



ISEL

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

**Estudo Comparativo de Instalações Frigoríficas  
Comerciais com CO<sub>2</sub> Transcrítico *versus* Amoníaco e  
Água Glicolada**

**JOÃO MIGUEL OLIVEIRA ATALAIA**

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador:

Professor Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Júri:

Presidente: Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão

Vogais: Doutor Rogério José da Silva Correia Duarte

Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

**Janeiro 2022**





**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

# **Estudo Comparativo de Instalações Frigoríficas Comerciais com CO<sub>2</sub> Transcrítico *versus* Amoníaco e Água Glicolada**

**JOÃO MIGUEL OLIVEIRA ATALAIA**

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientador:

Professor Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Júri:

Presidente: Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão

Vogais: Doutor Rogério José da Silva Correia Duarte

Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

**Janeiro 2022**



# Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador, professor João Nuno Pinto Miranda Garcia por ter aceite trabalhar comigo, pelo apoio e incentivo que me deu ao longo do trabalho, pela sua disponibilidade em ajudar e por me ter inculcido o gosto pela área da refrigeração.

Agradeço também a todas as marcas que me ajudaram na realização desta dissertação através da partilha de informação, Centauro, Bitzer, Guntner, GF piping systems, Pecomark, ACS Solutions, entre outras. Quero também agradecer à Sonae MC pela disponibilização do layout.

Um agradecimento especial à minha namorada, pelo apoio, motivação e paciência ao longo de todo o meu percurso.

Queria agradecer também à minha família que me ajudou durante todo o meu percurso académico, e sem eles não seria possível.

Muito obrigado a todos.



# Nomenclatura

## Lista de Abreviaturas

<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>CFC</b>	Clorofluorcarbonetos
<b>HCFC</b>	Hidroclorofluorcarbonetos
<b>HFC</b>	Hidrofluorcarbonetos
<b>ODP</b>	Ozone Depletion Potential (Potencial de Destruição de Ozono)
<b>GWP</b>	Global Warming Potential (Potencial de Aquecimento Global)
<b>kJ</b>	Quilojoule
<b>%</b>	Porcentagem
<b>°C</b>	Grau Celcius
<b>bar</b>	Pressão
<b>kW</b>	Quilowatt
<b>COP</b>	Coefficient of Performance (Coeficiente de Performance)
<b>R744</b>	Fluido Frigorígeno Dióxido de Carbono
<b>R134a</b>	Fluido Frigorígeno R134a
<b>R717</b>	Fluido Frigorígeno Amoníaco
<b>R11</b>	Fluido Frigorígeno R11
<b>kWh</b>	Quilowatt hora
<b>Tep</b>	Tonelada equivalente de petróleo
<b>KPI</b>	Key Performance Indicator (Indicador de Performance)
<b>TEWI</b>	Total Environmental Warming Impact (Valor Total Equivalente de Impacto Global)

<b>kg</b>	Quilograma
<b>W</b>	Watt
<b>TFE</b>	Tempo de Funcionamento Efetivo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro Quadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro Cúbico
<b>CC</b>	Câmaras de Congelados
<b>CR</b>	Câmaras de Refrigerados
<b>SC</b>	Salas Climatizadas
<b>EC</b>	Expositores de Congelados
<b>ER</b>	Expositores de Refrigerados
<b>€</b>	Euro
<b>dm<sup>3</sup></b>	Decímetro Cúbico
<b>MWh</b>	Megawatt Hora
<b>NHO</b>	Número de Horas de Ocupação
<b>NO</b>	Número de Ocupantes
<b>ppm</b>	Partes por Milhão
<b>Cpac</b>	Calor Específico Acima do Ponto de Congelação
<b>Cpab</b>	Calor Específico Abaixo do Ponto de Congelação
<b>ton</b>	Toneladas
<b>Ø</b>	Diâmetro

## Lista de Símbolos

Símbolo	Descrição	Unidade
$\dot{E}_{in}$	Energia de Entrada	kW
$\dot{E}_{out}$	Energia de Saída	kW
$\dot{m}$	Caudal	kg/s
$W$	Potência de Compressão	kW
$h$	Entalpia	kJ/ kg
$\dot{Q}_{out}$	Potência de Condensação	kW
$\dot{Q}_{in}$	Potência de Evaporação	kW
$\dot{Q}_{condução}$	Cargas Térmicas por Condução	kW
$A$	Área	$m^2$
$U$	Coeficiente Global de Transmissão de Calor	$W/m^2 \cdot K$
$\Delta T$	Diferença de Temperatura	$^{\circ}C$
$R$	Resistência Térmica	$m^2 \cdot K/W$
$e$	Espessura	m
$k$	Condutividade Térmica	$W/m \cdot K$
$\dot{Q}_{internas}$	Cargas Térmicas Internas	kW
$E_{ocup}$	Potência Dissipada por um Ocupante	kW
$E_{ilum}$	Potência de Iluminação	$kW/m^2$
$\dot{Q}_{maquinas}$	Cargas Térmicas Devido a Máquinas	kW
$\dot{Q}_{infiltração}$	Cargas Térmicas por Infiltração	kW
$\dot{V}_{renovação}$	Caudal Volumétrico de Renovação	$m^3/s$
$V$	Volume da Câmara	$m^3$

$E_{ar}$	Energia do Ar	$\text{kJ}/\text{m}^3$
$\dot{Q}_{produto}$	Cargas Térmicas do Produto	$\text{kW}$
$cp$	Calor Específico	$\text{kJ}/\text{kg K}$
$\dot{Q}_e$	Potência Refrigerífica Total da Instalação	$\text{kW}$
$W_c$	Potência Elétrica dos Compressores	$\text{kW}$
$W_B$	Potência Elétrica das Bombas	$\text{kW}$
$\sum Q_{térmicas}$	Somatório de Cargas Térmicas	$\text{kW}$
$CS$	Coefficiente de Segurança	-
$L$	Fugas de Fluido Refrigerígeno	$\text{kg}$
$n$	Vida Útil da Instalação	Ano
$m$	Carga de Fluido Refrigerígeno	$\text{kg}$
$\alpha_{recuperação}$	Fator de Recuperação	-
$E_{anual}$	Consumo Energético Anual	$\text{kWh}$
$\beta$	Emissões de CO <sub>2</sub>	$\text{kg}/\text{kWh}$
$GWP_{direto}$	Potencial de Aquecimento Global Direto	$\text{kg}$
$GWP_{indireto}$	Potencial de Aquecimento Global Indireto	$\text{kg}$
$GWP_{fugas}$	Potencial de Aquecimento Global originado por fugas	$\text{kg}$
$GWP_{perdas.recup}$	Potencial de Aquecimento Global por Perdas Recuperadas	$\text{kg}$
$\Delta h$	Diferença de Entalpia	$\text{kJ}/\text{kg}$
$\Delta\epsilon$	Poupança Anual	$\epsilon$
$M$	Massa do Produto	$\text{kg}$
$\rho$	Densidade de Armazenagem	$\text{kg}/\text{m}^3$

# Resumo

A preocupação com as alterações climáticas causadas pelo aquecimento global e pelas emissões de gases de efeito de estufa, originaram restrições legislativas que limitam o uso de gases fluorados com efeito de estufa, pressionando o setor industrial e comercial como supermercados e hipermercados a aderir a outras alternativas mais viáveis não só do ponto de vista económico, mas também do ponto de vista ambiental. A alternativa passa pelo uso de fluidos frigoríficos naturais, como por exemplo amoníaco, dióxido de carbono e água. Como cada fluido frigorífico natural apresenta as suas características, vantagens e desvantagens que as caracterizam, é cada vez mais importante tendo em conta as opções de fluidos naturais que existem no mercado, perceber, qual o que se melhor adequa para o uso de instalações frigoríficas comerciais. Dado que, existem diversos sistemas frigoríficos que usam fluidos frigoríficos naturais, é importante também perceber quais os sistemas que mais se adequam para um determinado projeto. O presente trabalho tem como principal objetivo caracterizar os sistemas a CO<sub>2</sub> transcíticos, bem como o sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada, e perceber através de um caso de estudo prático qual dos sistemas é o mais adequado. Para isso efetuou-se uma descrição dos fluidos frigoríficos em estudo, sendo apresentadas as suas características, vantagens e desvantagens, bem como os tipos de sistemas em que estes podem ser encontrados e respetiva descrição dos componentes. Assim, será possível para o caso de estudo, escolher o melhor sistema a CO<sub>2</sub> e o melhor sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada a utilizar, sendo depois efetuado todo o dimensionamento dos equipamentos bem como a sua implementação no caso de estudo. Para análise e comparação dos sistemas em estudo foram analisados indicadores de performance (KPI), que permitem no final perceber qual o sistema melhor.

**Palavras Chave:** Fluidos Naturais, CO<sub>2</sub> transcítico, Amoníaco, Água Glicolada, Instalações Frigoríficas Comerciais, Eficiência Energética, Refrigeração



# Abstract

Concerns about climate change caused by global warming and greenhouse gas emissions have led to legislative restrictions that limit the use of fluorinated greenhouse gases, pressuring the industrial and commercial sector such as supermarkets and hypermarkets to join other more viable alternatives not only from the economic point of view, but also from the environmental point of view. The alternative is the use of natural refrigerants, such as ammonia, carbon dioxide and water. As each natural refrigerant has its own characteristics, advantages and disadvantages that characterize them, it is increasingly important taking into account the options of natural fluids that exist in the market, to understand, which one is best suited for the use of commercial refrigerating systems. Given that there are several refrigeration systems that use natural refrigerants, it is also important to understand which systems are best suited for a particular project. The main objective of this work is to characterize the transcritical CO<sub>2</sub> systems, as well as the ammonia system with glycol water distribution, and to understand through a practical case study which system is the most suitable. To this end, a description of the refrigerants under study was carried out, presenting their characteristics, advantages and disadvantages, as well as the types of systems in which they can be found and the respective description of the components. Thus, for the case study, it will be possible to choose the best CO<sub>2</sub> system and the best ammonia system with distribution of glycol water to be used, and then all the equipment sizing will be done, as well as its implementation in the case study. For analysis and comparison of the systems under study, performance indicators (KPI) were analyzed, which allow us to understand which system is better.

**Keywords:** Natural Fluids, Transcritical CO<sub>2</sub>, Ammonia, Glycol Water, Commercial Refrigeration Plants, Energy Efficiency, Refrigeration



# Índice

Agradecimentos.....	i
Nomenclatura.....	iii
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Metodologia e Estrutura do Documento.....	1
2. Enquadramento Teórico.....	2
2.1. História da Refrigeração.....	2
2.2. Evolução dos Fluidos Frigorígenos.....	4
2.3. Ciclo Frigorífico por Compressão de Vapor.....	7
2.3.1. Diagrama de Mollier.....	7
2.3.2. Funcionamento e Componentes.....	8
2.3.3. Balanço Energético.....	13
2.3.4. Melhoria Ciclo Frigorífico.....	15
2.3.5. Tipos de Sistema.....	16
2.3.6. Fluidos Frigorígenos.....	18
2.3.7. Sistema a CO <sub>2</sub> Transcrítico.....	22
2.3.8. Sistema Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada.....	36
2.3.9. Consumos Energéticos.....	39
2.3.10. Cálculo de Cargas Térmicas.....	42
2.3.11. Definição dos Indicadores de Performance (KPI).....	45
3. Caso de Estudo.....	51
3.1. Layout.....	53
3.2. Condições de Cálculo.....	56
3.2.1. Condições do Produto.....	56
3.2.2. Condições Ambientais.....	56
3.2.3. Condições Diversas.....	58
3.3. Câmaras de Congelados.....	58
3.3.1. Câmara de Congelados Geral (CC01).....	58

3.3.2.	Câmara Congelados de Padaria (CC02) .....	59
3.4.	Câmaras de Refrigerados .....	59
3.4.1.	Descargas Noturnas (CR01) .....	59
3.4.2.	Câmara de Laticínios (CR02) .....	60
3.4.3.	Câmara de Talho (CR03).....	60
3.4.4.	Câmara de Peixe (CR04) .....	60
3.4.5.	Câmara de Frangos (CR05) .....	61
3.4.6.	Câmara de Charcutaria (CR06) .....	61
3.4.7.	Câmara de Padaria (CR07).....	61
3.5.	Salas Climatizadas .....	62
3.5.1.	Sala de Lixos (SC01).....	62
3.5.2.	Preparação de Talho (SC02).....	62
3.5.3.	Preparação de Frutas e Legumes (SC03).....	62
3.6.	Expositores de Congelados.....	63
3.6.1.	Mural de Congelados (EC01).....	63
3.6.2.	Ilha de Peixe Congelado (EC02).....	63
3.7.	Expositores de Refrigerados .....	63
3.7.1.	Mural de Legumes (ER01) .....	63
3.7.2.	Mural Especialidades Legumes (ER02) .....	64
3.7.3.	Mural de Topo Especialidades (ER03).....	64
3.7.4.	Mural BIO (ER04).....	64
3.7.5.	Mural de Iogurtes (ER05).....	64
3.7.6.	Mural de Gorduras (ER06) .....	65
3.7.7.	Semi-Mural de Charcutaria (ER07).....	65
3.7.8.	Semi-Mural de Take Away (ER08).....	65
3.7.9.	Mural de Charcutaria (ER09) .....	65
3.7.10.	Vitrine de Talho (ER10).....	66
3.7.11.	Mural de Talho (ER11).....	66
3.7.12.	Mural de Bebidas (ER12).....	66
3.8.	Potência Frigorífica Total da Instalação .....	67
3.9.	Sistema a CO <sub>2</sub> Transcrítico.....	68
3.9.1.	Evaporadores .....	70

3.9.2.	Central de Frio.....	71
3.9.3.	Gás Cooler.....	71
3.9.4.	Tubagem.....	72
3.10.	Sistema a Amoníaco com distribuição de Água Glicolada.....	72
3.10.1.	Frígodifusores.....	74
3.10.2.	Central de Frio.....	75
3.10.3.	Condensador.....	75
3.10.4.	Permutador de Calor de Placas.....	76
3.10.5.	Grupo de Bombagem.....	76
3.10.6.	Tubagem.....	77
4.	Cálculo e Análise dos KPI para os Sistemas Propostos.....	77
4.1.	Coeficiente de Performance.....	77
4.2.	Caudal de Fluido Frigorigéneo.....	79
4.3.	Potência Elétrica Instalada e Consumo Anual.....	83
4.4.	Índice de TEWI e GWP.....	86
4.5.	Investimento Inicial.....	88
4.6.	Payback Simples.....	90
4.7.	Resumo e Análise dos Resultados.....	95
5.	Conclusão.....	97
6.	Referências Bibliográficas.....	99
7.	Anexos.....	103
	Anexo A- Layout.....	103
	Anexo A1- Cálculo de Cargas Térmicas.....	106
	Anexo B- Sistema CO <sub>2</sub> Transcrítico.....	129
	Anexo B1- Equipamentos.....	130
	Anexo B2- Desenho Implementação de Evaporadores.....	147
	Anexo B3- Desenho Implementação da Central e Gás Cooler.....	149
	Anexo B4- Desenho Implementação da Tubagem.....	151
	Anexo C- Sistema Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada.....	153
	Anexo C1- Equipamentos.....	154
	Anexo C2- Desenho Implementação de Frígodifusores.....	174
	Anexo C3- Desenho Implementação da Central e Condensador.....	176

Anexo C4- Desenho Implementação da Tubagem.....178

# Índice de Figuras

Figura 1- Transporte de Gelo (Koelet & Gray,1992) .....	2
Figura 2- Primeiro Compressor de Refrigeração (Koelet & Gray,1992) .....	4
Figura 3- Evolução Histórica dos Fluidos Frigoríficos (Adaptado de Duarte,2013) .....	4
Figura 4- Metas Impostas pelo Regulamento F-Gás (EPEE,2018) .....	6
Figura 5- Diagrama de Mollier dos Fluidos Frigoríficos (Wang, 2001) .....	7
Figura 6- Tipos de Compressores (Adaptado de Hundy, Trott & Welch, 2008) .....	8
Figura 7- Gama de Potência Frigorífica para cada tipo de Compressor (Adaptado de Hundy, Trott & Welch, 2008) .....	9
Figura 8- Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor Simples (Wang, 2001) .....	11
Figura 9- Diagrama de Mollier do Ciclo Frigorífico (Wang, 2001) .....	12
Figura 10- Subarrefecimento (Wang, 2001) .....	15
Figura 11- Sobreaquecimento (Wang, 2001) .....	15
Figura 12- Sistema de Expansão Direta (Melinder,2015) .....	16
Figura 13- Sistema de Expansão Indireta (Melinder,2015) .....	17
Figura 14- Tipos de Fluidos Frigoríficos (Oliveira, 2012) .....	19
Figura 15- Efeito de Estufa (Dinçer & Kanoglu,2010) .....	20
Figura 16- Classificação de Segurança de Fluidos Frigoríficos (ASHRAE, 2020) .....	21
Figura 17- Características de Fluidos Frigoríficos (Maratou & Masson, 2013) .....	21
Figura 18- Diagrama de Fases do CO <sub>2</sub> (Emerson Climate Technologies, 2014) .....	22
Figura 19- Diagrama de Mollier do CO <sub>2</sub> (Emerson Climate Technologies, 2014) .....	23
Figura 20- Efeitos do CO <sub>2</sub> no ser humano (Lin, Cai & Tsai, 2016) .....	24
Figura 21- Sistema CO <sub>2</sub> Transcrítico e Subcrítico (Emerson Climate Technologies, 2014) .....	24
Figura 22- Tipos de Sistemas Transcríticos (Sever, 2019) .....	25
Figura 23- Sistema do Tipo Booster Simples (Sever, 2019) .....	25
Figura 24- Comparação de Sistema Transcrítico Booster Simples no Verão e Inverno (Sever, 2019) .....	26
Figura 25- Sistema do Tipo Booster com Compressão Paralela (Sever, 2019) .....	28
Figura 26- Comparação do Sistema Transcrítico Booster Simples e Compressão Paralela (Sever, 2019) .....	29
Figura 27- Multi-injetor (Danfoss,2020) .....	30
Figura 28- Funcionamento do Injetor (Danfoss, 2020) .....	30
Figura 29- Sistema do tipo Booster com Multi-injetor (Sever, 2019) .....	31
Figura 30- Comparação do Sistema Transcrítico Booster de Compressão Paralela e com Multi-Injetor (Sever, 2019) .....	32
Figura 31- Efeito do Gás Cooler no Diagrama de Mollier (Danfoss, 2013) .....	33
Figura 32- Comparação de Compressores a R134a e CO <sub>2</sub> (Ladeira & Filho) .....	34
Figura 33- Comparação da Tubagem para Sistema a CO <sub>2</sub> , R717 e R134 (Vestergaard, 2004) .....	35

Figura 34- Comparação da Tubagem para Sistema a CO <sub>2</sub> , R717 e R134-II (Vestergaard, 2004).....	35
Figura 35- Efeitos do Amoníaco para o ser humano (Chair, et. al. 2017).....	37
Figura 36- Volume de Propileno Glicol em Função da Temperatura do Fluido (Adaptado de Engineering Toolbox, 2001).....	38
Figura 37- Componentes Sistema Secundário (Melinder, 2015) .....	39
Figura 38- Consumos Energéticos de setores de Serviço (DGE, 2002).....	40
Figura 39-Consumos Energéticos Globais em Superfícies Comerciais (INETI, 2000) ..	40
Figura 40- Consumos Energéticos Específicos em Hipermercados (INETI,2000) .....	41
Figura 41- Distribuição dos consumos de energia num supermercado (Marchioro, 2004) .....	41
Figura 42- Consumos Específicos dos Componentes do Ciclo Frigorífico (Coca, 2000) .....	42
Figura 43- Balanço Energético no Depósito.....	48
Figura 44- Layout do Piso -1 do Caso de Estudo.....	51
Figura 45- Layout do Piso 0 do Caso de Estudo .....	52
Figura 46- Layout do Piso 1 do Caso de Estudo .....	53
Figura 47- Layout do Caso de Estudo .....	55
Figura 48- Normais Climatológicas de Flores entre 1971 e 2000 (IPMA) .....	57
Figura 49- Boletim Climatológico Mensal de Agosto Açores 2021 (IPMA).....	58
Figura 50- Sistema a CO <sub>2</sub> Transcrítico com Compressão Paralela (Adaptado de Chasserot, 2020).....	69
Figura 51- Diagrama de Moolier do Sistema CO <sub>2</sub> Transcrítico com Compressão Paralela .....	69
Figura 52- Sistema a Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada (Adaptado de Chasserot, 2020) .....	73
Figura 53- Diagrama de Moolier do Sistema a Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada.....	73
Figura 54- Propriedades do Propileno Glicol “MPG COOLANT NSF HT1” .....	74
Figura 55- Análise Comparativa do Coeficiente de Performance.....	79
Figura 56- Balanço no Depósito Intermédio do Caso de Estudo .....	80
Figura 57- Análise Comparativa do Caudal de Fluido Frigorígeno .....	82
Figura 58- Análise Comparativa da Potência Elétrica Instalada .....	85
Figura 59- Análise Comparativa do Consumo Anual Elétrico.....	86
Figura 60- Análise Comparativa do Índice de TEWI.....	87
Figura 61- Análise Comparativa do Investimento Inicial .....	90
Figura 62- Análise Comparativa dos Custos Monetários Anuais.....	92
Figura 63- Análise Comparativa da Poupança Anual .....	93
Figura 64- Análise Comparativa do Payback Simples .....	94

# Índice de Tabelas

Tabela 1- Câmaras Frigoríficas de Congelados.....	53
Tabela 2- Câmaras Frigoríficas de Refrigerados.....	54
Tabela 3- Salas Climatizadas.....	54
Tabela 4- Expositores de Congelados .....	54
Tabela 5- Expositores de Refrigerados.....	54
Tabela 6- Características Físicas e Temperatura de Conservação de Produtos.....	56
Tabela 7- Potência Frigorífica Total de Congelados.....	67
Tabela 8- Potência Frigorífica Total de Refrigerados .....	67
Tabela 9- Evaporadores das Câmaras de Congelados.....	70
Tabela 10- Evaporadores das Câmaras de Refrigerados .....	70
Tabela 11- Evaporadores das Salas Climatizadas .....	70
Tabela 12- Central Frigorífica de CO <sub>2</sub> Transcrítico .....	71
Tabela 13- Tubagem de CO <sub>2</sub> Transcrítico.....	72
Tabela 14- Frígodifusores das Câmaras de Congelados.....	74
Tabela 15- Frígodifusores das Câmaras de Refrigerados .....	74
Tabela 16- Frígodifusores das Salas Climatizadas.....	75
Tabela 17- Central Frigorífica a Amoníaco.....	75
Tabela 18- Grupo de Bombagem.....	76
Tabela 19- Tubagem da Água Glicolada e Amoníaco .....	77
Tabela 20- Cálculo das Potências Elétricas Totais dos Compressores para Sistemas Propostos .....	77
Tabela 21- Cálculo das Potências Elétricas Totais das Bombas para Sistemas Propostos .....	78
Tabela 22- Cálculo do COP para os Sistemas Propostos .....	78
Tabela 23- Cálculo do Caudal de CO <sub>2</sub> para Congelados.....	79
Tabela 24- Cálculo do Caudal de CO <sub>2</sub> para Refrigerados.....	80
Tabela 25- Cálculo da Caudal que sai no ponto 7 .....	80
Tabela 26- Valores de Entalpia nos Pontos 4, 5 e 7 .....	81
Tabela 27- Cálculo do Caudal de Amoníaco.....	82
Tabela 28- Cálculo do Caudal de Água Glicolada .....	82
Tabela 29- Cálculo da Potência Elétrica Instalada para Sistema a CO <sub>2</sub> Transcrítico.....	83
Tabela 30- Cálculo da Potência Elétrica Instalada para Sistema a Amoníaco e Água Glicolada.....	84
Tabela 31- Cálculo do Consumo Elétrico Anual para Sistemas Propostos .....	85
Tabela 32- Cálculo do Índice de TEWI para os Sistemas Propostos .....	87
Tabela 33- Cálculo do Investimento Inicial para Sistema a CO <sub>2</sub> Transcrítico.....	88
Tabela 34- Cálculo do Investimento Inicial para Sistema a Amoníaco e Água Glicolada .....	89
Tabela 35- Cálculo dos Custos Elétricos Anuais para Sistemas Propostos.....	91

Tabela 36- Cálculo dos Custos de Manutenção Anuais de Compressores para Sistemas Propostos .....	91
Tabela 37- Cálculo dos Custos de Manutenção Anuais de Bombas para Sistemas Propostos .....	91
Tabela 38- Cálculo dos Custos Totais Anuais para os Sistemas Propostos .....	92
Tabela 39- Cálculo da Poupança Anual para Sistema a CO <sub>2</sub> Transcrítico .....	93
Tabela 40- Cálculo da Poupança Anual para Sistema a Amoníaco e Água Glicolada....	93
Tabela 41- Cálculo do Payback Simples para Sistemas Propostos .....	94
Tabela 42- Comparação dos Resultados Obtidos para os Sistemas Propostos.....	95

# 1. Introdução

## 1.1. Objetivos

O presente trabalho final de mestrado tem como objetivo analisar, avaliar e comparar dois sistemas frigoríficos de tipologia comercial, sendo estes, um ciclo de CO<sub>2</sub> transcrito e um ciclo frigorífico a amoníaco e água glicolada.

