃO
- LINHA ASPIRAÇÃO ALTA PRESSÃO
- LINHA DE ÓLEO

SALA DE MATERIAL DE ETIQUETAGEM
H int. = 3,50 m
Vol. = 41 m3
2,96
3,64
GABINETE
H int. = 3,50 m
Vol. = 60 m3
4,97

PAINÉIS ISOTÉRMICOS

- 60 mm
- 100 mm
- 150 mm

NOTAS:

MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE NH3 E DESCONGELAÇÃO – AÇO CARBONO SEM COSTURA ASTM std A53 GrB;

MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE ÁGUA GLICOLADA – AÇO INOXIDÁVEL AISI 304;

AS TUBAGENS DE ASPIRAÇÃO TERÃO SEMPRE UMA PENDENTE DE 1% EM DIREÇÃO À CASA DE MÁQUINAS PARA GARANTIR ARRASTAMENTO DO ÓLEO;

ISEL instituto superior de engenharia de lisboa	Cliente: FRIGOSTO Indústria de Transformação de Produtos Congelados, Lda	Projecto Nº: Projeto 1
	Local: Caldas da Rainha	Desenho Nº: F05
	Designação: PAVILHÃO IMPLANTAÇÃO DE TUBAGEM PISO 0	Data: 04 Abril 2025 Escala: 1:100 Projectou: (Nome / Grupo) Desenhou: (Nome / Grupo) Verificou:

Anexo F.11 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de NH_3

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE AMONÍACO			Linhas de Líquido - Alimentação de Evaporadores NH3																				
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Túneis (-42 ºC)			Congelados e Picking (-30 ºC)														Refrigerados (-8º C)					
				Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 2-4	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 4-5	Troço 4-6	Troço 2-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 3-10	Troço 10-11	Troço 10-12	Troço 12-13	Troço 12-14	Troço 14-15	Troço 14-16	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 4-5	Troço 3-7	Troço 4-6
TUBAGEM																										
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	57,75	1,34	12,24	18,7	4,68	0,89	32,36	4,07	1,9	1,9	30	5,53	1,4	44,03	0,25	3,18	3,91	0,25	1,57	21,81	3,62	20,93	1,19	31,91
Material	ASTM std A53 Grade B Type S	-	-	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono
Temperatura		T	[ºC]	-42	-42	-42	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-8	-8	-8	-8	-8	-8
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	0,642	0,642	0,642	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	3,151	3,151	3,151	3,151	3,151	3,151
Caudal mássico		m	[kg/s]	0,665	0,333	0,332	0,329	0,222	0,070	0,035	0,035	0,107	0,053	0,053	0,152	0,065	0,087	0,065	0,022	0,011	0,011	0,819	0,054	0,020	0,008	0,034	0,012
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	1,16	0,58	0,58	0,58	0,39	0,12	0,06	0,06	0,19	0,09	0,09	0,27	0,12	0,15	0,12	0,04	0,02	0,02	1,28	0,08	0,03	0,01	0,05	0,02
Densidade		ρ	[kg/m3]	574,43	574,43	574,43	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	564,97	641,03	641,03	641,03	641,03	641,03	641,03
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,291	0,291	0,291	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Diâmetro Nominal	ANSI B36.10-1979	Dn	[mm]	40	25	25	25	20	15	15	15	20	15	15	20	15	15	15	15	15	15	40	15	15	15	15	15
Diâmetro Exterior	ANSI B36.10-1979	Dext	[mm]	48,3	33,4	33,4	33,4	26,7	21,3	21,3	21,3	26,7	21,3	21,3	26,7	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	48,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	38,14	24,3	24,3	24,3	18,88	13,84	13,84	13,84	18,88	13,84	13,84	18,88	13,84	13,84	13,84	13,84	13,84	13,84	38,14	13,84	13,84	13,84	13,84	13,84
Área Transversal		A	[mm2]	1142,49	463,77	463,77	463,77	279,96	150,44	150,44	150,44	279,96	150,44	150,44	279,96	150,44	150,44	150,44	150,44	150,44	150,44	1142,49	150,44	150,44	150,44	150,44	150,44
Espessura	ANSI B36.10-1979	e	[mm]	5,08	4,55	4,55	4,55	3,91	3,73	3,73	3,73	3,91	3,73	3,73	3,91	3,73	3,73	3,73	3,73	3,73	3,73	5,08	3,73	3,73	3,73	3,73	3,73
Shedule	ANSI B36.10-1979	-	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Peso Linear em vazio	ANSI B36.10-1979	m	[kg/m]	5,41	3,24	3,24	3,24	2,2	1,62	1,62	1,62	2,2	1,62	1,62	2,2	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	5,41	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	1,02	1,26	1,25	1,26	1,41	0,83	0,41	0,41	0,67	0,63	0,63	0,96	0,77	1,02	0,77	0,26	0,13	0,13	1,12	0,96	0,21	0,08	0,35	0,12
Reynolds		Re	-	76282,74	59981,16	59748,21	70853,58	61490,97	26515,90	13257,95	13257,95	29445,58	20084,27	20084,27	42053,47	24575,85	32791,89	24575,85	8216,04	4108,02	4108,02	148991,44	26502,89	9838,86	3935,46	16864,23	5903,20
Rugosidade de Absoluta	www.tridentsteel.co.in/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html	ε	[mm]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Rugosidade Relativa	r = ε/D	r	-	0,0016	0,0025	0,0025	0,0025	0,0032	0,0043	0,0043	0,0043	0,0032	0,0043	0,0043	0,0032	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043	0,0016	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043	0,0043
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody (Turbulento)	f	-	0,0241	0,0271	0,0269	0,0268	0,0285	0,0269	0,0353	0,0353	0,0289	0,0335	0,0335	0,0293	0,0328	0,032	0,0328	0,0381	0,0438	0,0438	0,0234	0,0326	0,0369	0,0443	0,0342	0,0405
Perda de Carga Distribuída	Eq. Darcy - Weisbach	ΔP1	[kPa]	10,82	0,67	6,07	9,19	3,95	0,33	3,96	0,50	0,35	0,51	8,06	2,24	0,55	30,11	0,10	0,16	0,05	0,00	0,39	5,08	0,13	0,15	0,12	0,46
Colunas Ascendentes																											
Altura das Colunas		ΔH	[m]	6,22	0,00	0,00	6,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,72	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h + ΔH)	ΔP2	[kPa]	36,06	0,00	0,00	37,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,87	9,78	0,00	0,00	0,00	0,00
Colunas Descendentes																											
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,00	2,90	2,90	2,90
Ganho de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (-h-ΔH)	ΔP3	[kPa]	0,00	-4,99	-4,60	0,00	0,00	0,00	-4,88	-4,88	0,00	-4,75	-4,75	0,00	-4,63	0,00	-4,63	0,00	-4,97	-4,97	0,00	0,00	0,00	-18,22	-17,96	-18,19
Acessórios																											
Curvas a 180º																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1,9	1,2	1,2	1,2	1	0,8	0,8	0,8	1	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º																											
Quantidade		-	-	8	1	2	5	0	0	3	2	0	2	3	0	2	2	2	1	2	1	0	5	0	4	2	2
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	1,80	0,40	0,79	1,97	0,00	0,00	0,18	0,12	0,00	0,27	0,40	0,00	0,39	0,68	0,39	0,03	0,01	0,01	0,00	0,58	0,00	0,01	0,10	0,01
Curvas a 45º																											
Quantidade		-	-	2	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,22	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00
Tês																											
Quantidade		-	-	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	2,4	1,5	1,5	1,5	1,2	0,9	0,9	0,9	1,2	0,9	0,9	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	2,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	0,45	0,76	0,74	0,74	2,02	0,68	0,11	0,11	0,44	0,24	0,24	0,97	0,35	1,23	0,35	0,09	0,01	0,01	1,18	0,42	0,07	0,01	0,09	0,01
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AISI A1	-	-	1 1	1,66 0,6	1,66 0,6	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplement/Files/PHV.ACD	K	-	0 0	0,15 0,26	0,15 0,26	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,18	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AISI A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	3,08 0,32	3,08 0,32	1 1	3,08 0,32	3,08 0,32	1 1	3,08 0,32	1 1	3,08 0,32	1 1	3,08 0,32	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplement/Files/PHV.ACD	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,58 0,53	0,58 0,53	0 0	0,58 0,53	0,58 0,53	0 0	0,58 0,53	0 0	0,58 0,53	0 0	0,58 0,53	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,12	0,12	0,00	0,18	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (Tês)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AISI A1	-	-	1 1	2,46 1	2,46 1	1 1	1,66 1	1,66 1	1 1	1 1	1,66 1	1,84 1	1,84 1	1 1	1 1	1,86 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	6,38 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplement/Files/PHV.ACD	K	-	0 0	0,37 0	0,37 0	0 0	0,15 0	0,19 0	0 0	0 0	0,15 0	0,18 0	0,18 0	0 0	0 0	0,19 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2,43 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,17	0,17	0,00	0,08	0,04	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Globo)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AISI A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplement/Files/PHV.ACD	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Retenção)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AISI A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplement/Files/PHV.ACD	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,2	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Cunha																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo																											
Quantidade		-	-	0	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	0	0	0	2	2	2
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0,7	0,7	0	0	0	0,1	0,1	0	0,2	0,2	0	0,3	0	0,3	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	0,00	1,40	1,40	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,40	0,40	0,00	0,60	0,00	0,60	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Retenção																											
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	4,9	3	3	3	2,2	1,8	1,8	1,8	2,2	1,8	1,8	2,2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	4,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	1,51	1,49	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22	0,00	0,48	0,48	0,00	0,71	0,00	0,71	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,17	0,03
Filtros Y																											
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	7,3	4,6	4,6	4,6	3,4	2,7	2,7	2,7	3,4	2,7	2,7	3,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	7,3	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,00	2,32	2,28	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,73	0,73	0,00	1,06	0,00	1,06	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,26	0,04
Válvula Solenóide																											
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	54	54	0	0	0	20	20	0	31	31	0	38	0	38	0	100	100	0	0	0	100	100	100
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP16	[kPa]	0,00	15,60	15,60	0,00	0,00	0,00	12,40	12,40	0,00	13,80	13,80	0,00	14,60	0,00	14,60	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	1,00	0,10
Válvula de Regulagem (Laminagem)																											
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	60	60	0	0	0	50	50	0	50	50	0	50	0	50	0	30	30	0	0	0	30	40	30
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP17	[kPa]	0,00	20,40	20,40	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40	0,00	1,00	1,00	0,00	1,40	0,00	1,40	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	0,90	0,30
Entrada Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Entrance)																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	2	1,1	1,1	1,1	0,9	0,5	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)																											
Quantidade		-	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	0,19	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	2	1,1	1,1	1,1	0,9	0,5	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE AMONÍACO			Linha de Aspiração - Retorno dos Evaporadores NH3																			
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Túneis (-42 ºC)			Congelados e Picking (-30 ºC)														Refrigerados (-8 ºC)					
				Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 2-4	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 4-5	Troço 4-6	Troço 2-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 3-10	Troço 10-11	Troço 10-12	Troço 12-13	Troço 12-14	Troço 14-15	Troço 14-16	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 4-5	Troço 3-7	Troço 4-6
TUBAGEM																									
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	55,62	1,09	12,09	16,65	4,68	1,4	30,76	3,97	1,5	1,5	29,05	5,38	1,85	45,03	0,5	2,68	3,86	0,5	1,09	16,46	3,37	16,33	1,09	25,31
Material	ASTM std A53 Grade B Type S	-	-	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono
Temperatura		T	[ºC]	-42	-42	-42	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-8	-8	-8	-8	-8	-8
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	0,642	0,642	0,642	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	1,195	3,151	3,151	3,151	3,151	3,151	3,151
Caudal mássico		ṁ	[kg/s]	0,665	0,333	0,332	0,329	0,222	0,070	0,035	0,035	0,107	0,053	0,053	0,152	0,065	0,087	0,065	0,022	0,011	0,011	0,819	0,054	0,020	0,008	0,034	0,012
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	286,44	143,50	142,94	79,52	53,77	17,00	8,50	8,50	25,75	12,87	12,87	36,77	15,75	21,02	15,75	5,27	2,63	2,63	80,18	5,24	1,95	0,78	3,30	1,17
Densidade		ρ	[kg/m3]	2,32	2,32	2,32	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	10,22	10,22	10,22	10,22	10,22	10,22
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,0193	0,0193	0,0193	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189	0,0189
Diâmetro Nominal	ANSI B36.10-1979	Dn	[mm]	200	125	125	100	100	50	40	40	65	50	50	80	50	65	50	25	20	20	125	32	20	15	20	15
Diâmetro Exterior	ANSI B36.10-1979	Dext	[mm]	219,1	141,3	141,3	114,3	114,3	60,3	48,3	48,3	73	60,3	60,3	88,9	60,3	73	60,3	33,4	26,7	26,7	141,3	42,2	26,7	21,3	26,7	21,3
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	206,4	128,2	128,2	102,26	102,26	52,48	40,94	40,94	62,68	52,48	52,48	77,92	52,48	62,68	52,48	26,64	20,96	20,96	128,2	35,08	20,96	15,76	20,96	15,76
Área Transversal		A	[mm2]	33458,72	12908,21	12908,21	8212,98	8212,99	2163,10	1316,39	1316,39	3085,86	2163,10	2163,10	4768,57	2163,10	3085,86	2163,10	557,39	345,04	345,04	12908,21	966,52	345,04	195,08	345,04	195,08
Espessura	ANSI B36.10-1979	e	[mm]	6,35	6,55	6,55	6,02	6,02	3,91	3,68	3,68	5,16	3,91	3,91	5,49	3,91	5,16	3,91	3,38	2,87	2,87	6,55	3,56	2,87	2,77	2,87	2,77
Shedule	ANSI B36.10-1979	-	-	20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Peso Linear emvazio	ANSI B36.10-1979	m	[kg/m]	33,31	21,77	21,77	16,07	16,07	5,44	4,05	4,05	8,63	5,44	5,44	11,29	5,44	8,63	5,44	2,5	1,69	1,69	21,77	3,39	1,69	1,27	1,69	1,27
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	8,56	11,12	11,07	9,68	6,55	7,86	6,46	6,46	8,34	5,95	5,95	7,71	7,28	6,81	7,28	9,46	7,63	7,63	6,21	5,43	5,64	3,99	9,56	5,99
Reynolds		Re	-	212787,47	173625,52	170958,98	214886,34	145305,38	89499,95	57363,92	57363,92	113518,65	67791,05	67791,05	139415,44	82951,63	92671,81	82951,63	54630,91	34717,74	34717,74	410712,51	102964,67	63985,80	34033,15	108375,95	51058,72
Rugosidade Absoluta	www.tridentsteel.co.in/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html	ε	[mm]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Rugosidade Relativa	r = ε/D	r	-	0,0003	0,0005	0,0005	0,0006	0,0006	0,0011	0,0015	0,0015	0,0010	0,0011	0,0011	0,0008	0,0011	0,0010	0,0011	0,0023	0,0029	0,0029	0,0005	0,0017	0,0029	0,0018	0,0029	0,0038
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody (Turbulento)	f	-	0,0175	0,0189	0,0189	0,0191	0,0198	0,0229	0,0248	0,0248	0,0218	0,0235	0,0235	0,0208	0,023	0,0222	0,023	0,0414	0,0293	0,0293	0,0176	0,0243	0,028	0,0319	0,0271	0,03
Perda de Carga Distribuida	Eq. Darcy - Weisback	ΔP1	[kPa]	0,40	0,02	0,25	0,60	0,08	0,08	1,61	0,21	0,08	0,05	0,95	0,18	0,08	1,53	0,02	0,77	0,65	0,08	0,03	1,72	0,73	2,69	0,66	8,83
Colunas Ascendentes																											
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,00	2,90	2,90	2,90
Perda de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h + ΔH)	ΔP2	[kPa]	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00	0,07	0,07	0,00	0,08	0,07	0,08	0,00	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,77	2,04	1,30
Colunas Descendentes																											
Altura das Colunas		ΔH	[m]	4,58	0,00	0,00	4,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,08	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganho de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x(h-ΔH)	ΔP3	[kPa]	-0,07	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Acessórios																											
Curvas a 180º																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	10	6,4	6,4	5,2	5,2	2,5	1,9	1,9	3	2,5	2,5	3,7	2,5	3	2,5	1,2	1	1	6,4	1,7	1	0,8	1	0,8
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º																											
Quantidade		-	-	6	2	2	5	0	0	3	2	0	2	3	0	2	2	2	1	1	1	1	4	0	4	1	2
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	6,1	4	4	3	3	1,5	1,2	1,2	1,8	1,5	1,5	2,3	1,5	1,8	1,5	0,8	0,6	0,6	4	1	0,6	0,6	0,6	0,5
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	0,26	0,17	0,17	0,54	0,00	0,00	0,19	0,13	0,00	0,10	0,15	0,00	0,14	0,12	0,14	0,23	0,10	0,10	0,11	0,42	0,00	0,33	0,36	0,35
Curvas a 45º																											
Quantidade		-	-	0	0	2	0	2	2	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	2	0	2	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	3	2	2	1,6	1,6	0,8	0,6	0,6	1	0,8	0,8	1,2	0,8	1	0,8	0,4	0,3	0,3	2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,00	0,00	0,08	0,00	0,05	0,09	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,13	0,00	0,36	0,00
Tês																											
Quantidade		-	-	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	12	7,6	7,6	6,4	6,4	3	2,4	2,4	3,7	3	3	4,8	3	3,7	3	1,5	1,2	1,2	7,8	2,1	1,2	0,9	1,2	0,9
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	0,09	0,16	0,16	0,23	0,22	0,33	0,13	0,13	0,37	0,10	0,10	0,30	0,14	0,25	0,14	0,86	0,20	0,20	0,21	0,44	0,52	0,15	0,72	0,31
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplemental Files/PHI/AC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	2,80 0,36	2,80 0,36	1 1	1 1	1 1	4,95 0,20	2,80 0,36	7,90 0,13
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplemental Files/PHI/AC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,48 0,49	0,48 0,49	0 0	0 0	0 0	1,41 0,66	0,48 0,49	4,14 0,73
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	0,00	0,00	0,00	0,17	0,45	0,89
Transição Concêntrica 45º (Tês)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 0,39	1 0,39	1 1	1 1	1 0,62	1 0,61	1 0,61	1 0,38	1 0,43	1 0,43	1 0,58	1 0,21	1 0,65	1 0,70	1 0,18	1 0,62	1 0,62	1 1	1 0,08	1 0,20	1 0,57	1 0,58	1 0,57
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplemental Files/PHI/AC9	K	-	0 0	0 0,45	0 0,45	0 0	0 0	0 0,25	0 0,26	0 0,26	0 0,46	0 0,41	0 0,41	0 0,28	0 0,65	0 0,231	0 0,20	0 0,68	0 0,25	0 0,25	0 0	0 0,81	0 0,36	0 0,28	0 0,28	0 0,28
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,07	0,06	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,07	0,03	0,03	0,03	0,07	0,00	0,02	0,13	0,03	0,03	0,00	0,12	0,06	0,02	0,13	0,05
Transição Concêntrica 45º (V. Globo)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplemental Files/PHI/AC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Retenção)																											
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/Supplemental Files/PHI/AC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0,7	0	0	0,3	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Cunha																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	2,7	1,8	1,8	1,4	1,4	0,73	0,5	0,5	0,9	0,73	0,73	1	0,73	0,9	0,73	0,3	0,3	0,3	1,8	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo																											
Quantidade		-	-	1	2	2	1	0	0	2	2	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2	1	0	0	2	2	2
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0,2	0,2	0,2	0,4	0	0	0,3	0,3	0	0,2	0,2	0	0,4	0	0,4	0	0,4	0,4	0,5	0	0	1	1,7	0,9
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	0,20	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,60	0,60	0,00	0,40	0,40	0,00	0,80	0,00	0,80	0,00	0,80	0,80	0,50	0,00	0,00	2,00	3,40	1,80
Válvula de Retenção																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	24	15	15	12	12	6,1	4,9	4,9	7,6	6,1	6,1	9,1	6,1	7,6	6,1	3	2,2	2,2	15	4,3	2,2	1,8	2,2	1,8
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Filtros Y																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	35	22	22	18	18	9,1	7,3	7,3	11	9,1	9,1	13	9,1	11	9,1	4,6	3,4	3,4	22	6,1	3,4	2,7	3,4	2,7
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula Solenóide																											
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	100	100	0	0	0	100	100	0	100	100	0	100	0	100	0	100	100	0	0	0	100	100	100
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP16	[kPa]	0,00	1,10	1,10	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40	0,00	0,30	0,30	0,00	0,70	0,00	0,70	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
Válvula de Regulagem (Laminagem)																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP17	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Entrance)																											
Quantidade		-	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	14	8,2	8,2	6,1	6,1	2,7	2	2	3,7	2,7	2,7	4,3	2,7	3,7	2,7	1,1	0,9	0,9	8,2	1,6	0,9	0,5	0,9	0,5
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	0,10	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	7,3	4,3	4,3	3	3	1,3	1	1	1,7	1,3	1,3	2,2	1,3	1,7	1,3	0,5	0,4	0,4	4,3	0,8	0,4	0,3	0,4	0,3
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)																											
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	14	8,2	8,2	6,1	6,1	2,7	2	2	3,7	2,7	2,7	4,3	2,7	3,7	2,7	1,1	0,9	0,9	8,2	1,6	0,9	0,5	0,9	0,5
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00

TUBAGEM - SALA DE MÁQUINAS	CIRCUITO DE AMONÍACO			Linhas de Líquido - Bombas Circuladores NH3									Linha Líquido - Permutador	Linha Aspiração - Permutador	Linha Aspiração dos Compressores							
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)	BP (-42 °C)	BP (-42 °C)	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	IP (-30 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)
TUBAGEM				Aspiração (1 Bomba)	Aspiração (1 Bomba)	Aspiração (1 Bomba)	Ramal Descarga (1 Bomba)	Ramal Descarga (1 Bomba)	Ramal Descarga (1 Bomba)	Coletor Descarga (2 Bombas)	Coletor Descarga (2 Bombas)	Coletor Descarga (2 Bombas)	Entrada	Saída	Linha Aspiração	Coletor Aspiração	Entrada Compressor BP	Linha Aspiração	Coletor Aspiração	Entrada Compressor IP	Linha Aspiração	Coletor Aspiração	Entrada Compressor AP
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	0	0	0	1,32	1,32	1,32	1,45	1,45	1,45	1,53	3,24	2,92	2,87	0	3,08	2,87	0	2,77	2,87	0
Material	ASTM std A53 Grade B Type S	-	-	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono
Temperatura		T	[ºC]	-42	-30	-8	-42	-30	-8	-42	-30	-8	-8	-8	-42	-42	-42	-30	-30	-30	-8	-8	-8
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	0,642	1,195	3,151	0,642	1,195	3,151	0,642	1,195	3,151	3,151	3,151	0,642	0,642	0,642	1,195	1,195	1,195	3,151	3,151	3,151
Caudal mássico		ṁ	[kg/s]	0,332	0,165	0,409	0,332	0,165	0,409	0,665	0,329	0,819	0,765	0,765	0,173	0,173	0,173	0,103	0,103	0,103	0,615	0,615	0,615
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	0,58	0,29	0,64	0,58	0,29	0,64	1,16	0,58	1,28	1,19	74,82	297,02	297,02	297,02	98,61	98,61	98,61	237,88	237,88	237,88
Densidade		ρ	[kg/m3]	571,43	564,97	641,03	571,43	564,97	641,03	571,43	564,97	641,03	641,03	10,22	0,58	0,58	0,58	1,04	1,04	1,04	2,58	2,58	2,58
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,291	0,244	0,186	0,291	0,244	0,186	0,291	0,244	0,186	0,186	0,0189	0,0078	0,0078	0,0078	0,00815	0,00815	0,00815	0,00881	0,00881	0,00881
Diâmetro Nominal	ANSI B36.10-1979	Dn	[mm]	32	20	32	25	20	25	40	25	40	32	100	150	150	150	100	100	100	150	150	150
Diâmetro Exterior	ANSI B36.10-1979	Dext	[mm]	42,2	26,7	42,2	33,4	26,7	33,4	48,3	33,4	48,3	42,2	114,3	168,3	168,3	168,3	114,3	114,3	114,3	168,3	168,3	168,3
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	32,5	18,88	32,5	24,3	18,88	24,3	38,14	24,3	38,14	32,5	97,18	154,08	154,08	154,08	102,26	102,26	102,26	154,08	154,08	154,08
Área Transversal		A	[mm2]	829,58	279,96	829,58	463,77	279,96	463,77	1142,49	463,77	1142,49	829,58	7417,26	18645,86	18645,86	18645,86	8212,99	8212,99	8212,99	18645,86	18645,86	18645,86
Espessura	ANSI B36.10-1979	e	[mm]	4,85	3,91	4,85	4,55	3,91	4,55	5,08	4,55	5,08	4,85	8,56	7,11	7,11	7,11	6,02	6,02	6,02	7,11	7,11	7,11
Shedule	ANSI B36.10-1979	-	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Peso Linear em vazio	ANSI B36.10-1979	m	[kg/m]	4,47	2,2	4,47	3,24	2,2	3,24	5,41	3,24	5,41	4,47	22,32	28,26	28,26	28,26	16,07	16,07	16,07	28,26	28,26	28,26
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	0,70	1,04	0,77	1,25	1,04	1,38	1,02	1,26	1,12	1,44	10,10	15,93	15,93	15,93	12,01	12,01	12,01	12,76	12,76	12,76
Reynolds		Re	-	44760,36	45498,27	86250,05	59864,68	45498,27	115355,01	76282,74	70653,58	146991,44	161213,95	531021,22	183178,23	183178,23	183178,23	156686,09	156686,09	156686,09	576780,40	576780,40	576780,40
Rugosidade Absoluta	www.tridentsteel.co.in/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html	ε	[mm]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Rugosidade Relativa		r	-	0,0018	0,0032	0,0018	0,0025	0,0032	0,0025	0,0016	0,0025	0,0016	0,0018	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody (Turbulento)	f	-	0,0265	0,0292	0,0249	0,0271	0,0292	0,0271	0,0245	0,0268	0,0234	0,0241	0,0183	0,0182	0,0182	0,0182	0,0197	0,0197	0,0197	0,0168	0,0168	0,0168
Perda de Carga Distribuida	Eq. Darcy - Weisback	ΔP1	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,96	0,62	0,90	0,28	0,71	0,36	0,75	0,32	0,03	0,03	0,00	0,04	0,04	0,00	0,06	0,07	0,00
Colunas Ascendentes																							
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,57	1,25	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00
Perda de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h + ΔH)	ΔP2	[kPa]	0,00	0,00	0,00	1,83	1,80	2,09	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
Colunas Descendentes																							
Altura das Colunas		ΔH	[m]	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,29	0,00	0,60	0,00	0,64	0,60	0,00	0,61	0,60	0,00	0,66
Ganho de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x(h-ΔH)	ΔP3	[kPa]	-5,49	-5,07	-5,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-36,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acessórios																							
Curvas a 180º																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1,7	1	1,7	1,2	1	1,2	1,9	1,2	1,9	1,7	5,2	7,6	7,6	7,6	5,2	5,2	5,2	7,6	7,6	7,6
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,17
Curvas a 90º																							
Quantidade		-	-	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	3	3	0	0	3	0	0	3	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1	0,6	1	0,8	0,6	0,8	1,2	0,8	1,2	1	3	4,9	4,9	4,9	3	3	3	4,9	4,9	4,9
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,40	0,28	0,54	0,00	0,00	0,00	0,98	0,88	0,13	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00
Curvas a 45º																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	0,5	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	1,6	2,4	2,4	2,4	1,6	1,6	1,6	2,4	2,4	2,4
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tês																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	3	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	2,1	1,2	2,1	1,5	1,2	1,5	2,4	1,5	2,4	2,1	6,4	9	9	9	6,4	6,4	6,4	9	9	9
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	2,21	1,77	1,03	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)																							
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1,66 0,60	1,66 0,60	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,15 0,26	0,15 0,26	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)																							
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º																							
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1,38 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,08 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Cunha																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,5	1,4	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,4	2,1	2,1	2,1
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo																							
Quantidade		-	-	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	1,3	0,7	0,2	0	0,1	0,2	0	0,1	0,6	0	0,3
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	0,20	0,50	0,40	0,30	0,20	0,50	0,00	0,00	0,00	2,60	0,70	0,20	0,00	0,10	0,20	0,00	0,10	0,60	0,00	0,30
Válvula de Retenção																							
Quantidade		-	-	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	4,3	2,2	4,3	3	2,2	3	4,9	3	4,9	4,3	12	18	18	18	12	12	12	18	18	18
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	0,00	0,00	1,50	1,04	2,03	0,00	0,00	0,00	2,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Filtros Y																							
Quantidade		-	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	6,1	3,4	6,1	4,6	3,4	4,6	7,3	4,6	7,3	6,1	18	27	27	27	18	18	18	27	27	27
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,70	1,61	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula Solenóide																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP16	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Regulagem (Laminagem)																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP17	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Entrance)																							
Quantidade		-	-	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	1,6	0,9	1,6	1,1	0,9	1,1	2	1,1	2	1,6	6,1	10	10	10	6,1	6,1	6,1	10	10	10
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,55	0,43	0,75	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,09	0,00	0,09	0,09	0,00	0,09	0,23	0,00	0,23
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)																							
Quantidade		-	-	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	0,8	0,4	0,8	0,5	0,4	0,5	1	0,5	1	0,8	3	5,8	5,8	5,8	3	3	3	5,8	5,8	5,8
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	0,09	0,19	0,12	0,00	0,00	0,00	0,19	0,25	0,25	0,00	0,29	0,05	0,05	0,00	0,04	0,04	0,00	0,13	0,13	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	1,6	0,9	1,6	1,1	0,9	1,1	2	1,1	2	1,6	6,1	10	10	10	6,1	6,1	6,1	10	10	10
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Projetada de Tubagem (Pipe Projection Exit)																							
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	1,3	0,7	1,3	0,8	0,7	0,8	1,5	0,8	1,5	1,3	4,9	7,6	7,6	7,6	4,9	4,9	4,9	7,6	7,6	7,6
Perda de Carga Localizada		ΔP21	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga por Troço																							
Pressão Total	ΔPtotal = ΔP1 + ΔP2 + ... + ΔP21	**ΔPtotal**	[kPa]	**-5,50**	**-2,77**	**-4,74**	**5,25**	**4,38**	**6,81**	**1,84**	**3,17**	**2,37**	**0,59**	**3,93**	**0,51**	**0,08**	**0,19**	**0,54**	**0,08**	**0,19**	**1,43**	**0,20**	**0,53**
Coluna de Água Total	Δhtotal = Δptotal / (ρ x g)	**Δhtotal**	[m.c.a]	**-0,80**	**-0,50**	**-0,75**	**0,94**	**0,79**	**1,08**	**0,33**	**0,57**	**0,38**	**0,09**	**39,19**	**89,55**	**13,24**	**33,12**	**53,21**	**8,31**	**18,69**	**56,36**	**7,84**	**20,81**

TUBAGEM - SALA DE MÁQUINAS	CIRCUITO DE AMONÍACO			Linha Descarga dos Compressores BP e IP				Linha Descarga dos Compressores AP			Linhas de Entrada e Saída Condensador Evaporativo		Alim. Termosifão		Alim. Depósito Líquido		Alim. Depósito Separador 1	Alim. Depósito Separador 2		Alim. Depósito Separador 3	
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	BP (-8 ºC)	BP (-8 ºC)	BP (-8 ºC)	BP (-8 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (-8 ºC)	AP (-8 ºC)	AP (-30 ºC)	AP (-30 ºC)	AP (-42 ºC)
TUBAGEM				Linha Descarga (Ent. Separador)	Coletor Descarga	Saída Compressor BP	Saída Compressor IP	Linha Descarga (cond. Evaporativo)	Coletor Descarga	Saída Compressor AP	Ramais Gás Quente (Entrada)	Ramais Líquido (Saída)	Linha Líquido (Entrada)	Equalização Pressão	Linha Líquido (Entrada)	Equalização Pressão	Linha Líquido pré-expansão	Linha Líquido pós-expansão	Linha Líquido pré-expansão	Linha Líquido pós-expansão	Linha Líquido pré-expansão	Linha Líquido pós-expansão
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	8,65	6,56	1,075	1,075	3,81	3,26	0,541	1,46	1,46	5,93	5,44	0,79	2,12	5,91	0	7,08	0	10,38	0
Material	ASTM std A53 Grade B Type S	-	-	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono
Temperatura		T	[ºC]	69,3	69,3	84,5	44,7	115,9	115,9	115,9	115,9	35	35	35	35	35	35	-8	-8	-30	-30	-42
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	3,151	3,151	3,151	3,151	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	3,151	3,151	1,195	1,195	0,642
Caudal mássico		m	[kg/s]	0,275	0,275	0,173	0,103	0,615	0,615	0,615	0,307	0,307	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615	0,615	0,275	0,275	0,173	0,173
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	143,34	143,34	94,25	49,19	81,65	81,65	81,65	40,82	0,53	1,06	81,65	1,06	81,65	1,06	1,06	0,55	0,55	0,31	0,31
Densidade		ρ	[kg/m3]	1,92	1,92	1,83	2,08	7,53	7,53	7,53	7,53	578,03	578,03	7,53	578,03	7,53	578,03	578,03	502,51	502,51	564,97	564,97
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,0114	0,0114	0,01221	0,01048	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,120	0,120	0,01016	0,120	0,01016	0,120	0,0150234 57	0,186	0,011040574	0,244	0,009922768
Diâmetro Nominal	ANSI B36.10-1979	Dn	[mm]	100	100	100	65	100	100	80	65	40	50	100	50	100	50	50	40	40	25	25
Diâmetro Exterior	ANSI B36.10-1979	Dext	[mm]	114,3	114,3	114,3	73	114,3	114,3	88,9	73	48,3	60,3	114,3	60,3	114,3	60,3	60,3	48,3	48,3	33,4	33,4
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	102,26	102,26	102,26	62,68	102,26	102,26	77,92	62,68	38,14	52,48	102,26	52,48	102,26	52,48	52,48	38,14	38,14	24,3	26,64
Área Transversal		A	[mm2]	8212,99	8212,99	8212,99	3085,66	8212,99	8212,99	4768,57	3085,66	1142,49	2163,10	8212,99	2163,10	8212,99	2163,10	2163,10	1142,49	1142,49	463,77	557,39
Espessura	ANSI B36.10-1979	e	[mm]	6,02	6,02	6,02	5,16	6,02	6,02	5,49	5,16	5,08	3,91	6,02	3,91	6,02	3,91	3,91	5,08	5,08	4,55	3,38
Shedule	ANSI B36.10-1979	-	-	40	40	40	40	40	40	40	40	80	40	40	40	40	40	40	80	80	80	40
Peso Linear em vazio	ANSI B36.10-1979	m	[kg/m]	16,07	16,07	16,07	8,63	16,07	16,07	11,29	8,63	5,41	5,44	16,07	5,44	16,07	5,44	5,44	5,41	5,41	3,24	2,5
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	17,45	17,45	11,48	15,94	9,94	9,94	17,12	13,23	0,47	0,49	9,94	0,49	9,94	0,49	0,49	0,48	0,48	0,66	0,55
Reynolds		Re	-	300861,20	300861,20	176316,63	198794,13	498141,83	498141,83	653747,23	406349,58	85534,39	124324,75	753586,61	124324,75	753586,61	124324,75	993045,06	49440,54	832822,30	37129,46	832813,33
Rugosidade Absoluta	www.tridentsteel.co.in/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html	ε	[mm]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Rugosidade Relativa	r = ε/D	r	-	0,0006	0,0006	0,0006	0,0010	0,0006	0,0006	0,0008	0,0010	0,0016	0,0011	0,0006	0,0011	0,0006	0,0011	0,0011	0,0016	0,0016	0,0025	0,0023
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody (Turbulento)	f	-	0,0187	0,0187	0,0195	0,0209	0,0182	0,0182	0,019	0,0202	0,0342	0,0222	0,0179	0,0222	0,0179	0,0222	0,0208	0,0255	0,0222	0,0283	0,0264
Perda de Carga Distribuída	Eq. Darcy- Weisbach	ΔP1	[kPa]	0,46	0,35	0,02	0,09	0,25	0,22	0,15	0,31	0,06	0,18	0,35	0,02	0,14	0,17	0,00	0,27	0,00	1,49	0,00
Colunas Ascendentes																						
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,53	0,00	0,00	0,00	8,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,50	0,00	3,51	0,00	0,49	0,00	0,49	0,00	0,34
Perda de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h + ΔH)	ΔP2	[kPa]	0,04	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	0,07	0,00	0,49	0,00	2,79	0,00	2,43	0,00	1,91
Colunas Descendentes																						
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,08	2,28	2,00	0,00	0,33	0,00	0,49	0,00	0,49	0,00
Ganho de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (-h-ΔH)	ΔP3	[kPa]	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-34,30	-0,02	-11,28	0,00	-1,86	0,00	-2,40	0,00	-2,65	0,00
Acessórios																						
Curvas a 180º																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	5,2	5,2	5,2	3	5,2	5,2	3,7	3	1,9	2,5	5,2	2,5	5,2	2,5	2,5	1,9	1,9	1,2	1,2
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º																						
Quantidade		-	-	3	0	0	0	3	0	0	1	1	5	2	2	1	4	0	3	0	4	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	3	3	3	1,8	3	3	2,3	1,8	1,2	1,5	3	1,5	3	1,5	1,5	1,2	1,2	0,8	0,8
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	0,48	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,38	0,05	0,22	0,39	0,09	0,20	0,18	0,00	0,14	0,00	0,46	0,00
Curvas a 45º																						
Quantidade		-	-	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1,6	1,6	1,6	1	1,6	1,6	1,2	1	0,6	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tês																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	6,4	6,4	6,4	3,7	6,4	6,4	4,6	3,7	2,4	3	6,4	3	6,4	3	3	2,4	2,4	1,5	1,5
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,09	0,42	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)																						
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 0,16	1 0,43	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHI/ACP	K	-	0 0	0 0	0 0,70	0 0,41	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)																						
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHI/ACP	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º																						
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 0,38	1 1	1 1	1 1	2,66 1	1 0,61	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHI/ACP	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0,47	0 0	0 0	0 0	0,44 0	0 0,26	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,29	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Cunha																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	1,4	1,4	1,4	0,9	1,4	1,4	1	0,9	0,5	0,73	1,4	0,73	1,4	0,73	0,73	0,5	0,5	0,3	0,3
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo																						
Quantidade		-	-	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0,2	0	2,6	0	2,8	0	2,1	1,8	0,1	0	0,7	0,1	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	0,00	0,00	2,60	0,00	2,80	0,00	2,10	1,80	0,10	0,00	0,70	0,10	0,70	0,40	0,20	0,20	0,20	0,40	0,20
Válvula de Retenção																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	12	12	12	7,6	12	12	9,1	7,6	4,9	6,1	12	6,1	12	6,1	6,1	4,9	4,9	3	3
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,19	0,00	0,43	0,00
Filtros Y																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	18	18	18	11	18	18	13	11	7,3	9,1	18	9,1	18	9,1	9,1	7,3	7,3	4,6	4,6
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,28	0,00	0,66	0,00
Válvula Solenóide																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP16	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Regulagem (Laminagem)																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	100	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP17	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,20	0,00	0,40	0,00
Entrada Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Entrance)																						
Quantidade		-	-	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	6,1	6,1	6,1	3,7	6,1	6,1	4,3	3,7	2	2,7	6,1	2,7	6,1	2,7	2,7	2	2	1,1	1,1
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	0,33	0,65	0,14	0,33	0,40	0,40	1,16	0,79	0,08	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,09
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)																						
Quantidade		-	-	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	3	3	3	1,7	3	3	2,2	1,7	1	1,3	3	1,3	3	1,3	1,3	1	1	0,5	0,5
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	0,16	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,04	0,20	0,04	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	6,1	6,1	6,1	3,7	6,1	6,1	4,3	3,7	2	2,7	6,1	2,7	6,1	2,7	2,7	2	2	1,1	1,1
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Projetada de Tubagem (Pipe Projection Exit)																						
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	4,9	4,9	4,9	2,7	4,9	4,9	3,8	2,7	1,5	2,1	4,9	2,1	4,9	2,1	2,1	1,5	1,5	0,8	0,8
Perda de Carga Localizada		ΔP21	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga por Troço																						
Pressão Total	ΔPtotal = ΔP1 + ΔP2 + ... + ΔP21	ΔPtotal	[kPa]	1,49	1,00	2,81	0,64	5,39	0,62	3,73	3,57	0,40	-32,59	2,11	-10,95	2,13	-0,12	3,07	-1,07	2,70	1,26	2,20
Coluna de Água Total	ΔHtotal = ΔPtotal / (ρ x g)	ΔHtotal	[m.c.a]	78,94	53,26	155,89	31,11	72,96	8,39	50,44	48,29	0,07	-5,75	28,52	-1,93	28,88	-0,02	0,54	-0,22	0,55	0,23	0,40

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE AMONÍACO								
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Túneis			Congelados e Picking		
TUBAGEM				Troço 17-18	Troço 18-19	Troço 18-20	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	6,05	2,24	13,14	26,7	4,68	0,89
Material	ASTM std A53 Grade B Type S	-	-	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono
Temperatura		T	[ºC]	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567
Caudal mássico		ṁ	[kg/s]	0,509	0,227	0,227	0,731	0,659	0,048
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	67,59	30,14	30,14	97,06	87,50	6,37
Densidade Gás Quente		ρ	[kg/m3]	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53
Viscosidade Dinâmica Gás Quente	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537
Diâmetro Nominal	ANSI B36.10-1979	Dn	[mm]	80	65	65	125	80	32
Diâmetro Exterior	ANSI B36.10-1979	Dext	[mm]	88,9	73	73	141,3	88,9	42,2
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	77,92	62,68	62,68	128,2	77,92	35,08
Área Transversal		A	[mm2]	4768,57	3085,66	3085,66	12908,21	4768,57	966,52
Espessura	ANSI B36.10-1979	e	[mm]	5,49	5,16	5,16	6,55	5,49	3,56
Shedule	ANSI B36.10-1979	-	-	40	40	40	40	40	40
Peso Linear em vazio	ANSI B36.10-1979	m	[kg/m]	11,29	8,63	8,63	21,77	11,29	3,39
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	14,17	9,77	9,77	7,52	18,35	6,59
Reynolds		Re	-	431058,64	265053,32	265053,32	472351,83	700604,18	113349,06

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE AMONÍACO			Linhas de Gás Quente - Descongelação de Evaporadores NH3											
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Congelados e Picking											
TUBAGEM				Troço 4-5	Troço 4-6	Troço 2-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 3-10	Troço 10-11	Troço 10-12	Troço 12-13	Troço 12-14	Troço 14-15	Troço 14-16
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	33,16	4,97	1,9	2,80	30,90	5,53	2,30	44,03	0,25	3,18	4,41	1,15
Material	ASTM std A53 Grade B Type S	-	-	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono
Temperatura		T	[ºC]	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9	115,9
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567
Caudal mássico		ṁ	[kg/s]	0,024	0,024	0,072	0,036	0,036	0,611	0,044	0,567	0,044	0,014	0,007	0,007
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	3,19	3,19	9,56	4,78	4,78	81,13	5,84	75,29	5,84	1,86	0,93	0,93
Densidade Gás Quente		ρ	[kg/m3]	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53
Viscosidade Dinâmica Gás Quente	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537	0,01537
Diâmetro Nominal	ANSI B36.10-1979	Dn	[mm]	20	20	40	32	32	80	25	80	25	20	15	15
Diâmetro Exterior	ANSI B36.10-1979	Dext	[mm]	26,7	26,7	48,3	42,2	42,2	88,9	33,4	88,9	33,4	26,7	21,3	21,3
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	20,96	20,96	40,94	35,08	35,08	77,92	26,64	77,92	26,64	20,96	15,76	15,76
Área Transversal		A	[mm2]	345,04	345,04	1316,39	966,52	966,52	4768,57	557,39	4768,57	557,39	345,04	195,08	195,08
Espessura	ANSI B36.10-1979	e	[mm]	2,87	2,87	3,68	3,56	3,56	5,49	3,38	5,49	3,38	2,87	2,77	2,77
Shedule	ANSI B36.10-1979	-	-	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Peso Linear em vazio	ANSI B36.10-1979	m	[kg/m]	1,69	1,69	4,05	3,39	3,39	11,29	2,5	11,29	2,5	1,69	1,27	1,27
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	9,24	9,24	7,26	4,95	4,95	17,01	10,48	15,79	10,48	5,39	4,76	4,76
Reynolds		Re	-	94854,12	94854,12	145687,04	85011,79	85011,79	649573,83	136821,61	602796,01	136821,61	55331,57	36794,09	36794,09

Anexo F.12 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de Água Glicolada

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE ÁGUA GLICOLADA (30%MEG)			Alimentação dos Frigodifusores																								
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Circuito de Água Fria (-2 °C)																								
				Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 3-5	Troço 5-6	Troço 5-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 9-10	Troço 9-11	Troço 2-12	Troço 12-13	Troço 12-14	Troço 14-15	Troço 14-16	Troço 16-17	Troço 17-18	Troço 17-19	Troço 16-20	Troço 20-21	Troço 20-22	Troço 22-23	Troço 23-24	Troço 23-25	Troço 22-26	Troço 26-27	Troço 26-28	Troço 28-29	Troço 28-30	Troço 30-31	Troço 30-32
TUBAGEM																												
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	51,18	1,02	0,25	17,25	0,25	17,01	2,08	1,6	2,18	6,78	9,58	0,41	4,9	6,24	8,51	6,16	1,4	1,4	9,24	0,41	4,91	8,6	1,8	1,8	1175	2,08	2,85	2,08	4,67	3,26	7,42
Material	AISI 304L stainless steel	-	-	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE ÁGUA GLICOLADA (30%MEG)			Retorno dos Frigodífusores																									
				Circuito de Água Quente (+2ºC)																									
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 3-5	Troço 5-6	Troço 5-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 9-10	Troço 9-11	Troço 2-12	Troço 12-13	Troço 12-14	Troço 14-15	Troço 14-16	Troço 16-17	Troço 17-18	Troço 17-19	Troço 16-20	Troço 20-21	Troço 20-22	Troço 22-23	Troço 23-24	Troço 23-25	Troço 22-26	Troço 26-27	Troço 26-28	Troço 28-29	Troço 28-30	Troço 30-31	Troço 30-32
TUBAGEM																																	
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	59,03	0,62	0,5	17,87	0,5	16,66	2,23	2,1	2,08	6,83	10,59	0,96	6	8,24	7,26	3,81	1,65	1,16	0,9	0,88	4,76	8,91	2,04	1,57	13,25	1,36	2,88	2,53	2,53	3,86	7,52
Material	AISI 304L stainless steel	-	-	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável

TUBAGEM - SALA DE MÁQUINAS	CIRCUITO DE ÁGUA GLICOLADA (30%MEG)			CENTRAL DE BOMBAGEM					CENTRAL DE BOMBAGEM					Permutador (Lado de Água Glicolada)	
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Circuito de Água Fria (- 2ºC)					Circuito de Água Quente (+ 2ºC)					Água Quente	Água Fria
TUBAGEM				Saída do Depósito	Coletor Aspiração Bombas	Aspiração Bombas	Descarga Bombas	Coletor Descarga Bombas	Saída do Depósito	Coletor Aspiração Bombas	Aspiração Bombas	Descarga Bombas	Coletor Descarga Bombas	Entrada Permutador	Saída Permutador
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	1,3	1,8	0	1,25	1,8	1,4	1,8	0	0,95	1,8	5,47	11,58
Material	*AISI 304L stainless steel*	-	-	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável
Temperatura		T	[ºC]	-2	-2	-2	-2	-2	2	2	2	2	2	2	-2
Pressão Absoluta		P	[ber(a)]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Caudal mássico		m	[kg/s]	16,693	16,693	8,347	8,347	16,693	16,693	16,693	8,347	8,347	16,693	16,693	16,693
Caudal Volumico		Q	[dm3/s]	15,88	15,88	7,94	7,94	15,88	15,88	15,88	7,94	7,94	15,88	15,88	15,88
Densidade		ρ	[kg/m3]	1051	1051	1051	1051	1051	1051	1051	1051	1051	1051	1051	1051
Viscosidade Dinâmica	Cotação ALFA LAVAL - Permutador M10 BWFG	μ	[mPa.s]	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	3,94
Diâmetro Nominal	*ANSI B36.10-1979*	Dn	[mm]	100	100	80	80	100	100	100	80	80	100	100	100
Diâmetro Exterior	*ANSI B36.10-1979*	Dext	[mm]	114,3	114,3	88,9	88,9	114,3	114,3	114,3	88,9	88,9	114,3	114,3	114,3
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	102,26	102,26	77,92	77,92	102,26	102,26	102,26	77,92	77,92	102,26	102,26	102,26
Área Transversal		A	[mm2]	8212,99	8212,99	4768,57	4768,57	8212,99	8212,99	8212,99	4768,57	4768,57	8212,99	8212,99	8212,99
Espessura	*ANSI B36.10-1979*	e	[mm]	6,02	6,02	5,49	5,49	6,02	6,02	6,02	5,49	5,49	6,02	6,02	6,02
Shedule	*ANSI B36.10-1979*	-	-	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Peso Linear em vazio	*ANSI B36.10-1979*	m	[kg/m]	16,07	16,07	11,29	11,29	16,07	16,07	16,07	11,29	11,29	16,07	16,07	16,07
Velocidade de Escoamento	*ASHRAE Refrigeration - R02*	V	[m/s]	1,93	1,93	1,67	1,67	1,93	1,93	1,93	1,67	1,67	1,93	1,93	1,93
Reynolds		Re	-	52753,48	52753,48	34816,08	34816,08	52753,48	45381,81	45381,81	29778,90	29778,90	45381,81	45381,81	52753,48
Rugosidade Absoluta	*www.tridentsteel.co.nz/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html*	ε	[mm]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Rugosidade Relativa	*r = ε/D*	r	-	0,0006	0,0006	0,0008	0,0008	0,0006	0,0006	0,0006	0,0008	0,0008	0,0006	0,0006	0,0006
Fator de Rugosidade	*f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody (Turbulento)*	f	-	0,0232	0,0232	0,0248	0,0248	0,0232	0,0232	0,0232	0,0255	0,0255	0,0232	0,0232	0,0232
Perda de Carga Distribuida	*Eq. Darcy - Weisbach*	ΔP1	[kPa]	0,58	0,80	0,00	0,58	0,80	1,52	0,80	0,00	0,45	0,80	2,44	5,16
Colunas Ascendentes															
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,86
Perda de Carga Inerente às Colunas	*ΔP = ρ x g x h = ΔP2*	ΔP2	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,76	9,25
Colunas Descendentes															
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	2,80	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganho de Carga Inerente às Colunas	*ΔP = ρ x g x(h-ΔH)*	ΔP3	[kPa]	0,00	0,00	-11,82	0,00	0,00	-27,62	0,00	-11,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Acessórios															
Curvas a 180º															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)*	Leq	[m]	5,2	5,2	3,7	3,7	5,2	5,2	5,2	3,7	3,7	5,2	5,2	5,2
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º															
Quantidade		-	-	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	4
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)*	Leq	[m]	3	3	2,3	2,3	3	3	3	2,3	2,3	3	3	3
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4,01	5,35
Curvas a 45º															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)*	Leq	[m]	1,6	1,6	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tés															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)*	Leq	[m]	6,4	6,4	4,6	4,6	6,4	6,4	6,4	4,6	4,6	6,4	6,4	6,4
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Controlo 3 Vias)															
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fator de Transição	*A0/A1*	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	3,8 0,26	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	*up20.ashrae.org/Supplements/Files/PHVAC9*	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,81 0,60	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,04	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)															
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	*A0/A1*	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	*up20.ashrae.org/Supplements/Files/PHVAC9*	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (Tés)															
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	*A0/A1*	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	*up20.ashrae.org/Supplements/Files/PHVAC9*	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Globo)															
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	*A0/A1*	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	*up20.ashrae.org/Supplements/Files/PHVAC9*	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Retenção)															
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	*A0/A1*	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	*up20.ashrae.org/Supplements/Files/PHVAC9*	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Borboleta															
Quantidade		-	-	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	2
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)*	Leq	[m]	1,4	1,4	1	1	1,4	1,4	1,4	1	1	1,4	1,4	1,4
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,62	0,00	0,46	0,46	0,00	0,62	0,00	0,48	0,48	0,00	0,62	1,25
Válvula de Globo															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP13	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Retenção															
Quantidade		-	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)*	Leq	[m]	12	12	9,1	9,1	12	12	12	9,1	9,1	12	12	12
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	0,00	0,00	4,22	0,00	0,00	0,00	0,00	4,34	0,00	0,00	0,00
Filtros Y															
Quantidade		-	-	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)*	Leq	[m]	18	18	13	13	18	13	18	13	13	18	18	18
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,00	0,00	6,03	0,00	0,00	0,00	0,00	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula Solenóide															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abertura da Válvula	*% de abertura*	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	*Valor obtido com Software Danfoss*	ΔP16	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Controlo de 3 Vias															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Kv		Kv	[m3/h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
Perda de Carga Localizada	*Valor obtido com Software Danfoss*	ΔP17	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00
Entrada Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Entrance)															
Quantidade		-	-	1	1	0	1	2	1	1	0	1	2	0	1
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)*	Leq	[m]	6,1	6,1	4,3	4,3	6,1	6,1	6,1	4,3	4,3	6,1	6,1	6,1
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	2,72	2,72	0,00	1,99	5,44	2,72	2,72	0,00	2,05	5,44	0,00	2,72
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)															
Quantidade		-	-	1	2	1	0	1	1	2	1	0	1	1	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)*	Leq	[m]	3	3	2,2	2,2	3	3	3	2,2	2,2	3	3	3
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	1,34	2,68	1,02	0,00	1,34	1,34	2,68	1,05	0,00	1,34	1,34	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)*	Leq	[m]	6,1	6,1	4,3	4,3	6,1	6,1	6,1	4,3	4,3	6,1	6,1	6,1
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Projetada de Tubagem (Pipe Projection Exit)															
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	*ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)*	Leq	[m]	4,9	4,9	3,8	3,8	4,9	4,9	4,9	3,8	3,8	4,9	4,9	4,9
Perda de Carga Localizada		ΔP21	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga por Troço															
Pressão Total	*ΔPtotal = ΔP1 + ΔP2 + ... + ΔP21*	**ΔPtotal**	**[kPa]**	**6,60**	**6,20**	**-4,30**	**7,26**	**7,58**	**-17,41**	**6,20**	**-4,07**	**7,32**	**7,58**	**35,21**	**23,73**
Coluna de Água Total	*Δhtotal = Δptotal / (ρ x g)*	**Δhtotal**	**[m.c.a]**	**0,64**	**0,60**	**-0,42**	**0,70**	**0,74**	**-1,19**	**0,60**	**-0,40**	**0,71**	**0,74**	**3,42**	**2,30**

Anexo F.13 – Contagem de Tubagem e Acessórios de NH_3

TUBAGEM NH3 - CONTAGEM

LINHAS	DN6	DN8	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN90	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Linhas do Permutador	-	-	-	-	-	-	***10***	-	-	-	-	-	***10***	-	-	-	-	-
Entrada							7,815											
Saida													8,806					
Linha Aspiração dos Compressores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***10***	-	***20***	-	-	-
Linha Aspiração															4,77			
Coletor Aspiração															2,87			
Entrada Compressor BP															0,6373			
Linha Aspiração													5,08					
Coletor Aspiração													2,87					
Entrada Compressor IP													0,6104					
Linha Aspiração															4,77			
Coletor Aspiração															2,87			
Entrada Compressor AP															0,6573			
Linha Descarga dos Compressores BP e IP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***5***	-	-	***20***	-	-	-	-	-
Linha Descarga (Ent. Separador)													9,7					
Coletor Descarga													6,56					
Saida Compressor BP													1,075					
Saida Compressor IP										1,075								
Linha Descarga dos Compressores AP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***5***	-	***20***	-	-	-	-	-
Linha Descarga (cond. Evaporativo)													11,94					
Coletor Descarga													3,26					
Saida Compressor AP											0,541							
Linhas de Entrada e Saída Condensador Evaporativo	-	-	-	-	-	-	-	***5***	-	***5***	-	-	-	-	-	-	-	-
Ramais Gas Quente (Entrada)										1,46								
Ramais Liquido (Saida)								1,46										
Alim. Termosifão	-	-	-	-	-	-	-	-	***15***	-	-	-	***10***	-	-	-	-	-
Linha Liquido (Entrada)									12,21									
Equalização Pressão													8,22					
Alim. Depósito Líquido	-	-	-	-	-	-	-	-	***5***	-	-	-	***10***	-	-	-	-	-
Linha Liquido (Entrada)									2,79									
Equalização Pressão													5,63					
Alim. Depósito Separador 1	-	-	-	-	-	-	-	-	***10***	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linha Liquido pré-expansão									6,24									
Linha Liquido pós-expansão									0,49									
Alim. Depósito Separador 2	-	-	-	-	-	-	-	***10***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linha Liquido pré-expansão								7,57										
Linha Liquido pós-expansão								0,49										
Alim. Depósito Separador 3	-	-	-	-	-	-	-	***15***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linha Liquido pré-expansão								10,87										
Linha Liquido pós-expansão								0,34										
COMPRIMENTO TOTAL [m]	**0**	**0**	**0**	**270**	**40**	**55**	**35**	**150**	**70**	**60**	**15**	**0**	**110**	**20**	**20**	**65**	**0**	**0**

TUBAGEM DE DESCONGELAÇÃO - CONTAGEM																		
LINHAS	DN6	DN8	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN90	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
	1/8"	*1/4"*	*3/8"*	*1/2"*	*3/4"*	*1"*	*1 1/4"*	*1 1/2"*	*2"*	*2 1/2"*	*3"*	*3 1/2"*	*4"*	*5"*	*6"*	*8"*	*10"*	*12"*
Linhas Gás Quente (Túneis)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***20***	***10***	-	***10***	-	-	-	-	-
Troço 17-18 Troço 18-19 Troço 18-20										2,24 13,14	6,05		6,05					
Linhas Gás Quente (Congelados e Picking)	-	-	-	***10***	***45***	***35***	***5***	***5***	-	-	***50***	-	-	***35***	-	-	-	-
Troço 1-2 Troço 2-3 Troço 3-4 Troço 4-5 Troço 4-6 Troço 2-7 Troço 7-8 Troço 7-9 Troço 3-10 Troço 10-11 Troço 10-12 Troço 12-13 Troço 12-14 Troço 14-15 Troço 14-16				4,41 1,15	33,16 4,97 3,18	2,80 30,90	0,89 2,30 0,25	1,9			5,53 44,03			26,7 4,68				
COMPRIMENTO TOTAL [m]	**0**	**0**	**0**	**10**	**45**	**35**	**5**	**5**	**0**	**20**	**60**	**0**	**10**	**35**	**0**	**0**	**0**	**0**

ACESSÓRIOS NH3 - CONTAGEM

LINHAS	Curvas 180º		Curvas 90º		Curvas 45º		Tés		Trans. Concêntrica (Vál. Regulagem)				Trans. Concêntrica (Vál. Solenóide e Filtro)				Trans. Concêntrica (Tês)				Trans. Concêntrica (Vál. Globo)				Trans. Concêntrica (Vál. Retenção)				Vál. Globo (Seccionamento)		Vál. Globo		Vál. Retenção		FiltroY	
									Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento									
	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN
Linhas Líquido Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)																																				
Trecho 1-2	0	-	8	DN40	2	DN40	1	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 2-3	0	-	1	DN25	0	-	0	-	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	1	DN40/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Trecho 2-4	0	-	2	DN25	0	-	0	-	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Linhas Líquido Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)																																				
Trecho 1-2	0	-	5	DN25	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 2-3	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 3-4	0	-	0	-	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-
Trecho 4-5	0	-	3	DN15	2	DN15	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN15	1	DN15/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN25
Trecho 4-6	0	-	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN15	1	DN15/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN25
Trecho 2-7	0	-	0	-	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 7-8	0	-	2	DN15	2	DN15	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN15	1	DN15/DN25	1	DN20/DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN25		
Trecho 7-9	0	-	3	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN15	1	DN15/DN25	1	DN20/DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN25		
Trecho 3-10	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trecho 10-11	0	-	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN15	1	DN15/DN25	1	DN20/DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN25		
Trecho 10-12	0	-	2	DN15	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trecho 12-13	0	-	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN15	1	DN15/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN25		
Trecho 12-14	0	-	1	DN15	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-		
Trecho 14-15	0	-	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15
Trecho 14-16	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15
Linhas Líquido Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																																				
Trecho 1-2	0	-	0	-	0	-	1	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 2-3	0	-	5	DN15	2	DN15	1	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 3-4	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 4-5	0	-	4	DN15	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15
Trecho 3-7	0	-	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15
Trecho 4-6	0	-	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15
Linhas Aspiração Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)																																				
Trecho 1-2	0	-	6	DN200	0	-	1	DN200	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN200	0	-	0	-
Trecho 2-3	0	-	2	DN125	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN125/DN200	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN125	0	-	0	-
Trecho 2-4	0	-	2	DN125	2	DN125	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN125/DN200	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN125	0	-	0	-
Linhas Aspiração Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)																																				
Trecho 1-2	0	-	5	DN100	0	-	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Trecho 2-3	0	-	0	-	2	DN100	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 3-4	0	-	0	-	2	DN50	1	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50	0	-	0	-	0	-
Trecho 4-5	0	-	3	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN40	0	-	0	-
Trecho 4-6	0	-	2	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN40	0	-	0	-
Trecho 2-7	0	-	0	-	2	DN65	1	DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65/DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65	0	-	0	-	0	-
Trecho 7-8	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-
Trecho 7-9	0	-	3	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-
Trecho 3-10	0	-	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80/DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80	0	-	0	-	0	-
Trecho 10-11	0	-	2	DN50	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-
Trecho 10-12	0	-	2	DN65	0	-	1	DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65/DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 12-13	0	-	2	DN50	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-
Trecho 12-14	0	-	1	DN25	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-
Trecho 14-15	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-
Trecho 14-16	0	-	1	DN20	2	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-
Linhas Aspiração Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																																				
Trecho 1-2	0	-	1	DN125	0	-	1	DN125	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN125	0	-	0	-
Trecho 2-3	0	-	4	DN32	0	-	1	DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN125	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 3-4	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trecho 4-5	0	-	4	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN15	1	DN15/DN32	0	-	1	DN20/DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	0	-	0	-
Trecho 3-7	0	-	1	DN20	2	DN20	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN20	1	DN20/DN32	0	-	1	DN20/DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-
Trecho 4-6	0	-	2	DN15	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN15	1	DN15/DN32	0	-	1	DN15/DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	0	-	0	-
Linhas de Líquido - Bombas Circuladores NH3																																				
Aspiração (1 Bomba)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN32	0	-	2	DN32
Aspiração (1 Bomba)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	2	DN20
Aspiração (1 Bomba)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN32	0	-	2	DN32
Ramal Descarga (1 Bomba)	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	2	DN25	0	-
Ramal Descarga (1 Bomba)	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	2	DN20	0	-
Ramal Descarga (1 Bomba)	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	2	DN25	0	-
Coletor Descarga (2 Bombas)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Coletor Descarga (2 Bombas)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Coletor Descarga (2 Bombas)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Linhas do Permutador																																				
Entrada	0	-	2	DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN32	1	DN32	1	DN32
Saída	0	-	3	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100/DN125	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Linha Aspiração dos Compressores																																				
Linha Aspiração	0	-	3	DN150	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN150	0	-	0	-
Coletor Aspiração	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Entrada Compressor BP	1	DN150	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN150	0	-	0	-
Linha Aspiração	0	-	3	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Coletor Aspiração	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Entrada Compressor IP	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100/DN150	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Linha Aspiração	0	-	3	DN150	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN150	0	-	0	-
Coletor Aspiração	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Entrada Compressor AP	1	DN150	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN150	0	-	0	-
Linha Descarga dos Compressores BP e IP																																				
Linha Descarga (Ent. Separador)	0	-	3	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Coletor Descarga	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Saída Compressor BP	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Saída Compressor IP	0	-	0	-	1	DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65/DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65	0	-	0	-
Linha Descarga dos Compressores AP																																				
Linha Descarga (cond. Evaporativo)	0	-	3	DN100	0	-	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Coletor Descarga	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Saída Compressor AP	0	-	0	-	1	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80/DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80	0	-	0	-
Linhas de Entrada e Saída Condensador Evaporativo																																				
Ramais Gás Quente (Entrada)	0	-	1	DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN100/DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65	0	-	0	-
Ramais Líquido (Saída)	0	-	1	DN40	0	-	1	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN40/DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40	0	-	0	-
Alim. Termosifão																																				
Linha Líquido (Entrada)	2	DN50	5	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Equalização Pressão	0	-	2	DN100	0	-	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Alim. Depósito Líquido																																				
Linha Líquido (Entrada)	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50	0	-	0	-
Equalização Pressão	0	-	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Alim. Depósito Separador 1																																				
Linha Líquido pré-expansão	0	-	4	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	1	DN50	1	DN50
Linha Líquido pós-expansão	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50	0	-	0	-
Alim. Depósito Separador 2																																				
Linha Líquido pré-expansão	0	-	3	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40	1	DN40	1	DN40
Linha Líquido pós-expansão	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40	0	-	0	-
Alim. Depósito Separador 3																																				
Linha Líquido pré-expansão	0	-	4	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Linha Líquido pós-expansão	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25	0	-	0	-

TUBAGEM NH3 - CONTAGEM

LINHAS	DN6	DN8	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN90	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Linhas Líquido Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)	-	-	-	-	-	**20**	-	**65**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Troço 1-2								63,974										
Troço 2-3						2,24												
Troço 2-4						13,14												
Linhas Líquido Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)	-	-	-	**130**	**15**	**25**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Troço 1-2						24,924												
Troço 2-3					4,68													
Troço 3-4				0,89														
Troço 4-5				33,16														
Troço 4-6				4,97														
Troço 2-7					1,9													
Troço 7-8				2,8														
Troço 7-9				30,9														
Troço 3-10					5,53													
Troço 10-11				2,3														
Troço 10-12				44,03														
Troço 12-13				1,15														
Troço 12-14				3,18														
Troço 14-15				4,41														
Troço 14-16				1,15														
Linhas Líquido Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)	-	-	-	**90**	-	-	-	**10**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Troço 1-2								6,294										
Troço 2-3				23,31														
Troço 3-4				3,62														
Troço 4-5				23,83														
Troço 3-7				4,09														
Troço 4-6				34,81														
Linhas Aspiração Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**15**	-	**65**	-	-
Troço 1-2																60,2046		
Troço 2-3														1,99				
Troço 2-4														12,99				
Linhas Aspiração Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)	-	-	-	-	**10**	**5**	-	**40**	**40**	**50**	**10**	-	**30**	-	-	-	-	-
Troço 1-2													21,2346					
Troço 2-3													4,68					
Troço 3-4									1,4									
Troço 4-5								31,66										
Troço 4-6								4,87										
Troço 2-7										1,5								
Troço 7-8									2,4									
Troço 7-9									29,95									
Troço 3-10											5,38							
Troço 10-11									2,55									
Troço 10-12										45,93								
Troço 12-13									1,4									
Troço 12-14						2,68												
Troço 14-15					4,76													
Troço 14-16					1,4													
Linhas Aspiração Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)	-	-	-	**50**	**10**	-	**20**	-	-	-	-	-	-	**5**	-	-	-	-
Troço 1-2														4,17635				
Troço 2-3							17,96											
Troço 3-4					3,37													
Troço 4-5				19,23														
Troço 3-7					3,99													
Troço 4-6				28,21														
Linhas de Líquido - Bombas Circuladores NH3	-	-	-	-	**5**	**5**	**5**	**5**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspiração (1 Bomba)							1											
Aspiração (1 Bomba)					1													
Aspiração (1 Bomba)							1											
Ramal Descarga (1 Bomba)						1,62												
Ramal Descarga (1 Bomba)					1,62													
Ramal Descarga (1 Bomba)						1,62												
Coletor Descarga (2 Bombas)								1,45										
Coletor Descarga (2 Bombas)						1,45												
Coletor Descarga (2 Bombas)								1,45										

Anexo F.14 – Contagem de Tubagem e Acessórios de Água Glicolada

TUBAGEM MEG - CONTAGEM

LINHAS	DN6	DN8	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN90	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Circuito de Água Fria - Alimentação Frigodifusores	-	-	-	-	**5**	**65**	**20**	**60**	**40**	**10**	**5**	-	**60**	-	-	-	-	-
Troço 1-2													57,98					
Troço 2-3									1,02									
Troço 3-4							3,15											
Troço 3-5									17,25									
Troço 5-6							3,15											
Troço 5-7								19,91										
Troço 7-8						4,98												
Troço 7-9							1,6											
Troço 9-10						5,08												
Troço 9-11						9,68												
Troço 2-12								9,58										
Troço 12-13							3,31											
Troço 12-14											4,9							
Troço 14-15							6,89											
Troço 14-16								8,51										
Troço 16-17								9,06										
Troço 17-18						1,4												
Troço 17-19						1,4												
Troço 16-20										9,24								
Troço 20-21								3,31										
Troço 20-22									4,91									
Troço 22-23						11,5												
Troço 23-24					1,8													
Troço 23-25					1,8													
Troço 22-26									13,75									
Troço 26-27						4,98												
Troço 26-28									2,85									
Troço 28-29						4,98												
Troço 28-30								4,67										
Troço 30-31						6,16												
Troço 30-32						10,32												
Circuito de Água Quente - Retorno Frigodifusores	-	-	-	-	**5**	**65**	**25**	**30**	**40**	**10**	**25**	-	**65**	-	-	-	-	-
Troço 1-2													61,63					
Troço 2-3									0,62									
Troço 3-4							3,4											
Troço 3-5									17,87									
Troço 5-6							3,4											
Troço 5-7								16,66										
Troço 7-8						5,13												
Troço 7-9							2,1											
Troço 9-10						4,98												
Troço 9-11						9,73												
Troço 2-12											10,59							
Troço 12-13							3,56											
Troço 12-14											6							
Troço 14-15							6,89											
Troço 14-16											7,26							
Troço 16-17								8,71										
Troço 17-18						1,65												
Troço 17-19						1,16												
Troço 16-20										9,39								
Troço 20-21							3,56											
Troço 20-22									4,76									
Troço 22-23						11,81												
Troço 23-24					2,04													
Troço 23-25					1,57													
Troço 22-26									13,25									
Troço 26-27						4,88												
Troço 26-28									2,85									
Troço 28-29						5,43												
Troço 28-30								2,53										
Troço 30-31						6,76												
Troço 30-32						10,42												
Circuito de Água Fria - Central de Bombagem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**5**	-	**5**	-	-	-	-	-
Saída do Depósito													1,3					
Coletor Aspiração Bombas													1,8					
Aspiração Bombas											1,2							
Descarga Bombas											1,25							
Coletor Descarga Bombas													1,8					
Circuito de Água Quente - Central de Bombagem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**5**	-	**10**	-	-	-	-	-
Saída do Depósito													6,2					
Coletor Aspiração Bombas													1,8					
Aspiração Bombas											1,2							
Descarga Bombas											0,95							
Coletor Descarga Bombas													1,8					
Permutador de Calor - Lado da Água Glicolada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**20**	-	-	-	-	-
Entrada Permutador													6,47					
Saída Permutador													12,44					
COMPRIMENTO TOTAL [m]	**0**	**0**	**0**	**0**	**10**	**130**	**45**	**90**	**80**	**20**	**40**	**0**	**160**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

ACESSÓRIOS MEG - CONTAGEM

LINHAS	Curvas 90º		Tês		Trans. Concêntrica (Vál. 3 Vias)				Trans. Concêntrica (Vál. Solenóide)				Trans. Concêntrica (Tês)				Vál. Borboleta		Vál. Retenção		Filtro Y	
					Redução		*Aumento*		*Redução*		*Aumento*		*Redução*		*Aumento*							
	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN
Circuito de Água Fria - Alimentação Frigodifusores																						
Troço 1-2	4	DN100	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 2-3	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100/DN50	0	-	2	DN50	0	-	0	-
Troço 3-4	1	DN32	1	DN32	0	-	0	-	1	DN32/DN25	1	DN25/DN32	1	DN50/DN32	0	-	2	DN32	1	DN32	1	DN32
Troço 3-5	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 5-6	1	DN32	1	DN32	0	-	0	-	1	DN32/DN25	1	DN25/DN32	1	DN50/DN32	0	-	2	DN32	1	DN32	1	DN32
Troço 5-7	3	DN40	2	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN40	0	-	1	DN40	0	-	0	-
Troço 7-8	2	DN25	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 7-9	0	-	2	DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN32	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 9-10	2	DN25	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 9-11	3	DN25	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 2-12	2	DN80	2	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100/DN80	0	-	1	DN80	0	-	0	-
Troço 12-13	1	DN32	1	DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80/DN32	0	-	2	DN32	1	DN32	1	DN32
Troço 12-14	0	-	2	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 14-15	2	DN32	1	DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80/DN32	0	-	2	DN32	1	DN32	1	DN32
Troço 14-16	0	-	2	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 16-17	3	DN40	2	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80/DN40	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 17-18	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 17-19	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 16-20	0	-	2	DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 20-21	2	DN32	1	DN32	0	-	0	-	1	DN32/DN25	1	DN25/DN32	1	DN80/DN32	0	-	2	DN32	1	DN32	1	DN32
Troço 20-22	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80/DN65	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 22-23	3	DN25	2	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65/DN25	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 23-24	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN20	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20
Troço 23-25	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN20	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20
Troço 22-26	1	DN50	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50	0	-	0	-
Troço 26-27	3	DN25	1	DN25	0	-	0	-	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	1	DN50/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 26-28	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 28-29	3	DN25	1	DN25	0	-	0	-	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	1	DN50/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 28-30	0	-	2	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN40	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 30-31	3	DN25	1	DN25	0	-	0	-	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	1	DN40/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Troço 30-32	4	DN25	1	DN25	0	-	0	-	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	1	DN40/DN25	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25
Circuito de Água Quente - Retorno Frigodifusores																						
Troço 1-2	8	DN100	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		0	-	0	-
Troço 2-3	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50/DN100	1	DN50	0	-	0	-
Troço 3-4	2	DN32	1	DN32	1	DN32/DN20	1	DN20/DN32	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN50	2	DN32	0	-	0	-
Troço 3-5	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		0	-	0	-
Troço 5-6	2	DN32	1	DN32	1	DN32/DN20	1	DN20/DN32	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN50	2	DN32	0	-	0	-
Troço 5-7	3	DN40	2	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN50	1	DN40	0	-	0	-
Troço 7-8	3	DN25	1	DN25	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN50	2	DN25	0	-	0	-
Troço 7-9	0	-	2	DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN40	0		0	-	0	-
Troço 9-10	3	DN25	1	DN25	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN32	2	DN25	0	-	0	-
Troço 9-11	3	DN25	1	DN25	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN32	2	DN25	0	-	0	-
Troço 2-12	3	DN80	2	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80/DN100	1	DN80	0	-	0	-
Troço 12-13	2	DN32	1	DN32	1	DN32/DN25	1	DN25/DN32	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN80	2	DN32	0	-	0	-
Troço 12-14	0	-	2	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Troço 14-15	2	DN32	1	DN32	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN80	2	DN32	0	-	0	-
Troço 14-16	0	-	2	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		0	-	0	-
Troço 16-17	2	DN40	2	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN80	0		0	-	0	-
Troço 17-18	2	DN25	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN40	2	DN25	0	-	0	-
Troço 17-19	2	DN25	1	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN40	2	DN25	0	-	0	-
Troço 16-20	0	-	2	DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	-	0		0	-	0	-
Troço 20-21	2	DN32	1	DN32	1	DN32/DN25	1	DN25/DN32	0	-	0	-	0	-	1	DN32/DN80	2	DN32	0	-	0	-
Troço 20-22	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65/DN80	2	DN50	0	-	0	-
Troço 22-23	2	DN25	2	DN25	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN65	0		0	-	0	-
Troço 23-24	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN25	2	DN20	0	-	0	-
Troço 23-25	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20/DN25	2	DN20	0	-	0	-
Troço 22-26	1	DN50	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN50	0	-	0	-
Troço 26-27	3	DN25	1	DN25	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN50	2	DN25	0	-	0	-
Troço 26-28	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		0	-	0	-
Troço 28-29	3	DN25	1	DN25	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN50	2	DN25	0	-	0	-
Troço 28-30	0	-	2	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40/DN50	0		0	-	0	-
Troço 30-31	3	DN25	1	DN25	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN40	2	DN25	0	-	0	-
Troço 30-32	4	DN25	1	DN25	1	DN25/DN20	1	DN20/DN25	0	-	0	-	0	-	1	DN25/DN40	2	DN25	0	-	0	-
Circuito de Água Fria - Central de Bombagem																						
Saída do Depósito	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Coletor Aspiração Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Aspiração Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN100/DN80	0	-	1	DN80	0	-	1	DN80
Descarga Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN80/DN100	1	DN80	1	DN80	0	-
Coletor Descarga Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Circuito de Água Quente - Central de Bombagem																						
Saída do Depósito	3	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Coletor Aspiração Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Aspiração Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN100/DN80	0	-	1	DN80	0	-	1	DN80
Descarga Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN80/DN100	1	DN80	1	DN80	0	-
Coletor Descarga Bombas	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Permutador de Calor - Lado da Água Glicolada																						
Entrada Permutador	3	DN100	0	-	1	DN100/DN50	1	DN50/DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Saída Permutador	4	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN100	0	-	0	-

Anexo F.15 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de NH_3

DETERMINAÇÃO DO ISOLAMENTO - TUBAGEM NH3

LINHAS	Temperatura NH3 (Tint,i)	Temperatura Ar (Tint,e)	Velocidade Ar (var)	Diâmetro Nominal Tubagem (DN)	Diâmetro Tubagem interior (Dint)	Diâmetro Tubagem Exterior (Dext)	Comprimento Tubagem (L)	Nº Reynolds (Re)	Nº Prandlt (Pr)	Nº Nussell (Nu)	Condutividade Térmica NH3 (kNH3)	Condutividade Térmica Isol. (kisol)	Condutividade Térmica Aço (kaço)	índice Convecção ar (har)	índice Convecção NH3 (hNH3)	Rconvecção,1	Rcondução,1	Rcondução,2	Rconvecção,2	Espessura Isol. (e)	Perdas Térmicas (Q)	Perdas Térmicas por Área (Q)
	[ºC]	[ºC]	[m/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	Adimensional	Adimensional	Adimensional	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m.ºC]	[W/m.ºC]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[mm]	[W]	[W/m2]
Linhas Líquido Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)																						
Troço 1-2	-42,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	63,97	76282,74	1,844	222,53	0,695	0,025	68,440	16,75	4054,62	3,217E-05	8,580E-06	0,112	0,001	50	666,52	**22,36**
Troço 2-3	-42,0	33,1	5,0	25,00	24,3	33,40	2,24	59981,16	1,844	183,59	0,695	0,025	68,440	17,72	5250,43	1,114E-03	3,302E-04	3,936	0,030	50	18,93	**20,17**
Troço 2-4	-42,0	33,1	5,0	25,00	24,3	33,40	13,14	59748,21	1,844	183,02	0,695	0,025	68,440	19,44	5234,11	1,905E-04	5,629E-05	0,592	0,005	40	125,59	**26,83**
Linhas Líquido Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)																						
Troço 1-2	-30,0	33,1	5,0	25,00	24,3	33,40	24,92	70633,58	1,664	202,96	0,655	0,024	64,600	19,44	5467,33	9,613E-05	3,144E-05	0,325	0,003	40	192,23	**21,65**
Troço 2-3	-30,0	33,1	5,0	20,00	18,88	26,70	4,68	61490,87	1,664	181,61	0,655	0,024	64,600	20,00	6296,82	5,721E-04	1,824E-04	1,963	0,016	40	31,87	**20,32**
Troço 3-4	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	0,89	265,5,90	1,664	92,66	0,655	0,024	64,600	21,82	4382,72	5,869E-03	1,193E-03	10,845	0,090	35	5,77	**22,59**
Troço 4-5	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	33,16	13297,95	1,664	53,22	0,655	0,024	64,600	21,82	2517,21	2,755E-04	3,203E-05	0,291	0,002	35	214,79	**22,58**
Troço 4-6	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	4,97	13297,95	1,664	53,22	0,655	0,024	64,600	21,82	2517,21	1,838E-03	2,137E-04	1,942	0,016	35	32,19	**22,58**
Troço 2-7	-30,0	33,1	5,0	20,00	18,88	26,70	1,90	29445,58	1,664	100,77	0,655	0,024	64,600	20,00	3493,72	2,540E-03	4,494E-04	4,835	0,039	40	12,94	**20,31**
Troço 7-8	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	2,80	20094,27	1,664	74,20	0,655	0,024	64,600	21,82	3509,32	2,341E-03	3,794E-04	3,447	0,029	35	18,14	**22,59**
Troço 7-9	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	30,90	20094,27	1,664	74,20	0,655	0,024	64,600	21,82	3509,32	2,121E-04	3,438E-05	0,312	0,003	35	200,20	**22,59**
Troço 3-10	-30,0	33,1	5,0	20,00	18,88	26,70	5,53	42033,47	1,664	134,01	0,655	0,024	64,600	20,00	4646,37	6,562E-04	1,544E-04	1,661	0,013	40	37,66	**20,32**
Troço 10-11	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	2,30	24575,85	1,664	87,20	0,655	0,024	64,600	21,82	4124,25	2,425E-03	4,618E-04	4,196	0,035	35	14,90	**22,59**
Troço 10-12	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	44,03	32791,89	1,664	109,83	0,655	0,024	64,600	21,82	5194,59	1,006E-04	2,412E-05	0,219	0,002	35	285,33	**22,59**
Troço 12-13	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	1,15	24575,85	1,664	87,20	0,655	0,024	64,600	21,82	4124,25	4,849E-03	9,237E-04	8,393	0,069	35	7,45	**22,59**
Troço 12-14	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	3,18	8218,04	1,664	36,29	0,655	0,024	64,600	21,82	1716,60	4,213E-03	3,340E-04	3,035	0,025	35	20,59	**22,57**
Troço 14-15	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	4,41	4108,02	1,664	20,85	0,655	0,024	64,600	21,82	985,93	5,290E-03	2,409E-04	2,189	0,018	35	28,52	**22,55**
Troço 14-16	-30,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	1,15	4108,02	1,664	20,85	0,655	0,024	64,600	21,82	985,93	2,028E-02	9,237E-04	8,393	0,069	35	7,44	**22,55**
Linhas Líquido Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																						
Troço 1-2	-8,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	6,29	146991,44	1,457	350,43	0,584	0,023	57,560	20,07	5364,89	2,472E-04	1,038E-04	0,888	0,012	30	45,68	**21,33**
Troço 2-3	-8,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	23,31	26542,89	1,457	88,00	0,584	0,023	57,560	25,20	3754,97	2,628E-04	5,114E-05	0,359	0,004	25	113,29	**21,70**
Troço 3-4	-8,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	3,62	9838,66	1,457	40,28	0,584	0,023	57,560	25,20	1699,50	3,738E-03	3,293E-04	2,310	0,024	25	17,58	**21,68**
Troço 4-5	-8,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	23,83	3935,46	1,457	19,35	0,584	0,023	57,560	25,20	816,52	1,182E-03	5,003E-05	0,351	0,004	25	115,52	**21,64**
Troço 3-7	-8,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	4,09	16844,23	1,457	61,40	0,584	0,023	57,560	25,20	2590,60	2,171E-03	2,915E-04	2,044	0,022	25	19,87	**21,69**
Troço 4-6	-8,0	33,1	5,0	15,00	13,84	21,30	34,81	5903,20	1,457	26,77	0,584	0,023	57,560	25,20	1129,38	5,850E-04	3,425E-05	0,240	0,003	25	168,90	**21,66**
Linhas Aspiração Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)																						
Troço 1-2	-42,0	33,1	5,0	200,00	206,4	219,10	60,20	212787,47	0,370	312,19	0,145	0,025	68,440	10,63	218,80	1,171E-04	2,306E-06	0,046	0,001	60	1596,59	**24,89**
Troço 2-3	-42,0	33,1	5,0	125,00	128,2	141,30	1,99	171625,52	0,370	262,87	0,145	0,025	68,440	12,29	296,60	4,207E-03	1,137E-04	1,967	0,025	60	37,63	**23,03**
Troço 2-4	-42,0	33,1	5,0	125,00	128,2	141,30	12,99	170858,88	0,370	262,05	0,145	0,025	68,440	12,29	295,68	6,464E-04	1,742E-05	0,301	0,004	60	245,60	**23,03**
Linhas Aspiração Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)																						
Troço 1-2	-30,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	21,23	214886,34	0,396	321,14	0,138	0,024	64,600	13,69	432,87	3,386E-04	1,291E-05	0,196	0,003	50	316,77	**22,16**
Troço 2-3	-30,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	4,68	145305,38	0,396	234,83	0,138	0,024	64,600	13,69	316,53	2,101E-03	5,860E-05	0,891	0,012	50	69,77	**22,14**
Troço 3-4	-30,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	1,40	49495,85	0,396	159,36	0,138	0,024	64,600	15,90	418,57	1,035E-02	2,444E-04	4,621	0,045	50	13,46	**19,10**
Troço 4-5	-30,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	31,66	214886,34	0,396	321,14	0,138	0,024	64,600	13,69	432,87	2,271E-04	8,662E-06	0,132	0,002	50	472,29	**22,16**
Troço 4-6	-30,0	33,1	5,0	40,00	40,94	48,30	4,87	57363,92	0,396	111,64	0,138	0,024	64,600	17,97	375,89	4,247E-03	8,364E-05	1,330	0,014	40	46,78	**23,83**
Troço 2-7	-30,0	33,1	5,0	65,00	62,68	73,00	1,50	113518,65	0,396	192,74	0,138	0,024	64,600	15,37	423,86	7,987E-03	2,503E-04	3,815	0,040	50	16,34	**20,04**
Troço 7-8	-30,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	2,40	67791,05	0,396	127,60	0,138	0,024	64,600	15,90	335,15	7,541E-03	1,426E-04	2,702	0,026	50	23,07	**19,09**
Troço 7-9	-30,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	29,95	67791,05	0,396	127,60	0,138	0,024	64,600	15,90	335,15	6,042E-04	1,143E-05	0,216	0,002	50	287,89	**19,09**
Troço 3-10	-30,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	5,38	130415,44	0,396	215,37	0,138	0,024	64,600	14,65	380,99	1,993E-03	6,037E-05	0,829	0,011	50	67,00	**20,99**
Troço 10-11	-30,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	2,55	82951,63	0,396	149,96	0,138	0,024	64,600	15,90	393,88	6,039E-03	1,342E-04	2,543	0,024	50	24,52	**19,09**
Troço 10-12	-30,0	33,1	5,0	65,00	62,68	73,00	45,93	92671,81	0,396	163,86	0,138	0,024	64,600	15,37	360,35	3,068E-04	8,176E-06	0,125	0,001	50	500,02	**20,03**
Troço 12-13	-30,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	1,40	82951,63	0,396	149,96	0,138	0,024	64,600	15,90	393,88	1,100E-02	2,444E-04	4,631	0,045	50	13,46	**19,09**
Troço 12-14	-30,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	2,66	54690,91	0,396	107,37	0,138	0,024	64,600	19,21	555,54	8,022E-03	2,079E-04	3,025	0,027	40	20,62	**21,60**
Troço 14-15	-30,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	4,76	34717,74	0,396	74,71	0,138	0,024	64,600	20,90	491,30	6,494E-03	1,253E-04	1,793	0,017	35	34,74	**24,03**
Troço 14-16	-30,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	1,40	34717,74	0,396	74,71	0,138	0,024	64,600	20,90	491,30	2,208E-02	4,260E-04	6,096	0,056	35	10,22	**24,03**
Linhas Aspiração Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																						
Troço 1-2	-8,0	33,1	5,0	125,00	128,2	141,30	4,18	430712,51	0,459	585,57	0,126	0,023	57,560	13,84	577,02	1,030E-03	6,442E-05	0,667	0,013	35	60,37	**21,77**
Troço 2-3	-8,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	17,96	102984,67	0,459	186,40	0,126	0,023	57,560	20,41	671,25	7,527E-04	2,845E-05	0,341	0,004	30	118,85	**20,61**
Troço 3-4	-8,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	3,37	63985,80	0,459	127,38	0,126	0,023	57,560	23,83	767,72	5,870E-03	1,986E-04	2,167	0,026	25	18,69	**23,02**
Troço 4-5	-8,0	33,1	5,0	15,00	15,76	21,30	19,23	34039,15	0,459	76,88	0,126	0,023	57,560	24,81	616,25	1,704E-03	4,331E-05	0,435	0,005	25	93,16	**21,63**
Troço 3-7	-8,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	3,99	108375,95	0,459	194,17	0,126	0,023	57,560	23,83	1170,26	3,252E-03	1,677E-04	1,830	0,022	25	22,15	**23,04**
Troço 4-6	-8,0	33,1	5,0	15,00	15,76	21,30	28,21	51098,72	0,459	106,34	0,126	0,023	57,560	24,81	852,37	8,400E-04	2,953E-05	0,296	0,003	25	136,81	**21,65**
Linhas de Líquido - Bombas Circuladores NH3																						
Aspiração (1 Bomba)	-42,0	33,1	5,0	32,00	32,5	42,20	1,00	44760,36	1,844	145,26	0,695	0,025	68,440	17,13	3106,14	3,153E-03	6,074E-04	7,734	0,065	50	9,62	**21,54**
Aspiração (1 Bomba)	-30,0	33,1	5,0	20,00	18,88	26,70	1,00	45468,27	1,664	142,65	0,655	0,024	64,600	20,00	4845,83	3,409E-03	8,538E-04	9,197	0,075	40	6,81	**20,32**
Aspiração (1 Bomba)	-8,0	33,1	5,0	32,00	32,5	42,20	1,00	86200,05	1,457	229,76	0,584	0,023	57,560	20,71	4109,90	2,383E-03	7,222E-04	6,121	0,075	30	6,63	**20,65**
Ramal Descarga (1 Bomba)	-42,0	33,1	5,0	25,00	24,3	33,40	1,62	59864,68	1,844	183,31	0,695	0,025	68,440	17,72	5242,27	1,542E-03	4,566E-04	5,442	0,042	50	13,69	**20,17**
Ramal Descarga (1 Bomba)	-30,0	33,1	5,0	20,00	18,88	26,70	1,62	45468,27	1,664	142,65	0,655	0,024	64,600	20,00	4845,83	2,104E-03	5,270E-04	5,671	0,046	40	11,03	**20,32**
Ramal Descarga (1 Bomba)	-8,0	33,1	5,0	25,00	24,3	33,40	1,62	115335,01	1,457	288,67	0,584	0,023	57,560	21,76	6936,34	1,166E-03	5,429E-04	4,393	0,048	30	9,25	**19,46**
Coletor Descarga (2 Bombas)	-42,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	1,45	76282,74	1,844	222,53	0,695	0,025	68,440	16,75	4054,62	1,420E-03	3,788E-04	4,925	0,044	50	15,11	**22,36**
Coletor Descarga (2 Bombas)	-30,0	33,1	5,0	25,00	24,3	33,40	1,45	70633,58	1,664	202,96	0,655	0,024	64,600	19,44	5467,33	1,852E-03	5,404E-04	5,990	0,050	40	11,19	**21,65**
Coletor Descarga (2 Bombas)	-8,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	1,45	146991,44	1,457	350,43	0,584	0,023	57,560	20,07	5364,89	1,073E-03	4,504E-04	3,853	0,050	30	10,52	**21,33**
Linhas do Permutador																						
Entrada	-8,0	33,1	5,0	32,00	32,5	42,20	7,82	161213,95	1,457	377,30	0,584	0,023	57,560	20,71	6778,70	1,849E-04	9,241E-05	0,783	0,010	30	51,82	**20,65**
Saída	-8,0	33,1	5,0	100,00	97,18	114,30	8,81	531021,22	0,684	780,35	0,126	0,023	57,560	15,15	1014,40	3,667E-04	5,095E-05	0,375	0,006	35	107,51	**21,09**
Linha Aspiração dos Compressores																						
Linha Aspiração	-42,0	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	4,77	183178,23	0,846	355,05	0,145	0,025	68,440	11,66	333,33	1,299E-03	4,304E-05	0,718	0,010	60	102,93	**23,82**
Coletor Aspiração	-42,0	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	2,87	183178,23	0,846	355,05	0,145	0,025	68,440	11,66	333,33	2,159E-03	7,153E-05	1,194	0,016	60	61,93	**23,82**
Entrada Compressor BP	-42,0	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	0,64	183178,23	0,846	355,05	0,145	0,025	68,440	11,66	333,33	9,725E-03	3,221E-04	5,377	0,074	60	13,75	**23,82**
Linha Aspiração	-30,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	5,08	156686,09	0,896	318,78	0,138	0,024	64,600	13,69	429,70	1,423E-03	5,398E-05	0,821	0,011	50	75,78	**22,16**
Coletor Aspiração	-30,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	2,87	156686,09	0,896	318,78	0,138	0,024	64,600	13,69	429,70	2,524E-03	9,555E-05	1,452	0,019	50	42,81	**22,16**
Entrada Compressor IP	-30,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	0,61	156686,09	0,896	318,78	0,138	0,024	64,600	13,69	429,70	1,187E-02	4,493E-04	6,829	0,089	50	9,11	**22,16**
Linha Aspiração	-8,0	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	4,77	576780,40	0,998	933,84	0,126	0,023	57,560	12,97	765,63	5,657E-04	5,117E-05	0,505	0,011	35	79,66	**22,31**
Coletor Aspiração	-8,0	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	2,87	576780,40	0,998	933,84	0,126	0,023	57,560	12,97	765,63	9,402E-04	8,505E-05	0,839	0,018	35	47,93	**22,31**
Entrada Compressor AP	-8,0	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	0,86	576780,40	0,998	933,84	0,126	0,023	57,560	12,97	765,63	4,105E-03	3,713E-04	3,661	0,079	35	10,98	**22,31**
Linha Descarga dos Compressores BP e IP																						
Linha Descarga (Ent. Separador)	69,3	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	9,70	300861,20	1,518	629,28	0,035	0,028	52,921	14,91	215,38	1,490E-03	3,451E-05	0,280	0,006	35	-125,94	**-22,42**
Coletor Descarga	69,3	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	6,56	300861,20	1,518	629,28	0,035	0,028	52,921	14,91	215,38	2,203E-03	5,103E-05	0,414	0,009	35	-85,17	**-22,42**
Saída Compressor BP	84,5	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	1,08	176316,63	1,726	426,46	0,038	0,029	52,470	13,89	159,60	1,814E-02	3,141E-04	3,209	0,050	50	-15,68	**-21,67**
Saída Compressor IP	44,7	33,1	5,0	65,00	62,68	73,00	1,08	198794,13	1,311	432,24	0,029	0,024	53,660	19,60	201,22	2,348E-02	4,205E-04	2,695	0,067	20	-4,16	**-10,91**
Linha Descarga dos Compressores AP																						
Linha Descarga (Ligação Evaporador)	115,9	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	11,94	498141,83	3,070	1163,41	0,069	0,047	51,360	11,07	779,32	3,345E-04	2,688E-05	0,287	0,004	100	-284,47	**-24,13**
Coletor Descarga	115,9	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	3,26	498141,83	3,070	1163,41	0,069	0,047	51,360	11,07	779,32	1,229E-03	1,058E-04	1,051	0,014	100	-77,67	**-24,13**
Saída Compressor AP	115,9	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	0,54	653747,23	3,070	1446,03	0,069	0,047	51,360	11,57	1271,21	5,840E-03	7,551E-04	7,377	0,088	100	-11,08	**-22,57**
Linhas de Entrada e Saída Condensador Evaporativo																						
Entrada Líquido (Coletor Principal)	115,9	33,1	5,0	65,00	62,68	73,00	1,48	409349,58	3,070	988,48	0,069	0,047	51,360	11,93	1080,26	3,220E-03	3,235E-04	3,059	0,033	100	-26,74	**-21,36**
Ramais Líquido (Saída)	35,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	1,48	8554,39	1,280	218,56	0,457	0,0235	53,950	22,65	2620,88	2,181E-03	4,772E-04	2,799	0,055	20	-0,67	**-1,64**
Alim. Termosifão																						
Linha Líquido (Entrada)	35,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	12,21	124324,75	1,280	294,79	0,457	0,0235	53,950	20,72	2569,02	1,934E-04	3,356E-05	0,282	0,006	20	-6,58	**-1,71**
Saída Líquido (Produto)	35,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	8,22	753586,61	1,243	1235,33	0,028	0,0235	53,950	16,50	333,23	1,136E-03	3,995E-05	0,247	0,008	20	-7,42	**-1,86**
Alim. Depósito Líquido																						
Linha Líquido (Entrada)	35,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	2,79	124324,75	1,280	294,79	0,457	0,0235	53,950	20,72	2569,02	8,462E-04	1,469E-04	1,235	0,027	20	-1,90	**-1,71**
Saída Líquido (Produto)	35,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	5,63	753586,61	1,243	1235,33	0,028	0,0235	53,950	16,50	333,23	1,659E-03	5,832E-05	0,361	0,011	20	-5,08	**-1,86**
Alim. Depósito Separador 1																						
Linha Líquido pré-expansão	35,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	6,24	124324,75	1,280	294,79	0,457	0,0235	53,950	20,72	2569,02	3,784E-04	6,567E-05	0,552	0,012	20	-3,36	**-1,71**
Linha Líquido pós-expansão	-8,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	0,49	993045,06	0,470	1150,34	0,093	0,023	57,560	18,68	2046,91	6,047E-03	7,838E-04	9,753	0,145	30	4,15	**22,41**
Alim. Depósito Separador 2																						
Linha Líquido pré-expansão	-8,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	7,57	49440,54	1,457	146,57	0,584	0,023	57,560	20,07	2243,85	4,913E-04	8,626E-05	0,738	0,010	30	54,92	**21,32**
Linha Líquido pós-expansão	-30,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	0,49	832922,30	0,911	1025,00	0,054	0,024	64,600	18,20	1442,67	1,181E-02	1,187E-03	13,221	0,139	40	4,72	**23,89**
Alim. Depósito Separador 3																						
Linha Líquido pré-expansão	-30,0	33,1	5,0	25,00	24,3	33,40	10,87	37129,46	1,664	121,30	0,655	0,024	64,600	19,44	3267,71	3,688E-04	7,209E-05	0,746	0,007	40	83,82	**21,64**
Linha Líquido pós-expansão	-42,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	0,34	832813,33	0,596	1073,10	0,039	0,025	68,440	17,54	1554,08	2,261E-02	1,547E-03	25,929	0,200	50	2,87	**20,15**

TUBAGEM DE DESCONGELAÇÃO - CONTAGEM																		
LINHAS	DN6	DN8	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN90	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Linhas Gás Quente (Túneis)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	10	-	10	-	-	-	-	-
Troço 17-18 Troço 18-19 Troço 18-20										2,24 13,14	6,05		6,05					
Linhas Gás Quente (Congelados e Picking)	-	-	-	10	45	35	5	5	-	-	50	-	-	35	-	-	-	-
Troço 1-2 Troço 2-3 Troço 3-4 Troço 4-5 Troço 4-6 Troço 2-7 Troço 7-8 Troço 7-9 Troço 3-10 Troço 10-11 Troço 10-12 Troço 12-13 Troço 12-14 Troço 14-15 Troço 14-16				4,41 1,15	33,16 4,97 3,18	2,80 30,90	0,89 2,30 0,25	1,9			5,53 44,03			26,7 4,68				
COMPRIMENTO TOTAL [m]	0	0	0	10	45	35	5	5	0	20	60	0	10	35	0	0	0	0

Anexo F.16 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de Água Glicolada

DETERMINAÇÃO DO ISOLAMENTO - TUBAGEM ÁGUA GLICOLADA (30%MEG)

LINHAS	Temperatura Água Glicolada (Tinf,i)	Temperatura Ar (Tinf,e)	Velocidade Ar (var)	Diâmetro Nominal Tubagem (DN)	Diâmetro Tubagem interior (Dint)	Diâmetro Tubagem Exterior (Dext)	Comprimento Tubagem (L)	Nº Reynolds (Re)	Nº Prandlt (Pr)	Nº Nussell (Nu)	Cond. Térmica Água Glicolada (kMEG)	Condutividade Térmica Isol. (kisol)	Condutividade Térmica Aço (kaço)	índice Convecção ar (har)	índice Convecção Água Glicolada (hMEG)	Rconvecção,1	Rcondução,1	Rcondução,2	Rconvecção,2	Espessura Isol. (e)	Perdas Térmicas (Q)	Perdas Térmicas por Área (Q)
	[ºC]	[ºC]	[m/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	Adimensional	Adimensional	Adimensional	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m.ºC]	[W/m.ºC]	[k/W]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[mm]	[W]	[W/m2]
Circuito de Água Fria - Alimentação Frigodifusores																						
Troço 1-2	-2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	57,98	52753,48	30,209	383,33	0,481	0,022	57,560	15,39	1803,06	2,97IE-05	5,308E-06	0,053	0,001	30	653,55	**20,59**
Troço 2-3	-2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	1,02	30798,61	30,209	269,16	0,481	0,022	57,560	19,62	2283,67	2,604E-03	3,765E-04	4,283	0,072	25	8,05	**22,79**
Troço 3-4	-2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,15	19028,80	30,209	101,57	0,481	0,022	57,560	21,65	1392,69	2,068E-03	1,622E-04	1,795	0,025	25	19,26	**21,11**
Troço 3-5	-2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	17,25	24084,91	30,209	204,72	0,481	0,022	57,560	19,62	1876,37	1,87 4E-04	2,226E-05	0,253	0,004	25	136,19	**22,78**
Troço 5-6	-2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,15	19028,80	30,209	101,57	0,481	0,022	57,560	21,65	1392,69	2,068E-03	1,622E-04	1,795	0,025	25	19,26	**21,11**
Troço 5-7	-2,0	33,1	5,0	40,00	40,94	48,30	18,91	22290,55	30,209	192,36	0,481	0,022	57,560	20,90	2260,00	1,728E-04	2,296E-05	0,258	0,004	25	131,83	**21,77**
Troço 7-8	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	4,98	11413,48	30,209	112,64	0,481	0,022	57,560	22,88	2033,84	1,180E-03	1,256E-04	1,329	0,017	25	26,05	**19,97**
Troço 7-9	-2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	1,6	17334,96	30,209	157,37	0,481	0,022	57,560	21,65	2157,72	2,628E-03	3,193E-04	3,534	0,050	25	9,79	**21,12**
Troço 9-10	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	5,08	11413,48	30,209	112,64	0,481	0,022	57,560	22,88	2033,84	1,158E-03	1,231E-04	1,303	0,016	25	26,57	**19,97**
Troço 9-11	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	9,68	11413,48	30,209	112,64	0,481	0,022	57,560	22,88	2033,84	6,069E-04	6,460E-05	0,684	0,009	25	50,64	**19,97**
Troço 2-12	-2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	9,58	48495,69	30,209	358,37	0,481	0,022	57,560	16,77	2212,22	1,928E-04	3,805E-05	0,389	0,007	30	88,56	**19,76**
Troço 12-13	-2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,31	12623,42	30,209	122,10	0,481	0,022	57,560	21,65	1674,16	1,637E-03	1,544E-04	1,708	0,024	25	20,24	**21,11**
Troço 12-14	-2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	4,9	42812,56	30,209	324,36	0,481	0,022	57,560	16,77	2002,27	4,164E-04	7,439E-05	0,761	0,013	30	45,29	**19,76**
Troço 14-15	-2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	6,89	12176,94	30,209	118,63	0,481	0,022	57,560	21,65	1626,62	8,098E-04	7,416E-05	0,821	0,012	25	42,13	**21,11**
Troço 14-16	-2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	8,51	37330,44	30,209	290,68	0,481	0,022	57,560	16,77	1794,39	2,67 8E-04	4,265E-05	0,438	0,007	30	78,66	**19,76**
Troço 16-17	-2,0	33,1	5,0	40,00	40,94	48,30	9,06	21809,68	30,209	189,10	0,481	0,022	57,560	20,90	2221,71	3,863E-04	5,046E-05	0,567	0,009	25	60,90	**21,77**
Troço 17-18	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	1,4	16758,42	30,209	153,16	0,481	0,022	57,560	22,88	2765,48	3,08E-03	4,496E-04	4,729	0,060	25	7,33	**19,97**
Troço 17-19	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	1,4	16758,42	30,209	153,16	0,481	0,022	57,560	22,88	2765,46	3,08E-03	4,496E-04	4,729	0,060	25	7,33	**19,97**
Troço 16-20	-2,0	33,1	5,0	65,00	62,68	73,00	9,24	32161,76	30,209	258,01	0,481	0,022	57,560	18,66	1978,97	2,77 8E-04	4,561E-05	0,408	0,008	25	84,31	**23,61**
Troço 20-21	-2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,31	12623,42	30,209	122,10	0,481	0,022	57,560	21,65	1674,16	1,637E-03	1,544E-04	1,708	0,024	25	20,24	**21,11**
Troço 20-22	-2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	4,91	29974,65	30,209	243,88	0,481	0,022	57,560	19,62	2235,24	5,526E-04	7,822E-05	0,890	0,015	25	38,77	**22,79**
Troço 22-23	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	11,5	11569,72	30,209	113,88	0,481	0,022	57,560	22,88	2056,08	5,053E-04	5,437E-05	0,576	0,007	25	60,16	**19,97**
Troço 23-24	-2,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	1,8	7352,51	30,209	79,24	0,481	0,022	57,560	25,83	1818,33	4,640E-03	3,718E-04	3,680	0,051	20	9,40	**24,91**
Troço 23-25	-2,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	1,8	7352,51	30,209	79,24	0,481	0,022	57,560	25,83	1818,33	4,640E-03	3,718E-04	3,680	0,051	20	9,40	**24,91**
Troço 22-26	-2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	13,75	24101,60	30,209	204,84	0,481	0,022	57,560	19,62	1877,41	2,350E-04	2,793E-05	0,318	0,005	25	108,56	**22,78**
Troço 26-27	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	4,98	13047,11	30,209	125,37	0,481	0,022	57,560	22,88	2263,96	1,060E-03	1,256E-04	1,329	0,017	25	26,05	**19,97**
Troço 26-28	-2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	2,85	19119,05	30,209	170,19	0,481	0,022	57,560	19,62	1559,89	1,364E-03	1,348E-04	1,533	0,026	25	84,31	**23,61**
Troço 28-29	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	4,98	13047,11	30,209	125,37	0,481	0,022	57,560	22,88	2263,96	1,060E-03	1,256E-04	1,329	0,017	25	26,05	**19,97**
Troço 28-30	-2,0	33,1	5,0	40,00	40,94	48,30	4,67	16018,38	30,209	147,73	0,481	0,022	57,560	20,90	1735,65	9,592E-04	9,789E-05	1,101	0,017	25	31,38	**21,76**
Troço 30-31	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	6,16	13047,11	30,209	125,37	0,481	0,022	57,560	22,88	2263,96	8,569E-04	1,015E-04	1,075	0,014	25	32,23	**19,97**
Troço 30-32	-2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	10,32	11569,72	30,209	113,88	0,481	0,022	57,560	22,88	2056,08	5,631E-04	6,059E-05	0,641	0,008	25	53,96	**19,97**
Circuito de Água Quente - Retorno Frigodifusores																						
Troço 1-2	2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	61,63	45381,81	35,187	355,75	0,479	0,0215	57,560	15,91	1666,39	3,031E-05	4,894E-06	0,044	0,001	25	697,18	**21,92**
Troço 2-3	2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	0,62	26486,27	35,187	231,24	0,479	0,0215	57,560	19,62	2110,57	4,635E-03	6,195E-04	7,210	0,119	25	4,24	**19,74**
Troço 3-4	2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,4	8627,40	35,187	94,26	0,479	0,0215	57,560	23,13	1287,13	2,073E-03	1,503E-04	1,452	0,025	20	21,04	**23,96**
Troço 3-5	2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	17,87	20719,33	35,187	189,99	0,479	0,0215	57,560	19,62	1734,14	1,857E-04	2,148E-05	0,250	0,004	25	122,21	**19,74**
Troço 5-6	2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,4	8627,40	35,187	94,26	0,479	0,0215	57,560	23,13	1287,13	2,073E-03	1,503E-04	1,452	0,025	20	21,04	**23,96**
Troço 5-7	2,0	33,1	5,0	40,00	40,94	48,30	16,66	19167,11	35,187	178,52	0,479	0,0215	57,560	22,23	2088,69	2,234E-04	2,744E-05	0,268	0,005	20	113,84	**24,63**
Troço 7-8	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	5,13	9814,59	35,187	104,54	0,479	0,0215	57,560	24,64	1879,67	1,239E-03	1,219E-04	1,136	0,017	20	26,93	**22,77**
Troço 7-9	2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	2,1	14912,61	35,187	146,04	0,479	0,0215	57,560	23,13	1994,16	2,167E-03	2,433E-04	2,350	0,040	20	13,00	**23,97**
Troço 9-10	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	4,98	9814,59	35,187	104,54	0,479	0,0215	57,560	24,64	1879,67	1,276E-03	1,256E-04	1,170	0,018	20	26,15	**22,77**
Troço 9-11	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	9,73	9818,59	35,187	104,54	0,479	0,0215	57,560	24,64	1879,67	6,533E-04	6,426E-05	0,599	0,009	20	51,08	**22,77**
Troço 2-12	2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	10,59	41719,00	35,187	332,59	0,479	0,0215	57,560	17,45	2044,54	1,887E-04	3,442E-05	0,312	0,006	25	97,69	**21,14**
Troço 12-13	2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,96	10899,45	35,187	113,32	0,479	0,0215	57,560	23,13	1547,26	1,647E-03	1,439E-04	1,386	0,024	20	22,03	**23,96**
Troço 12-14	2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	6	36830,02	35,187	301,03	0,479	0,0215	57,560	17,45	1850,50	3,678E-04	6,075E-05	0,551	0,011	25	55,35	**21,14**
Troço 14-15	2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	6,89	10475,36	35,187	110,10	0,479	0,0215	57,560	23,13	1503,32	8,760E-04	7,416E-05	0,716	0,012	20	42,64	**23,96**
Troço 14-16	2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	7,26	32113,96	35,187	269,77	0,479	0,0215	57,560	17,45	1658,38	3,393E-04	5,021E-05	0,455	0,009	25	66,96	**21,14**
Troço 16-17	2,0	33,1	5,0	40,00	40,94	48,30	8,71	18762,94	35,187	175,50	0,479	0,0215	57,560	22,23	2053,30	4,347E-04	5,248E-05	0,513	0,009	20	59,52	**24,63**
Troço 17-18	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	1,65	14416,63	35,187	142,15	0,479	0,0215	57,560	24,64	2555,84	2,833E-03	3,780E-04	3,532	0,053	20	8,67	**22,77**
Troço 17-19	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	1,16	14416,63	35,187	142,15	0,479	0,0215	57,560	24,64	2555,84	4,030E-03	5,390E-04	5,025	0,076	20	6,09	**22,77**
Troço 16-20	2,0	33,1	5,0	65,00	62,68	73,00	9,39	27667,54	35,187	239,45	0,479	0,0215	57,560	18,66	1829,89	2,956E-04	4,488E-05	0,411	0,007	25	74,22	**20,46**
Troço 20-21	2,0	33,1	5,0	32,00	35,08	42,20	3,96	10899,45	35,187	113,32	0,479	0,0215	57,560	23,13	1547,26	1,647E-03	1,439E-04	1,386	0,024	20	22,03	**23,96**
Troço 20-22	2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	4,76	25796,05	35,187	226,33	0,479	0,0215	57,560	19,62	2065,81	6,168E-04	8,088E-05	0,939	0,015	25	32,56	**19,74**
Troço 22-23	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	11,81	9952,99	35,187	105,68	0,479	0,0215	57,560	24,64	1900,23	5,324E-04	5,295E-05	0,484	0,007	20	62,01	**22,77**
Troço 23-24	2,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	2,04	6325,09	35,187	73,54	0,479	0,0215	57,560	25,83	1680,50	4,430E-03	3,281E-04	3,322	0,045	20	9,22	**21,57**
Troço 23-25	2,0	33,1	5,0	20,00	20,96	26,70	1,57	6325,09	35,187	73,54	0,479	0,0215	57,560	25,83	1680,50	5,756E-03	4,263E-04	4,317	0,059	20	7,10	**21,57**
Troço 22-26	2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	13,25	20731,69	35,187	190,10	0,479	0,0215	57,560	19,62	1735,10	2,638E-04	2,898E-05	0,327	0,006	25	90,61	**19,74**
Troço 26-27	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	4,88	11223,94	35,187	116,35	0,479	0,0215	57,560	24,64	2091,99	1,170E-03	1,281E-04	1,194	0,018	20	25,62	**22,77**
Troço 26-28	2,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	2,85	16447,39	35,187	157,95	0,479	0,0215	57,560	19,62	1441,65	1,476E-03	1,348E-04	1,568	0,026	25	19,49	**19,73**
Troço 28-29	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	5,43	11223,94	35,187	116,35	0,479	0,0215	57,560	24,64	2091,99	1,052E-03	1,152E-04	1,073	0,016	20	28,51	**22,77**
Troço 28-30	2,0	33,1	5,0	40,00	40,94	48,30	2,53	13780,00	35,187	137,10	0,479	0,0215	57,560	22,23	1604,09	1,916E-03	1,807E-04	1,765	0,032	20	17,28	**24,63**
Troço 30-31	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	6,76	11223,94	35,187	116,35	0,479	0,0215	57,560	24,64	2091,99	8,449E-04	9,253E-05	0,862	0,013	20	35,50	**22,77**
Troço 30-32	2,0	33,1	5,0	25,00	26,64	33,40	10,42	9952,99	35,187	105,68	0,479	0,0215	57,560	24,64	1900,23	6,035E-04	6,001E-05	0,559	0,008	20	54,71	**22,77**
Circuito de Água Fria - Central de Bombagem																						
Saída do Depósito	-2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	1,3	52753,48	30,209	383,33	0,481	0,022	57,560	15,39	1803,06	1,328E-03	2,367E-04	2,348	0,046	30	14,65	**20,59**
Coletor Aspiração Bombas	-2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	1,8	52753,48	30,209	383,33	0,481	0,022	57,560	15,39	1803,06	9,591E-04	1,710E-04	1,696	0,033	30	20,29	**20,59**
Aspiração Bombas	-2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	1,2	34616,08	30,209	273,65	0,481	0,022	57,560	17,45	1689,23	2,015E-03	3,038E-04	2,690	0,055	25	12,78	**24,40**
Descarga Bombas	-2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	1,25	34616,08	30,209	273,65	0,481	0,022	57,560	17,45	1689,23	1,935E-03	2,916E-04	2,583	0,053	25	13,31	**24,40**
Coletor Descarga Bombas	-2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	1,8	52753,48	30,209	383,33	0,481	0,022	57,560	15,39	1803,06	9,591E-04	1,710E-04	1,696	0,033	30	20,29	**20,59**
Circuito de Água Quente - Central de Bombagem																						
Saída do Depósito	2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	6,2	45381,81	35,187	355,75	0,479	0,0215	57,560	15,91	1666,39	3,013E-04	4,964E-05	0,433	0,010	25	70,14	**21,92**
Coletor Aspiração Bombas	2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	1,8	45381,81	35,187	355,75	0,479	0,0215	57,560	15,91	1666,39	1,038E-03	1,710E-04	1,492	0,034	25	20,36	**21,92**
Aspiração Bombas	2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	1,2	29778,90	35,187	253,96	0,479	0,0215	57,560	17,45	1561,19	2,181E-03	3,038E-04	2,753	0,055	25	11,07	**21,14**
Descarga Bombas	2,0	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	0,95	29778,90	35,187	253,96	0,479	0,0215	57,560	17,45	1561,19	2,754E-03	3,837E-04	3,477	0,069	25	8,76	**21,14**
Coletor Descarga Bombas	2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	1,8	45381,81	35,187	355,75	0,479	0,0215	57,560	15,91	1666,39	1,038E-03	1,710E-04	1,492	0,034	25	20,36	**21,92**
Permutador de Calor - Lado da Água Glicolada																						
Entrada Permutador	2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	6,47	45381,81	35,187	355,75	0,479	0,0215	57,560	15,91	1666,39	2,88 7E-04	4,757E-05	0,415	0,009	25	73,19	**21,92**
Saída Permutador	-2,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	12,44	52753,48	30,209	383,33	0,481	0,022	57,560	15,39	1803,06	1,388E-04	2,474E-05	0,245	0,005	30	140,22	**20,59**

Anexo F.17 – Mapa Resumo da Instalação Frigorífica

CENTRAL FRIGORÍFICA - NH3/MEG

Compressores: Circuito -42/-8 ºC (BP)

Modelo	MYCOM PARAFUSO N170JS-V	COP	3,1
Potência Compressão [kW]	70,10	Temperatura de Descarga [ºC]	58,4
Potência Elétrica Absorvida [kW]	22,6	Rotação [rpm]	2950
Deslocamento Volumétrico [m3/h]	390	ligações Aspiração / Discarga [in]	5" | 3"
Potência de Compressão Necessária do Ciclo [kW]	46,04	Sobredimensionamento [%]	34,32%
Caudal Volúmico de Óleo Injetado [L/min]	24,3	Caudal Volúmico de Óleo de Lubrificação [L/min]	23
Caudal Volúmico de Óleo Total [L/min]	47,3	Potência Térmica Rejeitada (Arref. Óleo) [kW]	11,2
		Características Óleo -> Cp = 1,93 kJ/kg | Densidade = 880 kg/m3	

Compressores: Circuito -30/-8 ºC (IP)

Modelo	MYCOM ALTERNATIVO N4K	COP	4,58
Potência Compressão [kW]	20,10	Temperatura de Descarga [ºC]	28,9
Potência Elétrica Absorvida [kW]	4,39	Rotação [rpm]	1100
Deslocamento Volumétrico [m3/h]	97,4	ligações Aspiração / Discarga	2" | 1 1/2"
Potência de Compressão Necessária do Ciclo [kW]	15,98	Sobredimensionamento [%]	20,50%
Caudal Volúmico de Óleo Injetado [L/min]	-	Caudal Volúmico de Óleo de Lubrificação [L/min]	-
Caudal Volúmico de Óleo Total [L/min]	-	Potência Térmica Rejeitada (Arref. Óleo) [kW]	0,46
		Características Óleo -> Cp = 1,93 kJ/kg | Densidade = 880 kg/m3	

Compressores: Circuito -8/+35 ºC (AP)

Modelo	MYCOM PARAFUSO I125L-H	COP	3,58
Potência Compressão [kW]	202,10	Temperatura de Descarga [ºC]	77,1
Potência Elétrica Absorvida [kW]	56,4	Rotação [rpm]	2950
Deslocamento Volumétrico [m3/h]	295	ligações Aspiração / Discarga [in]	5" | 3"
Potência de Compressão Necessária do Ciclo [kW]	161,53	Sobredimensionamento [%]	20,07%
Caudal Volúmico de Óleo Injetado [L/min]	5,42	Caudal Volúmico de Óleo de Lubrificação [L/min]	31,1
Caudal Volúmico de Óleo Total [L/min]	36,52	Potência Térmica Rejeitada (Arref. Óleo) [kW]	28
		Características Óleo -> Cp = 1,93 kJ/kg | Densidade = 880 kg/m3	

Condensador Evaporativo

Modelo	BALTIMORE -VXC 221		
Temperatura Condensação [ºC]	35	Potência Ventiladores [kW]	15
Temperatura Bolbo Húmido entrada Ar [ºC]	24	Nº Ventiladores	2
Potência de Condensação [kW]	1053,88	Caudal de Água [m3/s]	19,2
Capacidade Nominal [kW]	953	Potência Bomba Circulador [kW]	2,2
Capacidade Corrigida [kW]	1238,9	Ligações inlet / outlet [in]	
fator correção R717 (Tabela 2)	1,3	Dimensões (CxLxH) [mm]	4010x2397x3585
fator correção desobreaquecedor (Tabela 3)	1	peso em vazio [kg]	4250
Sobredimensionamento [%]	14,93%	peso cheio [kg]	5860
Caudal de Ar [m3/s]	0,219	Carga de NH3 [kg]	109
		Volume de NH3 [dm3]	188,57

Depósito Separador: -42 ºC

Parâmetros Mínimos

		1ª Aproximação	*889,15*
Relação L/D	3,00	Diâm. Mínimo [mm]	1066,80
Relação H/D (Depósito meio Cheio)	0,50	Comprimento Mínimo Acomudação de Líq. [mm]	1526,59
Volume Balast [dm3]	349,10	Comprimento Mínimo Separação [mm]	234,38
Volume Surge [dm3]	479,03		

Cálculo do Volume de Líquido de Surge

Volume Líquido Tubagem [dm3]	182,65	Volume Evaporadores [dm3]	804,40
		Fração Líq. Linha Retorno Evap. (FL)	0,090
Comprimento Aprox. Tubagem [m]	75,18	fator R	0,033
Volume Líquido Evaporadores [dm3]	296,38	Fração Líq. nos Evaporadores (fv)	0,368

Cálculo do Volume de Líquido de Balast (holdup)

Caudal Volúmico Bombas Rec. [m3/s]	0,0012	Período de Alim. Bombas [min]	5,00

Cálculo do Volume de Vapor do Separador

Caudal Volúmico Vapor Separador [dm3/s]	72,07	Caudal Volúmico Vapor Evap. [dm3/s]	71,61
		Caudal Volúmico Vapor flash gas [dm3/s]	0,46

Cálculo da Velocidade Vertical Terminal de Vapor Corrigida

fator Kcr	0,025	Velocidade terminal de gás - Newton (Vt) [m/s]	0,629
visc. Dinâmica NH3 [mPa.s] @(0,642 bar(a); T= -42ºC)	0,291	Nº Reynolds	0,965
Diâmetro droplet [micron]	766,92	Coeficiente de Arrasto (Cd)	28,00
Velocidade vertical terminal de vapor (Ut) [m/s]	0,593	fator do separador (K)	0,0189
Velocidade vertical terminal de vapor corrigida (Uv) [m/s]	0,445		

Cálculo das Áreas Transversais Mínimas

Área Transversal Total [m2]		0,894		
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Ylll	0,157
Xlll		0,214	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,141
Altura de vapor (Hv) [mm]	*1ª Iteração*	304,80	Yv	0,236
Xv		0,286	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,211

Cálculo da velocidade de Vapor Atual

Velocidade de Vapor Atual (Vva) [m/s]	0,342	Tempo de Queda de Líq. (phi) [s]	0,686

Seleção de Separador

Modelo **Horizontal Pump Recirculator - PHILLIPS - RVH-42146**

Diâmetro [mm]		1066,80	Área Transversal Total [m2]	0,894
Comprimento útil [mm]		3048,00	Xlll	0,214
Comprimento Total [mm]		3708,40	Ylll	0,157
Relação L/D		3,48	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,141
Peso [kg]		1306,30	Xnll	0,285
Espessura mínima shell (Es) [mm]		2,38	Ynll	0,328
Espessura mínima heads (Eh) [mm]		2,38	Área Transversal Nível Normal (ANLL) [m2]	0,255
Pressão Design (Pd) [bar(a)]	*Coef. Segurança = 15%*	0,738	Xv	0,286
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Yv	0,236
Altura de Nível Normal (HNLL) [mm]		349,79	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,211
Altura de Nível Alto (HHLL) [mm]		762,00	Volume Depósito [dm3]	3511,45
Altura de vapor (Hv) [mm]		304,80		

NOTAS: *A primeira aproximação do diâmetro mínimo foi de 889,15 mm, selecionando-se um Depósito com diâmetro superior de 1066,80 mm;*

Nos comprimentos, a 1ª iteração foi Lseparação < Lacomodação, logo o dimensionamento inicial foi correto;

Depósito Separador: -30 ºC

Parâmetros Mínimos

			1ª Aproximação	*644,39*
Relação L/D		3,00	Diâm. Mínimo [mm]	762,00
Relação H/D (Depósito meio Cheio)		0,50	Comprimento Mínimo Acomudação de Líq. [mm]	1847,98
Volume Balast [dm3]		174,71	Comprimento Mínimo Separação [mm]	134,10
Volume Surge [dm3]		140,52		

Cálculo do Volume de Líquido de Surge

Volume Líquido Tubagem [dm3]	55,26	Volume Evaporadores [dm3]	231,40
		Fração Líq. Linha Retorno Evap. (FL)	0,118
Comprimento Aprox. Tubagem [m]	161,79	fator R	0,045
Volume Líquido Evaporadores [dm3]	85,26	Fração Líq. nos Evaporadores (fv)	0,368

Cálculo do Volume de Líquido de Balast (holdup)

Caudal Volúmico Bombas Rec. [m3/s]	0,0006	Período de Alim. Bombas [min]	5,00

Cálculo do Volume de Vapor do Separador

Caudal Volúmico Vapor Separador [dm3/s]	21,36	Caudal Volúmico Vapor Evap. [dm3/s]	19,88
		Caudal Volúmico Vapor flash gas [dm3/s]	1,48

Cálculo da Velocidade Vertical Terminal de Vapor Corrigida

fator Kcr	0,025	Velocidade terminal de gás - Newton (Vt) [m/s]	0,404
visc. Dinâmica NH3 [mPa.s] @(1,195 bar(a); T= -30ºC)	0,244	Nº Reynolds	0,974
Diâmetro droplet [micron]	566,01	Coeficiente de Arrasto (Cd)	27,80
Velocidade vertical terminal de vapor (Ut) [m/s]	0,380	fator do separador (K)	0,0163
Velocidade vertical terminal de vapor corrigida (Uv) [m/s]	0,285		

Cálculo das Áreas Transversais Mínimas

Área Transversal Total [m2]		0,456		
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Ylll	0,252
Xlll		0,300	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,115
Altura de vapor (Hv) [mm]	*1ª Iteração*	304,80	Yv	0,374
Xv		0,400	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,170

Cálculo da velocidade de Vapor Atual

Velocidade de Vapor Atual (Vva) [m/s]	0,125	Tempo de Queda de Líq. (phi) [s]	1,070

Seleção de Separador

Modelo **Horizontal Pump Recirculator - PHILLIPS - RVH-30140**

Diâmetro [mm]		762,00	Área Transversal Total [m2]	0,456
Comprimento útil [mm]		3048,00	Xlll	0,300
Comprimento Total [mm]		3556,00	Ylll	0,252
Relação L/D		4,67	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,115
Peso [kg]		1306,30	Xnll	0,378
Espessura mínima shell (Es) [mm]		2,36	Ynll	0,404
Espessura mínima heads (Eh) [mm]		2,36	Área Transversal Nível Normal (ANLL) [m2]	0,172
Pressão Design (Pd) [bar(a)]	*Coef. Segurança = 15%*	1,374	Xv	0,400
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Yv	0,374
Altura de Nível Normal (HNLL) [mm]		307,66	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,170
Altura de Nível Alto (HHLL) [mm]		457,20	Volume Depósito [dm3]	1595,93
Altura de vapor (Hv) [mm]		304,80		

NOTAS: *A primeira aproximação do diâmetro mínimo foi de 684,39 mm, selecionando-se um Depósito com diâmetro superior de 762,00 mm;*
Nos comprimentos, a 1ª iteração foi Lseparação < Lacomodação, logo o dimensionamento inicial foi correto;

Depósito Separador: -8 ºC

Parâmetros Mínimos

		1ª Aproximação	*705,61*
Relação L/D	3,00	Diâm. Mínimo [mm]	762,00
Relação H/D (Depósito meio Cheio)	0,50	Comprimento Mínimo Acomudação de Líq. [mm]	2689,21
Volume Balast [dm3]	383,28	Comprimento Mínimo Separação [mm]	2681,07
Volume Surge [dm3]	30,59		

Cálculo do Volume de Líquido de Surge

Volume Líquido Tubagem [dm3]	13,75	Volume Evaporadores [dm3]	45,71
		Fração Líq. Linha Retorno Evap. (FL)	0,168
Comprimento Aprox. Tubagem Retorno Evap.[m]	85,74	fator R	0,068
Volume Líquido Evaporadores [dm3]	16,84	Fração Líq. nos Evaporadores (fv)	0,368

Cálculo do Volume de Líquido de Balast (holdup)

Caudal Volúmico Bombas Rec. [m3/s]	0,0013	Período de Alim. Bombas [min]	5,00

Cálculo do Volume de Vapor do Separador

Caudal Volúmico Vapor Separador [dm3/s]	229,01	Caudal Volúmico Vapor Evap. + Descargas [dm3/s]	221,60
		Caudal Volúmico Vapor flash gas [dm3/s]	7,40

Cálculo da Velocidade Vertical Terminal de Vapor Corrigida

fator Kcr	0,025	Velocidade terminal de gás - Newton (Vt) [m/s]	0,212
visc. Dinâmica NH3 [mPa.s] @(3,151 bar(a); T= -8ºC)	0,186	Nº Reynolds	0,989
Diâmetro droplet [micron]	336,33	Coeficiente de Arrasto (Cd)	27,40
Velocidade vertical terminal de vapor (Ut) [m/s]	0,199	fator do separador (K)	0,0127
Velocidade vertical terminal de vapor corrigida (Uv) [m/s]	0,149		

Cálculo das Áreas Transversais Mínimas

Área Transversal Total [m2]	0,456		
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]	228,60	Ylll	0,252
Xlll	0,300	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,115
Altura de vapor (Hv) [mm]	327,02	Yv	0,410
Xv	0,429	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,187

Cálculo da velocidade de Vapor Atual

Velocidade de Vapor Atual (Vva) [m/s]	1,224	Tempo de Queda de Líq. (phi) [s]	2,190

Seleção de Separador

Modelo		**Horizontal Pump Recirculator - PHILLIPS - RVH-30140**		
Diâmetro [mm]		762,00	Área Transversal Total [m2]	0,456
Comprimento útil [mm]		3048,00	Xlll	0,300
Comprimento Total [mm]		3556,00	Ylll	0,252
Relação L/D		4,67	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,115
Peso [kg]		2020,00	Xnll	0,528
Espessura mínima shell (Es) [mm]		3,10	Ynll	0,522
Espessura mínima heads (Eh) [mm]		3,09	Área Transversal Nível Normal (ANLL) [m2]	0,241
Pressão Design (Pd) [bar(a)]	*Coef. Segurança = 15%*	3,624	Xv	0,429
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Yv	0,410
Altura de Nível Normal (HNLL) [mm]		397,86	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,187
Altura de Nível Alto (HHLL) [mm]		434,98	Volume Depósito [dm3]	1595,93
Altura de vapor (Hv) [mm]		327,02		

NOTAS: *A primeira aproximação do diâmetro mínimo foi de 705,61 mm, selecionando-se um Depósito com diâmetro superior de 762,00 mm;*

Nos comprimentos, a 1ª iteração foi Lacomudação << Lseparação, logo aumentou-se Hv 304,80mm para 327,02 mm (1 ft 7/8"), obtendo Lseparação < Lacomodação;

Depósito Termosifão:

Parâmetros Mínimos

Volume Balast [dm3]	127,6585484	Diâm. Mínimo [mm]	692,766
Volume Surge [dm3]	63,8292742	Comprimento Mínimo [mm]	-

Cálculo do Volume de Líquido de Surge

Período de Surge [min]	1	Volume de Surge [dm3]	63,8292742
Caudal Volúmico de Líquido NH3 [dm3]	1,063821237		

Cálculo do Volume de Líquido de Balast (holdup)

Período de Holdup [min]	2	Volume de Balast [dm3]	127,6585484
Caudal Volúmico de Líquido NH3 [dm3]	1,063821237		

Cálculo da Velocidade Vertical Terminal Corrigida

fator Kcr	0,025	Velocidade terminal de gás - Newton (Vt) [m/s]	0,004012442
visc. Dinâmica NH3 [mPa.s] @(13,567 bar(a); T= 35ºC)	0,12	Nº Reynolds	1,045441403
Diâmetro droplet [micron]	54,09015689	Coeficiente de Arrasto (Cd)	26,1
Velocidade vertical terminal de vapor (Ut) [m/s]	0,003763088	fator do separador (K)	0,005206462
Velocidade vertical terminal de vapor corrigida (Uv) [m/s]	0,002822316	Densidade do Óleo [kg/m3]	880

Seleção de Separador Termosifão

Modelo **Vertical Thermo-Syfon Receiver - PHILLIPS - TSR3084V**

Diâmetro [mm]	762,00	Pressão Design (Pd) [bar(a)]	15,61
Comprimento útil [mm]	1625,60	Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]	381,00
Comprimento Total [mm]	2133,60	Altura de Nível Normal (HNLL) [mm]	381,00
Relação L/D	2,13	Altura de Nível Alto (HHLL) [mm]	660,93
Peso [kg]	471,74	Altura de Separação (HD) [mm]	381,00
Espessura mínima shell (Es) [mm]	7,03	Altura entre HNLL e inlet de Líquido (HLIN) [mm]	329,80
Espessura mínima heads (Eh) [mm]	6,99	Volume Depósito [dm3]	1050,22

Permutador de Placas:

Modelo **ALFA - LAVAL M10-BWFG**

Potência [kW]	300,00	Material	Aço AISI 316
Área de Permuta [m2]	12,50	Espessura de placas [mm]	0,50
Resistência de Incrustação (Fouling) [m2.K/W]	2,00E-05	Comprimento x Largura x Altura [mm]	1145x600x985
Direção de Fluxos	Concorrentes	Peso em Vazio [kg]	421,00
Nº Placas Efetivo	52,00	Peso em Serviço [kg]	430,00
Capacidade de Extensão (Nº Placas)	18,00		

Fluido Primário - Amoníaco (NH3)		***Fluido Secundário - Água Glicolada (30% MEG)***	
Caudal Mássico [kg/h]	2547,00	Caudal Mássico [kg/h]	73280,00
Temp. Entrada [ºC]	-8,00	Temp. Entrada [ºC]	2,00
Temp. Saída [ºC]	-8,00	Temp. Saída [ºC]	-2,00
Perda de Carga [kPa(a)]	5,92	Perda de Carga [kPa(a)]	94,90
Velocidade de Entrada [m/s]	0,14	Velocidade de Entrada [m/s]	2,47
Velocidade de Saída [m/s]	12,00	Velocidade de Saída [m/s]	2,46
Pressão Design [bar (a)]	16,00	Pressão Design [bar (a)]	10,00
Pressão de Teste [bar(a)]	22,90	Pressão de Teste [bar(a)]	14,30
Volume de Líquido [dm3]	17,61	Volume de Líquido [dm3]	16,98