O principal objetivo do trabalho é permitir avaliar qual dos sistemas frigoríficos, CO<sub>2</sub> transcrito ou amoníaco com distribuição de água glicolada, é melhor em termos ambientais, económicos e de eficiência energética. Para isso, é necessário definir indicadores de performance como elementos de estudo a comparar entre os dois sistemas. Após análise e comparação dos indicadores de performance será possível identificar qual dos sistemas será o melhor.

## 1.2. Metodologia e Estrutura do Documento

Relativamente à metodologia a seguir, para alcançar os objetivos apresentados foi fundamental abordar dois pontos:

- a) Pesquisa bibliográfica – Indispensável para a elaboração do trabalho, dado que facilita a compreensão sobre os tópicos abordados na dissertação.
- b) Projeto – Base para o dimensionamento da instalação que irá permitir comparar todos os parâmetros selecionados entre os dois sistemas em estudo.

De modo geral a estrutura da dissertação abordará os seguintes tópicos:

- Enquadramento do ciclo frigorífico e fluidos frigoríficos;
- Descrição do sistema CO<sub>2</sub> transcrito;
- Descrição do sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada;
- Enquadramento das superfícies comerciais e consumos associados;
- Definição e escolha dos indicadores de performance (KPI) em estudo;
- Apresentação de projeto de tipologia comercial, cálculo das potências frigoríficas e dimensionamento dos equipamentos;
- Cálculo e análise dos indicadores de performance (KPI) para os sistemas propostos.

## 2. Enquadramento Teórico

### 2.1. História da Refrigeração

Os meios de refrigeração já eram do conhecimento humano mesmo na época das mais antigas civilizações, onde era usada o gelo natural colhido nas superfícies dos rios e lagos congelados com a finalidade de conservar os alimentos. Como referência é possível citar os habitantes da ilha de Creta, no Mediterrâneo, em que no ano 2000 antes de cristo armazenavam o gelo em abrigos subterrâneos durante o inverno, com o objetivo de o poder usar para preservar os alimentos durante a estação quente (Koelet & Gray,1992).

Até ao início do século XX a preservação dos alimentos era feito por gelo colhido durante o inverno e armazenado em locais próprios. O gelo era tão importante que, em meados do século XIX havia um negócio bastante relevante de transporte de gelo natural. De 1805 até ao final do século XIX, veleiros transportavam gelo natural da América do Norte para países mais quentes como por exemplo Índia e Austrália. Em 1872 chegaram a ser transportados cerca de 225 mil toneladas de gelo natural. Ao mesmo tempo na Europa, os blocos naturais de gelo da Noruega tinham grande procura (Koelet & Gray,1992).



Figura 1- Transporte de Gelo (Koelet & Gray,1992)

Contudo, o uso do gelo natural trazia consigo uma série de inconvenientes que afetavam a refrigeração, tais como, o transporte do mesmo que algumas vezes não chegava ao destino pois não se conseguia conservar e a dependência pela natureza.

Para combater estas dificuldades, a solução de produzir gelo artificial foi uma das principais prioridades. Em 1834 ocorre um marco na história deste desenvolvimento, quando Jacob Perkins, um americano, inventou a máquina de compressão de vapor, até hoje o sistema mais utilizado na refrigeração. Perkins conseguiu este feito evaporando sob pressão reduzida um fluido volátil obtido pela destilação da borracha na Índia, com isto foi possível produzir uma pequena quantidade de gelo, mas não o suficiente para ser comercializável (Koelet & Gray, 1992) (Dinçer & Kanoglu, 2010).

Após 1850 novas substâncias, como, amoníaco e dióxido de carbono, foram disponibilizados por Faraday, Thilorier, e outros, demonstrando que essas substâncias poderiam ser liquefeitas. A teoria necessária para a refrigeração mecânica foi fornecida por Rumford e Davy (Dinçer & Kanoglu, 2010).

Em 1866, T.S.C. Lowe, um americano, desenvolveu um equipamento de refrigeração que usava dióxido de carbono. Estes equipamentos que usavam dióxido de carbono tornaram-se importantes, devido à não toxicidade do gás, em instalações frigoríficas onde a segurança era a principal preocupação. Contudo, estes não foram muito usados até a década de 1890, dado que, a sua utilização trazia alguns inconvenientes como as suas elevadas pressões de funcionamento. Em 1950 os sistemas que funcionavam com dióxido de carbono foram todos substituídos por fluidos frigorigéneos sintéticos. Apenas em 1993 voltou a surgir os sistemas a dióxido de carbono, com o surgimento do primeiro sistema subcrítico instalado em supermercado e mais tarde no início de 2000 surge o primeiro sistema transcrito instalado em supermercado (Dinçer & Kanoglu, 2010; Chasserot, 2020).

Em 1873 ocorre um marco importante na história da refrigeração quando Carl Von Linde projetou o primeiro compressor de refrigeração prático que funcionava a amoníaco. O uso de amoníaco na máquina de compressão de vapor, foi um passo bastante grande na história da refrigeração, dado que, este fluido apresenta excelentes propriedades termodinâmicas, as pressões necessárias para funcionamento são fáceis de produzir e as máquinas são de dimensões mais reduzidas. Estas características fizeram com que, ao contrário do dióxido de carbono, o amoníaco continua-se a ser usado a nível industrial, sendo que, não foi substituído por fluidos sintéticos. Linde conseguiu também demonstrar como a eficiência termodinâmica de máquinas de refrigeração poderia ser calculada e aumentada (Koelet & Gray, 1992; Dinçer & Kanoglu, 2010).

Em 1890, a refrigeração mecânica provou ser prática e econômica para a indústria de refrigeração de alimentos (Dinçer & Kanoglu, 2010).

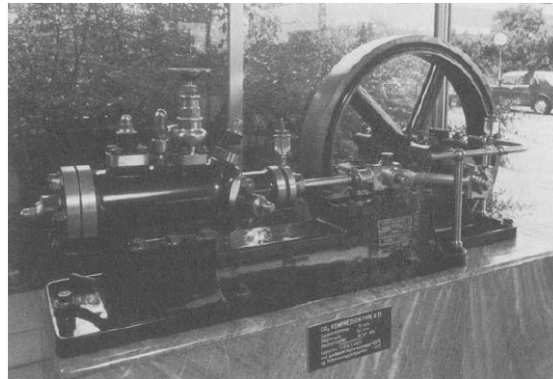


Figura 2- Primeiro Compressor de Refrigeração (Koelet & Gray,1992)

A partir daqui ocorreu uma evolução enorme na refrigeração, principalmente quando ocorre a descoberta e uso da eletricidade, o que permitiu procurar formas de produzir frio doméstico. Em 1914 já se usava frio industrial por exemplo na indústria de carnes, através de compressão de vapor usando amoníaco. Só quatro anos mais tarde, surge o primeiro frigorífico doméstico que funcionava com cloreto de metilo, amoníaco e dióxido de enxofre. A partir daqui a evolução é enorme, sendo que, a refrigeração é indispensável para os dias de hoje.

## 2.2. Evolução dos Fluidos Frigoríficos

A evolução dos fluidos frigoríficos pode ser representado de modo geral conforme segue:

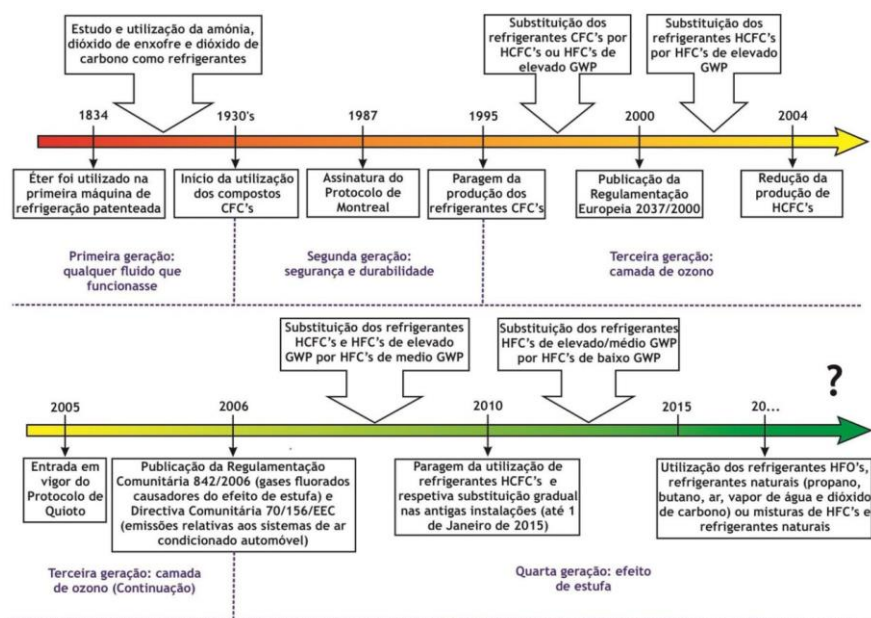


Figura 3- Evolução Histórica dos Fluidos Frigoríficos (Adaptado de Duarte,2013)

Após a invenção do primeiro ciclo de compressão a vapor, qualquer fluido frigorígeno que produzisse frio era utilizado sem preocupação, sem ter em conta fatores como a segurança dos utilizadores e fatores ambientais, mais propriamente a inflamabilidade, toxicidade, destruição da camada de ozono ou aquecimento global do fluido (Rebelo, 2017). Nesta altura eram usados alguns fluidos frigorígenos naturais como o amoníaco, dióxido de enxofre, dióxido de carbono e cloreto de metilo.

O uso destes fluidos frigorígenos em sistemas frigoríficos, originou em alguns casos acidentes e fatalidades devido a fugas, dado que a maioria destes fluidos eram e são considerados até hoje tóxicos, tal como o amoníaco e dióxido de enxofre por exemplo. Embora o amoníaco seja tóxico, devido às suas excelentes propriedades termodinâmicas, continuou a ser usado a nível industrial. Em relação ao dióxido de carbono apesar de não ser tóxico, o seu funcionamento no ciclo de compressão trazia alguns inconvenientes como as elevadas pressões que poderiam ser consideradas perigosas. Deste modo, durante algum tempo este fluido frigorígeno foi colocado de lado.

Tendo em conta os inconvenientes dos fluidos frigorígenos usados inicialmente, por volta de 1930 foram inventados os fluidos frigorígenos onde predominavam os fluorados. O objetivo principal destes fluidos era a melhoria da eficiência, segurança, durabilidade do fluido e equipamentos. Para a escolha deste tipo de fluidos foi tido em conta os mais estáveis e os que não eram tóxicos nem inflamáveis, de modo a garantir a segurança dos utilizadores (Rebelo, 2017). Assim surgiu os clorofluorcarbonetos (CFC) e os hidroclorofluorcarbonetos (HCFC).

Em 1987 surgiu o protocolo de Montreal que entrou em vigor em 1989, cujo objetivo foi a proteção do ozono estratosférico. O protocolo de Montreal identificou os gases que destroem a camada de ozono, e estabeleceu um programa de eliminação progressiva quer de utilização quer de produção, dos CFC e HCFC. Como alternativa estes foram substituídos por fluidos denominados hidrofluorcarbonetos (HFC) uma vez que, estes eram os que apresentavam um potencial de destruição de ozono (ODP) reduzido (Montreal, 2016).

Mais tarde em 1997 surgiu o protocolo de Quioto que entrou em vigor em 2005, cujo objetivo foi reduzir as emissões dos gases de efeito estufa de modo a reduzir o aquecimento global, um problema muito recorrente ainda nos dias de hoje. Para isso foi tido em conta o potencial

de aquecimento global (GWP) dos fluidos refrigerantes. Com o surgimento deste protocolo, verificou-se que os HFC apesar de não destruírem a camada de ozônio, apresentavam em alguns casos um potencial de aquecimento global elevado o que aumentou o interesse no uso de fluidos naturais principalmente o amoníaco e o dióxido de carbono uma vez que, o seu impacto de destruição de camada de ozônio é nulo e o impacto de aquecimento global é muito reduzido (UNFCCC ,1998).

Com base no protocolo de Quioto, em 2006 surge o regulamento F-Gás que tem como objetivo reduzir a utilização de gases fluorados com efeito estufa. Em 2015, o regulamento é atualizado e são apresentadas várias medidas para a redução da utilização de gases fluorados tal como (EPEE, 2018):

- Regras para confinamento, utilização, recuperação e destruição de gases fluorados com efeito de estufa;
- Impõe condições à colocação no mercado de produtos e equipamentos específicos que contenham, ou cujo funcionamento utilize gases fluorados com efeito de estufa;
- Impõe condições às utilizações específicas de gases fluorados com efeito de estufa;
- Impõe limites quantitativos à colocação de HFC no mercado;
- Impõe quotas para a utilização de gases fluorados.

Segundo o regulamento F-Gás (2015), a meta imposta para cada ano na utilização de gases fluorados com efeito estufa é a seguinte (EPEE, 2018):

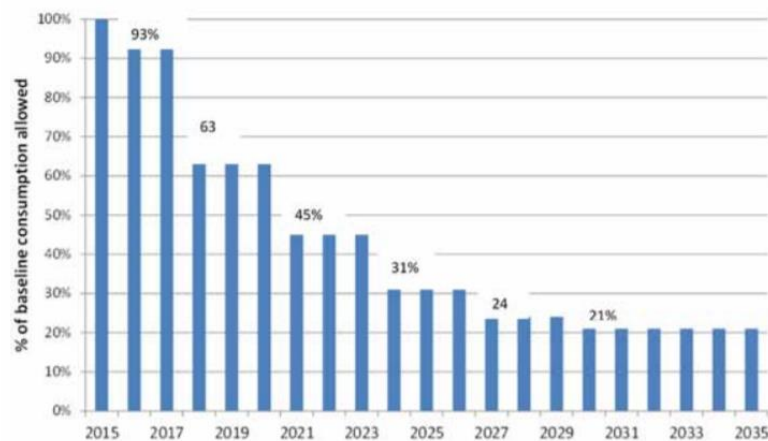


Figura 4- Metas Impostas pelo Regulamento F-Gás (EPEE,2018)

De acordo com o regulamento F-Gás estima-se que por volta de 2035 (figura 4) o consumo permitido de gases fluorados em percentagem seja de aproximadamente 21% comparado com o ano de 2015 (EPEE, 2018).

Esta limitação referente aos gases fluorados com efeito estufa, pressiona o setor industrial e comercial como supermercados e hipermercados a aderir a outras alternativas, não só do ponto de vista económico, mas também do ponto de vista ambiental. Deste modo, a alternativa passa pelo uso de fluidos frigoríficos naturais, como por exemplo amoníaco e dióxido de carbono muito utilizado atualmente. As limitações impostas que não permitiam o uso destes fluidos no passado, foram superadas graças à evolução de equipamentos e medidas de segurança, como estes não prejudicam o meio ambiente e apresentam boas propriedades termodinâmicas são opções bastante fiáveis.

## 2.3. Ciclo Frigorífico por Compressão de Vapor

### 2.3.1. Diagrama de Mollier

Antes de se estudar o ciclo frigorífico é importante perceber como analisar o diagrama de Mollier dos fluidos frigoríficos, dado que, todos os cálculos associados ao ciclo frigorífico se baseiam neste diagrama.

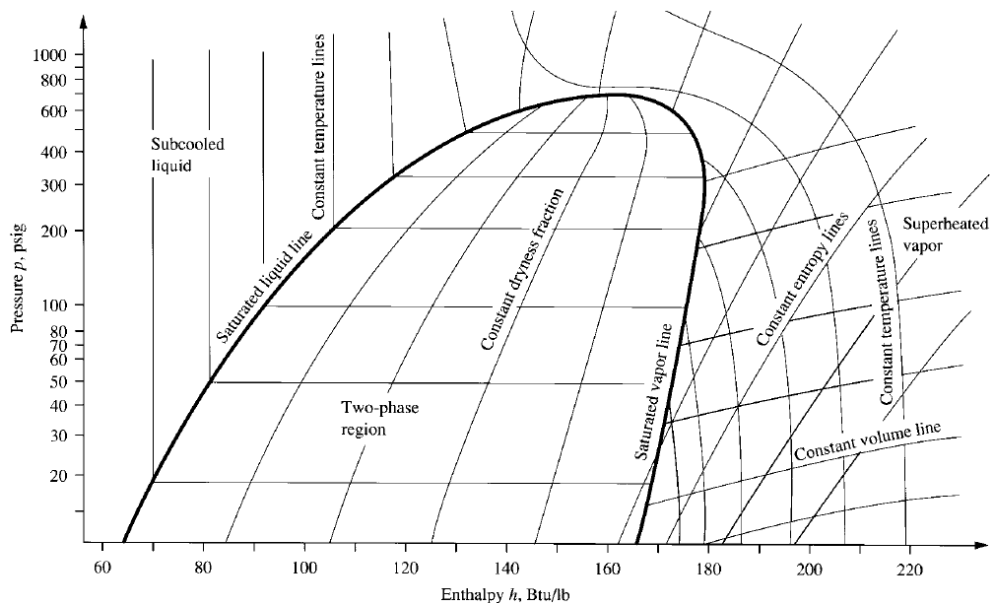


Figura 5- Diagrama de Mollier dos Fluidos Frigoríficos (Wang, 2001)

No diagrama de Mollier (figura 5) a pressão é indicada no eixo do y normalmente com unidades em bar e a entalpia específica no eixo do x com unidades em kJ/kg (sistema internacional), no sistema americano este representa-se em psi e Btu/lb. A linha em U invertido demonstra os locais na qual o fluido frigorígeno muda de fase. No lado esquerdo do diagrama, na zona da linha tem-se líquido saturado e à esquerda desta linha tem-se a zona de líquido subarrefecido. No lado direito na zona da linha do diagrama tem-se vapor saturado e à direita desta linha encontra-se a zona de vapor sobreaquecido.

A área interior da linha em U invertido, corresponde à zona de mistura, ou seja, a zona que apresenta líquido mais vapor (2 fases). Conforme o diagrama de Mollier (figura 5) apresenta ainda as linhas de temperatura constante, entropia constante e volume específico constante.

### 2.3.2. Funcionamento e Componentes

O sistema de refrigeração por compressão de vapor é constituído pelos seguintes componentes:

#### Compressor

O compressor pode ser caracterizado como sendo o coração de uma instalação frigorífica, dado que, a sua função é comprimir o fluido frigorígeno aumentando a sua pressão e consequentemente a sua temperatura (Dinçer & Kanoglu, 2010). Existem diversos tipos de compressores.

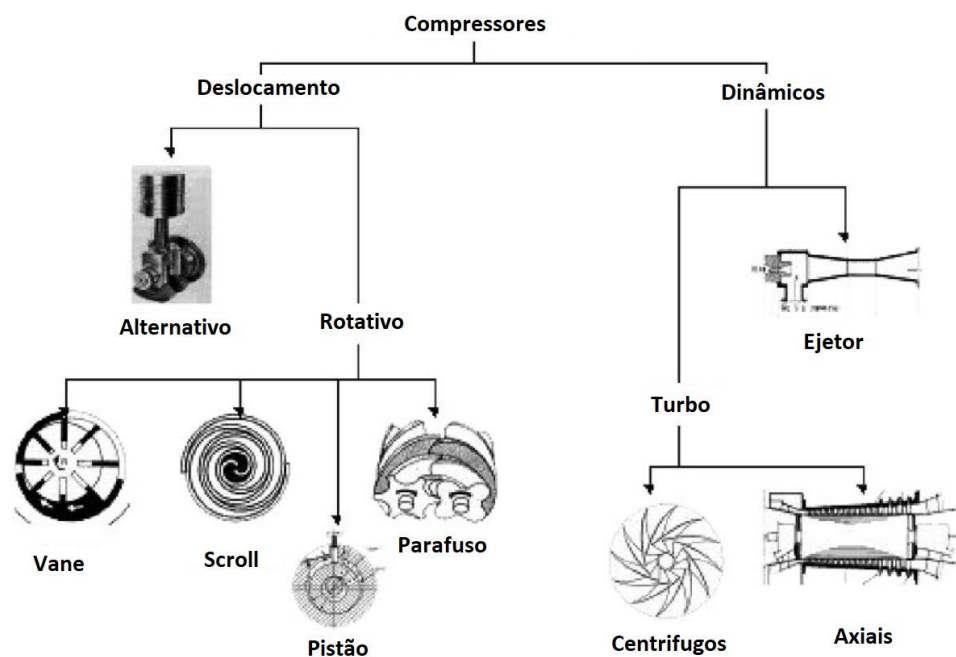


Figura 6- Tipos de Compressores (Adaptado de Hundy, Trott & Welch, 2008)

Cada compressor adequa-se a gamas de potências frigoríficas conforme mostra a figura 7.

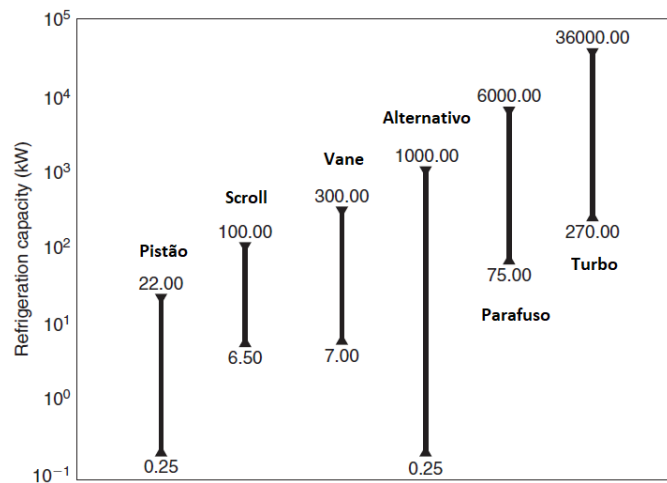


Figura 7- Gama de Potência Frigorífica para cada tipo de Compressor (Adaptado de Hundy, Trott & Welch, 2008)

Em relação ao método de construção estes podem ser herméticos, semi-herméticos e abertos (Dinçer & Kanoglu, 2010).