Depósito de Líquido:

Modelo **CENTAURO Horizontal CRH-500**

Volume Condensador Evaporativo [dm3]		188,57	Diâmetro [mm]	610
Volume de Líquido Tubagem Saída Cond. Evap [dm3]		131,74	Comprimento Total [mm]	1786
Volume Total de Líquido a Armazenar [dm3]		320,3104345	Ligações Entrada/Saída ["]	2"
Volume Depósito [dm3]		500	Ligação purga ["]	3/4"
Sobredimensionamento [%]	*Valor ótimo = 20 %*	35,94%	Ligação picagem de Equalização ["]	4"

NOTAS: *Este Depósito de Líquido será responsável por acomodar o líquido da tubagem de saída do Condensador Evaporativo e o volume interno deste equipamento;*

Bombas Recirculadores de NH3 Baixa Pressão:

Modelo **WITT GP 52**

Temperatura de Evaporação [ºC]	-42	Diferencial de Pressão [bar]	1,83
Caudal Volúmico [m3/h]	2,09	Velocidade de Rotação [rpm]	1450
Frequência [Hz]	50	Peso [kg]	166
Altura Manométrica Instalação [m.c.l]	26,9	Potência Absorvida [kW]	5,5
Altura Manométrica Bomba [m.c.l]	31,2	Dimensões máximas CxLxH [mm]	946,9x300x354
NPSH Disponível [m.c.l]	2,23	Ligações Entrada/Saída ["]	2"
NPSH Requerido [m.c.l]	1,00		

Instalação possui 2 bombas em Paralelo

Bombas Recirculadores de NH3 Intermédia Pressão:

Modelo **WITT GP 42**

Temperatura de Evaporação [ºC]	-30	Diferencial de Pressão [bar]	2
Caudal Volúmico [m3/h]	1,05	Velocidade de Rotação [rpm]	1450
Frequência [Hz]	50	Peso [kg]	75
Altura Manométrica Instalação [m.c.l]	30	Potência Absorvida [kW]	1,1
Altura Manométrica Bomba [m.c.l]	45,6	Dimensões máximas CxLxH [mm]	841,9x300x276
NPSH Disponível [m.c.l]	1,88	Ligações Entrada/Saída ["]	1 1/2"
NPSH Requerido [m.c.l]	1,00		

Instalação possui 2 bombas em Paralelo

Bombas Recirculadores de NH3 Alta Pressão:

Modelo **WITT GP 42**

Temperatura de Evaporação [ºC]	-8	Diferencial de Pressão [bar]	1,04
Caudal Volúmico [m3/h]	2,3	Velocidade de Rotação [rpm]	1450
Frequência [Hz]	50	Peso [kg]	75
Altura Manométrica Instalação [m.c.l]	16,33	Potência Absorvida [kW]	1,1
Altura Manométrica Bomba [m.c.l]	20,6	Dimensões máximas CxLxH [mm]	841,9x300x276
NPSH Disponível [m.c.l]	1,88	Ligações Entrada/Saída ["]	1 1/2"
NPSH Requerido [m.c.l]	1,00		

Instalação possui 2 bombas em Paralelo

Depósito de Inércia de Água Glicolada (30%MEG):

Modelo **MECALIA - DPI/DI 10000**

Volume do Depósito [dm3]	10000	Ligação Sonda de Pressão	1/2"
Diâmetro [mm]	1910	Ligação de Vál. Segurança	1 1/2"
Altura máxima [mm]	4683	Diâmetro de Porta de Visita	DN400
Peso [kg]	1148	Ligações Entrada e Saída (Circuito Quente a -2ºC)	5"
Ligações de Purga e Termómetro	1/2"	Ligações Entrada e Saída (Circuito Frio a +2ºC)	5"

Parâmetros de Dimensionamento

tempo mínimo de Arranque da Central (min)	10	Densidade Água Glicol. (30%MEG) a 2ºC [kJ/kg.K]	1051
Potência de Consumo de Pico (Carga Climatizados) [kW]	246,26	Diferencial de Temperatura Entrada/Saída [ºC]	4
Cp Água Glicol. (30%MEG) a 2ºC [kJ/kg.K]	3,69	Volume Mínimo Depósito [dm3]	9524,80

Bombas Recirculadores de Água Glicolada Fria (30%MEG):

Modelo **GRUNDFOS - NB 40-160/172**

Caudal Volúmico [m3/h]	28,58	Gama de Temperatura Admissível [ºC]	-25 a 120
Altura Manométrica Máxima [m.c.a]	42	Pressão máxima de Serviço [bar (a)]	16
NPSH Requerido [m.c.a]	1,67	Diâmetro Efetivo do impulsor [mm]	172
Velocidade de Rotação [rpm]	2677	Dimensões [CxLxH]	905x292x364
		Ligações Aspiração/Compressão [mm]	DN65 | DN40

Parâmetros do Ponto de Funcionamento

Altura Manométrica Necessária [m.c.a]	33,5	Pressão da Água Glicolada [bar(a)]	2
NPSH Disponível [m.c.a]	18,66	Temperatura da Água Glicolada [ºC]	-2
Potência Nominal [kW]	11	Densidade da Água Glicolada [kg/m3]	1051
Rendimento [%]	90		

Bombas Recirculadores de Água Glicolada Quente (30%MEG):

Modelo **GRUNDFOS - NB 40-125/131**

Caudal Volúmico [m3/h]	28,58	Gama de Temperatura Admissível [ºC]	-25 a 120
Altura Manométrica Máxima [m.c.a]	16,4	Pressão máxima de Serviço [bar (a)]	16
NPSH Requerido [m.c.a]	1,77	Diâmetro Efetivo do impulsor [mm]	131
Velocidade de Rotação [rpm]	2604	Dimensões [CxLxH]	647x170x252
		Ligações Aspiração/Compressão [mm]	DN65 | DN40

Parâmetros do Ponto de Funcionamento

Altura Manométrica Necessária [m.c.a]	16,37	Pressão da Água Glicolada [bar(a)]	2
NPSH Disponível [m.c.a]	21,19	Temperatura da Água Glicolada [ºC]	2
Potência Nominal [kW]	2,2	Densidade da Água Glicolada [kg/m3]	1052
Rendimento [%]	90		

Vaso de Expansão Água Glicolada (30%MEG):

Modelo **Reflex - N400**

Volume Total do Vaso de Expansão [dm3]	400	Pressão de Pré-Carga do gás [bar(g)]	1,5
Temperatura de Serviço Mínima [ºC]	-10	Ligação [in]	1"
Temperatura de Serviço Máxima [ºC]	70	Diâmetro [mm]	746
Pressão Máxima [bar(g)]	6	Altura [mm]	1093

Parâmetros de Dimensionamento

Desnível entre ponto mais elevado e Vaso [m]	5,42	Densidade Água Glicolada à Temp. Mínima [kg/m3]	1051
Pressão Hidroestática [bar(a)]	2,26	Densidade Água Glicolada à Temp. Máxima [kg/m3]	1036,6
Pressão de Ajuste Válvula de Segurança [bar(a)]	5,00	Volume Tubagens da Instalação [dm3]	1923
Pressão Mínima da Instalação [bar(a)]	2,56	Volume do Depósito de Inércia [dm3]	10000
Pressão Máxima da Instalação [bar(a)]	4,50	Volume do Permutador de Calor [dm3]	16,98
Temperatura Mínima da Instalação [ºC]	-2	Volume dos Frigodifusores [dm3]	267,80
Temperatura Máxima da Instalação [ºC]	33,1	Volume Total da Instalação [dm3]	12207,78
Coef. Expansão Térmica Linear do Aço AISI 304 [m/m.K]	1,17E-05	Volume Mínimo do Vaso de Expansão [dm3]	358,26

Anexo F.18 – Mapa de Quantidades e Custos

MAPA DE QUANTIDADES E CUSTOS - SISTEMA INUNDADO COM NH3 E ÁGUA GLICOLADA

Marca	Designação	Modelo	Qte.	Un.	Custo Unitário	Custo	Fornecedor
COMPRESSORES							
MYCOM	Compressor Parafuso BP (Tevap = -42ºC)	N170JS-V	1	Un	25 274,77 €	25 274,77 €	PARALTE
MYCOM	Compressor Alternativo IP (Tevap = -30ºC)	N4K	1	Un	18 268,44 €	18 268,44 €	PARALTE
MYCOM	Compressor Parafuso AP (Tevap = -8ºC)	I125L-H	1	Un	42 124,62 €	42 124,62 €	PARALTE
CONDENSADOR EVAPORATIVO							
BALTIMORE	Condensador Evaporativo (Tcond = 35ºC)	VXC221	1	Un	59 764,00 €	59764	ACS SOLUTIONS
DEPÓSITOS SEPARADORES							
PHILLIPS	Horizontal Pump Recirculator (Depósito Separador 1), V = 1595 L	RVH-30140	1	Un	14 000,00 €	14000	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador ICAD	ICM50-B + ICAD	1	Un	5 765,00 €	5765	PECOMARK
DONFOSS	Controlador de Nível	EKC347	1	Un	1 167,00 €	1167	PECOMARK
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	1	Un	4 623,00 €	4623	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 740 SF	1	Un	2 925,00 €	2925	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	4	Un	360,00 €	1440	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV1	1	Un	1 243,00 €	1243	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA15-50	2	Un	582,00 €	1164	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	1	Un	107,00 €	107	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Alta Pressão	MPG-NH3V-25/100	1	Un	268,00 €	268	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP1A	1	Un	360,00 €	360	PECOMARK
PHILLIPS	Horizontal Pump Recirculator (Depósito Separador 2), V = 1595 L	RVH-30140	1	Un	14 000,00 €	14000	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador ICAD	ICM40-B + ICAD	1	Un	5 419,00 €	5 419,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Controlador de Nível	EKC347	1	Un	1 167,00 €	1 167,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	1	Un	4 623,00 €	4 623,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 740 SF	1	Un	2 925,00 €	2 925,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	4	Un	360,00 €	1 440,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV1	1	Un	1 243,00 €	1 243,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA15-50	2	Un	582,00 €	1 164,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	1	Un	107,00 €	107,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Baixa Pressão	MPG-NH3V-15/100	1	Un	268,00 €	268,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP1A	1	Un	360,00 €	360,00 €	PECOMARK
PHILLIPS	Horizontal Pump Recirculator (Depósito Separador 3), V = 3511 L	RVH-42146	1	Un	15 700,00 €	15 700,00 €	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador ICAD	ICM25-B + ICAD	1	Un	3 881,00 €	3 881,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Controlador de Nível	EKC347	1	Un	1 167,00 €	1 167,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	1	Un	4 623,00 €	4 623,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 995 SF	1	Un	3 546,00 €	3 546,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	4	Un	360,00 €	1 440,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV1	1	Un	1 243,00 €	1 243,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA15-50	2	Un	582,00 €	1 164,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	1	Un	107,00 €	107,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Baixa Pressão	MPG-NH3V-15/100	1	Un	268,00 €	268,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP1A	1	Un	360,00 €	360,00 €	PECOMARK
DEPÓSITO DE LÍQUIDO							
CENTAURO	Depósito de Líquido Horizontal	CRH-500	1	Un	3 800,00 €	3800	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	1	Un	4 623,00 €	4 623,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 590 SF	1	Un	2 517,00 €	2 517,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	4	Un	360,00 €	1 440,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV10	1	Un	961,00 €	961,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA10	2	Un	622,00 €	1 244,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	1	Un	107,00 €	107,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Alta Pressão	MPG-NH3V-25/100	1	Un	268,00 €	268,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP5A	1	Un	360,00 €	360,00 €	PECOMARK
DEPÓSITO TERMOSIFÃO							
PHILLIPS	Vertical Thermo-Syfon Receiver	TSR3084V	1	Un	2 700,00 €	2 700,00 €	TALLER CAMPIÑOS
PERMUTADOR DE PLACAS (NH3 / 30%MEG)							
ALFA LAVAL	Permutador de Placas Soldadas Inox de NH3/Água Glicolada	M10-BWFG	1	Un	5 178,17 €	5 178,17 €	ACS SOLUTIONS
Dispositivos de Controlo							
DONFOSS	Controlador	AK-CC210	1	Un	282,00 €	282,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Lado de Água Glicolada)	AKS21	1	Un	427,00 €	427,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Motorizada de 3 Vias	VRB340+AMV55	1	Un	2 974,00 €	2 974,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS32+EVM	1	Un	1 923,00 €	1 923,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG32-B	1	Un	502,00 €	502,00 €	PECOMARK
BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO							
WITT	Bombas Recirculação Baixa Pressão	GP 52	2	Un	5 524,92 €	11 049,84 €	WITT
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Regulação de 0,5 a 4 bar)	RT260A	2	Un	986,00 €	1 972,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	2	Un	107,00 €	214,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Baixa Pressão	MPG-NH3V-15/100	2	Un	268,00 €	536,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA25	3	Un	321,00 €	963,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	574,00 €	1 148,00 €	PECOMARK
WITT	Bombas Recirculação Intermédia Pressão	GP 42	2	Un	4 500,28 €	9 000,56 €	WITT

Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Regulação de 0,5 a 4 bar)	RT260A	2	Un	986,00 €	1 972,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	2	Un	107,00 €	214,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Baixa Pressão	MPG-NH3V-15/100	2	Un	268,00 €	536,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA20	3	Un	250,00 €	750,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV20	2	Un	574,00 €	1 148,00 €	PECOMARK
WITT	Bombas Recirculação Alta Pressão	GP 52	2	Un	5 524,92 €	11 049,84 €	WITT
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Regulação de 1,5 a 11 bar)	RT260A	2	Un	1 180,00 €	2 360,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	2	Un	107,00 €	214,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Alta Pressão	MPG-NH3V-25/100	2	Un	268,00 €	536,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA25	3	Un	321,00 €	963,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
				CENTRAL FRIGORÍFICA		***319 987,24 €***	***SUBTOTAL***
DEPÓSITO DE ÁGUA GLICOLADA (30%MEG)							
MECALIA	Depósito de Inércia de Água Glicolada Vertical, V = 10000L	DPI/DI 10000	1	Un	25 153,00 €	25 153,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança							
CALEFFI	Válvula Alívio Segurança (Pressão descarga = 5 bar(g))	312450	1	Un	65,00 €	65,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sonda de Temperatura, 1,5 mts	AKS21	2	Un	427,00 €	854,00 €	PECOMARK
PECOMARK	Manómetro Inox (escala 0 a 10 bar(g))	407246	2	Un	40,00 €	80,00 €	PECOMARK
PECOMARK	Termómetro Inox (escala -40 a 40 ºC)	407400	2	Un	91,00 €	182,00 €	PECOMARK
BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA GLICOLADA (30%MEG)							
GRUNDFOS	Bombas Recirculação de Água Glicolada Fria (T = -2ºC)	NB 40-160/172	2	Un	4 102,00 €	8 204,00 €	GRUNDFOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
JOHNSON CONTROLS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Pressão diferencial de 0,6 a 4,8 bar (g))	P74DA-9300	2	Un	657,00 €	1 314,00 €	PECOMARK
PECOMARK	Válvula de Serviço (esfera para aplicação a Manómetro)	407254	2	Un	28,00 €	56,00 €	PECOMARK
PECOMARK	Manómetro Inox (escala 0 a 10 bar(g))	407246	2	Un	22,00 €	44,00 €	PECOMARK
GRUNDFOS	Bombas Recirculação de Água Glicolada Quente (T = +2ºC)	NB 40-125/131	2	Un	3 117,00 €	6 234,00 €	GRUNDFOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
JOHNSON CONTROLS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Pressão diferencial de 0,6 a 4,8 bar (g))	P74DA-9300	2	Un	657,00 €	1 314,00 €	PECOMARK
PECOMARK	Válvula de Serviço	407254	2	Un	28,00 €	56,00 €	PECOMARK
PECOMARK	Manómetro Inox (escala 0 a 10 bar(g))	407246	2	Un	22,00 €	44,00 €	PECOMARK
VASO DE EXPANSÃO							
REFLEX	Vaso de Expansão, V = 400L	N400	1	Un	1 993,00 €	1 993,00 €	PECOMARK
				EQUIPAMENTOS DO CIRCUITO SECUNDÁRIO		***45 593,00 €***	***SUBTOTAL***
EVAPORADORES NH3							
CENTAURO	Túneis de Congelação (Tevap = -42ºC)	BSUTI 12.704 XL	2	Un	56 660,40 €	113 320,80 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito NH3)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG20-B	2	Un	309,00 €	618,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS25-15 + EVM	2	Un	1 068,00 €	2 136,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS65 + EVM	2	Un	3 221,00 €	6 442,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DLI 10J3/21	2	Un	6 912,60 €	13 825,20 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito NH3)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	2	Un	290,00 €	580,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS25-15 + EVM	2	Un	1 068,00 €	2 136,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS40 + EVM	2	Un	2 074,00 €	4 148,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DLI 10J4/46	2	Un	13 175,80 €	26 351,60 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito NH3)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	2	Un	290,00 €	580,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS25-15 + EVM	2	Un	1 068,00 €	2 136,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS32 + EVM	2	Un	1 671,00 €	3 342,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DLI 10J4/37	2	Un	10 916,20 €	21 832,40 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito NH3)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	2	Un	290,00 €	580,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS25-5 + EVM	2	Un	1 068,00 €	2 136,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS40 + EVM	2	Un	2 074,00 €	4 148,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DLI 10G2/8	2	Un	6 770,70 €	13 541,40 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito NH3)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	2	Un	290,00 €	580,00 €	PECOMARK

DONFOSS	Válvula Solenóide	EVRST10	2	Un	1 348,00 €	2 696,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS25-15 + EVM	2	Un	309,00 €	618,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Refrigerados (Tevap = -8ºC)	DDI 8E2/8	2	Un	5 890,00 €	11 780,00 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito NH3)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	2	Un	290,00 €	580,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EVRST10	2	Un	1 348,00 €	2 696,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Refrigerados (Tevap = -8ºC)	DDI 8E3/17	1	Un	5 890,00 €	5 890,00 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito NH3)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	1	Un	282,00 €	282,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	1	Un	290,00 €	290,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EVRST10	1	Un	1 348,00 €	1 348,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	3	Un	427,00 €	1 281,00 €	PECOMARK
					EVAPORADORES	***271 380,40 €***	***SUBTOTAL***
FRIGODIFUSORES							
GUNTNER	Frigodifusores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	MGBK 050.1B/24-ES/6P	2	Un	10 523,88 €	21 047,76 €	GUNTNER
Dispositivos de Controlo (Circuito Água Glicolada)							
DONFOSS	Controlador de Frigodifusor	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Motorizada de 3 Vias	VRB325+AMV55	2	Un	2 653,00 €	5 306,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EV220B25	2	Un	689,00 €	1 378,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
GRUNDFOS	Bomba Recirculador de Frigodifusor	TP25-80/2	2	Un	988,00 €	1 976,00 €	GRUNDFOS
GUNTNER	Frigodifusores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	MGBK 041C/210-EW/18P	1	Un	7 864,16 €	7 864,16 €	GUNTNER
Dispositivos de Controlo (Circuito Água Glicolada)							
DONFOSS	Controlador de Frigodifusor	AK-CC210	1	Un	282,00 €	282,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Motorizada de 3 Vias	VRB320+AMV55	1	Un	2 496,00 €	2 496,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EV220B25	1	Un	689,00 €	689,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	3	Un	427,00 €	1 281,00 €	PECOMARK
GRUNDFOS	Bomba Recirculador de Frigodifusor	TP25-80/2	1	Un	988,00 €	988,00 €	GRUNDFOS
GUNTNER	Frigodifusores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	MDGN 046C/17-ES/18P	2	Un	5 882,48 €	11 764,96 €	GUNTNER
Dispositivos de Controlo (Circuito Água Glicolada)							
DONFOSS	Controlador de Frigodifusor	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Motorizada de 3 Vias	VRB320+AMV55	2	Un	2 496,00 €	4 992,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EV220B15	2	Un	333,00 €	666,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
GRUNDFOS	Bomba Recirculador de Frigodifusor	TP25-50/2	2	Un	884,00 €	1 768,00 €	GRUNDFOS
GUNTNER	Frigodifusores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	MDGN 046C/27-ES/18P	4	Un	8 999,44 €	35 997,76 €	GUNTNER
Dispositivos de Controlo (Circuito Água Glicolada)							
DONFOSS	Controlador de Frigodifusor	AK-CC210	4	Un	282,00 €	1 128,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Motorizada de 3 Vias	VRB325+AMV55	4	Un	2 653,00 €	10 612,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EV220B32	4	Un	948,00 €	3 792,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	12	Un	427,00 €	5 124,00 €	PECOMARK
GRUNDFOS	Bomba Recirculador de Frigodifusor	TP25-50/2	4	Un	884,00 €	3 536,00 €	GRUNDFOS
GUNTNER	Frigodifusores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	MDGN 041C/27-ES/18P	3	Un	7 872,44 €	23 617,32 €	GUNTNER
Dispositivos de Controlo (Circuito Água Glicolada)							
DONFOSS	Controlador de Frigodifusor	AK-CC210	3	Un	282,00 €	846,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Motorizada de 3 Vias	VRB320+AMV55	3	Un	2 496,00 €	7 488,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EV220B25	3	Un	689,00 €	2 067,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	9	Un	427,00 €	3 843,00 €	PECOMARK
GRUNDFOS	Bomba Recirculador de Frigodifusor	TP25-80/2	3	Un	988,00 €	2 964,00 €	GRUNDFOS
GUNTNER	Frigodifusores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	MDGN 046A/24-ES/8P	3	Un	8 589,12 €	25 767,36 €	GUNTNER
Dispositivos de Controlo (Circuito Água Glicolada)							
DONFOSS	Controlador de Frigodifusor	AK-CC210	3	Un	282,00 €	846,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Motorizada de 3 Vias	VRB320+AMV55	3	Un	2 496,00 €	7 488,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide	EV220B25	3	Un	689,00 €	2 067,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	9	Un	427,00 €	3 843,00 €	PECOMARK
GRUNDFOS	Bomba Recirculador de Frigodifusor	TP25-50/2	3	Un	884,00 €	2 652,00 €	GRUNDFOS
					FRIGODIFUSORES	***212 429,32 €***	***SUBTOTAL***
CARGA FLUIDOS FRIGORIGÉNIOS E ÓLEO							
LINDE	Fluido Primário - R717 (Amoníaco)	R717	1889,715	kg	5,50 €	10 393,43 €	LINDE
PECOMARK	Fluido Secundário - Monoetilenoglicol (concentração de 30% na Água Glicolada)	30%MEG	3863,348	kg	4,50 €	17 385,06 €	PECOMARK
PETRO CANADA	Óleo Lubrificante - REFLO 68A (Compressores MYCOM N170JS-V, N4K e I125L-H)	REFLO 68A	45,76	kg	14,75 €	674,96 €	RODAVIGO
					CARGA DE FLUIDOS	***28 453,45 €***	***SUBTOTAL***
TUBAGEM (CIRCUITO NH3)							
Shedule 80							
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH80, Ø 21,3x 3,73	-	220	m	3,94 €	866,80 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH80, Ø 26,7x 3,91	-	20	m	4,33 €	86,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH80, Ø 33,4x 4,55	-	50	m	5,36 €	268,00 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH80, Ø 42,2x 4,47	-	15	m	6,39 €	95,85 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH80, Ø 48,3x 5,08	-	110	m	8,08 €	888,80 €	GRUPO CUÑADO
Shedule 40							
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 21,3x 2,77	-	50	m	2,94 €	147,00 €	GRUPO CUÑADO

GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 26,7x 2,87	-	20	m	3,33 €	66,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 33,4x 3,38	-	5	m	4,36 €	21,80 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 42,2x 3,56	-	20	m	5,39 €	107,80 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 48,3x 3,68	-	40	m	7,08 €	283,20 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 60,3x 3,91	-	70	m	8,48 €	593,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 73x 5,16	-	60	m	12,94 €	776,40 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 88,9x 5,49	-	15	m	17,44 €	261,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 114,3x 6,02	-	110	m	25,16 €	2 767,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 141,3x 6,55	-	20	m	34,35 €	687,00 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 168,3x 7,11	-	20	m	43,60 €	872,00 €	GRUPO CUÑADO
Shedule 20							
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH20, Ø 219,1x 6,35	-	65	m	50,80 €	3 302,00 €	GRUPO CUÑADO
TUBAGEM (CIRCUITO DESCONGELAÇÃO NH3)							
Shedule 40							
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 141,3x 6,55	-	35	m	34,35 €	1 202,25 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 88,9x 5,49	-	60	m	17,44 €	1 046,40 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 73x 5,16	-	20	m	12,94 €	258,80 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 48,3x 3,68	-	5	m	7,08 €	35,40 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 42,2x 3,56	-	5	m	5,39 €	26,95 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 33,4x 3,38	-	35	m	4,36 €	152,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 26,7x 2,87	-	45	m	3,33 €	149,85 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH80, Ø 21,3x 3,73	-	10	m	2,94 €	29,40 €	GRUPO CUÑADO
					TUBAGEM DE NH3	***14 994,30 €***	***SUBTOTAL***
ISOLAMENTO DE TUBAGEM (CIRCUITO NH3)							
Espessura Poliuretano 20mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 33,4 (DN25)	-	12	m	14,41 €	172,92 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	2	m	17,33 €	34,66 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 60,3 (DN50)	-	22	m	19,46 €	428,12 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 73,0 (DN65)	-	2	m	22,59 €	45,18 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 114,4 (DN100)	-	14	m	29,97 €	419,58 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 25mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 21,3 (DN15)	-	138	m	13,83 €	1 908,54 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 26,7 (DN20)	-	8	m	15,00 €	120,00 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 30mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 33,4 (DN25)	-	2	m	18,30 €	36,60 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 42,2 (DN32)	-	27	m	19,86 €	536,22 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	16	m	21,22 €	339,52 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 60,3 (DN50)	-	1	m	23,36 €	23,36 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 35mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 21,3 (DN15)	-	129	m	17,72 €	2 285,88 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 26,7 (DN20)	-	7	m	18,89 €	132,23 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 114,3 (DN100)	-	26	m	35,82 €	931,32 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 141,3 (DN125)	-	5	m	40,89 €	204,45 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 168,3 (DN150)	-	9	m	46,53 €	418,77 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 40mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 26,7 (DN20)	-	15	m	20,83 €	312,45 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 33,4 (DN25)	-	40	m	22,19 €	887,60 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	6	m	25,11 €	150,66 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 50mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 33,4 (DN25)	-	18	m	26,09 €	469,62 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 42,2 (DN32)	-	1	m	27,64 €	27,64 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	66	m	29,01 €	1 914,66 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 60,3 (DN50)	-	38	m	31,15 €	1 183,70 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 73,0 (DN65)	-	48	m	34,26 €	1 644,48 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 88,9 (DN80)	-	6	m	36,79 €	220,74 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 114,3 (DN100)	-	68	m	41,66 €	2 832,88 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 60mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 141,3 (DN125)	-	15	m	50,62 €	759,30 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 168,3 (DN150)	-	9	m	56,26 €	506,34 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 219,1 (DN200)	-	61	m	66,00 €	4 026,00 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 100mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 73 (DN65)	-	2	m	53,73 €	107,46 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 88,9 (DN80)	-	1	m	56,26 €	56,26 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 114,3 (DN100)	-	16	m	61,13 €	978,08 €	MUNDISOL
ISOLAMENTO DE TUBAGEM (CIRCUITO DESCONGELAÇÃO NH3)							
Espessura Poliuretano 80mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 26,7 (DN20)	-	4	m	36,41 €	145,64 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 21,3 (DN15)	-	7	m	35,24 €	246,68 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 90mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 73,0 (DN65)	-	17	m	49,84 €	847,28 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	2	m	44,58 €	89,16 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 42,2 (DN32)	-	38	m	43,22 €	1 642,36 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 33,4 (DN25)	-	4	m	41,66 €	166,64 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 26,7 (DN20)	-	43	m	40,30 €	1 732,90 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 100mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 141,3 (DN125)	-	32	m	66,19 €	2 118,08 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 88,9 (DN80)	-	58	m	56,26 €	3 263,08 €	MUNDISOL
					ISOLAMENTO TÉRMICO TUBAGEM DE NH3	***33 519,76 €***	***SUBTOTAL***
ACESSÓRIOS (CIRCUITO NH3)							
Curvas 180º							
PINTO & CRUZ	CURVA 180° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2"STD	-	2	Un	4,16 €	8,32 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 180° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 4"STD	-	1	Un	21,74 €	21,74 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 180° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 6"STD	-	2	Un	27,60 €	55,20 €	PINTO & CRUZ

Curvas 90º							
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1/2"STD	-	39	Un	0,62 €	24,18 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3/4"STD	-	4	Un	0,87 €	3,48 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1"STD	-	16	Un	0,91 €	14,56 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/4"STD	-	6	Un	0,94 €	5,64 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2"STD	-	17	Un	1,44 €	24,48 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2"STD	-	20	Un	2,15 €	43,00 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2"STD	-	3	Un	5,57 €	16,71 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 4"STD	-	20	Un	8,99 €	179,80 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5"STD	-	5	Un	18,85 €	94,25 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 6"STD	-	6	Un	22,74 €	136,44 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 8"STD	-	6	Un	26,63 €	159,78 €	PINTO & CRUZ
Curvas 45º							
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1/2"STD	-	10	Un	0,77 €	7,70 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3/4"STD	-	10	Un	0,89 €	8,90 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2"STD	-	2	Un	2,79 €	5,58 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2"STD	-	6	Un	5,13 €	30,78 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2"STD	-	3	Un	8,47 €	25,41 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3"STD	-	1	Un	16,38 €	16,38 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 4"STD	-	4	Un	24,28 €	97,12 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5"STD	-	2	Un	34,82 €	69,64 €	PINTO & CRUZ
Tês							
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1/2"STD	-	5	Un	3,03 €	15,15 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3/4"STD	-	5	Un	7,06 €	35,30 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1"STD	-	2	Un	5,89 €	11,78 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/4"STD	-	1	Un	7,56 €	7,56 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2"STD	-	2	Un	9,59 €	19,18 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2"STD	-	2	Un	13,17 €	26,34 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2"STD	-	2	Un	21,46 €	42,92 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 4"STD	-	4	Un	46,32 €	185,28 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5"STD	-	1	Un	62,26 €	62,26 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 6"STD	-	1	Un	81,29 €	81,29 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 8"STD	-	1	Un	124,06 €	124,06 €	PINTO & CRUZ
Reduções Concêntricas							
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3/4" x 1/2" STD	-	7	Un	1,07 €	7,49 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1" x 3/4" STD	-	9	Un	1,83 €	16,47 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/4" x 1/2" STD	-	4	Un	2,77 €	11,08 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/4" x 3/4" STD	-	4	Un	2,13 €	8,52 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2" x 1/2" STD	-	1	Un	2,53 €	2,53 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2" x 3/4" STD	-	2	Un	2,92 €	5,84 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2" x 1" STD	-	3	Un	2,73 €	8,19 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2" x 1 1/4" STD	-	1	Un	3,47 €	3,47 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2" x 1" STD	-	2	Un	4,20 €	8,40 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2" x 1 1/4" STD	-	2	Un	3,68 €	7,36 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2" x 1 1/2" STD	-	4	Un	3,82 €	15,28 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2" x 1" STD	-	1	Un	7,58 €	7,58 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2" x 2" STD	-	3	Un	5,72 €	17,16 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3" x 2" STD	-	1	Un	7,52 €	7,52 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3" x 2 1/2" STD	-	1	Un	7,33 €	7,33 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 4" x 2 1/2" STD	-	4	Un	14,16 €	56,64 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 4" x 3" STD	-	2	Un	11,94 €	23,88 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5" x 1 1/4" STD	-	1	Un	16,98 €	16,98 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5" x 4" STD	-	1	Un	16,17 €	16,17 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 6" x 4" STD	-	1	Un	33,83 €	33,83 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 8" x 5" STD	-	2	Un	48,50 €	97,00 €	PINTO & CRUZ
Válvulas de Bloqueio							
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN15	SVA15	28	Un	235,00 €	6 580,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN200	SVA20	12	Un	250,00 €	3 000,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN25	SVA25	12	Un	321,00 €	3 852,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN32	SVA32	6	Un	360,00 €	2 160,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN40	SVA40	7	Un	413,00 €	2 891,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN50	SVA50	13	Un	468,00 €	6 084,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN65	SVA65	3	Un	698,00 €	2 094,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN80	SVA80	2	Un	874,00 €	1 748,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN100	SVA100	8	Un	1 105,00 €	8 840,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN125	SVA125	5	Un	1 652,00 €	8 260,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN150	SVA150	4	Un	1 929,00 €	7 716,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN200	SVA200	1	Un	3 807,00 €	3 807,00 €	PECOMARK
Válvulas de Retenção							
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN15	NVRA15	11	Un	333,00 €	3 663,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN20	NVRA20	2	Un	333,00 €	666,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN25	NVRA25	7	Un	510,00 €	3 570,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN32	NVRA32	1	Un	529,00 €	529,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN40	NVRA40	1	Un	809,00 €	809,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN50	NVRA50	1	Un	858,00 €	858,00 €	PECOMARK
Filtros							
DANFOSS	Filtro DN15 acoplamento direto em válvula EVRST10 e Malha Trocável 150 micron	FA15-150	5	Un	171,00 €	855,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN20 e Malha Trocável 250 micron	FIA20-250	2	Un	360,00 €	720,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN25 e Malha Trocável 250 micron	FIA25-250	9	Un	374,00 €	3 366,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN32 e Malha Trocável 250 micron	FIA32-250	5	Un	413,00 €	2 065,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN40 e Malha Trocável 250 micron	FIA40-250	1	Un	466,00 €	466,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN50 e Malha Trocável 250 micron	FIA50-250	1	Un	529,00 €	529,00 €	PECOMARK
ACESSÓRIOS (CIRCUITO DESCONGELAÇÃO NH3)							
Curvas 90º							
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1/2"STD	-	4	Un	0,62 €	2,48 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3/4"STD	-	1	Un	0,87 €	0,87 €	PINTO & CRUZ

PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1"STD	-	4	Un	0,91 €	3,64 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/4"STD	-	10	Un	0,94 €	9,40 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2"STD	-	5	Un	1,44 €	7,20 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2"STD	-	5	Un	5,57 €	27,85 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3"STD	-	2	Un	16,19 €	32,38 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5"STD	-	5	Un	18,85 €	94,25 €	PINTO & CRUZ
Tês							
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3/4"STD	-	1	Un	7,06 €	7,06 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2"STD	-	1	Un	9,59 €	9,59 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2"STD	-	1	Un	21,46 €	21,46 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3"STD	-	4	Un	26,21 €	104,84 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	TÊ ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5"STD	-	2	Un	62,26 €	124,52 €	PINTO & CRUZ
Reduções Concêntricas							
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5" x 3" STD	-	1	Un	20,89 €	20,89 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5" x 1 1/2" STD	-	1	Un	18,62 €	18,62 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3" x 2 1/2" STD	-	2	Un	9,02 €	18,04 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3" x 1 1/4" STD	-	3	Un	22,18 €	66,54 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2" x 3/4" STD	-	1	Un	3,59 €	3,59 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2" x 1" STD	-	2	Un	5,65 €	11,30 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/4" x 3/4" STD	-	2	Un	2,13 €	4,26 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3/4" x 1/2" STD	-	2	Un	1,07 €	2,14 €	PINTO & CRUZ
Válvulas de Bloqueio							
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN15	SVA15	4	Un	235,00 €	940,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN20	SVA20	5	Un	250,00 €	1 250,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN25	SVA32	8	Un	321,00 €	2 568,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN32	SVA40	1	Un	360,00 €	360,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN40	SVA50	1	Un	468,00 €	468,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN65	SVA65	4	Un	698,00 €	2 792,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN100	SVA100	4	Un	1 105,00 €	4 420,00 €	PECOMARK
Válvulas de Retenção							
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN15	NVRA15	2	Un	333,00 €	666,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN20	NVRA20	2	Un	333,00 €	666,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN25	NVRA25	4	Un	510,00 €	2 040,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN65	NVRA65	2	Un	1 456,00 €	2 912,00 €	PECOMARK
					ACESSÓRIOS TUBAGEM DE NH3	***96 839,85 €***	***SUBTOTAL***
TUBAGEM (CIRCUITO ÁGUA GLICOLADA 30%MEG)							
Shedule 40							
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 26,7x 2 (m)	-	10	m	4,21 €	42,10 €	TUBINOX
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 33,4x 2 (m)	-	130	m	4,90 €	637,00 €	TUBINOX
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 42,2x 2 (m)	-	45	m	6,35 €	285,75 €	TUBINOX
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 48,3x 2 (m)	-	90	m	7,25 €	652,50 €	TUBINOX
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 60,3x 2 (m)	-	80	m	8,63 €	690,40 €	TUBINOX
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 73,0x 2 (m)	-	20	m	11,85 €	237,00 €	TUBINOX
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 88,9x 2 (m)	-	40	m	13,16 €	526,40 €	TUBINOX
TUBINOX	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 114,3x 2 (m)	-	160	m	17,30 €	2 768,00 €	TUBINOX
					TUBAGEM DE ÁGUA GLICOLADA	***5 839,15 €***	***SUBTOTAL***
ISOLAMENTO (CIRCUITO ÁGUA GLICOLADA 30%MEG)							
Espessura Poliuretano 20mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 26,7x 2 (DN20)	-	8	m	13,05 €	104,40 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 33,4x 2 (DN25)	-	62	m	14,41 €	893,42 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 42,2x 2 (DN32)	-	23	m	15,97 €	367,31 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 48,3x 2 (DN40)	-	28	m	17,33 €	485,24 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 25mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 33,4x 2 (DN25)	-	61	m	16,36 €	997,96 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 42,2x 2 (DN32)	-	22	m	17,92 €	394,24 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 48,3x 2 (DN40)	-	34	m	19,28 €	655,52 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 60,3x 2 (DN50)	-	80	m	21,41 €	1 712,80 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 73,0x 2 (DN65)	-	19	m	24,54 €	466,26 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 88,9x 2 (DN80)	-	29	m	27,07 €	785,03 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 114,3x 2 (DN100)	-	78	m	31,92 €	2 489,76 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 30mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 88,9x 2 (DN80)	-	23	m	29,01 €	667,23 €	MUNDISOL
MUNDISOL	TUBO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304L C/COSTURA, Ø 114,3x 2 (DN100)	-	74	m	33,87 €	2 506,38 €	MUNDISOL
					ISOLAMENTO TÉRMICO TUBAGEM DE ÁGUA GLICOLADA	***12 525,55 €***	***SUBTOTAL***
ACESSÓRIOS (CIRCUITO ÁGUA GLICOLADA 30%MEG)							
Curvas 90º							
TUBINOX	CURVA 90º AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 33,4 x 2	-	51	Un	2,17 €	110,67 €	TUBINOX
TUBINOX	CURVA 90º AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 42,2 x 2	-	17	Un	2,75 €	46,75 €	TUBINOX
TUBINOX	CURVA 90º AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 48,3 x 2	-	11	Un	3,20 €	35,20 €	TUBINOX
TUBINOX	CURVA 90º AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 60,3 x 2	-	2	Un	4,68 €	9,36 €	TUBINOX
TUBINOX	CURVA 90º AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 88,9 x 2	-	5	Un	11,23 €	56,15 €	TUBINOX
TUBINOX	CURVA 90º AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 114,3 x 2	-	23	Un	16,83 €	387,09 €	TUBINOX
Tês							
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 26,7 x 2	-	4	Un	5,00 €	20,00 €	TUBINOX
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 33,4 x 2	-	22	Un	7,90 €	173,80 €	TUBINOX
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 42,2 x 2	-	14	Un	8,90 €	124,60 €	TUBINOX
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 48,3 x 2	-	12	Un	10,90 €	130,80 €	TUBINOX
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 60,3 x 2	-	20	Un	12,16 €	243,20 €	TUBINOX
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 73,0 x 2	-	4	Un	18,46 €	73,84 €	TUBINOX
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 88,9 x 2	-	12	Un	21,56 €	258,72 €	TUBINOX
TUBINOX	TÊ AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 114,3 x 2	-	2	Un	29,90 €	59,80 €	TUBINOX
Reduções Concêntricas							
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 26,7 x 33,4 x 2	-	26	Un	1,90 €	49,40 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 26,7 x 42,2 x 2	-	4	Un	2,65 €	10,60 €	TUBINOX

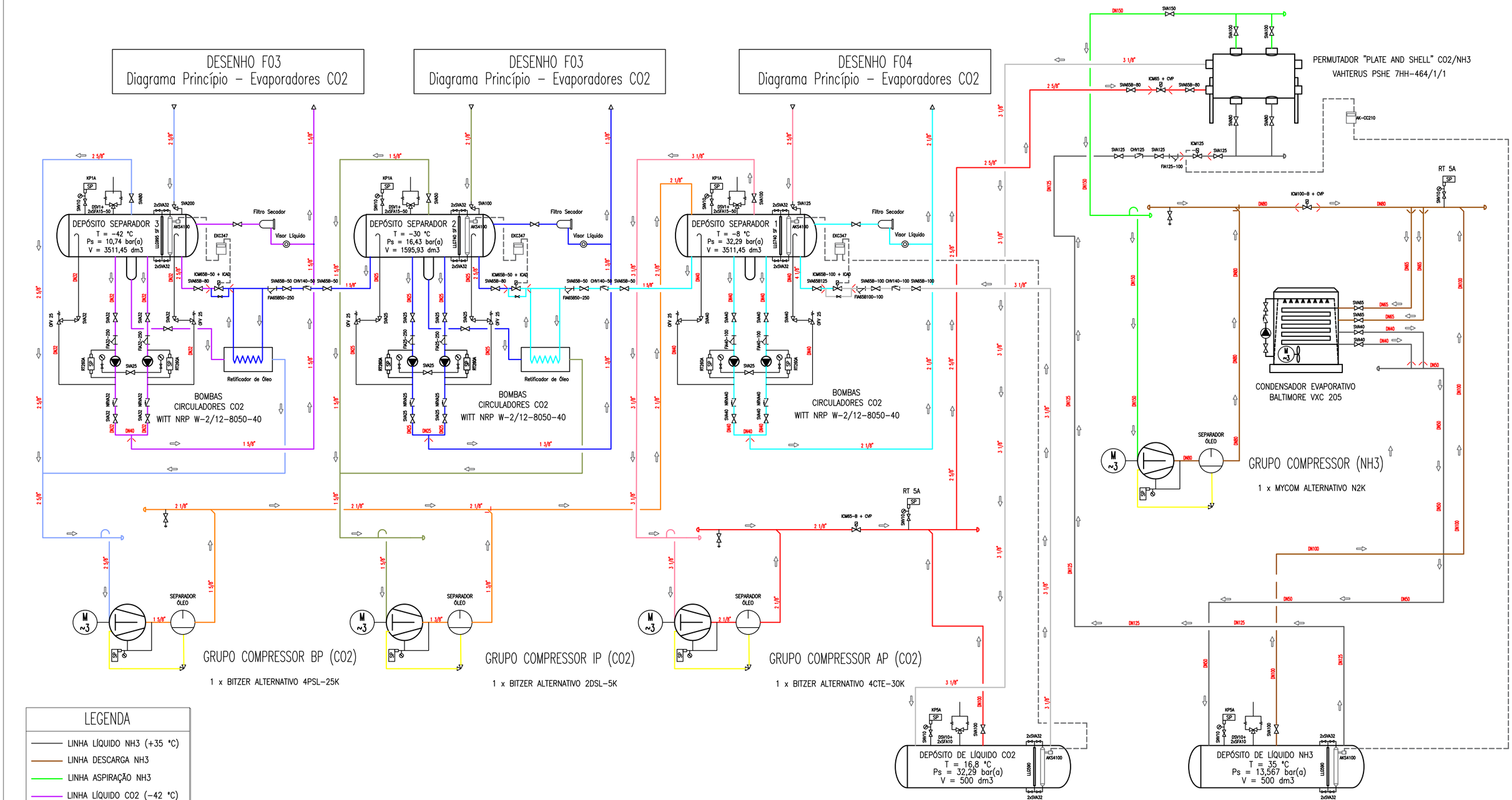
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 33,4 x 42,2 x 2	-	14	Un	2,30 €	32,20 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 33,4 x 48,3 x 2	-	8	Un	2,60 €	20,80 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 33,4 x 60,3 x 2	-	5	Un	5,28 €	26,40 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 33,4 x 73,0 x 2	-	2	Un	13,50 €	27,00 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 42,2 x 48,3 x 2	-	2	Un	2,34 €	4,68 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 42,2 x 60,3 x 2	-	4	Un	4,42 €	17,68 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 42,2 x 88,9 x 2	-	3	Un	27,05 €	81,15 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 48,3 x 60,3 x 2	-	4	Un	3,20 €	12,80 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 48,3 x 88,9 x 2	-	2	Un	13,99 €	27,98 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 60,3 x 114,3 x 2	-	4	Un	14,55 €	58,20 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 73,0 x 88,9 x 2	-	2	Un	4,95 €	9,90 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. CONCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 88,9 x 114,3 x 2	-	10	Un	8,30 €	83,00 €	TUBINOX
Fundos Copados							
TUBINOX	FUNDO COPADO INOX 304L C/COSTURA, Ø 114,3 x 2	-	8	Un	4,20 €	33,60 €	TUBINOX
Reduções Excêntricas (Ligação Bombas Recirculadores)							
TUBINOX	RED. EXCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 73,0 x 88,9 x 2	-	4	Un	25,45 €	101,80 €	TUBINOX
TUBINOX	RED. EXCÊNTRICA AÇO INOXIDÁVEL 304L C/COSTURA, Ø 48,3 x 88,9 x 2	-	4	Un	29,56 €	118,24 €	TUBINOX
					ACESSÓRIOS TUBAGEM DE ÁGUA GLICOLADA	***2 445,41 €***	***SUBTOTAL***
					CUSTO INICIAL DE INSTALAÇÃO	***1 044 007,43 €***	

NOTAS:

O Investimento Inicial estimado para a Instalação não inclui os custos de Mão-de-Obra, Isolamento de Zonas de Temperatura Controlada, Perfilaria, Ferragens e Consumíveis.

Anexo G – Sistema Cascata com NH_3 e CO_2 Subcrítico

Anexo G.1 – Esquema de Princípio da Sala de Máquinas



LEGENDA

- LINHA LÍQUIDO NH3 (+35 °C)
- LINHA DESCARGA NH3
- LINHA ASPIRAÇÃO NH3
- LINHA LÍQUIDO CO2 (-42 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (-30 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (-8 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (+16,8 °C)
- LINHA DESCARGA BP CO2
- LINHA DESCARGA AP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO BP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO IP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO AP CO2

NOTAS:

O MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE CO2 É COBRE K65 S80 OU K65 S120, COM A EXCEÇÃO DAS ASPIRAÇÕES, DESCARGAS E RESPETIVOS COLETORES DAS BOMBAS DE CIRCULAÇÃO DE CO2, QUE SÃO DE AÇO CARBONO ASTM A53 GR B SH40.

instituto superior de engenharia de lisboa

Cliente: Frigosto
Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda

Local: Caldas da Rainha

Designação:
DIAGRAMA DE PRINCÍPIO
SALA DE MÁQUINAS - SISTEMA INUNDADO EM CASCATA
CO2 SUBCRÍTICO BOMBEADO E NH3

Projecto Nº: Projeto 2

Desenho Nº: F02

Data: 10 Agosto 2025

Escala: S/E

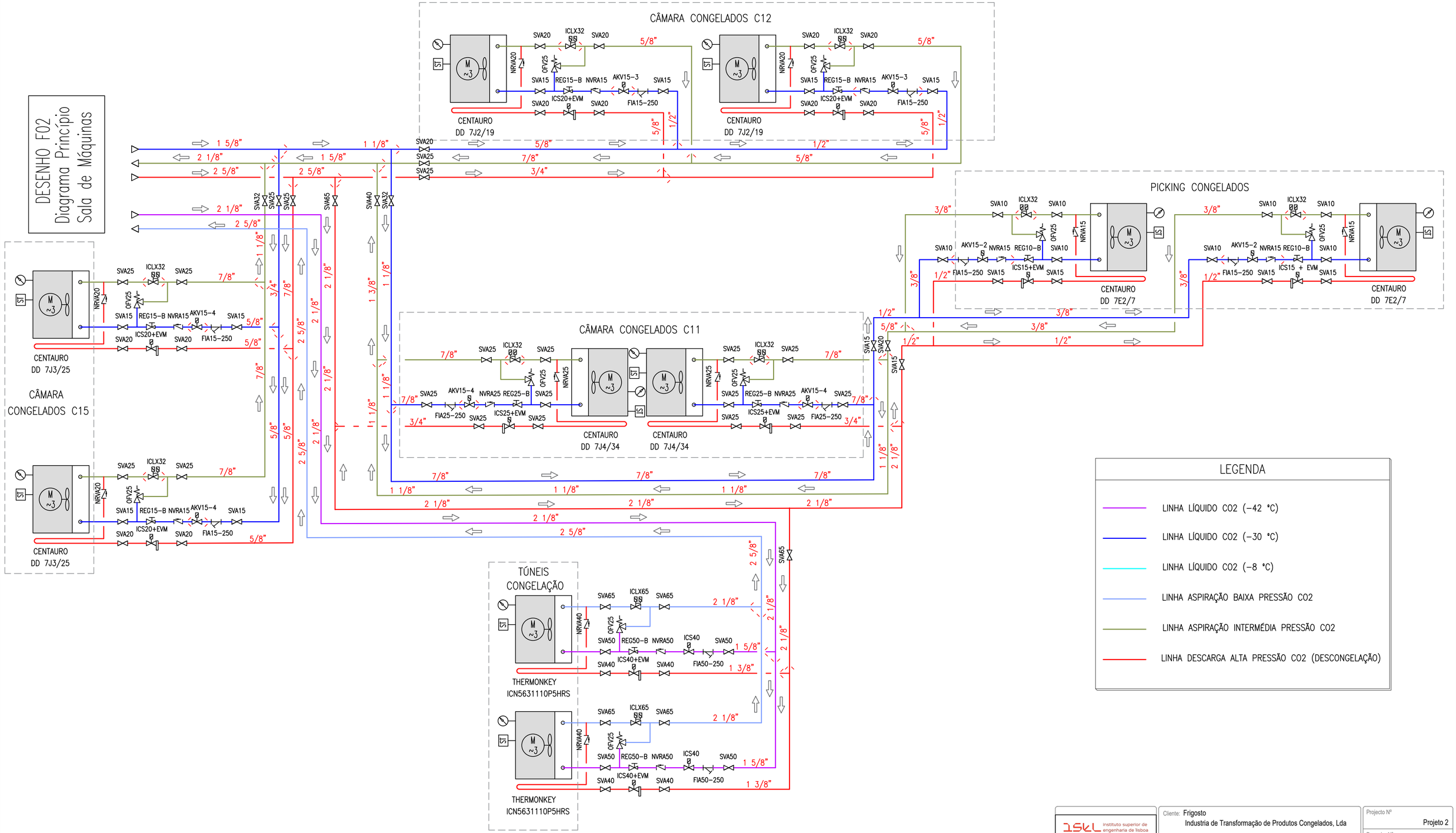
Projectou: Diogo Duarte

Desenhou: Diogo Duarte

Verificou:

Anexo G.2 – Esquema de Princípio dos Evaporadores

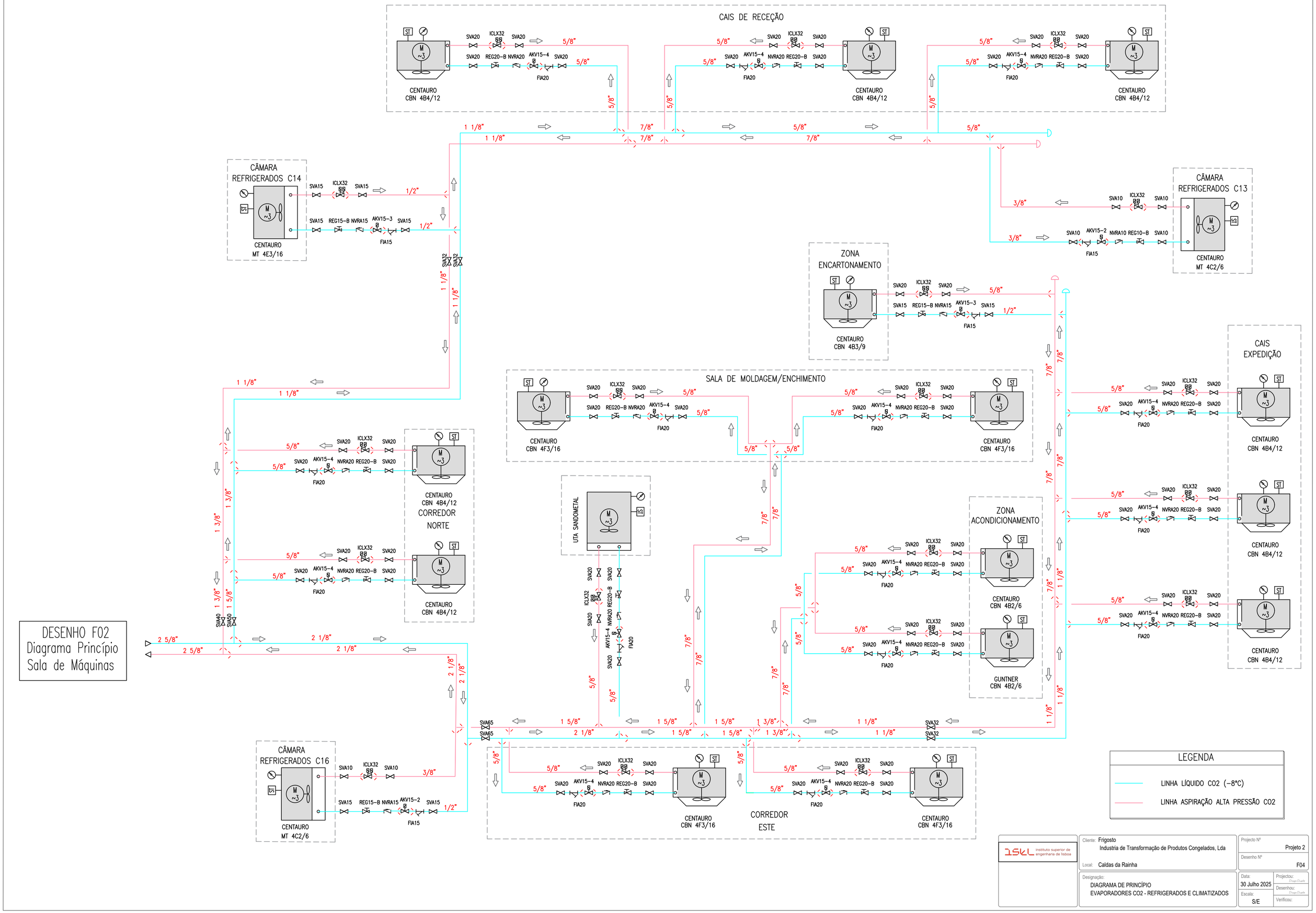
DESENHO F02
Diagrama Princípio
Sala de Máquinas



LEGENDA

- LINHA LÍQUIDO CO2 (−42 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−30 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−8 °C)
- LINHA ASPIRAÇÃO BAIXA PRESSÃO CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO INTERMÉDIA PRESSÃO CO2
- LINHA DESCARGA ALTA PRESSÃO CO2 (DESCONGELAÇÃO)

instituto superior de engenharia de lisboa	Cliente: Frigosto Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda Local: Caldas da Rainha	Projecto Nº: Projeto 2 Desenho Nº: F03
	Designação: DIAGRAMA DE PRINCÍPIO EVAPORADORES CO2 - CONGELADOS	Data: 29 Julho 2025 Escala: S/E Projectou: Diogo Duarte Desenhou: Diogo Duarte Verificou:



DESENHO F02
Diagrama Princípio
Sala de Máquinas

LEGENDA

LINHA LÍQUIDO CO2 (−8°C)

LINHA ASPIRAÇÃO ALTA PRESSÃO CO2

instituto superior de engenharia de lisboa

Cliente: Frigosto
Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda

Local: Caldas da Rainha

Projecto Nº: Projeto 2

Desenho Nº: F04

Designação:
DIAGRAMA DE PRINCÍPIO
EVAPORADORES CO2 - REFRIGERADOS E CLIMATIZADOS

Data: 30 Julho 2025

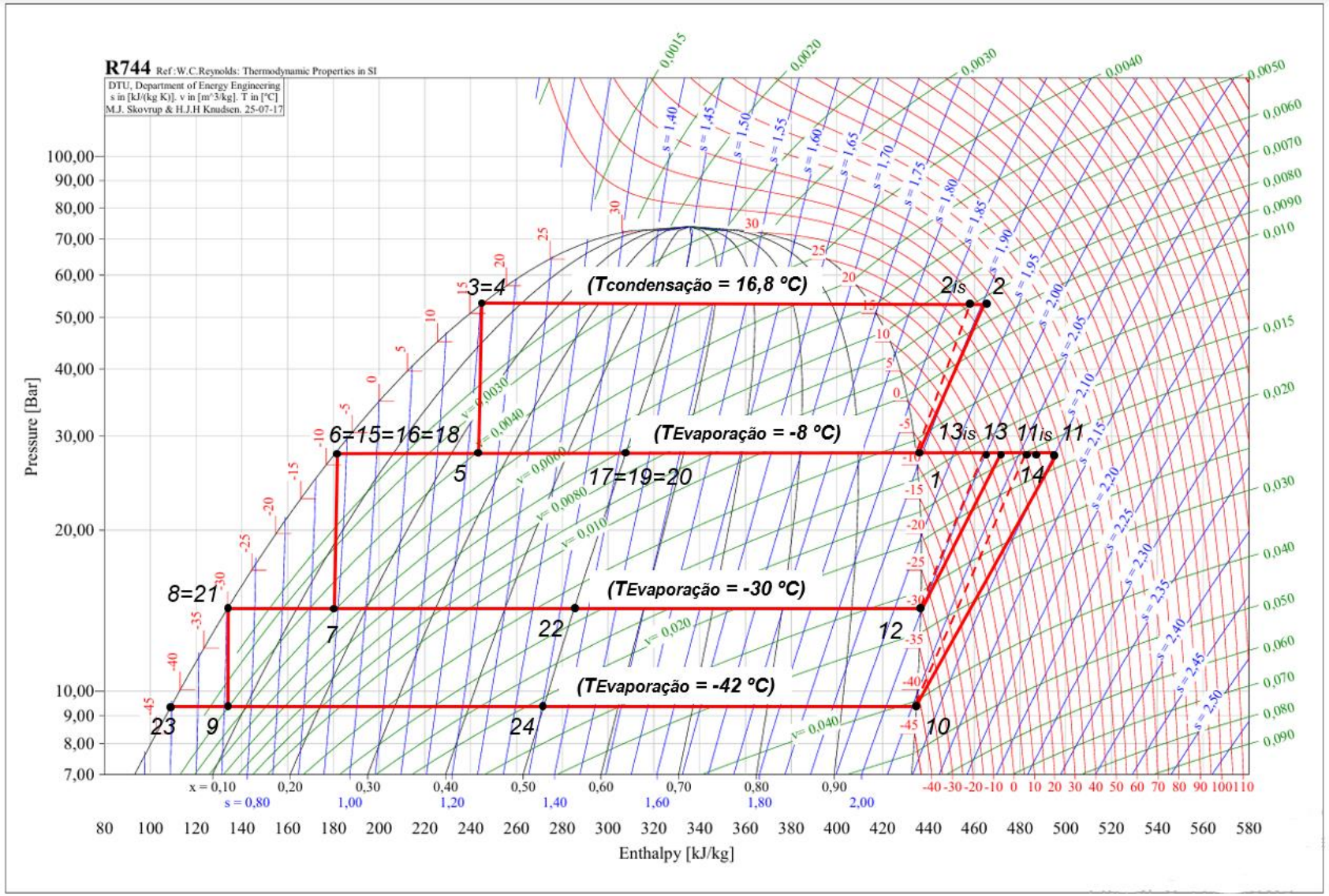
Escala: S/E

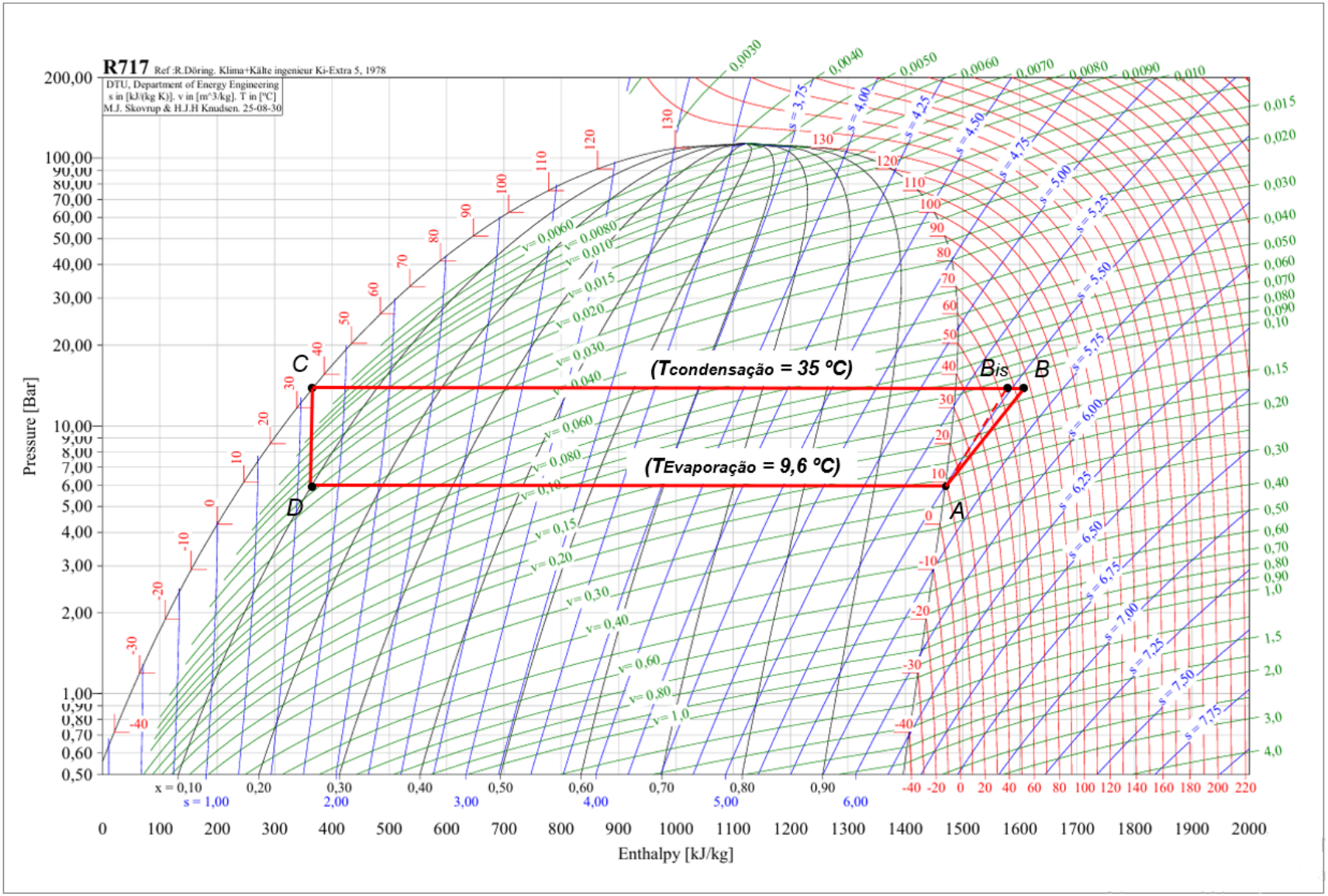
Projectou: Diogo Duarte

Desenhou: Diogo Duarte

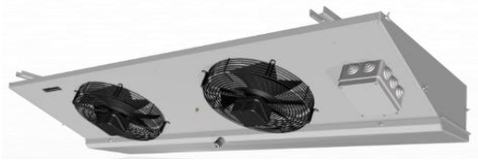
Verificou:

Anexo G.3 – Diagramas de *Mollier*


R744 Ref:W.C.Reynolds: Thermodynamic Properties in SI
DTU, Department of Energy Engineering
s in [kJ/(kg K)]. v in [m^3/kg]. T in [°C]
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen. 25-07-17
Pressure [Bar]
Enthalpy [kJ/kg]
(Tcondensação = 16,8 °C)
(TEvaporação = -8 °C)
(TEvaporação = -30 °C)
(TEvaporação = -42 °C)
3=4
2is
2
6=15=16=18
5
17=19=20
13is
13
11is
11
1
14
8=21
7
22
12
23
9
24
10


R717 Ref :R.Döring. Klima+Kälte ingenieur Ki-Extra 5, 1978
DTU, Department of Energy Engineering
s in [kJ/(kg K)]. v in [m^3/kg]. T in [°C]
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen. 25-08-30
Pressure [Bar]
Enthalpy [kJ/kg]
(Tcondensação = 35 °C)
(TEvaporação = 9,6 °C)
A
B
Bis
C
D

Anexo G.4 – Características dos Evaporadores



RWK · BWK
CO2

Evaporadores de baixo perfil
Low profile coolers

RWK CO2 4,2 mm

BWK CO2 6,3 mm

Ø300 mm

1,51 kW ► 8,72 kW

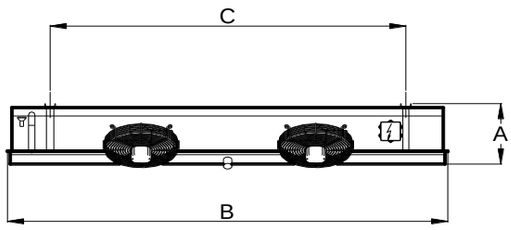
Modelo Type	Capacidade QSm Capacity QSm (TC=+2ºC / DTm=8K)	Capacidade QS1 Capacity Qs1 (Tse=+4ºC / DT1=10K)	Superfície Surface	Volume interno Internal Volume	Ventiladores Fans							
					Nº. Nr.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Projecção ar Air throw	Rotação Revolutions	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS
	kW		m^2	dm^3		mm	m^3/h	m	rpm	W	A	V / F / Hz
RWK 4A1/20 CO2	2,05	1,92	6,76	1,06	1	300	950	10	1320	72	0,32	230/1/50
RWK 4A1/24 CO2	2,42	2,27	8,45	1,33	1	300	880	10	1320	72	0,32	230/1/50
RWK 4A1/29 CO2	2,98	2,80	11,83	1,86	1	300	800	10	1320	72	0,32	230/1/50
RWK 4A2/40 CO2	4,75	4,46	13,52	2,13	2	300	1900	10	1320	144	0,64	230/1/50
RWK 4A2/53 CO2	5,97	5,60	20,28	3,19	2	300	1660	10	1320	144	0,64	230/1/50
RWK 4A3/63 CO2	7,49	7,03	20,28	3,19	3	300	2850	10	1320	216	0,96	230/1/50
RWK 4A3/76 CO2	8,72	8,18	30,43	4,79	3	300	2490	10	1320	216	0,96	230/1/50
RWK 4A1/20 CO2-ES	1,87	1,71	6,76	1,06	1	300	770	9	1250	35	0,27	230/1/50
RWK 4A1/24 CO2-ES	2,18	1,99	8,45	1,33	1	300	710	9	1250	35	0,27	230/1/50
RWK 4A1/29 CO2-ES	2,65	2,42	11,83	1,86	1	300	650	9	1250	35	0,27	230/1/50
RWK 4A2/40 CO2-ES	4,28	3,92	13,52	2,13	2	300	1540	9	1250	70	0,54	230/1/50
RWK 4A2/53 CO2-ES	5,30	4,85	20,28	3,19	2	300	1340	9	1250	70	0,54	230/1/50
RWK 4A3/63 CO2-ES	6,79	6,21	20,28	3,19	3	300	2310	9	1250	105	0,81	230/1/50
RWK 4A3/76 CO2-ES	7,72	7,06	30,43	4,79	3	300	2010	9	1250	105	0,81	230/1/50
BWK 6A1/16 CO2	1,67	1,68	4,68	1,06	1	300	1130	12	1320	72	0,32	230/1/50
BWK 6A1/19 CO2	2,03	2,05	5,85	1,33	1	300	1050	12	1320	72	0,32	230/1/50
BWK 6A1/22 CO2	2,59	2,61	8,19	1,86	1	300	940	12	1320	72	0,32	230/1/50
BWK 6A2/32 CO2	3,90	3,93	9,36	2,13	2	300	2260	12	1320	144	0,64	230/1/50
BWK 6A2/41 CO2	5,17	5,21	14,04	3,19	2	300	1960	12	1320	144	0,64	230/1/50
BWK 6A3/47 CO2	6,25	6,30	14,04	3,19	3	300	3390	12	1320	216	0,96	230/1/50
BWK 6A3/61 CO2	7,44	7,50	21,06	4,79	3	300	2940	12	1320	216	0,96	230/1/50
BWK 6A1/16 CO2-ES	1,53	1,51	4,68	1,06	1	300	920	11	1250	35	0,27	230/1/50
BWK 6A1/19 CO2-ES	1,83	1,81	5,85	1,33	1	300	850	11	1250	35	0,27	230/1/50
BWK 6A1/22 CO2-ES	2,30	2,27	8,19	1,86	1	300	760	11	1250	35	0,27	230/1/50
BWK 6A2/32 CO2-ES	3,56	3,52	9,36	2,13	2	300	1840	11	1250	70	0,54	230/1/50
BWK 6A2/41 CO2-ES	4,59	4,53	14,04	3,19	2	300	1580	11	1250	70	0,54	230/1/50
BWK 6A3/47 CO2-ES	5,67	5,60	14,04	3,19	3	300	2760	11	1250	105	0,81	230/1/50
BWK 6A3/61 CO2-ES	6,65	6,57	21,06	4,79	3	300	2370	11	1250	105	0,81	230/1/50

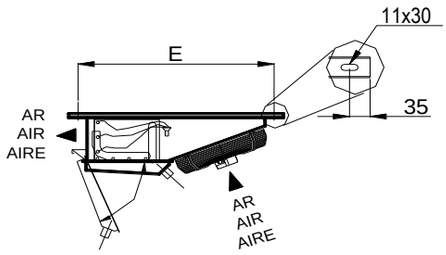
Modelo Type	45BAR Preço sem resistências Price without heaters	60BAR Preço sem resistências Price without heaters	80BAR Preço sem resistências Price without heaters	Opções Options					
				/E Descongelação eléctrica Electrical defrost	AR Alhetas revestidas Coated fins	BI Chaparia Inox Stainless steel casing	TI Tab. esgoto isolado Insul. drain pan	BR Bateria resistências Heater coil	RG Resistências gola Fan heaters
	EUR			EUR					
RWK 4A1/20 CO2	627,6	726,3	907,0	119,0	78,7	455,3	44,9	149,7	-
RWK 4A1/24 CO2	664,0	753,2	1000,3	118,9	97,1	455,3	44,9	149,7	-
RWK 4A1/29 CO2	737,2	867,3	1186,8	118,9	137,3	455,3	44,9	149,7	-
RWK 4A2/40 CO2	1054,9	1176,1	1517,4	141,9	155,8	708,4	75,6	203,7	-
RWK 4A2/53 CO2	1223,8	1353,2	1887,4	142,0	203,7	708,4	75,6	203,7	-
RWK 4A3/63 CO2	1516,9	1639,3	2170,6	172,6	203,7	972,4	106,6	284,0	-
RWK 4A3/76 CO2	1706,7	1886,0	2624,1	173,0	282,4	972,4	106,6	284,0	-
RWK 4A1/20 CO2-ES	679,9	778,8	959,3	119,0	78,7	455,3	44,9	149,7	-
RWK 4A1/24 CO2-ES	716,6	805,8	1052,7	118,9	97,1	455,3	44,9	149,7	-
RWK 4A1/29 CO2-ES	789,7	919,7	1239,3	118,9	137,3	455,3	44,9	149,7	-
RWK 4A2/40 CO2-ES	1159,9	1280,9	1622,1	141,9	155,8	708,4	75,6	203,7	-
RWK 4A2/53 CO2-ES	1328,8	1458,1	1992,2	142,0	203,7	708,4	75,6	203,7	-
RWK 4A3/63 CO2-ES	1674,3	1796,8	2327,8	172,6	203,7	972,4	106,6	284,0	-
RWK 4A3/76 CO2-ES	1864,1	2043,3	2781,5	173,0	282,4	972,4	106,6	284,0	-
BWK 6A1/16 CO2	615,9	713,9	808,8	119,0	80,2	455,3	44,9	149,7	-
BWK 6A1/19 CO2	651,5	746,2	892,0	118,9	100,3	455,3	44,9	149,7	-
BWK 6A1/22 CO2	709,5	851,3	1058,3	118,9	138,9	455,3	44,9	149,7	-
BWK 6A2/32 CO2	1004,6	1092,1	1353,0	141,9	158,9	708,4	75,6	203,7	-
BWK 6A2/41 CO2	1173,9	1314,2	1682,8	142,0	239,1	708,4	75,6	203,7	-
BWK 6A3/47 CO2	1453,1	1577,2	1935,4	172,6	239,1	972,4	106,6	284,0	-
BWK 6A3/61 CO2	1634,0	1814,6	2340,1	173,0	328,8	972,4	106,6	284,0	-
BWK 6A1/16 CO2-ES	668,5	766,2	861,3	119,0	80,2	455,3	44,9	149,7	-
BWK 6A1/19 CO2-ES	704,0	798,6	944,5	118,9	100,3	455,3	44,9	149,7	-
BWK 6A1/22 CO2-ES	762,0	903,6	1110,9	118,9	138,9	455,3	44,9	149,7	-
BWK 6A2/32 CO2-ES	1109,5	1197,0	1458,0	141,9	158,9	708,4	75,6	203,7	-
BWK 6A2/41 CO2-ES	1279,0	1418,9	1787,8	142,0	239,1	708,4	75,6	203,7	-
BWK 6A3/47 CO2-ES	1610,4	1734,5	2092,7	172,6	239,1	972,4	106,6	284,0	-
BWK 6A3/61 CO2-ES	1791,4	1971,7	2497,5	173,0	328,8	972,4	106,6	284,0	-

S Standard / Standard

SP Sob pedido / Under request

- Indisponível / Not available





	Resistências da bateria Coil heaters			Ligações Connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E			
	kW	A	V / F	in			mm				kg	m^3	
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,44	RWK 4A1/20 CO2
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	24,0	0,44	RWK 4A1/24 CO2
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	26,0	0,44	RWK 4A1/29 CO2
	2,40	10,43	230/1	3/8	3/8	3/4	240	1640	1325	730	38,0	0,69	RWK 4A2/40 CO2
	2,40	10,43	230/1	3/8	3/8	3/4	240	1640	1325	730	43,0	0,69	RWK 4A2/53 CO2
	3,60	15,65	230/1	3/8	3/8	3/4	240	2290	1975	730	53,0	0,95	RWK 4A3/63 CO2
	3,60	15,65	230/1	1/2	5/8	3/4	240	2290	1975	730	60,0	0,95	RWK 4A3/76 CO2
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,44	RWK 4A1/20 CO2-ES
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	24,0	0,44	RWK 4A1/24 CO2-ES
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	26,0	0,44	RWK 4A1/29 CO2-ES
	2,40	10,43	230/1	3/8	3/8	3/4	240	1640	1325	730	38,0	0,69	RWK 4A2/40 CO2-ES
	2,40	10,43	230/1	3/8	3/8	3/4	240	1640	1325	730	43,0	0,69	RWK 4A2/53 CO2-ES
	3,60	15,65	230/1	3/8	3/8	3/4	240	2290	1975	730	53,0	0,95	RWK 4A3/63 CO2-ES
	3,60	15,65	230/1	1/2	5/8	3/4	240	2290	1975	730	60,0	0,95	RWK 4A3/76 CO2-ES
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,44	BWK 6A1/16 CO2
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	24,0	0,44	BWK 6A1/19 CO2
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	26,0	0,44	BWK 6A1/22 CO2
	2,40	10,43	230/1	3/8	3/8	3/4	240	1640	1325	730	38,0	0,69	BWK 6A2/32 CO2
	2,40	10,43	230/1	1/2	5/8	3/4	240	1640	1325	730	43,0	0,69	BWK 6A2/41 CO2
	3,60	15,65	230/1	1/2	5/8	3/4	240	2290	1975	730	53,0	0,95	BWK 6A3/47 CO2
	3,60	15,65	230/1	1/2	5/8	3/4	240	2290	1975	730	60,0	0,95	BWK 6A3/61 CO2
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	23,0	0,44	BWK 6A1/16 CO2-ES
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	24,0	0,44	BWK 6A1/19 CO2-ES
	1,20	5,22	230/1	3/8	3/8	3/4	240	990	675	730	26,0	0,44	BWK 6A1/22 CO2-ES
	2,40	10,43	230/1	3/8	3/8	3/4	240	1640	1325	730	38,0	0,69	BWK 6A2/32 CO2-ES
	2,40	10,43	230/1	3/8	3/8	3/4	240	1640	1325	730	43,0	0,69	BWK 6A2/41 CO2-ES
	3,60	15,65	230/1	3/8	3/8	3/4	240	2290	1975	730	53,0	0,95	BWK 6A3/47 CO2-ES
	3,60	15,65	230/1	1/2	5/8	3/4	240	2290	1975	730	60,0	0,95	BWK 6A3/61 CO2-ES

RWK - BWK
CO2

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

RWK - BWK
CO2

RC1		DT1 [K] 10	9	8	7	6	5
	+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,553	0,435
	+8	1,016	0,914	0,812	0,710	0,548	0,430
	+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,544	0,428
	+4	**1,000**	0,900	0,800	0,700	0,540	0,425
	+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,511	0,403
	0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,471	0,371
	-2	0,856	0,770	0,685	0,599	0,463	0,364
	-4	0,848	0,763	0,678	0,594	0,458	0,360
TC	-6	0,841	0,757	0,673	0,589	0,455	0,358
[ºC]	-8	0,833	0,750	0,666	0,583	0,450	0,354
	-10	0,826	0,743	0,661	0,578	0,446	0,351
	-12	0,818	0,736	0,654	0,573	0,442	0,348
	-14	0,811	0,730	0,649	0,568	0,438	0,345
	-16	0,803	0,723	0,642	0,562	0,434	0,342
	-18	0,795	0,716	0,636	0,557	0,429	0,338
	-20	0,788	0,709	0,630	0,552	0,426	0,335
	-22	0,773	0,696	0,618	0,541	0,418	0,329
	-25	0,758	0,682	0,606	0,531	0,410	0,322

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

Exemplo cálculo capacidade Capacity calculation example	
RWK 4A1/20 CO2 TC=0ºC DTm=5K R744 Alhetas alumínio Aluminium fins	$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC2$ [kW] **$Q_{0m} = 2,05 \times 0,609 \times 1,00 = 1,25$ kW**

ES EV EC	Dados nominais unitários ventiladores Fan nominal unitary data		
	Potência Power	Corrente Current	Vel. rotação Revolutions
	W	A	rpm
Ø300	35	0,27	1250

CBN · CBL
CO2

Evaporadores de duplo fluxo
Double flow coolers

CBN CO2 4,2 mm

CBL CO2 6,3 mm

Ø300 mm ► Ø400 mm

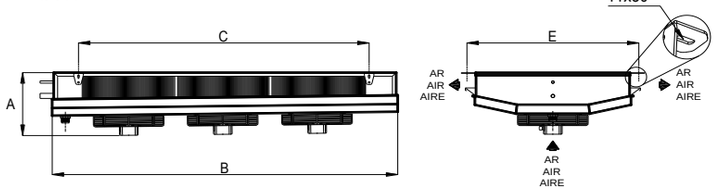
2,61 kW ► 35,14 kW

Modelo Type	Capacidade QSm Capacity QSm (TC=+2ºC / DTm=8K)	Capacidade QS1 Capacity Qs1 (Tse=+4ºC / DT1=10K)	Superficie Surface	Volume interno Internal Volume	Ventiladores Fans							
					Nº. Nr.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Projecção ar Air throw	Rotação Revolutions	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS
	kW		m^2	dm^3		mm	m^3/h	m	rpm	W	A	V / F / Hz
CBN 4B1/3 CO2	4,07	3,77	14,77	2,90	1	300	1300	9	1320	72	0,32	230/1/50
CBN 4B2/6 CO2	9,17	8,49	29,53	5,80	2	300	2600	9	1320	144	0,64	230/1/50
CBN 4B3/9 CO2	14,37	13,30	44,30	8,60	3	300	3900	9	1320	216	0,96	230/1/50
CBN 4B4/12 CO2	18,38	17,02	59,06	11,50	4	300	5200	9	1320	288	1,28	230/1/50
CBN 4F3/16 CO2	24,20	22,40	69,30	14,00	3	400	9440	11	1440	510	1,59	230/1/50
CBN 4F4/22 CO2	34,25	31,71	92,40	18,70	4	400	12600	11	1440	680	2,12	230/1/50
CBN 4B1/3 CO2-ES	3,48	3,14	14,77	2,90	1	300	970	8	1250	35	0,27	230/1/50
CBN 4B2/6 CO2-ES	7,71	6,96	29,53	5,80	2	300	1940	8	1250	70	0,54	230/1/50
CBN 4B3/9 CO2-ES	12,02	10,85	44,30	8,60	3	300	2910	8	1250	105	0,81	230/1/50
CBN 4B4/12 CO2-ES	15,43	13,92	59,06	11,50	4	300	3880	8	1250	140	1,08	230/1/50
CBN 4F3/16 CO2-EC	24,82	22,40	69,30	14,00	3	400	9440	11	1210	525	3,30	230/1/50
CBN 4F4/22 CO2-EC	35,14	31,71	92,40	18,70	4	400	12600	11	1210	700	4,40	230/1/50
CBL 6B1/2 CO2	3,54	3,36	10,80	2,50	1	300	1350	9	1320	72	0,32	230/1/50
CBL 6B2/5 CO2	7,78	7,39	21,60	4,90	2	300	2700	9	1320	144	0,64	230/1/50
CBL 6B3/8 CO2	12,06	11,45	32,40	7,40	3	300	4050	9	1320	216	0,96	230/1/50
CBL 6B4/11 CO2	16,27	15,45	43,21	9,80	4	300	5400	9	1320	288	1,28	230/1/50
CBL 6F3/13 CO2	19,05	18,09	47,85	14,00	3	400	9900	11	1440	510	1,59	230/1/50
CBL 6F4/18 CO2	27,04	25,67	63,80	18,70	4	400	13200	11	1440	680	2,12	230/1/50
CBL 6B1/2 CO2-ES	2,79	2,61	10,80	2,50	1	300	1010	9	1250	35	0,27	230/1/50
CBL 6B2/5 CO2-ES	6,41	6,00	21,60	4,90	2	300	2020	9	1250	70	0,54	230/1/50
CBL 6B3/8 CO2-ES	10,05	9,40	32,40	7,40	3	300	3030	9	1250	105	0,81	230/1/50
CBL 6B4/11 CO2-ES	12,84	12,01	43,21	9,80	4	300	4040	9	1250	140	1,08	230/1/50
CBL 6F3/13 CO2-EC	19,34	18,09	47,85	14,00	3	400	9900	11	1200	510	3,21	230/1/50
CBL 6F4/18 CO2-EC	27,44	25,67	63,80	18,70	4	400	13200	11	1200	680	4,28	230/1/50

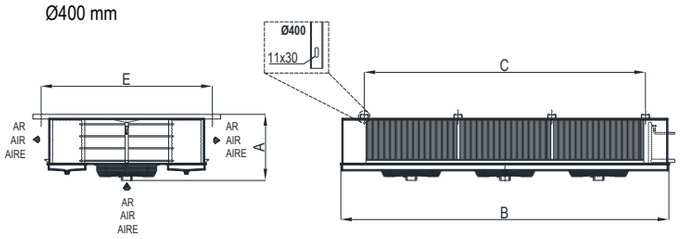
Modelo Type	45BAR Preço sem resistências Price without heaters	60BAR Preço sem resistências Price without heaters	80BAR Preço sem resistências Price without heaters	Opções Options /E Descongelação eléctrica Electrical defrost	AR Alhetas revestidas Coated fins	BI Chapeira Inox Stainless steel casing	TI Tab. esgoto isolado Insul. drain pan	BR Bateria resistências Heater coil	RG Resistências gola Fan heaters
	EUR			EUR					
CBN 4B1/3 CO2	897,0	1058,1	1501,1	219,2	171,3	384,4	-	-	-
CBN 4B2/6 CO2	1463,8	1675,9	2429,2	240,6	228,4	524,8	-	-	-
CBN 4B3/9 CO2	2044,0	2316,0	3374,5	265,4	341,0	693,1	-	-	-
CBN 4B4/12 CO2	2678,8	3015,0	4369,6	293,1	375,1	927,6	-	-	-
CBN 4F3/16 CO2	3938,3	4208,3	-	350,4	415,3	1467,8	-	-	-
CBN 4F4/22 CO2	5117,6	5459,4	-	479,9	553,3	1855,4	-	-	-
CBN 4B1/3 CO2-ES	938,2	1099,1	1542,2	219,2	171,3	384,4	-	-	-
CBN 4B2/6 CO2-ES	1546,0	1758,2	2511,4	240,6	228,4	524,8	-	-	-
CBN 4B3/9 CO2-ES	2167,4	2439,3	3497,9	265,4	341,0	693,1	-	-	-
CBN 4B4/12 CO2-ES	2843,4	3179,5	4534,0	293,1	375,1	927,6	-	-	-
CBN 4F3/16 CO2-EC	5489,7	5759,7	-	350,4	415,3	1467,8	-	-	-
CBN 4F4/22 CO2-EC	7186,0	7527,8	-	479,9	553,3	1855,4	-	-	-
CBL 6B1/2 CO2	879,1	1036,9	1470,9	219,2	125,2	384,4	-	-	-
CBL 6B2/5 CO2	1434,6	1642,3	2380,5	240,6	167,0	524,8	-	-	-
CBL 6B3/8 CO2	2003,0	2269,5	3306,9	265,4	249,5	693,2	-	-	-
CBL 6B4/11 CO2	2625,3	2954,6	4282,1	293,1	274,4	927,6	-	-	-
CBL 6F3/13 CO2	3859,4	4124,2	-	350,4	286,8	1467,8	-	-	-
CBL 6F4/18 CO2	5015,2	5350,1	-	479,9	382,0	1855,4	-	-	-
CBL 6B1/2 CO2-ES	920,2	1078,0	1512,2	219,2	125,2	384,4	-	-	-
CBL 6B2/5 CO2-ES	1516,8	1724,6	2462,8	240,6	167,0	524,8	-	-	-
CBL 6B3/8 CO2-ES	2126,5	2393,0	3430,3	265,4	249,5	693,2	-	-	-
CBL 6B4/11 CO2-ES	2789,9	3119,1	4446,6	293,1	274,4	927,6	-	-	-
CBL 6F3/13 CO2-EC	5410,8	5675,5	-	350,4	286,8	1467,8	-	-	-
CBL 6F4/18 CO2-EC	7083,6	7418,6	-	479,9	382,0	1855,4	-	-	-

S Standard / Standard
SP Sob pedido / Under request
- Indisponível / Not available

Ø300 mm



Ø400 mm



	Resistências da bateria Coil heaters			Ligações Connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E			
	kW	A	V / F	in			mm				kg	m^3	
	1,08	4,69	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	813	525	920	37,0	0,21	CBN 4B1/3 CO2
	2,16	9,36	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	1313	1025	920	59,0	0,32	CBN 4B2/6 CO2
	3,24	4,68	400/3	1/2	5/8	1 1/4	363	1813	1525	920	82,0	0,44	CBN 4B3/9 CO2
	4,32	6,23	400/3	1/2	5/8	1 1/4	363	2313	2025	920	109,0	0,55	CBN 4B4/12 CO2
	7,20	10,39	400/3	1/2	5/8	2x 1 1/4	400	2400	1975	1280	176,0	0,71	CBN 4F3/16 CO2
	9,60	13,86	400/3	5/8	7/8	2x 1 1/4	400	3050	2625	1280	231,0	0,90	CBN 4F4/22 CO2
	1,08	4,69	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	813	525	920	37,0	0,21	CBN 4B1/3 CO2-ES
	2,16	9,36	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	1313	1025	920	59,0	0,32	CBN 4B2/6 CO2-ES
	3,24	4,68	400/3	1/2	5/8	1 1/4	363	1813	1525	920	82,0	0,44	CBN 4B3/9 CO2-ES
	4,32	6,23	400/3	1/2	5/8	1 1/4	363	2313	2025	920	109,0	0,55	CBN 4B4/12 CO2-ES
	7,20	10,39	400/3	1/2	5/8	2x 1 1/4	400	2400	1975	1280	176,0	0,71	CBN 4F3/16 CO2-EC
	9,60	13,86	400/3	5/8	7/8	2x 1 1/4	400	3050	2625	1280	231,0	0,90	CBN 4F4/22 CO2-EC
	1,44	6,26	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	813	525	920	38,0	0,21	CBL 6B1/2 CO2
	2,88	12,52	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	1313	1025	920	60,0	0,32	CBL 6B2/5 CO2
	3,24-1,08	4,68-4,7	400/3-230/1	1/2	5/8	1 1/4	363	1813	1525	920	83,0	0,44	CBL 6B3/8 CO2
	4,32-1,44	6,23-6,26	400/3-230/1	1/2	5/8	1 1/4	363	2313	2025	920	110,0	0,55	CBL 6B4/11 CO2
	7,20	10,39	400/3	1/2	5/8	2x 1 1/4	400	2400	1975	1280	177,0	0,71	CBL 6F3/13 CO2
	9,60	13,86	400/3	5/8	7/8	2x 1 1/4	400	3050	2625	1280	234,0	0,90	CBL 6F4/18 CO2
	1,44	6,26	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	813	525	920	38,0	0,21	CBL 6B1/2 CO2-ES
	2,88	12,52	230/1	1/2	5/8	1 1/4	354	1313	1025	920	60,0	0,32	CBL 6B2/5 CO2-ES
	3,24-1,08	4,68-4,7	400/3-230/1	1/2	5/8	1 1/4	363	1813	1525	920	83,0	0,44	CBL 6B3/8 CO2-ES
	4,32-1,44	6,23-6,26	400/3-230/1	1/2	5/8	1 1/4	363	2313	2025	920	110,0	0,55	CBL 6B4/11 CO2-ES
	7,20	10,39	400/3	1/2	5/8	2x 1 1/4	400	2400	1975	1280	177,0	0,71	CBL 6F3/13 CO2-EC
	9,60	13,86	400/3	5/8	7/8	2x 1 1/4	400	3050	2625	1280	234,0	0,90	CBL 6F4/18 CO2-EC

CBN - CBL
CO2

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

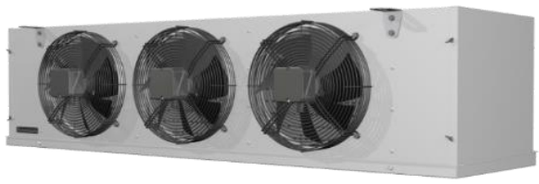
CBN - CBL
CO2

RC1	DT1 [K] 10	9	8	7	6	5
+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,553	0,435
+8	1,016	0,914	0,812	0,710	0,548	0,430
+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,544	0,428
+4	**1,000**	0,900	0,800	0,700	0,540	0,425
+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,511	0,403
0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,471	0,371
-2	0,856	0,770	0,685	0,599	0,463	0,364
-4	0,848	0,763	0,678	0,594	0,458	0,360
TC -6	0,841	0,757	0,673	0,589	0,455	0,358
[ºC] -8	0,833	0,750	0,666	0,583	0,450	0,354
-10	0,826	0,743	0,661	0,578	0,446	0,351
-12	0,818	0,736	0,654	0,573	0,442	0,348
-14	0,811	0,730	0,649	0,568	0,438	0,345
-16	0,803	0,723	0,642	0,562	0,434	0,342
-18	0,795	0,716	0,636	0,557	0,429	0,338
-20	0,788	0,709	0,630	0,552	0,426	0,335
-22	0,773	0,696	0,618	0,541	0,418	0,329
-25	0,758	0,682	0,606	0,531	0,410	0,322

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

Exemplo cálculo capacidade Capacity calculation example	
CBN 4B1/3 CO2 TC=0ºC DTm=5K R744 Alhetas alumínio Aluminium fins	$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC2$ [kW] **Q_{0m} = 4,07 x 0,609 x 1,00 = 2,48 kW**

ES EV EC	Dados nominais unitários ventiladores Fan nominal unitary data		
	Potência Power	Corrente Current	Vel. rotação Revolutions
	W	A	rpm
Ø300	35	0,27	1250
Ø400	400	2,6	1630



MT CO2

Evaporadores cúbicos
Cubic coolers

MT CO2 4,2 mm

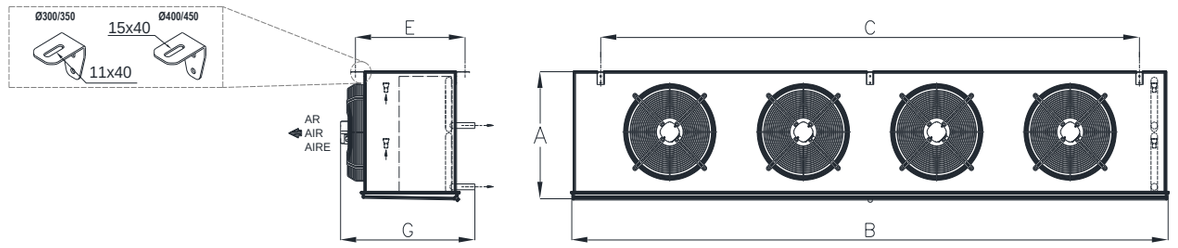
Ø300 mm ► Ø500 mm

2,68 kW ► 81,61 kW

Modelo Type	Capacidade QSm Capacity QSm (TC=+2ºC / DTm=8K)	Capacidade QS1 Capacity Qs1 (Tse=+4ºC / DT1=10K)	Superfície Surface	Volume interno Internal Volume	Ventiladores Fans							
					Nº. Nr.	Diâmetro Diameter	Caudal de ar Air flow	Projecção ar Air throw	Rotação Revolutions	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS
	kW		m^2	dm^3		mm	m^3/h	m	rpm	W	A	V / F / Hz
MT 4C1/3 CO2	3,25	3,10	12,43	3,25	1	300	1300	11	1275	98	0,44	230/1/50
MT 4E1/5 CO2	5,14	4,91	17,76	3,60	1	350	1800	14	1230	110	0,48	230/1/50
MT 4C2/6 CO2	7,43	7,10	24,80	5,77	2	300	2600	11	1275	196	0,88	230/1/50
MT 4E2/9 CO2	8,98	8,58	29,60	6,00	2	350	3800	14	1230	220	0,96	230/1/50
MT 4C3/10 CO2	12,08	11,54	44,76	9,10	3	300	3750	11	1275	294	1,32	230/1/50
MT 4E3/13 CO2	14,69	14,03	44,28	8,60	3	350	5700	14	1230	330	1,44	230/1/50
MT 4E3/16 CO2	18,17	17,36	71,05	14,40	3	350	4950	14	1230	330	1,44	230/1/50
MT 4G2/20 CO2	21,40	20,44	86,21	19,10	2	400	6000	16	1440	340	1,06	400/3/50
MT 4J2/24 CO2	26,54	25,35	98,09	21,84	2	450	7900	18	1330	920	1,90	400/3/50
MT 4G3/29 CO2	32,67	31,21	129,31	27,84	3	400	9000	16	1440	510	1,59	400/3/50
MT 4L2/36 CO2	40,09	38,30	143,10	31,13	2	500	12000	20	1300	1540	3,40	400/3/50
MT 4J4/49 CO2	53,22	50,84	196,83	41,80	4	450	15800	18	1330	1840	3,80	400/3/50
MT 4L3/53 CO2	60,35	57,65	214,85	45,64	3	500	18000	20	1300	2310	5,10	400/3/50
MT 4L4/68 CO2	76,48	73,06	250,66	52,64	4	500	25000	20	1300	3080	6,80	400/3/50
MT 4L4/72 CO2	81,61	77,96	286,50	60,16	4	500	24000	20	1300	3080	6,80	400/3/50
MT 4C1/3 CO2-ES	2,83	2,68	12,43	3,25	1	300	1060	11	1300	35	0,27	230/1/50
MT 4E1/5 CO2-EV	5,18	4,91	17,76	3,60	1	350	1800	14	1115	85	0,73	230/1/50
MT 4C2/6 CO2-ES	6,63	6,28	24,80	5,77	2	300	2120	11	1300	70	0,54	230/1/50
MT 4E2/9 CO2-EV	9,06	8,58	29,60	6,00	2	350	3800	14	1115	170	1,46	230/1/50
MT 4C3/10 CO2-ES	10,63	10,07	44,76	9,10	3	300	3030	11	1300	105	0,81	230/1/50
MT 4E3/13 CO2-EV	14,81	14,03	44,28	8,60	3	350	5700	14	1115	255	2,19	230/1/50
MT 4E3/16 CO2-EV	18,32	17,36	71,05	14,40	3	350	4950	14	1115	255	2,19	230/1/50
MT 4G2/20 CO2-EC	21,40	20,44	86,21	19,10	2	400	6000	16	1220	360	2,30	230/1/50
MT 4J2/24 CO2-EC	26,54	25,35	98,09	21,84	2	450	7900	18	1175	530	3,40	230/1/50
MT 4G3/29 CO2-EC	32,67	31,21	129,31	27,84	3	400	9000	16	1220	540	3,45	230/1/50
MT 4L2/36 CO2-EC	40,09	38,30	143,10	31,13	2	500	12000	20	1260	850	3,70	230/1/50
MT 4J4/49 CO2-EC	53,22	50,84	196,83	41,80	4	450	15800	18	1175	1060	6,80	230/1/50
MT 4L3/53 CO2-EC	60,35	57,65	214,85	45,64	3	500	18000	20	1260	1275	5,55	230/1/50
MT 4L4/68 CO2-EC	76,48	73,06	250,66	52,64	4	500	25000	20	1260	1660	7,28	230/1/50
MT 4L4/72 CO2-EC	81,61	77,96	286,50	60,16	4	500	24000	20	1260	1700	7,40	230/1/50

Modelo Type	45BAR	60BAR	80BAR	Opções Options					
				/E	AR	BI	TI	BR	RG
	Preço sem resistências Price without heaters	Preço sem resistências Price without heaters	Preço sem resistências Price without heaters	Descongelação eléctrica Electrical defrost	Alhetas revestidas Coated fins	Chaparia Inox Stainless steel casing	Tab. esgoto isolado Insul. drain pan	Bateria resistências Heater coil	Resistências gola Fan heaters
	EUR			EUR					
MT 4C1/3 CO2	880,8	999,1	-	146,7	143,6	305,5	-	273,3	-
MT 4E1/5 CO2	1092,6	1139,2	-	185,3	171,3	342,7	-	294,8	-
MT 4C2/6 CO2	1499,3	1585,2	-	174,4	191,3	409,1	-	452,3	-
MT 4E2/9 CO2	1733,0	1874,6	-	216,1	228,4	463,1	-	390,5	-
MT 4C3/10 CO2	2271,5	2478,0	-	197,7	345,7	527,9	-	867,4	-
MT 4E3/13 CO2	2406,7	2613,7	-	299,4	341,0	581,8	-	535,6	-
MT 4E3/16 CO2	3069,4	3332,5	-	297,8	410,6	581,8	-	535,6	-
MT 4G2/20 CO2	3700,6	4084,5	-	290,0	498,4	865,8	-	757,8	-
MT 4J2/24 CO2	4314,1	4778,6	-	442,9	479,9	966,1	-	994,0	-
MT 4G3/29 CO2	5245,8	5730,4	-	345,8	498,4	1109,7	-	1170,1	-
MT 4L2/36 CO2	5654,4	6238,5	-	473,9	552,5	1257,9	-	1328,9	-
MT 4J4/49 CO2	7960,5	8621,2	-	584,9	759,4	1509,6	-	2205,6	-
MT 4L3/53 CO2	8127,9	8927,2	-	584,9	828,7	1622,1	-	2125,4	-
MT 4L4/68 CO2	9636,9	10486,5	-	1231,7	967,6	2021,9	-	3466,5	-
MT 4L4/72 CO2	10467,7	11436,8	-	1230,0	1105,1	2021,9	-	3466,5	-
MT 4C1/3 CO2-ES	910,2	1028,6	-	146,7	143,6	305,5	-	273,3	-
MT 4E1/5 CO2-EV	1276,3	1322,8	-	185,3	171,3	342,7	-	294,8	-
MT 4C2/6 CO2-ES	1558,1	1644,0	-	174,4	191,3	409,1	-	452,3	-
MT 4E2/9 CO2-EV	2100,4	2241,9	-	216,1	228,4	463,1	-	390,5	-
MT 4C3/10 CO2-ES	2359,6	2566,1	-	197,7	345,7	527,9	-	867,4	-
MT 4E3/13 CO2-EV	2957,5	3164,7	-	299,4	341,0	581,8	-	535,6	-
MT 4E3/16 CO2-EV	3620,3	3883,4	-	297,8	410,6	581,8	-	535,6	-
MT 4G2/20 CO2-EC	4611,4	4995,3	-	290,0	498,4	865,8	-	757,8	-
MT 4J2/24 CO2-EC	5075,1	5539,5	-	442,9	479,9	966,1	-	994,0	-
MT 4G3/29 CO2-EC	6612,0	7096,6	-	345,8	498,4	1109,7	-	1170,1	-
MT 4L2/36 CO2-EC	7731,7	8315,8	-	473,9	552,5	1257,9	-	1328,9	-
MT 4J4/49 CO2-EC	9482,4	10143,2	-	584,9	759,4	1509,6	-	2205,6	-
MT 4L3/53 CO2-EC	11243,9	12043,2	-	584,9	828,7	1622,1	-	2125,4	-
MT 4L4/68 CO2-EC	13791,5	14641,0	-	1231,7	967,6	2021,9	-	3466,5	-
MT 4L4/72 CO2-EC	14622,2	15591,4	-	1230,0	1105,1	2021,9	-	3466,5	-

S Standard / Standard
SP Sob pedido / Under request
- Indisponível / Not available



	Resistências da bateria Coil heaters			Ligações Connections			Dimensões Dimensions				Peso em vazio Net weight	Volume embarque Shipment volume	Modelo Type
	Potência total Total power	Corrente total Total current	Alimentação MPS	Entrada Inlet	Saída Outlet	Esgoto Drain	A	B	C	E			
	kW	A	V / F	in			mm				kg	m^3	
	1,28	5,57	230/1	1/2	1/2	3/4 BSP	449	800	450	540	32,0	0,52	MT 4C1/3 CO2
	1,80	7,83	230/1	1/2	1/2	3/4 BSP	449	880	530	540	39,0	0,57	MT 4E1/5 CO2
	2,40	10,43	230/1	1/2	1/2	3/4 BSP	449	1220	870	540	49,0	0,76	MT 4C2/6 CO2
	3,60	15,65	230/1	1/2	5/8	3/4 BSP	449	1380	1030	540	61,0	0,84	MT 4E2/9 CO2
	4,80	20,87	230/1	1/2	5/8	3/4 BSP	449	1643	1290	540	79,0	0,99	MT 4C3/10 CO2
	6,48	9,35	400/3	1/2	5/8	3/4 BSP	449	1880	1530	540	85,0	1,12	MT 4E3/13 CO2
	6,48	9,35	400/3	1/2	7/8	3/4 BSP	449	1880	1530	540	102,0	1,12	MT 4E3/16 CO2
	7,20	10,39	400/3	5/8	7/8	3/4 BSP	615	1740	1330	625	127,0	1,39	MT 4G2/20 CO2
	10,80	15,59	400/3	5/8	1 1/8	3/4 BSP	690	1740	1330	625	141,0	1,51	MT 4J2/24 CO2
	10,80	15,59	400/3	5/8	1 1/8	1 1/4 BSP	615	2390	1980	625	177,0	1,86	MT 4G3/29 CO2
	12,60	18,19	400/3	5/8	1 1/8	3/4 BSP	765	2170	1710	690	201,0	2,23	MT 4L2/36 CO2
	18,00	25,98	400/3	7/8	1 1/8	1 1/4 BSP	690	3040	2630	625	261,0	2,56	MT 4J4/49 CO2
	18,00	25,98	400/3	7/8	1 3/8	1 1/4 BSP	765	3010	2550	690	291,0	3,03	MT 4L3/53 CO2
	30,00	2x21,65	400/3	7/8	1 3/8	1 1/4 BSP	765	3850	3390	690	383,0	3,84	MT 4L4/68 CO2
	30,00	2x21,65	400/3	7/8	1 3/8	1 1/4 BSP	765	3850	3390	690	407,0	3,84	MT 4L4/72 CO2
	1,28	5,57	230/1	1/2	1/2	3/4 BSP	449	800	450	540	32,0	0,52	MT 4C1/3 CO2-ES
	1,80	7,83	230/1	1/2	1/2	3/4 BSP	449	880	530	540	39,0	0,57	MT 4E1/5 CO2-EV
	2,40	10,43	230/1	1/2	1/2	3/4 BSP	449	1220	870	540	49,0	0,76	MT 4C2/6 CO2-ES
	3,60	15,65	230/1	1/2	5/8	3/4 BSP	449	1380	1030	540	61,0	0,84	MT 4E2/9 CO2-EV
	4,80	20,87	230/1	1/2	5/8	3/4 BSP	449	1643	1290	540	79,0	0,99	MT 4C3/10 CO2-ES
	6,48	9,35	400/3	1/2	5/8	3/4 BSP	449	1880	1530	540	85,0	1,12	MT 4E3/13 CO2-EV
	6,48	9,35	400/3	1/2	7/8	3/4 BSP	449	1880	1530	540	102,0	1,12	MT 4E3/16 CO2-EV
	7,20	10,39	400/3	5/8	7/8	3/4 BSP	615	1740	1330	625	127,0	1,39	MT 4G2/20 CO2-EC
	10,80	15,59	400/3	5/8	1 1/8	3/4 BSP	690	1740	1330	625	141,0	1,51	MT 4J2/24 CO2-EC
	10,80	15,59	400/3	5/8	1 1/8	1 1/4 BSP	615	2390	1980	625	177,0	1,86	MT 4G3/29 CO2-EC
	12,60	18,19	400/3	5/8	1 1/8	3/4 BSP	765	2170	1710	690	201,0	2,23	MT 4L2/36 CO2-EC
	18,00	25,98	400/3	7/8	1 1/8	1 1/4 BSP	690	3040	2630	625	261,0	2,56	MT 4J4/49 CO2-EC
	18,00	25,98	400/3	7/8	1 3/8	1 1/4 BSP	765	3010	2550	690	291,0	3,03	MT 4L3/53 CO2-EC
	30,00	2x21,65	400/3	7/8	1 3/8	1 1/4 BSP	765	3850	3390	690	383,0	3,84	MT 4L4/68 CO2-EC
	30,00	2x21,65	400/3	7/8	1 3/8	1 1/4 BSP	765	3850	3390	690	407,0	3,84	MT 4L4/72 CO2-EC

MT
CO2

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

MT
CO2

RC1		DT1 [K] 10	9	8	7	6	5
TC [ºC]	+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,553	0,435
	+8	1,016	0,914	0,812	0,710	0,548	0,430
	+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,544	0,428
	+4	**1,000**	0,900	0,800	0,700	0,540	0,425
	+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,511	0,403
	0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,471	0,371
	-2	0,856	0,770	0,685	0,599	0,463	0,364
	-4	0,848	0,763	0,678	0,594	0,458	0,360
	-6	0,841	0,757	0,673	0,589	0,455	0,358
	-8	0,833	0,750	0,666	0,583	0,450	0,354
	-10	0,826	0,743	0,661	0,578	0,446	0,351
	-12	0,818	0,736	0,654	0,573	0,442	0,348
	-14	0,811	0,730	0,649	0,568	0,438	0,345
	-16	0,803	0,723	0,642	0,562	0,434	0,342
	-18	0,795	0,716	0,636	0,557	0,429	0,338
	-20	0,788	0,709	0,630	0,552	0,426	0,335
	-22	0,773	0,696	0,618	0,541	0,418	0,329
	-25	0,758	0,682	0,606	0,531	0,410	0,322

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

Exemplo cálculo capacidade Capacity calculation example	
MT 4C1/3 CO2 TC=0ºC DTm=5K R744 Alhetas alumínio Aluminium fins	$Q_{0m} = Q_{Sm} \times RCm \times FC2$ [kW] **$Q_{0m} = 3,25 \times 0,609 \times 1,00 = 1,98$ kW**

ES EV EC	Dados nominais unitários ventiladores Fan nominal unitary data Potência Power	Corrente Current	Vel. rotação Revolutions
	W	A	rpm
Ø300	34	0,27	1300
Ø350	85	0,73	1115
Ø400	400	2,6	1630
Ø450	345	2,2	1300
Ø500	750	3,4	1420

ThermoKey
Heat Exchange Solutions
Via dell'industria 1
33061 - Rivarotta-Rivignano Teor (UD) - ITALY
Tel.: +39/0432772300 Fax.: +39/0432779734

Sociedad	Solinderg	Dato	16/9/2025
Atencion de		Version Sw	250530
Ciudad		Oferta	25002209-SQ - Rev. 00
Telefono		Referencia	Hiperfrio
Fax		Position	115kW

DATOS TECNICOS

Evaporadores (5) ICN5631110P5HRS

Number of circuits 10+10

PERFORMANCE (SINGLE UNIT)

Potencia **115,30** kW

TUBE SIDE

Fluido (10)		**R744 (CO2) PUMP MODE TX 4 RECIRCULACIONES**		
Temp. evaporacion	Middle	**-42,0** °C		
Massic Fluid Flow		**5060,190** kg/h		
Liquido condensado		**1,9** kg/h	SHF	**0,98**

AIR SIDE

Inlet Air Temp [MAX]	**-35,0** °C	Temp. salida aire	**-38,0** °C
Humedad rel. Entrada	**85,0** %	Humedad rel. Salida	**100,0** %
		Altitud	**0** m
		ESP	**0,0** Pa
		Flow Direction	**Horizontal**
Caudal aire	**90270** m³/h	Air Velocity / flecha aire (11)	**4,18 / 61** m/s / m

DATOS TECNICOS DEL VENTILADOR

		Fan operative temp. (27)	**-40,0 / 60,0** °C
ERP	**Yes**	UL	**No**
Numero ventilador	**5** N°	Fan Diameter	**630** mm
Phases-Voltage-Frequency	**3-400-50** N°/Volt/Hz	Fan type	**34050HH60ACB2**
Nr. de giro [Nominal data]	**1330** Rpm	Conexion	**Triangulo**
Potencia x1 [Nominal data]	**2700,00** Watt	Amperio x1 [Nominal data] (1)	**5,00** A
Nr. de giro [Working point] (26)	**1330** Rpm	Rpm rate [working point / nominal]	**100** %
Potencia x1 [Working point]	**2700,00** Watt	Amperio x1 [Working point] (1)	**5,00** A
Total Power x n° [Working point]/ [Nominal data]	**13500,00/13500,00** Watt	Total Current x n° [Working point]/ [Nominal data]	**25,00/25,00** A
Efficiency Energy Class:nominal calculation R404A -8°C/Air 0°C (S)		Efficiency Energy Class:calculation on the working point	**E**

DATOS DE RUIDO DE LA UNIDAD (7)

Nivel presion sonora (4) [Working point]	**72** dB(A)	Nivel potencia sonora (4) [Working point]	**99** dB(A)
A la distancia de	**5** m	segun la norma EN 13487/EN ISO 3744 (7)	

HEAT EXCHANGER DATA (3)

Material aleta (2)	**Aluminio**	Tubes Material	**Cobre 5/8'' x 0,50mm**
Paso de aleta	**11** mm	Volumen interno	**230** dm³
		Casing material	**see Technical Descrip.**
Superficie	**493,0** m²		
Colector ingreso	**2x28mm**		
Colector salida	**2x54mm**	Colector	**Mismo Lado**
Max Pressure Design	**45bar G**		

DIMENSION AND WEIGHT (3)

Longitud	**5717** mm	Peso (3)	**900** kg
Anchura (24)	**1071** mm	Number of fixing point	**12**
Altitud (24)	**1601** mm	LDM (Approximate data)	**2,551** m

NIVEL POTENCIA SONORA

	Tot.	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Δ [dB(A)]	83	54	65	69	73	78	79	74	66

Data refers to one fan. IMPORTANT: the tolerance in any single octave band is +/-5dB. The tolerance in the overall dB(A) level is +/- 2dB.

In case of AC fans working point is defined by fan supplier in nominal curve (delta or star). In case of EC fans is simulated on working point of unit.

Anexo G.5 – Características dos Equipamentos da Central Frigorífica

Anexo G.5.1 - Compressores

DATE : 09-11-2025

MYCOM RECIP. COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

Title :	

MODEL : N2K

REFRIGERANT : AMMONIA

BOOSTER :		N
CAPACITY :	[kW]	100,5
CAPACITY :	[TR]	28,6
ABSORBED POWER :	[kW]	13,0
SPEED :	[min-1]	1670
LOAD :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	35,0
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	9,60
SUCTION SUPERHEAT :	[K]	0,00
LIQUID SUBCOOLING :	[K]	5,00
SUCTION TEMP. :	[degC]	9,60
SUCTION PRES. :	[MPaA]	0,606
DISCHARGE PRES. :	[MPaA]	1,35
SUCTION PRES.LOSS :	[MPa]	0,000
DISCHARGE PRES.LOSS :	[MPa]	0,000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	73,9
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	70,2
REFRIG. FLOW RATE (SUC.) :	[m3/h]	66,6
REFRIG. FLOW RATE (DIS.) :	[m3/h]	36,0
REFRIG. FLOW RATE (SUC.) :	[Kg/h]	320,6
REFRIG. FLOW RATE (DIS.) :	[Kg/h]	320,6
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	0,58
JACKET HEAT REJECTION :	[kW]	0,93
COP :	[-]	7,73
Elevation :	[m]	NA
Atmospheric :	[MPa]	NA

--- SUPERHEAT is not counted in the refrigeration capacity ---

--- WITH WATERCOOLED OIL COOLER ---

* All data herein is for reference only.
* Content is subject to change without notice.

DATE : 09-11-2025

MYCOM RECIP. COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE (BOOSTER)

--- When choosing the motor set a safety factor of more than 10% for the ABSORBED POWER. ---

--- Please check carefully the operating range. ---

--- Reference temperature : Dew Point ---

--- Please use oil of 32[mm2/s] (32[cSt])@40[C] (104[F]) for N2K ---

Please consult your local Mayekawa(MYCOM) representative before using oils other than Mineral or Alkyl Benzene(AB) based oils for Ammonia(NH3) Applications.

--- MYCOMW 29_Ver.3.1 compressor performance table is valid until the end of March, 2026. ---

--- All data herein is for reference only. ---

--- Content is subject to change without notice. ---

****
BITZER Software v7.0.4 rev0
(c) 2025, BITZER, Germany. Todos os dados são suscetíveis de mudança
Wednesday 10. September 2025 4:44:52 PM
****

Seleção do compressor: Semi-Herméticos Pistões

Valores de entrada:

Compressor modelo	2DSL-5K
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-30,00 °C
Temp. Condensação SDT	-8,00 °C
Sub resfriamento líquido (após o c	0 K
Superaquecimento do gás Sucção	5,00 K
Modo de operação	subcritico
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%

Resultado

Compressor	2DSL-5K-40S	
Etapas de capacidade	100%	
Capac. Frigorífica	21,6	kW
Capac. Frigorífica *	21,4	kW
Capacidade Evaporador	21,6	kW
Potência absorvida	3,55	kW
Corrente (400V)	6,99	A
Faixa de Tensão	380-420V	
Capacidade do Condensador	25,2	kW
COP/EER	6,09	
COP/EER*	6,01	
Vazão em massa	298	kg/h
Temp. gás de Descarga não resfria	32,5	°C

Dados Provisórios
*Dados de performance para compressor certificados por ASERCOM (ver Dados técnicos/ Nota)
Temperatura de descarga mínima 50ºC (122ºF)
*Conforme EN12900 (superaquecimento de 10K, subresfriamento do líquido de 0K)

****
BITZER Software v7.0.4 rev0
(c) 2025, BITZER, Germany. Todos os dados são suscetíveis de mudança
Wednesday 10. September 2025 4:39:12 PM
****

Seleção do compressor: Semi-Herméticos Pistões

Valores de entrada:

Compressor modelo	4PSL-25K
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R744
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-42,00 °C
Temp. Condensação SDT	-8,00 °C
Sub resfriamento líquido (após o c	0 K
Superaquecimento do gás Sucção	5,00 K
Modo de operação	subcritico
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%

Resultado

Compressor	4PSL-25K-40P	
Etapas de capacidade	100%	
Capac. Frigorífica	54,5	kW
Capac. Frigorífica *	53,9	kW
Capacidade Evaporador	54,5	kW
Potência absorvida	15,7	kW
Corrente (400V)	29,8	A
Faixa de Tensão	380-420V	
Capacidade do Condensador	70,2	kW
COP/EER	3,47	
COP/EER*	3,43	
Vazão em massa	759	kg/h
Temp. gás de Descarga não resfria	59,6	°C

Dados Provisórios

*Dados de performance para compressor certificados por ASERCOM (ver Dados técnicos/ Nota)

*Conforme EN12900 (superaquecimento de 10K, subresfriamento do líquido de 0K)

****
BITZER Software v7.0.4 rev0
(c) 2025, BITZER, Germany. Todos os dados são suscetíveis de mudança
Wednesday 10. September 2025 4:50:17 PM
****

Seleção do compressor: CO2 sistema

Valores de entrada:

Sistema	Gustav-Lorentzen
Série	Padrão
Modo de operação	subcritico
Número de compressores	1
Temp. Evaporação SST	-8,00 °C
Temp. Condensação SDT	16,80 °C
Superaquecimento evaporador	5,00 K
Superaquecimento linha sucção	5,00 K
Sub resfriamento líquido (após o condensado	3,00K
Frequência de alimentação	50Hz
Tensão de alimentação	400V

Resultado

Compressor			4CTE-30K	
Frequência do compressor	-- Hz		62,0 Hz	
Capacidade Evaporador	119,4	kW	119,4	kW
Fluxo de massa condensador	0	kg/h	--	
Relação	--		100	%
Capacidade do Condensador	147,5	kW	147,5	kW
Potência absorvida	24,1	kW	24,1	kW
Corrente	40,1	A	40,1	A
Faixa de Tensão	--		--	
Vazão em massa	2091	kg/h	2091	kg/h
Temp. gás de Descarga não resfria	59,6	°C	59,6	°C
alta pressão opcional	--		--	

Dados Provisórios
Atenção, considerar parâmetros de operação. Veja KP-130 ou consultar a BITZER.
Consumo de energia na entrada do compressor

Anexo G.5.2 – Condensador Evaporativo

GENERAL INFORMATION

OPERATING CONDITIONS

Evaporative Condensers are designed for operating conditions specified below. The operator must ensure that during operation of the equipment these conditions are not exceeded.
Acceptable Refrigerants: R-717, Halocarbon Refrigerants and HFC`s.
Coil design pressure: 22 bar max. (Note that high pressure coils with a design pressure of 28 bar are available upon request.)
Maximum temperature of superheated vapour: 120 °C
Minimum temperature of refrigerant in coil(s): - 20°C

ALLGEMEINE INFORMATION

BETRIEBSBEDINGUNGEN

Verdunstungsverflüssiger sind für nachstehende Betriebs-bedingungen entworfen. Der Betreiber hat sicherzustellen, daß diese Bedingungen während des Betriebs eingehalten werden.
Akzeptierte Kältemittel: R717, FKW, HFC.
Max. Betriebsdruck: 22 bar (Rohrschlangen für 28 bar Betriebsdruck als Option verfügbar)
Max. Temperatur des überhitzten Dampfes: 120°C
Min. Temperatur Kältemittel im Rohrbündel: -20°C

TABLE 1 - BASE HEAT REJECTION VXC (kW)
TABELLE 1 - VERFLÜSSIGERNENNLEISTUNG VXC (kW)

MODEL NO VXC MODELL VXC	HEAT REJECTION KONDENSATOR NENNLEISTUNG (kW)	MODEL NO VXC MODELL VXC	HEAT REJECTION VERFLÜSSIGER-NENNLEISTUNG (kW)
14	61	S455	1961
18	78	S482	2077
25	108	*495*	*2133*
28	121	S504	2172
36	156	*516*	*2223*
45	194	562	2422
52	225	S576	2482
59	250	S600	2585
65	281	620	2672
72	311	S656	2826
86	371	680	2930
97	418	S700	3016
110	474	714	3076
125	539	*715*	*3081*
135	582	*772*	*3326*
150	647	798	3438
166	716	*804*	*3464*
185	798	S806	3473
205	884	S858	3697
221	953	908	3912
250	1078	S910	3921
265	1142	S964	4153
S288	1241	*990*	*4265*
S300	1293	S1010	4352
S328	1413	*1032*	*4446*
S350	1508	1124	4843
357	1538	1240	5343
399	1719	1360	5862
S403	1737	*1430*	*6161*
S429	1849	*1544*	*6652*
454	1956	*1608*	*6928*

NOTE / BEMERKUNG:
• Models (& capacities) in italics have a unit width of 3,6 meters.
• Types (& Leistungen) im Kursivdruck haben eine Gerätebreite von 3,6 Metern.

TABLE 2 - HEAT REJECTION CAPACITY FACTORS
TABELL 2 - KORREKTURFAKTOR

A. REFRIGERANT R22 & 134A / KÄLTEMITTEL R22 & 134A

Cond. Temp. / Verfl. Temp. (°C)	Entering Air Wet Bulb Temperature (°C) / Feuchtkugeltemperatur am Lufteintritt (°C)											
(°C)	10	12	14	16	18	19	20	21	22	24	26	28
29	1.12	1.21	1.33	1.48	1.69	1.83	2.00	2.21	2.49	3.36	–	–
31	0.99	1.06	1.15	1.26	1.41	1.50	1.61	1.74	1.90	2.36	3.19	–
33	0.89	0.94	1.01	1.09	1.20	1.26	1.34	1.43	1.53	1.81	2.25	3.04
35	0.80	0.85	0.90	0.96	1.04	1.09	1.14	1.20	1.27	1.46	1.72	2.14
37	0.73	0.76	0.81	0.86	0.92	0.95	0.99	1.04	1.09	1.21	1.39	1.64
39	0.67	0.69	0.73	0.77	0.82	0.84	0.87	0.91	0.94	1.04	1.16	1.32
41	0.61	0.64	0.66	0.69	0.73	0.75	0.78	0.80	0.83	0.90	0.99	1.10
43	0.56	0.58	0.61	0.63	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.79	0.86	0.94
45	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.67	0.71	0.76	0.82

B. REFRIGERANT R717 (Ammonia) / KÄLTEMITTEL R717 (Ammoniak)

Cond. Temp. / Verfl.. Temp. (°C)	Entering Air Wet Bulb Temperature (°C) / Feuchtkugeltemperatur am Lufteintritt (°C)											
(°C)	10	12	14	16	18	19	20	21	22	24	26	28
29	0.99	1.08	1.18	1.32	1.51	1.63	1.78	1.97	2.21	2.99	–	–
31	0.88	0.94	1.02	1.12	1.25	1.34	1.43	1.55	1.69	2.10	2.84	–
33	0.79	0.84	0.90	0.97	1.07	1.13	1.19	1.27	1.36	1.61	2.00	2.70
35	0.71	0.75	0.80	0.86	0.93	0.97	1.02	1.07	1.13	1.30	1.53	1.90
37	0.65	0.68	0.72	0.76	0.82	0.85	0.88	0.92	0.97	1.08	1.23	1.46
39	0.59	0.62	0.65	0.68	0.73	0.75	0.78	0.81	0.84	0.92	1.03	1.18
41	0.54	0.57	0.59	0.62	0.65	0.67	0.69	0.72	0.74	0.80	0.88	0.98
43	0.50	0.52	0.54	0.56	0.59	0.61	0.62	0.64	0.66	0.71	0.77	0.84
45	0.47	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.56	0.58	0.59	0.63	0.68	0.73

SELECTION EXAMPLE

Given

R717 refrigerant, open reciprocating compressor

	Alt. ≠ 1	Alt. ≠ 2
Total Heat Rejection :	950 kW	950 kW
Condensing Temperature :	35°C	35°C
Wet Bulb Temperature :	22°C	22°C
Suction Temperature :	–	-5°C

Solution

Alt. ≠ 1
1. Determine heat rejection capacity factor for R717 at 35°C condensing temperature and 22°C wet bulb temperature from Table 2B which is 1,13.
2. Multiply 950 kW x 1,13 = 1074 kW.
3. From Table 1 select a unit with a base total heat rejection equal to or greater than 1074 kW.
4. Select a VXC-250 with a heat rejection rating of 1078 kW.

Alt. ≠ 2
1. See Alt. ≠ 1.
2. See Alt. ≠ 1.
3. Determine ammonia desuperheater capacity factor for -5°C from Table 3 which is 0,920.
4. Multiply 950 kW x 0,920 x 1,13 = 988 kW.
5. Selection : VXC-250.

AUSWAHLBEISPIEL

Gegeben

Kältemittel R717 offener Kolbenverdichter

	Alt. ≠ 1	Alt. ≠ 2
Verflüssigerleistung :	950 kW	950 kW
Verflüssigungstemperatur :	35°C	35°C
Feuchtkugeltemperatur :	22°C	22°C
Saugtemperatur :	–	-5°C

Lösung

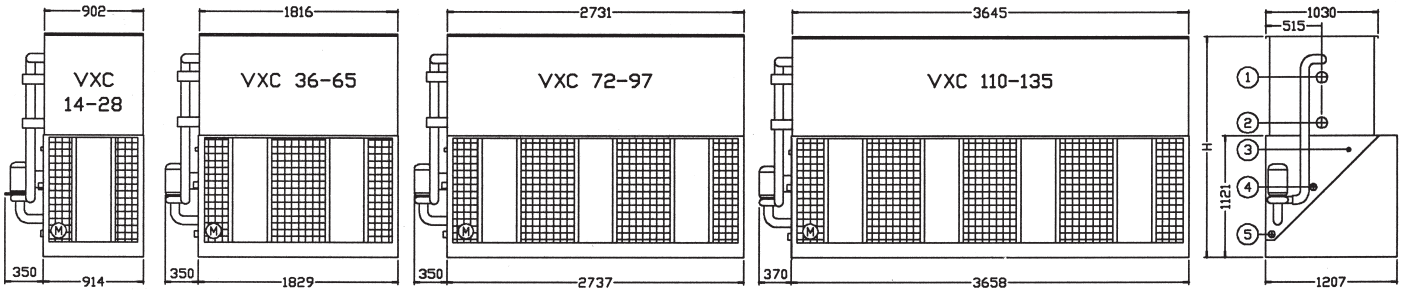
Alt. ≠ 1
1. Bestimmung des Korrekturwertes für R717 bei 35°C Verflüssigungstemperatur und 22°C Feuchtkugeltemperatur (Tabelle 2B). Der Faktor ist 1,134.
2. Man multipliziere : 950 x 1,13 = 1074 kW.
3. Aus Tabelle 1 wählt man einen Verdunstungsverflüssiger, dessen Verflüsigernennleistung größer oder gleich 1074 kW ist. Man wähle hier einen VXC 250 mit einer Verflüsigernennleistung von 1078 kW.

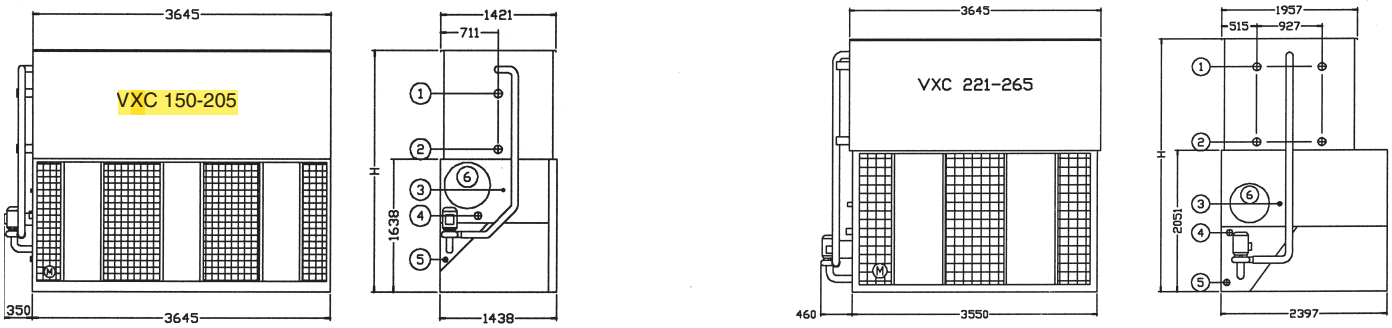
Alt. ≠ 2
1. Siehe Alt. ≠ 1.
2. Siehe Alt. ≠ 1.
3. Mann bestimme den Ammoniakenthizerkorrekturfaktor für-5°C nach Tabelle 3, nämlich 0,920.
4. Man multipliziere : 950 kW x 0,920 x 1,13 = 988 kW.
5. Auslegung : VXC-250.

TABLE 3 - R717 DESUPERHEATER HEAT REJECTION CAPACITY FACTORS
TABELLE 3 - KORREKTURWERTE FÜR R717 BEI ENTHITZERBETRIEB

Suction Temp. Saugtemperatur (°C)	Capacity Factor Korrekturfaktor
-25	0.875
-20	0.886
-15	0.897
-10	0.908
- 5	0.920
0	0.935
+ 5	0.954

VXC ENGINEERING DATA / TECHNISCHE DATEN





(M) Fan motor location / Anordnung des Ventilatormotors.

Do not use for construction. Refer to factory certified dimensions.
In the interest of product improvement, specifications and dimensions are subject to change without notice.

Verwenden Sie diese Maßbilder nicht zu Detailzeichnungen, sondern fordern Sie genaue Maßblätter von einer BAC Vertretung
Wir behalten uns vor, technische Daten und Abmessungen ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

1. Refrigerant in / Kältemittel Ein
2. Refrigerant out / Kältemittel Aus
3. Make-up / Zusatzwasser
4. Overflow / Überlauf
5. Drain / Entleerung
6. Access / (Models 14 through 135 have the access door at the back. / Bei den Modellen VXC 14 - 135 ist die Zugangstür der Rückseite).

MODEL	BASE HEAT REJECTION	WEIGHT			AIR FLOW	FAN MOTOR	WATER FLOW	PUMP MOTOR	R-717 CHARGE	REMOTE SUMPH		H
		APPROX. SHIPPING	APPROX. OPERAT.	HEAVIEST SECTION (COIL)						DRAIN SIZE	OPERA-TING WEIGHT	
MODELL	VER-FLÜSSIGER NENN-LEISTUNG	GEWICHTEN VERSAND GEWICHT	BETRIEBS-GEWICHT	Schwerstes Bauteil (Rohrschlan-genteil)	LUFT-DURCH-SATZ	VENTIL. MOTOR	WASSER-DURCH-SATZ	PUMPEN MOTOR	KÄLTE-MITTEL INHALT R-717	GETR. W. BEHÄLTER ABLAUF	BETRIEBS-GEWICHT	H
	(kW)	(kg)	(kg)	(kg)	(m³/s)	(kW)	(l/s)	(kW)	(kg)	(mm)	(kg)	(mm)
VXC 14	61	600	660	580*	2.3	1.5	2.2	0.25	9	65	620	2035
VXC 18	78	670	740	660*	2.2	1.5	2.2	0.25	11	65	690	2245
VXC 25	108	760	830	480	2.5	2.2	2.2	0.25	15	65	780	2465
VXC 28	121	830	900	540	2.4	2.2	2.2	0.25	19	65	850	2685
VXC 36	156	920	1050	920*	4.6	4.0	4.7	0.37	16	80	950	2035
VXC 45	194	1030	1170	1030*	5.0	4.0	4.7	0.37	20	80	1060	2245
VXC 52	225	1160	1310	700	4.8	4.0	4.7	0.37	29	80	1190	2465
VXC 59	250	1180	1330	700	5.3	5.5	4.7	0.37	29	80	1210	2465
VXC 65	281	1330	1500	860	5.5	5.5	4.7	0.37	36	80	1360	2685
VXC 72	311	1490	1810	1000	5.8	4.0	7.1	0.75	41	100	1600	2580
VXC 86	371	1500	1820	1000	7.5	7.5	7.1	0.75	41	100	1610	2580
VXC 97	418	1730	2080	1200	7.1	7.5	7.1	0.75	50	100	1880	2815
VXC 110	474	1800	2240	1200	10.4	7.5	9.6	0.75	59	100	1960	2580
VXC 125	539	2050	2510	1440	9.9	7.5	9.6	0.75	66	100	2230	2815
VXC 135	582	2080	2540	1440	10.9	11.0	9.6	0.75	73	100	2270	2815
VXC 150	647	2640	3210	1720	13.3	7.5	13.9	1.5	77	150	2790	3095
VXC 166	716	2670	3240	1720	15.8	11.0	13.9	1.5	77	150	2820	3095
VXC 185	798	2950	3670	1980	15.7	11.0	13.9	1.5	104	150	3260	3330
VXC 205	884	3255	3980	2240	16.9	15.0	13.9	1.5	111	150	3570	3565
VXC 221	953	4250	5860	2630	21.9	15.0	19.2	2.2	109	150	4760	3585
VXC 250	1078	4770	6390	3150	21.2	15.0	19.2	2.2	145	150	5290	3820
VXC 265	1142	4815	6435	3150	22.7	18.5	19.2	2.2	145	150	5335	3820

* Unit normally ships in one piece. / Versand des Gerätes normalerweise in einem Stück.