## Condensador

O condensador é responsável por condensar o fluido frigorífero proveniente do compressor, libertando o calor normalmente para o ar ou para outro fluido (Hundy, Trott & Welch, 2008).

Segundo Dinçer & Kanoglu, (2010) existem diversos tipos de condensadores tais como:

- Condensadores arrefecidos a água;
- Condensadores arrefecidos a ar;
- Condensadores evaporativos.

A seleção e dimensionamento do condensador depende de:

- Capacidade Térmica;
- Temperatura de Condensação e Pressão;
- Caudal de fluido frigorífero;
- Condições Climatéricas;
- Temperatura de projeto.

## **Válvula de Expansão**

O objetivo da válvula de expansão é laminar o caudal de fluido frigorífero do condensador de alta pressão para o evaporador de baixa pressão. Na maioria dos casos, a redução da pressão é alcançada através de um orifício de fluxo variável. As válvulas de expansão podem ser classificadas de acordo com o método de controlo (Dinçer & Kanoglu, 2010).

Deste modo, existem os seguintes tipos de válvulas (Garcia, 2019):

- Válvula de expansão termostática;
- Válvula de expansão eletrónica;
- Válvula de expansão pressostática;
- Válvula de expansão manual, entre outros.

## **Evaporador**

A função do evaporador consiste em retirar calor ao espaço que se pretende refrigerar. É neste equipamento que o fluido frigorífero absorve o calor a temperatura constante, por absorção do seu calor latente de evaporação e sofre uma mudança de estado, passando da fase líquida para a fase de vapor, ocorrendo a evaporação (Hundy, Trott & Welch, 2008).

Os evaporadores podem ser (Dinçer & Kanoglu, 2010, Garcia, 2019):

- Evaporadores a ar;
- Evaporadores por líquido;
- Evaporadores de placas;
- Evaporadores de imersão;
- Evaporadores Multitubulares, entre outros.

Dentro da categoria dos evaporadores a ar estes podem ser:

- Evaporador de duplo fluxo de teto

Evaporadores que apresentam baixas e médias velocidades do ar, normalmente utilizados em salas climatizadas com ocupação humana e câmaras de refrigerados.

- Evaporador circular de teto

Evaporadores que apresentam baixas velocidades do ar, utilizadas em salas climatizadas com ocupação humana.

- Evaporador do tipo cúbico de parede

Evaporadores que apresentam elevadas velocidades de ar, utilizados em câmaras de congelados.

- Evaporador com golas

Evaporadores que apresentam elevadas velocidades de ar e elevadas potências frigoríficas, normalmente utilizados em tuneis de arrefecimento rápido e tuneis de congelação.

O ciclo frigorífico de compressão de vapor simples é representado conforme mostra a figura 8 por:

- Compressor;
- Condensador;
- Válvula de expansão;
- Evaporador.

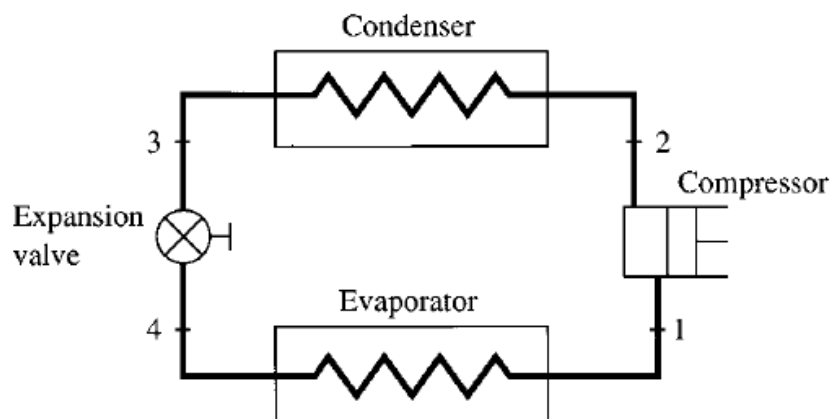


Figura 8- Ciclo Frigorífico de Compressão de Vapor Simples (Wang, 2001)

A representação deste ciclo frigorífico de compressão de vapor simples no diagrama de Mollier encontra-se representado na figura 9.

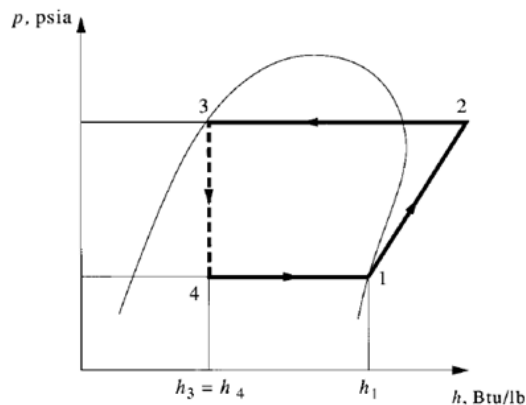


Figura 9- Diagrama de Mollier do Ciclo Frigorífico (Wang, 2001)

Cada ponto do gráfico (figura 9) representa um fenómeno que ocorre no fluido frigorígeno da instalação e pode ser definido de uma forma simplificada:

1. O ponto 1 representa o vapor saturado à entrada do compressor e conseqüentemente à saída do evaporador, à pressão de evaporação;
2. O ponto 2 representa o fluido frigorígeno em vapor sobreaquecido à saída do compressor e entrada do condensador, à pressão de condensação;
3. O ponto 3 representa o líquido saturado à saída do condensador e à entrada da válvula de expansão, à pressão de condensação;
4. O ponto 4 representa a mistura (líquido + vapor) à saída da válvula de expansão e à entrada do evaporador, à pressão de evaporação;

Segundo Dinçer & Kanoglu, (2010) a interação entre dois pontos sequenciais corresponde a um processo no sistema. Estes processos podem ser caracterizados da seguinte forma:

- Ponto (1-2): Ocorre um processo de compressão adiabática. O fluido frigorígeno em vapor saturado de baixa pressão chega ao compressor e é comprimido por redução de volume e aumento de pressão e temperatura.
- Ponto (2-3): Processo de rejeição de calor a pressão constante. Na saída do compressor e conseqüentemente à entrada do condensador obtém-se vapor sobreaquecido de alta pressão que entra no condensador, onde ocorre a condensação do fluido frigorígeno através da rejeição de calor para o exterior.

- Ponto (3-4): Expansão com entalpia constante (laminagem). O líquido saturado de alta pressão proveniente do condensador passa pela válvula de expansão onde a pressão e temperatura são reduzidas com entalpia constante.
- Ponto (4-1): Adição de calor a pressão constante. O fluido frigorígeno de baixa pressão proveniente da válvula de expansão, entra no evaporador que irá absorver calor do espaço a refrigerar.

### 2.3.3. Balanço Energético

Tendo em conta a figura 9 de modo geral, os quatro processos que ocorrem durante o ciclo de refrigeração por compressão de vapor são (Dinçer & Kanoglu, 2010):

#### Compressão

Para o cálculo da potência de compressão, tendo em conta a equação do balanço energético e que os pontos que representam este processo são de 1 para 2, tem-se que:

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \quad (1)$$

$$\dot{m}h_1 + \dot{W} = \dot{m}h_2 \quad (1.1)$$

$$\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (1.2)$$

$\dot{E}_{in}$ : Energia de Entrada [kW]

$\dot{E}_{out}$ : Energia de Saída [kW]

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$h$ : Entalpia [kJ/kg]

$\dot{W}$ : Potência de Compressão [kW]

Aplicando o mesmo raciocínio aos restantes processos energéticos tem-se que:

#### Condensação

O processo de condensação é representado pelos pontos 2 para 3 então:

$$\dot{m}h_2 = \dot{m}h_3 + \dot{Q}_{out} \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{out} = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (2.1)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$h$ : Entalpia [kJ/kg]

$\dot{Q}_{out}$ : Potência de Condensação [kW]

### Expansão

O processo de expansão (laminagem) é representado pelos pontos 3 para 4 então:

$$\dot{m}h_3 = \dot{m}h_4 \quad (3)$$

$$h_3 = h_4 \quad (3.1)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$h$ : Entalpia [kJ/kg]

### Evaporação

O processo de evaporação é representado pelos pontos 4 para 1 então:

$$\dot{m}h_4 + \dot{Q}_{in} = \dot{m}h_1 \quad (4)$$

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (4.1)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$h$ : Entalpia [kJ/kg]

$\dot{Q}_{in}$ : Potência de Evaporação [kW]

Aplicando agora o balanço de energia para todo o sistema obtém-se que:

$$\dot{Q}_{out} = \dot{W} + \dot{Q}_{in} \quad (5)$$

### 2.3.4. Melhoria Ciclo Frigorífico

Duas alterações que poderão ser feitas ao ciclo frigorífico para sua melhoria poderá passar pelas seguintes técnicas (Wang, 2001):

#### Subarrefecimento

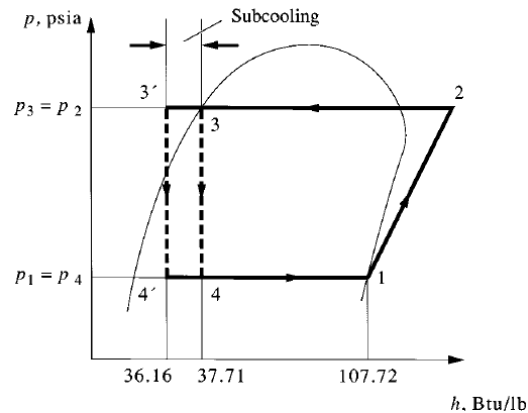


Figura 10- Subarrefecimento (Wang, 2001)

O subarrefecimento consiste em fazer com que o ponto 3 (saída do condensador) passe para a fase de líquido subarrefecido em alternativa ao líquido saturado. Isto permite aumentar a potência frigorífica associado ao evaporador, dado que, a diferença de entalpia entre os pontos 4 e 1 aumentam. Isto permite ainda ao dimensionar o evaporador, obter caudais de fluido frigorígeno reduzidos em comparação com a alternativa anterior.

#### Sobreaquecimento

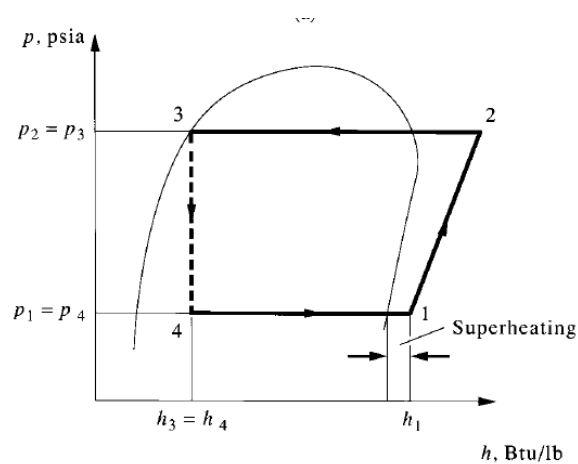


Figura 11- Sobreaquecimento (Wang, 2001)

O sobreaquecimento consiste em fazer com que o ponto 1 (entrada do compressor) passe para a fase de vapor sobreaquecido em alternativa ao vapor saturado. Este método apresenta uma vantagem semelhante à opção anterior, mas também tenta garantir que entra no compressor apenas vapor, evitando deste modo o golpe de líquido e possível danificação do compressor.

### 2.3.5. Tipos de Sistema

Os tipos de sistemas em ciclos frigoríficos podem dividir-se em dois tipos:

#### Sistema de Expansão Direta

O sistema de expansão direta (figura 12) consiste no sistema de refrigeração por compressão de vapor, constituído apenas por um único fluido frigorígeno que é utilizado para retirar calor ao espaço a refrigerar. Este sistema apresenta o evaporador e condensador no mesmo circuito (Melinder,2015).

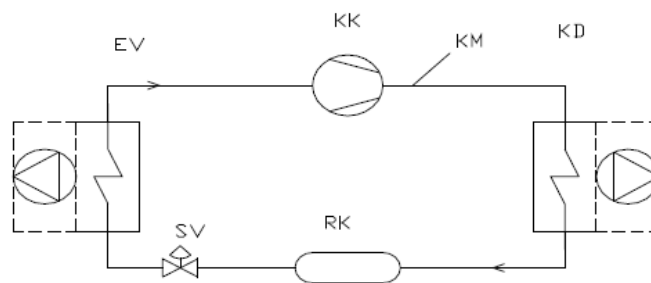


Figura 12-Sistema de Expansão Direta (Melinder,2015)

#### Sistema de Expansão Indireta

O sistema de expansão indireta (figura 13) consiste no sistema de refrigeração por compressão de vapor, onde intervêm dois ou mais fluidos frigorígenos. No caso de dois fluidos frigorígenos, o sistema é dividido em dois tipos de circuitos o primário (ciclo de compressão) e o secundário.

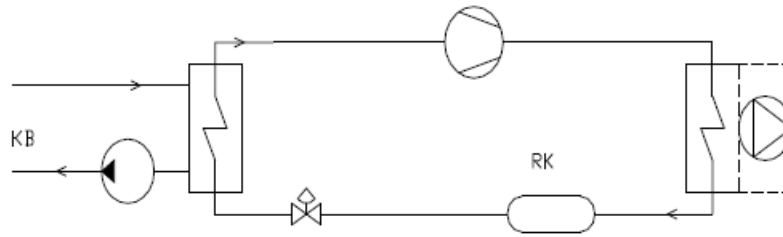


Figura 13-Sistema de Expansão Indireta (Melinder,2015)

O circuito primário é constituído por compressor, condensador, válvula de expansão e permutador/evaporador onde ocorre a evaporação do fluido frigorífero. O circuito secundário é constituído por o permutador/evaporador onde ocorre a permuta de calor no fluido, arrefecendo-o, sendo constituído ainda por bombas e permutadores de calor que arrefecem os espaços.

Segundo Melinder (2015), o sistema de expansão indireta apresenta algumas desvantagens e vantagens em relação ao sistema de expansão direta, sendo numeradas algumas.

Vantagens:

- Conciliação entre os dois fluidos frigoríferos de modo a obter instalações com pouco impacto ambiental e com boa eficiência energética;
- Permite reduzir a massa de fluido frigorífero da instalação em cerca de 5 a 15% comparado com um sistema de expansão direta;
- Fugas em circuitos secundários causam menos riscos de paragem da instalação comparado com um sistema de expansão direta.

Desvantagens:

- Comparado com o sistema de expansão direta, este apresenta um maior número de componentes o que representa um maior custo associado;
- O uso de permutador de calor pode causar uma temperatura de evaporação e pressões mais baixas.

### **2.3.6. Fluidos Frigoríficos**

O fluido frigorífico é uma substância química que possui a capacidade de passar de gás a líquido, e vice-versa, isto permite absorver calor de um espaço de maneira controlada, originando o seu arrefecimento. O fluido frigorífico devido a esta propriedade é responsável então pelas trocas térmicas em sistemas de refrigeração (Inovenergy, 2014).

Os fluidos frigoríficos podem dividir-se em dois tipos:

#### **Sintéticos**

Os fluidos frigoríficos sintéticos são produzidos através de substâncias químicas por influência humana, fazem parte desta categoria os hidroclorofluorocarbonetos (HCFC), clorofluorocarbonetos (CFC) e hidrofluorocarbonetos (HFC) (Barreras, 2004).

Os CFC's consistem na combinação de derivados voláteis do metano e do etano com elementos halogenados como o cloro e o fluor (Kim et al., 2011). Apresentam elevado potencial para destruição da camada de ozono e aquecimento global.

Os HCFC's são moléculas compostas por carbono, cloro, fluor e hidrogénio. Apesar de apresentarem danos inferiores à camada de ozono comparados com os CFC's o seu efeito não é nulo (Kim et al., 2011).

Os HFCs são moléculas compostas por carbono, fluor e hidrogénio, sendo o grupo de gases fluorados mais comum. Por não conterem cloro como os CFC's, não contribuem para a destruição da camada de ozono, no entanto, apresentam em alguns casos, um valor de potencial de aquecimento global superior (Kim et al., 2011).

#### **Naturais**

Os fluidos frigoríficos naturais são aqueles que existem na natureza, sem interferência humana. Fazem parte desta categoria alguns fluidos como o amoníaco, dióxido de carbono, hidrocarbonetos, água entre outros. Estes fluidos frigoríficos apresentam a vantagem de não possuir impacto para a destruição da camada de ozono e um muito baixo ou nulo impacto para o aquecimento global (Inovenergy, 2014).

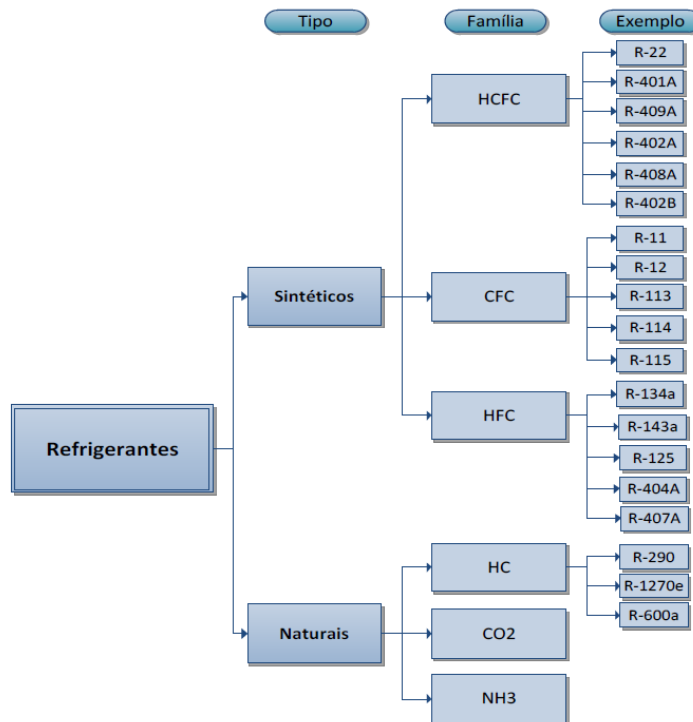


Figura 14- Tipos de Fluidos Frigoríficos (Oliveira, 2012)

Cada fluido apresenta características diferentes em termos ambientais, sendo estes parâmetros caracterizados por:

### Potencial de Destruição de Ozono (ODP)

A camada de ozono na atmosfera superior fornece um filtro para a radiação ultravioleta que pode ser prejudicial para a saúde. Cientistas descobriram que a camada de ozono ficou fragilizada devido às emissões na atmosfera de CFC's, halogéneos e brometos. O potencial de destruição de ozono (ODP) de um fluido frigorífico representa o seu efeito na destruição da camada de ozono atmosférico, e o fluido de referência utilizado é o CFC R11 que apresenta um ODP=1 (Hundy, Trott & Welch, 2008).

## Potencial de Aquecimento Global (GWP)

O aquecimento global é possivelmente a questão ambiental mais severa enfrentada pela civilização atualmente. O risco representado por os seus efeitos tem sido descrito em termos de desastre ambiental devido a enormes mudanças climáticas futuras. O aquecimento global consiste no aumento da temperatura do planeta, o que resulta no derretimento das calotes polares e no aumento do nível do mar. É causada pela libertação na atmosfera dos chamados gases de efeito estufa (figura 15), que formam um cobertor e reflete o calor de volta à superfície da Terra, ou mantêm o calor na atmosfera (Hundy, Trott & Welch, 2008).

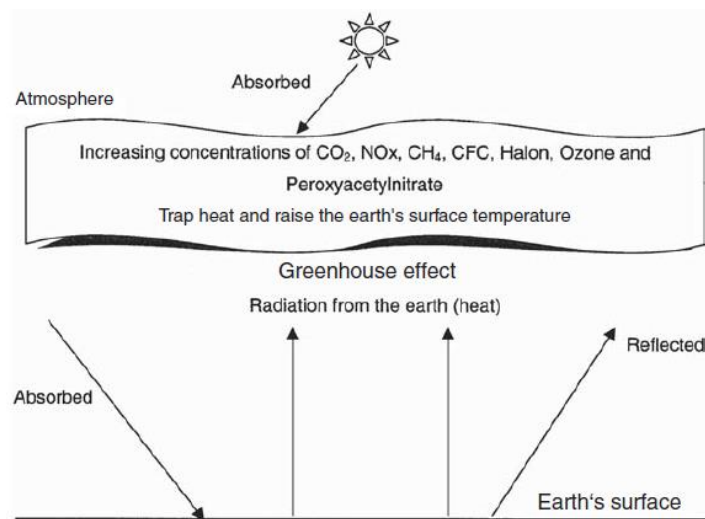


Figura 15-Efeito de Estufa (Dinçer & Kanoglu,2010)

O aumento do efeito estufa pode resultar no seguinte (Dinçer & Kanoglu, 2010):

1. Aquecimento intermediário da atmosfera (estimado em 3 a 5 °C até 2050);
2. Aumento do nível dos oceanos (estimado em 20 cm até 2050);
3. Efeitos climáticos (aumento da seca, chuva, neve, aquecimento e resfriamento).

Devido a estas preocupações ambientais referidas anteriormente, foi definido para os fluidos frigorigêneos o potencial de aquecimento global (GWP), que representa o impacto de aquecimento global originado pelo fluido como um gás de efeito de estufa, e o fluido de referência utilizado é dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) que apresenta um GWP=1 (Dinçer & Kanoglu,2010).

Existe ainda uma classificação de Segurança para Fluidos Frigoríficos, dado que, existem fluidos mais perigosos que outros. Segundo a *Standard 34* da ASHRAE (2020), os fluidos frigoríficos podem ser classificados em termos de segurança da seguinte forma:

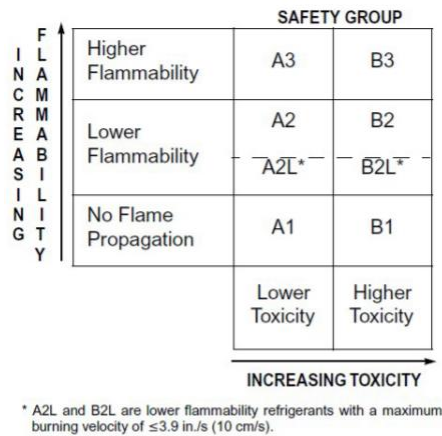


Figura 16- Classificação de Segurança de Fluidos Frigoríficos (ASHRAE, 2020)

A letra “A” representa fluidos com baixa toxicidade e a “B” fluidos com elevada toxicidade. Quanto maior o número representado maior a inflamabilidade do fluido.

De seguida seguem algumas características de alguns fluidos frigoríficos:

Refrigerant	Refrigerant nomenclature	Chemical formula	GWP (100 years)	ODP	Atmospheric Lifetime (years)	Normal boiling point (°C)	Critical temperature (°C)	Critical pressure (bar)	Safety group ASHRAE	Molecular weight (g/mol)	Flammability	Toxicity
Ammonia	R717	NH <sub>3</sub>	0	0	< 0.019165	-33.3	132.4	114.2	B2	17.03	Low	High
Carbon dioxide	R744	CO <sub>2</sub>	1	0	29,300-36,100	-78.5	31,1	73.8	A1	44.0	None	Low
Propane	R290	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3	0	<1	-42.1	96.7	42.5	A3	44.10	High	Low
Isobutane	R600a	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	3	0	<1	-11.8	134.7	36.48	A3	58.12	High	Low
Propylene (propene)	R1270	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	3	0	<1	-48	91	46.1	A3	42.08	High	Low
1, 1, 1, 2-Tetrafluoroethane	R134a	H <sub>2</sub> FC-CF <sub>3</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	1430	0	14	-26.2	100.9	40.6	A1	102.03	None	Low
	R404A	R-125/R-143a / R-134a (44/52/4)	3920	0	40.36	-44	72	37.32	A1	97.6	None	Low

Figura 17- Características de Fluidos Frigoríficos (Maratou & Masson, 2013)

Obter o fluido frigorífico ideal é quase impossível, dado que cada fluido apresenta prós e contras. Contudo, as propriedades ideais para escolha de fluidos frigoríficos segundo Dinçer & Kanoglu (2010) e Hundy, Trott & Welch (2008) são:

- Quimicamente estável e compatível com os materiais de construção do sistema frigorífico;
- Evitar pressões de evaporação e condensação excessivas;
- Possa ser misturado com lubrificantes;

- Não corrosivo, não tóxico e não inflamável;
- Apresentar ODP e GWP reduzidos, sendo mais amigo do ambiente;
- Custo monetário reduzido;
- Elevado calor latente de evaporação;
- Alta eficiência energética e alta densidade do gás de sucção;
- Fácil detecção em caso de fuga.