PAN WATER HEATERS & STEEL SUPPORT DATA
WANNENHEIZUNGEN & UNTERBAUDATEN

PAN WATER HEATERS / WANNENHEIZUNGEN

MODEL NO VXC	HEATER –18°C
MODELL	HEIZ-LEISTUNG –18°C (kW)
14 - 28	1 x1
36 - 65	1 x 1.5
72 - 97	1 x 2.5
110 - 135	1 x 3
150 - 205	1 x 4
221 - 265	1 x 6
S288 - S350	1 x 6
S403 - S504	2 x 4
S576 - S700	2 x 6
S806 - S1010	4 x 4

MODELE NO. VXC	HEATER –18°C
MODELL	HEIZ-LEISTUNG –18°C (kW)
357 - 454	1 x 6
562 - 680	2 x 5
714 - 908	2 x 6
1124 - 1360	4 x 5
495 - 516	2 x 4
715 - 804	2 x 6
990 - 1032	4 x 4
1430 - 1608	4 x 6

IMMERSION HEATERS

Electric immersion heaters are factory installed in the evaporative condenser basin. The heaters are controlled by a remote thermostat with the sensing bulb located in the pan. A low water leven control, also factory installed, prevents heater operation unless the heater elements are fully submerged.

ELEKTRISCHE HEIZELEMENTE

Die Heizelemente werden werkseitig in der Wanne des Verdunnungsverflüssigers eingebaut. Die Heizstäbe werden über einen Thermostaten (in der Wanne montiert) gesteuert, dessen Fühler in der Wanne eingebaut ist Ein Niedrigniveauschutzschalter, ebenfalls werkseitig montiert, verhindert das Einschalten der Heizelemente, wenn Sie nicht völlig unter Wasser sind.

Heater selection for maintaining pan water at + 4°C at –18°C ambient air temperature. Electric heater package for higher then –18°C average ambient temperature is available upon request.

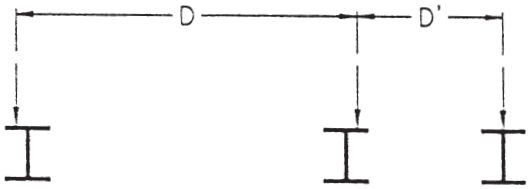
Die Heizleistung wird so gewählt, daß die Wannewassertemperatur bei –18°C Außtemperatur auf + 4°C gehalten wird.
Für Außtemperaturen höher als –18°C können Heizelemente auf Wunsch geliefert werden.

STEEL SUPPORT DATA / UNTERBAUDATEN

MODELE NO. VXC	D	MAX. DEFLEC-TION
MODELL	D (mm)	MAX. DURCH-BIEGUNG (mm)
14 - 28	1153	2.4
36 - 65	1153	5
72 - 97	1153	8
110 - 135	1153	10
150 - 205	1378	10
221 - 265	2327	10
S288 - S350	2327	10
S403 - S504	2327	13
S576 - S700	2327	13
S806 - S1010	2327	13

MODELE NO. VXC	D	MAX. DEFLEC-TION
MODELL	D (mm)	MAX. DURCH-BIEGUNG (mm)
357 - 454	2934	10
562 - 680	2934	13
714 - 908	2934	13
1124 - 1360	2934	13
495 - 516	3537	13
715 - 804	3537	13
990 - 1032	3537	13
1430 - 1608	3537	13

D : Center line distance between bolt holes of unit. / Herzdistanz zwischen Montagebohrungen des Gerätes.
D' : Distance to a third support beam which is required with the optional sound attenuator package: 905 mm. / Distanz zu einem dritten Träger für ein Schalldämpfer (Zubehör) : 905 mm.



BEAM SIZE AND LENGTH

Beam size should be calculated in accordance with accepted structural practice. Use 65 % of the operating weight as a uniform load on each beam. The length of the beam must be at least equal to the length of the pan. Maximum permissible beam deflection and center line distances between bolt holes are tabulated at the left.

PROFILGRÖßE UND LÄNGE

Die Träger sind gemäß anerkannten Richtlinien für die Baustatik auszulegen. 65 % des Betriebsgewichts des Gerätes können als gleichmäßige Belasting für jeden Träger angenommen werden. Die Länge der Balken muß mindestens der Länge des Wannenteils entsprechen. Die maximal zulässige Durchbiegung der Balken sowie der erforderliche Abstand zwischen den Balken ist in nebenstehender Tabelle angegeben.

VIBRATION ISOLATORS
If vibration isolators are used, a rail or channel must be provided between the unit and the isolators to provide continuous unit support. Refer to BAC vibration isolator drawings for the mounting hole locations.

FEDERISOLATOREN
Bei Verwendung von Federisolatoren muß~eine Schiene zwischen den Isolatoren und dem Gerät installiert werden, die für ein gleichmäßige Unterstützung des Gerätes sorgt. Die Lage der Ankerbolzen bei Aufstellung mit oder ohne Federisolatoren ist in den entsprechenden BAC Zeichnungen angegeben.

Baltimore Aircoil
BALTIMORE AIRCOIL INTERNATIONAL N.V., Industriepark - Zone A, B-2220 Heist-op-den-Berg, Belgium
BALTIMORE AIRCOIL LTD., Princewood Road, Corby, Northants, NN17 4AP, U.K.
BALTIMORE AIRCOIL ITALIA S.R.L., Località Giardini, 23030 Chiuro (Sondrio), Italy
BALTIMORE AIRCOIL IBERICA, S.A., Avenida de Burgos 14, Bloque 3, 2°D, 28036 Madrid, Spain

www.BaltimoreAircoil.be info-bac@BaltimoreAircoil.be

Printed in Belgium

ONE OF THE Amsted INDUSTRIES

Anexo G.5.3 – Depósitos Separadores

Consultar o Anexo F.5.3.

Anexo G.5.4 – Depósito de Líquido

Consultar o Anexo F.5.4.

Anexo G.5.5 – Bombas de Recirculação de CO_2

Input Data

Refrigerant	R744				
Evaporating Temperature	-42.0	°C			
Refrig. capacity	117.1	kW	Desired volume flow	2.30	m³/h
Desired delivery height	19.1	m	Desired differential pressure	2.11	bar
Recirculation Factor	2.0		Frequency	50	Hz

Results: NRP W-2/12-8050-40

Actual delivery height	42.9	m	Frequency Range	20 - 60	Hz
Pump Differential Pressure	4.73	bar	Pump volume flow	2.30	m³/h

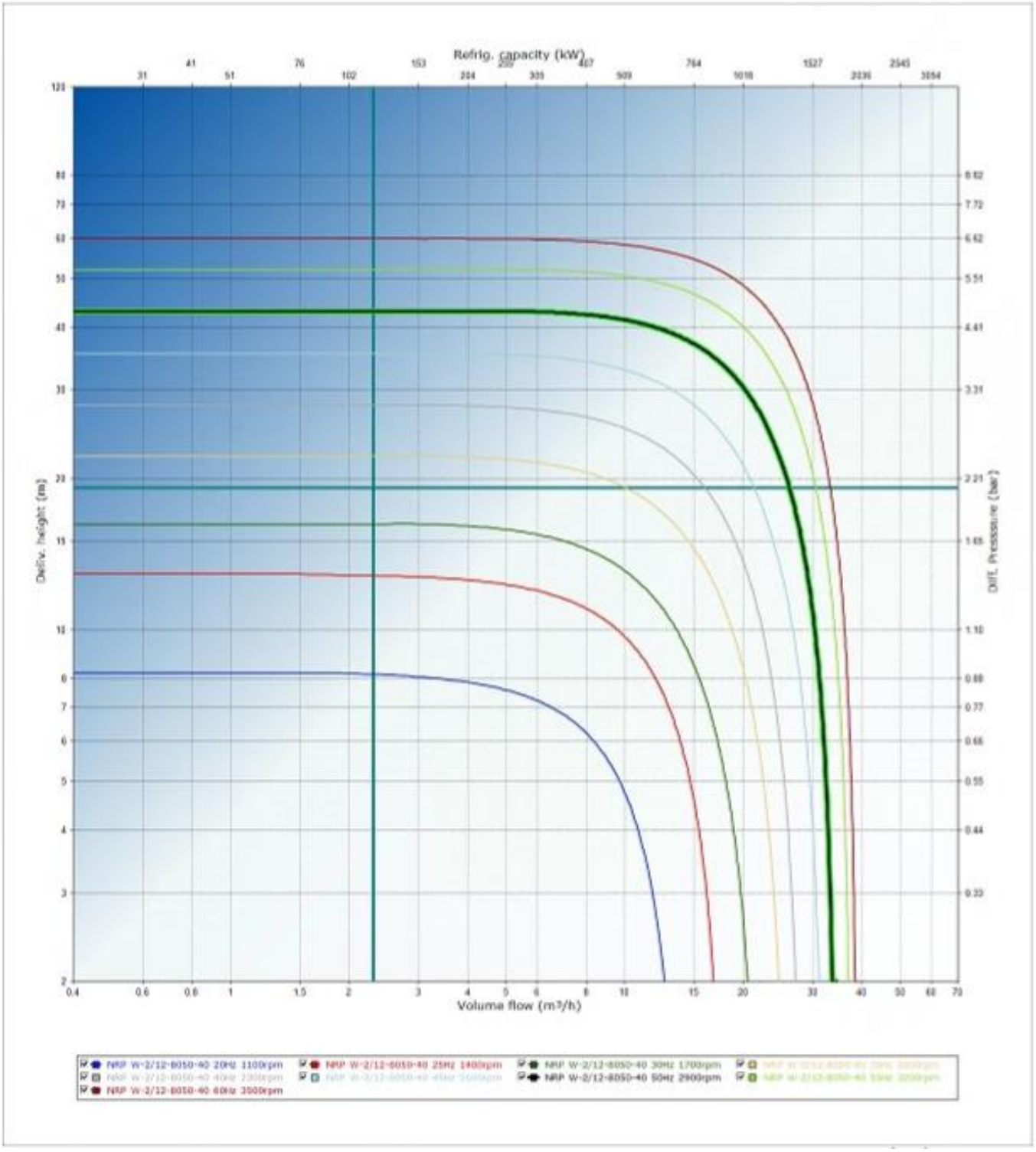
Technical Data: NRP W-2/12-8050-40

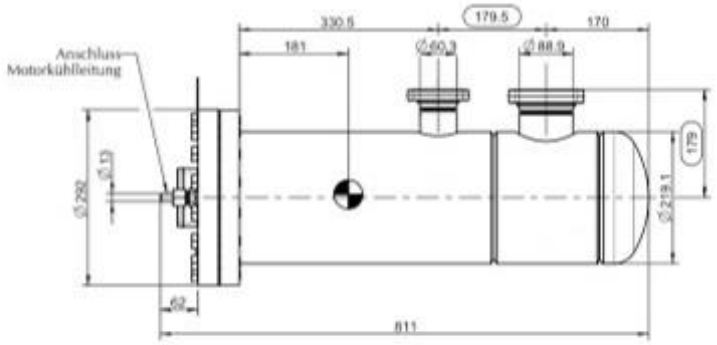
Revolutions per minute	2900	1/min	Insulation class terminal box	IP 54	
Weight	104.0	kg	Maximum current	0.0	A
Required downleg diameter	DN150		Effective power	0.0	kW

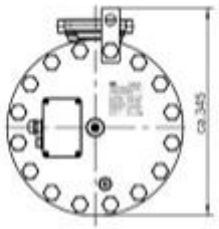
Articledata: 2165.012LH4

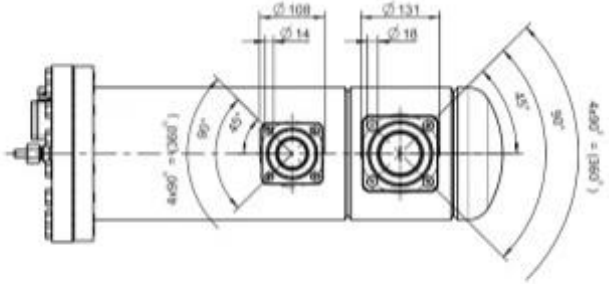
Description	NRP W-2/12-8050-40

8.2.11.0


Refrig. capacity (kW)
Deliv. height (m)
Diff. Pressure (bar)
Volume flow (m³/h)
NRP W-2/12-8050-40 20Hz 1100rpm
NRP W-2/12-8050-40 25Hz 1400rpm
NRP W-2/12-8050-40 30Hz 1700rpm
NRP W-2/12-8050-40 50Hz 2900rpm
NRP W-2/12-8050-40 60Hz 3500rpm







TECHNISCHE DATEN TECHNICAL DATA DONNÉES TECHNIQUES	MANTELRAUM SHELL AREA CHEMISE
Prüfdruck/Test pressure/ Pression d'essai	
PT	80 bar
max zul. Druck/max. allowable pressure/Pression max. admissible	
PS bei/at/pour t≤100 PS bei/at/pour t≤065	-1/60 bar -1/30 bar
max zul. Temperatur/max. allowable temperature/Température max. admissible	
TS bei/at/pour t≤100 TS bei/at/pour t≤065	-10°C bis/à/jusque +65°C -10°C bis/à/jusque 50°C
Fluids/Fluid/Fluide Gruppe/Group/Groupe Volumen/Volume/Volume	CO2 2 18 l
Leermasse/Mass empty/ Masse vide	141 kg
RICHTLINIE/DIRECTIVE Bauteilig. modulo Bewertungsmodul	1 x Mod. I, 1 x Mod. I
Schalldruckpegel Total acoustical thickness Epaisseur acoustique totale	240 µm mit Beschichtung 240 µm with Coat/basis 240 µm avec revêtement

CE0035

TH. WITT Kältemaschinenfabrik GmbH
Lukasstr. 32 - 52070 Aachen - Germany

Typ / Type: **NRP W-2/12-8050-40**

Nr. / No.: **XXXXXXXX** Jahr / Year: **xx\202x** für / for: **CO2**

PS to 100: -1/40 bar,	**TS to 100: -10/+60°C**
PS to 050: -1/30 bar,	**TS to 050: -10/-50°C**
400 V/50 Hz/cos P 0,86	**CO2 : 7 A / 4,2 kW**
400 V/60 Hz/cos P 0,87	**12,5 A / 7,5 kW**
3 ~ Mot. EC 4000/2	**Isol.Kl.F/ S1/IP54/VDE 0530**
Fluid Gruppe / Fluid(e) Group(s): **2**	Volumen / Volume: **18,0 l**
PT 60 bar	Datum / Date: **xx.xx.202x** W

Das Urheberrecht dieser Zeichnung verbleibt uns. Sie ist dem Empfänger nur zum persönlichen Gebrauch anvertraut. Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf sie nicht kopiert oder vervielfältigt werden, auch nicht deren Personen, insbesondere Wettbewerbern, zugänglich oder sonstwie bekannt werden. Widerrechtliche Benutzung durch den Empfänger oder Dritte hat civil- und strafrechtliche Folgen. Diese Zeichnung ist uns im Falle der Nichterteilung sofort zurückzugeben.

ISO Methode E

Kunden Nr.: -	Kunde: -			Übersetzen DIN / ISO 7200	
				Allgemeintoleranz ISO 2768 - mK	
				Teile- und Gegenst. DIN ISO 1101	
Auftrag-Nr.: 0	Auftrag-Pos.-Nr.: 0	Rev.: 0	Datum	Name	Datei-Nr.:
			gez. 04.02.2022	Fr	Art.-Nr.: 2165.012.H4
			gepr.		
			Norm		
Kältemittelpumpe NRP W-2/12-8050-40			WITT		Format: A2 / Maßstab: 1:5 Zchngs.-Nr.: 16315.2165.012.H4_K / Rev.: 002

Translation

Kältemittelpumpe – Refrigerant pump
Anschluss Motorkühlleitung – Connection engine cooling line

Input Data

Refrigerant	R744				
Evaporating Temperature	-30.0	°C			
Refrig. capacity	57.1	kW	Desired volume flow	1.26	m³/h
Desired delivery height	25.1	m	Desired differential pressure	2.65	bar
Recirculation Factor	2.0		Frequency	50	Hz

Results: NRP W-2/12-8050-40

Actual delivery height	42.9	m	Frequency Range	20 - 60	Hz
Pump Differential Pressure	4.53	bar	Pump volume flow	1.26	m³/h

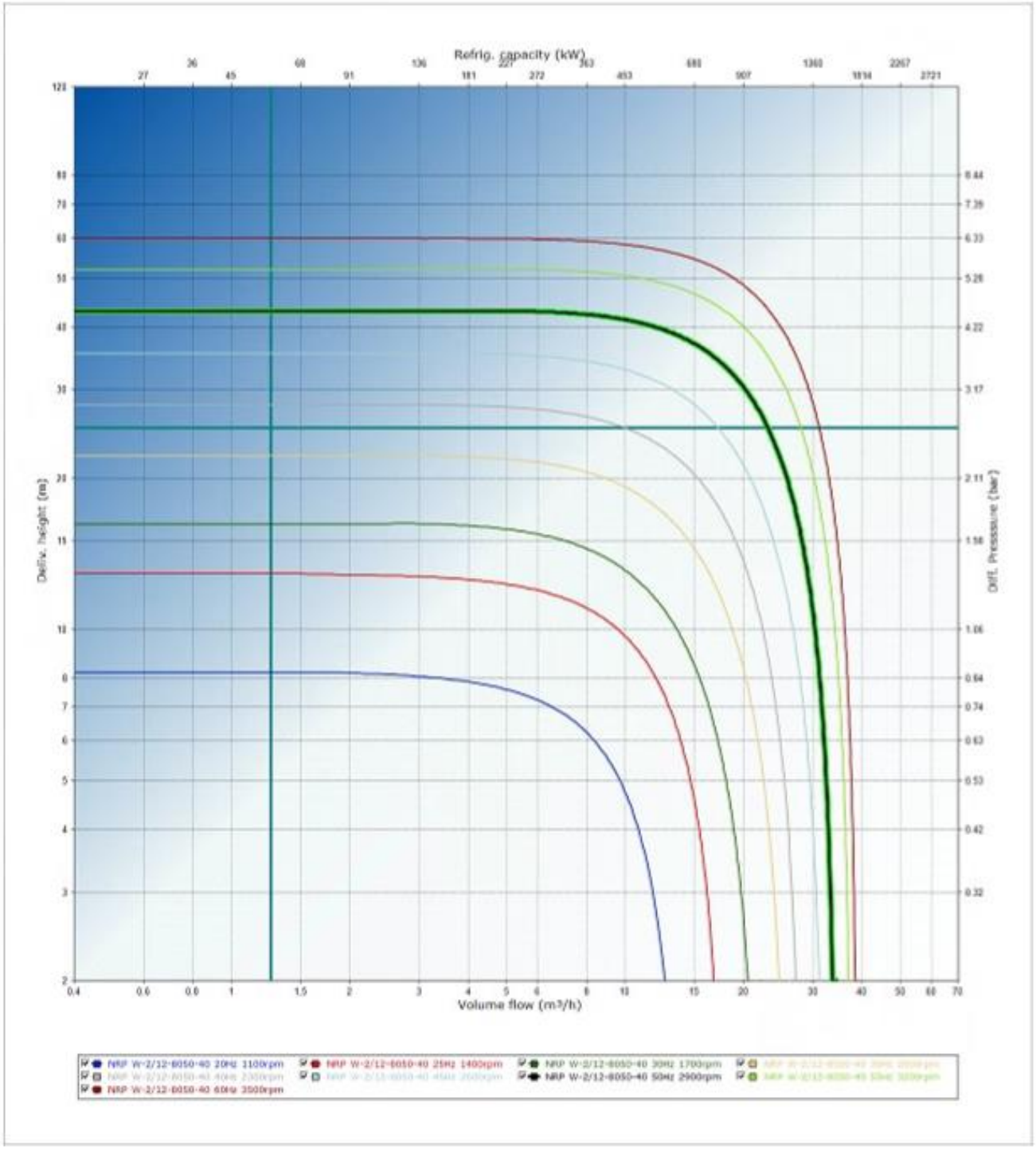
Technical Data: NRP W-2/12-8050-40

Revolutions per minute	2900	1/min	Insulation class terminal box	IP 54	
Weight	104.0	kg	Maximum current	0.0	A
Required downleg diameter	DN150		Effective power	0.0	kW

Articledata: 2165.012LH4

Description	NRP W-2/12-8050-40

8.2.11.0


Refrig. capacity (kW)
27
36
45
68
91
136
181
227
272
363
453
680
907
1360
1814
2267
2721
Deliv. height (m)
Diff. Pressure (bar)
Volume flow (m³/h)
NRP W-2/12-6050-40 20Hz 1100rpm
NRP W-2/12-6050-40 25Hz 1400rpm
NRP W-2/12-6050-40 30Hz 1700rpm
NRP W-2/12-6050-40 50Hz 2900rpm
NRP W-2/12-6050-40 60Hz 3500rpm

Input Data

Refrigerant	R744				
Evaporating Temperature	-8.0	°C			
Refrig. capacity	134.2	kW	Desired volume flow	3.92	m³/h
Desired delivery height	30.4	m	Desired differential pressure	2.90	bar
Recirculation Factor	2.0		Frequency	50	Hz

Results: NRP W-2/12-8050-40

Actual delivery height	43.0	m	Frequency Range	20 - 60	Hz
Pump Differential Pressure	4.10	bar	Pump volume flow	3.92	m³/h

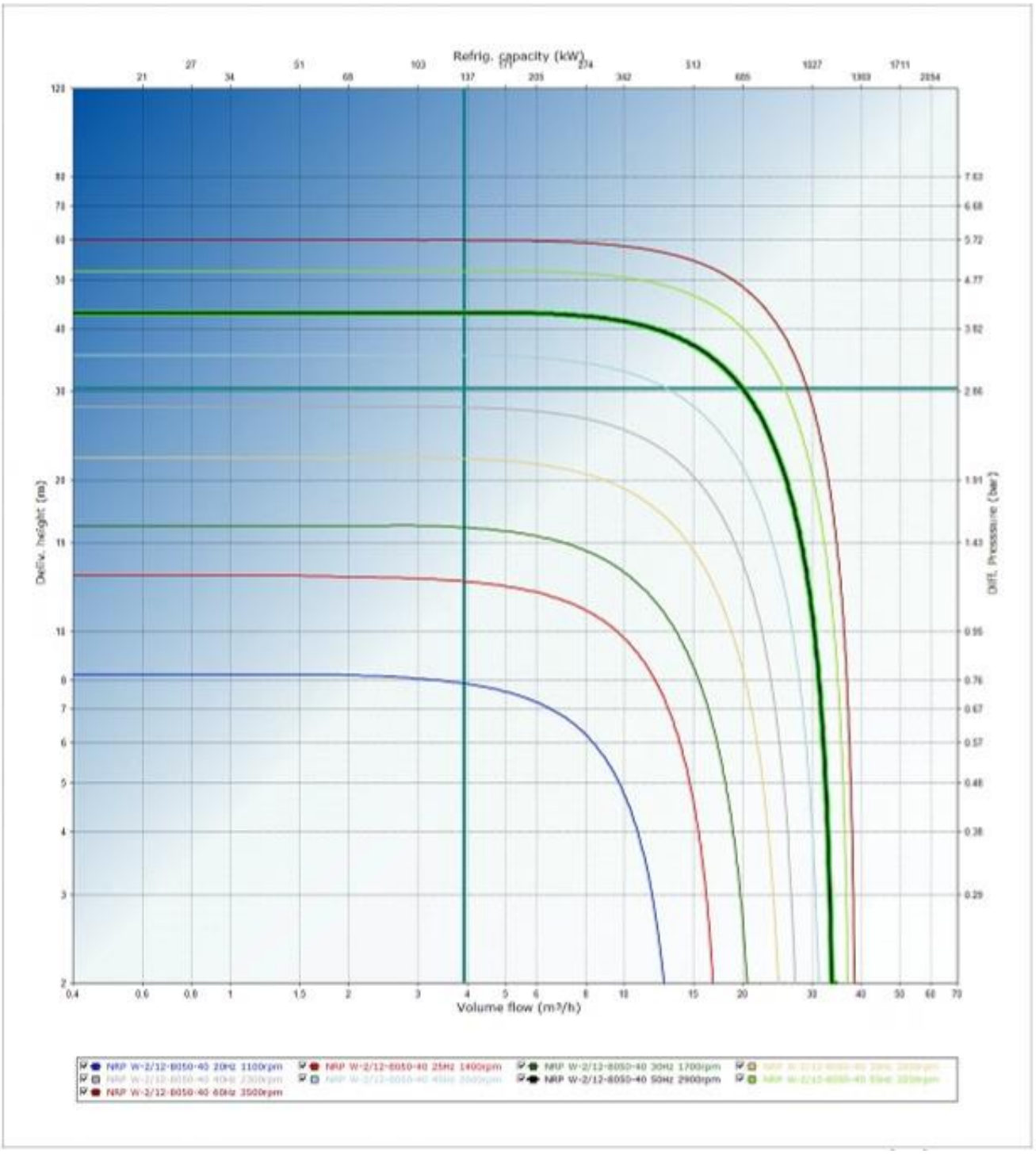
Technical Data: NRP W-2/12-8050-40

Revolutions per minute	2900	1/min	Insulation class terminal box	IP 54	
Weight	104.0	kg	Maximum current	0.0	A
Required downleg diameter	DN150		Effective power	0.0	kW

Articledata: 2165.012LH4

Description	NRP W-2/12-8050-40

8.2.11.0


Refrig. capacity (kW)
21
27
34
51
68
103
137
171
205
274
342
513
685
1027
1369
1711
2054
Deliv. height (ms)
Diff. Pressure (bar)
Volume flow (m³/h)
NRP W-2/12-8050-40 20Hz 1100rpm
NRP W-2/12-8050-40 25Hz 1400rpm
NRP W-2/12-8050-40 30Hz 1700rpm
NRP W-2/12-8050-40 50Hz 2900rpm
NRP W-2/12-8050-40 60Hz 3500rpm

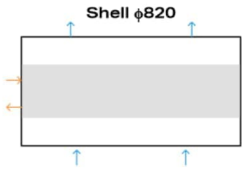
Anexo G.5.6 – Permutador "Plate and Shell"

Date
Offer Number
Made By

Type PSHE 7HH-464/1/1

Customer	Hiperfrio - Refrigeração Industrial e Comercial, Lda.
Reference	
Project	
Item name/no.	CO2 cascade condensers

Thermal Design



Capacity	kW	1200	
Heat transfer area	m²	207.6	
Logarithmic mean T	°C	2.9	
K-value	W/m²K	1962.4	
Fouling factor	m²K/W	0.00006	
Excess Design/Area	%	≥10	
		Plate Side (Hot)	**Shell Side (Cold)**
Temp.IN	°C	-5	-8
Temp.OUT	°C	-5	-8
Evaporating temperature	°C		-8
Condensing temperature	°C	-5	
Flow rate	kg/s	4.9	0.9
Pressure drop	kPa	0.6	1.2
Liquid volume	dm³	241.2	322.8

Medium		**CO2 (30.46 bar)**	**AMMONIA (3.15 bar)**
Dynamic viscosity	kg/ms		
Specific gravity	kg/m³		
Specific heat	J/kgK		
Thermal conductivity	W/mK		

Connections	**Size (DN)**	**Nb. of pieces**	**Velocity m/s**
Plate side IN	150	1	2.9442
Plate side OUT	150	1	0.25663
Shell side IN	100	2	0.079536
Shell side OUT	200	2	5.3858

Construction Design

End Type		Welded/Eccentric	Content: Dangerous
Weight (dry)	kg	3580	Category: IV
Position		Horizontal	Module: B(PT)+D
Design code		PED	Inspector: Vahterus Oy
Design pressure	bar(g)	-1/60	
Design temperature	°C	-30/100	
Support		EndPlate feet (Welded CS)	

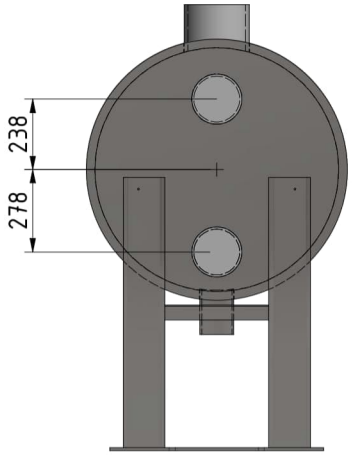
Materials

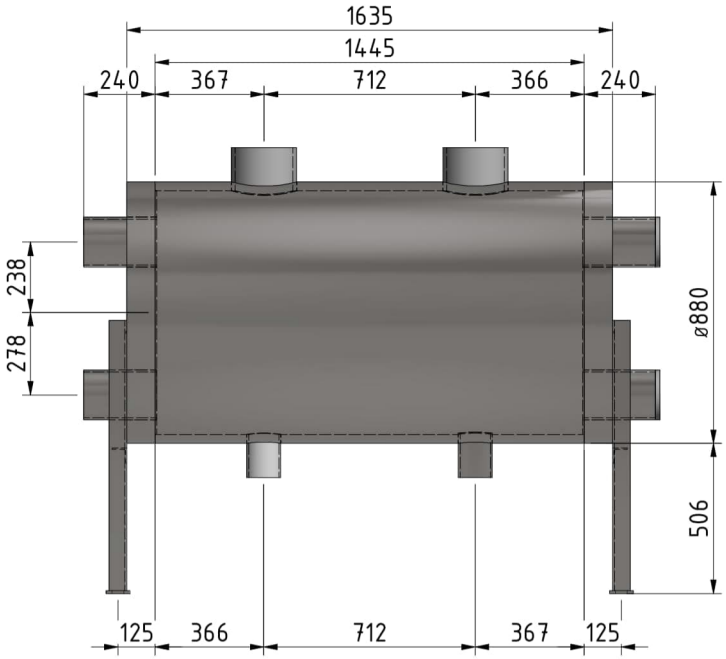
Plate material	AISI 316L 1.0 mm
Shell material	Carbon Steel
Flow director material	EPDM
Plate connections	Stub-End-Reduced
Shell connections IN	Stub-End-Reduced
Shell connections OUT	Stub-End-Reduced
Finishing (Shell externally)	
- Stainless steel parts	Pearl blasting
- Carbon steel parts	System 1, Blue RAL 5010

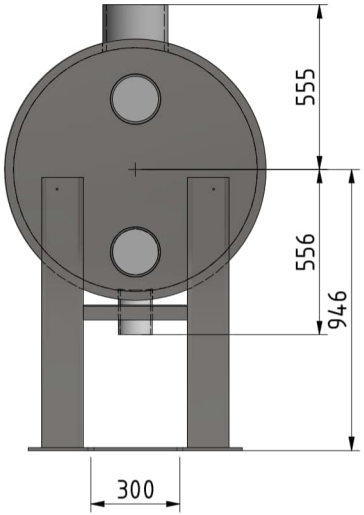
Vahterus Oy
Pruukintie 7, 23600 Kalanti, Finland
FIN-23600 KALANTI

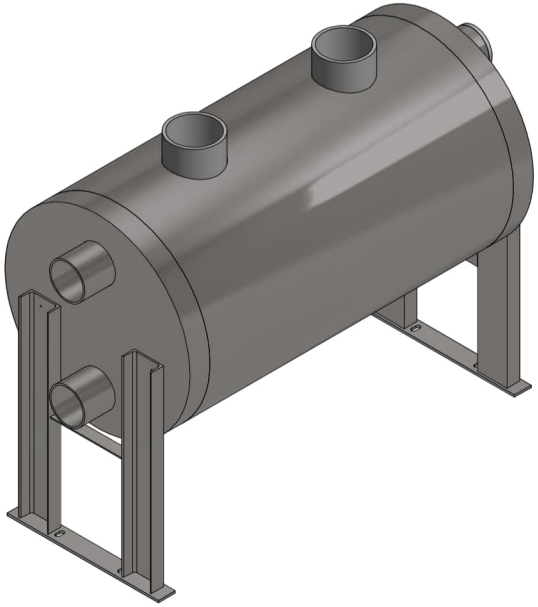
Phone: +358 (0)2 840 70
Fax: +358 (0)2 840 7299

Email: sales@vahterus.com
Web: vahterus.com









Connections:

Plate side	Shell side
DN 150	DN 200
DN 150	DN 100

Rev.	Modification	Name	Date
	Marking of the unit: Serial number to be stamped to the shell, location marked in dwg with		

	Name	Date	Tolerances:
Designed by:			Acc. to ISO EN13920-C, except lenght marked *:
Checked by:			0-100 plates, ±10; 101-200 plates, ±15;
Approved by:			201-300 plates, ±20; >300 plates, ±30.

Customer: Hiperfrio - RefrigeraÃ§Ã£o Industrial e Comerci

Ref

Project:

Manufacturer:

VAHTERUS

Vahterus Oy
Pruukintie 7
FIN-23600 Kalanti
FINLAND

Phone: +358 2 8427000
Telefax: +358 2 8427029
E-mail: sales@vahterus.com
www.vahterus.com

Plate & Shell is registered trademark of Vahterus Oy

Plate & Shell Heat Exchanger

7HH-464/1/1

Preliminary Drawing

Item: CO2 cascade condensers

Scale: —

Copyright of Vahterus Oy, whose property this document remains.

Offer number (OrNb)

Anexo G.6 – Implantação dos Evaporadores

ARMAZÉM PARA MATÉRIAS NÃO PERECÍVEIS

GABINETE

ARMAZÉM PARA MATERIAL DE EMBALAGEM

CAIS DE RECEPÇÃO

CBN 4B4/12

CBN 4B4/12

CBN 4B4/12

CÂMARA DE REFRIGERADOS CR13

MT 4C2/6

SALA DE MÁQUINAS

CÂMARA DE REFRIGERADOS CR14

CÂMARA DE CONGELADOS CC12
(Produto Acabado)

PICKING DE CONGELADOS

MT 4E3/16

DD 7J2/19

DD 7J2/19

DD 7J3/25

CBN 4B4/12

CÂMARA DE CONGELADOS CC11
(Produto Acabado)

DD 7J4/34

DD 7J4/34

DD 7E2/7

DD 7E2/7

CÂMARA DE CONGELADOS CC15

CORREDOR NORTE

SALA DE FRITURA

ZONA DE ENCARTONAMENTO

CBN 4B3/9

CBN 4B4/12

CAIS DE EXPEDIÇÃO

SALA DE MATERIAL DE ETIQUETAGEM
H int. = 3,50 m
Vol. = 41 m3

2,96

3,64

GABINETE
H int. = 3,50 m
Vol. = 60 m3

4,97

CBN 4B4/12

DD 7J3/25

UTA SANDOMETAL

SALA DE MOLDAGEM/ENCHIMENTO

TÚNEL DE CONGELAÇÃO

ICN5631110P5HRS

CBN 4B2/6

CBN 4B4/12

ARMAZÉM DE PROD. DE LIMPEZA

CÂMARA DE REFRIGERADOS CR16

MT 4C2/6

CBN 4F3/16

CBN 4F3/16

COZINHA

TÚNEL DE CONGELAÇÃO

ICN5631110P5HRS

ZONA DE ACONDICIONAMENTO

CBN 4B2/6

CBN 4B4/12

CBN 4F3/16

CORREDOR ESTE

CBN 4F3/16

PAINÉIS ISOTÉRMICOS Paredes / Tectos

60 mm

100 mm

150 mm

Cliente: FRIGOSTO Indústria de Transformação de Produtos Congelados, Lda		Projecto Nº: Projeto 2	
Local: Caldas da Rainha		Desenho Nº: F01	
Designação: IMPLANTAÇÃO DE EVAPORADORES E FRIGODIFUSORES	Data: 16 Março 2025	Projectou:	Desenhou:
	Escala: 1:100	Desenhou:	Verificou:

Anexo G.7 – Implantação da Central Frigorífica

SALA DE MÁQUINAS – PISO 0

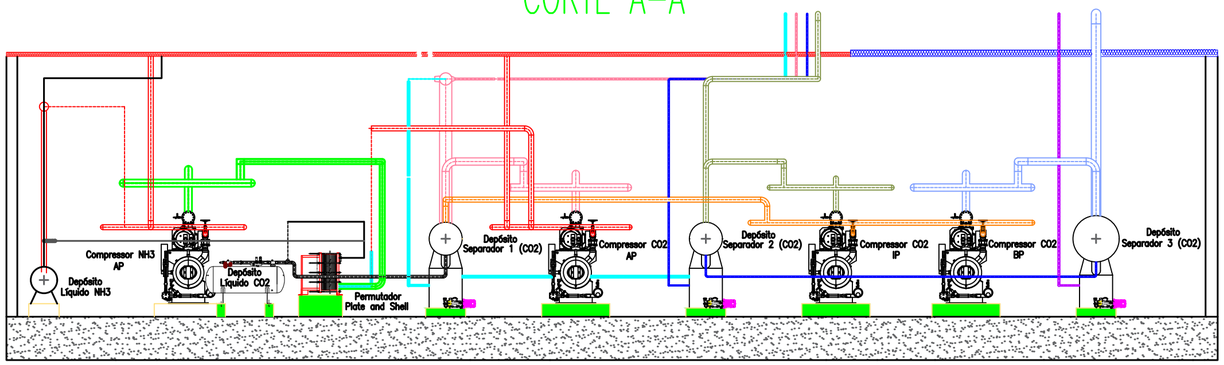
PAINÉIS ISOTÉRMICOS

- 100 mm
- 150 mm

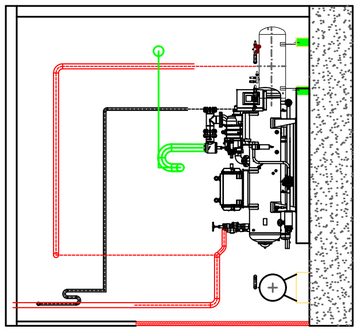
LEGENDA

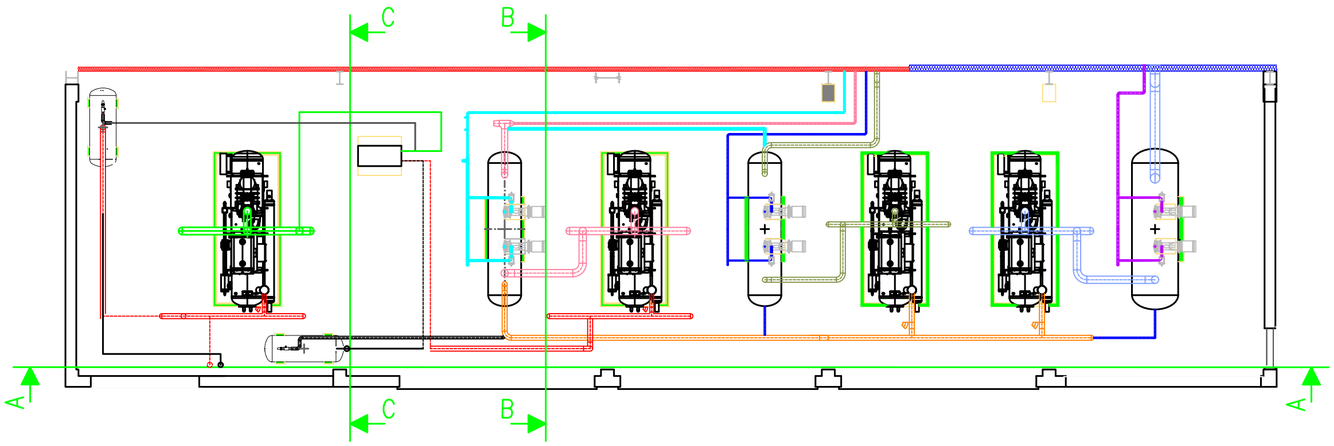
- LINHA LÍQUIDO NH3 (+35 °C)
- LINHA DESCARGA NH3
- LINHA ASPIRAÇÃO NH3
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−42 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−30 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−8 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (+16,8 °C)
- LINHA DESCARGA BP CO2
- LINHA DESCARGA AP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO BP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO IP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO AP CO2

CORTE A-A

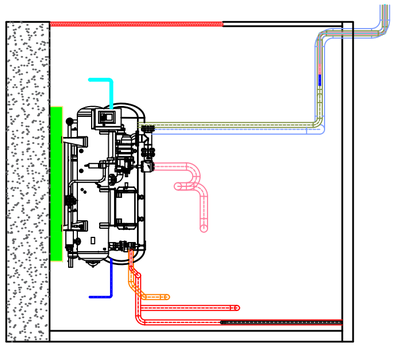


CORTE C-C





CORTE B-B



NOTAS:

OS ACESSÓRIOS DE TUBAGEM E RESPETIVO ISOLAMENTO NÃO SE ENCONTRAM REPRESENTADOS;

MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE NH3 – AÇO CARBONO SEM COSTURA ASTM std A53 GrB;

MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE CO2 E DESCONGELAÇÃO – COBRE K65 S80 E K65 S120;

instituto superior de engenharia de lisboa

Cliente: FRIGOSTO
Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda

Local: Caldas da Rainha

Projecto Nº: Projeto 2

Desenho Nº: F06A

Designação:
SALA DE MÁQUINAS
IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E TUBAGEM
PISO 0

Data: 09 Julho 2025

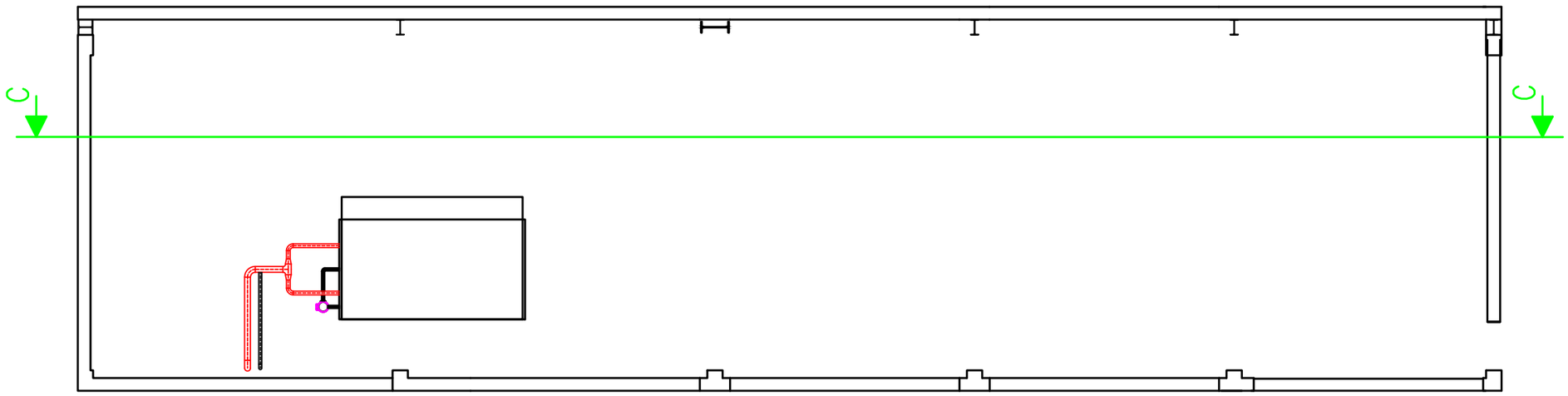
Escala: 1:100

Projectou: Diogo Duarte

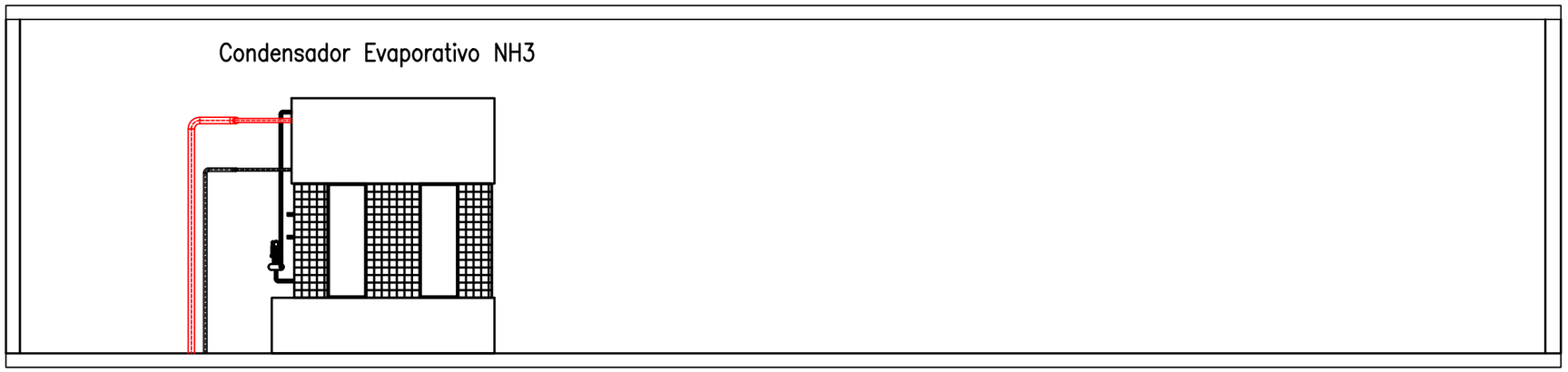
Desenhou: Diogo Duarte

Verificou:

SALA DE MÁQUINAS – COBERTURA



CORTE C-C



LEGENDA

- LINHA LÍQUIDO NH3 (+35 °C)
- LINHA DESCARGA NH3
- LINHA ASPIRAÇÃO NH3
- LINHA LÍQUIDO CO2 (–42 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (–30 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (–8 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (+16,8 °C)
- LINHA DESCARGA BP CO2
- LINHA DESCARGA AP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO BP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO IP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO AP CO2

instituto superior de engenharia de lisboa

Cliente: FRIGOSTO
Industria de Transformação de Produtos Congelados, Lda

Local: Caldas da Rainha

Designação:
SALA DE MÁQUINAS
IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E TUBAGEM
PISO 1

Projecto Nº: Projeto 2

Desenho Nº: F06A

Data: 09 Julho 2025

Escala: 1:100

Projectou: Diogo Duarte

Desenhou: Diogo Duarte

Verificou:

Anexo G.8 – Implantação da Tubagem

LEGENDA

- LINHA LÍQUIDO NH3 (+35 °C)
- LINHA DESCARGA NH3
- LINHA ASPIRAÇÃO NH3
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−42 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−30 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (−8 °C)
- LINHA LÍQUIDO CO2 (+16,8 °C)
- LINHA DESCARGA BP CO2
- LINHA DESCARGA AP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO BP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO IP CO2
- LINHA ASPIRAÇÃO AP CO2

SALA DE MATERIAL DE ETIQUETAGEM
H int. = 3,50 m
Vol. = 41 m3

GABINETE
H int. = 3,50 m
Vol. = 60 m3

PAINÉIS ISOTÉRMICOS

- 60 mm
- 100 mm
- 150 mm

NOTAS:

MATERIAL DA TUBAGEM DO CIRCUITO DE CO2 E DESCONGELAÇÃO – COBRE K65 S80 e K65 S120;

AS TUBAGENS DE ASPIRAÇÃO TERÃO SEMPRE UMA PENDENTE DE 1% EM DIREÇÃO À CASA DE MÁQUINAS PARA GARANTIR ARRASTAMENTO DO ÓLEO;

ISEL instituto superior de engenharia de lisboa	Cliente: FRIGOSTO Indústria de Transformação de Produtos Congelados, Lda Local: Caldas da Rainha	Projecto Nº: Projeto 2 Desenho Nº: F05
	Designação: PAVILHÃO IMPLANTAÇÃO DE TUBAGEM PISO 0	Data: 25 Junho 2025 Escala: 1:100 Projectou: Desenhou: Verificou:

Anexo G.9 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de CO_2

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE CO2																	
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Túneis (-42°C)			Congelados e Picking (-30°C)											
TUBAGEM				Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 2-4	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 4-5	Troço 4-6	Troço 2-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 3-10	Troço 10-11	Troço 10-12	Troço 12-13	Troço 12-14	Troço 14-15	Troço 14-16
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	87,75	1,34	12,24	18,7	4,68	0,89	31,95	3,4	1,9	5	30	5,53	1,42	44,03	0,25	3,18	3,51	0,25
Material	Cobre Wieland K65 - S80 (Norma ASTM B280)	-	-	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80
Temperatura		T	[°C]	-42	-42	-42	-30	-30	-20	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	9,34	9,34	9,34	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29
Caudal mássico		m	[kg/s]	1,422	0,709	0,712	0,739	0,489	0,158	0,079	0,079	0,239	0,120	0,120	0,342	0,146	0,195	0,146	0,049	0,024	0,024
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	1,28	0,64	0,64	0,70	0,47	0,15	0,07	0,07	0,23	0,11	0,11	0,32	0,14	0,19	0,14	0,05	0,02	0,02
Densidade		ρ	[kg/m3]	1111,11	1111,11	1111,11	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63	1052,63
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,2003	0,2003	0,2003	0,1642	0,1642	0,1342	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642	0,1642
Diâmetro Nominal	ASTM B280-2003	Dn	[inches]	3/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 1/8"	5/8"	1/2"	1/2"	3/4"	5/8"	5/8"	1 1/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1/2"	3/8"	3/8"
Diâmetro Exterior	ASTM B280-2003	Dext	[mm]	9,52	41,3	41,3	41,3	28,6	15,9	12,7	12,7	19,1	15,9	15,9	28,6	22,3	22,3	22,3	12,7	9,52	9,52
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	8	38,26	38,26	38,26	26,06	13,86	10,92	10,92	16,96	13,86	13,86	26,06	20,02	20,02	20,02	10,92	8	8
Área Transversal		A	[mm2]	50,27	1149,69	1149,69	1149,69	533,38	156,87	93,66	93,66	225,91	150,87	150,87	533,38	314,79	314,79	314,79	93,66	50,27	50,27
Espessura	ASTM B280-2003	e	[mm]	0,76	1,52	1,52	1,52	1,27	1,02	0,89	0,89	1,07	1,02	1,02	1,27	1,14	1,14	1,14	0,89	0,76	0,76
Shedule	ASTM B280-2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso Linear em vazio	ASTM B280-2003	m	[kg/m]	0,187	1,7	1,7	1,7	0,975	0,424	0,295	0,295	0,539	0,424	0,424	0,975	0,677	0,677	0,677	0,295	0,187	0,187
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	25,46	0,56	0,56	0,61	0,89	0,99	0,80	0,80	1,01	0,75	0,75	0,61	0,44	0,59	0,44	0,50	0,46	0,46
Reynolds		Re	-	1129696,74	117877,55	118337,13	149662,62	148598,64	883.9,20	56048,73	56048,73	109536,25	66896,70	66896,70	101526,10	56670,42	75616,11	59670,42	34733,76	23705,79	23705,79
Rugosidade Absoluta	www.tridentpref.co.in/astm_d53-grade-b-erw-pipe.html	ε	[mm]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Rugosidade Relativa	r = ε/D	r	-	0,0013	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,0007	0,0007	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005	0,0009	0,0013	0,0013
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody(Turbulento)	f	-	0,017	0,019	0,019	0,018	0,019	0,021	0,023	0,023	0,021	0,022	0,022	0,02	0,022	0,021	0,022	0,025	0,028	0,028
Perda de Carga Distribuida	Eq. Darcy - Weisbach	ΔP1	[kPa]	44180,35	0,11	1,05	1,72	1,42	0,70	22,70	2,42	1,25	2,37	14,21	0,83	0,16	8,44	0,03	0,94	1,38	0,10
Colunas Ascendentes																					
Altura das Colunas		ΔH	[m]	6,22	0,00	0,00	6,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h+ΔH)	ΔP2	[kPa]	4829,37	0,00	0,00	64,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Colunas Descendentes																					
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,90
Ganho de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h-ΔH)	ΔP3	[kPa]	0,00	-9,73	-9,73	0,00	0,00	0,00	-8,65	-8,65	0,00	-8,87	-8,87	0,00	-9,19	0,00	-9,19	0,00	-8,94	-8,94
Acessórios																					
Curvas a 180º																					
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 19)	ΔP	[kPa]	0	1,9	1,9	1,9	1,2	0,7	0	0	0,8	0,7	0,7	1,2	1	1	1	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º																					
Quantidade		-	-	1	1	2	5	0	0	3	2	0	2	3	0	2	2	2	1	2	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 19)	ΔP	[kPa]	0	1,2	1,2	1,2	0,8	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,3	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	0,00	0,10	0,21	0,55	0,00	0,00	0,64	0,43	0,00	0,38	0,57	0,00	0,14	0,23	0,14	0,09	0,00	0,00
Curvas a 45º																					
Quantidade		-	-	2	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 19)	ΔP	[kPa]	0	0,6	0,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,14	0,00	0,00	0,19	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tês																					
Quantidade		-	-	1	1	1	1	2	0	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 19)	ΔP	[kPa]	0	2,4	2,4	2,4	1,5	0,8	0,6	0,6	0,9	0,8	0,8	1,5	1,2	1,2	1,2	0,6	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	0,00	0,20	0,21	0,22	0,91	1,26	0,43	0,43	1,19	0,38	0,38	0,45	0,14	0,46	0,14	0,36	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)																					
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20..ashrae.org/SupplementalFiles/PHACS	K	-	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)																					
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	3,36 0,30	3,36 0,30	1 1	3,53 0,28	3,53 0,28	1 1	1,89 0,59	1 1	1,89 0,59	1 1	4,49 0,22	4,49 0,22
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20..ashrae.org/SupplementalFiles/PHACS	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,67 0,55	0,67 0,55	0 0	0,72 0,58	0,72 0,58	0 0	0,15 0,27	0 0	0,15 0,27	0 0	1,1544 0,64	1,1544 0,64
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,41	0,00	0,39	0,39	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (Tês)																					
Quantidade Reduções		-	-	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1,73 1	1,73 1	1 1	2,16 1	3,54 1	1,61 1	1,61 1	5,09 1	1,5 1	1,5 1	1 1	1,89 1	1,89 1	1 1	3,36 1	1,86 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20..ashrae.org/SupplementalFiles/PHACS	K	-	0 0	0,16 0	0,16 0	0 0	0,27 0	0,73 0	0,1342 0	0,1342 0	1,49 0	0,11 0	0,11 0	0 0	0,15 0	0,15 0	0 0	0,6688 0	0,1892 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,03	0,03	0,00	0,11	0,38	0,05	0,05	0,79	0,03	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	0,09	0,02	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Globo)																					
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20..ashrae.org/SupplementalFiles/PHACS	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Retenção)																					
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20..ashrae.org/SupplementalFiles/PHACS	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)																					
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0,1	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
Válvula de Cunha																					
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	ΔP	[kPa]	0	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0	0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo																					
Quantidade		-	-	0	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0,1	0,1	0	0	0	0,07	0,07	0	0,7	0,2	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0,1
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,00	1,40	0,40	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00	0,20	0,20
Válvula de Retenção																					
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	ΔP	[kPa]	0	4,9	4,9	4,9	3	1,5	0	0	1,8	1,5	1,5	3	2,2	2,2	2,2	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	0,42	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,71	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
Filtros Y																					
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	ΔP	[kPa]	0	7,3	7,3	7,3	4,6	2,4	0	0	2,7	2,4	2,4	4,6	3,4	3,4	3,4	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,00	0,62	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	1,14	0,00	0,38	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00
Válvula Solenóide																					
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	90	90	0	0	0	57	57	0	100	100	0	100	0	100	0	47	47
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP16	[kPa]	0,00	11,90	11,90	0,00	0,00	0,00	19,50	19,50	0,00	18,70	18,70	0,00	25,70	0,00	25,70	0,00	25,70	25,70
Válvula de Regulagem (Laminagem)																					
Quantidade		-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	60	60	0	0	0	60	60	0	60	60	0	60	0	60	0	60	60
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP17	[kPa]	0,00	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00	0,70	0,70	0,00	1,70	0,17	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00	7,60	7,60
Entrada Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Entrance)																					
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	0	2	2	2	1,1	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	1,1	0,9	0,9	0,9	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)																					
Quantidade		-	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	0	1	1	1	0,5	0,2	0	0	0,3	0,2	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)																					
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	0	2	2	2	1,1	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	1,1	0,9	0,9	0,9	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Projetada de Tubagem (Pipe Projection Exit)																					
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	0	1,5	1,5	1,5	0,8	0,3	0	0	0,5	0,3	0,3	0,8	0,7	0,7	0,7	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP21	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga por Troço																					
Pressão Total	ΔPtotal = ΔP1 + ΔP2 + ... + ΔP21	ΔPtotal	[kPa]	**49009,72**	**4,65**	**5,70**	**67,44**	**2,69**	**2,64**	**36,06**	**15,41**	**3,43**	**18,52**	**27,82**	**1,59**	**18,03**	**9,16**	**17,88**	**1,57**	**25,96**	**24,66**
Coluna de Água Total	Δhtotal = Δptotal / (ρ x g)	Δhtotal	[m.c.a]	**4496,30**	**0,43**	**0,52**	**6,53**	**0,26**	**0,26**	**3,49**	**1,49**	**0,33**	**1,79**	**2,69**	**0,15**	**1,75**	**0,89**	**1,73**	**0,15**	**2,51**	**2,39**

Linhas de Liquido - Alimentação de Evaporadores CO2

Refrigerados (-8º C)

Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 3-5	Troço 5-6	Troço 5-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 9-10	Troço 9-11	Troço 11-12	Troço 11-13	Troço 13-14	Troço 13-15	Troço 2-16	Troço 16-17	Troço 16-18	Troço 18-19	Troço 18-20	Troço 20-21	Troço 20-22	Troço 22-23	Troço 23-24	Troço 23-25	Troço 22-27	Troço 26-27	Troço 26-28	Troço 28-29	Troço 29-30	Troço 29-31	Troço 28-32	Troço 32-33	Troço 32-34	Troço 34-35	Troço 34-36	Troço 36-37	Troço 36-38
47,4 Cobre+MDS SBO -8 28,07 2,090	1,02 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,691	0,25 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,127	17,25 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,564	0,25 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,127	4,5 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,437	1,34 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,086	22,51 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,351	2,08 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,110	1,8 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,240	7,18 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,110	4,75 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,150	2,03 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,110	6,79 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,320	5,93 Cobre MDS SBO -8 28,07 1,399	4,5 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,030	3,14 Cobre MDS SBO -8 28,07 1,398	0,41 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,390	4,9 Cobre MDS SBO -8 28,07 1,209	6,24 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,155	8,51 Cobre MDS SBO -8 26,07 1,053	6,18 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,323	14 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,192	1,4 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,192	9,24 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,750	0,41 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,160	4,91 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,570	8,6 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,323	1,8 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,162	1,8 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,162	13,75 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,459	2,08 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,126	2,85 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,332	2,08 Cobre MDS SBO -8 26,07 0,126	4,67 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,266	3,26 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,126	7,42 Cobre MDS SBO -8 28,07 0,060
961,54 0,1141 2,565* 66,7 62,64 3061,72 2,03	961,54 0,1141 1,169* 41,3 38,26 1149,69 1,52	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 1,13* 34,9 32,1 809,28 1,4	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 1,13* 28,6 26,06 533,38 1,27	961,54 0,1141 1/2" 12,7 10,92 69,66 0,89	961,54 0,1141 1,13* 28,6 26,06 533,38 1,27	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 7,6* 22,3 20,02 314,79 1,14	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 2,13* 54 50,44 1998,20 1,76	961,54 0,1141 1/2" 12,7 10,92 69,66 0,89	961,54 0,1141 2,13* 54 50,44 1998,20 1,76	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 2,13* 54 50,44 1998,20 1,76	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 1,9/8* 41,3 38,26 1149,69 1,52	961,54 0,1141 7,6* 22,3 20,02 314,79 1,14	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 1,9/8* 34,9 32,1 809,28 1,4	961,54 0,1141 7,6* 22,3 20,02 314,79 1,14	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 1,1/8* 28,6 26,06 533,38 1,27	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 1,1/8* 28,6 26,06 533,38 1,27	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 7,6* 22,3 20,02 314,79 1,14	961,54 0,1141 5,6* 15,9 13,86 190,87 1,02	961,54 0,1141 1/2" 12,7 10,92 69,66 0,89
3,69 0,71 3722162,57 0,01 0,0002 0,016 2,90	1,7 0,83 20191,86 0,01 0,0003 0,017 0,09	0,424 0,88 1025417,75 0,01 0,0007 0,021 0,14	1,32 0,72 196023,62 0,01 0,0003 0,018 2,44	0,424 0,88 1025417,75 0,01 0,0007 0,021 0,14	0,975 0,85 1969166,59 0,01 0,0004 0,018 1,08	0,266 0,89 87631,76 0,01 0,0009 0,022 1,18	0,975 0,68 1901516,90 0,01 0,0004 0,019 3,69	0,424 0,76 88627,62 0,01 0,0007 0,021 0,87	0,677 0,79 1340152,14 0,01 0,0005 0,02 0,49	0,424 0,76 88627,62 0,01 0,0007 0,021 0,91	0,424 0,90 10497416,16 0,01 0,0007 0,021 2,79	0,424 0,76 88627,62 0,01 0,0007 0,021 0,85	0,187 0,42 280120,04 0,01 0,0013 0,027 1,94	2,6 0,73 3038389,49 0,01 0,0002 0,016 0,48	0,295 0,34 31120,92 0,01 0,0009 0,026 0,59	2,6 0,71 302861,87 0,01 0,0002 0,016 0,24	0,424 1,11 123670,63 0,01 0,0007 0,021 0,36	2,6 0,63 2671814,49 0,01 0,0002 0,017 0,31	0,424 1,07 124513,15 0,01 0,0007 0,021 5,17	1,7 0,95 307148,13 0,01 0,0003 0,017 1,65	0,677 1,07 1810,93,05 0,01 0,0005 0,021 3,54	0,424 1,01 129070,63 0,01 0,0003 0,018 1,27	1,32 1,07 1301312,20 0,01 0,0005 0,019 4,48	0,677 1,11 1301312,20 0,01 0,0007 0,021 1,63	0,424 1,11 1301312,20 0,01 0,0007 0,021 1,63	0,424 1,11 1301312,20 0,01 0,0007 0,021 3,64	0,975 0,89 1960585,82 0,01 0,0004 0,018 1,14	0,424 0,87 101313,26 0,01 0,0007 0,021 0,42	0,975 0,85 542282,41 0,01 0,0004 0,019 1,14	0,424 0,87 101313,26 0,01 0,0007 0,021 1,04	0,677 0,88 1149964,68 0,01 0,0005 0,02 1,79	0,424 0,87 101313,26 0,01 0,0007 0,021 0,73	0,266 0,89 82176,88 0,01 0,0009 0,022 5,73
7,72 75,33	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00