### 2.3.7. Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrítico

A partir da década de 90, o dióxido de carbono ganha mais força no mercado como fluido frigorígeno. A preocupação com o ambiente por grande parte dos países de todo o mundo, culminou em diversos protocolos de onde se conclui que a utilização de fluidos frigorígenos naturais seria benéfica para a redução do efeito de estufa e da camada de ozono. Desde então o seu crescimento, no sector da refrigeração, é assinalável.

De seguida segue o diagrama de fase do dióxido de carbono:

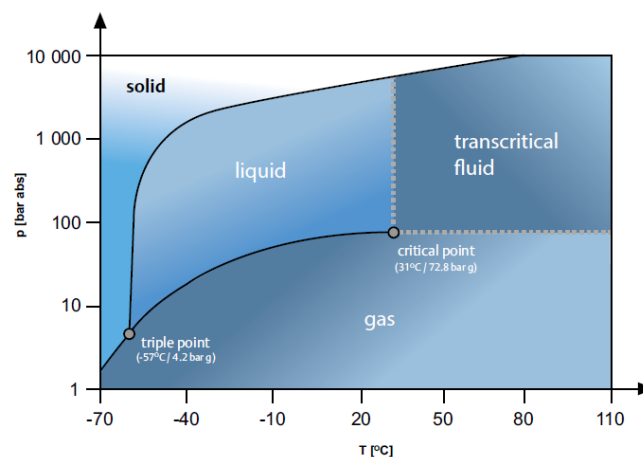


Figura 18- Diagrama de Fases do CO<sub>2</sub> (Emerson Climate Technologies, 2014)

O ponto crítico é a condição em que as massas volúmicas líquidas e de gás são as mesmas sendo que, acima deste ponto não existem fases distintas de líquido e gás. O ponto crítico ocorre a uma temperatura de 31°C e 72,8 bar.

Acima da pressão deste ponto não existe condensação, e assim não é possível transferir calor latente para o meio ambiente como num ciclo convencional de compressão de vapor.

O ponto triplo é definido como a condição onde as fases líquido, sólido e vapor coexistem, sendo que esta condição ocorre a uma temperatura de - 57°C a 4,2 bar.

O diagrama de Moolier do dióxido de carbono é apresentado então conforme segue:

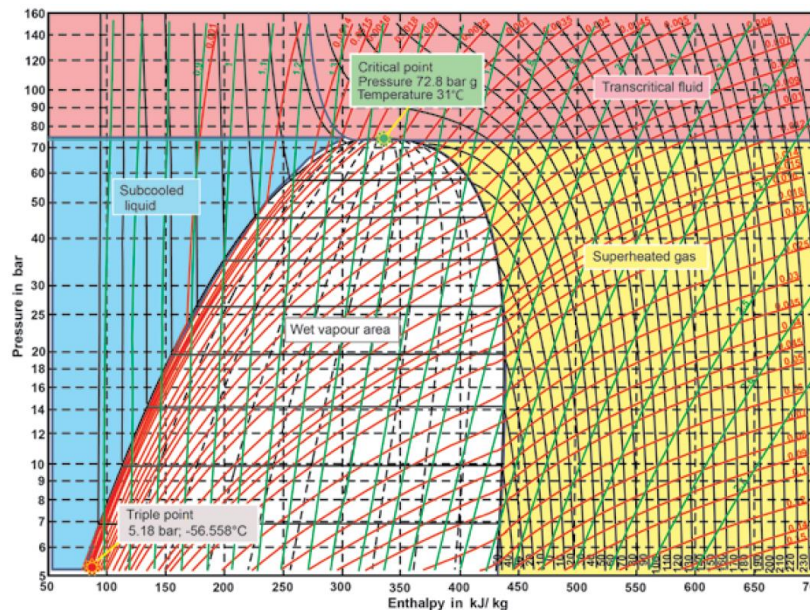


Figura 19- Diagrama de Moolier do CO<sub>2</sub> (Emerson Climate Technologies, 2014)

Tal como todos os fluidos frigoríficos, o seu uso apresenta vantagens e desvantagens, sendo algumas delas as seguintes (Dinçer & Kanoglu, 2010; Maratou & Masson, 2013).

Vantagens:

- Fluido Frigorífico Natural;
- Potencial de Destruição de Ozono (ODP) igual a zero;
- Potencial de Aquecimento Global (GWP) igual a um, pouca contribuição para aquecimento global;
- Fluido de baixo custo;
- Não é inflamável e não é tóxico;
- Não apresenta odor;
- Elevada eficiência energética;
- Compatível com a maioria dos lubrificantes e materiais de construção;
- Em caso de fuga não danifica produtos.

Desvantagens:

- Sistema apresenta uma elevada gama de pressões;
- Necessita de equipamento mais resistente o que implica um aumento do custo da instalação;

- Apresenta um ponto crítico baixo;
- Em caso de fuga, o excesso de CO<sub>2</sub> para o ser humano pode causar lesões ou até a morte.

Como referido anteriormente apesar de o dióxido de carbono não ser tóxico, quando em elevada quantidade pode causar lesões ao ser humano, de seguida segue os efeitos causados em função da concentração de CO<sub>2</sub> na saúde do ser humano.

Concentration (ppm)	Physiological responses
≤ 600	No
600~1000	Occasional headaches, Lethargy, Sultry
1000~10000	Respiratory and circulatory organs and brain function is affected
10000~30000	Breathing speeds up, face the warm feeling
30000~40000	Ringin in the ears, Headache, Increased blood pressure
40000~60000	Vascular dilatation of the skin, Nausea, Vomiting
70000~80000	Mental confusion, Difficulty in breathing
80000~100000	Mental confusion, Convulsions, Respiratory arrest
100000~200000	Central nervous system disorders, Life-threatening

Figura 20- Efeitos do CO<sub>2</sub> no ser humano (Lin, Cai & Tsai, 2016)

O sistema a CO<sub>2</sub> pode ser dividido em subcrítico e transcrito. Considera-se que o sistema é transcrito quando o fluido frigorígeno é comprimido acima do ponto crítico e o sistema é subcrítico quando é comprimido abaixo do ponto crítico (Emerson Climate Technologies,2014), conforme segue:

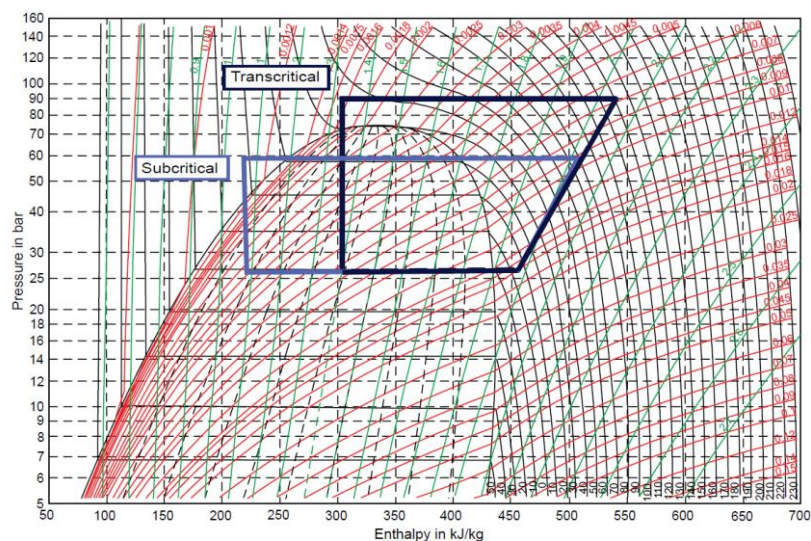


Figura 21- Sistema CO<sub>2</sub> Transcrito e Subcrítico (Emerson Climate Technologies, 2014)

Como se pode verificar o tipo de sistema em estudo, ou seja, transcrito funciona a uma gama de pressões muito elevadas.

Em relação aos dois tipos de sistemas de refrigeração apresentados anteriormente, neste caso específico, este será de expansão direta. Ou seja, o fluido frigorígeno utilizado para retirar calor ao espaço será o próprio dióxido de carbono.

Em relação aos sistemas transcíticos existem diversos tipos:

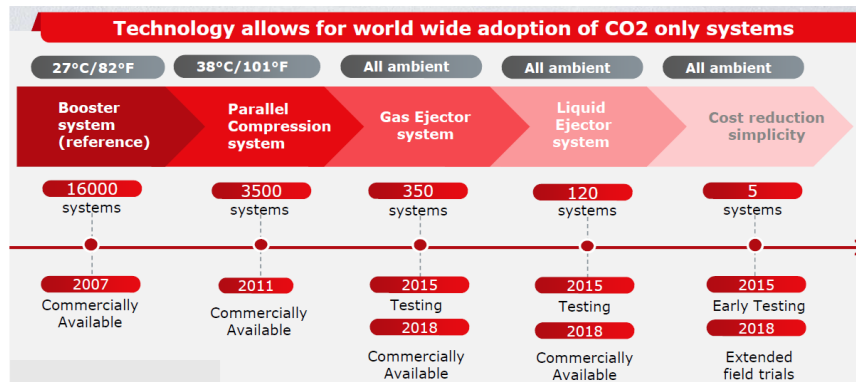


Figura 22- Tipos de Sistemas Transcíticos (Sever, 2019)

Os sistemas mais comuns do tipo transcítico utilizados são:

### Sistema do tipo Booster simples

O sistema transcítico do tipo Booster simples é o sistema a CO<sub>2</sub> mais usado até aos dias de hoje, sendo o sistema de referência para os outros sistemas (Sever, 2019).

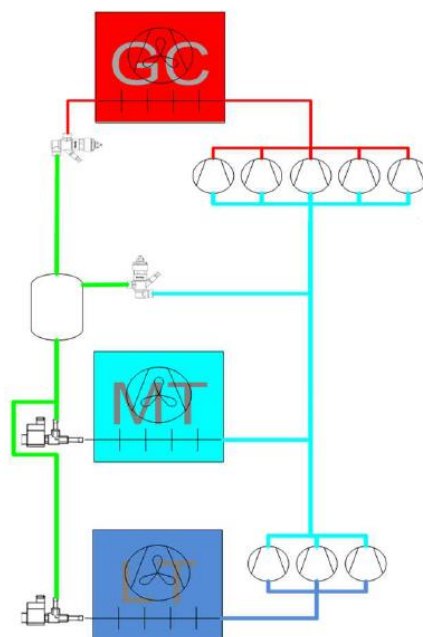


Figura 23- Sistema do Tipo Booster Simples (Sever, 2019)

Este sistema é semelhante ao ciclo frigorífico por compressão de vapor normal, em que o compressor comprime o fluido frigorífero para o gás cooler para rejeitar o calor. Depois o fluido frigorífero passa por uma válvula de controlo de alta pressão para controlar a pressão no gás cooler, de seguida é encaminhado para o depósito de líquido em que se encontra fluido frigorífero no estado gasoso e líquido. O fluido no estado gasoso flui através de um by-pass e da válvula de controlo de pressão do depósito em direção aos compressores de média temperatura, repetindo o ciclo.

O fluido frigorífero no estado líquido que se encontra no depósito, irá fluir para as válvulas de expansão e evaporadores de média e baixa temperatura, o que origina no sistema duas linhas de pressão diferentes. A primeira linha corresponde ao evaporador de média temperatura, que irá direto para os compressores de média temperatura. A segunda linha corresponde ao evaporador de baixa temperatura, que irá direto para os compressores de baixa aumentando a pressão, sendo de seguida enviado para os compressores de média temperatura.

Este tipo de sistema é bastante usado em locais que geograficamente apresentam ambientes amenos/frios, apresentando este sistema um grande histórico para este tipo de ambiente (Sever,2019).

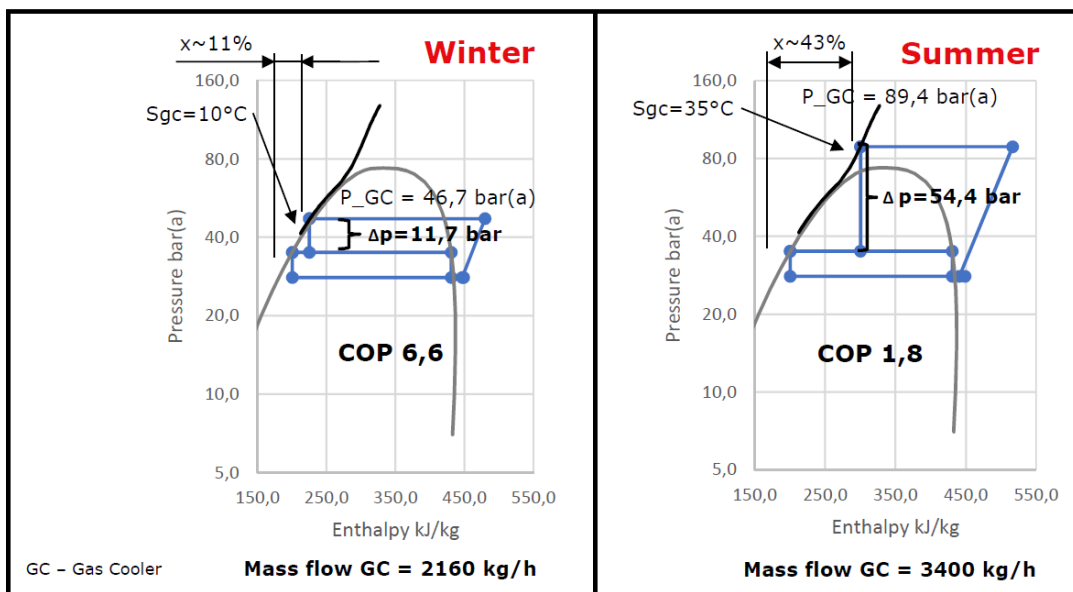


Figura 24- Comparação de Sistema Transcrítico Booster Simples no Verão e Inverno (Sever, 2019)

Para uma potência frigorífica de 130 kW, fez-se um estudo (figura 24) para as mesmas condições de serviço, mas em que um sistema do tipo Booster simples funciona no inverno em regime subcrítico com temperaturas de condensação de 10°C e o outro funciona em regime transcrito no verão, com a temperatura à saída do gás cooler de 35°C. Verifica-se que para o inverno o sistema apresenta um coeficiente de performance de 6,6 cerca de 3,5 vezes superior que no verão (COP=1,8). O caudal de fluido frigorígeno no verão é superior comparado no inverno, isto porque os compressores funcionam a um regime de pressões superior, o que implica um maior esforço do sistema. Deste modo, resumidamente as vantagens e desvantagens deste sistema são:

Vantagens (Sever, 2019):

- Relativamente simples em comparação com a maioria dos outros sistemas do mercado;
- O consumo de energia comparado com instalações a R404a é menor.

Desvantagens (Sever, 2019):

- O maior consumo de energia em ambientes mais quentes é o principal problema;
- O fluido frigorígeno apresenta um volume de gás superior em ambientes mais quentes o que origina um maior consumo dos compressores.

## Sistema do tipo Booster com compressão paralela

O sistema do tipo Booster com compressão paralela foi o primeiro passo para o desenvolvimento, de modo a ser possível usar o CO<sub>2</sub> em climas mais quentes (Sever, 2019).

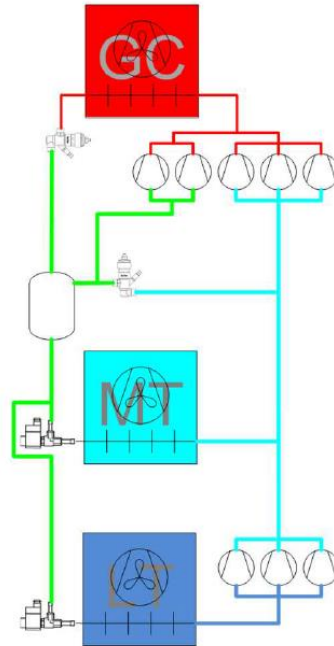


Figura 25- Sistema do Tipo Booster com Compressão Paralela (Sever, 2019)

Neste sistema acrescentou-se o compressor paralelo de modo a comprimir uma parte do fluido refrigerante no estado gasoso do by-pass, o que permitiu reduzir o fluido refrigerante nos restantes compressores. Isto torna o sistema mais eficiente uma vez que o fluido refrigerante neste estado proveniente do depósito de líquido, apresenta uma maior pressão comparado com o fluido refrigerante proveniente dos evaporadores, o que permite reduzir o trabalho dos compressores paralelos quando estes comprimem o fluido para a alta pressão. Como os outros compressores apresentam menos caudal de fluido refrigerante o seu trabalho também será inferior.

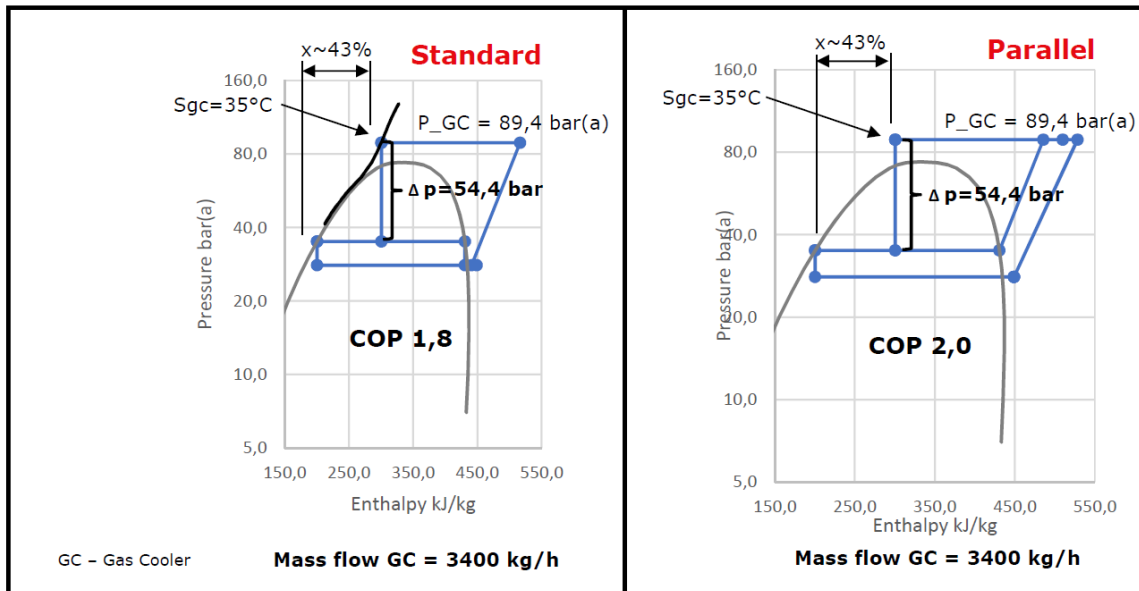


Figura 26- Comparação do Sistema Transcrítico Booster Simples e Compressão Paralela (Sever, 2019)

Para uma potência frigorífica de 130 kW, fez-se um estudo (figura 26) para as mesmas condições de serviço, entre um sistema Booster simples transcritical com funcionamento no verão e um por compressão paralela. Verifica-se que o sistema com compressão paralela para o mesmo caudal de fluido frigorígeno que o sistema simples, apresenta um coeficiente de performance superior de 2,0 enquanto o simples apresenta um COP de 1,8. Isto é possível dado que o caudal de fluido frigorígeno como referido anteriormente é distribuído pelo compressor paralelo, o que reduz o volume de gás nos compressores. Deste modo, resumidamente as vantagens e desvantagens deste sistema são:

Vantagens (Sever, 2019):

- Este sistema apresenta uma melhoria significativa do COP em ambientes mais quentes, comparando com o sistema anterior;
- Os consumos de energia em ambientes quentes comparado com instalações a R404a é menor;
- O volume de gás nos compressores é menor o que permite usar compressores de menores dimensões e com custos mais reduzidos.

Desvantagens (Sever,2019):

- O sistema é mais complexo que o sistema do tipo Booster simples.

## Sistema do tipo Booster com multi-injetor

O primeiro sistema em operação do tipo Booster com multi-injetor começou em janeiro de 2015 pela Danfoss (Sever, 2019). Antes de se abordar o sistema em concreto é necessário perceber o funcionamento e objetivo do multi-injetor.

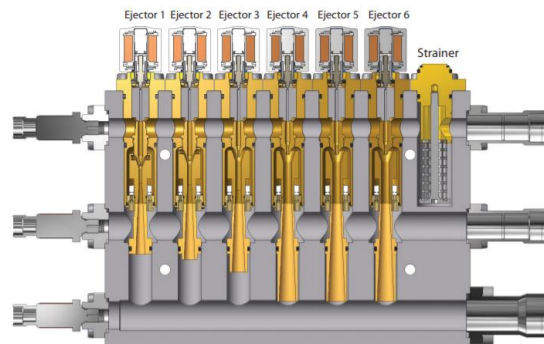


Figura 27- Multi-injetor (Danfoss,2020)

O multi-injetor apresenta 3 entradas na lateral direita, a entrada superior é a entrada de alta pressão do CO<sub>2</sub> proveniente do gás cooler, a entrada intermédia é a que apresenta a menor pressão proveniente da linha de aspiração do compressor principal. A entrada inferior é a saída da mistura que sairá em direção ao depósito de líquido (Danfoss, 2020).

No lado esquerdo encontram-se 3 transmissores de pressão monitorizados. Na parte superior e na entrada superior de alta pressão existe um filtro com o objetivo de proteger o sistema. Em relação aos injetores existem 6, sendo que, cada injetor dentro da unidade é dimensionado para uma capacidade diferente, de modo que seja possível ao controlador variar quais e quantos, devem funcionar para fornecer o desempenho ideal (Danfoss, 2020).

De seguida, segue uma breve explicação do funcionamento dos injetores.

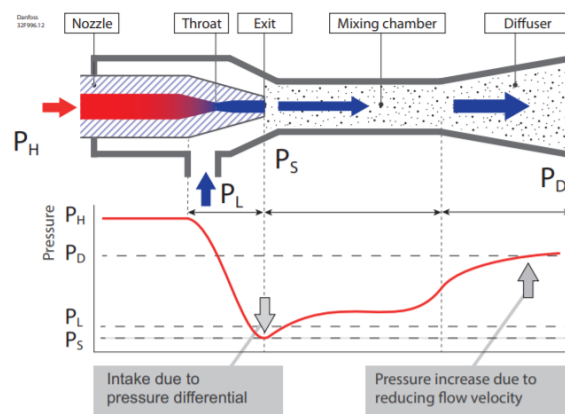


Figura 28- Funcionamento do Injetor (Danfoss, 2020)

O injetor é um dispositivo que usa a energia de expansão com o objetivo de comprimir outro fluido. Neste caso específico, com o sistema transcrito, 20% do trabalho do compressor pode teoricamente ser recuperado na expansão. Com o sistema multi-injetor, o trabalho é proveniente do CO<sub>2</sub> que sai do gás cooler. O CO<sub>2</sub> de alta pressão entra no bocal e sai na saída a uma velocidade muito alta e conseqüentemente a uma pressão baixa (Danfoss, 2020).