TUBAGEM - DISTRIBUIÇÃO NA PLANTA	CIRCUITO DE CO2																			
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Túneis (-42 °C)			Congelados e Picking (-30 °C)													
				Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 2-4	Troço 1-2	Troço 2-3	Troço 3-4	Troço 4-5	Troço 4-6	Troço 2-7	Troço 7-8	Troço 7-9	Troço 3-10	Troço 10-11	Troço 10-12	Troço 12-13	Troço 12-14	Troço 14-15	Troço 14-16
TUBAGEM																					
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	55,62	1,09	12,09	16,65	4,68	1,4	30,76	3,97	1,5	1,5	29,05	5,38	1,65	45,03	0,5	2,68	3,86	0,5
Material	Cobre Wieland K65 - S80 (Norma ASTM B280)	-	-	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80
Temperatura		T	[°C]	-42	-42	-42	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	9,34	0,642	0,642	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29	14,29
Caudal mássico		m	[kg/s]	1,422	0,709	0,712	0,739	0,489	0,158	0,079	0,079	0,239	0,120	0,120	0,342	0,146	0,195	0,146	0,049	0,024	0,024
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	29,81	14,88	14,94	10,27	6,95	2,20	1,10	1,10	3,33	1,66	1,66	4,75	2,04	2,72	2,04	0,68	0,34	0,34
Densidade		ρ	[kg/m3]	47,69	47,69	47,69	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,0239	0,0239	0,0239	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237	0,0237
Diâmetro Nominal	ASTM B280-2003	Dn	[inches]	2 5/8"	2 1/8"	2 1/8"	2 1/8"	1 5/8"	7/8"	5/8"	5/8"	1 1/8"	7/8"	7/8"	1 3/8"	7/8"	1 1/8"	7/8"	5/8"	3/8"	3/8"
Diâmetro Exterior	ASTM B280-2003	Dext	[mm]	66,7	54	54	54	41,3	22,3	15,9	15,9	28,6	22,3	22,3	34,9	22,3	28,6	22,3	15,9	9,52	9,52
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	62,64	50,44	50,44	50,44	38,26	20,02	13,86	13,86	26,06	20,02	20,02	32,1	20,02	26,06	20,02	13,86	8	8
Área Transversal		A	[mm2]	3081,72	1998,20	1998,20	1998,20	1149,69	314,79	150,87	150,87	533,38	314,79	314,79	809,28	314,79	533,38	314,79	150,87	50,27	50,27
Espessura	ASTM B280-2003	e	[mm]	2,03	1,78	1,78	1,78	1,52	1,14	1,02	1,02	1,27	1,14	1,14	1,4	1,14	1,27	1,14	1,02	0,76	0,76
Shedule	ASTM B280-2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso Linear enrvazio	ASTM B280-2003	m	[kg/m]	3,69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R12	V	[m/s]	9,67	7,45	7,47	5,14	6,04	6,98	7,28	7,28	6,24	5,28	5,28	5,87	6,47	5,09	6,47	4,51	6,77	6,77
Reynolds		Re		12140831,78	7501264,43	7530481,02	7852941,59	7000601,54	4229017,74	3054131,37	3054131,37	4923189,70	3203128,23	3203128,23	5706461,97	3919871,43	4017781,47	3919871,43	1892759,04	1639622,97	1639622,97
Rugosidade Absoluta	www.tribomtool.co.in/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html	ε	[mm]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Rugosidade Relativa	r = ε/D	r	-	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0005	0,0007	0,0007	0,0004	0,0005	0,0005	0,0003	0,0005	0,0004	0,0005	0,0007	0,0013	0,0013
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody(Turbulento)	f	-	0,022	0,015	0,015	0,015	0,015	0,018	0,019	0,019	0,0218	0,018	0,018	0,016	0,018	0,017	0,018	0,02	0,022	0,022
Perda de Carga Distribuida	Eq. Darcy - Weisbach	ΔP1	[kPa]	43,60	0,43	4,79	4,71	2,41	2,20	80,27	10,36	1,75	1,35	26,21	3,32	2,23	27,37	0,68	2,83	17,48	2,26
Colunas Ascendentes																					
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,90	0,90	0,00	0,00	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,90	0,90
Perda de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h+ ΔH)	ΔP2	[kPa]	0,00	0,77	0,78	0,00	0,00	0,00	2,98	2,98	0,00	1,45	1,45	0,00	1,85	0,00	1,85	0,00	4,71	4,71
Colunas Descendentes																					
Altura das Colunas		ΔH	[m]	4,58	0,00	0,00	4,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganho de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h- ΔH)	ΔP3	[kPa]	1,45	0,00	0,00	-1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acessórios																					
Curvas a 180º																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 18)	ΔP	[kPa]	3	2,5	2,5	2,5	1,9	1	0,7	0,7	1,2	1	1	1,7	1	1,2	1	0,7	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º																					
Quantidade	-	-	-	6	2	2	5	0	0	3	2	0	2	3	0	2	2	2	1	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 18)	ΔP	[kPa]	1,8	1,5	1,5	1,5	1,2	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	1	0,6	0,8	0,6	0,4	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	8,46	1,18	1,19	2,12	0,00	0,00	3,13	2,09	0,00	1,08	1,62	0,00	1,62	0,87	1,62	0,42	0,00	0,00
Curvas a 45º																					
Quantidade	-	-	-	0	0	2	0	2	2	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	2
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 18)	ΔP	[kPa]	1	0,8	0,8	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,00	0,00	0,63	0,00	0,62	0,94	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00
Tês																					
Quantidade	-	-	-	1	1	1	1	2	2	1	1	4	1	1	2	1	2	1	2	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 18)	ΔP	[kPa]	3,7	3	3	3	2,4	1,2	0,8	0,8	5	1,2	1,2	2,1	1,2	1,5	1,2	0,8	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	2,90	1,18	1,19	0,85	2,47	3,77	2,09	2,09	351	1,08	1,08	2,59	1,62	1,82	1,62	1,69	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)																					
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AUA1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9_	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)																					
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Fator de Transição	AUA1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	3,54 0,28	3,54 0,28	1 1	1,69 0,59	1,69 0,59	1 1	1,69 0,59	1 1	1,69 0,59	1 1	10,60 0,1	10,60 0,1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9_	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0,7282 0,5764	0,7282 0,5764	0 0	0,1518 0,2706	0,1518 0,2706	0 0	0,1518 0,2706	0 0	0,1518 0,2706	0 0	6,50 0,76	6,50 0,76
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48	2,48	0,00	0,42	0,42	0,00	0,63	0,00	0,63	0,00	11,95	11,95
Transição Concêntrica 45º (Tês)																					
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fator de Transição	AUA1	-	-	1 1 0,65	1 0,65	1 1	1 1 0,27	1 0,27	1 1	1 0,48	1 0,48	1 0,27	1 0,59	1 0,59	1 0,7	1 0,39	1 0,66	1 0,59	1 0,28	1 0,33	1 0,33
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9_	K	-	0 0 0,23	0 0,23	0 0	0 0,5676	0 0,59	0 0,35	0 0,35	0 0,35	0 0,59	0 0,27	0 0,27	0 0,20	0 0,4592	0 0,2244	0 0,27	0 0,5764	0 0,52	0 0,52
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,31	0,31	0,00	0,77	1,03	0,67	0,67	0,82	0,27	0,27	0,25	0,58	0,21	0,41	0,42	0,86	0,86
Transição Concêntrica 45º (V. Globo)																					
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AUA1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9_	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Retenção)																					
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	AUA1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9_	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	1,4	0	0	1,7	0	0	1,3	0	0	0,4	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00
Válvula de Cunha																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 18)	ΔP	[kPa]	0,9	0,73	0,73	0,73	0,5	0,3	0,2	0,2	1,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo																					
Quantidade	-	-	-	0	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2	0	2	0	2	0	2	2
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0,2	0,19	0,9	0,4	0	0	0,6	0,3	0	0,5	0,5	0	0,8	0	0,8	0	0,6	0,6
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	0,00	1,80	1,80	0,00	0,00	0,00	1,20	0,60	0,00	1,00	1,00	0,00	1,60	0,00	1,60	0,00	1,20	1,20
Válvula de Retenção																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 18)	ΔP	[kPa]	7,8	6,1	6,1	6,1	4,9	2,2	1,5	1,5	3	2,2	2,2	4,3	2,2	3	2,2	1,5	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Filtros Y																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 18)	ΔP	[kPa]	11	9,1	9,1	9,1	7,3	3,4	2,4	2,4	4,6	3,4	3,4	6,1	3,4	4,6	3,4	2,4	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula Solenóide																					
Quantidade	-	-	-	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
Abertura de Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	100	100	0	0	0	100	100	0	100	100	0	100	0	100	0	100	100
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP16	[kPa]	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,30	0,30	0,00	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
Válvula de Regulagem(Laminagem)																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abertura de Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP17	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Abrupta de Tubagem(Sharp Edge Entrance)																					
Quantidade	-	-	-	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 17)	Leq	[m]	3,7	2,7	2,7	2,7	2	0,9	0,5	0,5	1	0,9	0,9	1,6	0,9	1,1	0,9	0,5	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	2,90	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 17)	Leq	[m]	1,7	1,3	1,3	1,3	1	0,4	0,2	0,2	1,5	0,4	0,4	0,8	0,4	0,5	0,4	0,2	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 17)	Leq	[m]	3,7	2,7	2,7	2,7	2	0,9	0,5	0,5	1	0,9	0,9	1,6	0,9	1,1	0,9	0,5	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Projetada de Tubagem (Pipe Projection Exit)																					
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R12 (Table 17)	Leq	[m]	2,7	2,1	2,1	2,1	1,5	0,7	0,3	0,3	1,8	0,7	0,7	1,3	0,7	0,8	0,7	0,3	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP21	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga por Troço																					
Pressão Total	ΔPtotal = ΔP1 + ΔP2 + ... + ΔP21	**ΔPtotal**	[kPa]	**59,31**	**5,87**	**10,89**	**6,50**	**6,27**	**9,35**	**92,92**	**21,37**	**772**	**6,96**	**32,36**	**7,46**	**11,25**	**30,38**	**9,42**	**5,76**	**36,20**	**20,98**
Coluna de Água Total	ΔHtotal = ΔPtotal / (ρ x g)	**ΔHtotal**	[m.c.a]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Linha de Aspiração - Retorno dos Evaporadores CO2

Refrigerados (-8 ºC)

Trecho 1-2	Trecho 2-3	Trecho 3-4	Trecho 3-5	Trecho 5-6	Trecho 5-7	Trecho 7-8	Trecho 7-9	Trecho 9-10	Trecho 9-11	Trecho 11-12	Trecho 11-13	Trecho 13-14	Trecho 13-15	Trecho 2-16	Trecho 16-17	Trecho 16-18	Trecho 18-19	Trecho 18-20	Trecho 20-21	Trecho 20-22	Trecho 22-23	Trecho 23-24	Trecho 23-25	Trecho 22-27	Trecho 26-27	Trecho 26-28	Trecho 28-29	Trecho 29-30	Trecho 29-31	Trecho 28-32	Trecho 32-33	Trecho 32-34	Trecho 34-35	Trecho 34-36	Trecho 36-37	Trecho 36-38
47,4	1,02	0,25	17,25	0,25	4,5	1,34	22,51	2,09	1,6	2,18	4,75	2,03	6,79	5,93	4,5	3,14	0,41	4,9	6,24	8,51	6,16	1,4	1,4	9,24	0,41	4,76	8,6	1,8	1,8	13,75	2,09	2,85	2,09	4,87	3,26	7,42
Cobre 4 65/ 580	Cobre 4 65/ 580	Cobre 4 65/ 580

LADO DO FLUIDO PRIMÁRIO - CO2

TUBAGEM – SALA DE MÁQUINAS	CIRCUITO DE CO2 e NH3			Linhas de Líquido - Bombas Circuladoras CO2							Linha Gás - Permutador	Linha Líquido - Permutador	Linha Aspiração dos Compressores de CO2									Linha Descarga dos Compressores BP e IP (CO2)				Linha Descarga dos Compresssores AP (CO2)		Além. Depósito Separador 1 (CO2)	Além. Depósito Separador 2 (CO2)		Além. Depósito Separador 3 (CO2)	
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	AP (16,8 °C)	AP (16,8 °C)	BP (-42 °C)	BP (-42 °C)	BP (-42 °C)	IP (-30 °C)	IP (-30 °C)	IP (-30 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)	BP (-8 °C)	BP (-8 °C)	BP (-8 °C)	BP (-8 °C)	AP (16,8 °C)	AP (16,8 °C)	AP (16,8 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)	AP (-8 °C)
TUBAGEM				Aspiração (1 Bomba)	Aspiração (1 Bomba)	Aspiração (1 Bomba)	Ramal Descarga (1 Bomba)	Ramal Descarga (1 Bomba)	Ramal Descarga (1 Bomba)	Coletor Descarga (2 Bombas)	Coletor Descarga (2 Bombas)	Coletor Descarga (2 Bombas)	Entrada	Saída	Linha Aspiração	Coletor Aspiração	Entrada Compressor BP	Linha Aspiração	Coletor Aspiração	Entrada Compressor IP	Linha Aspiração	Coletor Aspiração	Entrada Compressor AP	Linha Descarga (Ent. Separador)	Coletor Descarga	Saída Compressor BP	Saída Compressor IP	Coletor Descarga	Saída Compressor AP	Linha Líquido pré-expansão	Linha Líquido pós-expansão	Linha Líquido pré-expansão	Linha Líquido pós-expansão	Linha Líquido pré-expansão	Linha Líquido pós-expansão
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	0	0	0	1,32	1,32	1,32	1,65	1,65	1,65	0,43	0,83	2,92	2,87	0	2,87	0	2,87	0	2,87	0	8,65	6,36	7,075	7,075	3,26	0,41	5,91	0	7,28	0	10,38	0
Material	-	-	-	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80	Cobre K65 S80
Temperatura	-	T	[°C]	-42	-30	-9	-42	-32	-9	-42	-30	-9	16,8	16,8	-42	-42	-42	-30	-30	-9	-9	-9	-9	32,5	22,5	41,5	21	42,3	41,3	16,8	-9	-9	-30	-42
Pressão Absoluta	-	P	[bar(a)]	9,34	14,29	28,07	9,34	14,29	28,07	9,34	14,29	28,07	28,07	28,07	9,34	9,34	9,34	14,29	14,29	28,07	28,07	28,07	28,07	28,07	28,07	28,07	28,07	13,907	13,907	13,907	28,07	28,07	14,29	9,34
Caudal mássico	-	ṁ	[kg/s]	0,711	0,369	1,045	0,711	0,339	1,045	1,422	0,730	2,090	3,998	3,998	0,769	0,769	0,769	0,962	0,962	3,998	3,998	3,998	3,998	1,282	1,282	0,769	0,962	3,998	3,998	3,998	0,962	0,962	0,769	0,769
Caudal Volumico	-	Q	[dm3/s]	0,64	0,15	1,09	0,64	0,15	1,09	1,28	0,30	2,17	29,46	4,41	21,60	21,60	21,60	15,67	15,67	15,67	15,67	46,92	46,92	23,84	23,84	16,21	9,62	29,46	29,46	4,41	14,55	9,61	2,94	0,72
Densidade	-	ρ	[kg/m3]	1111,11	1052,63	961,54	1111,11	1052,63	961,54	1111,11	1052,63	961,54	126,77	806,45	24,34	24,34	24,34	37,16	37,16	37,16	75,99	75,99	75,99	56,69	56,69	54,11	60,57	126,77	126,77	806,45	246,90	961,54	198,02	1052,63
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pg. 28)	μ	[mPa.s]	0,2003	0,1642	0,1141	0,2003	0,1642	0,1141	0,2003	0,1642	0,1141	0,01307	0,0768	0,01175	0,01175	0,01175	0,01246	0,01246	0,01246	0,01403	0,01403	0,01403	0,01525	0,01525	0,01397	0,01739	0,01703	0,01703	0,0768	0,1141	0,1642	0,1642	0,2003
Diâmetro Nominal	ANSI B36.19-1979	Dn	[mm]	32	25	40	32	25	40	40	32	50	2,5/8"	3 1/8"	2 5/8"	2 5/8"	2 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	2 1/8"	2 5/8"	2 5/8"	2 5/8"	3 1/8"	4 1/8"	3 1/8"	2 5/8"	2 5/8"	1 5/8"	1 5/8"	1 1/8"
Diâmetro Exterior	ANSI B36.19-1979	Dext	[mm]	42,2	33,4	48,3	42,2	33,4	48,3	48,3	42,2	60,3	66,7	79,4	66,7	66,7	66,7	41,3	41,3	41,3	79,4	79,4	79,4	54	54	41,3	34,9	54	54	79,4	105	41,3	98,7	41,3	98,7
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	32,5	24,3	38,14	32,5	24,3	38,14	38,14	32,5	52,48	62,64	74,82	62,64	62,64	62,64	38,26	38,26	38,26	74,82	74,82	74,82	50,44	50,44	38,26	32,1	50,44	50,44	74,82	99,42	38,26	92,64	38,26	92,64
Área Transversal		A	[mm2]	829,98	463,77	1142,49	829,98	463,77	1142,49	1142,49	829,98	2165,10	3061,72	4396,66	3061,72	3061,72	3061,72	1149,89	1149,89	1149,89	4396,68	4396,68	4396,68	1998,20	1998,20	1149,89	809,28	1998,20	1998,20	4396,66	7763,14	1149,89	3061,72	1149,89	3061,72
Espessura	ANSI B36.19-1979	e	[mm]	4,85	4,55	5,08	4,85	4,55	5,08	5,08	4,85	5,91	2,03	2,29	2,03	2,03	2,03	1,52	1,52	1,52	2,29	2,29	2,29	1,78	1,78	1,52	1,4	1,78	1,78	2,29	2,79	1,52	2,06	1,52	2,03
Dredule	ANSI B36.19-1979	-	-	80	80	80	80	80	80	80	80	40																						
Peso Linear em vazio	ANSI B36.19-1979	m	[kg/m]	4,47	3,24	5,41	4,47	3,24	5,41	5,41	4,47	5,44	3,69	4,96	3,69	3,69	3,69	1,7	1,7	1,7	4,96	4,96	4,96	2,6	2,6	1,7	1,32	2,6	2,6	4,96	8,01	1,7	3,69	1,7	3,69
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	0,77	0,76	0,95	0,77	0,77	0,95	0,95	1,12	0,85	1,00	1,00	10,28	10,28	10,28	13,63	13,63	13,63	10,85	10,85	10,85	19,68	13,68	12,36	11,88	14,74	14,74	1,00	1,97	0,53	0,95	0,64	1,00
Reynolds		Re		139039,60	117636,37	309712,90	139039,60	117636,37	309712,90	236957,69	176211,99	444355,56	3760422,54	768876,56	1330560,51	1330560,51	1330560,51	1555644,90	1555644,90	1555644,90	4315625,86	4315625,86	4315625,86	2272716,62	2272716,62	1633361,04	1329359,42	5719544,63	5719544,63	768876,56	3890555,58	1686682,42	721013,14	155976,62	78949,63
Rugosidade Absoluta	www.mbconnect.com/water-vft3-guide-8-www-pipe.html	ε	[mm]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Rugosidade Relativa	r = ε/D	r	-	0,0018	0,0023	0,0016	0,0018	0,0023	0,0016	0,0018	0,0018	0,0011	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0001	0,0003	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Eq. Rawly (Turbulento)	f	-	0,024	0,026	0,023	0,024	0,026	0,023	0,023	0,024	0,021	0,013	0,014	0,014	0,014	0,014	0,015	0,015	0,015	0,013	0,015	0,013	0,014	0,014	0,015	0,016	0,014	0,014	0,014	0,015	0,018	0,02	0,018	0,02
Perda de Carga Distribuída	Eq. Darcy - Weisbach	ΔPl	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,3	0,35	0,61	0,40	0,28	10,80	0,52	0,84	0,82	0,00	4,17	3,89	0,00	2,07	2,15	0,00	9,49	7,35	1,74	2,29	11,98	1,27	0,45	0,00	9,44	0,00	1,04	0,00
Colunas Ascendentes																																		
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30	0,00	0,00	0,00	2,28	0,83	1,25	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,49	0,00	0,34	
Perda de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h + ΔH)	ΔPZ	[kPa]	0,00	0,00	0,00	3,34	3,19	2,95	0,00	0,00	0,00	5,31	8,83	0,95	0,00	0,00	2,41	0,00	0,00	2,09	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	0,00	0,97	0,00	0,85	
Colunas Descendentes																																		
Altura das Colunas		ΔH	[m]	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,65	0,34	0,60	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,49	0,00	0,49	0,00
Ganho de Carga Inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (-h ΔH)	ΔPZ	[kPa]	-10,00	-10,00	-9,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,14	-7,37	0,03	0,00	0,00	0,03	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,59	0,00	-4,59	0,00	-5,01	0,00
Acessórios																																		
Curvas a 180º																																		
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1,9	1,2	3,9	1,9	1,2	1,9	1,9	1,9	2,5	3	3,7	3	3	3	1,9	1,9	3,7	1,9	1,9	3,7	2,5	2,5	1,9	1,7	2,5	2,5	3,7	5,2	1,9	3	1,9	3
Perda de Carga Localizada		ΔPL	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	0,00	0,00	2,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º																																		
Quantidade	-	-	-	0	0	0	1	0	1	0	0	0	5	5	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0	3	0	4	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1,2	0,8	1,2	1,7	1,2	1,9	1,2	1,2	1,5	1,8	2,3	1,8	1,8	1,8	1,2	1,2	2,3	1,2	1,2	2,3	2,3	2,3	1,8	1,5	1,5	1,5	2,3	3	1,2	1,8	1,2	1,8
Perda de Carga Localizada		ΔPL	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,21	0,87	1,54	0,00	0,00	5,17	0,00	0,00	5,04	0,00	0,00	5,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,23	0,00	0,48	0,00
Curvas a 45º																																		
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	1	1,2	1	1	1	1	0,6	1,2	0,6	0,6	1,2	1,2	1,2	0,8	0,5	0,8	1,8	1,2	1,6	0,6	1	0,4	1
Perda de Carga Localizada		ΔPL	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	1,07	0,00	291	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tês																																		
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	2,4	1,5	2,4	2,4	1,5	2,4	2,4	2,1	3	3,7	4,8	3,7	3,7	3,7	2,4	2,4	4,8	2,4	2,4	4,8	3	3	2,4	2,1	3	3	4,8	6,4	2,4	3,7	2,4	3,7
Perda de Carga Localizada		ΔPL	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,03	1,75	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)																																		
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	ASME	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,54	0,65	1	1,00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,43	1	1	2,2	0,45	1	1,54	0,65
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	ver29_valvulas_engFluxo(manualEdFluxPHVAC)	K	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,20	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,41	0	0	0,286	0,386	0	0,1398	0,231
Perda de Carga Localizada		ΔPR	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00	0,47	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)																																		
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	ASME	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	ver29_valvulas_engFluxo(manualEdFluxPHVAC)	K	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔPR	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º																																		
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	ASME	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	1	1	1	1	1	1	1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	ver29_valvulas_engFluxo(manualEdFluxPHVAC)	K	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP30	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Globo)																																		
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	ASME	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	ver29_valvulas_engFluxo(manualEdFluxPHVAC)	K	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP31	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Retenção)																																		
Quantidade Reduções	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	ASME	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	ver29_valvulas_engFluxo(manualEdFluxPHVAC)	K	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada		ΔP32	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)																																		
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Cunha																																		
Quantidade	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,73	0,73	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6	1	0,5	0,5	1	0,73	0,73	0,5	0,5	0,73	0,73	0	1,4	0,5	0,9	0,5	0,9
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo																																		
Quantidade	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	6	0,3	1,4	0	1,4	2,8	0	2,8	2,8	0	2,8	0,2	0	2,2	4,7	0	5,8	0,3	0,1	0,1	0	0,2	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,30	1,40	0,00	1,40	2,80	0,00	2,80	2,80	0,00	2,80	0,00	0,00	2,20	4,70	0,00	1,46	0,30	0,10	0,10	0,00	0,20	0,00
Válvula de Retenção																																		
Quantidade	-	-	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo G.10 – Resultados Obtidos das Perdas de Carga da Tubagem de NH_3

TUBAGEM - SALA DE MÁQUINAS	CIRCUITO DE CO2 e NH3			LADO DO FLUIDO SECUNDÁRIO - NH3										
				Linhas de Entrada e Saída Condensador Evaporativo		Alim. Depósito Líquido NH3		Linha Líquido - Permutador	Linha Gás - Permutador	Linha Aspiração do Compressor NH3		Linha Descarga do Compressor NH3		
Item	Observações	Parâmetro	Unidade	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (9,6 ºC)	AP (9,6ºC)	BP (9,6 ºC)	BP (9,6 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)	AP (35 ºC)
TUBAGEM				Ramais Gás Quente (Entrada)	Ramais Líquido (Saída)	Linha Líquido (Entrada)	Equalização Pressão	Entrada	Saída	Coletor Aspiração	Entrada Compressor BP	Linha Descarga (Ent. Condensador Evaporativo)	Coletor Descarga	Saída Compressor AP
Comprimento Total Tubagem		L	[m]	1,46	1,46	9,02	1,91	8,6	4,17	3,12	0	1,12	3,37	1,075
Material		-	-	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono	Aço Carbono
Temperatura		T	[ºC]	35	35	35	35	9,6	9,6	9,6	9,6	76,7	76,7	76,7
Pressão Absoluta		P	[bar(a)]	13,567	13,567	13,567	13,567	28,07	28,07	9,34	9,34	13,567	13,567	13,567
Caudal mássico		m	[kg/s]	0,355	0,355	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709	0,709
Caudal Volúmico		Q	[dm3/s]	41,08	0,61	1,23	82,16	15,45	147,63	147,63	147,63	82,16	82,16	82,16
Densidade		ρ	[kg/m3]	8,63	578,03	578,03	8,63	45,89	4,80	4,80	4,80	8,63	8,63	8,63
Viscosidade Dinâmica	ASHRAE Fundamentals - Ch30 (pág. 35)	μ	[mPa.s]	0,01016	0,12	0,12	0,01016	0,17	0,01077	0,01077	0,01077	0,01262	0,01262	0,01262
Diâmetro Nominal	ANSI B36.10-1979	Dn	[mm]	65	40	50	100	125	150	150	150	80	80	80
Diâmetro Exterior	ANSI B36.10-1979	Dext	[mm]	73	48,3	60,3	114,3	141,3	168,3	168,3	168,3	88,9	88,9	88,9
Diâmetro Interior		Dint	[mm]	62,68	38,14	52,48	102,26	128,2	154,08	154,08	154,08	77,92	77,92	77,92
Área Transversal		A	[mm2]	3085,66	1142,49	2160,10	8212,99	12908,21	18645,86	18645,86	18645,86	4768,57	4768,57	4768,57
Espessura	ANSI B36.10-1979	e	[mm]	5,16	5,08	3,91	6,02	6,55	7,11	7,11	7,11	5,49	5,49	5,49
Shedule	ANSI B36.10-1979	-	-	40	80	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Peso Linear em vazio	ANSI B36.10-1979	m	[kg/m]	8,63	5,41	5,44	16,07	21,77	28,26	28,26	28,26	11,29	11,29	11,29
Velocidade Escoamento	ASHRAE Refrigeration - R02	V	[m/s]	13,31	0,54	0,57	10,00	1,20	7,82	7,82	7,82	17,23	17,23	17,23
Reynolds	-	Re	-	708862,60	98633,13	143363,86	868990,96	41426,46	544067,50	544067,50	544067,50	918134,82	918134,82	918134,82
Rugosidade Absoluta	www.tridentsteel.co.in/astm-a53-grade-b-erw-pipe.html	ε	[mm]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Rugosidade Relativa	r = ε/D	r	-	0,0010	0,0016	0,0011	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0008	0,0008	0,0008
Fator de Rugosidade	f = 64/Re (Laminar) e Diag. Moody (Turbulento)	f	-	0,015	0,019	0,018	0,014	0,022	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Perda de Carga Distribuida	Eq. Darcy - Weisbach	ΔP1	[kPa]	0,27	0,06	0,29	0,11	0,05	0,06	0,04	0,00	0,26	0,78	0,25
Colunas Ascendentes														
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,00	0,00	4,68	0,60	2,88	0,00	0,00	8,13	0,00	0,00
Perda de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x (h + ΔH)	ΔP2	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,67	0,27	0,18	0,00	0,00	2,56	0,00	0,00
Colunas Descendentes														
Altura das Colunas		ΔH	[m]	0,00	0,00	7,36	0,00	0,40	0,50	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00
Ganho de Carga inerente às Colunas	ΔP = ρ x g x(-h-ΔH)	ΔP3	[kPa]	0,00	0,00	-41,50	0,00	-0,18	-0,02	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
Acessórios														
Curvas a 180º														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	3	1,9	2,5	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	3,7	3,7	3,7
Perda de Carga Localizada		ΔP4	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
Curvas a 90º														
Quantidade		-	-	1	1	2	1	5	5	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1,8	1,2	1,5	3	3	3	3	3	2,3	2,3	2,3
Perda de Carga Localizada		ΔP5	[kPa]	0,33	0,05	0,10	0,18	0,08	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curvas a 45º														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	1	0,6	0,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2	1,2
Perda de Carga Localizada		ΔP6	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Tés														
Quantidade		-	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 16)	Leq	[m]	3,7	2,4	3	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	4,6	4,6	4,6
Perda de Carga Localizada		ΔP7	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Regulagem)														
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1,72 0,58	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0,00 0,00	0,00 0,00	0 0	0 0	0 0	0,1584 0,2772	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP8	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Solenóide)														
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP9	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º														
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0,00 0	0 0,00	0 0	0 0	0,00 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP10	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Globo)														
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transição Concêntrica 45º (V. Retenção)														
Quantidade Reduções		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade Aumentos		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fator de Transição	A0/A1	-	-	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Coeficiente de Perda (Redução | Aumento)	sp20.ashrae.org/SupplementalFiles/PHAC9	K	-	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo (Seccionamento Linhas)														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP11	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Cunha														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	0,9	0,5	0,73	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1
Perda de Carga Localizada		ΔP12	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula de Globo														
Quantidade		-	-	1	1	0	1	2	1	0	1	0	0	1
Perda de Carga Unitária		ΔP	[kPa]	2,1	0,3	0	0,3	6	0,4	0	0,4	0	0	3,4
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP13	[kPa]	2,10	0,30	0,00	0,30	0,00	0,40	0,00	0,40	0,00	0,00	3,40
Válvula de Retenção														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	7,6	4,9	6,1	12	12	12	12	12	9,1	9,1	9,1
Perda de Carga Localizada		ΔP14	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Filtros Y														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 18)	Leq	[m]	11	7,3	9,1	18	18	18	18	18	13	13	13
Perda de Carga Localizada		ΔP15	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Válvula Solenóide														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP16	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00
Válvula de Regulagem (Laminagem)														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Abertura da Válvula	% de abertura	Ab	[%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perda de Carga Localizada	Valor obtido com Software Danfoss	ΔP17	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Entrance)														
Quantidade		-	-	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	3,7	2	2,7	6,1	8,2	10	10	10	4,3	4,3	4,3
Perda de Carga Localizada		ΔP18	[kPa]	0,68	0,08	0,09	0,00	0,05	0,00	0,00	0,14	0,99	0,99	0,99
Saída Abrupta de Tubagem (Sharp Edge Exit)														
Quantidade		-	-	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	1,7	1	1,3	3	4,3	5,8	5,8	5,8	2,2	2,2	2,2
Perda de Carga Localizada		ΔP19	[kPa]	0,00	0,00	0,04	0,18	0,00	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Entrada Projetada de Tubagem (Pipe Projection Entrance)														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	3,7	2	2,7	6,1	8,2	10	10	10	4,3	4,3	4,3
Perda de Carga Localizada		ΔP20	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saída Projetada de Tubagem (Pipe Projection Exit)														
Quantidade		-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Equivalente	ASHRAE Refrigeration - R02 (Table 17)	Leq	[m]	2,7	1,5	2,1	4,9	6,1	7,6	7,6	7,6	3,8	3,8	3,8
Perda de Carga Localizada		ΔP21	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Perda														
Pressão Total	ΔPtotal = ΔP1 + ΔP2 + ... + ΔP21	**ΔPtotal**	[kPa]	**3,37**	**0,49**	**-40,99**	**1,82**	**0,28**	**0,90**	**0,12**	**0,52**	**3,81**	**5,90**	**4,91**
Coluna de Água Total	Δhtotal = Δptotal / (ρ x g)	**Δhtotal**	[m.c.a]	-	**0,09**	**-7,23**	-	**0,61**	-	-	-	-	-	-

Anexo G.11 – Contagem de Tubagem e Acessórios de CO_2

TUBAGEM C02 - CONTAGEM													
LINHAS	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 5/8"	3 1/8"	3 5/8"	4 1/8"
Linhas Liquido Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)	-	-	-	-	-	-	-	20	65	-	-	-	-
Troço 1-2									63,97				
Troço 2-3								2,24					
Troço 2-4								13,14					
Linhas Liquido Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)	10	45	40	5	50	40	-	25	-	-	-	-	-
Troço 1-2								24,92					
Troço 2-5						4,68							
Troço 3-4			0,89										
Troço 4-5		32,85											
Troço 4-6		4,30											
Troço 2-7				1,90									
Troço 7-8			5,90										
Troço 7-9			30,90										
Troço 9-10						30,90							
Troço 10-11					2,32								
Troço 10-12					44,03								
Troço 12-13					1,15								
Troço 12-14		3,18											
Troço 14-15	4,41												
Troço 14-16	1,15												
Linhas Liquido Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)	10	25	70	-	30	50	25	25	15	60	-	-	-
Troço 1-2										55,12			
Troço 2-3								3,92					
Troço 3-4			3,15										
Troço 3-5							17,25						
Troço 5-6			3,15										
Troço 5-7						4,50							
Troço 7-8		4,24											
Troço 7-9						22,51							
Troço 9-10			4,98										
Troço 9-11					1,60								
Troço 11-12			5,08										
Troço 11-13			4,75										
Troço 13-14			4,93										
Troço 13-15	9,69												
Troço 2-16									5,93				
Troço 16-17		7,40											
Troço 16-18									3,14				
Troço 18-19			3,31										
Troço 18-20									4,90				
Troço 20-21			6,89										
Troço 20-22								8,51					
Troço 22-23					9,06								
Troço 23-24			1,40										
Troço 23-25			1,40										
Troço 22-27								9,24					
Troço 26-27			3,31										
Troço 26-28							4,91						
Troço 28-29					11,50								
Troço 29-30			4,70										
Troço 29-31			4,70										
Troço 28-32						16,65							
Troço 32-33			4,98										
Troço 32-34						2,85							
Troço 34-35			4,98										
Troço 34-36					4,67								
Troço 36-37			6,16										
Troço 36-38		10,32											

TUBAGEM C02 - CONTAGEM

LINHAS	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 5/8"	3 1/8"	3 5/8"	4 1/8"
Linhas Aspiração Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)	-	-	-	-	-	-	-	-	***15***	***65***	-	-	-
Troço 1-2										60,20			
Troço 2-3									1,99				
Troço 2-4									12,99				
Linhas Aspiração Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)	***10***	-	***40***	-	***40***	***50***	***10***	***5***	***25***	-	-	-	-
Troço 1-2									21,23				
Troço 2-3								4,66					
Troço 3-4					1,40								
Troço 4-5			31,66										
Troço 4-6			4,87										
Troço 2-7						1,50							
Troço 7-8					2,40								
Troço 7-9					29,95								
Troço 3-10							5,36						
Troço 10-11					2,55								
Troço 10-12						46,03							
Troço 12-13					1,40								
Troço 12-14			2,68										
Troço 14-15	4,76												
Troço 14-16	1,40												
Linhas Aspiração Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)	***20***	***5***	***90***	-	***25***	***45***	***25***	***25***	***10***	***55***	-	-	-
Troço 1-2										51,98			
Troço 2-3							1,02						
Troço 3-4			3,15										
Troço 3-5							17,25						
Troço 5-6			3,15										
Troço 5-7						4,50							
Troço 7-8		4,24											
Troço 7-9						22,51							
Troço 9-10			4,98										
Troço 9-11					1,60								
Troço 11-12			5,08										
Troço 11-13			4,75										
Troço 13-14			4,93										
Troço 13-15	9,69												
Troço 2-16									5,93				
Troço 16-17	7,40												
Troço 16-18									3,14				
Troço 18-19			3,31										
Troço 18-20								4,90					
Troço 20-21			9,14										
Troço 20-22								8,51					
Troço 22-23					6,16								
Troço 23-24			4,30										
Troço 23-25			4,30										
Troço 22-27								9,24					
Troço 26-27			3,31										
Troço 26-28							4,91						
Troço 28-29					8,60								
Troço 29-30			4,70										
Troço 29-31			4,70										
Troço 28-32						13,75							
Troço 32-33			4,98										
Troço 32-34					2,85								
Troço 34-35			4,98										
Troço 34-36					4,67								
Troço 36-37			6,16										
Troço 36-38			10,32										
Linhas do Permutador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***20***	***10***	-	-
Entrada										15,36			
Saída											8,60		
Linha Aspiração dos Compressores	-	-	-	-	-	-	-	***10***	-	***10***	***10***	-	-
Linha Aspiração										4,77			
Coletor Aspiração										2,87			
Entrada Compressor BP										0,64			
Linha Aspiração								5,08					
Coletor Aspiração								2,87					
Entrada Compressor IP								0,61					
Linha Aspiração											4,77		
Coletor Aspiração											2,87		
Entrada Compressor AP											0,66		
Linha Descarga dos Compressores BP e IP	-	-	-	-	-	-	***5***	***5***	***20***	-	-	-	-
Linha Descarga (Ent. Separador)									9,70				
Coletor Descarga									6,56				
Saída Compressor BP								1,08					
Saída Compressor IP							1,08						
Linha Descarga dos Compressores AP	-	-	-	-	-	-	-	-	***5***	-	-	-	-
Coletor Descarga									3,26				
Saída Compressor AP									0,54				
Alim. Depósito Separador 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***10***	-	***5***
Linha Líquido pré-expansão											6,24		
Linha Líquido pós-expansão													0,49
Alim. Depósito Separador 2	-	-	-	-	-	-	-	***10***	-	***5***	-	-	-
Linha Líquido pré-expansão								7,57					
Linha Líquido pós-expansão										0,49			
Alim. Depósito Separador 3	-	-	-	-	-	-	-	***15***	-	-	-	-	-
Linha Líquido pré-expansão								10,87					
Linha Líquido pós-expansão								0,34					
COMPRIMENTO TOTAL [m]	**50**	**75**	**240**	**5**	**145**	**185**	**65**	**140**	**155**	**215**	**30**	**0**	**5**

TUBAGEM C02 - CONTAGEM																		
LINHAS	DN6	DN8	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN90	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Linhas de Líquido - Bombas Circuladores NH3	-	-	-	-	-	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspiração (1 Bomba)							1,50											
Aspiração (1 Bomba)						1,30												
Aspiração (1 Bomba)								1,50										
Ramal Descarga (1 Bomba)							1,50											
Ramal Descarga (1 Bomba)						1,30												
Ramal Descarga (1 Bomba)								0,50										
Coletor Descarga (2 Bombas)								0,50										
Coletor Descarga (2 Bombas)							0,50											
Coletor Descarga (2 Bombas)									0,73									
COMPRIMENTO TOTAL [m]	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TUBAGEM DE DESCONGELAÇÃO - CONTAGEM													
LINHAS	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 5/8"	2 1/8"	2 5/8"	3 1/8"	3 5/8"	4 1/8"
Linhas Gás Quente (Túneis)	-	-	-	-	-	-	20	-	10	-	-	-	-
Troço 17-18									6,05				
Troço 18-19							2,24						
Troço 18-20							13,14						
Linhas Gás Quente (Congelados e Picking)	-	10	75	5	5	-	-	-	50	35	-	-	-
Troço 1-2										26,7			
Troço 2-3										4,68			
Troço 3-4				0,89									
Troço 4-5			33,16										
Troço 4-6			4,97										
Troço 2-7					1,9								
Troço 7-8			2,80										
Troço 7-9			30,90										
Troço 3-10									5,53				
Troço 10-11				2,30									
Troço 10-12									44,03				
Troço 12-13				0,25									
Troço 12-14		3,18											
Troço 14-15		4,41											
Troço 14-16		1,15											
COMPRIMENTO TOTAL [m]	**0**	**10**	**75**	**5**	**5**	**0**	**20**	**0**	**60**	**35**	**0**	**0**	**0**

ACESSÓRIOS CO2- CONTAGEM

LINHAS	Curvas 180º		Curvas 90º		Curvas 45º		Tês		Trans. Concêntrica (Vál. Reguladora)				Trans. Concêntrica (Vál. Solenoide e Filtro)				Trans. Concêntrica (Tês)				Trans. Concêntrica (Vál. Globo)				Trans. Concêntrica (Vál. Retenção)				Vál. Globo (Encanamento)		Vál. Globo		Vál. Retenção		Filtro Y	
									Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento									
	Qtr.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtr.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN	Qtn.	DN
Linha Líquido Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)																																				
Trapp 1-2	0	-	1	2 1/8"	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	2 1/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-3	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	2 1/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	1	DN50	1	DN50		
Trapp 2-4	0	-	2	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	2 1/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	1	DN50	1	DN50		
Linha Líquido Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)																																				
Trapp 1-2	0	-	5	1 5/8"	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-3	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 3-4	0	-	0	-	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 4-5	0	-	3	1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	7/8" - 1/2"	1	1/2" - 7/8"	1	5/8" - 1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN15	1	DN15	1	DN15		
Trapp 4-6	0	-	2	1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	7/8" - 1/2"	1	1/2" - 7/8"	1	5/8" - 1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15		
Trapp 2-7	0	-	0	-	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-		
Trapp 7-8	0	-	2	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	3/4" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15		
Trapp 7-9	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	3/4" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15		
Trapp 5-10	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32	0	-	0	-	0	-		
Trapp 10-11	0	-	2	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25		
Trapp 11-12	0	-	2	1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-		
Trapp 12-14	0	-	2	5/8"	0	-	1	1/2"	0	-	0	-	1	1 5/8" - 7/8"	1	7/8" - 1 1/8"	1	1 1/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25		
Trapp 14-15	0	-	2	5/8"	0	-	1	1/2"	0	-	0	-	1	3/4" - 5/8"	1	5/8" - 3/4"	1	1/2" - 3/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-		
Trapp 14-16	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	3/4" - 5/8"	1	5/8" - 3/4"	1	1/2" - 3/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15		
Linha Líquido Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																																				
Trapp 1-2	0	-	8	2 5/8"	0	-	1	2 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-3	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	2 5/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40	0	-	0	-	0	-		
Trapp 3-4	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	1 5/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 3-5	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 5-6	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	1 5/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 5-7	0	-	2	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	1 5/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 7-8	0	-	1	1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	7/8" - 1/2"	1	1/2" - 7/8"	1	5/8" - 1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15		
Trapp 7-9	0	-	4	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 9-10	0	-	2	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	1 1/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 9-11	0	-	0	-	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 11-12	0	-	0	-	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 11-13	0	-	0	-	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 13-14	0	-	2	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 13-16	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	3/4" - 5/8"	1	5/8" - 3/4"	1	5/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN10	1	DN15	1	DN15		
Trapp 2-16	0	-	0	-	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	2 5/8" - 2 1/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 16-17	0	-	1	1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	3/4" - 5/8"	1	5/8" - 3/4"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN15	1	DN15	1	DN15		
Trapp 16-18	0	-	3	2 1/8"	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65	0	-	0	-	0	-		
Trapp 18-19	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	2 1/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 18-20	0	-	0	-	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 20-21	0	-	2	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	2 1/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 20-22	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	2 1/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 22-23	0	-	3	7/8"	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 23-24	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	7/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 23-25	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	7/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 22-27	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 26-27	0	-	2	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	1 5/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 26-28	0	-	0	-	0	-	1	1 3/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 28-29	0	-	3	7/8"	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 3/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 29-30	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	7/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 29-31	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	7/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 28-32	0	-	1	1 1/8"	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 3/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32	0	-	0	-	0	-		
Trapp 32-33	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	1 1/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 32-34	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 34-35	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	1 1/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 34-36	0	-	0	-	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 36-37	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	1	7/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	1	DN20	1	DN20		
Trapp 36-38	0	-	4	1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	7/8" - 1/2"	1	1/2" - 7/8"	1	7/8" - 1/2"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN25	1	DN25	1	DN25		
Linha Aspiração Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)																																				
Trapp 1-2	0	-	0	-	0	-	1	2 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-		
Trapp 2-3	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8" - 2 1/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-4	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8" - 2 1/8"	0	-	0	-	0	-		
Linha Aspiração Evaporadores Intermédia Pressão (-30ºC)																																				
Trapp 1-2	0	-	1	2 1/8"	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-3	0	-	3	1 5/8"	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8" - 2 1/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 3-4	0	-	2	7/8"	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN25	0	-	0	-	0	-		
Trapp 4-5	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 4-6	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN40	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-7	0	-	3	1 1/8"	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32	0	-	0	-	0	-		
Trapp 7-8	0	-	2	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 7/8"	1	7/8" - 1 1/8"	1	7/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-		
Trapp 7-9	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 7/8"	1	7/8" - 1 1/8"	1	7/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-		
Trapp 5-10	0	-	0	-	0	-	1	1 3/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40	0	-	0	-	0	-		
Trapp 10-11	0	-	2	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 7/8"	1	7/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-		
Trapp 10-12	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Trapp 12-13	0	-	3	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 7/8"	1	7/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-
Trapp 12-14	0	-	0	-	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN20	0	-	0	-	0	-	0	-
Trapp 14-15	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-
Trapp 14-16	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-
Linha Aspiração Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																																				
Trapp 1-2	0	-	2	2 5/8"	0	-	1	2 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-3	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40	0	-	0	-	0	-		
Trapp 3-4	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 3-5	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 5-6	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 5-7	0	-	1	1 1/8"	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32	0	-	0	-	0	-		
Trapp 7-8	0	-	3	1/2"	0	-	1	1/2"	0	-	0	-	1	1 1/8" - 1/2"	1	1/2" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN15	0	-	0	-	0	-		
Trapp 7-9	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 9-10	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 9-11	0	-	0	-	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 11-12	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 11-13	0	-	4	5/8"	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 13-14	0	-	8	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 13-15	0	-	0	-	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	3/8" - 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 2-16	0	-	2	2 1/8"	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	2 1/8" - 2 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 16-17	0	-	0	-	0	-	1	5/8"	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	3/8" - 2 1/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 16-18	0	-	2	2 1/8"	0	-	1	2 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65	0	-	0	-	0	-		
Trapp 18-19	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 18-20	0	-	3	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN20	0	-	0	-	0	-		
Trapp 20-21	0	-	5	1 5/8"	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 20-22	0	-	3	1 5/8"	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 22-23	0	-	3	7/8"	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	7/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 23-24	0	-	3	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 23-25	0	-	2	5/8"	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 22-27	0	-	0	-	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Trapp 26-27	0	-	2	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 26-28	0	-	2	1 3/8"	0	-	1	1 5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 3/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 28-29	0	-	2	7/8"	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	7/8" - 1 5/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 29-30	0	-	2	5/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 29-31	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 32-33	0	-	2	1 1/8"	0	-	1	1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN32	0	-	0	-	0	-		
Trapp 32-34	0	-	2	7/8"	0	-	1	7/8"	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 34-35	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	1 1/8" - 5/8"	1	5/8" - 1 1/8"	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	5/8" - 7/8"	0	-	0	-	0	-		
Trapp 34-36	0

Anexo G.12 – Contagem de Tubagem e Acessórios de NH_3

TUBAGEM NH3 - CONTAGEM																		
LINHAS	DN6	DN8	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN90	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
Linha de Entrada e Saída Condensador Evaporativo	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Ramais Gás Quente (Entrada)										1,46								
Ramais Líquido (Saída)								1,46										
Alimentação Depósito Líquido NH3	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	10	-	-	-	-	-
Linha Líquido (Entrada)									16,38									
Equalização Pressão													6,59					
Permutador de Calor - Lado NH3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	-	-
Entrada														9,60				
Saída															7,55			
Linha Aspiração do Compressor NH3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
Coletor Aspiração															3,12			
Entrada Compressor BP															0,64			
Linha Descarga do Compressor NH3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-
Evaporativo)											9,25							
Coletor Descarga											3,37							
Saída Compressor AP											1,08							
COMPRIMENTO TOTAL [m]	0	0	0	0	0	0	0	5	20	5	15	0	10	10	15	0	0	0

ACESSÓRIOS NH3 - CONTAGEM

LINHAS	Curvas 180º		Curvas 90º		Curvas 45º		Tês		Trans. Concêntrica (Vál. Regulagem)				Trans. Concêntrica (Vál. Solenóide e Filtro)				Trans. Concêntrica (Tês)				Trans.				Trans. Concêntrica (Vál. Retenção)				Vál. Globo (Seccionamento)		Vál. Globo		Vál. Retenção		Filtro Y	
									Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento		Redução		Aumento									
	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN	Qte.	DN
Linha de Entrada e Saída Condensador Evaporativo																																				
Ramais Gás Quente (Entrada)	2	DN65	1	DN65	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN65	0	-	0	-
Ramais Líquido (Saída)	0	-	1	DN40	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN40	0	-	0	-
Alimentação Depósito Líquido NH3																																				
Linha Líquido (Entrada)	0	-	2	DN50	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Equalização Pressão	0	-	1	DN100	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN100	0	-	0	-
Permutador de Calor - Lado NH3																																				
Entrada	0	-	5	DN125	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2	DN125	0	-	0	-
Saída	0	-	5	DN150	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN150	0	-	0	-
Linha Aspiração do Compressor NH3																																				
Coletor Aspiração	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Entrada Compressor BP	1	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN150	0	-	0	-
Linha Descarga do Compressor NH3																																				
Evaporativo)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Coletor Descarga	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Saída Compressor AP	0	-	0	-	1	DN80	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	DN80	0	-	0	-

Anexo G.13 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de CO_2

DETERMINAÇÃO DO ISOLAMENTO - TUBAGEM CO2

LINHAS	Temperatura CO2 (Tint,i)	Temperatura Ar (Tint,e)	Velocidade Ar (var)	Diâmetro Nominal Tubagem (DN)	Diâmetro Tubagem interior (Dint)	Diâmetro Tubagem Exterior (Dext)	Comprimento Tubagem (L)	Nº Reynolds (Re)	Nº Prandlt (Pr)	Nº Nusselt (Nu)	Condutividade Térmica CO2 (kCO2)	Condutividade Térmica Isol. (kisol)	Condutividade Térmica Cobre (kcobre)	índice Convecção ar (har)	Índice Convecção CO2 (hCO2)	Rconvecção,1	Rcondução,1	Rcondução,2	Rconvecção,2	Espessura Isol. (e)	Perdas Térmicas (Q)	Perdas Térmicas por Área (Q)
	[ºC]	[ºC]	[m/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	Adimensional	Adimensional	Adimensional	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m.ºC]	[W/m.ºC]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[mm]	[W]	[W/m2]
Linhas Líquido Evaporadores Baixa Pressão (-42ºC)																						
Troço 1-2	-42,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	63,07	112369,74	2,577	2525,52	0,103	0,025	394,620	26,51	43303,45	1,439E-05	1,196E-06	0,192	0,002	25	408,18	34,12
Troço 2-3	-42,0	33,1	5,0	1 1/4"	31,75	41,30	2,24	112577,98	2,577	948,50	0,103	0,025	394,620	18,19	14047,1	2,912E-05	1,759E-06	0,962	0,002	40	24,05	28,41
Troço 2-4	-42,0	33,1	5,0	1 5/8"	38,25	41,30	13,14	113337,13	2,577	948,50	0,103	0,025	394,620	18,19	14047,1	4,251E-04	2,346E-06	0,522	0,005	40	142,26	28,41
Linhas Líquido Evaporadores Intermedia Pressão (-30ºC)																						
Troço 1-2	-30,0	33,1	5,0	1 5/8"	38,25	41,30	24,02	149892,52	2,603	402,46	0,149	0,024	392,300	18,19	16644,95	1,981E-04	1,349E-06	0,287	0,003	40	217,77	22,83
Troço 2-3	-30,0	33,1	5,0	1 1/8"	28,39	28,60	4,68	149895,64	2,603	400,16	0,149	0,024	392,300	19,27	14784,41	1,065E-03	6,862E-06	1,496	0,016	40	33,07	20,75
Troço 3-4	-30,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	0,89	86159,20	2,603	283,70	0,149	0,024	392,300	22,89	30466,83	6,456E-03	6,256E-06	12,039	0,066	32	5,20	23,27
Troço 4-5	-30,0	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	53,66	86146,73	2,603	197,35	0,149	0,024	392,300	25,83	30661,75	5,224E-04	1,885E-06	0,322	0,003	32	185,76	29,94
Troço 4-6	-30,0	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	4,50	86148,75	2,603	197,35	0,149	0,024	392,300	25,83	30661,75	2,632E-03	1,428E-06	2,493	0,025	25	25,56	29,94
Troço 2-7	-30,0	33,1	5,0	3/4"	19,46	19,10	1,90	108555,25	2,603	338,50	0,149	0,024	392,300	22,23	25962,55	5,342E-03	9,987E-06	5,132	0,045	32	11,16	24,99
Troço 7-8	-30,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	5,90	86186,70	2,603	227,35	0,149	0,024	392,300	22,89	24412,05	1,594E-03	9,442E-06	1,615	0,015	32	34,46	23,27
Troço 7-9	-30,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	30,00	86186,70	2,603	227,35	0,149	0,024	392,300	22,89	24412,05	5,044E-04	1,803E-06	0,346	0,003	32	181,49	23,27
Troço 9-10	-30,0	33,1	5,0	1 1/8"	28,39	28,60	30,00	10 1626,10	2,603	317,40	0,149	0,024	392,300	19,27	18147,8	1,221E-06	6,256E-06	0,286	0,002	40	216,52	20,75
Troço 10-11	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	2,52	96670,42	2,603	196,90	0,149	0,024	392,300	21,79	14810,52	4,624E-03	1,808E-06	0,886	0,006	32	16,14	25,66
Troço 10-12	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	44,03	75686,11	2,603	250,35	0,149	0,024	392,300	21,79	18964,75	1,090E-04	9,695E-07	0,204	0,002	32	306,41	25,67
Troço 11-13	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	1,15	96670,42	2,603	196,90	0,149	0,024	392,300	21,79	14810,52	9,330E-03	1,805E-06	7,303	0,074	32	8,00	25,66
Troço 12-14	-30,0	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	3,16	54755,76	2,603	139,47	0,149	0,024	392,300	25,83	30647,75	4,096E-03	1,339E-06	3,192	0,031	25	18,75	29,95
Troço 14-15	-30,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	4,41	43755,79	2,603	96,06	0,149	0,024	392,300	26,51	31446,96	4,890E-03	1,900E-06	2,766	0,025	25	22,67	27,49
Troço 14-16	-30,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	1,15	43755,79	2,603	96,06	0,149	0,024	392,300	26,51	31446,96	1,678E-02	6,137E-06	10,069	0,088	25	5,91	27,49
Linhas Líquido Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																						
Troço 1-2	-8,0	33,1	5,0	2 5/8"	38,14	48,30	55,12	148580,44	3,719	464,17	0,122	0,025	387,600	18,20	1434,76	1,020E-04	1,760E-06	0,125	0,001	40	331,51	14,92
Troço 2-3	-8,0	33,1	5,0	1 5/8"	38,25	41,30	3,82	20161,88	3,719	597,90	0,122	0,025	387,600	18,19	1905,78	1,114E-03	6,307E-06	1,902	0,018	40	21,39	14,92
Troço 3-4	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	3,15	10254,75	3,719	348,03	0,122	0,025	387,600	22,89	3065,25	2,260E-03	1,760E-06	0,547	0,005	32	11,49	14,93
Troço 3-5	-8,0	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	17,26	19922,62	3,719	664,37	0,122	0,025	387,600	22,06	2220,99	2,560E-04	1,960E-06	0,357	0,005	25	115,60	14,99
Troço 5-6	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	3,15	10254,75	3,719	348,03	0,122	0,025	387,600	22,89	3065,25	2,260E-03	1,760E-06	0,547	0,005	32	11,49	14,93
Troço 5-7	-8,0	33,1	5,0	1 1/8"	26,96	28,60	4,50	19866,59	3,719	682,55	0,122	0,025	387,600	22,27	2633,59	1,032E-03	6,486E-06	1,555	0,010	25	26,09	23,48
Troço 7-8	-8,0	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	4,24	87855,76	3,719	327,50	0,122	0,025	387,600	29,01	3435,44	2,021E-03	1,482E-06	2,259	0,025	19	17,97	28,61
Troço 7-9	-8,0	33,1	5,0	1 1/8"	26,96	28,60	22,51	15093,80	3,719	472,02	0,122	0,025	387,600	22,97	2036,75	2,498E-04	1,696E-06	0,311	0,004	32	130,50	23,48
Troço 9-10	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,96	89827,82	3,719	309,67	0,122	0,025	387,600	22,89	2725,82	1,692E-03	1,132E-06	1,243	0,016	32	18,16	14,93
Troço 9-11	-8,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	1,60	154021,14	3,719	481,13	0,122	0,025	387,600	24,00	2627,29	3,782E-03	2,767E-06	0,907	0,007	32	7,96	13,87
Troço 11-12	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	5,09	89827,82	3,719	309,67	0,122	0,025	387,600	22,89	2725,82	1,692E-03	1,132E-06	2,190	0,017	32	18,53	14,93
Troço 11-13	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,76	154874,16	3,719	354,06	0,122	0,025	387,600	22,89	3121,10	1,548E-03	1,037E-06	2,352	0,018	32	17,53	14,93
Troço 13-14	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,95	89827,82	3,719	309,67	0,122	0,025	387,600	22,89	2725,82	1,700E-03	1,140E-06	2,366	0,018	32	17,96	14,93
Troço 13-15	-8,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	9,89	28125,14	3,719	124,33	0,122	0,025	387,600	29,97	2199,03	7,370E-03	1,148E-06	0,152	0,001	19	35,59	24,48
Troço 2-16	-8,0	33,1	5,0	2 1/8"	60,44	64,00	5,98	304899,49	3,719	641,90	0,122	0,025	387,600	17,27	2036,52	5,229E-04	4,701E-06	1,061	0,012	40	36,52	15,35
Troço 16-17	-8,0	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	7,40	31120,82	3,719	154,06	0,122	0,025	387,600	29,01	3497,70	2,830E-03	6,307E-06	1,264	0,015	19	31,53	26,92
Troço 16-18	-8,0	33,1	5,0	2 1/8"	60,44	64,00	5,14	302981,87	3,719	637,25	0,122	0,025	387,600	17,27	2030,76	1,104E-03	4,701E-06	2,265	0,025	40	20,29	15,35
Troço 18-19	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	3,31	12907,63	3,719	418,34	0,122	0,025	387,600	22,89	3682,35	1,694E-03	1,703E-06	3,575	0,027	32	12,08	14,93
Troço 18-20	-8,0	33,1	5,0	2 1/8"	60,44	64,00	4,90	297915,49	3,719	740,70	0,122	0,025	387,600	17,27	1910,66	7,112E-04	4,701E-06	1,293	0,014	40	31,66	15,36
Troço 20-21	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	6,89	12451,15	3,719	406,40	0,122	0,025	387,600	22,89	3677,78	9,317E-04	1,612E-06	1,621	0,013	32	25,14	14,93
Troço 19-22	-8,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	6,51	30 7541,13	3,719	167,70	0,122	0,025	387,600	29,97	2969,65	5,660E-04	1,148E-06	0,208	0,002	19	45,44	14,32
Troço 22-23	-8,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	9,06	18093,05	3,719	646,28	0,122	0,025	387,600	24,00	3026,66	5,273E-04	4,487E-06	0,846	0,010	25	45,21	21,97
Troço 23-24	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	1,40	15033,20	3,719	431,07	0,122	0,025	387,600	22,89	3795,57	4,429E-03	1,074E-06	7,960	0,065	32	5,11	14,93
Troço 23-25	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	1,40	15033,20	3,719	431,07	0,122	0,025	387,600	22,89	3795,57	4,429E-03	4,429E-06	7,960	0,065	32	5,11	14,93
Troço 22-27	-8,0	33,1	5,0	1 5/8"	38,25	41,30	9,24	21286,21	3,719	614,21	0,122	0,025	387,600	18,19	1990,41	4,514E-04	1,307E-06	0,807	0,006	40	50,42	14,92
Troço 26-27	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	5,31	12907,63	3,719	418,34	0,122	0,025	387,600	22,89	3682,35	1,694E-03	1,703E-06	3,575	0,027	32	12,08	14,93
Troço 26-28	-8,0	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	4,66	19 9361,13	3,719	644,24	0,122	0,025	387,600	22,06	2152,92	6,687E-04	1,960E-06	0,347	0,005	25	30,55	14,66
Troço 28-29	-8,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	11,50	18093,05	3,719	646,28	0,122	0,025	387,600	24,00	3026,66	4,113E-04	4,487E-06	0,846	0,010	25	57,39	21,97
Troço 29-30	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,70	15033,20	3,719	431,07	0,122	0,025	387,600	22,89	3795,57	1,518E-03	1,064E-06	2,577	0,019	32	17,15	14,93
Troço 29-31	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,70	15033,20	3,719	431,07	0,122	0,025	387,600	22,89	3795,57	1,518E-03	1,064E-06	2,577	0,019	32	17,15	14,93
Troço 28-32	-8,0	33,1	5,0	1 1/8"	26,96	28,60	14,65	19900,62	3,719	591,52	0,122	0,025	387,600	22,97	2736,45	2,692E-04	2,359E-06	0,420	0,005	25	96,54	23,48
Troço 32-33	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,66	10133,26	3,719	349,68	0,122	0,025	387,600	22,89	3031,71	1,532E-03	1,073E-06	2,240	0,016	32	18,17	14,93
Troço 32-34	-8,0	33,1	5,0	1 1/8"	26,96	28,60	2,85	142252,41	3,719	491,05	0,122	0,025	387,600	22,97	2116,19	2,020E-03	1,340E-06	2,455	0,031	25	16,52	23,48
Troço 34-35	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,66	10133,26	3,719	349,68	0,122	0,025	387,600	22,89	3031,71	1,532E-03	1,073E-06	2,240	0,016	32	18,17	14,93
Troço 34-36	-8,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	4,67	11464,66	3,719	361,33	0,122	0,025	387,600	24,00	2523,76	1,469E-03	6,481E-06	1,743	0,020	25	23,50	21,97
Troço 36-37	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	6,16	10133,26	3,719	349,68	0,122	0,025	387,600	22,89	3031,71	1,226E-03	9,151E-06	1,814	0,014	32	22,47	14,93
Troço 36-38	-8,0	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	10,52	62178,48	3,719	319,72	0,122	0,025	387,600	29,01	3236,79	6,674E-04	6,307E-06	0,539	0,003	19	41,74	28,61
Linhas Aspiração Evaporadores Baixa Pressão(-42ºC)																						
Troço 1-2	-42,0	33,1	5,0	2 5/8"	62,64	66,70	60,10	121 6436,78	0,579	12 3,99	0,060	0,025	394,620	16,47	1613,09	5,238E-05	4,308E-07	0,093	0,001	40	686,85	32,03
Troço 2-3	-42,0	33,1	5,0	2 1/8"	50,44	54,00	1,69	76 0124,41	0,579	99,00	0,060	0,025	394,620	17,27	1788,14	3,961E-05	3,260E-06	0,066	0,001	40	25,91	30,45
Troço 2-4	-42,0	33,1	5,0	2 1/8"	51,86	55,40	12,66	10 1313,26	0,579	101,75	0,060	0,025	394,620	20,38	1032,15	1,764E-03	4,261E-06	0,881	0,006	40	84,51	21,98
Linhas Aspiração Evaporadores Intermedia Pressão(-30ºC)																						
Troço 1-2	-30,0	33,1	5,0	2 1/8"	50,44	54,00	21,23	76 9254,68	0,416	69,57	0,078	0,024	392,300	17,27	1416,04	2,098E-04	1,303E-06	0,264	0,003	40	219,65	24,57
Troço 2-3	-30,0	33,1	5,0	1 5/8"	38,25	41,30	4,66	70 0900,54	0,416	69,04	0,078	0,024	392,300	18,19	1732,90	1,144E-03	6,628E-06	1,527	0,015	40	40,89	22,90
Troço 3-4	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	1,40	42 2907,74	0,416	69,38	0,078	0,024	392,300	19,87	2174,49	5,223E-03	3,128E-06	7,216	0,066	40	6,87	19,27
Troço 4-5	-30,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	5,06	30 5453,57	0,416	41,92	0,078	0,024	392,300	22,89	2421,00	1,760E-03	1,760E-06	0,536	0,003	32	194,91	23,27
Troço 4-6	-30,0	33,1	5,0	1 3/8"	35,05	41,30	4,67	30 5453,57	0,416	41,92	0,078	0,024	392,300	22,89	2421,00	1,948E-03	1,144E-06	2,196	0,018	32	26,44	23,27
Troço 2-7	-30,0	33,1	5,0	1 1/8"	26,96	28,60	1,50	40 2150,70	0,416	69,64	0,078	0,024	392,300	19,27	1936,00	4,318E-03	5,184E-06	1,084	0,011	40	10,60	20,71
Troço 7-8	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	2,40	32 9326,23	0,416	44,09	0,078	0,024	392,300	19,87	1741,15	3,626E-03	4,139E-06	0,720	0,010	40	14,66	19,27
Troço 7-9	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	29,66	32 9326,23	0,416	44,09	0,078	0,024	392,300	19,87	1741,15	3,048E-04	1,481E-06	0,337	0,003	40	185,47	19,27
Troço 9-10	-30,0	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	5,36	57 8644,97	0,416	71,13	0,078	0,024	392,300	18,71	1723,50	1,090E-03	6,596E-06	1,449	0,014	40	42,93	21,97
Troço 10-11	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	2,55	39 1965,43	0,416	52,31	0,078	0,024	392,300	19,87	2046,25	3,024E-03	1,736E-06	3,962	0,031	40	10,79	19,27
Troço 11-12	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	45,03	40 1756,47	0,416	52,31	0,078	0,024	392,300	19,27	1983,42	1,692E-04	6,579E-07	0,196	0,002	40	318,12	20,71
Troço 12-13	-30,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	1,40	39 1965,43	0,416	52,31	0,078	0,024	392,300	19,87	2046,25	5,830E-03	3,128E-06	7,216	0,066	40	6,87	19,27
Troço 12-14	-30,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	2,66	19827,64	0,416	264,54	0,078	0,024	392,300	22,89	3830,99	5,190E-03	2,076E-06	3,946	0,033	32	15,65	23,28
Troço 14-15	-30,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	4,76	38 8362,97	0,416	26,51	0,078	0,024	392,300	26,51	3278,03	6,483E-03	2,519E-06	3,666	0,031	25	24,48	27,50
Troço 14-16	-30,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	1,40	38 8362,97	0,416	26,51	0,078	0,024	392,300	26,51	25 49,95	1,119E-02	5,941E-06	9,461	0,072	25	7,20	27,50
Linhas Aspiração Evaporadores Alta Pressão (-8ºC)																						
Troço 1-2	-8,0	33,1	5,0	2 5/8"	62,64	66,70	51,96	178 2848,66	0,779	224,82	0,092	0,023	387,600	16,47	1771,37	5,519E-05	4,960E-07	0,105	0,001	40	308,94	18,15
Troço 2-3	-8,0	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	1,02	115 5484,49	0,779	161,25	0,092	0,023	387,600	22,06	2435,96	3,995E-03	5,306E-06	6,031	0,083	25	6,72	24,99
Troço 3-4	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	3,15	49 965,34	0,779	79,67	0,092	0,023	387,600	22,89	2831,92	2,530E-03	1,760E-06	3,547	0,028	32	11,49	14,93
Troço 3-5	-8,0	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	17,26	66 4165,06	0,779	135,72	0,092	0,023	387,600	22,06	2098,21	2,778E-04	1,960E-06	0,357	0,005	25	115,59	24,99
Troço 5-6	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	3,15	49 965,34	0,779	79,67	0,092	0,023	387,600	22,89	2831,92	2,530E-03	1,760E-06	3,547	0,028	32	11,49	14,93
Troço 5-7	-8,0	33,1	5,0	1 1/8"	26,96	28,60	4,50	40 5156,16	0,779	127,73	0,092	0,023	387,600	22,97	2455,62	1,029E-03	6,486E-06	1,555	0,010	25	26,09	23,48
Troço 7-8	-8,0	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	4,24	42 3076,96	0,779	67,91	0,092	0,023	387,600	29,01	3230,66	2,148E-03	1,482E-06	2,259	0,026	19	17,97	28,61
Troço 7-9	-8,0	33,1	5,0	1 1/8"	26,96	28,60	22,51	75 287,43	0,779	123,63	0,092	0,023	387,600	22,97	2036,75	2,498E-04	1,696E-06	0,311	0,004	25	130,49	23,48
Troço 9-10	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,96	42 693,53	0,779	68,33	0,092	0,023	387,600	22,89	2536,55	1,692E-03	1,132E-06	2,243	0,016	32	18,16	14,93
Troço 9-11	-8,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	1,60	66 547,75	0,779	96,06	0,092	0,023	387,600	24,00	2447,75	4,093E-03	2,767E-06	5,907	0,057	32	7,96	25,67
Troço 11-12	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	5,09	42 693,53	0,779	68,33	0,092	0,023	387,600	22,89	2536,55	1,692E-03	1,132E-06	2,190	0,017	32	18,53	14,93
Troço 11-13	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,75	50 553,72	0,779	78,13	0,092	0,023	387,600	22,89	2907,61	1,692E-03	1,187E-06	2,352	0,018	32	17,53	14,93
Troço 13-14	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,95	42 693,53	0,779	68,33	0,092	0,023	387,600	22,89	2536,55	1,700E-03	1,140E-06	2,366	0,018	32	17,96	14,93
Troço 13-15	-8,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	9,89	13 6384,43	0,779	27,51	0,092	0,023	387,600	29,97	1786,24	2,532E-03	7,370E-06	1,148	0,022	19	35,57	24,48
Troço 2-16	-8,0	33,1	5,0	2 1/8"	50,44	54,00	5,98	14 9014,76	0,779	182,15	0,092	0,023	387,600	17,27	1908,04	4,701E-04	1,897E-06	0,427	0,012	40	36,51	15,35
Troço 16-17	-8,0	33,1	5,0	3/8"	8	9,52	7,40	20 467,64	0,779	37,31	0,092	0,023	387,600	29,31	3442,99	2,205E-03	9,990E-06	1,542	0,015	19	26,96	22,90
Troço 16-18	-8,0	33,1	5,0	2 1/8"	50,44	54,00	3,14	14 5768,02	0,779	159,69	0,092	0,023	387,600	17,27	1894,04	1,078E-03	6,957E-06	2,003	0,022	40	20,29	15,35
Troço 18-19	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	3,31	62 952,50	0,779	481,41	0,092	0,023	387,600	22,89	3830,71	2,032E-03	1,703E-06	3,575	0,027	32	12,08	14,93
Troço 18-20	-8,0	33,1	5,0	1 5/8"	38,25	41,30	4,90	19 693,94	0,779	293,62	0,092	0,023	387,600	18,19	2774,62	6,119E-04	6,409E-06	1,522	0,015	40	26,74	14,32
Troço 20-21	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	5,14	59 903,50	0,779	89,26	0,092	0,023	387,600	22,89	3533,29	7,538E-04	6,990E-06	1,222	0,010	32	33,54	14,93
Troço 20-22	-8,0	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	6,61	14 9 6,63	0,779	19 1,52	0,092	0,023	387,600	18,19	3438,55	3,952E-04	5,968E-06	0,676	0,006	40	46,44	14,32
Troço 22-23	-8,0	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,20	9,06	86 770,60	0,779	125,16	0,092	0,023	387,600	24,00	3 522,6	5,101E-04	4,487E-06	0,846	0,010	25	45,74	21,97
Troço 23-24	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,30	62 884,52	0,779	99,41	0,092	0,023	387,600	22,89	3493,09	1,547E-03	1,101E-06	2,166	0,020	32	16,69	14,93
Troço 23-25	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,30	62 884,52	0,779	99,41	0,092	0,023	387,600	22,89	3493,09	1,547E-03	1,101E-06	2,166	0,020	32	16,69	14,93
Troço 22-27	-8,0	33,1	5,0	1 5/8"	38,25	41,30	9,24	19 251,27	0,779	55 3,36	0,092	0,023	387,600	18,19	1894,40	4,693E-04	1,307E-06	0,807	0,006	40	50,42	14,32
Troço 26-27	-8,0	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	5,31	62 952,50	0,779	481,41	0,092	0,023	387,600	22,89	3830,71	2,032E-03	1,703E-06	3,575	0,027	32	12,08	14,93
Troço 26-28	-8,0	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	4,66	46 5442,00	0,779	139,46	0,092	0,023	387,600	22,06	2085,73	6,920E-04	1,960E-06	1,203	0,017	25	32,33	24,99
Troço 28-29	-8,0	33,1	5,0	7/8"	20,02