Esta redução de pressão origina a aspiração do gás de média temperatura da linha de aspiração dos compressores principais. De seguida, os dois fluxos são misturados na câmara de mistura onde a pressão será mais baixa comparando com a entrada do injetor. Após a mistura, o fluxo entra no difusor onde é desacelerado. A forma cônica do difusor permite a conversão da energia cinética em energia potencial. Após o difusor, o fluxo é devolvido ao depósito de líquido (Danfoss, 2020).

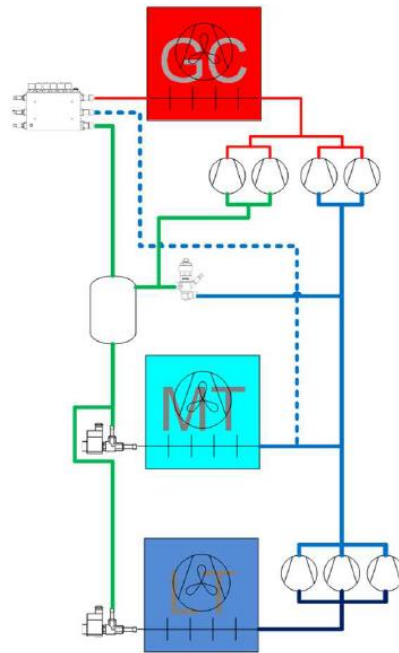


Figura 29- Sistema do tipo Booster com Multi-injetor (Sever, 2019)

Como referido anteriormente o fluido refrigerante de média temperatura da linha de aspiração dos compressores principais é aspirado para o multi-injetor. Isto permite reduzir significativamente o caudal dos compressores de média temperatura comparado com o sistema anterior, sendo que, o caudal comprimido pelos compressores paralelos neste caso é maior. Como o trabalho de compressão dos compressores paralelos é menor comparado com os dos compressores principais e o fluido refrigerante proveniente do evaporador e o caudal

dos compressores principais é menor, então este sistema será mais eficiente e económico comparado com os restantes.

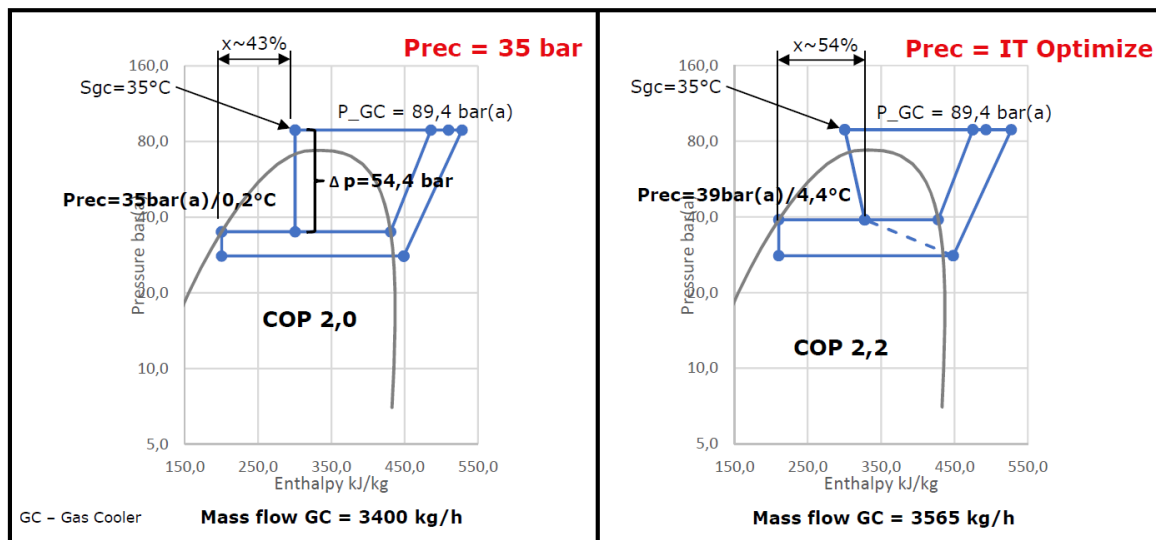


Figura 30- Comparação do Sistema Transcrítico Booster de Compressão Paralela e com Multi-Injetor (Sever, 2019)

Para uma potência frigorífica de 130 kW, fez-se um estudo (figura 30) para as mesmas condições de serviço, entre um sistema Booster de compressão paralela e por um sistema com multi-injetor. Como referido anteriormente, pode-se verificar que o sistema com multi-injetor será mais eficiente com um coeficiente de performance de 2,2. Contudo, o caudal de fluido frigorigénico para este tipo de sistema é superior. Deste modo, resumidamente as vantagens e desvantagens deste sistema são:

Vantagens (Sever, 2019):

- Esta solução apresenta melhoria em qualquer clima;
- Os tamanhos dos compressores são menores e com custos inferiores;
- Consumos energéticos comparados com instalações a R404a e comparados com os sistemas anteriores são menores.

Desvantagens (Sever, 2019):

- O sistema é mais complexo comparado com os dois sistemas anteriores;
- Sistema ligeiramente mais caro devido ao uso do injetor.

## Componentes Principais do Sistema

Dado que o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito consiste num sistema de expansão direta, então os componentes principais do sistema são os encontrados normalmente no ciclo de compressão de vapor, com algumas exceções. Todos os componentes são dimensionados especificamente para o uso do dióxido de carbono, devido às elevadas pressões o que se resume em componentes mais resistentes e em alguns casos normalmente mais pequenos comparados com sistemas frigoríficos que usem outros fluidos frigoríficos (Maina & Huan, 2015).

Uma das exceções em relação ao ciclo frigorífico por compressão de vapor encontra-se no condensador, que no caso de um sistema a CO<sub>2</sub> transcrito não se utiliza, em vez disso é usado um equipamento denominado Gás Cooler. No sistema transcrito, o gás é comprimido acima do ponto crítico, deste modo, quando o gás arrefece não muda de fase. Este fenómeno, comparando com um condensador normal origina uma maior potência específica de arrefecimento. Dado que o gás não muda de fase, então não é correto afirmar que ocorre a condensação, assim, o equipamento onde a troca de calor acontece é designado por Gás Cooler e não por condensador. Este equipamento terá o mesmo objetivo que um condensador normal, ou seja, arrefecer o fluido frigorífico através de troca de calor (Monteiro, 2015).

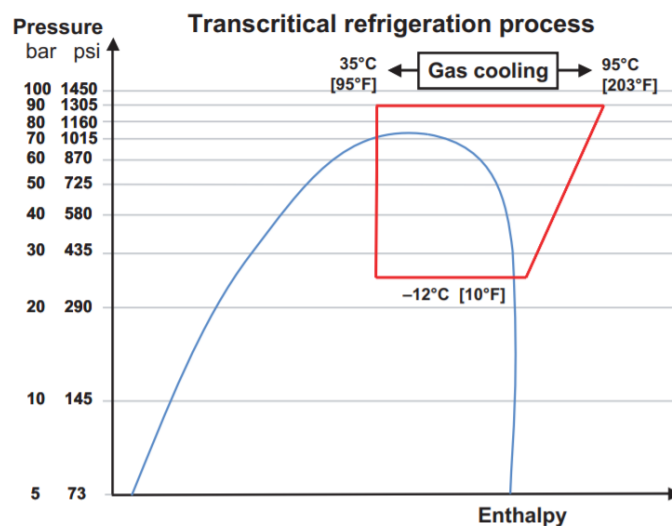


Figura 31- Efeito do Gás Cooler no Diagrama de Mollier (Danfoss, 2013)

Um dos benefícios do CO<sub>2</sub> é a sua elevada capacidade volumétrica. Como o dióxido de carbono funciona a pressões muito elevadas isto faz com que o gás tenha uma massa volúmica elevada principalmente durante a fase de vapor. Isto resulta numa redução da velocidade, que por sua vez origina uma menor queda de pressão (Maina & Huan, 2015).

Isto reflete-se em compressores menores e tubagens de diâmetro inferior comparados com outros fluidos frigoríficos o que permite lidar com pressões mais elevadas (Maina & Huan, 2015).

De seguida é apresentado dois compressores com as mesmas capacidades frigoríficas, em que um funciona com o fluido frigorífico R134a e o outro com dióxido de carbono (R744).



Figura 32- Comparação de Compressores a R134a e CO<sub>2</sub> (Ladeira & Filho)

Pode-se verificar (figura 32) que conforme referido anteriormente o compressor que funciona com dióxido de carbono apresenta dimensões menores, quando comparado com o compressor a R134a.

O material normalmente utilizado para tubagem que funcione com dióxido de carbono em sistemas transcrito é o cobre K65, que é um material que resiste às elevadas pressões resultantes deste tipo de sistema.

*Vestergaard (2004)* publicou um estudo muito importante acerca dos sistemas de refrigeração a R744 (CO<sub>2</sub>) em ciclo subcrítico, comparando-o com outros sistemas de refrigeração tradicionais, tal como o R134a e R717 (Amoníaco). Este artigo examina essas diferenças e fornece uma discussão apoiada em conhecimento teórico combinado com experiência prática e testes de laboratório.

Na figura 33 a linha de líquido de retorno com o fluido frigorífico CO<sub>2</sub> apresenta uma perda de carga maior que os outros e uma velocidade inferior, devido à sua elevada densidade. Verifica-se ainda que o diâmetro da tubagem para o CO<sub>2</sub> neste caso, é o menor

comparado com os outros fluidos. Já na linha de líquido, o R717 apresenta um diâmetro inferior, sendo a tubagem de CO<sub>2</sub> maior que esta e inferior comparado com o R134a.

Refrigerant		R 134a	R 717	CO <sub>2</sub>	
Capacity	kW [TR]	250 [71]	250 [71]	250 [71]	
ΔT	K [F]	0.8 [1.4]	0.8 [1.4]	0.8 [1.4]	
Δp	bar [psi]	0.0212 [0.308]	0.0303 [0.439]	0.2930 [4.249]	
Velocity	m/s [ft/s]	11.0 [36.2]	20.2 [66.2]	8.2 [26.9]	
Diameter	mm [inch]	215 [8.5]	133 [5.2]	69 [2.7]	
"Wet return" area	mm <sup>2</sup> [inch <sup>2</sup> ]	36385 [56.40]	13894 [21.54]	3774 [5.85]	
"Liquid" line	Velocity	m/s [ft/s]	0.8 [2.6]	0.8 [2.6]	
Diameter	mm [inch]	61 [2.4]	36 [1.4]	58 [2.3]	
"Liquid" area	mm <sup>2</sup> [inch <sup>2</sup> ]	2968 [4.6]	998 [1.55]	2609 [4.04]	
Total pipe cross section area	"Wet return" + "liquid" area	mm <sup>2</sup> [inch <sup>2</sup> ]	39353 [61.0]	14892 [23.08]	6382 [9.89]
Liquid cross section area	%	8	7	41	

Figura 33- Comparação da Tubagem para Sistema a CO<sub>2</sub>, R717 e R134 (Vestergaard, 2004)

Na figura 34 a linha de aspiração seca referente ao CO<sub>2</sub> apresenta também uma perda de carga superior que os outros fluidos e uma velocidade inferior, como explicado anteriormente. Nesta linha, o diâmetro do CO<sub>2</sub> continua a ser a mais pequena, sendo que, na linha de líquido, mantém os mesmos resultados que na comparação anterior.

Refrigerant		R 134a	R 717	CO <sub>2</sub>	
Capacity	kW [TR]	250 [71]	250 [71]	250 [71]	
ΔT	K [F]	0.8 [1.4]	0.8 [1.4]	0.8 [1.4]	
Δp	bar [psi]	0.0212 [0.308]	0.0303 [0.439]	0.2930 [4.249]	
Velocity	m/s [ft/s]	20.4 [67]	37.5 [123]	15.4 [51]	
Diameter	mm [inch]	168 [6.6]	102 [4.0]	53 [2.1]	
"Dry suction" area	mm <sup>2</sup> [inch <sup>2</sup> ]	22134 [34.31]	8097 [12.55]	2242 [3.48]	
"Liquid" line	Velocity	m/s [ft/s]	0.8 [2.6]	0.8 [2.6]	
Diameter	mm [inch]	37 [1.5]	21 [0.8]	35 [1.4]	
"Liquid" area	mm <sup>2</sup> [inch <sup>2</sup> ]	1089 [1.69]	353 [0.55]	975 [1.51]	
Total pipe cross section area	"Dry suction + liquid" area	mm <sup>2</sup> [inch <sup>2</sup> ]	23223 [36.00]	8450 [13.10]	3217 [4.99]
Liquid cross section area	%	5	4	30	

Figura 34- Comparação da Tubagem para Sistema a CO<sub>2</sub>, R717 e R134-II (Vestergaard, 2004)

### **2.3.8. Sistema Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada**

O sistema é constituído por dois fluidos frigoríficos:

#### **Amoníaco**

O amoníaco foi um dos primeiros fluidos naturais a ser usado durante a história da refrigeração, deste modo, as suas propriedades e características já são bem conhecidas. Este fluido é usado maioritariamente em aplicações industriais, dado que as suas propriedades termodinâmicas são das melhores comparadas com os restantes fluidos frigoríficos.

Contudo, tal como todos os fluidos frigoríficos, o seu uso apresenta vantagens e desvantagens, sendo algumas delas as seguintes (Ciconkov & Ayub, 2009) (Koelet & Gray, 1992).

Vantagens:

- Fluido Frigorífico Natural;
- Potencial de Destruição de Ozono (ODP) igual a zero;
- Potencial de Aquecimento Global (GWP) nulo;
- Fluido de baixo custo;
- Apresenta odor, o que em caso de fuga ajuda na sua deteção;
- Elevada eficiência energética e excelentes propriedades termodinâmicas.

Desvantagens:

- Fluido Tóxico;
- Inflamável quando a sua concentração no ar é cerca de 16 a 28% ;
- Não é compatível com material de cobre;
- Em caso de fuga, pode danificar produtos.

Como referido anteriormente o amoníaco é tóxico para o ser humano, de seguida, seguem os seus efeitos tendo em conta a sua concentração em partes por milhão (figura 35).

Concentration	Effect
5 ppm	Average odor threshold (well below harmful health effects) <sup>3</sup>
100-200 ppm	Irritated eyes <sup>4</sup>
300 ppm	Respiratory Protection Required above this level- IDLH <sup>2</sup>
400 ppm	Immediate throat irritation <sup>3</sup>
500 ppm and below	No permanent eye damage to even chronic exposure <sup>4</sup>
1,700 ppm	Cough <sup>3</sup>
2,400 ppm	Threat to life after 30 minutes <sup>3</sup>
5,000+ ppm (vapor)	Full body chemical suit required <sup>4</sup>
5,000+ ppm (pure liquid)	Second degree burns with blisters <sup>4</sup>
7,338 ppm	One Hour LC <sub>50</sub> , lethal concentration (rat) <sup>5</sup>

Figura 35- Efeitos do Amoníaco para o ser humano (Chair, et. al. 2017)

### Água Glicolada

A água glicolada consiste numa mistura de água com glicol, cujo objetivo em refrigeração consiste em reduzir o ponto de congelação da água a temperaturas negativas sem que esta congele. O glicol é um composto orgânico que pertence à família do álcool, sendo o composto responsável por reduzir o ponto de congelação da água (Engineering Toolbox, 2001).

Os tipos de glicol mais comuns encontrados no mercado são o etileno glicol e o propileno glicol. O etileno glicol e os seus derivados são tóxicos e devem ser usados com bastante cuidado, por outro lado, o propileno glicol é uma variante não tóxica do glicol, sendo as suas propriedades físicas semelhantes ao etileno glicol.

A água glicolada em refrigeração industrial terá que ser certificada de acordo com a norma HT1, que define que em contacto direto com este fluido não há perigo para o ser humano. Neste caso, a água glicolada que cumpre com estas características é a que usa o propileno glicol. De um modo geral o propileno glicol apresenta a seguinte curva de % Volume glicol em relação às temperaturas de utilização:

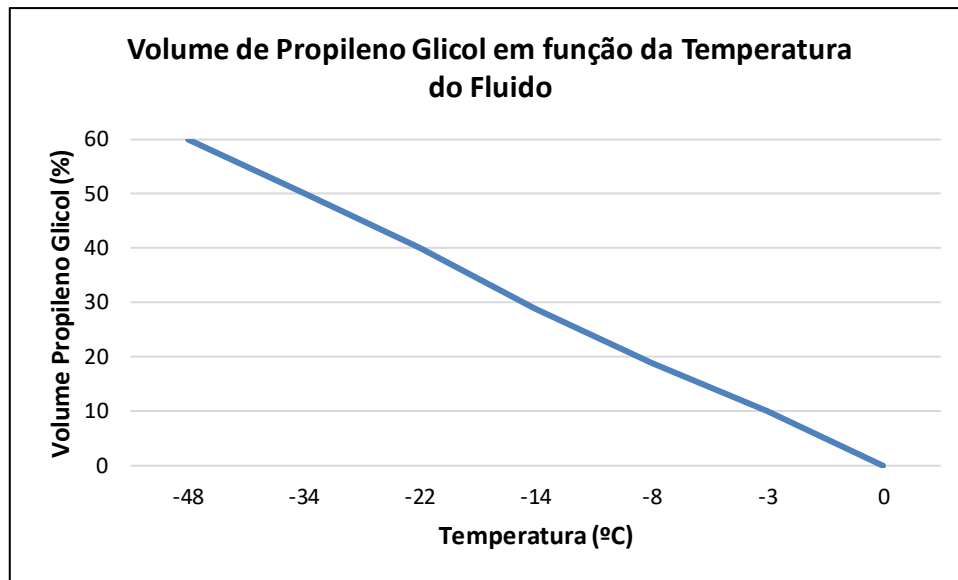


Figura 36- Volume de Propileno Glicol em Função da Temperatura do Fluido (Adaptado de Engineering Toolbox, 2001)

#### Vantagens:

- Maior uniformidade de temperaturas nas câmaras frigoríficas, salas climatizadas e expositores;
- No caso de fugas de fluido frigorigéneo não ocorre danificação dos produtos;
- Custo do propileno de glicol inferior;
- Pequena carga de amoníaco no circuito primário;
- Reparação de fugas muito fácil e sem parar a instalação frigorífica;
- ODP e GWP nulo.

#### Descrição do Sistema e respetivos Componentes

O sistema utilizado neste caso, será o sistema de expansão indireta como referido anteriormente, sendo que no circuito primário irá circular o fluido frigorigéneo amoníaco e no circuito secundário a água glicolada, mais propriamente com propileno glicol. O uso do sistema de expansão indireta é essencial neste caso, dado que, é possível confinar o amoníaco na central de modo que, em caso de fuga se evite acidentes graves com pessoal ou danificação de produtos alimentares.

O circuito primário será constituído por condensador, compressor, válvula de expansão e permutador/ evaporador comum aos dois circuitos. Neste caso, como o fluido frigorigéneo

é amoníaco, todos os equipamentos associados a este circuito em contacto com o amoníaco, não deverão ser de cobre, dado que, o amoníaco reage com este tipo de material. Todos os equipamentos e tubagem associados a este circuito deverão ser em aço inoxidável (Ciconkov & Ayub, 2009).

Em relação ao permutador de calor existem diversos tipos, contudo, deve-se optar por um permutador de placas, pois são os que apresentam uma maior eficiente troca de calor (Ciconkov & Ayub, 2009).

No circuito secundário teremos então os frígodifusores que funcionam como permutador de calor, contudo pelo facto de utilizarem como fluido frigorigéneo água glicolada, o seu nome é diferente. Neste circuito são usadas ainda bombas que têm como principal objetivo a circulação do propileno glicol por todo o circuito secundário. Em termos de equipamentos secundários, neste circuito, estes são apresentados da seguinte forma:

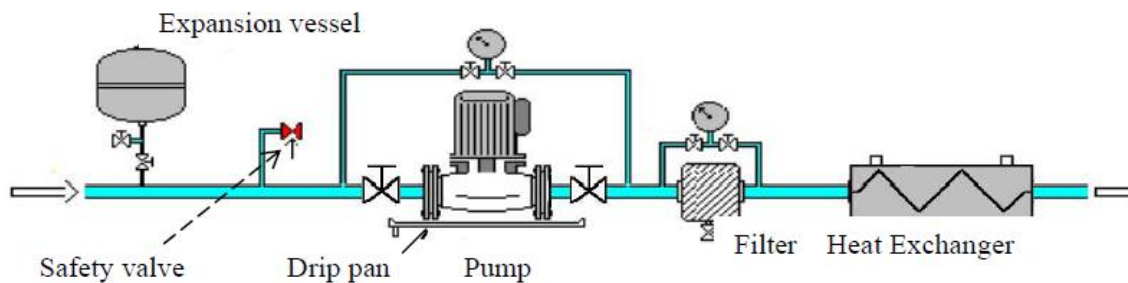


Figura 37- Componentes Sistema Secundário (Melinder, 2015)

No sistema secundário existe ainda os equipamentos de segurança e controlo, como o vaso de expansão, filtro e válvula de segurança.

### 2.3.9. Consumos Energéticos

Existe uma grande variedade no sector dos serviços, que vai desde as pequenas lojas até grandes superfícies comerciais. É de realçar que para cada setor de serviço existem unidades mais ou menos eficientes. De seguida seguem algumas categorias de setores de serviço e o seu consumo energético por kWh/m<sup>2</sup>.

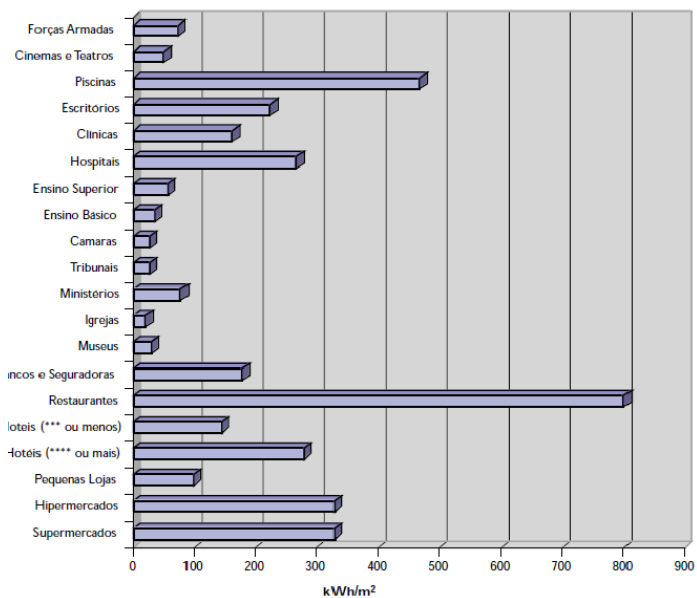


Figura 38- Consumos Energéticos de setores de Serviço (DGE, 2002)

Verifica-se que os setores relacionados com os hipermercados e supermercados são uns dos que apresentam maior consumo energético, apresentando em média um consumo de 320 kWh/m<sup>2</sup>. Deste modo, estes setores de serviço são preferenciais para a melhoria da eficiência energética.

Através de auditorias energéticas a várias superfícies comerciais, um estudo desenvolvido em 2000 pela INETI, sobre a utilização energética em grandes espaços comerciais, conclui que em Portugal em Hipermercados não há um consumo de energia inferior a 500 tep/ano e na maioria dos casos o consumo de energia é superior a 1500 tep/ano. Estes trabalhos foram alcançados após realizar auditorias energéticas no terreno.