DETERMINAÇÃO DO ISOLAMENTO - TUBAGEM DESCONGELAÇÃO CO2																					
LINHAS	Temperatura CO2 (Tinf,i)	Temperatura Ar (Tinf,e)	Velocidade Ar (var)	Diâmetro Nominal Tubagem (DN)	Diâmetro Tubagem interior (Dint)	Diâmetro Tubagem Exterior (Dext)	Comprimento Tubagem (L)	Nº Reynolds (Re)	Nº Prandlt (Pr)	Nº Nussell (Nu)	Condutividade Térmica CO2 (kCO2)	Condutividade Térmica Isol. (kisol)	Condutividade Térmica Cobre (kcobre)	índice Convecção ar (har)	índice Convecção CO2 (hCO2)	Rconvecção, 1	Rcondução,1	Rcondução,2	Rconvecção, 2	Espessura Isol. (e)	Perdas Térmicas (Q)	Perdas Térmicas por Área (Q)
	[ºC]	[ºC]	[m/s]	["]	[mm]	[mm]	[m]	Adimensional	Adimensional	Adimensional	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m.ºC]	[W/m.ºC]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[mm]	[W]	[W/m2]
Linhas Gás Quente (Túneis)																					
Troço17-18	42,3	33,1	5,0	2 1/8"	50,44	54,00	6,05	3858012,69	0,017	1266,67	0,049	0,024	383,040	24,29	1230,51	8,47E-04	4,684E-06	0,315	0,015	9	-27,78	**-20,30**
Troço18-19	42,3	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	2,24	3031123,99	0,017	1044,38	0,049	0,024	387,680	28,65	1584,22	2,77E-03	1,533E-05	1,231	0,047	9	-7,18	**-19,29**
Troço19-20	42,3	33,1	5,0	1 3/8"	32,1	34,90	13,14	3031123,99	0,017	1044,38	0,049	0,024	387,680	28,65	1584,22	4,73E-04	2,613E-06	0,210	0,008	9	-42,13	**-19,29**
Linhas Gás Quente (Congelados e Picking)																					
Troço1-2	42,3	33,1	5,0	2 5/8"	62,64	66,70	26,70	4608140,76	0,017	1460,14	0,049	0,024	387,680	22,27	1142,19	1,66E-04	9,656E-07	0,059	0,003	9	-146,81	**-20,66**
Troço2-3	42,3	33,1	5,0	2 5/8"	62,64	66,70	4,68	4121438,26	0,017	1335,41	0,049	0,024	387,680	22,27	1044,62	1,03E-03	5,508E-06	0,338	0,018	9	-25,73	**-20,66**
Troço3-4	42,3	33,1	5,0	3/4"	16,96	19,10	0,89	1185641,31	0,017	492,87	0,049	0,024	387,680	34,66	1423,99	1,48E-02	5,481E-05	4,947	0,139	9	-1,80	**-17,39**
Troço4-5	42,3	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	33,16	725414,02	0,017	332,69	0,049	0,024	392,300	36,40	1176,18	5,88E-04	1,680E-06	0,151	0,004	9	-59,02	**-16,71**
Troço4-6	42,3	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	4,97	725414,02	0,017	332,69	0,049	0,024	387,680	36,40	1176,18	3,92E-03	1,134E-05	1,010	0,026	9	-8,85	**-16,71**
Troço2-7	42,3	33,1	5,0	7/8"	20,02	22,30	1,99	1522829,42	0,017	602,14	0,049	0,024	387,680	33,15	1473,76	5,67E-03	2,330E-05	2,065	0,063	9	-4,31	**-17,92**
Troço7-8	42,3	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	2,89	1099821,25	0,017	464,12	0,049	0,024	392,300	36,40	1640,83	4,99E-03	1,990E-05	1,798	0,046	9	-4,99	**-16,73**
Troço7-9	42,3	33,1	5,0	5/8"	13,86	15,90	30,90	1099821,25	0,017	464,12	0,049	0,024	394,820	36,40	1640,83	4,53E-04	1,791E-06	0,162	0,004	9	-55,05	**-16,73**
Troço3-10	42,3	33,1	5,0	2 1/8"	50,44	54,00	5,53	4719635,52	0,017	1488,34	0,049	0,024	387,680	24,29	1445,85	7,89E-04	5,063E-06	0,345	0,016	9	-25,40	**-20,30**
Troço10-11	42,3	33,1	5,0	3/4"	16,96	19,10	2,39	1099586,69	0,017	464,04	0,049	0,024	387,680	34,66	1340,89	6,08E-03	2,121E-05	1,914	0,054	9	-4,66	**-17,38**
Troço10-12	42,3	33,1	5,0	2 1/8"	50,44	54,00	44,03	4349909,31	0,017	1394,31	0,049	0,024	387,680	24,29	1354,50	1,05E-04	6,359E-07	0,043	0,002	9	-202,19	**-20,30**
Troço12-13	42,3	33,1	5,0	3/4"	16,96	19,10	0,25	1099586,69	0,017	464,04	0,049	0,024	387,680	34,66	1340,89	5,60E-02	1,951E-04	17,611	0,485	9	-0,51	**-17,38**
Troço12-14	42,3	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	3,18	564310,90	0,017	272,14	0,049	0,024	387,680	38,31	1221,13	7,50E-03	1,949E-05	1,841	0,043	9	-4,87	**-15,86**
Troço14-15	42,3	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	4,45	282155,45	0,017	156,30	0,049	0,024	387,680	38,31	701,36	9,42E-03	1,406E-05	1,327	0,031	9	-6,73	**-15,82**
Troço14-16	42,3	33,1	5,0	1/2"	10,92	12,70	1,13	282155,45	0,017	156,30	0,049	0,024	387,680	38,31	701,36	3,61E-02	5,391E-05	5,090	0,118	9	-1,75	**-15,82**

Anexo G.14 – Resultados Obtidos no Isolamento do Circuito de NH_3

DETERMINAÇÃO DO ISOLAMENTO - TUBAGEM NH3

LINHAS	Temperatura NH3 (Tinf,i)	Temperatura Ar (Tinf,e)	Velocidade Ar (var)	Diâmetro Nominal Tubagem (DN)	Diâmetro Tubagem interior (Dint)	Diâmetro Tubagem Exterior (Dext)	Comprimento Tubagem (L)	Nº Reynolds (Re)	Nº Prandlt (Pr)	Nº Nussell (Nu)	Cond. Térmica NH3 (kNH3)	Condutividade Térmica Isol. (kisol)	Condutividade Térmica Aço (kaço)	índice Convecção ar (har)	índice Convecção NH3 (hNH3)	Rconvecção,1	Rcondução,1	Rcondução,2	Rconvecção,2	Espessura Isol. (e)	Perdas Térmicas (Q)	Perdas Térmicas por Área (Q)
	[ºC]	[ºC]	[m/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	Adimensional	Adimensional	Adimensional	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m.ºC]	[W/m.ºC]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[k/Wm]	[mm]	[W]	[W/m2]
Linha de																						
Retorno Vap. Saturado (Entrada)	35,0	33,1	5,0	65,00	62,68	73,00	1,46	708862,60	1,243	1176,32	3,375	0,024	53,950	19,60	63338,92	5,493E-05	3,090E-04	2,027	0,049	20	-0,92	**-1,77**
Fornec. Líquido (Saída)	35,0	33,1	5,0	40,00	38,14	48,30	1,46	98633,13	1,290	244,95	4,878	0,024	53,950	22,65	31325,76	1,825E-04	4,772E-04	2,799	0,055	20	-0,67	**-1,64**
Alimenta																						
Linha Líquido (Entrada)	35,0	33,1	5,0	50,00	52,48	60,30	16,38	141363,86	1,280	330,38	4,878	0,024	53,950	20,72	30705,91	1,206E-05	2,502E-05	0,210	0,005	20	-8,83	**-1,71**
Equalização Pressão	35,0	33,1	5,0	100,00	102,26	114,30	6,59	868860,96	1,243	1384,49	3,375	0,024	53,950	16,50	45693,71	1,034E-05	4,983E-05	0,308	0,009	20	-5,98	**-1,67**
Permuta																						
Entrada	9,6	33,1	5,0	125,00	128,2	141,30	9,60	41426,46	8,546	216,31	0,060	0,023	57,560	15,10	101,13	2,557E-03	2,802E-05	0,179	0,006	20	125,31	**22,92**
Saída	9,6	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	7,55	544067,50	1,176	936,31	2,840	0,023	57,560	14,00	17258,00	1,586E-05	3,233E-05	0,195	0,007	20	116,41	**23,56**
Linha																						
Coletor Aspiração	9,6	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	3,12	544067,50	1,176	936,31	2,840	0,023	57,560	14,00	17258,00	3,837E-05	7,823E-05	0,471	0,017	20	48,11	**23,56**
Entrada Compressor BP	9,6	33,1	5,0	150,00	154,08	168,30	0,64	544067,50	1,176	936,31	2,840	0,023	57,560	14,00	17258,00	1,878E-04	3,830E-04	2,305	0,086	20	9,83	**23,56**
Linha																						
Linha Descarga (Ent. Condensador Evaporativo)	76,7	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	9,25	918134,82	0,954	1336,14	2,720	0,026	52,921	15,61	46641,30	9,469E-06	4,286E-05	0,425	0,007	40	-101,09	**-20,60**
Coletor Descarga	76,7	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	3,37	918134,82	0,954	1336,14	2,720	0,026	52,921	15,61	46641,30	2,599E-05	1,176E-04	1,166	0,018	40	-36,83	**-20,60**
Saída Compressor AP	76,7	33,1	5,0	80,00	77,92	88,90	1,08	918134,82	0,954	1336,14	2,720	0,026	52,921	15,61	46641,30	8,147E-05	3,688E-04	3,655	0,056	40	-11,75	**-20,60**

Anexo G.15 – Mapa Resumo da Instalação Frigorífica

CENTRAL FRIGORÍFICA - SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM CO2 SUBCRÍTICO E NH3			
Compressor (CO2): Circuito -42/-8 ºC (BP)			
Modelo	BITZER ALTERNATIVO 4PSL-25K	COP	3,43
Potência Compressão [kW]	53,90	Temperatura de Descarga [ºC]	59,6
Potência Elétrica Absorvida [kW]	15,7	Rotação [rpm]	1450
Deslocamento Volumétrico [m3/h]	40,4	ligações Aspiração / Discarga [in]	1 3/8" | 1 1/8"
Potência de Compressão Necessária do Ciclo [kW]	45,98	Sobredimensionamento [%]	14,69%
Caudal Volúmico de Óleo Injetado [L/min]	-	Volume de Óleo de Lubrificação [L]	2,6
Caudal Volúmico de Óleo Total [L/min]	-	Potência Térmica Rejeitada (Arref. Óleo) [kW]	-
		Características Óleo -> Cp = 1,93 kJ/kg | Densidade = 880 kg/m3	
Compressor (CO2): Circuito -30/-8 ºC (IP)			
Modelo	BITZER ALTERNATIVO 2DSL-5K	COP	6,01
Potência Compressão [kW]	21,40	Temperatura de Descarga [ºC]	32,5
Potência Elétrica Absorvida [kW]	3,55	Rotação [rpm]	1450
Deslocamento Volumétrico [m3/h]	11,1	ligações Aspiração / Discarga	7/8" | 5/8"
Potência de Compressão Necessária do Ciclo [kW]	20,58	Sobredimensionamento [%]	3,85%
Caudal Volúmico de Óleo Injetado [L/min]	-	Volume de Óleo de Lubrificação [L]	1,5
Caudal Volúmico de Óleo Total [L/min]	-	Potência Térmica Rejeitada (Arref. Óleo) [kW]	-
		Características Óleo -> Cp = 1,93 kJ/kg | Densidade = 880 kg/m3	
Compressor (CO2): Circuito -8/+35 ºC (AP)			
Modelo	BITZER ALTERNATIVO 4CTE-30K	COP	-
Potência Compressão [kW]	119,40	Temperatura de Descarga [ºC]	59,6
Potência Elétrica Absorvida [kW]	24,1	Rotação [rpm]	1450
Deslocamento Volumétrico [m3/h]	36	ligações Aspiração / Discarga [in]	1 1/8" | 3/4"
Potência de Compressão Necessária do Ciclo [kW]	111,19	Sobredimensionamento [%]	6,88%
Caudal Volúmico de Óleo Injetado [L/min]	-	Volume de Óleo de Lubrificação [L]	2,6
Caudal Volúmico de Óleo Total [L/min]	-	Potência Térmica Rejeitada (Arref. Óleo) [kW]	-
		Características Óleo -> Cp = 1,93 kJ/kg | Densidade = 880 kg/m3	
Depósito Separador (CO2): -42 ºC			
Parâmetros Mínimos			
		1ª Aproximação Diâmetro Mín. [mm]	*771,72*
Relação L/D	3,00	Diâm. Mínimo [mm]	1066,80
Relação H/D (Depósito meio Cheio)	0,50	Comprimento Mínimo Acomudação de Líq. [mm]	998,12
Volume Balast [dm3]	383,87	Comprimento Mínimo Separação [mm]	707,78
Volume Surge [dm3]	157,58		
Cálculo do Volume de Líquido de Surge			
Volume Líquido Tubagem [dm3]	31,29	Volume Evaporadores [dm3]	460,00
		Fração Líq. Linha Retorno Evap. (FL)	0,145
Comprimento Aprox. Tubagem [m]	75,18	fator R	0,170
Volume Líquido Evaporadores [dm3]	126,29	Fração Líq. nos Evaporadores (fv)	0,275

Cálculo do Volume de Líquido de Balast (holdup)

Caudal Volúmico Bombas Rec. [m3/s]	0,0013	Período de Alim. Bombas [min]	5,00

Cálculo do Volume de Vapor do Separador

Caudal Volúmico Vapor Separador [dm3/s]	15,14	Caudal Volúmico Vapor Evap. [dm3/s]	14,91
		Caudal Volúmico Vapor flash gas [dm3/s]	0,24

Cálculo da Velocidade Vertical Terminal de Vapor Corrigida

fator Kcr	0,025	Velocidade terminal de gás - Newton (Vt) [m/s]	0,031
visc. Dinâmica CO2 [mPa.s] @(9,34 bar(a); T= -42ºC)	0,2	Nº Reynolds	0,533
Diâmetro droplet [micron]	141,25	Coeficiente de Arrasto (Cd)	48,50
Velocidade vertical terminal de vapor (Ut) [m/s]	0,041	fator do separador (K)	0,0062
Velocidade vertical terminal de vapor corrigida (Uv) [m/s]	0,031		

Cálculo das Áreas Transversais Mínimas

Área Transversal Total [m2]		0,894		
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Ylll	0,157
Xlll		0,214	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,141
Altura de vapor (Hv) [mm]	*1ª Iteração*	304,80	Yv	0,236
Xv		0,286	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,211

Cálculo da velocidade de Vapor Atual

Velocidade de Vapor Atual (Vva) [m/s]	0,072	Tempo de Queda de Líq. (phi) [s]	9,854

Seleção de Separador

Modelo		**Horizontal Pump Recirculator - PHILLIPS - RVH-42146**		
Diâmetro [mm]		1066,80	Área Transversal Total [m2]	0,894
Comprimento útil [mm]		3048,00	Xlll	0,214
Comprimento Total [mm]		3708,40	Ylll	0,157
Relação L/D		3,48	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,141
Peso [kg]		1306,30	Xnll	0,298
Espessura mínima shell (Es) [mm]		6,03	Ynll	0,339
Espessura mínima heads (Eh) [mm]		6,02	Área Transversal Nível Normal (ANLL) [m2]	0,266
Pressão Design (Pd) [bar(a)]	*Coef. Segurança = 15%*	10,74	Xv	0,286
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Yv	0,236
Altura de Nível Normal (HNLL) [mm]		361,17	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,211
Altura de Nível Alto (HHLL) [mm]		762,00	Volume Depósito [dm3]	3511,45
Altura de vapor (Hv) [mm]		304,80		

NOTAS: *A primeira aproximação do diâmetro mínimo foi de 814,25 mm, selecionando-se um Depósito com diâmetro superior de 1066,80 mm;*
Nos comprimentos, a 1ª iteração foi Lseparação < Lacomodação, logo o dimensionamento inicial foi correto;

Depósito Separador (CO2): -30 ºC

Parâmetros Mínimos

		1ª Aproximação Diâmetro Mín. [mm]	*601,22*
Relação L/D	3,00	Diâm. Mínimo [mm]	762,00
Relação H/D (Depósito meio Cheio)	0,50	Comprimento Mínimo Acomudação de Líq. [mm]	1500,87
Volume Balast [dm3]	210,49	Comprimento Mínimo Separação [mm]	1467,57
Volume Surge [dm3]	45,53		

Cálculo do Volume de Líquido de Surge

Volume Líquido Tubagem [dm3]	17,35	Volume Evaporadores [dm3]	102,66
		Fração Líq. Linha Retorno Evap. (FL)	0,182
Comprimento Aprox. Tubagem [m]	160,89	fator R	0,223
Volume Líquido Evaporadores [dm3]	28,18	Fração Líq. nos Evaporadores (fv)	0,275

Cálculo do Volume de Líquido de Balast (holdup)

Caudal Volúmico Bombas Rec. [m3/s]	0,0007	Período de Alim. Bombas [min]	5,00

Cálculo do Volume de Vapor do Separador

Caudal Volúmico Vapor Separador [dm3/s]	23,67	Caudal Volúmico Vapor Evap. [dm3/s]	19,88
		Caudal Volúmico Vapor flash gas [dm3/s]	3,79

Cálculo da Velocidade Vertical Terminal de Vapor Corrigida

fator Kcr	0,025	Velocidade terminal de gás - Newton (Vt) [m/s]	0,041
visc. Dinâmica CO2 [mPa.s] @(14,29 bar(a); T= -30ºC)	0,164	Nº Reynolds	1,023
Diâmetro droplet [micron]	110,19	Coeficiente de Arrasto (Cd)	26,60
Velocidade vertical terminal de vapor (Ut) [m/s]	0,038	fator do separador (K)	0,0074
Velocidade vertical terminal de vapor corrigida (Uv) [m/s]	0,029		

Cálculo das Áreas Transversais Mínimas

Área Transversal Total [m2]		0,456		
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Ylll	0,252
Xlll		0,300	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,115
Altura de vapor (Hv) [mm]	*1ª Iteração*	304,80	Yv	0,374
Xv		0,400	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,170

Cálculo da velocidade de Vapor Atual

Velocidade de Vapor Atual (Vva) [m/s]	0,139	Tempo de Queda de Líq. (phi) [s]	10,561

Seleção de Separador

Modelo		**Horizontal Pump Recirculator - PHILLIPS - RVH-30140**		
Diâmetro [mm]		762,00	Área Transversal Total [m2]	0,456
Comprimento útil [mm]		3048,00	Xlll	0,300
Comprimento Total [mm]		3556,00	Ylll	0,252
Relação L/D		4,67	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,115
Peso [kg]		1306,30	Xnll	0,404
Espessura mínima shell (Es) [mm]		6,63	Ynll	0,424
Espessura mínima heads (Eh) [mm]		6,59	Área Transversal Nível Normal (ANLL) [m2]	0,184
Pressão Design (Pd) [bar(a)]	*Coef. Segurança = 15%*	16,43	Xv	0,400
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Yv	0,374
Altura de Nível Normal (HNLL) [mm]		323,31	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,170
Altura de Nível Alto (HHLL) [mm]		457,20	Volume Depósito [dm3]	1595,93
Altura de vapor (Hv) [mm]		304,80		

NOTAS: *A primeira aproximação do diâmetro mínimo foi de 601,22 mm, selecionando-se um Depósito com diâmetro superior de 762,00 mm;*
Nos comprimentos, a 1ª iteração foi Lseparação < Lacomodação, logo o dimensionamento inicial foi correto;

Depósito Separador (CO2): -8 ºC

Parâmetros Mínimos

		1ª Aproximação Diâmetro Mín. [mm]	*860,58*
Relação L/D	3,00	Diâm. Mínimo [mm]	1066,80
Relação H/D (Depósito meio Cheio)	0,50	Comprimento Mínimo Acomudação de Líq. [mm]	2341,67
Volume Balast [dm3]	652,01	Comprimento Mínimo Separação [mm]	2332,23
Volume Surge [dm3]	98,84		

Cálculo do Volume de Líquido de Surge

Volume Líquido Tubagem [dm3]	70,60	Volume Evaporadores [dm3]	102,84
		Fração Líq. Linha Retorno Evap. (FL)	0,265
Comprimento Aprox. Tubagem Retorno Evap.[m]	279,09	fator R	0,360
Volume Líquido Evaporadores [dm3]	28,23	Fração Líq. nos Evaporadores (fv)	0,275

Cálculo do Volume de Líquido de Balast (holdup)

Caudal Volúmico Bombas Rec. [m3/s]	0,0022	Período de Alim. Bombas [min]	5,00

Cálculo do Volume de Vapor do Separador

Caudal Volúmico Vapor Separador [dm3/s]	29,65	Caudal Volúmico Vapor Evap. + Descargas [dm3/s]	25,98
		Caudal Volúmico Vapor flash gas [dm3/s]	3,67

Cálculo da Velocidade Vertical Terminal de Vapor Corrigida

fator Kcr	0,025	Velocidade terminal de gás - Newton (Vt) [m/s]	0,022
visc. Dinâmica CO2 [mPa.s] @(28,07 bar(a); T= -8ºC)	0,114	Nº Reynolds	1,037
Diâmetro droplet [micron]	71,62	Coeficiente de Arrasto (Cd)	26,30
Velocidade vertical terminal de vapor (Ut) [m/s]	0,020	fator do separador (K)	0,0060
Velocidade vertical terminal de vapor corrigida (Uv) [m/s]	0,015		

Cálculo das Áreas Transversais Mínimas

Área Transversal Total [m2]		0,894		
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Ylll	0,157
Xlll		0,214	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,141
Altura de vapor (Hv) [mm]	*2ª Iteração*	520,00	Yv	0,484
Xv		0,487	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,433

Cálculo da velocidade de Vapor Atual

Velocidade de Vapor Atual (Vva) [m/s]	0,069	Tempo de Queda de Líq. (phi) [s]	34,031

Seleção de Separador

Modelo		**Horizontal Pump Recirculator - PHILLIPS - RVH-42146**		
Diâmetro [mm]		1066,80	Área Transversal Total [m2]	0,894
Comprimento útil [mm]		3048,00	Xlll	0,214
Comprimento Total [mm]		3708,40	Ylll	0,157
Relação L/D		3,48	Área Transversal Baixo Nível (ALLL) [m2]	0,141
Peso [kg]		1306,30	Xnll	0,397
Espessura mínima shell (Es) [mm]		11,91	Ynll	0,418
Espessura mínima heads (Eh) [mm]		11,77	Área Transversal Nível Normal (ANLL) [m2]	0,354
Pressão Design (Pd) [bar(a)]	*Coef. Segurança = 15%*	32,29	Xv	0,487
Altura de Nível Baixo (HLLL) [mm]		228,60	Yv	0,484
Altura de Nível Normal (HNLL) [mm]		446,45	Área Transversal Vapor (Av) [m2]	0,433
Altura de Nível Alto (HHLL) [mm]		546,80	Volume Depósito [dm3]	3511,45
Altura de vapor (Hv) [mm]		520,00		

NOTAS: *A primeira aproximação do diâmetro mínimo foi de 860,58 mm, selecionando-se um Depósito com diâmetro superior de 1066,80 mm;*

Nos comprimentos, a 1ª iteração foi Lacomudação << Lseparação, logo aumentou-se Hv de 304,80mm para 520 mm, obtendo Lseparação < Lacomodação;

Permutador "Plate & Shell" CO2/NH3:

Modelo **VAHTERUS PSHE 7HH-464/1/1**

Potência Nominal [kW]	1200,00	Diâmetro da "Shell" [mm]	880,00
Potência de Condensação Necessária [kW]	883,93	Material	Aço AISI 316
Sobredimensionamento [%]	26,34%	Espessura do "Plate" [mm]	1,00
Área de Permuta [m2]	207,60	Comprimento x Largura x Altura [mm]	1695x1386
Resistência de Incrustação (Fouling) [m2.K/W]	6,00E-05	Peso em Vazio [kg]	3580,00
Direção de Fluxos	Concorrentes		

Fluido Primário - CO2		***Fluido Secundário - Amoníaco***	
Caudal Mássico [kg/h]	17640,00	Caudal Mássico [kg/h]	3240,00
Temp. Entrada [ºC]	-5,00	Temp. Entrada [ºC]	-8,00
Temp. Saída [ºC]	-5,00	Temp. Saída [ºC]	-8,00
Perda de Carga [kPa(a)]	0,60	Perda de Carga [kPa(a)]	1,20
Velocidade de Entrada [m/s]	2,94	Velocidade de Entrada [m/s]	0,08
Velocidade de Saída [m/s]	0,26	Velocidade de Saída [m/s]	5,39
Pressão Design [bar (a)]	60,00	Pressão Design [bar (a)]	60,00
Pressão de Teste [bar(a)]	60,00	Pressão de Teste [bar(a)]	60,00
Volume de Líquido [dm3]	241,20	Volume de Líquido [dm3]	322,80

Depósito de Líquido (CO2):

Modelo **CENTAURO Horizontal CRH-500**

Volume Condensador Evaporativo [dm3]	241,20	Diâmetro [mm]	610
Volume de Líquido Tubagem Saída Permutador [dm3]	69,05	Comprimento Total [mm]	1786
Volume Total de Líquido a Armazenar [dm3]	310,25	Ligações Entrada/Saída ["]	2"
Volume Adicional [dm3]	-	Ligação purga ["]	3/4"
Volume Depósito [dm3]	500	Ligação picagem de Equalização ["]	4"
Sobredimensionamento [%] *Valor ótimo = 20 %*	37,95%	Peso [kg]	257,5

NOTAS: *Neste lado do Sistema, não existe Condensador Evaporativo, pelo que se espera que o Depósito de Líquido apenas acomode o Volume de Tubagem do Permutador CO2/NH3. Porém, considera-se um volume adicional de 300 L como "Buffer" deste lado do circuito, para salvaguardar a instalação;*

Bombas Recirculadores de CO2 Baixa Pressão:

Modelo **WITT NRP W-2/12-8050-40**

Temperatura de Evaporação [ºC]	-42	Diferencial de Pressão [bar]	2,11
Caudal Volúmico [m3/h]	2,3	Velocidade de Rotação [rpm]	2900
Frequência [Hz]	50	Peso [kg]	104
Altura Manométrica Instalação [m.c.l]	19,12	Potência Absorvida [kW]	4,2
Altura Manométrica Bomba [m.c.l]	42,9	Dimensões máximas CxLxH [mm]	511x282x320
NPSH Disponível [m.c.l]	2,20	Ligações Entrada/Saída [mm]	DN150
NPSH Requerido [m.c.l]	1,00		

Instalação possui 2 bombas em Paralelo

Bombas Recirculadores de CO2 Intermédia Pressão:

Modelo **WITT NRP W-2/12-8050-40**

Temperatura de Evaporação [ºC]	-30	Diferencial de Pressão [bar]	2,65
Caudal Volúmico [m3/h]	1,26	Velocidade de Rotação [rpm]	2900
Frequência [Hz]	50	Peso [kg]	104
Altura Manométrica Instalação [m.c.l]	24,83	Potência Absorvida [kW]	4,2
Altura Manométrica Bomba [m.c.l]	42,9	Dimensões máximas CxLxH [mm]	511x282x320
NPSH Disponível [m.c.l]	2,40	Ligações Entrada/Saída [mm]	DN150
NPSH Requerido [m.c.l]	1,00		

Instalação possui 2 bombas em Paralelo

Bombas Recirculadores de CO2 Alta Pressão:

Modelo **WITT NRP W-2/12-8050-40**

Temperatura de Evaporação [ºC]	-8	Diferencial de Pressão [bar]	2,9
Caudal Volúmico [m3/h]	3,92	Velocidade de Rotação [rpm]	2900
Frequência [Hz]	50	Peso [kg]	104
Altura Manométrica Instalação [m.c.l]	30,39	Potência Absorvida [kW]	4,2
Altura Manométrica Bomba [m.c.l]	43	Dimensões máximas CxLxH [mm]	511x282x320
NPSH Disponível [m.c.l]	2,16	Ligações Entrada/Saída [mm]	DN150
NPSH Requerido [m.c.l]	1,00		

Instalação possui 2 bombas em Paralelo

Compressor (NH3): Circuito +16,8 / +35 ºC (AP)

Modelo	MYCOM ALTERNATIVO N2K	COP	7,73
Potência Compressão [kW]	100,50	Temperatura de Descarga [ºC]	70,2
Potência Elétrica Absorvida [kW]	13	Rotação [rpm]	1670
Deslocamento Volumétrico [m3/h]	73,9	ligações Aspiração / Discarga [in]	2" | 1 1/2"
Potência de Compressão Necessária do Ciclo [kW]	98,86	Sobredimensionamento [%]	1,64%
Caudal Volúmico de Óleo Injetado [L/min]	-	Volume de Óleo de Lubrificação [L]	-
Caudal Volúmico de Óleo Total [L/min]	-	Potência Térmica Rejeitada (Arref. Óleo) [kW]	-

Características Óleo -> Cp = 1,93 kJ/kg | Densidade = 880 kg/m3

Condensador Evaporativo:

Modelo		BALTIMORE -VXC 205	
Temperatura Condensação [ºC]	35	Potência Ventiladores [kW]	15
Temperatura Bolbo Húmido entrada Ar [ºC]	24	Nº Ventiladores	3
Potência de Condensação [kW]	997,43	Caudal de Água [m3/s]	13,9
Capacidade Nominal [kW]	884	Potência Bomba Circulador [kW]	1,5
Capacidade Corrigida [kW]	1149,2	Ligações inlet / outlet [in]	
fator correção R717 (Tabela 2)	1,3	Dimensões (CxLxH) [mm]	3995x1438x3565
fator correção desobreaquecedor (Tabela 3)	1	peso em vazio [kg]	3255
Sobredimensionamento [%]	13,21%	peso cheio [kg]	3980
Caudal de Ar [m3/s]	16,9	Carga de NH3 [kg]	111
		Volume de NH3 [dm3]	192,03

Depósito de Líquido (NH3):

Modelo	CENTAURO Horizontal CRH-500		
Volume Condensador Evaporativo [dm3]	192,03	Diâmetro [mm]	610
Volume de Líquido Tubagem Saída Permutador [dm3]	161,02	Comprimento Total [mm]	1786
Volume Total de Líquido a Armazenar [dm3]	353,05	Ligações Entrada/Saída ["]	2"
Volume Depósito [dm3]	500	Ligação purga ["]	3/4"
Sobredimensionamento [%] *Valor ótimo = 20 %*	29,39%	Ligação picagem de Equalização ["]	4"
		Peso [kg]	257,5

NOTAS: *Este Depósito de Líquido será responsável por acomodar o líquido da tubagem de saída do Condensador Evaporativo e o volume interno deste equipamento;*

Anexo G.16 – Mapa de Quantidades e Custos

MAPA DE QUANTIDADES E CUSTOS - SISTEMA INUNDADO EM CASCATA COM CO2 SUBCRÍTICO E NH3

Marca	Designação	Modelo	Qte.	Un.	Custo Unitário	Custo	Fornecedor
COMPRESSORES							
BITZER	Compressor Alternativo BP a CO2 (Tevap = -42ºC)	4PSL-25K	1	Un	10 921,00 €	10 921,00 €	PARALTE
BITZER	Compressor Alternativo IP a CO2 (Tevap = -30ºC)	2DSL-5K	1	Un	5 260,00 €	5 260,00 €	PARALTE
BITZER	Compressor Parafuso AP a CO2 (Tevap = -8ºC)	4CTE-30K	1	Un	17 835,00 €	17 835,00 €	PARALTE
MYCOM	Compressor Parafuso AP a NH3 (Tevap = 16,8ºC)	N2K	1	Un	15 868,44 €	15 868,44 €	PARALTE
CONDENSADOR EVAPORATIVO							
BALTIMORE	Condensador Evaporativo (Tcond = 35ºC)	VXC205	1	Un	51 289,00 €	51289	ACS SOLUTIONS
DEPÓSITOS SEPARADORES							
PHILLIPS	Horizontal Pump Recirculator (Depósito Separador 3), V = 3511 L	RVH-42146	1	Un	15 700,00 €	15 700,00 €	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador ICAD	ICM65B-50 + ICAD	1	Un	6 600,00 €	6 600,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Controlador de Nível	EKC347	1	Un	1 167,00 €	1 167,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	1	Un	4 623,00 €	4 623,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 995 SF	1	Un	3 546,00 €	3 546,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	4	Un	360,00 €	1 440,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV1	1	Un	1 243,00 €	1 243,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA15-50	2	Un	582,00 €	1 164,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	1	Un	107,00 €	107,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Baixa Pressão	MPG-NH3V-15/100	1	Un	268,00 €	268,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP1A	1	Un	360,00 €	360,00 €	PECOMARK
CASTEL	Visor de Líquido	3777E/11	1	Un	229,00 €	229,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Filtro Desidratador Desmontável (2 cartuxos com 96mm Diâmetro)	DCR 096 17dB	1	Un	1 252,00 €	1 252,00 €	PECOMARK
PHILLIPS	Horizontal Pump Recirculator (Depósito Separador 2), V = 1595 L	RVH-30140	1	Un	14 000,00 €	14000	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador ICAD	ICM65B-50 + ICAD	1	Un	6 600,00 €	6 600,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Controlador de Nível	EKC347	1	Un	1 167,00 €	1 167,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	1	Un	4 623,00 €	4 623,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 740 SF	1	Un	2 925,00 €	2 925,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	4	Un	360,00 €	1 440,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV1	1	Un	1 243,00 €	1 243,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA15-50	2	Un	582,00 €	1 164,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	1	Un	107,00 €	107,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Baixa Pressão	MPG-NH3V-25/100	1	Un	268,00 €	268,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP1A	1	Un	360,00 €	360,00 €	PECOMARK
CASTEL	Visor de Líquido	3777E/11	1	Un	229,00 €	229,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Filtro Desidratador Desmontável (2 cartuxos com 96mm Diâmetro)	DCR 096 17dB	1	Un	1 252,00 €	1 252,00 €	PECOMARK
PHILLIPS	Horizontal Pump Recirculator (Depósito Separador 3), V = 3511 L	RVH-42146	1	Un	15 700,00 €	15 700,00 €	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador ICAD	ICM65B-100 + ICAD	1	Un	6 600,00 €	6 600,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Controlador de Nível	EKC347	1	Un	1 167,00 €	1 167,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	1	Un	4 623,00 €	4 623,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 995 SF	1	Un	3 546,00 €	3 546,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	4	Un	360,00 €	1 440,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV1	1	Un	1 243,00 €	1 243,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA15-50	2	Un	582,00 €	1 164,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	1	Un	107,00 €	107,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Baixa Pressão	MPG-NH3V-25/100	1	Un	268,00 €	268,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP1A	1	Un	360,00 €	360,00 €	PECOMARK
CASTEL	Visor de Líquido	3777E/11	1	Un	229,00 €	229,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Filtro Desidratador Desmontável (2 cartuxos com 96mm Diâmetro)	DCR 096 17dB	1	Un	1 252,00 €	1 252,00 €	PECOMARK
DEPÓSITOS DE LÍQUIDO (CO2 E NH3)							
CENTAURO	Depósito de Líquido Horizontal (1 para CO2 e outro para NH3)	CRH-500	2	Un	3 800,00 €	7600	TALLER CAMPIÑOS
Dispositivos de Controlo e Segurança							
DONFOSS	Regulador Eletrónico Nível com 1,2 mts	AKS4100	2	Un	4 623,00 €	9 246,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Nível de Líquido	LLG 590 SF	2	Un	2 517,00 €	5 034,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	8	Un	360,00 €	2 880,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Duplo Desvio	DSV10	2	Un	961,00 €	1 922,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Alívio Segurança	SFA10	4	Un	622,00 €	2 488,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	2	Un	107,00 €	214,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro Alta Pressão	MPG-NH3V-25/100	2	Un	268,00 €	536,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Pressóstato Mecânico com Reativação Automática	KP5A	2	Un	360,00 €	720,00 €	PECOMARK
PERMUTADOR PLATE AND SHELL (CO2 / NH3)							
VAHTERUS	Permutador de placas e casco CO2/NH3	PSHE 7HH-464/1/1	1	Un	63 500,00 €	63 500,00 €	VAHTERUS
Dispositivos de Controlo							
DONFOSS	Controlador	AK-CC210	1	Un	282,00 €	282,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Lados de NH3 e CO2)	AKS21	2	Un	427,00 €	854,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS125+EVM	1	Un	8 790,00 €	8 790,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador CVP	ICS65+CVP	1	Un	3 926,00 €	3 926,00 €	PECOMARK
BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO							
WITT	Bombas Recirculação Baixa Pressão	NRP W-2/12-8050-40	2	Un	10 836,00 €	21 672,00 €	WITT
Dispositivos de Controlo e Segurança							
JOHNSON CONTROLS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Regulação de 3 a 42 bar)	P77BEB	2	Un	183,00 €	366,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	2	Un	107,00 €	214,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro (0 a 60 bar)	MCO2/60-100	2	Un	216,00 €	432,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA32	3	Un	360,00 €	1 080,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
WITT	Bombas Recirculação Intermédia Pressão	NRP W-2/12-8050-40	2	Un	10 836,00 €	21 672,00 €	WITT

Dispositivos de Controlo e Segurança							
JOHNSON CONTROLS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Regulação de 3 a 42 bar)	P77BEB	2	Un	183,00 €	366,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	2	Un	107,00 €	214,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro (0 a 60 bar)	MCO2/60-100	2	Un	216,00 €	432,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA25	3	Un	321,00 €	963,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
WITT	Bombas Recirculação Alta Pressão	NRP W-2/12-8050-40	2	Un	10 836,00 €	21 672,00 €	WITT
Dispositivos de Controlo e Segurança							
JOHNSON CONTROLS	Pressóstato Mecânico Diferencial (Regulação de 3 a 42 bar)	P77BEB	2	Un	183,00 €	366,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Serviço	SNV10	2	Un	107,00 €	214,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Manómetro (0 a 60 bar)	MCO2/60-100	2	Un	216,00 €	432,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula de Bloqueio	SVA40	3	Un	413,00 €	1 239,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
					CENTRAL FRIGORÍFICA	***395 313,44 €***	***SUBTOTAL***
EVAPORADORES CO2							
THERMONKEY	Túneis de Congelação (Tevap = -42ºC)	ICN5631110P5HRS	2	Un	31 360,00 €	62 720,00 €	SOLINDERG
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG50-B	2	Un	720,00 €	1 440,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS40 + EVM	2	Un	2 288,00 €	4 576,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS40 + EVM	2	Un	2 288,00 €	4 576,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DD 7J2/19	2	Un	4 032,80 €	8 065,60 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	2	Un	327,00 €	654,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 3)	AKV15-3	2	Un	444,00 €	888,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS20 + EVM	2	Un	1 336,00 €	2 672,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DD 7J4/34	2	Un	8 174,20 €	16 348,40 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG25-B	2	Un	452,00 €	904,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 4)	AKV15-4	2	Un	444,00 €	888,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS25 + EVM	2	Un	1 430,00 €	2 860,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DD 7J3/25	2	Un	5 253,70 €	10 507,40 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	2	Un	327,00 €	654,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 4)	AKV15-4	2	Un	444,00 €	888,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS20 + EVM	2	Un	1 336,00 €	2 672,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DD 7E2/7	2	Un	1 879,00 €	3 758,00 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG10-B	2	Un	285,00 €	570,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 2)	AKV15-2	2	Un	444,00 €	888,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS20 + EVM	2	Un	1 336,00 €	2 672,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Congelados (Tevap = -30ºC)	DD 7E2/7	2	Un	1 879,00 €	3 758,00 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG10-B	2	Un	285,00 €	570,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 2)	AKV15-2	2	Un	444,00 €	888,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
Dispositivos de Controlo e Segurança (Circuito Descongelação)							
DONFOSS	Válvula Solenóide com Atuador EVM	ICS25-15 + EVM	2	Un	309,00 €	618,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Reguladora de Pressão	OFV25	2	Un	673,00 €	1 346,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Refrigerados (Tevap = -8ºC)	MT 4E3/16	1	Un	3 069,40 €	3 069,40 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	1	Un	282,00 €	282,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	1	Un	327,00 €	327,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 3)	AKV15-3	1	Un	444,00 €	444,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	3	Un	427,00 €	1 281,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Refrigerados (Tevap = -8ºC)	MT 4C2/6	2	Un	1 499,30 €	2 998,60 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG10-B	2	Un	285,00 €	570,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 2)	AKV15-2	2	Un	444,00 €	888,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	CBN 4F3/16	4	Un	4 288,70 €	17 154,80 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	4	Un	282,00 €	1 128,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG20-B	4	Un	346,00 €	1 384,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 4)	AKV15-4	4	Un	444,00 €	1 776,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	12	Un	427,00 €	5 124,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	CBN 4B2/6	2	Un	1 704,40 €	3 408,80 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	2	Un	282,00 €	564,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG20-B	2	Un	346,00 €	692,00 €	PECOMARK

DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 4)	AKV15-4	2	Un	444,00 €	888,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	6	Un	427,00 €	2 562,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	CBN 4B3/9	1	Un	2 309,40 €	2 309,40 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	1	Un	282,00 €	282,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG15-B	1	Un	327,00 €	327,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 3)	AKV15-3	1	Un	444,00 €	444,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	3	Un	427,00 €	1 281,00 €	PECOMARK
CENTAURO	Evaporadores de Climatizados (Tevap = -8ºC)	CBN 4B4/12	8	Un	2 971,90 €	23 775,20 €	CENTAURO
Dispositivos de Controlo (Circuito CO2)							
DONFOSS	Controlador de Evaporador	AK-CC210	8	Un	282,00 €	2 256,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Valvula de Controle e Regulagem	REG20-B	8	Un	346,00 €	2 768,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Válvula Solenóide (orifício 4)	AKV15-4	8	Un	444,00 €	3 552,00 €	PECOMARK
DONFOSS	Sensores de Temperatura (Evaporador + Tabuleiro + Ambiente)	AKS21	24	Un	427,00 €	10 248,00 €	PECOMARK
					EVAPORADORES	***244 417,60 €***	***SUBTOTAL***
CARGA FLUIDOS FRIGORIGÉNIOS E ÓLEO							
PECOMARK	Fluido Primário - R744 (CO2)	R744	3144,201	kg	12,26 €	38 547,91 €	PECOMARK
LINDE	Fluido Secundário - R717 (NH3)	R717	154,5611	kg	5,50 €	850,09 €	LINDE
PETRO CANADA	Óleo Lubrificante - REFLO 68A (compressor MYCOM N2K)	REFLO 68A	7,92	kg	14,75 €	116,82 €	RODAVIGO
BITZER	Óleo Lubrificante - BSE60K (compressores BITZER 4PSL-25K e 2DSL-5K)	BSE60K	4,141	kg	59,40 €	245,98 €	PECOMARK
BITZER	Óleo Lubrificante - BSE85K (Compressor 4CTE-30K)	BSE85K	2,5818	kg	151,60 €	391,40 €	PECOMARK
					CARGA DE FLUIDOS	***40 152,19 €***	***SUBTOTAL***
TUBAGEM (CIRCUITO CO2)							
Cobre Alta Pressão							
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S120 Ø 3/8" x 0,56	-	50	m	8,00 €	400,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S120 Ø 1/2" x 0,75	-	75	m	14,00 €	1 050,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 5/8" x 0,63	-	240	m	3,20 €	768,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 3/4" x 0,76	-	5	m	4,60 €	23,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 7/8" x 0,88	-	145	m	6,00 €	870,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 1/8" x 1,20	-	185	m	10,40 €	1 924,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 3/8" x 1,47	-	65	m	15,20 €	988,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 5/8" x 1,73	-	140	m	21,40 €	2 996,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE TB Ø 2 1/8" x 1,25	-	155	m	16,50 €	2 557,50 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE TB Ø 2 5/8" x 1,65	-	215	m	27,25 €	5 858,75 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE TB Ø 3 1/8" X 1,65		30	m	32,75 €	982,50 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE TB Ø 4 1/8" x 2,7	-	6	m	78,50 €	471,00 €	PECOMARK
Aço Shedule 40							
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 33,4x 3,38	-	5	m	4,36 €	21,80 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 42,2x 3,56	-	5	m	5,39 €	26,95 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 48,3x 3,68	-	5	m	7,08 €	35,40 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 60,3x 3,91	-	5	m	8,48 €	42,40 €	GRUPO CUÑADO
TUBAGEM (CIRCUITO DESCONGELAÇÃO CO2)							
Shedule 40							
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S120 Ø 3/8" x 0,56	-	10	m	8,00 €	80,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S120 Ø 1/2" x 0,75	-	75	m	14,00 €	1 050,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 3/4" x 0,76	-	5	m	4,60 €	23,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 7/8" x 0,88	-	5	m	6,00 €	30,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 3/8" x 1,47	-	20	m	15,20 €	304,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE TB Ø 2 1/8" x 1,25	-	60	m	16,50 €	990,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TUBO COBRE TB Ø 2 5/8" x 1,65	-	35	m	27,25 €	953,75 €	PECOMARK
					TUBAGEM DE CO2	***22 446,05 €***	***SUBTOTAL***
ISOLAMENTO DE TUBAGEM (CIRCUITO CO2)							
AF-CO Espessura 9 mm							
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 3/8" x 1,47	-	2	m	10,00 €	20,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 5/8" x 1,73	-	2	m	13,00 €	26,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 2 1/8" x 1,25	-	22	m	16,00 €	352,00 €	PECOMARK
AF-CO Espessura 13 mm							
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 3 1/8" X 1,65	-	7	m	28,00 €	196,00 €	PECOMARK
AF-CO Espessura 19 mm							
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S120 Ø 3/8" x 0,56	-	28	m	14,00 €	392,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S120 Ø 1/2" x 0,75	-	29	m	16,00 €	464,00 €	PECOMARK
AF-CO Espessura 25 mm							
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S120 Ø 3/8" Coquilha de 19mm (+ Coquilha de 6mm de Ø 1 1/8")	-	78	m	18,00 €	1 404,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S120 Ø 1/2" Coquilha de 19mm (+ Coquilha de 6mm de Ø 1 3/8")	-	42	m	20,90 €	877,80 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 7/8" x 0,88	-	62	m	28,00 €	1 736,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 1/8" x 1,20	-	90	m	31,00 €	2 790,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 3/8" x 1,47	-	48	m	37,00 €	1 776,00 €	PECOMARK
AF-CO Espessura 32 mm							
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 5/8" x 0,63	-	238	m	40,00 €	9 520,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 3/4" x 0,76	-	2	m	42,00 €	84,00 €	PECOMARK
AF-CO Espessura 40 mm							
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 7/8" x 1,47 coquilha 32mm (+ coquilha de 9 mm de Ø 2 5/8")	-	90	m	64,00 €	5 760,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 1/8" x 1,47 coquilha 32mm (+ coquilha de 9mm de Ø 2")	-	84	m	69,00 €	5 796,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 3/8" x 1,47 coquilha 32mm (+ coquilha de 9mm de Ø 2 1/2")	-	6	m	81,00 €	486,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 5/8" x 1,73	-	123	m	78,00 €	9 594,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 2 1/8" x 1,25	-	62	m	98,00 €	6 076,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 2 5/8" x 1,65	-	196	m	106,00 €	20 776,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 3 1/8" X 1,65	-	18	m	132,00 €	2 376,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 4 1/8" x 2,7	-	1	m	189,00 €	189,00 €	PECOMARK
Espessura Poliuretano 30mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	2	m	21,22 €	42,44 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 60,3 (DN50)	-	1	m	23,36 €	23,36 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 40mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 33,4 (DN25)	-	3	m	22,19 €	66,57 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 42,2 (DN32)	-	1	m	23,75 €	23,75 €	MUNDISOL

Espessura Poliuretano 50mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 42,2 (DN32)	-	3	m	27,64 €	82,92 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	1	m	29,01 €	29,01 €	MUNDISOL
ISOLAMENTO DE TUBAGEM (CIRCUITO DESCONGELAÇÃO CO2)							
AF-CO Espessura 9 mm							
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S120 Ø 1/2" x 0,75	-	11	m	5,00 €	55,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 5/8" x 0,63	-	73	m	6,00 €	438,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 3/4" x 0,76	-	5	m	6,00 €	30,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 7/8" x 0,88	-	2	m	7,00 €	14,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE K65 S80 Ø 1 3/8" x 1,47	-	17	m	10,00 €	170,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 2 1/8" x 1,25	-	58	m	16,00 €	928,00 €	PECOMARK
ARMAFLEX	ISOLAMENTO - TUBO COBRE TB Ø 2 5/8" x 1,65	-	32	m	20,00 €	640,00 €	PECOMARK
					ISOLAMENTO TÉRMICO TUBAGEM DE CO2	***73 233,85 €***	***SUBTOTAL***
ACESSÓRIOS (CIRCUITO CO2)							
Curvas 180º							
CONEX BANNINGER	CURVA 180º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 3/8"	-	1	Un	129,00 €	129,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 180º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 5/8"	-	1	Un	197,00 €	197,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 180º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 2 5/8"	-	1	Un	389,00 €	389,00 €	PECOMARK
Curvas 90º							
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 3/8"	-	6	Un	12,00 €	72,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1/2"	-	11	Un	16,00 €	176,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 5/8"	-	73	Un	21,00 €	1 533,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 7/8"	-	29	Un	40,00 €	1 160,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 1/8"	-	13	Un	64,00 €	832,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 3/8"	-	2	Un	108,00 €	216,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 5/8"	-	27	Un	165,00 €	4 455,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 2 1/8"	-	13	Un	306,00 €	3 978,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA Ø 2 5/8"	-	15	Un	152,00 €	2 280,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA Ø 3 1/8"	-	12	Un	207,00 €	2 484,00 €	PECOMARK
Curvas 45º							
CONEX BANNINGER	CURVA 45º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 3/8"	-	1	Un	92,00 €	92,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 45º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 5/8"	-	1	Un	139,00 €	139,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 45º COBRE FÊMEA-FÊMEA Ø 2 1/8"	-	1	Un	43,00 €	43,00 €	PECOMARK
Tês							
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 3/8"	-	1	Un	21,00 €	21,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 5/8"	-	4	Un	27,00 €	108,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 3/4"	-	1	Un	40,00 €	40,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 7/8"	-	11	Un	48,00 €	528,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 1 1/8"	-	11	Un	81,00 €	891,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 1 3/8"	-	6	Un	130,00 €	780,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 1 5/8"	-	8	Un	185,00 €	1 480,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 2 1/8"	-	7	Un	306,00 €	2 142,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA Ø 2 5/8"	-	3	Un	145,00 €	435,00 €	PECOMARK
Reduções Concêntricas							
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1/2" x 3/8"	-	2	Un	23,00 €	46,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 3/4" x 3/8"	-	8	Un	16,00 €	128,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 5/8" x 3/8"	-	4	Un	16,00 €	64,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 1 1/8" x 3/8"	-	8	Un	28,00 €	224,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 1/8" x 3/8"	-	1	Un	38,00 €	38,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 5/8" x 1/2"	-	2	Un	23,00 €	46,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 7/8" x 1/2"	-	9	Un	10,00 €	90,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1 1/8" x 1/2"	-	4	Un	45,00 €	180,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 1/8" x 1/2"	-	1	Un	65,00 €	65,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 5/8" x 3/4"	-	2	Un	8,00 €	16,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 7/8" x 5/8"	-	17	Un	31,00 €	527,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1 1/8" x 5/8"	-	72	Un	37,00 €	2 664,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1 3/8" x 5/8"	-	2	Un	98,00 €	196,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 1 5/8" x 5/8"	-	6	Un	103,00 €	618,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 1/8" x 5/8"	-	2	Un	40,00 €	80,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1 1/8" x 7/8"	-	20	Un	45,00 €	900,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1 3/8" x 7/8"	-	4	Un	84,00 €	336,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1 5/8" x 7/8"	-	3	Un	117,00 €	351,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 1 1/8" x 3/8"	-	5	Un	11,00 €	55,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 1/8" x 1 1/8"	-	1	Un	58,00 €	58,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 1 5/8" x 1 3/8"	-	4	Un	63,00 €	252,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 5/8" x 1 3/8"	-	1	Un	114,00 €	114,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 2 1/8" x 1 5/8"	-	7	Un	135,00 €	945,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 5/8" x 1 5/8"	-	1	Un	113,00 €	113,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 5/8" x 2 1/8"	-	2	Un	110,00 €	220,00 €	PECOMARK
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2" x 1" STD	-	2	Un	2,73 €	5,46 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	RED. CONTÊNTRICA ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/4" x 1" STD	-	2	Un	2,57 €	5,14 €	PINTO & CRUZ
Válvulas de Bloqueio							
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN15	SVA15	17	Un	235,00 €	3 995,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN20	SVA20	68	Un	250,00 €	17 000,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN25	SVA25	10	Un	321,00 €	3 210,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN32	SVA32	10	Un	360,00 €	3 600,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN40	SVA40	12	Un	413,00 €	4 956,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN50	SVA50	17	Un	468,00 €	7 956,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN65	SVA65	3	Un	698,00 €	2 094,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN80	SVA80	6	Un	874,00 €	5 244,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN100	SVA100	5	Un	1 105,00 €	5 525,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN125	SVA125	5	Un	1 652,00 €	8 260,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN200	SVA150	1	Un	1 929,00 €	1 929,00 €	PECOMARK
Válvulas de Retenção							
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN15	NVRA15	10	Un	333,00 €	3 330,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN20	NVRA20	20	Un	333,00 €	6 660,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN25	NVRA25	4	Un	510,00 €	2 040,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN32	NVRA32	2	Un	529,00 €	1 058,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN40	NVRA40	2	Un	809,00 €	1 618,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN50	NVRA50	4	Un	858,00 €	3 432,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN50	NVRA65	1	Un	1 456,00 €	1 456,00 €	PECOMARK

Filtros							
DANFOSS	Filtro DN15 e Malha Trocável 250 micron	FIA15-250	10	Un	345,00 €	3 450,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN20 e Malha Trocável 250 micron	FIA20-250	15	Un	360,00 €	5 400,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN25 e Malha Trocável 250 micron	FIA25-250	4	Un	374,00 €	1 496,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN32 e Malha Trocável 250 micron	FIA32-250	2	Un	413,00 €	826,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN40 e Malha Trocável 250 micron	FIA40-250	2	Un	466,00 €	932,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN50 e Malha Trocável 250 micron	FIA50-250	4	Un	529,00 €	2 116,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Filtro DN100 e Malha Trocável 250 micron	FIA100-250	1	Un	1 108,00 €	1 108,00 €	PECOMARK
ACESSÓRIOS (CIRCUITO DESCONGELAÇÃO CO2)							
Curvas 90º							
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 5/8"	-	4	Un	21,00 €	84,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 7/8"	-	1	Un	40,00 €	40,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 1/8"	-	4	Un	64,00 €	256,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 1 3/8"	-	11	Un	108,00 €	1 188,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA K65 Ø 2 1/8"	-	7	Un	306,00 €	2 142,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	CURVA 90º COBRE FÊMEA-FÊMEA Ø 2 5/8"	-	5	Un	152,00 €	760,00 €	PECOMARK
Tês							
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA Ø 2 5/8"	-	2	Un	145,00 €	290,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 2 1/8"	-	4	Un	306,00 €	1 224,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 7/8"	-	1	Un	48,00 €	48,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 3/4"	-	1	Un	40,00 €	40,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	TÊ COBRE FÊMEA K65 Ø 1/2"	-	1	Un	21,00 €	21,00 €	PECOMARK
Reduções Concêntricas							
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 5/8" x 2 1/8"	-	1	Un	110,00 €	110,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 5/8" x 7/8"	-	1	Un	157,00 €	157,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 5/8" x 3/4"	-	1	Un	163,00 €	163,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 1/8" x 1 3/8"	-	2	Un	52,00 €	104,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 1/8" x 3/4"	-	1	Un	60,00 €	60,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA Ø 2 1/8" x 1/2"	-	2	Un	65,00 €	130,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 7/8" x 5/8"	-	2	Un	9,50 €	19,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 3/4" x 5/8"	-	2	Un	7,00 €	14,00 €	PECOMARK
CONEX BANNINGER	RED. CONTÊNTRICA COBRE MACHO-FÊMEA K65 Ø 3/4" x 5/8"	-	2	Un	7,00 €	14,00 €	PECOMARK
Válvulas de Bloqueio							
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN15	SVA15	5	Un	235,00 €	1 175,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN20	SVA20	8	Un	250,00 €	2 000,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN25	SVA25	7	Un	321,00 €	2 247,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN40	SVA40	4	Un	413,00 €	1 652,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Bloqueio DN65	SVA65	1	Un	698,00 €	698,00 €	PECOMARK
Válvulas de Retenção							
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN15	NVRA15	4	Un	333,00 €	1 332,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN20	NVRA20	8	Un	333,00 €	2 664,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN25	NVRA25	4	Un	510,00 €	2 040,00 €	PECOMARK
DANFOSS	Válvula de Retenção Reta com conexão em flange DN40	NVRA40	4	Un	809,00 €	3 236,00 €	PECOMARK
					ACESSÓRIOS TUBAGEM DE CO2	***155 521,60 €***	***SUBTOTAL***
TUBAGEM (CIRCUITO NH3)							
Shedule 40							
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 48,3x 3,68	-	5	m	7,08 €	35,40 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 60,3x 3,91	-	20	m	8,48 €	169,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 73x 5,16	-	5	m	12,94 €	64,70 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 88,9x 5,49	-	15	m	17,44 €	261,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 114,3x 6,02	-	10	m	25,16 €	251,60 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 141,3x 6,55	-	10	m	34,35 €	343,50 €	GRUPO CUÑADO
GRUPO CUÑADO	TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B SH40, Ø 168,3x 7,11	-	15	m	43,60 €	654,00 €	GRUPO CUÑADO
					TUBAGEM DE NH3	***1 780,40 €***	***SUBTOTAL***
ISOLAMENTO (CIRCUITO NH3)							
Espessura Poliuretano 20mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 48,3 (DN40)	-	2	m	17,33 €	34,66 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 60,3 (DN50)	-	17	m	19,46 €	330,82 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 73,0 (DN65)	-	2	m	22,59 €	45,18 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 114,3 (DN100)	-	7	m	29,97 €	209,79 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 141,3 (DN125)	-	10	m	35,05 €	350,50 €	MUNDISOL
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 168,3 (DN150)	-	12	m	40,68 €	488,16 €	MUNDISOL
Espessura Poliuretano 40mm + Revestimento Alumínio							
MUNDISOL	ISOLAMENTO - TUBO AÇO CARB S/ COSTURA ASTM A53 Gr B, Ø 88,9 (DN80)	-	16	m	32,90 €	526,40 €	MUNDISOL
					ISOLAMENTO TÉRMICO TUBAGEM DE NH3	***1 985,51 €***	***SUBTOTAL***
ACESSÓRIOS (CIRCUITO NH3)							
Curvas180º							
PINTO & CRUZ	CURVA 180° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2"STD	-	2	Un	10,02 €	20,04 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 180° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3"STD	-	1	Un	15,88 €	15,88 €	PINTO & CRUZ
Curvas 90º							
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 1 1/2"STD	-	1	Un	1,44 €	1,44 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2"STD	-	2	Un	2,15 €	4,30 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 2 1/2"STD	-	1	Un	5,57 €	5,57 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 4"STD	-	1	Un	8,99 €	8,99 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 5"STD	-	5	Un	18,85 €	94,25 €	PINTO & CRUZ
PINTO & CRUZ	CURVA 90° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 6"STD	-	5	Un	22,74 €	113,70 €	PINTO & CRUZ
Curvas 45º							
PINTO & CRUZ	CURVA 45° ACO CARBONO S/ COSTURA ASTM A234 WPB, Ø 3"STD	-	1	Un	16,38 €	16,38 €	PINTO & CRUZ
					ACESSÓRIOS TUBAGEM DE NH3	***280,55 €***	***SUBTOTAL***
					CUSTO INICIAL DE INSTALAÇÃO	***935 131,19 €***	

NOTAS:

O Investimento Inicial estimado para a Instalação não inclui os custos de Mão-de-Obra, Isolamento de Zonas de Temperatura Controlada, Perfilaria, Ferragens e Consumíveis.

Anexo H – Exemplo de Dimensionamento de Depósito Separador

A título exemplificativo, descreve-se neste anexo, a aplicação do método de *Monnery e Svrcek*, exposto em 2.7.2, para o dimensionamento do Depósito Separador 3 do Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada.

1º Passo – Determinação da velocidade terminal das gotículas de fluido

A equação 2.9 permite determinar a velocidade terminal das gotículas. Contudo, esta expressão depende do diâmetro médio das mesmas. Utilizando a lei de *Stokes*, expressa pela equação 2.12, obtém-se que:

$$D_P = K_{CR}\left[\frac{\mu^2}{g\rho_V(\rho_L-\rho_V)}\right]^{0,33} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow D_P = 0{,}025\left[\frac{0{,}266^2}{9{,}81\times 0{,}582\times(571{,}43-0{,}582)}\right]^{0,33} = 722{,}8\ \mu m$$

Sendo a constante K_{CR} de 0,025 para um número de *Reynolds* igual a 2.

Além disto, a viscosidade dinâmica e densidades do NH_3 foram retiradas das tabelas da *ASHRAE* de propriedades de fluidos frigorigéneos [47].

Depois, utilizou-se a equação 2.13, para determinar a velocidade terminal do gás (V_T).

$$V_T = \frac{1000 g D_P^2(\rho_L-\rho_V)}{18\mu} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow V_T = \frac{1000\times 9{,}81\times(7{,}228\times 10^{-4})^2\times(571{,}43-0{,}582)}{18\times 0{,}266} = 0{,}611\ m/s$$

$$R_e = \frac{D_P V_T \rho_V}{\mu} = \frac{1000\times 7{,}228\times 10^{-4}\times 0{,}611\times 0{,}582}{0{,}266} = 0{,}966$$

Posteriormente, recorreu-se à calculadora online *"Drag Coefficient Calculator"* [82], de forma a estimar o coeficiente de arrasto (C_D), obtendo-se o valor de 28.

Recordando a equação 2.9, a velocidade constante terminal (U_T) será dada por:

$$U_T = \sqrt{\frac{4gD_P(\rho_L-\rho_V)}{3C_D\rho_V}} = \sqrt{\frac{4\times 9{,}81\times 7{,}228\times 10^{-4}\times(571{,}43-0{,}582)}{3\times 28\times 0{,}582}} = 0{,}564\ \mathrm{m/s}$$

De forma a garantir um projeto conservador, considera-se que a velocidade vertical das gotícula é cerca de 75% da velocidade constante terminal, obtendo-se o seguinte valor:

$$U_V = 0{,}75U_T = 0{,}75 \times 0{,}564 = 0{,}423 \text{ m/s}$$

2º Passo – Determinação do volume de *"Balast"*.

A partir do Quadro 2.5, retirou-se um tempo de *"holdup"* de 5 minutos, uma vez que se trata de um Depósito Separador bombeado com alimentação para outro Depósito. Aplicando a equação 2.14, determinou-se que o volume de *"Balast"* que será de 349,1 dm^3, uma vez que o caudal volúmico é de 2,09 m^3/h por bomba.

$$V_{Balast} = \dot{V}_{Recirculação} \times t_{holdup} = \left(\frac{2{,}09 \times 2}{3600}\right) \times (5 \times 60) = 0{,}3491 \text{ m}^3 = 349{,}10\ dm^3$$

3º Passo – Determinação do volume de *"Surge"*.

De seguida, procedeu-se ao cálculo do volume de *"Surge"*, através da equação 2.15. Para tal, determinou-se o volume de líquido da linha de retorno ao Depósito.

$$FL_{Linha\ Retorno} = \frac{(n-1)R}{(n-1)R+1} = \frac{(4-1) \times 0{,}0329}{((4-1) \times 0{,}0329) + 1} = 0{,}09 \quad (9\%)$$

Relembrando que o número de recirculações (n) deste sistema inundado a NH_3 é de 4 recirculações. Já a constante (R) foi calculada através da equação 2.17.

$$R = \frac{\rho_V}{\rho_L} + \sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}} = \frac{0{,}582}{571{,}43} + \sqrt{\frac{0{,}582}{571{,}43}} = 0{,}033$$

Assim, o volume de líquido da tubagem de retorno é de 182,65 dm^3, considerando um volume de tubagem de retorno total de 2031,18 dm^3.

$$V_{Líq.\ Tubagem} = FL_{Linha\ Retorno} \times V_{Tubagem} = 0{,}09 \times 2031{,}18 = 182{,}65 \text{ dm}^3$$

$$V_{Tubagem\ retorno} = \sum \left[\pi \frac{(D_{troços})^2}{4} L_{troços}\right] \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \left[\pi \frac{(D_{troço\ 1-2})^2}{4} L_{troço\ 1-2}\right] + \left[\pi \frac{(D_{troço\ 2-3})^2}{4} L_{troço\ 2-3}\right] + \left[\pi \frac{(D_{troço\ 2-4})^2}{4} L_{troço\ 2-4}\right] \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \left(\pi \frac{0{,}2064^2}{4} \times 55{,}62\right) + \left(\pi \frac{0{,}1282^2}{4} \times 1{,}09\right) + \left(\pi \frac{0,1282^2}{4} \times 12{,}09\right) = 2031{,}18\ dm^3$$

4º Passo – Determinação da primeira aproximação do diâmetro do Depósito Separador.

Após o cálculo dos volumes de *"Balast"* e *"Surge"*, determina-se a primeira estimativa do diâmetro separador através da equação 2.21.

Para tal, considera-se a razão comprimento/diâmetro ($\frac{L}{D}$) do depósito de 0,5 e retira-se o fator f_1, através da figura 2.10. Considerando uma razão entre a altura de líquido e o diâmetro ($\frac{H}{D}$) de 0,5, obtém-se um fator de 0,5.

$$D_{Depósito} = \sqrt[3]{\frac{4(V_{Balast} + V_{Surge})}{\pi f_1 \left(\frac{L}{D}\right)}} = \sqrt[3]{\frac{4 \times (349{,}10 + 479{,}03}{\pi \times 0{,}5 \times 0{,}5}} = 0{,}8892 \text{ m} = 889{,}2 \text{ mm}$$

5º Passo – Cálculo das Áreas Transversais e alturas de líquido.

Em primeiro lugar, aplicando a equação 2.23, calcula-se a área transversal total do Depósito (A_T).

$$A_T = \frac{\pi}{4} D_{Depósito}^2 = \frac{\pi}{4} \times 0{,}8892^2 = 0{,}621 \text{ m}^2$$

Da consulta ao Quadro 2.6, retira-se o nível baixo de líquido (N_{LLL}) de 228,60 mm.

De seguida, através da fórmula de conversão entre razões de comprimentos e áreas de corpos cilíndricos, dada pela equação 2.24, determina-se a área transversal ocupada pelo nível baixo de líquido (A_{LLL}) de 0,126m^2.

Sendo:

$$X = \frac{H_{LLL}}{D_{Depósito}} = \frac{0{,}2286}{0{,}8892} = 0{,}257 \quad \text{e} \quad \text{Y} = \frac{A_{LLL}}{A_T} \leftrightarrow A_{LLL} = 0{,}621\text{Y}$$

Obtém-se que:

$$Y = \frac{(4{,}75593 \times 10^{-5}) + 0{,}174875X + 5{,}668973X^2 - 4{,}916411X^3 - 0{,}145348X^4}{1 + 3{,}924091X - 6{,}358805X^2 + 4{,}018448X^3 - 1{,}801705X^4} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \text{Y} = 0{,}203$$

Seguidamente, estima-se o nível de vapor (H_V), através da condição expressa pela equação 2.26, sendo que, neste caso se obtém o valor de 304,2 mm.

Com este valor, volta-se a utilizar a fórmula de conversão, expressa pela equação 2.24, obtendo a área transversal ocupada pelo vapor (A_V) de 0,188 m^2.

Sendo:

$$X = \frac{H_V}{D_{Depósito}} = \frac{0{,}3042}{0{,}8892} = 0{,}343 \quad \text{e} \quad \text{Y} = \frac{A_V}{A_T} \leftrightarrow A_V = 0{,}621\text{Y}$$

Obtém-se que:

$$Y = \frac{(4{,}75593 \times 10^{-5}) + 0{,}174875X + 5{,}668973X^2 - 4{,}916411X^3 - 0{,}145348X^4}{1 + 3{,}924091X - 6{,}358805X^2 + 4{,}018448X^3 - 1{,}801705X^4} \leftrightarrow$$
$$\leftrightarrow \text{Y} = 0{,}303$$

6º Passo – Determinação do Comprimento útil mínimo do Depósito para acomodação dos Volumes de *"Balast"* e *"Surge"*.

Aplicando a equação 2.28, conclui-se que o comprimento útil mínimo do Depósitos que permite acomodar estes volumes é de 2703,84 mm.

$$L_{min,volumes} = \frac{V_{Balast} + V_{Surge}}{A_T - A_V - A_{LLL}} = \frac{349{,}1 + 479{,}03}{0{,}621 - 0{,}188 - 0{,}126} = 2703{,}84 \text{ mm}$$

7º Passo – Determinação do Comprimento útil mínimo do Depósito para a separação das fases vapor e líquido.

Este comprimento depende da velocidade de vapor corrigida (U_{VA}) e, ainda, do tempo de quedas das gotículas de líquido ($\phi_{separação}$). Estes parâmetros podem ser calculados recorrendo às equações 2.30 e 2.31, obtendo-se os seguintes valores:

$$U_{VA} = \frac{\dot{V}_V}{A_V} = \frac{0{,}07207}{0{,}188} = 0{,}383 \text{ m/s} \quad \text{e} \quad \phi_{separação} = \frac{H_V}{U_V} = \frac{0{,}3042}{0{,}423} = 0{,}686 \text{ s}$$

O caudal volúmico de vapor no Depósito Separador ($\dot{V}_V$) resulta da soma entre os caudais de vapor nos Evaporadores alimentados ($\dot{V}_{V,Evaporadores}$), que neste caso são dos Túneis de Ultracongelação, e de *"flash gas"* do Depósito ($\dot{V}_{V,flash\ gas}$), dados por:

$$\dot{V}_{V,Evaporadores} = \left(\frac{\dot{m}_{túnel\ 1} + \dot{m}_{túnel\ 2}}{\rho_{24}}\right) \times x_{24} = \frac{0{,}332 + 0{,}333}{2{,}32} \times 0{,}25 = 0{,}07161 \text{ m}^3 = 71{,}61 \text{ dm}^3$$

$$\dot{V}_{V,flash\ gas} = \left(\frac{\dot{m}_9}{\rho_9}\right) \times x_9 = \frac{0{,}1729}{14{,}73} \times 0{,}039 = 4{,}578 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 0{,}46 \text{ dm}^3$$

Sendo:

ρ_{24} e x_{24} – Densidade e título de NH_3 no ponto termodinâmico 24;

ρ_9 e x_9 – Densidade e título de NH_3 no ponto termodinâmico 9.

Note-se que estes pontos termodinâmicos estão apresentados no Quadro 5.3.

Assim, o comprimento útil mínimo de separação determinado foi de 262,43 mm, tal como se verifica na expressão seguinte.

$$L_{min,separação} = U_{VA} \times \phi_{separação} = 0{,}383 \times 0{,}686 = 0{,}26243 \text{ m} = 262{,}43 \text{ mm}$$

8º Passo – Verificação de processo iterativo para determinar o comprimento útil do Depósito Separador.

Por fim, após as estimativas de ambos os comprimentos úteis, devem-se testar as seguintes condições:

- Se o comprimento mínimo de acomodação de volumes for ligeiramente inferior ao comprimento mínimo de separação ($L_{min,volumes} < L_{min,separação}$), seleciona-se o comprimento mínimo de separação;
- Se ($L_{min,volumes} \ll L_{min,separação}$), então deve-se regressar ao 5º Passo e aumentar o nível de vapor (H_V);
- Se o comprimento mínimo de acomodação de volumes for ligeiramente superior ao comprimento mínimo de separação ($L_{min,separação} < L_{min,volumes}$), o dimensionamento encontra-se correto, adotando-se o comprimento mínimo de acomodação de volumes;
- Se ($L_{min,separação} \ll L_{min,volumes}$), procura-se aproximar ambos os comprimentos, diminuindo o nível de vapor (H_V). Contudo, H_V não pode ser inferior ao valor mínimo estabelecido no 5º Passo.

Como se verifica que $L_{min,separação} \ll L_{min,volumes}$, deve-se procurar aproximar ambos os valores, de forma a otimizar o comprimento. No entanto, o nível de vapor utilizado no 5º Passo já é o mínimo valor possível, pelo que se assume o comprimento de 2703,84 mm como o mais adequado para este Depósito Separador.

9º Passo – Determinação dos níveis alto e de controlo de líquido.

O nível normal de líquido (H_{NLL}) determina-se com uma fórmula de conversão entre as razões de áreas e de comprimentos aplicada a corpos cilíndricos, dada pela equação 2.33. Porém, necessita-se de calcular a área transversal do nível normal (A_{NLL}):

$$A_{NLL} = A_{LLL} \times A_{Holdup} = A_{LLL} \times \frac{V_{Holdup}}{L_{min}} = 0{,}141 + \frac{0{,}3491}{2{,}70384} = 0{,}255 \text{ m}^2$$

Sendo:

$$X = \frac{A_{NLL}}{A_T} = \frac{0{,}255}{0{,}894} = 0{,}285 \quad \text{e} \quad \text{Y} = \frac{H_{NLL}}{D_{Depósito}} \leftrightarrow H_{NLL} = 1066{,}8Y$$

Obtém-se que:

$$Y = \frac{(0{,}00153756) + 3{,}299201X + 24{,}353518X^2 - 36{,}999376X^3 + 9{,}892851X^4}{1 + 26{,}787101X - 22{,}923932X^2 - 14{,}844824X^3 + 10{,}529572X^4} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \text{Y} = 0{,}328$$

Assim, calculou-se a altura de nível normal de líquido no valor de 349,79 mm. Note-se que o diâmetro considerado neste cálculo já corresponde ao diâmetro do Depósito selecionado no catálogo da *Phillips-Refrigeration* que se encontra no Quadro 5.11.
Relativamente à altura de vapor no Depósito Separador (H_V) é o valor máximo entre 20% do diâmetro e 1 ft (304,80 mm), pelo que se considera 304,80 mm.
Por fim, a altura de nível alto do Depósito (H_{HLL}), será a diferença entre o diâmetro do Depósito e a altura de vapor, obtendo-se o valor de 762 mm.

10º Passo – Cálculo das espessuras do corpo do Depósito e topos elípticos.

Para este dimensionamento utiliza-se as equações 2.35 e 2.36, que são dadas em função da pressão e diâmetro do depósito e tensão máxima admissível do material.
Deste modo, sabe-se que a pressão de projeto corresponde à pressão de serviço de 0,642 bar(a) majorada com um coeficiente de segurança de 15%, obtendo o valor de 0,738 bar(a), equivalente a 25,4 psi(g).
Além do mais, o depósito selecionado é constituído pelo aço carbono *ASTM A516 grau 70* que, segundo a norma *ASME-II-Part D* [83], possui uma tensão máxima admissível de 138 MPa (20015,2 psi(g)) à temperatura de -42ºC.
Assim, aplicando as equações referidas e tendo em consideração que estas equações são válidas para o sistema de unidades imperial, obtêm-se os seguintes espessuras:

$$e_{Shell} = \frac{P_{Projeto} \times D_{Depósito}}{2SE - 1{,}2P_{Projeto}} + t_c \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow e_{Shell} = \frac{(25{,}4 \times 42)}{(2 \times 20015{,}2 \times 0{,}85) - (1{,}2 \times 25{,}4)} + \frac{1}{16} = 2{,}38\text{ "} \cong 2{,}38\text{ mm} \quad (\text{Corpo ou "}\textit{Shell}\text{"})$$

$$e_{Heads} = \frac{P_{Projeto} \times D_{Depósito}}{2SE - 0{,}2P_{Projeto}} + t_c \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow e_{Shell} = \frac{(25{,}4 \times 42)}{(2 \times 20015{,}2 \times 0{,}85) - (0{,}2 \times 25{,}4)} + \frac{1}{16} = 2{,}38\text{ "} \cong 2{,}38\text{ mm} \quad (\text{Topos ou "}\textit{Heads}\text{"})$$

Anexo I – Exemplo de Dimensionamento de Linha de Tubagem

Este anexo apresenta o dimensionamento do Troço 2-4 da tubagem de NH_3 do Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada, baseado no método analítico apresentado em 2.11.1.

Perdas de Cargas Distribuídas:

Em primeiro lugar, realizou-se o cálculo das perdas de cargas distribuídas, recorrendo à equação 2.49. Para tal, foi necessário reunir vários parâmetros da tubagem, entre os quais, o seu cumprimento e diâmetro interno.

Contudo, o diâmetro da tubagem está dependente da velocidade que o fluido alcança, que é limitada segundo as recomendações *ASHRAE* do Quadro 2.11.

Sabendo que este troço de tubagem possui um comprimento de 12,24 metros e conhecendo o caudal mássico e a densidade do NH_3 à temperatura de -42ºC e pressão de 0,642 bar(a), determina-se o diâmetro nominal mais adequado para a tubagem, através de um processo iterativo com a velocidade obtida.

Assim, através da equação 2.52, concluiu-se que o diâmetro nominal de DN25 (1") era o mais adequado, pois permitia uma velocidade (V_{fluido}) de 1,25 m/s que é inferior ao valor limite de 1,5 m/s para linhas de líquido de alimentação dos Evaporadores.

$$V_{fluido} = \frac{\dot{V}_{fluido}}{A_{transversal}} = \frac{4\dot{V}_{fluido}}{\pi D_i^2} = \frac{4 \times 0{,}583}{\pi \times (0{,}0243)^2} = 1{,}25 m/s < 1{,}5\ m/s$$

De seguida, determinou-se o número de *Reynolds*, com a equação 2.11.

$$R_e = \frac{D_i V_{fluido} \rho}{\mu} = \frac{0{,}0243 \times 1{,}26 \times 571{,}43}{(0{,}291 \times 10^{-3})} = 59748{,}21 \qquad (2.11)$$

Através da calculadora online *CalcTool* [84], determinou-se o fator de atrito de 0,0269, onde se inseriu os valores da rugosidade relativa e diâmetro interno da tubagem.

É de referir que a rugosidade relativa é a razão entre a rugosidade absoluta do material e o diâmetro da tubagem, sendo que a rugosidade absoluta do aço *ASTM Standard A53 grau B* é de 0,06 mm, segundo [85].

Assim, aplicando a equação 2.49, constatou-se que as perdas de carga distribuídas para o comprimento horizontal de tubagem considerado são de 6,07 kPa.

$$\Delta P_1 = f \frac{L}{D_i} \frac{V^2}{2} \rho = 0{,}0269 \times \frac{12{,}24}{0{,}0243} \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43 = 6{,}07\ kPa$$

De seguida, procedeu-se ao cálculo das perdas de carga distribuídas nas colunas ascendentes e descendentes do troço de tubagem dadas pelas seguintes expressões:

$$\Delta P_2 = f\frac{\Delta H}{D_i}\frac{V^2}{2}\rho + \rho g \Delta H \leftrightarrow \quad (Coluna\ Ascendente)$$

$$\leftrightarrow \Delta P_2 = \left(0{,}0269 \times \frac{0}{0{,}0243} \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right) + (571{,}43 \times 9{,}81 \times 0) = 0\ kPa$$

$$\Delta P_3 = f\frac{\Delta H}{D_i}\frac{V^2}{2}\rho - \rho g \Delta H \leftrightarrow \quad (Coluna\ Descendente)$$

$$\leftrightarrow \Delta P_3 = \left(0{,}0269 \times \frac{0{,}9}{0{,}0243} \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right) - (571{,}43 \times 9{,}81 \times 0{,}9) = -4{,}6\ kPa$$

Desta forma, verifica-se que se existir uma coluna ascendente, o fluido terá que "vencer" as perdas de carga do atrito nessa coluna e, ainda, a energia gravitacional. Pelo contrário, se esta coluna de fluido for descendente, a energia gravitacional auxilia o fluido a "vencer" as perdas por atrito, sendo que, por vezes, existe um ganho de pressão.

Perdas de Carga Localizadas

Relativamente aos acessórios de tubagem, incluindo todas as válvulas de regulação e solenoides, estas provocam perdas de pressão localizadas, que podem ser determinadas através da equação 2.55.

Para tal, necessita-se de conhecer os comprimentos equivalentes de cada acessório, disponíveis nas tabelas da *ASHRAE* expostas no Anexo K.

Contudo, não se conseguiu informações de comprimentos equivalentes para alguns acessórios, entre os quais, as transições concêntricas. Neste caso, recorreu-se ao método dos K´s, explicado em 2.11.1, que é expresso pela equação 2.56.

A seguir são apresentados os cálculos das perdas de carga localizadas, relativas a todos os acessórios.

- Curvas a 90º

$$\Delta P_5 = n^{\underline{o}}{}_{curvas}\left(f\frac{L_{eq}}{D_i}\frac{V^2}{2}\rho\right) = 2 \times \left(0{,}0269\ \times \frac{0{,}8}{0{,}0243} \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right) = 0{,}79\ kPa$$

- Tês

$$\Delta P_7 = n^{\underline{o}}{}_{tês}\left(f\frac{L_{eq}}{D_i}\frac{V^2}{2}\rho\right) = 1 \times \left(0{,}0269\ \times \frac{1{,}5}{0{,}0243} \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right) = 0{,}74\ kPa$$

- Transições Concêntricas (aplicadas nas válvulas de Regulagem)

$$\Delta P_7 = n^{o}_{reduções}\left(fK_{redução}\frac{V^2}{2}\rho\right) + n^{o}_{aumentos}\left(fK_{aumento}\frac{V^2}{2}\rho\right) \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \Delta P_7 = \left[1 \times \left(0{,}0269 \times 0{,}1452 \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right)\right] + \left[1 \times \left(0{,}0269 \times 0{,}264 \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right)\right] = 0{,}18\ kPa$$

- Transições Concêntricas (aplicadas a Tês)

$$\Delta P_9 = n^{o}_{reduções}\left(fK_{redução}\frac{V^2}{2}\rho\right) + n^{o}_{aumentos}\left(fK_{aumento}\frac{V^2}{2}\rho\right) \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \Delta P_9 = 1 \times \left[\left(0{,}0269 \times 2{,}46 \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right)\right] + 0 \times \left[\left(0{,}0269 \times 1 \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right)\right] = 0{,}17\ kPa$$

- Válvulas de Retenção

$$\Delta P_{14} = n^{o}_{val.Retenção}\left(f\frac{L_{eq}}{D_i}\frac{V^2}{2}\rho\right) = 1 \times \left(0{,}0269\ \times \frac{3}{0{,}0243} \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right) = 1{,}49\ kPa$$

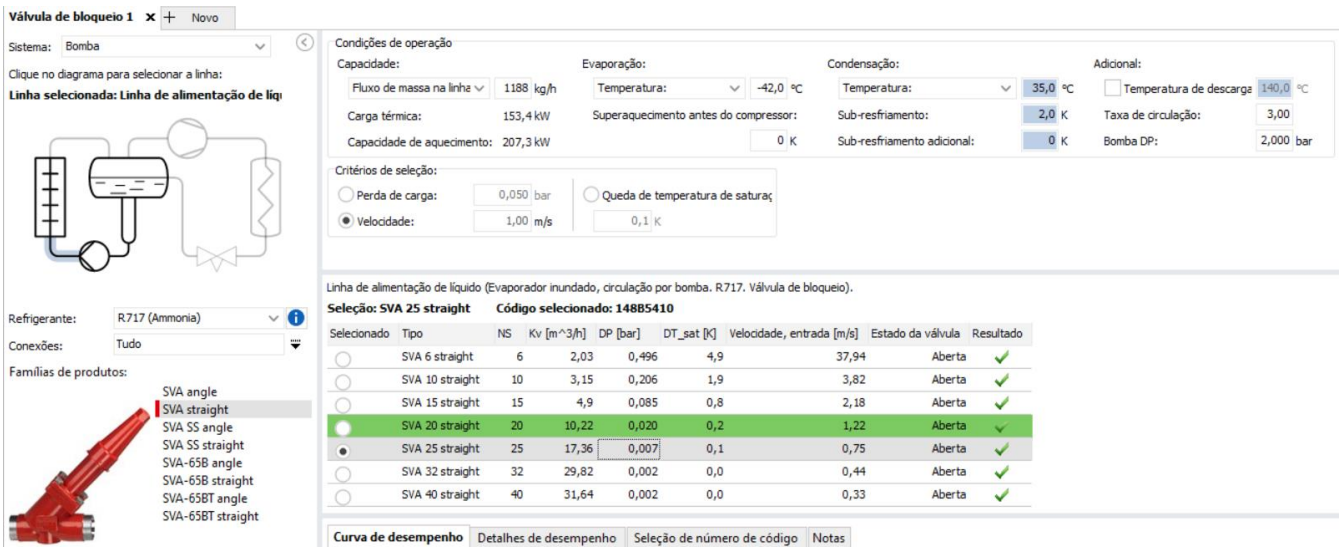
- Filtros

$$\Delta P_{15} = n^{o}_{filtros}\left(f\frac{L_{eq}}{D_i}\frac{V^2}{2}\rho\right) = 1 \times \left(0{,}0269\ \times \frac{4{,}6}{0{,}0243} \times \frac{1{,}25^2}{2} \times 571{,}43\right) = 2{,}28\ kPa$$

As válvulas de Globo, solenoides e de Regulagem foram selecionadas no software *CoolSelector2* da *Danfoss*, onde se retirou, diretamente, as respetivas perdas de carga.

- Válvula de Globo (modelo SVA25)

$$\Delta P_{13} = n^{o}_{val.Globo} \times \Delta P = 2 \times 0{,}7 = 1{,}4\ kPa$$



Válvula Globo do Troço 2-4, Linha de Líquido, Software CoolSelector2

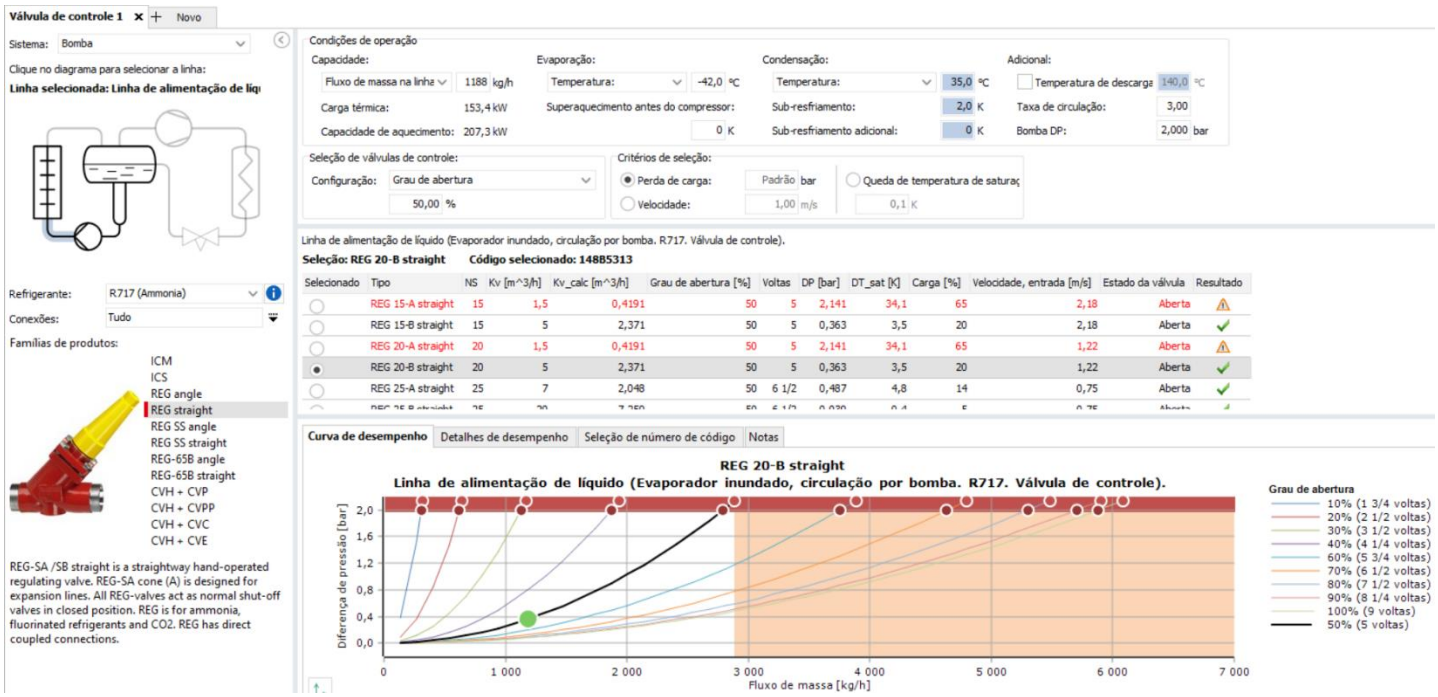
- Válvula Solenoide (modelo ICS25-15 com EVM)

$$\Delta P_{16} = n^{o}_{val.Globo} \times \Delta P = 1 \times 15{,}6 = 15{,}6\ kPa$$

Válvula Solenoide do Troço 2-4, Linha de Líquido, Software CoolSelector2

- Válvula de Regulagem (modelo REG20-B)

$$\Delta P_{16} = n^{o}_{val.Globo} \times \Delta P = 1 \times 20{,}4 = 20{,}4\ kPa$$



Válvula de Regulagem do Troço 2-4, Linha de Líquido, Software CoolSelector2

Por fim, procede-se ao somatório de todas estas perdas de carga, localizadas e distribuídas, de modo a estimar a perda de carga total dada por:

$$\Delta P_{Total} = \sum_{n=1}^{21} \Delta P_n \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \Delta P_{Total} = 6{,}07 + (-4{,}6) + 0{,}79 + 0{,}74 + 0{,}18 + 0{,}17 + 1{,}4 + 1{,}49 + 2{,}28 + 15{,}6 + 20{,}4 \cong 44{,}53\ kPa$$

Note-se que todas as perdas de carga que não foram referidas, referem-se a acessórios que não foram instalados neste troço de tubagem.

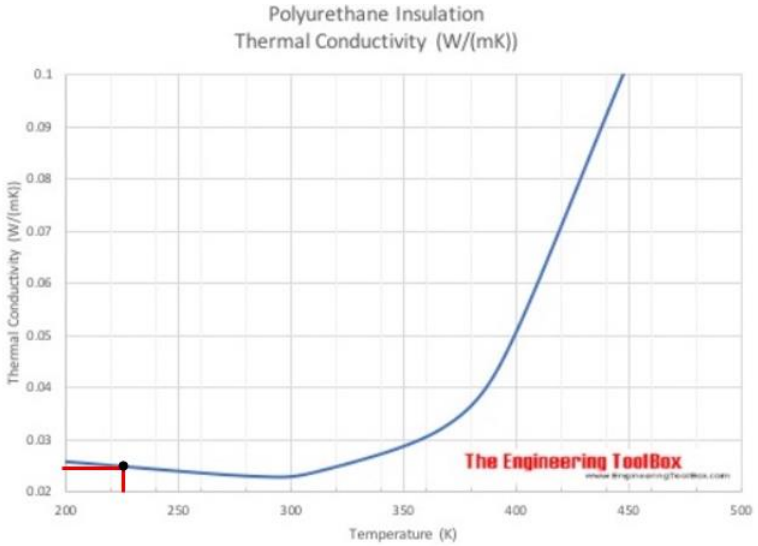
Este processo de cálculo aplicou-se a todos os troços de tubagem, para ambos os sistemas analisados nesta dissertação de Mestrado, estando os resultados obtidos expostos no Anexo F.11 e Anexo F.12.

Anexo J – Exemplo de Dimensionamento de Isolamento de Linha de Tubagem

Para melhor compreensão da metodologia de cálculo do isolamento, apresentada em 2.11.3, este anexo descreve o processo de dimensionamento do isolamento do troço 2-4 da tubagem de NH_3 do Sistema Inundado a NH_3 e Água Glicolada, sendo que se considera a Figura 2.26 como referência para a numeração das camadas da tubagem.
Além disto, sabe-se que a espessura de isolamento da tubagem será função do fluxo de calor total que atravessa a tubagem até alcançar o ar ambiente. Este fluxo é determinado através da razão entre o diferencial de temperatura de ambos os fluidos e do somatório das resistências térmicas das várias camadas da tubagem.

Resistências Térmicas de Condução

De forma a determinar as resistências de condução, necessita-se de conhecer os índices de condutividade térmica do material da tubagem e do seu isolamento.
O isolamento selecionado para as tubagens é constituído por poliuretano projetado com forra de alumínio, possuindo um índice de condutividade térmica de 0,025 W/m.K à temperatura do NH_3 de -42ºC (231K), de acordo com o seguinte gráfico [86].



Índice de condutividade térmica do Poliuretano injetado em função da temperatura, retirado de The Engineering Toolbox [86].

Já o índice de condutividade térmica do aço da tubagem é de 68,44 W/m.K, retirado da literatura em [45].
Deste modo, as resistências térmicas de condução, referentes ao fluxo de calor que atravessa as áreas transversais da tubagem ($R_{condução,1}$) e do isolamento ($R_{condução,2}$), calculam-se através da equação 2.60, respetivamente, obtendo-se os seguintes valores:

$$R_{condução,1} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi kL} = \frac{\ln\left(\frac{16{,}70}{12{,}15}\right)}{(2\pi \times 68{,}44 \times 13{,}14)} = 5{,}63 \times 10^{-5}\ K/W.m$$

$$R_{condução,2} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi kL} = \frac{\ln\left(\frac{66{,}70}{16{,}70}\right)}{(2\pi \times 0{,}025 \times 13{,}14)} = 0{,}671\ K/W.m$$

Resistências Térmicas de Convecção

No que respeita às resistências térmicas de convecção do fluido e do ar envolvente da tubagem, o seu cálculo é mais complexo, pois tem de se estimar os índices de convecção.

Relativamente ao índice de convecção do NH_3 (h_{NH3}), recordou-se o nº de Reynolds para o escoamento deste troço, no valor de 59748,21. De seguida, determinou-se o nº de *Prantlt*, através da equação 2.64, que é dado por:

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} = \frac{4{,}403 \times 0{,}291}{0{,}695} = 1{,}844 \quad [Adimensional]$$

Note-se que o calor específico, viscosidade dinâmica e condutividade térmica do NH_3 foram retirados das tabelas da *ASHRAE* de propriedades termodinâmicas dos fluidos [47], sendo que os valores utilizados estão resumidos no Anexo N.

Com base nos números de *Prantlt* e *Reynolds*, determinou-se o nº de *Nussell* do fluxo de NH_3, através da equação 2.63, que é válida para um escoamento turbulento com um nº *Reynolds* superior a 10000, obtendo-se o seguinte valor:

$$Nu = 0{,}023 \times Re^{\frac{4}{5}} \times Pr^{0{,}3} = 0{,}023 \times (59748{,}21)^{\frac{4}{5}} \times 1{,}844^{0{,}3} = 183{,}021 \quad [Adimensional]$$

Após o cálculo do nº de *Nussell*, calcula-se o índice de convecção do NH_3, aplicando a equação 2.65, que será dado por:

$$Nu = \frac{h_{NH3} D}{k} \leftrightarrow h_{NH3} = \frac{183{,}021 \times 0{,}695}{0{,}0243 \times 10^{-3}} = 5234{,}11\ W/m.ºC$$

No que respeita ao índice de convecção do ar (h_{ar}), utilizou-se a equação 2.66, recomendada pela *ASHRAE – Fundamentals* [46], que é aplicada a situações de tubos envolvidos por um escoamento de ar, obtendo-se o seguinte resultado:

$$h_{ar} = \frac{2{,}755 V_{ar}^{0{,}471}}{D_3^{0{,}529}} = \frac{2{,}755 \times (5)^{0{,}471}}{(0{,}1243 \times 10^{-3})} = 17{,}72\ W/m.ºC$$

É relevante salientar que se considerou que o ar se encontra à temperatura exterior de projeto de 33,1ºC e que possui uma velocidade (V_{ar}) de 5 m/s. Além disto, o diâmetro (D_3) é relativo à soma do diâmetro da tubagem e do dobro da espessura do isolamento. Após o cálculo dos índices de convecção do NH_3 e do ar envolvente à tubagem, torna-se possível determinar as resistências térmicas de convecção dadas por:

$$R_{convecção,1} = \frac{1}{h_{NH3} A_1} = \frac{1}{h_{NH3}(2\pi r_1 L)} = \frac{1}{5234{,}11 \times 2 \times \pi \times (\frac{0{,}0243}{2}) \times 13{,}14} = 1{,}91 \times 10^{-4}\ K/W.m$$

$$R_{convecção,2} = \frac{1}{h_{ar} A_3} = \frac{1}{h_{ar}(2\pi r_3 L)} = \frac{1}{5234{,}11 \times 2 \times \pi \times (\frac{0{,}1334}{2}) \times 13{,}14} = 0{,}005\ K/W.m$$

Sendo as áreas A_1 e A_3 correspondentes à área de superfície do interior da tubagem e do exterior do isolamento, respetivamente.

Cálculo do Fluxo de Calor

Finalmente, após a determinação de todas as resistências térmicas, pode-se calcular o fluxo de calor total, com recurso à equação 2.62, obtendo o seguinte resultado:

$$q_{tubagem} = \frac{T_{ar} - T_{NH3}}{R_{convecção,1} + R_{condução,1} + R_{condução,2} + R_{convecção,2}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow\ q_{tubagem} = \frac{(33{,}1 - (-42))}{(1{,}91 \times 10^{-4}) + (5{,}63 \times 10^{-5}) + 0{,}671 + 0{,}005} = 111{,}05\ W$$

Sabendo que a área de superfície (área de permuta) da tubagem com isolamento é de 5,507 m^2, pode-se estimar o fluxo de calor por unidade de área, dado por:

$$Q_{tubagem} = \frac{q_{tubagem}}{A_3} = \frac{111{,}05}{5{,}507} \cong 20{,}17 W/m^2 \quad com \quad Q_{tubagem} < 25\ W/m^2$$

Segundo a *ASHRAE-Fundamentals* [87], o fluxo de calor por unidade de área de uma tubagem isolada não deve exceder os 25 W/m^2. Neste caso, verifica-se que a espessura de 50 mm é uma espessura válida, pois cumpre esta condição.

No entanto, através de um processo iterativo, fez-se variar a espessura de isolamento, de modo a otimizar a mesma.

Assim, diminuiu-se a espessura do isolamento de 50 mm para 40 mm para analisar o resultado do fluxo total. As resistências térmicas obtidas foram as seguintes:

$$R_{condução,1} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi kL} = \frac{\ln\left(\frac{16,70}{12,15}\right)}{(2\pi \times 68,44 \times 13,14)} = 5,63 \times 10^{-5}\ K/W.m$$

$$R_{condução,2} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi kL} = \frac{\ln\left(\frac{66,70}{16,70}\right)}{(2\pi \times 0,025 \times 13,14)} = 0,592\ K/W.m$$

$$R_{convecção,1} = \frac{1}{h_{NH3}A_1} = \frac{1}{h_{NH3}(2\pi r_1 L)} = \frac{1}{5234,11 \times 2 \times \pi \times \left(\frac{0,0243}{2}\right) \times 13,14} = 1,91 \times 10^{-4}\ K/W.m$$

$$R_{convecção,2} = \frac{1}{h_{ar}A_3} = \frac{1}{h_{ar}(2\pi r_3 L)} = \frac{1}{5234,11 \times 2 \times \pi \times \left(\frac{0,1334}{2}\right) \times 13,14} = 0,005\ K/W.m$$

Mais uma vez, o fluxo de calor será dado por:

$$q_{tubagem} = \frac{T_{ar} - T_{NH3}}{R_{convecção,1} + R_{condução,1} + R_{condução,2} + R_{convecção,2}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow\ q_{tubagem} = \frac{(33,1 - (-42))}{(1,91 \times 10^{-4}) + (5,63 \times 10^{-5}) + 0,592 + 0,005} = 125,59\ W$$

Nesta segunda iteração, o fluxo de calor por unidade de área obtido é de 26,83 W/m^2, o que já é superior ao limite de 25 W/m^2.

$$Q_{tubagem} = \frac{q_{tubagem}}{A_3} = \frac{111,05}{5,507} \cong 26,83\ W/m^2$$

Por outro lado, se for aumentada a espessura inicial de 50 mm, obter-se-ia um fluxo de calor por unidade de área muito baixo, o que é desnecessário e provocaria uma majoração nos custos do isolamento.

Assim, para o troço 2-4 da linha de líquido analisada, conclui-se que a espessura de isolamento mais adequada é de 50 mm.

Este processo iterativo foi realizado para todos os troços de tubagem para ambos os sistemas frigoríficos analisados nesta dissertação de Mestrado, sendo que os resultados obtidos se encontram resumidos no Anexo F.15 e Anexo F.16.

Anexo K – Tabelas *ASHRAE* com Comprimentos Equivalentes e K´s de Acessórios de Tubagem

ACESSÓRIOS - Fitting Losses in Equivalent Metres of Pipe (Table 16 - ASHRAE)							
Nominal Size	90º Std	90º Long Radius	90º Street	45º Std	45º Street	180º Std	Tês
6	0	0	0	0	0	0	0
8	0,3	0,3		0,1			0,6
10	0,4	0,3	0,7	0,2	0,3	0,7	0,8
15	0,5	0,3	0,8	0,2	0,4	0,8	0,9
20	0,6	0,4	1	0,3	0,5	1	1,2
25	0,8	0,5	1,2	0,4	0,6	1,2	1,5
32	1	0,7	1,7	0,5	0,9	1,7	2,1
40	1,2	0,8	1,9	0,6	1	1,9	2,4
50	1,5	1	2,5	0,8	1,4	2,5	3
65	1,8	1,2	3	1	1,6	3	3,7
80	2,3	1,5	3,7	1,2	2	3,7	4,6
90	2,7	1,8	4,6	1,4	2,2	4,6	5,5
100	3	2	5,2	1,6	2,6	5,2	6,4
125	4	2,5	6,4	2	3,4	6,4	7,6
150	4,9	3	7,6	2,4	4	7,6	9
200	6,1	4		3		10	12
250	7,6	4,9		4		13	15
300	9,1	5,8		4,9		15	18
350	10	7		5,5		17	21
400	12	7,9		6,1		19	24
450	13	8,8		7		21	26
500	15	10		7,9		25	30
600	18	12		9,1		29	35

Comprimentos Equivalentes para acessórios de Tubagem, adaptado de [41].

ACESSÓRIOS - Valve Losses in Equivalent Metres of Pipe					
Nominal Size	Globe	Y 60º	Angle	Gate	Swing Check
6	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
10	5,2	2,4	1,8	0,2	1,5
15	5,5	2,7	2,1	0,2	1,8
20	6,7	3,4	2,1	0,3	2,2
25	8,8	4,6	3,7	0,3	3
32	12	6,1	4,6	0,5	4,3
40	13	7,3	5,5	0,5	4,9
50	17	9,1	7,3	0,73	6,1
65	21	11	8,8	0,9	7,6
80	26	13	11	1	9,1
90	30	15	13	1,2	10
100	37	18	14	1,4	12
125	43	22	18	1,8	15
150	52	27	21	2,1	18
200	62	35	26	2,7	24
250	85	44	32	3,7	30
300	98	50	40	4	37
350	110	56	47	4,6	41
400	125	64	55	5,2	46
450	140	73	61	5,8	50
500	160	84	72	6,7	61
600	186	98	81	7,6	73

Comprimentos Equivalentes para Válvulas, adaptado de [41].

ACESSÓRIOS - Special Fitting Losses (Leq)				
Nominal Size	Sharp Edge		Pipe Projection	
	Entrance	Exit	Entrance	Exit
6	0	0	0	0
8	0	0	0	0
10	0,5	0,2	0,5	0,3
15	0,5	0,3	0,5	0,5
20	0,9	0,4	0,9	0,7
25	1,1	0,5	1,1	0,8
32	1,6	0,8	1,6	1,3
40	2	1	2	1,5
50	2,7	1,3	2,7	2,1
65	3,7	1,7	3,7	2,7
80	4,3	2,2	4,3	3,8
90	5,2	2,6	5,2	4
100	6,1	3	6,1	4,9
125	8,2	4,3	8,2	6,1
150	10	5,8	10	7,6
200	14	7,3	14	10
250	18	8,8	18	14
300	22	11	22	17
350	26	14	26	20
400	29	15	29	23
450	35	18	35	27
500	43	21	43	33
600	50	25	50	40

Comprimentos Equivalentes para acessórios especiais de Tubagem, adaptado de [41].

ACESSÓRIOS - Transitions		
K (coeficiente de perdas)		
º degrees		
A0/A1	45	60
0,06	0,84	0,88
0,1	0,76	0,8
0,25	0,61	0,68
0,5	0,33	0,33
1	0	0
2	0,22	0,24
4	0,88	1,1
6	2	2,5
10	6,5	8

Coeficientes K´s para transições de Redução ou Aumento de Tubagem, adaptado de [88].

Anexo L – Dimensões de Tubagem de Aço da Norma *ASME B36.10*

TUBAGEM - Welded and Seamless Wrought Steel Pipe										
dimensions and weights of steel pipe ASME B 36.10 M–1996										
Diâmetro Nominal	Diâmetro Nominal	Diâmetro Exterior	espessura	Peso Linear	Identificação			espessura	Área Secção	Spi
mm	Inches	mm	mm	kg/m	Specif. API	STD XS XXS	Schedule	mm	mm2	mm2
6	1/8	10,300	1,240	0,280	–	–	10	1,240	48,029	35,294
		10,300	1,450	0,320	–	–	30	1,450	43,008	40,314
		10,300	1,730	0,370	5L	STD	40	1,730	36,745	46,578
		10,300	2,410	0,470	5L	XS	80	2,410	23,586	59,737
8	1/4	13,700	1,650	0,490	–	–	10	1,650	84,949	62,463
		13,700	1,850	0,540	–	–	30	1,850	78,540	68,872
		13,700	2,240	0,630	5L	STD	40	2,240	66,765	80,646
		13,700	3,020	0,800	5L	XS	80	3,020	46,084	101,328
10	3/8	17,100	1,650	0,630	–	–	10	1,650	149,571	80,087
		17,100	1,850	0,700	–	–	30	1,850	141,026	88,632
		17,100	2,310	0,840	5L	STD	40	2,310	122,326	107,332
		17,100	3,200	1,100	5L	XS	80	3,200	89,920	139,738
15	1/2	21,300	1,650	0,800	–	–	5	1,650	254,469	101,858
		21,300	2,110	1,000	–	–	10	2,110	229,121	127,206
		21,300	2,410	1,120	–	–	30	2,410	213,307	143,021
		21,300	2,770	1,270	5L	STD	40	2,770	195,075	161,252
		21,300	3,730	1,620	5L	XS	80	3,730	150,440	205,888
		21,300	4,780	1,950	–	–	160	4,780	108,250	248,078
		21,300	7,470	2,550	5L	XXS		7,470	31,769	324,558
20	3/4	26,700	1,650	1,030	–	–	5	1,650	430,053	129,850
		26,700	2,110	1,280	–	–	10	2,110	396,901	163,001
		26,700	2,410	1,440	–	–	30	2,410	375,997	183,905
		26,700	2,870	1,690	5L	STD	40	2,870	345,042	214,860
		26,700	3,910	2,200	5L	XS	80	3,910	279,959	279,944
		26,700	5,560	2,900	–	–	160	5,560	190,645	369,258
		26,700	7,820	3,640	5L	XXS		7,820	96,073	463,830
25	1	33,400	1,650	1,300	–	–	5	1,650	711,579	164,580
		33,400	2,770	2,090	–	–	10	2,770	609,610	266,549
		33,400	2,900	2,180	–	–	30	2,900	598,285	277,874
		33,400	3,380	2,500	5L	STD	40	3,380	557,389	318,770
		33,400	4,550	3,240	5L	XS	80	4,550	463,770	412,389
		33,400	6,350	4,240	–	–	160	6,350	336,535	539,624
		33,400	9,090	5,450	5L	XXS		9,090	181,936	694,223
32	1 1/4	42,200	1,650	1,650	–	–	5	1,650	1188,472	210,196
		42,200	2,770	2,700	–	–	10	2,770	1055,540	343,128
		42,200	2,970	2,870	–	–	30	2,970	1032,632	366,037
		42,200	3,560	3,390	5L	STD	40	3,560	966,516	432,152
		42,200	4,850	4,470	5L	XS	80	4,850	829,577	569,092
		42,200	6,350	5,610	–	XXS	160	6,350	683,493	715,176
		42,200	9,700	7,770	5L	–		9,700	408,281	990,387
40	1 1/2	48,300	1,650	1,910	–	–	5	1,650	1590,431	241,816
		48,300	2,770	3,110	–	–	10	2,770	1436,036	396,212
		48,300	3,180	3,530	–	STD	30	3,180	1381,487	450,761
		48,300	3,680	4,050	5L	XS	40	3,680	1316,393	515,855
		48,300	5,080	5,410	5L	–	80	5,080	1142,487	689,761
		48,300	7,140	7,250	–	XXS	160	7,140	908,989	923,259
		48,300	10,150	9,560	5L			10,150	615,752	1216,495

50	2	60,300	1,650	2,400	–		5	1,650	2551,759	304,020
		60,300	2,110	3,030	5L		–	2,110	2470,051	385,728
		60,300	2,770	3,930	5L		10	2,770	2355,140	500,638
		60,300	3,180	4,480	5L		30	3,180	2285,134	570,644
		60,300	3,580	5,010	5L			3,580	2217,854	637,924
		60,300	3,910	5,440	5L	STD	40	3,910	2163,105	692,674
		60,300	4,370	6,030	5L			4,370	2087,929	767,850
		60,300	4,780	6,540	5L			4,780	2022,045	833,733
		60,300	5,540	7,480	5L	XS	80	5,540	1902,712	953,066
		60,300	6,350	8,450	5L			6,350	1779,524	1076,255
		60,300	7,140	9,360	5L			7,140	1663,348	1192,430
		60,300	8,740	11,110	–		160	8,740	1440,069	1415,710
		60,300	11,070	13,440	5L	XXS		11,070	1143,685	1712,093
65	2 1/2	73,000	2,110	3,690	5L		5	2,110	3715,474	469,913
		73,000	2,770	4,800	5L			2,770	3574,230	611,156
		73,000	3,050	5,260	–		10	3,050	3515,136	670,251
		73,000	3,180	5,480	5L			3,180	3487,867	697,520
		73,000	3,580	6,130	5L			3,580	3404,627	780,760
		73,000	3,960	6,740	5L			3,960	3326,480	858,906
		73,000	4,370	7,400	5L			4,370	3243,182	942,205
		73,000	4,780	8,040	5L		30	4,780	3160,940	1024,447
		73,000	5,160	8,630	5L	STD	40	5,160	3085,658	1099,728
		73,000	5,490	9,140	5L			5,490	3021,019	1164,368
		73,000	6,350	10,440	5L			6,350	2855,778	1329,608
		73,000	7,010	11,410	5L	XS	80	7,010	2732,118	1453,269
		73,000	9,530	14,920	–		160	9,530	2285,134	1900,252
		73,000	14,020	20,390	5L	XXS		14,020	1587,605	2597,782
80	3	88,900	2,110	4,520	5L		5	2,110	5631,856	575,310
		88,900	2,770	5,880	5L		–	2,770	5457,645	749,521
		88,900	3,050	6,450	–		10	3,050	5384,564	822,602
		88,900	3,180	6,720	5L			3,180	5350,801	856,365
		88,900	3,580	7,530	5L			3,580	5247,581	959,586
		88,900	3,960	8,290	5L			3,960	5150,453	1056,714
		88,900	4,370	9,110	5L			4,370	5046,675	1160,492
		88,900	4,780	9,920	5L		30	4,780	4943,952	1263,214
		88,900	5,490	11,290	5L	STD	40	5,490	4768,566	1438,601
		88,900	6,350	12,930	5L			6,350	4560,367	1646,799
		88,900	7,140	14,400	5L			7,140	4373,210	1833,956
		88,900	7,620	15,270	5L	XS	80	7,620	4261,410	1945,757
		88,900	11,130	21,350	–		160	11,130	3487,867	2719,300
		88,900	15,240	27,680	5L	XXS		15,240	2680,483	3526,684
90	3 1/2	101,600	2,110	5,180	5L		5	2,110	7447,824	659,495
		101,600	2,770	6,750	5L			2,770	7247,280	860,040
		101,600	3,050	7,400	–		10	3,050	7163,028	944,292
		101,600	3,180	7,720	5L			3,180	7124,078	983,242
		101,600	3,580	8,650	5L			3,580	7004,898	1102,421
		101,600	3,960	9,530	5L			3,960	6892,609	1214,711
		101,600	4,370	10,480	5L			4,370	6772,472	1334,847
		101,600	4,780	11,410	5L		30	4,780	6653,392	1453,928
		101,600	5,740	13,570	5L	STD	40	5,740	6378,701	1728,619
		101,600	6,350	14,920	5L			6,350	6207,167	1900,153
		101,600	7,140	16,630	5L			7,140	5988,490	2118,830
		101,600	8,080	18,630	5L	XS	80	8,080	5733,402	2373,918

100	4	114,300	2,110	5,840	5L		5	2,110	9517,146	743,681
		114,300	2,770	7,620	–			2,770	9290,269	970,558
		114,300	3,050	8,360	–		10	3,050	9194,845	1065,982
		114,300	3,180	8,710	5L			3,180	9150,708	1110,118
		114,300	3,580	9,770	5L			3,580	9015,569	1245,257
		114,300	3,960	10,780	5L			3,960	8888,119	1372,708
		114,300	4,370	11,850	5L			4,370	8751,624	1509,203
		114,300	4,780	12,910	5L		30	4,780	8616,185	1644,641
		114,300	5,160	13,890	5L			5,160	8491,600	1769,227
		114,300	5,560	14,910	5L			5,560	8361,437	1899,389
		114,300	6,020	16,070	5L	STD	40	6,020	8212,993	2047,833
		114,300	6,350	16,900	5L			6,350	8107,320	2153,507
		114,300	7,140	18,870	5L			7,140	7857,124	2403,703
		114,300	7,920	20,780	5L			7,920	7613,942	2646,885
		114,300	8,560	22,320	5L	XS	80	8,560	7417,263	2843,564
		114,300	11,130	28,320	5L		120	11,130	6653,392	3607,435
		114,300	13,490	33,540	5L		160	13,490	5988,490	4272,336
		114,300	17,120	41,030	5L	XXS		17,120	5034,091	5226,736
125	5	141,300	2,110	7,240	5L			2,110	14758,359	922,657
		141,300	2,770	9,470	–		5	2,770	14475,499	1205,517
		141,300	3,180	10,830	5L			3,180	14301,161	1379,855
		141,300	3,400	11,570	–		10	3,400	14208,049	1472,967
		141,300	3,960	13,410	5L			3,960	13972,410	1708,607
		141,300	4,780	16,090	5L			4,780	13630,921	2050,095
		141,300	5,560	18,610	5L			5,560	13310,011	2371,005
		141,300	6,550	21,770	5L	STD	40	6,550	12908,207	2772,809
		141,300	7,140	23,620	5L			7,140	12671,677	3009,339
		141,300	7,920	26,050	5L			7,920	12362,333	3318,683
		141,300	8,740	28,570	5L			8,740	12041,247	3639,769
		141,300	9,530	30,970	5L	XS	80	9,530	11735,904	3945,112
		141,300	12,700	40,280	5L		120	12,700	10550,104	5130,912
		141,300	15,880	49,110	5L		160	15,880	9424,002	6257,015
		141,300	19,050	57,430	5L	XXS		19,050	8364,679	7316,337
150	6	168,300	2,110	8,650	5L			2,110	21144,683	1101,634
		168,300	2,770	11,310	5L		5	2,770	20805,839	1440,477
		168,300	3,180	12,950	5L			3,180	20596,724	1649,592
		168,300	3,400	13,840	–		10	3,400	20484,951	1761,365
		168,300	3,580	14,540	5L			3,580	20393,727	1852,590
		168,300	3,960	16,050	5L			3,960	20201,811	2044,506
		168,300	4,370	17,670	5L			4,370	19995,761	2250,556
		168,300	4,780	19,270	5L			4,780	19790,767	2455,549
		168,300	5,160	20,760	5L			5,160	19601,716	2644,600
		168,300	5,560	22,310	5L			5,560	19403,695	2842,621
		168,300	6,350	25,360	5L			6,350	19015,558	3230,759
		168,300	7,110	28,260	5L	STD	40	7,110	18645,860	3600,457
		168,300	7,920	31,320	5L			7,920	18255,835	3990,481
		168,300	8,740	34,390	5L			8,740	17865,195	4381,122
		168,300	9,530	37,310	5L			9,530	17492,842	4753,475
		168,300	10,970	42,560	5L	XS	80	10,970	16824,210	5422,106
		168,300	12,700	48,730	5L			12,700	16038,153	6208,164
		168,300	14,270	54,200	5L		120	14,270	15341,070	6905,246
		168,300	15,880	59,690	5L			15,880	14642,313	7604,004
		168,300	18,260	67,560	5L		160	18,260	13639,200	8607,117
		168,300	19,050	70,110	5L			19,050	13314,101	8932,216
		168,300	21,950	79,220	5L	XXS		21,950	12154,319	10091,997
		168,300	22,230	80,070	5L			22,230	12045,138	10201,179

200	8	219,100	2,770	14,790	–		5	2,770	35820,340	1882,549
		219,100	3,180	16,930	5L			3,180	35545,792	2157,098
		219,100	3,760	19,960	–		10	3,760	35159,210	2543,680
		219,100	3,960	21,010	5L			3,960	35026,396	2676,494
		219,100	4,780	25,260	5L			4,780	34484,486	3218,403
		219,100	5,160	27,220	5L			5,160	34234,790	3468,100
		219,100	5,560	29,280	5L			5,560	33972,932	3729,958
		219,100	6,350	33,310	5L		20	6,350	33458,716	4244,174
		219,100	7,040	36,810	5L		30	7,040	33012,798	4690,091
		219,100	7,920	41,240	5L			7,920	32448,433	5254,457
		219,100	8,180	42,550	5L	STD	40	8,180	32282,619	5420,270
		219,100	8,740	45,340	5L			8,740	31926,926	5775,964
		219,100	9,530	49,250	5L			9,530	31428,494	6274,395
		219,100	10,310	53,080	–		60	10,310	30940,219	6762,671
		219,100	11,130	57,080	5L			11,130	30431,026	7271,864
		219,100	12,700	64,640	5L	XS	80	12,700	29467,896	8234,994
		219,100	14,270	72,080	5L			14,270	28520,253	9182,637
		219,100	15,090	75,920	–		100	15,090	28031,462	9671,427
		219,100	15,880	79,580	5L			15,880	27564,550	10138,339
		219,100	18,260	90,440	5L		120	18,260	26181,606	11521,283
		219,100	19,050	93,980	5L			19,050	25730,429	11972,460
		219,100	20,620	100,920	5L		140	20,620	24845,427	12857,463
		219,100	22,230	107,920	5L	XXS		22,230	23953,960	13748,929
		219,100	23,010	111,270	–		160	23,010	23527,926	14174,963
		219,100	25,400	121,330	5L			25,400	22246,317	15456,573
250	10	273,000	3,400	22,630	–		5	3,400	55655,230	2879,709
		273,000	3,960	26,280	5L			3,960	55187,892	3347,048
		273,000	4,190	27,780	–		10	4,190	54996,520	3538,419
		273,000	4,780	31,630	5L			4,780	54507,130	4027,810
		273,000	5,160	34,090	5L			5,160	54193,088	4341,852
		273,000	5,560	36,680	5L			5,560	53863,497	4671,443
		273,000	6,350	41,770	5L		20	6,350	53215,509	5319,431
		273,000	7,090	46,510	5L			7,090	52612,089	5922,851
		273,000	7,800	51,030	5L		30	7,800	52036,367	6498,573
		273,000	8,740	56,980	5L			8,740	51279,016	7255,924
		273,000	9,270	60,310	5L	STD	40	9,270	50854,446	7680,494
		273,000	11,130	71,900	5L			11,130	49378,413	9156,527
		273,000	12,700	81,550	5L	XS	60	12,700	48149,431	10385,508
		273,000	14,270	91,080	5L			14,270	46935,937	11599,002
		273,000	15,090	96,010	–		80	15,090	46308,295	12226,645
		273,000	15,880	100,730	5L			15,880	45707,611	12827,329
		273,000	18,260	114,750	5L		100	18,260	43921,657	14613,283
		273,000	20,620	128,380	5L			20,620	42185,854	16349,086
		273,000	21,440	133,060	–		120	21,440	41590,928	16944,012
		273,000	22,230	137,520	5L			22,230	41021,764	17513,176
		273,000	23,830	146,480	5L			23,830	39881,039	18653,901
		273,000	25,400	155,150	5L	XXS	140	25,400	38777,338	19757,602
		273,000	28,580	172,330	–		160	28,580	36589,270	21945,670
		273,000	31,750	188,970	5L			31,750	34471,322	24063,618

300	12	323,800	3,960	31,250	–		5	3,960	78367,166	3979,036
		323,800	4,370	34,430	5L			4,370	77960,824	4385,378
		323,800	4,570	36,000	–		10	4,570	77762,991	4583,210
		323,800	4,780	37,620	5L			4,780	77555,538	4790,664
		323,800	5,160	40,560	5L			5,160	77180,850	5165,351
		323,800	5,560	43,650	5L			5,560	76787,422	5558,779
		323,800	6,350	49,730	5L		20	6,350	76013,355	6332,846
		323,800	7,140	55,770	5L			7,140	75243,210	7102,991
		323,800	7,920	61,710	5L			7,920	74486,660	7859,541
		323,800	8,380	65,200	5L		30	8,380	74042,282	8303,919
		323,800	8,740	67,930	5L			8,740	73695,435	8650,766
		323,800	9,530	73,880	5L	STD		9,530	72937,153	9409,048
		323,800	10,310	79,730	5L		40	10,310	72192,317	10153,885
		323,800	11,130	85,840	5L			11,130	71413,405	10932,796
		323,800	12,700	97,460	5L	XS		12,700	69933,863	12412,338
		323,800	14,270	108,960	5L		60	14,270	68469,808	13876,393
		323,800	15,880	120,620	5L			15,880	66984,537	15361,664
		323,800	17,480	132,080	5L		80	17,480	65524,626	16821,575
		323,800	19,050	143,210	5L			19,050	64107,725	18238,477
		323,800	20,620	154,210	5L			20,620	62706,310	19639,891
		323,800	21,440	159,910	–		100	21,440	61980,518	20365,684
		323,800	22,230	165,370	5L			22,230	61285,275	21060,926
		323,800	23,830	176,330	5L			23,830	59889,201	22457,000
		323,800	25,400	186,970	5L	XXS	120	25,400	58534,940	23811,262
		323,800	26,970	197,480	5L			26,970	57196,165	25150,036
		323,800	28,580	208,140	5L		140	28,580	55839,367	26506,835
		323,800	31,750	228,740	5L			31,750	53215,509	29130,693
		323,800	33,320	238,760	–		160	33,320	51939,375	30406,827
350	14	355,600	3,960	34,360	–		5	3,960	94940,016	4374,650
		355,600	4,780	41,350	5L			4,780	94046,468	5268,198
		355,600	5,160	44,590	5L			5,160	93633,817	5680,849
		355,600	5,330	46,040	5L			5,330	93449,504	5865,162
		355,600	5,560	47,990	5L			5,560	93200,428	6114,238
		355,600	6,350	54,690	5L		10	6,350	92347,438	6967,228
		355,600	7,140	61,350	5L			7,140	91498,370	7816,296
		355,600	7,920	67,900	5L		20	7,920	90663,896	8650,770
		355,600	8,740	74,760	5L			8,740	89790,751	9523,915
		355,600	9,530	81,330	5L	STD	30	9,530	88953,545	10361,121
		355,600	10,310	87,790	5L			10,310	88130,785	11183,881
		355,600	11,130	94,550	5L		40	11,130	87269,953	12044,713
		355,600	11,910	100,940	5L			11,910	86455,034	12859,632
		355,600	12,700	107,390	5L	XS		12,700	85633,564	13681,102
		355,600	14,270	120,110	5L			14,270	84012,662	15302,004
		355,600	15,090	126,710	–		60	15,090	83172,233	16142,433
		355,600	15,880	133,030	5L			15,880	82366,548	16948,118
		355,600	17,480	145,750	5L			17,480	80746,793	18567,873
		355,600	19,050	158,100	5L		80	19,050	79173,044	20141,622
		355,600	20,620	170,330	5L			20,620	77614,782	21699,884
		355,600	22,230	182,750	5L			22,230	76032,904	23281,762
		355,600	23,830	194,960	5L		100	23,830	74476,986	24837,680
		355,600	25,400	206,830	5L			25,400	72965,877	26348,789
		355,600	26,970	218,570	5L			26,970	71470,256	27844,410
		355,600	27,790	224,650	–		120	27,790	70695,260	28619,406
		355,600	28,580	230,480	5L			28,580	69952,613	29362,053
		355,600	31,750	253,560	5L		140	31,750	67012,064	32302,602
		355,600	35,710	281,700	–		160	35,710	63427,399	35887,267
		355,600	50,800	381,830	–			50,800	50670,748	48643,918
		355,600	53,980	401,500	–			53,980	48164,990	51149,676
		355,600	55,880	413,010	–			55,880	46698,161	52616,505
		355,600	63,500	457,400	–			63,500	41043,306	58271,360

Anexo M – Dimensões de Tubagem de Cobre da Norma *ASTM B280*

TUBAGEM - Welded and Seamless High Copper Alloy CuFe2P (Wieland-K65 S80)			
Seamless Copper Tube for Air Conditioning and Refrigeration ASTM B280-2003			
Diâmetro Nominal	**Diâmetro Exterior**	**espessura**	**Peso Linear**
Inches	**mm**	**mm**	**kg/m**
3/8"	9,52	0,76	0,187
1/2"	12,7	0,89	0,295
5/8"	15,9	1,02	0,424
3/4"	19,1	1,07	0,539
7/8"	22,3	1,14	0,677
1 1/8"	28,6	1,27	0,975
1 3/8"	34,9	1,4	1,32
1 5/8"	41,3	1,52	1,7
2 1/8"	54	1,78	2,6
2 5/8"	66,7	2,03	3,69
3 1/8"	79,4	2,29	4,96
3 5/8"	92,1	2,54	6,38
4 1/8"	105	2,79	8,01

Anexo N – Propriedades Termodinâmicas Utilizadas

VISCOSIDADE NH3				
Pressão [bar(a)]	Temperatura [ºC]	Viscosidade Dinâmica [mPa.s]		Estado
		Líquido	Gás	
0,642	-42	0,291	0,00780	Saturação
1,195	-30	0,244	0,00815	Saturação
3,151	-8	0,186	0,00881	Saturação
13,57	9,6	0,170	0,01077	Saturação
13,57	35	0,120	0,01016	Saturação
3,151	44,7	-	0,01048	Vapor Sobreaquecido
3,151	69,3	-	0,01140	Vapor Sobreaquecido
13,57	76,7	-	0,01262	Vapor Sobreaquecido
3,151	84,5	-	0,01221	Vapor Sobreaquecido
13,57	115,9	-	0,01537	Vapor Sobreaquecido

Viscosidade Dinâmica do NH_3, adaptado de [47]

Condutividade Térmica NH3								
Pressão [bar(a)]	Temperatura [ºC]	Condutividade Térmica [W/m.K]						Estado
		Líquido	Gás	Mistura (25% Liq.)	Mistura (17,5% Liq.)	Mistura (7,4% Liq.)	Mistura (3,9% Liq.)	Mistura (9,8% Liq.)
0,642	-42	0,695	0,021	0,145	0,105	0,055	0,039	0,067
1,195	-30	0,655	0,021	0,138	0,101	0,054	0,038	0,065
3,151	-8	0,584	0,023	0,126	0,093	0,052	0,038	0,061
13,57	9,6	0,517	0,026	0,117	0,088	0,051	0,039	0,060
13,57	35	0,457	0,028	0,108	0,082	0,050	0,039	0,057
3,151	44,7	0,431	0,029	0,104	0,080	0,050	0,040	0,057
3,151	69,3	0,365	0,035	0,097	0,078	0,052	0,044	0,058
13,57	76,7	0,361	0,036	0,097	0,078	0,053	0,045	0,059
3,151	84,5	0,335	0,038	0,095	0,077	0,054	0,047	0,059
13,57	115,9	0,242	0,069	0,104	0,093	0,078	0,074	0,082

Condutividade Térmica do NH_3 obtida através da Equação de Arrhenius e adaptado de [47]

Calor Específico NH3				
Pressão [bar(a)]	Temperatura [ºC]	Calor Específico [kJ/kg.K]		Estado
		Líquido	Gás	
0,642	-42	4,403	2,231	Saturação
1,195	-30	4,465	2,326	Saturação
3,151	-8	4,574	2,568	Saturação
13,57	9,6	4,606	2,840	Saturação
13,57	35	4,878	3,375	Saturação
3,151	44,7	-	3,650	Vapor Sobreaquecido
3,151	69,3	-	4,662	Vapor Sobreaquecido
13,57	76,7	-	2,720	Vapor Sobreaquecido
3,151	84,5	-	5,410	Vapor Sobreaquecido
13,57	115,9	-	13,680	Vapor Sobreaquecido

Calor Específico do NH_3, adaptado de [47]

CONDUTIVIDADE TÉRMICA Água Glicolada (30%MEG)	
Temperatura [ºC]	Condutividade Térmica [W/m.K]
	Líquido
-2	0,481
2	0,479

Condutividade Térmica da Água Glicolada, retirada das Especificações Técnicas do Permutador de Calor Alfa-Laval

CALOR ESPECÍFICO Água Glicolada (30%MEG)		
Pressão [bar(a)]	Temperatura [ºC]	Condutividade Térmica [W/m.K]
		Líquido
2	-2	3,688
2	2	3,680

Calor Específico da Água Glicolada, retirado das Especificações Técnicas do Permutador de Calor Alfa-Laval

Condutividade Térmica Aço	
Temperatura [ºC]	Condutividade Térmica [W/m.K]
	Aço Carbono (<0,5%C)
-42	68,440
-30	64,600
-8	57,560
35	53,950
44,7	53,660
69,3	52,921
84,5	52,470
115,9	51,360

Condutividade Térmica do Aço Carbono ASTM A53 Grade B, adaptado de [46]

VISCOSIDADE CO2				
Pressão [bar(a)]	Temperatura [ºC]	Viscosidade Dinâmica [mPa.s]		Estado
		Líquido	Gás	
9,34	-42	0,2003	0,01175	Saturação
14,29	-30	0,1642	0,01246	Saturação
28,07	-8	0,1141	0,01403	Saturação
53	16,8	0,079	0,01907	Saturação
28,07	21	-	0,01739	Vapor Sobreaquecido
28,07	32,5	-	0,01525	Vapor Sobreaquecido
28,07	41,5	-	0,01567	Vapor Sobreaquecido
53	42,3	-	0,01570	Vapor Sobreaquecido

Viscosidade Dinâmica do CO_2, adaptado de [47]

Condutividade Térmica CO2								
Pressão [bar(a)]	Temperatura [ºC]	Condutividade Térmica [W/m.K]						Estado
		Líquido	Gás	Mistura (50% Liq.)	Mistura (25,2% Liq.)	Mistura (15,9% Liq.)	Mistura (7,7% Liq.)	
9,34	-42	0,163	0,021	0,080	0,048	0,038	0,029	Saturação
14,29	-30	0,149	0,026	0,078	0,050	0,041	0,033	Saturação
28,07	-8	0,122	0,004	0,052	0,026	0,017	0,010	Saturação
53	16,8	0,088	0,052	0,069	0,060	0,057	0,054	Saturação
28,07	21	0,082	8,578	0,315	0,737	1,183	2,225	Saturação
28,07	32,5	0,065	17,056	0,256	0,619	1,027	2,099	Saturação
28,07	41,5	0,051	17,984	0,201	0,490	0,819	1,702	Saturação
53	42,3	0,049	18,056	0,194	0,472	0,789	1,642	Saturação

Condutividade Térmica do CO_2 obtida através da Equação de Arrhenius e adaptado de [47]

Calor Específico CO2				
Pressão [bar(a)]	Temperatura [°C]	Calor Específico [kJ/kg.K]		Estado
		Líquido	Gás	
9,34	-42	2,097	0,994	Saturação
14,29	-30	2,085	1,110	Saturação
28,07	-8	2,265	1,492	Saturação
53	16,8	3,101	3,184	Saturação
28,07	21	-	1,155	Vapor Sobreaquecido
28,07	32,5	-	1,106	Vapor Sobreaquecido
28,07	41,5	-	1,079	Vapor Sobreaquecido
53	42,3	-	1,077	Vapor Sobreaquecido

Calor Específico do CO2, adaptado de [47]

Condutividade Térmica Cobre	
Temperatura [°C]	Condutividade Térmica [W/m.K]
	Cobre K65 (99%Cu)
-42	394,820
-30	392,300
-8	387,680
16,8	384,820
21	384,530
32,5	383,730
41,5	383,100
42,3	383,040

Condutividade Térmica do Cobre K65, adaptado de [46]