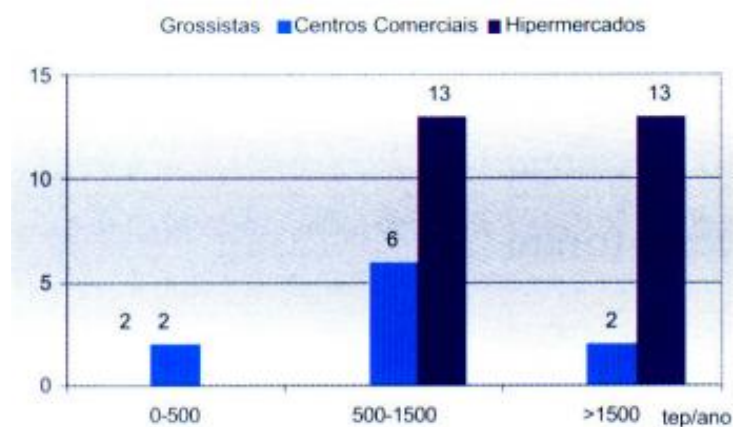


Figura 39-Consumos Energéticos Globais em Superfícies Comerciais (INETI, 2000)

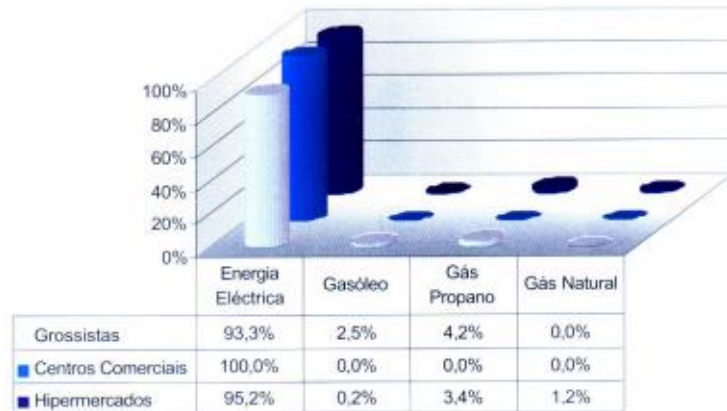


Figura 40- Consumos Energéticos Específicos em Hipermercados (INETI,2000)

Através da figura 39 e 40, verifica-se que os hipermercados têm maior consumo. O mesmo estudo concluiu ainda que esse consumo é principalmente energia elétrica (95,2%) seguida de gás propano (3,4%) e gás natural (1,2%).

Os consumos associados à energia elétrica dos hipermercados e supermercados, podem dividir-se em 4 grupos conforme a figura 41.

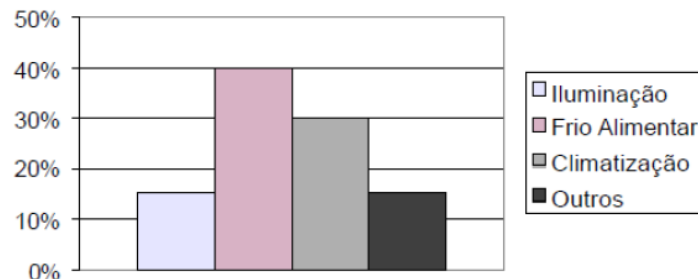


Figura 41- Distribuição dos consumos de energia num supermercado (Marchioro, 2004)

Verifica-se que o maior consumo elétrico em hipermercados e supermercados passa pelo frio alimentar, ou seja, pelo ciclo frigorífico da instalação, com uma percentagem de cerca de 40% (figura 41). Este parâmetro engloba todos os componentes do ciclo frigorífico tal como compressores, evaporadores, condensador, expositores de frio entre outros.

De seguida segue a climatização com um consumo energético de cerca de 30%, a seguir aparece a iluminação com um consumo de cerca de 15% (figura 41). Os consumos associados a cada hipermercado ou supermercado, variam dependendo da eficiência dos equipamentos utilizados.

Conhecendo que os maiores consumos energéticos elétricos passam pelo frio alimentar, verificou-se quais os componentes do ciclo frigorífico que apresentam os maiores consumos.

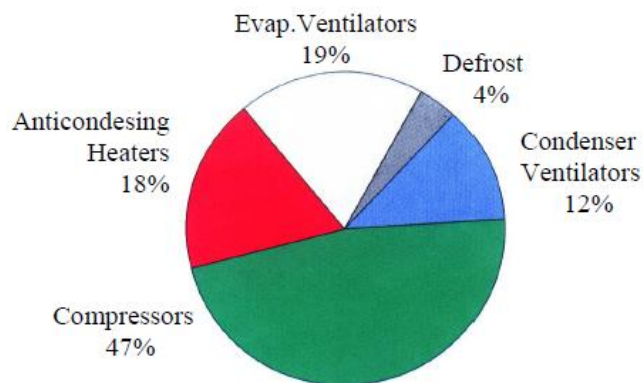


Figura 42- Consumos Específicos dos Componentes do Ciclo Frigorífico (Coca, 2000)

Verifica-se que o componente com maiores consumos é o compressor com cerca de 47%, seguindo-se os evaporadores com 19%. Em terceiro lugar segue os aquecedores anti-condensação com 18%, condensador com 12% e por último o descongelamento com um consumo de 4%.

Deste modo, é importante durante a fase de projeto tentar obter componentes, principalmente o compressor e evaporadores com potências baixas, de modo a evitar grandes consumos energéticos.

### 2.3.10. Cálculo de Cargas Térmicas

Para o cálculo da potência frigorífica de câmaras é necessário ter em conta o cálculo de diversas cargas térmicas. Este cálculo, será o que define a potência frigorífica mínima para cada espaço a refrigerar, definindo a potência do evaporador.

#### Cargas térmicas por Condução:

$$\dot{Q}_{\text{condução}} = A \times U \times \Delta T \quad (6)$$

A: Área [ $m^2$ ]

U: Coeficiente Global de Transmissão de Calor [ $W/m^2 \cdot K$ ]

$\Delta T$ : Diferença de Temperatura [ $^{\circ}C$ ]

O cálculo do coeficiente global de transmissão de calor (U) é definido conforme:

$$U = \frac{1}{R} \quad (6.1)$$

Sendo que:

$$R = \frac{e}{k} \quad (6.2)$$

R: Resistência Térmica [ $m^2 \cdot K/W$ ]

e: Espessura de Isolamento [m]

k: Condutividade Térmica [W/m. K]

### **Cargas Térmicas Internas:**

$$\dot{Q}_{internas} = \frac{NHO}{24} \times (NO \times Eocup + A \times Eilum + \dot{Q}_{maquinas}) \quad (7)$$

NHO: Número de Horas de Ocupação

NO: Número de Ocupantes

Eocup: Potência Dissipada por um Ocupante [kW]

A: Área [ $m^2$ ]

Eilum: Potência de Iluminação [ $kW/m^2$ ]

$\dot{Q}_{maquinas}$ : Potência de Máquinas [kW]

### **Cargas Térmicas Infiltrações:**

$$\dot{Q}_{infiltração} = \dot{V}_{renovação} \times Ear \quad (8)$$

$\dot{V}_{renovação}$ : Caudal Volumétrico de Renovação [ $m^3/s$ ]

Ear: Energia do Ar [ $kJ/m^3$ ]

O cálculo do caudal volumétrico de Renovação ( $\dot{V}_{renovação}$ ) é definido conforme:

$$\dot{V}_{renovação} = \frac{V \times N_{Renov}}{24 \times 3600} \quad (8.1)$$

$V$ : Volume da Câmara [ $m^3$ ]

$N_{Renov}$ : Número de Renovações/ 24 horas

### **Cargas Térmicas do Produto:**

$$\dot{Q}_{produto} = \dot{m} \times cp \times \Delta T \quad (9)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$cp$ : Calor Especifico do Produto [kJ/kg.K]

$\Delta T$ : Diferença de Temperatura [°C]

Sendo que o caudal é calculado com base na seguinte equação:

$$\dot{m} = \frac{M \times Rotação Diária}{24 \times 3600} \quad (9.1)$$

$M$ : Massa do Produto [kg]

Sendo a massa do produto calculada com base na seguinte equação:

$$M = \rho \times V \quad (9.2)$$

$\rho$ : Densidade de Armazenagem [kg/ $m^3$ ]

$V$ : Volume da Câmara [ $m^3$ ]

### **Potência Frigorífica Total:**

$$\dot{Q}_{in} = \frac{24}{TFE} \times (\sum \dot{Q}_{térmicas}) \times CS \quad (10)$$

$TFE$ : Tempo de Funcionamento Efetivo [horas]

$\sum \dot{Q}_{térmicas}$ : Somatório das Cargas Térmicas [kW]

$CS$ : Coeficiente de Segurança

### 2.3.11. Definição dos Indicadores de Performance (KPI)

Os indicadores de performance são parâmetros que permitem avaliar os sistemas em estudo, sendo caracterizados por:

#### Coefficiente de Performance

O coeficiente de performance determina a relação entre a energia frigorífica produzida e a energia elétrica consumida para a produzir, sendo que, para o seu cálculo é tido em conta a seguinte equação:

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{W}_c + \dot{W}_B} \quad (11)$$

$\dot{Q}_e$ : Potência Frigorífica Total da Instalação [kW]

$\dot{W}_c$ : Potência Elétrica dos Compressores [kW]

$\dot{W}_B$ : Potência Elétrica das Bombas [kW]

#### Potência Elétrica Instalada e Consumo Anual Elétrico da Instalação

A potência elétrica instalada é a potência elétrica total de um sistema, sendo calculada pelo somatório da potência elétrica de todos os componentes da instalação.

$$Potência\ Elétrica\ Instalada = \sum Potência\ Componentes\ Elétricos \quad (12)$$

$\sum Potência\ Componentes\ Elétricos$  [kW]

O consumo anual elétrico da instalação é dado por a potência elétrica instalada multiplicado pelo número de horas de funcionamento da instalação num ano.

$$Consumo\ Anual\ Elétrico = Potência\ Elétrica\ Instalada \times H \quad (13)$$

$Potência\ Elétrica\ Instalada$  [kW]

$H$ : Número de Horas de Funcionamento da Instalação num ano

## Índices GWP e TEWI

O valor total equivalente de impacto global (TEWI) foi desenvolvido com o objetivo de comparar o impacto de aquecimento global em aplicações de refrigeração semelhantes, que utilizavam diferentes fluidos frigoríficos. Este parâmetro, combina os efeitos do aquecimento global originado pela libertação de CO<sub>2</sub>, sendo que resulta de um potencial de aquecimento global direto e indireto (Hundy, Trott & Welch, 2008).

Os valores diretos estão associados ao efeito das fugas de fluido frigorífico e às perdas por recuperação. Os valores indiretos estão associados aos consumos energéticos da instalação em estudo (Hundy, Trott & Welch, 2008).

De um modo geral, para o cálculo do valor de TEWI é necessário conhecer (Hundy, Trott & Welch, 2008):

- O fluido frigorífico da instalação bem como o seu GWP;
- Quantidade de massa de fluido frigorífico da instalação;
- Período de vida da instalação;
- Energia consumida por ano;
- Localização geográfica da instalação.

O seu cálculo é dado pelas seguintes expressões (Hundy, Trott & Welch, 2008):

$$TEWI = GWP_{direto} + GWP_{indireto} \quad (14)$$

Onde o impacto do aquecimento global direto é dado por:

$$GWP_{direto} = GWP_{Fugas} + GWP_{Perdas.Recup} \quad (15)$$

$$GWP_{Fugas} = GWP \times L \times n \quad (15.1)$$

$$GWP_{Perdas.Recup} = GWP \times m (1 - \alpha_{recuperação}) \quad (15.2)$$

E o impacto global indireto é dado por:

$$GWP_{indireto} = n \times E_{anual} \times \beta \quad (16)$$

$GWP_{direto}$  : Potencial de Aquecimento Global direto [kg]

$GWP_{indireto}$ : Potencial de Aquecimento Global indireto [kg]

$GWP_{Fugas}$ : Potencial de Aquecimento Global por efeito de fugas [kg]

$GWP_{Perdas.Recup}$ : Potencia de Aquecimento Global por perdas recuperadas [kg]

$GWP$ : Potencial de Aquecimento Global do Fluido Frigorígeno

$L$ : Fugas de Fluido Frigorígeno por ano [kg]

$n$ : Vida útil da Instalação [anos]

$m$ : Carga de Fluido Frigorígeno [kg]

$\alpha_{recuperação}$ : Fator de Recuperação

$E_{anual}$ : Consumo Elétrico da Instalação anual [kWh]

$\beta$ : Emissões de CO<sub>2</sub> [kg/kWh]

### **Caudal de Fluido Frigorígeno**

Para o cálculo do caudal de fluido frigorígeno no sistema a CO<sub>2</sub> transcrito, é necessário calcular o caudal para congelados e para refrigerados em separado, tendo por base a seguinte equação:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{in}}{\Delta h} \quad (17)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$\dot{Q}_{in}$ : Potência de Evaporação [kW]

$\Delta h$ : Diferença de Entalpia de Evaporação [kJ/kg]

Tendo por base o depósito intermédio da instalação, assumindo que o ponto de entrada no depósito é o ponto 4 e os de saída o ponto 5 e 7, de seguida é necessário fazer um balanço energético no mesmo, de modo a ser possível determinar o caudal de fluido frigorígeno.

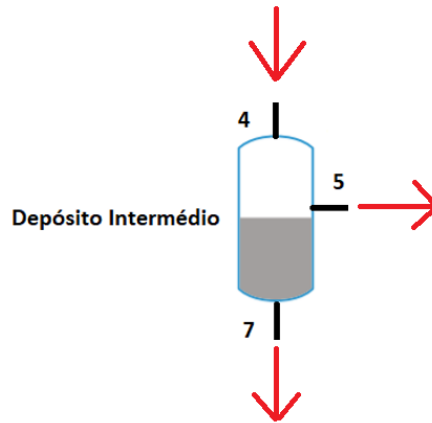


Figura 43- Balanço Energético no Depósito

A soma dos caudais de refrigerados e congelados calculados permitem obter o caudal no ponto 7, que irá alimentar os evaporadores.

Sabe-se ainda que o caudal no ponto 4 é dado por:

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_7 + \dot{m}_5 \quad (18)$$

Aplicando agora o balanço energético no depósito conforme a figura 43 obtém-se que:

$$\dot{m}_4 h_4 = \dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_7 h_7 \quad (19)$$

$$\dot{m}_5 = \frac{\dot{m}_4 h_4 - \dot{m}_7 h_7}{h_5} \quad (19.1)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$h$ : Entalpia [kJ/kg]

Através do balanço no depósito é possível calcular o caudal no ponto 5.

Por fim o caudal total do sistema é o caudal no ponto 4, que é a soma entre o caudal no ponto 7 e no ponto 5 conforme a equação 18.

Para o cálculo do caudal de fluido frigorífero no sistema a amoníaco e água glicolada, o cálculo do amoníaco é dado pela seguinte equação:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_e}{\Delta h} \quad (20)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$\dot{Q}_e$ : Potência Frigorífica Total da Instalação [kW]

$\Delta h$ : Diferença de Entalpia de Evaporação [kJ/kg]

Para o caso da água glicolada a expressão para o cálculo do caudal será:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_e}{c_p \times \Delta T} \quad (21)$$

$\dot{m}$ : Caudal [kg/s]

$\dot{Q}_e$ : Potência Frigorífica Total da Instalação [kW]

$c_p$ : Calor Especifico [kJ/kg.K]

$\Delta T$ : Diferença de Temperatura [°C]

### **Investimento Inicial**

O investimento inicial é o somatório dos preços de todos os componentes da instalação.

$$\textit{Investimento Inicial} = \sum \textit{Preços dos Componentes da Instalação} \quad (22)$$

$\sum \textit{Preços dos Componentes da Instalação}$  [€]

### **Payback Simples**

O payback simples permite determinar em quantos anos se obtém o retorno do investimento inicial, sendo o seu cálculo realizado conforme a equação:

$$\textit{Payback Simples} = \frac{\textit{Investimento Inicial}}{\textit{Poupança Anual}} \quad (23)$$

Para o cálculo da poupança anual é necessário definir em primeiro lugar quais os custos anuais a calcular para cada sistema, para isso teve-se em conta os seguintes custos:

- Custos elétricos anuais, que são calculados conforme a equação:

$$\text{Custo Elétrico Anual} = \text{Consumo Elétrico Anual} \times \text{Preço Eletricidade} \quad (23.1)$$

*Consumo Elétrico Anual* [kWh]

*Preço Eletricidade* [€/kWh]

- Custos de manutenção anuais dos compressores, que são calculados conforme a equação:

$$\text{Custo Manut. Compressores} = N^{\circ}\text{Compressores} \times \text{Preço Manut. Compressor} \quad (23.2)$$

*Preço Manut. Compressor* [€/Compressor]

- Custos de manutenção anuais das bombas, que são calculados conforme a equação:

$$\text{Custo Manut. Bombas} = N^{\circ}\text{Bombas} \times \text{Preço Manut. Bomba} \quad (23.3)$$

*Preço Manut. Bomba* [€/bomba]

Para os custos totais anuais, somam-se todos os custos calculados anteriormente:

$$\text{Custos Totais Anuais} = \sum \text{Custos Totais} \quad (23.4)$$

$\Sigma$  *Custos Totais* [€]

Após o cálculo dos custos anuais de cada sistema é possível então determinar a poupança anual para cada sistema. Para isso é necessário ter em conta um sistema de referência, como sendo o sistema instalado inicialmente, de modo a ser possível determinar a poupança anual com base no sistema de referência. Assim a poupança anual é calculada conforme a equação:

$$\Delta\text{€} = \text{Custos Sistema Referência} - \text{Custos do Sistema em Estudo} \quad (23.5)$$

$\Delta\text{€}$ : Poupança Anual [€]

### 3. Caso de Estudo

O presente caso de estudo consiste num supermercado com uma área total de  $8600\text{ m}^2$  localizado na ilha das flores, Açores. O edifício é constituído por 3 pisos sendo caracterizados por:

- Piso -1

O piso -1 é destinado para o estacionamento de veículos, apresentando um total de 92 lugares de estacionamento, sendo que 8 deles se destinam para carregamento de carros elétricos. Este piso apresenta aproximadamente uma área total de  $2800\text{ m}^2$ .

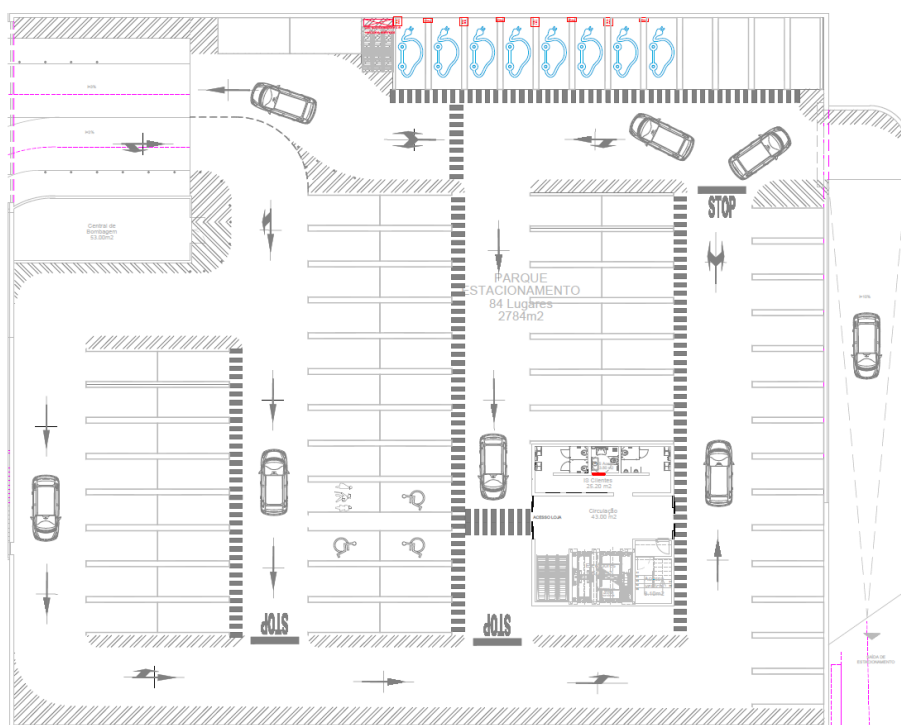


Figura 44- Layout do Piso -1 do Caso de Estudo

- Piso 0

O piso 0 é constituído por uma área de vendas ao público com aproximadamente 1600 m<sup>2</sup>, onde estarão localizados os expositores com produtos para venda. É constituído ainda por uma área de acesso restrito de câmaras frigoríficas e salas climatizadas. Neste piso existe também uma cafetaria, esplanada exterior e 3 lojas. Este piso apresenta aproximadamente uma área total de 3000 m<sup>2</sup>.



Figura 45- Layout do Piso 0 do Caso de Estudo

- Piso 1

O piso 1 é constituído pela casa das máquinas que se encontra num espaço fechado, onde será instalado a central frigorífica e por uma zona ao ar livre onde serão instalados os equipamentos como gás cooler, condensador, entre outros aparelhos de climatização. A casa das máquinas apresenta aproximadamente uma área de  $54 \text{ m}^2$ , sendo a área total do piso 1 de aproximadamente  $2800 \text{ m}^2$ .

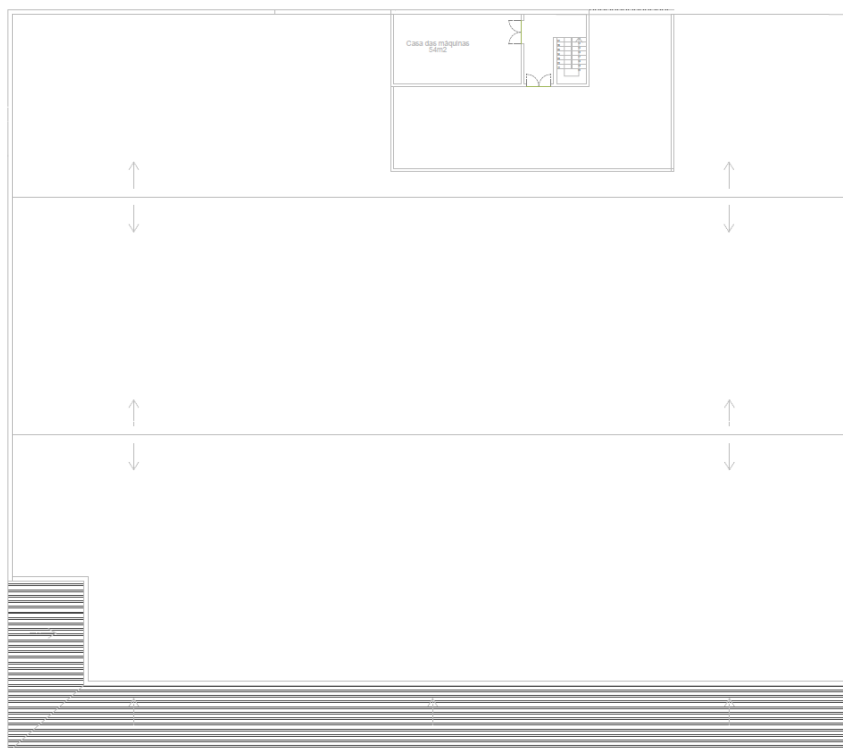


Figura 46- Layout do Piso 1 do Caso de Estudo

### 3.1. Layout

Tendo em conta o projeto da instalação frigorífica em estudo, de seguida é efetuado o resumo das câmaras frigoríficas de refrigerados e congelados, das salas climatizadas e expositores do supermercado em estudo. A instalação apresenta duas câmaras de congelados, sete câmaras de refrigerados e três espaços climatizados. Em relação aos expositores de frio, existem dois expositores de congelados e doze expositores de refrigerados.

Tabela 1- Câmaras Frigoríficas de Congelados

Ref	Designação	Área ( $\text{m}^2$ )
CC01	Câmara de Congelados	23,88
CC02	Câmara de Padaria	9,96

Tabela 2- Câmaras Frigoríficas de Refrigerados

<b>Ref</b>	<b>Designação</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
CR01	Descargas Noturnas	14,19
CR02	Câmara de Lacticínios	12,17
CR03	Câmara de Talho	12,25
CR04	Câmara de Peixe	8,35
CR05	Câmara de Frangos	6,94
CR06	Câmara de Charcutaria	11,80
CR07	Câmara de Padaria	6,40

Tabela 3- Salas Climatizadas

<b>Ref</b>	<b>Designação</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
SC01	Sala de Lixos	11,97
SC02	Preparação de Talho	9,53
SC03	Preparação de Frutas e Legumes	6,00

Tabela 4- Expositores de Congelados

<b>Ref</b>	<b>Designação</b>	<b>Modelo</b>
EC01	Mural de Congelados	MINI ASTANA H205
EC02	Ilha de Peixe Congelado	SALO BT G4

Tabela 5- Expositores de Refrigerados

<b>Ref</b>	<b>Designação</b>	<b>Modelo</b>
ER01	Mural de Legumes	PANAMA 3 100/203
ER02	Mural Especialidades Legumes	OSAKA 3P 70H203
ER03	Mural de Topo Especialidades	PANAMA 3P 203
ER04	Mural BIO	OSAKA 3P 70/203
ER05	Mural de Iogurtes	OSAKA 3P 70/203
ER06	Mural de Gorduras	OSAKA 3P 70/203
ER07	Semi-mural de Charcutaria	SMHF-T-H13-LS-P
ER08	Semi-mural de Take Away	SMHF-H16-LS-P
ER09	Mural de Charcutaria	OSAKA 3P 70/203
ER10	Vitrine de Talho	REPUS 5- TALHO-AT
ER11	Mural de Talho	OSAKA 3P 70/203 PDA
ER12	Mural de Bebidas	OSAKA 3P 70H203

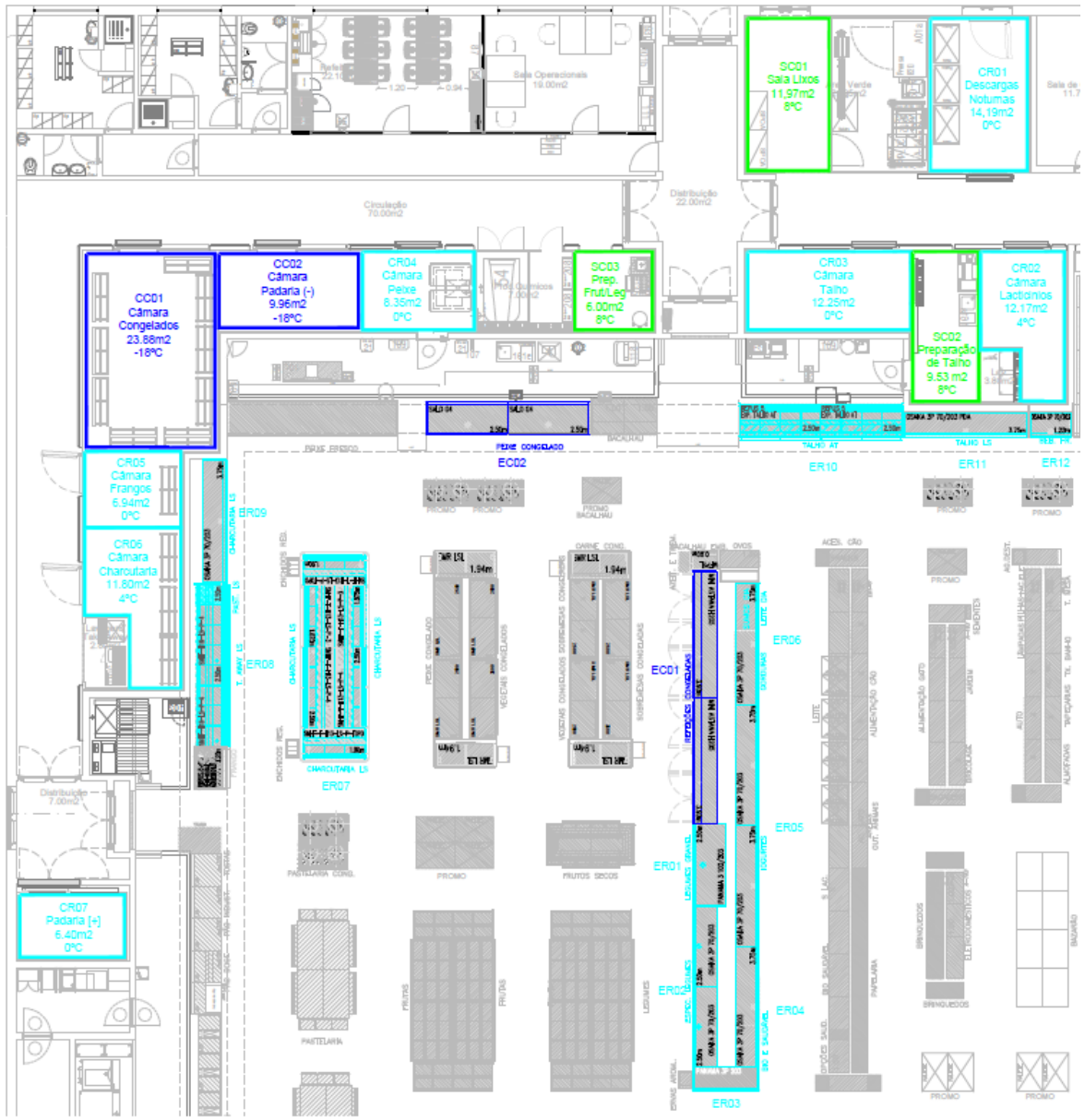


Figura 47- Layout do Caso de Estudo

## 3.2. Condições de Cálculo

As condições de cálculo são as condições consideradas para o cálculo das cargas térmicas das câmaras frigoríficas.

### 3.2.1. Condições do Produto

Temperatura de entrada do produto para postos de 0/4°C.....15°C

Temperatura de entrada do produto para postos de -18°C.....-10°C

Densidade de armazenagem para postos de 0/4°C.....250 kg/m<sup>3</sup>

Densidade de armazenagem para postos de -18°C.....450 kg/m<sup>3</sup>

Rotação diária de produto.....10%

Tabela 6- Características Físicas e Temperatura de Conservação de Produtos

<b>Tipo</b>	<b>Produto</b>	<b>Temp. Conservação (°C)</b>	<b>Cpac (kJ/kg. °C)</b>	<b>Cpab (kJ/kg. °C)</b>
<b>Refrigerados</b>	<b>Padaria</b>	0	3,09	-
	<b>Lacticínios</b>	4	3,89	-
	<b>Talho</b>	0	3,34	-
	<b>Peixe</b>	0	3,34	-
	<b>Frangos</b>	0	3,34	-
	<b>Charcutaria</b>	4	3,34	-
<b>Congelados</b>	<b>Congelados Geral</b>	-18	-	1,88
	<b>Congelados Padaria</b>	-18	-	1,42

Cpac: Calor Específico do Produto acima do ponto de congelação

Cpab: Calor Específico do Produto abaixo do ponto de congelação

### 3.2.2. Condições Ambientais

Temperatura ambiente interior (Loja).....25°C

Humidade relativa interior (Loja).....60%

Temperatura do solo.....17°C

Temperatura ambiente exterior (Projeto):

Para determinar a temperatura ambiente exterior recorreu-se ao IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera). Sabendo que a localização da instalação em estudo é nos Açores, na ilha das flores, recorrendo ao IPMA foi possível perceber através das normais climatológicas entre 1971 e 2000 (figura 48) qual o mês do ano mais desfavorável em relação às temperaturas máximas. Verifica-se que o mês do ano com as temperaturas mais altas encontram-se em agosto, com uma temperatura de aproximadamente 30°C.

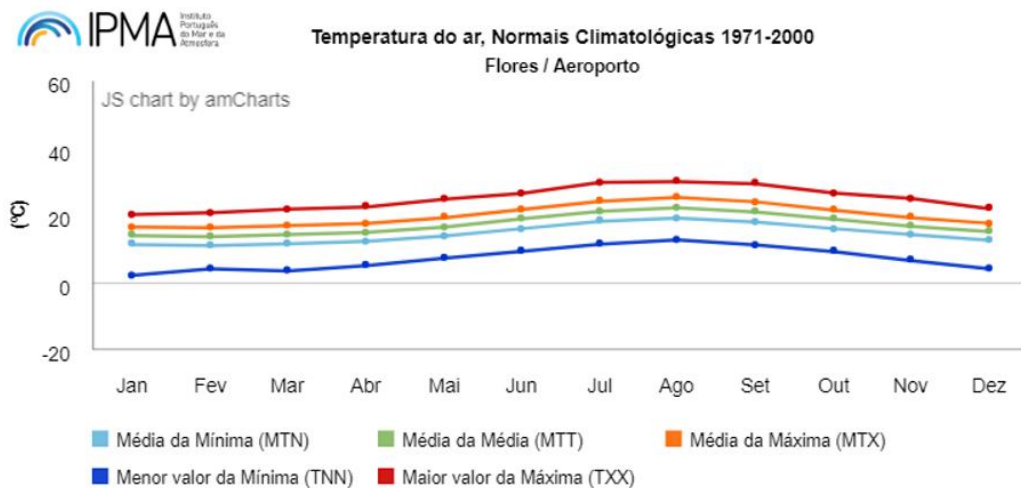


Figura 48- Normais Climatológicas de Flores entre 1971 e 2000 (IPMA)

Dado que, com o passar dos anos o clima tem tendência a ficar mais quente, recorreu-se ao boletim climatológico dos Açores no ano de 2021 (figura 49), de modo a perceber qual a temperatura máxima atingida neste ano em agosto para confirmação dos valores da temperatura máxima. Verifica-se que para o ano de 2021 a temperatura máxima atingida foi de 29,3°C na ilha das flores.

Estação	Temperatura Mensal				
	Máximo (°C)	Dia	Mínimo (°C)	Dia	Média (°C)
Flores	29,3	18	16,1	15	23,0
Corvo*	29,2	20	18,8	15	-
Pico	29,9	31	17,7	26	23,5
Horta (Observatório)*	27,9	5	17,8	27	-
Graciosa	28,7	22	18,1	21	23,1
São Jorge	27,8	31	17,6	26	22,5
Angra do Heroísmo (Obs.)	27,9	4	17,8	26	22,7
Ponta Delgada	27,5	3	17,6	26	22,6
Ponta Delgada (Obs.)	29,3	18	16,1	15	23,0
Santa Maria*	29,2	20	18,8	15	-
Nordeste	29,9	31	17,7	26	23,5

Figura 49- Boletim Climatológico Mensal de Agosto Açores 2021 (IPMA)

Deste modo, dado que as temperaturas máximas em agosto das normais climatológicas entre 1971 e 2000 coincidem com a do boletim climatológico do ano de 2021, considerou-se que a temperatura ambiente exterior de projeto é de 30°C.

### 3.2.3. Condições Diversas

- Isolamento em poliuretano com condutividade térmica  $k= 0,023 \text{ W/m.K}$ ;
- Coeficiente de Segurança de 1,1;
- Tempo de funcionamento efetivo (TFE)=16 horas;
- Espessura de Isolamento para Câmaras Congeladas de 150 mm;
- Espessura de Isolamento para Câmaras Refrigeradas de 100 mm;
- Espessura de Isolamento para Salas Climatizadas 60 mm;

### 3.3. Câmaras de Congelados

De seguida segue uma descrição pormenorizada das câmaras de congelados do caso de estudo, sendo apresentadas as suas dimensões, isolamentos, produtos a conservar, temperaturas e respetiva potência frigorífica (cálculos apresentados no anexo A1).

#### 3.3.1. Câmara de Congelados Geral (CC01)

- Comprimento: 6,00 m
- Largura: 3,98 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 23,88 m<sup>2</sup>
- Volume: 59,70 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 150 mm

- Produto: Diversos
- Temperatura: -18°C
- Potência Frigorífica: 3,43 kW

### **3.3.2. Câmara Congelados de Padaria (CC02)**

- Comprimento: 4,33 m
- Largura: 2,30 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 9,96 m<sup>2</sup>
- Volume: 24,90 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 150 mm
- Produto: Padaria
- Temperatura: -18°C
- Potência Frigorífica: 1,63 kW

## **3.4. Câmaras de Refrigerados**

De seguida segue uma descrição pormenorizada das câmaras de refrigerados do caso de estudo, sendo apresentadas as suas dimensões, isolamentos, produtos a conservar, temperaturas e respetiva potência frigorífica (cálculos apresentados no anexo A1).

### **3.4.1. Descargas Noturnas (CR01)**

- Comprimento: 4,73 m
- Largura: 3,00 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 14,19 m<sup>2</sup>
- Volume: 35,48 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 100 mm
- Produto: Diversos
- Temperatura: 0°C
- Potência Frigorífica: 2,59 kW

### **3.4.2. Câmara de Laticínios (CR02)**

- Comprimento: 4,70 m
- Largura: 2,59 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 12,17 m<sup>2</sup>
- Volume: 30,43 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 100 mm
- Produto: Laticínios
- Temperatura: 4°C
- Potência Frigorífica: 1,80 kW

### **3.4.3. Câmara de Talho (CR03)**

- Comprimento: 5,06 m
- Largura: 2,42 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 12,25 m<sup>2</sup>
- Volume: 30,61 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 100 mm
- Produto: Talho
- Temperatura: 0°C
- Potência Frigorífica: 2,17 kW

### **3.4.4. Câmara de Peixe (CR04)**

- Comprimento: 3,45 m
- Largura: 2,42 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 8,35 m<sup>2</sup>
- Volume: 20,87 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 100 mm
- Produto: Peixe
- Temperatura: 0°C
- Potência Frigorífica: 1,63 kW

### **3.4.5. Câmara de Frangos (CR05)**

- Comprimento: 2,98 m
- Largura: 2,33 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 6,94 m<sup>2</sup>
- Volume: 17,36 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 100 mm
- Produto: Frango
- Temperatura: 0°C
- Potência Frigorífica: 1,37 kW

### **3.4.6. Câmara de Charcutaria (CR06)**

- Comprimento: 3,96 m
- Largura: 2,98 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 11,80 m<sup>2</sup>
- Volume: 29,50 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 100 mm
- Produto: Charcutaria
- Temperatura: 4°C
- Potência Frigorífica: 1,60 kW

### **3.4.7. Câmara de Padaria (CR07)**

- Comprimento: 3,20 m
- Largura: 2,00 m
- Altura: 2,50 m
- Área: 6,40 m<sup>2</sup>
- Volume: 16,00 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 100 mm
- Produto: Padaria
- Temperatura: 0°C
- Potência Frigorífica: 1,38 kW

### **3.5. Salas Climatizadas**

De seguida segue uma descrição pormenorizada das salas climatizadas do caso de estudo, sendo apresentadas as suas dimensões, isolamentos, temperaturas e respetiva potência frigorífica (cálculos apresentados no anexo A1).

#### **3.5.1. Sala de Lixos (SC01)**

- Comprimento: 4,73 m
- Largura: 2,53 m
- Altura: 3,00 m
- Área: 11,97 m<sup>2</sup>
- Volume: 35,90 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 60 mm
- Temperatura: 8°C
- Potência Frigorífica: 2,95 kW

#### **3.5.2. Preparação de Talho (SC02)**

- Comprimento: 4,65 m
- Largura: 2,05 m
- Altura: 3,00 m
- Área: 9,53 m<sup>2</sup>
- Volume: 28,60 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 60 mm
- Temperatura: 8°C
- Potência Frigorífica: 2,04 kW

#### **3.5.3. Preparação de Frutas e Legumes (SC03)**

- Comprimento: 2,48 m
- Largura: 2,42 m
- Altura: 3,00 m
- Área: 6,00 m<sup>2</sup>
- Volume: 18,00 m<sup>3</sup>
- Espessura Isolamento: 60 mm
- Temperatura: 8°C
- Potência Frigorífica: 2,02 kW

### **3.6. Expositores de Congelados**

De seguida segue uma descrição pormenorizada dos expositores de congelados do caso de estudo, sendo apresentadas as suas dimensões, modelo, temperaturas e respetivas potências frigoríficas (cálculos apresentados no anexo A1).

#### **3.6.1. Mural de Congelados (EC01)**

- Modelo: MINI ASTANA H205
- Modulação: 2×3,90 m
- Temperatura: -18°C
- Tipo de descongelação: Elétrica
- Potência Frigorífica/metro: 0,887 kW/m
- Potência Frigorífica: 6,92 kW

#### **3.6.2. Ilha de Peixe Congelado (EC02)**

- Modelo: SALO BT G4
- Modulação: 2×2,50 m
- Temperatura: -18°C
- Tipo de descongelação: Elétrica
- Potência Frigorífica/metro: 0,260 kW/m
- Potência Frigorífica: 1,30 kW

### **3.7. Expositores de Refrigerados**

De seguida segue uma descrição pormenorizada dos expositores de refrigerados do caso de estudo, sendo apresentadas as suas dimensões, modelo, temperaturas e respetivas potências frigoríficas (cálculos apresentados no anexo A1).

#### **3.7.1. Mural de Legumes (ER01)**

- Modelo: PANAMA 3 100/203
- Modulação: 1×2,50 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelação: Natural
- Potência Frigorífica/metro: 1,651 kW/m
- Potência Frigorífica: 4,13 kW

### **3.7.2. Mural Especialidades Legumes (ER02)**

- Modelo: OSAKA 3P 70H203
- Modulação: 2×2,50 m
- Temperatura: 2°C
- Tipo de descongelação: Natural
- Potência Frigorífica/metro: 0,850 kW/m
- Potência Frigorífica: 4,25 kW

### **3.7.3. Mural de Topo Especialidades (ER03)**

- Modelo: PANAMA 3P 203
- Modulação: 1×1,975 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelação: Natural
- Potência Frigorífica/metro: 1,500 kW/m
- Potência Frigorífica: 2,96 kW

### **3.7.4. Mural BIO (ER04)**

- Modelo: OSAKA 3P 70/203
- Modulação: 1×3,75 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelação: Natural
- Potência Frigorífica/metro: 0,640 kW/m
- Potência Frigorífica: 2,40 kW

### **3.7.5. Mural de Iogurtes (ER05)**

- Modelo: OSAKA 3P 70/203
- Modulação: 2×3,75 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelação: Natural
- Potência Frigorífica/metro: 0,850 kW/m
- Potência Frigorífica: 6,38 kW

### **3.7.6. Mural de Gorduras (ER06)**

- Modelo: OSAKA 3P 70/203
- Modulação: 1×3,75 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelamento: Natural
- Potência Refrigerante/metro: 0,640 kW/m
- Potência Refrigerante: 2,40 kW

### **3.7.7. Semi-Mural de Charcutaria (ER07)**

- Modelo: SMHF-T-H13-LS-P
- Modulação: 2×1,875+2×1,90+2×2,50 m
- Temperatura: 2°C
- Tipo de descongelamento: Natural
- Potência Refrigerante/metro: 0,900 kW/m
- Potência Refrigerante: 11,30 kW

### **3.7.8. Semi-Mural de Take Away (ER08)**

- Modelo: SMHF-H16-LS-P
- Modulação: 2×2,50 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelamento: Natural
- Potência Refrigerante/metro: 0,950 kW/m
- Potência Refrigerante: 4,75 kW

### **3.7.9. Mural de Charcutaria (ER09)**

- Modelo: OSAKA 3P 70/203
- Modulação: 1×3,75 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelamento: Natural
- Potência Refrigerante/metro: 0,850 kW/m
- Potência Refrigerante: 3,19 kW

### **3.7.10. Vitrine de Talho (ER10)**

- Modelo: REPUS 5- TALHO-AT
- Modulação: 2×2,50 m
- Temperatura: 2°C
- Tipo de descongelamento: Natural
- Potência Refrigerante/metro: 0,540 kW/m
- Potência Refrigerante: 2,70 kW

### **3.7.11. Mural de Talho (ER11)**

- Modelo: OSAKA 3P 70/203 PDA
- Modulação: 1×3,75 m
- Temperatura: 2°C
- Tipo de descongelamento: Natural
- Potência Refrigerante/metro: 0,884 kW/m
- Potência Refrigerante: 3,32 kW

### **3.7.12. Mural de Bebidas (ER12)**

- Modelo: OSAKA 3P 70H203
- Modulação: 1×1,25 m
- Temperatura: 4°C
- Tipo de descongelamento: Natural
- Potência Refrigerante/metro: 0,850 kW/m
- Potência Refrigerante: 1,06 kW

### 3.8. Potência Frigorífica Total da Instalação

Após análise das potências frigoríficas das câmaras, salas climatizadas e expositores de refrigerados e congelados descritos anteriormente, somou-se todas as potências frigoríficas obtendo-se então a potência total de congelados e refrigerados da instalação.

Tabela 7- Potência Frigorífica Total de Congelados

Tipo	Ref	Designação	P.Frigorífica (kW)
Câmaras	CC01	Câmara de Congelados	3,43
	CC02	Câmara de Padaria	1,63
Expositores	EC01	Mural de Congelados	6,92
	EC02	Ilha de Peixe Congelado	1,30
<b>Total</b>			13,3

Tabela 8- Potência Frigorífica Total de Refrigerados

Tipo	Ref	Designação	P.Frigorífica (kW)
Câmaras	CR01	Descargas Noturnas	2,59
	CR02	Câmara de Lacticínios	1,80
	CR03	Câmara de Talho	2,17
	CR04	Câmara de Peixe	1,63
	CR05	Câmara de Frangos	1,37
	CR06	Câmara de Charcutaria	1,60
	CR07	Câmara de Padaria	1,38
Salas Climatizadas	SC01	Sala de Lixos	2,95
	SC02	Preparação de Talho	2,04
	SC03	Preparação de Frutas e Legumes	2,02
Expositores	ER01	Mural de Legumes	4,13
	ER02	Mural Especialidades Legumes	4,25
	ER03	Mural de Topo Especialidades	2,96
	ER04	Mural BIO	2,40
	ER05	Mural de Iogurtes	6,38
	ER06	Mural de Gorduras	2,40
	ER07	Semi-mural de Charcutaria	11,30
	ER08	Semi-mural de Take Away	4,75
	ER09	Mural de Charcutaria	3,19
	ER10	Vitrine de Talho	2,70
	ER11	Mural de Talho	3,32
	ER12	Mural de Bebidas	1,06
<b>Total</b>			68,4

Obtém-se então que a potência frigorífica total da instalação é de 13,3 kW para congelados e 68,4 kW para refrigerados.

### **3.9. Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrítico**

Para este sistema optou-se por utilizar o sistema do tipo Booster com compressão paralela, dado que a temperatura exterior de projeto considerada é de 30°C, logo o sistema do tipo Booster simples não se adequava para estas condições. Optou-se também por não utilizar o sistema do tipo Booster com multi-injetor dado que a complexidade do sistema é maior e porque o uso do injetor implica um aumento do custo da instalação.

Assim o sistema escolhido é do tipo Booster com compressão paralela, que neste caso será constituído por os evaporadores de baixa temperatura (BT) sendo a compressão efetuada neste estágio por dois compressores de baixa temperatura.

Será constituído ainda por os evaporadores de média temperatura (MT) sendo a compressão efetuada neste estágio por três compressores de média temperatura. Em relação ao número de compressores paralelos utilizados optou-se por utilizar apenas um.

O sistema é constituído ainda por o Gás Cooler, válvula de alívio de pressão, válvula de expansão e por o depósito intermédio.

As condições de funcionamento para o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico consideradas são:

Temperatura de evaporação para postos de 0/4°C.....-6°C

Temperatura de evaporação para postos de 8°C.....-6°C

Temperatura de evaporação para postos de -18°C.....-24°C

Dado que a temperatura exterior de projeto conforme referido anteriormente é de 30°C, então assumindo um  $\Delta T=10^\circ\text{C}$ , a temperatura à saída do gás cooler considerada é de 40°C.

Assumiui-se ainda uma temperatura de sobreaquecimento nos evaporadores de 10°C.

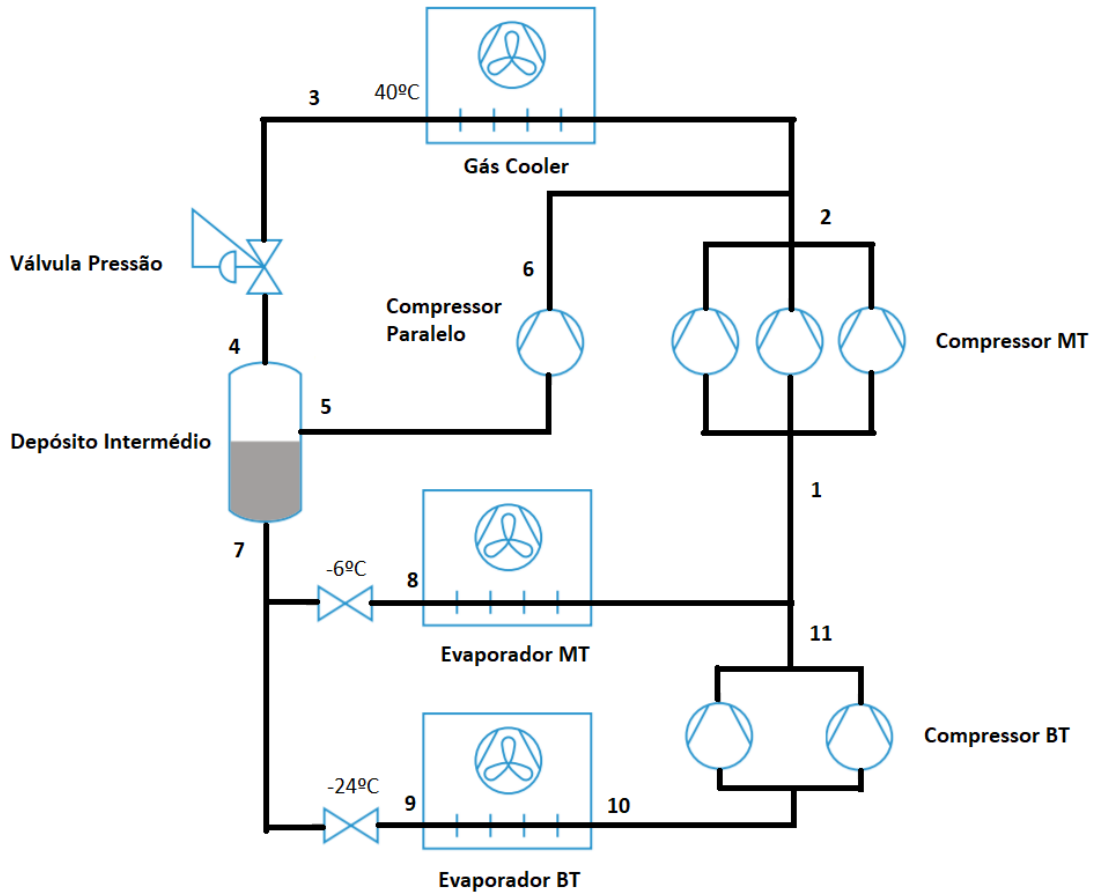


Figura 50- Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrítico com Compressão Paralela (Adaptado de Chasserot, 2020)

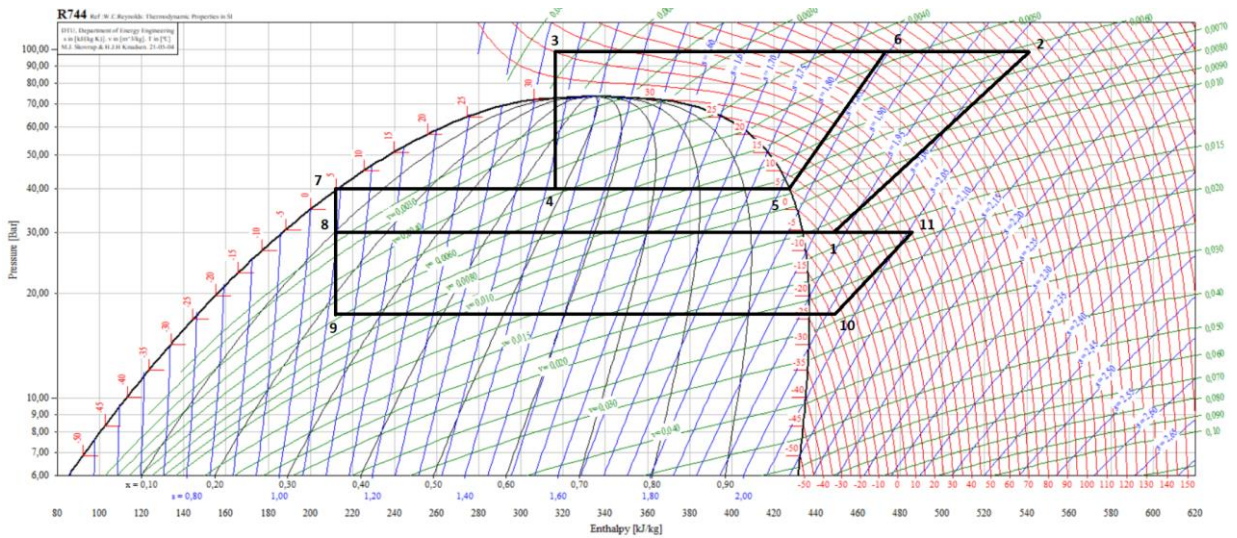


Figura 51- Diagrama de Moolier do Sistema CO<sub>2</sub> Transcrítico com Compressão Paralela

### 3.9.1. Evaporadores

De seguida são apresentadas as características dos evaporadores utilizados neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo B1.

Tabela 9- Evaporadores das Câmaras de Congelados

Ref.	Designação	Quant.	Evaporador	P. Elétrica (kW)	Preço (€)	Marca
CC01	Câmara de Congelados	1	DD 7E2/7 C02	0,220	1317,3	Centauro
CC02	Câmara de Padaria	1	DD 7E1/4 C02	0,110	784,3	Centauro

Tabela 10- Evaporadores das Câmaras de Refrigerados

Ref.	Designação	Quant.	Evaporador	P. Elétrica (kW)	Preço (€)	Marca
CR01	Descargas Noturnas	1	BWK 6A3/47 C02-ES	0,105	1129,1	Centauro
CR02	Câmara de Lacticínios	1	BWK 6A2/32 C02-ES	0,070	777,9	Centauro
CR03	Câmara de Talho	1	BWK 6A2/41 C02	0,144	823,1	Centauro
CR04	Câmara de Peixe	1	BWK 6A2/32 C02-ES	0,070	777,9	Centauro
CR05	Câmara de Frangos	1	BWK 6A1/22 C02	0,072	497,4	Centauro
CR06	Câmara de Charcutaria	1	BWK 6A2/32 C02-ES	0,070	777,9	Centauro
CR07	Câmara de Padaria	1	BWK 6A1/22 C02-ES	0,035	534,2	Centauro

Tabela 11- Evaporadores das Salas Climatizadas

Ref.	Designação	Quant.	Evaporador	P. Elétrica (kW)	Preço (€)	Marca
SC01	Sala de Lixos	1	CBL 6B2/5 C02-ES	0,070	1063,5	Centauro
SC02	Preparação de Talho	1	CBL 6B1/2 CO2-ES	0,035	645,2	Centauro
SC03	Preparação de Frutas e Legumes	1	CBL 6B1/2 CO2-ES	0,035	645,2	Centauro

### 3.9.2. Central de Frio

De seguida são apresentadas as características da central frigorífica utilizada neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo B1.

Capacidade frigorífica:

- Baixa Temperatura: 14,31 kW a -24°C
- Média Temperatura: 74 kW a -6°C

Tabela 12- Central Frigorífica de CO<sub>2</sub> Transcrítico

Central a CO <sub>2</sub>					
Estágio	Quant.	Compressor	Preço (€)	P. Elétrica (kW)	Marca
Baixa Temperatura	1	2KSL-1K	2799	1,05	Bitzer
	1	2LSL-1K	2799	1,28	Bitzer
Média Temperatura	1	4MTE-7K	8152	8,45	Bitzer
	2	4KTE-10K	17590	24,24	Bitzer
Paralelo	1	4JTE-15K	9811	16,17	Bitzer

### 3.9.3. Gás Cooler

De seguida são apresentadas as características do gás cooler utilizado neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo B1.

Características Gerais:

- Capacidade frigorífica nominal: 159,6 kW
- Marca: Centauro
- Modelo: GCT-ACP/EA 480/376L
- Caudal de ar: 50 000 m<sup>3</sup>/h
- Superfície de permuta: 529 m<sup>2</sup>
- Volume interno: 57 dm<sup>3</sup>
- Quantidade/ Diâmetro dos ventiladores: 4 / 800 mm
- Potência elétrica: 1,512 kW
- Preço: 18820,7 €

### 3.9.4. Tubagem

De seguida são apresentadas as características da tubagem utilizada neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo B1.

Tabela 13- Tubagem de CO<sub>2</sub> Transcrítico

<b>Tubagem de Cobre K65</b>				
<b>Diâmetro</b>	<b>Metros</b>	<b>Preço (€) /metro</b>	<b>Preço (€)</b>	<b>Marca</b>
1 5/8	43,3	181	7837,3	Halcor
1/2	191,5	17,8	3408,7	Halcor
3/4	122	39,2	4782,4	Halcor
5/8	90,5	26,4	2389,2	Halcor
1 1/8	59	85,6	5050,4	Halcor

### 3.10. Sistema a Amoníaco com distribuição de Água Glicolada

Neste sistema no circuito primário estará o amoníaco e no secundário a água glicolada. O circuito secundário é constituído pelos frígodifusores de baixa temperatura (BT) e média temperatura (MT), por duas bombas responsáveis pela circulação da água glicolada e por o permutador/evaporador.

O circuito primário é constituído por três compressores, condensador, válvula de expansão e permutador/evaporador. É essencial que o amoníaco seja confinado no circuito primário, na central, de modo a evitar fugas neste circuito que comprometam a segurança das pessoas bem como dos produtos alimentares para venda.

Para o sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada é considerado as seguintes condições de funcionamento:

Temperatura de permuta para postos de 0/4°C.....-24°C

Temperatura de permuta para postos de 8°C.....-24°C

Temperatura de permuta para postos de -18°C.....-24°C

Em relação à temperatura de saída da água glicolada dos frígodifusores assumiu-se que sai a uma temperatura de -20°C. Assim a diferença de temperatura ( $\Delta T$ ) entre a entrada e saída do fluido nos frígodifusores e permutador/evaporador é de 4°C. Para arrefecer o fluido que entra a -20°C no permutador/evaporador de modo a sair a -24°C, ocorre a permuta de calor com o amoníaco que se encontra a -30°C no circuito primário.

Em relação à temperatura de condensação, dado que, a temperatura exterior de projeto conforme referido anteriormente é de 30°C e assumindo um  $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ , a temperatura de condensação considerada é de 40°C. Foi tido em conta ainda uma temperatura de sobreaquecimento e subarrefecimento para o sistema de 10°C.

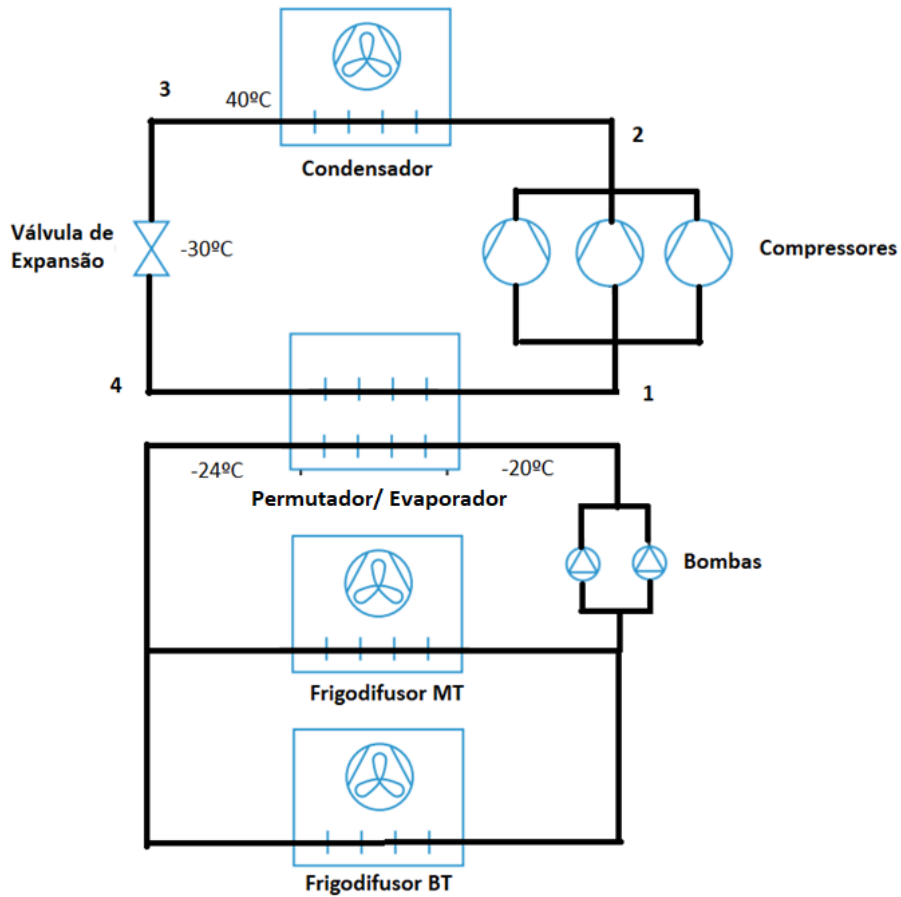


Figura 52- Sistema a Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada (Adaptado de Chasserot, 2020)

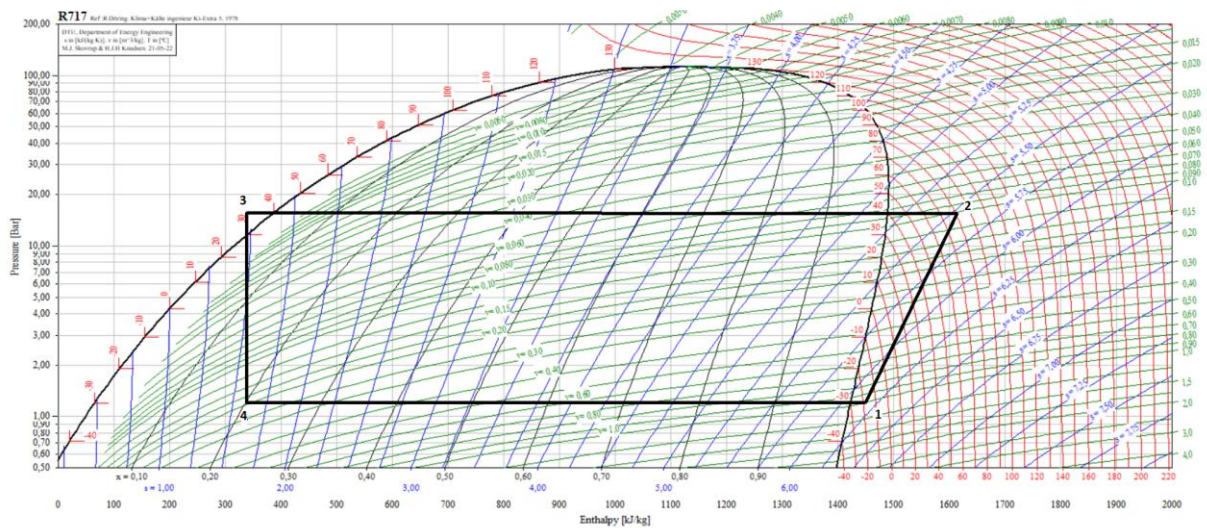


Figura 53- Diagrama de Moolier do Sistema a Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada

A água glicolada do sistema será o propileno glicol “MPG COOLANT NSF HT1” com as seguintes características:

Propiedades Termofísicas*							
	Unidad	30%	35%	40%	45%	50%	55%
Punto de Congelación	°C	-12	-15	-18	-23	-28	-33
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	1.020	1.025	1.030	1.035	1.040	1.045
Calor Específico	KJ/kg · K	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
Conductividad Termal	W/m · K	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36
Viscosidad Dinámica	mPa · s	3,9	4,7	5,8	6,8	8,0	9,3
Viscosidad Cinématica	cSt	3,3	4,0	4,9	5,8	6,9	8,1

Figura 54- Propriedades do Propileno Glicol “MPG COOLANT NSF HT1”

Dado que a temperatura de circulação do propileno glicol é de -24°C optou-se por escolher o volume de glicol de 50%, dado que o seu ponto de congelação é de -28°C (figura 54).

### 3.10.1. Frígodifusores

De seguida são apresentadas as características dos frígodifusores utilizados neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo C1.

Tabela 14- Frígodifusores das Câmaras de Congelados

Ref.	Designação	Quant.	Frígodifusor	P. Elétrica (kW)	Preço (€)	Marca
CC01	Câmara de Congelados	1	GACV FP 050.1LF/1A-70.A	0,620	3336	Guntner
CC02	Câmara de Padaria	1	GACV FP 040.1LF/1E-70.A	0,170	2217	Guntner

Tabela 15- Frígodifusores das Câmaras de Refrigerados

Ref.	Designação	Quant.	Frígodifusor	P. Elétrica (kW)	Preço (€)	Marca
CR01	Descargas Noturnas	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7493349	0,05	1711	Guntner
CR02	Câmara de Lacticínios	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7481161	0,02	1870	Guntner
CR03	Câmara de Talho	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7493349	0,05	1711	Guntner
CR04	Câmara de Peixe	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7493349	0,05	1711	Guntner
CR05	Câmara de Frangos	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7491677	0,05	1711	Guntner
CR06	Câmara de Charcutaria	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7481161	0,02	1870	Guntner
CR07	Câmara de Padaria	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7491677	0,05	1711	Guntner

Tabela 16- Frígodifusores das Salas Climatizadas

Ref.	Designação	Quant.	Frígodifusor	P.Elétrica (kW)	Preço (€)	Marca
SC01	Sala de Lixos	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7481161	0,02	1870	Guntner
SC02	Preparação de Talho	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7481161	0,02	1870	Guntner
SC03	Preparação de Frutas e Legumes	1	GADC FP 035.1/1-70.A-7481161	0,02	1870	Guntner

### 3.10.2. Central de Frio

De seguida são apresentadas as características da central frigorífica utilizada neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo C1.

Capacidade frigorífica: 87,2 kW a -30°C

Tabela 17- Central Frigorífica a Amoníaco

Central a Amoníaco				
Quant.	Compressor	Preço (€)	Pot. Elétrica (kW)	Marca
3	OSNA5361-K	32475	52,8	Bitzer

### 3.10.3. Condensador

De seguida são apresentadas as características do condensador utilizado neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo C1.

Características Gerais:

- Capacidade frigorífica nominal: 121,2 kW
- Marca: Guntner
- Modelo: GCHV AD 090.2NF/13A-56
- Caudal de ar: 61 279 m<sup>3</sup>/h
- Superfície de permuta: 482,1 m<sup>2</sup>
- Volume interno: 50,9 dm<sup>3</sup>
- Quantidade de ventiladores: 3
- Potência elétrica: 4,84 kW
- Preço: 11870 €

### 3.10.4. Permutador de Calor de Placas

De seguida são apresentadas as características do permutador utilizado neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo C1.

- Permuta de calor: 81,7 kW
- N° de Placas: 20
- Temperatura de entrada da água: -20°C
- Temperatura de saída da água: -24°C
- Caudal de Água: 5,8 kg/s
- Temperatura de entrada do Amoníaco: -30°C
- Caudal de Amoníaco: 0,073 kg/s
- Marca: Alfa Laval
- Modelo: M10-BWFDR
- Preço: 9081,14 €

### 3.10.5. Grupo de Bombagem

De seguida são apresentadas as características das bombas utilizadas neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo C1.

- Fluido: Propileno Glicol
- Concentração: 50%

Tabela 18- Grupo de Bombagem

<b>Bombas</b>				
<b>Ref. Bombas</b>	<b>Preço (€)</b>	<b>Pot. Elétrica (kW)</b>	<b>Caudal (kg/s)</b>	<b>Marca</b>
TPE2 50-180 N-A-F-A-BQQE-GAC	3477	1,1	5,8	Grundfoss
TPE2 50-180 N-A-F-A-BQQE-GAC	3477	1,1	5,8	Grundfoss

### 3.10.6. Tubagem

A tubagem para a água glicolada com propileno glicol é em ABS com revestimento armaflex e a tubagem em amoníaco é em aço inox 316. De seguida são apresentadas as características da tubagem utilizada neste sistema, sendo apresentados os dimensionamentos no anexo C1.

Tabela 19- Tubagem da Água Glicolada e Amoníaco

Tubagem					
Fluido	Diâmetro	Metros	Preço (€) /metro	Preço (€)	Marca
Água Glicolada	3 1/8	42,6	89,4	3808,44	GF
	1 5/8	17,8	28,46	506,59	GF
	1 3/8	63,8	25,02	1596,28	GF
	1 1/8	126,8	19,85	2516,98	GF
	7/8	219,6	18,95	4161,42	GF
Amoníaco	3/8	18	2,86	51,48	Indimante
	1	2	7,72	15,44	Indimante

## 4. Cálculo e Análise dos KPI para os Sistemas Propostos

### 4.1. Coeficiente de Performance

Após análise das potências elétricas dos compressores para ambos os sistemas, foi possível somar a potência elétrica total dos compressores ( $\dot{W}_c$ ) para cada sistema.

Tabela 20- Cálculo das Potências Elétricas Totais dos Compressores para Sistemas Propostos

Sistema	Quant.	Compressor	P. Elétrica (kW)	Total (kW)
Sistema a CO <sub>2</sub>	1	2KSL-1K	1,05	51,2
	1	2LSL-1K	1,28	
	1	4MTE-7K	8,45	
	2	4KTE-10K	24,24	
	1	4JTE-15K	16,17	
Sistema a Amoníaco com Água Glicolada	3	OSNA5361-K	52,8	52,8

Verifica-se que a potência elétrica total dos compressores ( $\dot{W}_c$ ) para o sistema a CO<sub>2</sub> é de 51,2 kW e para o sistema a amoníaco com água glicolada de 52,8 kW.

De seguida analisou-se as bombas utilizadas, somando as potências das bombas ( $\dot{W}_B$ ). Como o sistema a CO<sub>2</sub> não utiliza bombas, então a sua potência é zero.

Tabela 21- Cálculo das Potências Elétricas Totais das Bombas para Sistemas Propostos

Sistema	Quant.	Bombas	P. Elétrica (kW)	Total (kW)
Sistema a CO <sub>2</sub>	-	-	-	-
Sistema a Amoníaco com Água Glicolada	2	TPE2 50-180 N-A-F-A-BQQE-GAC	2,2	2,2

Conhecendo as potências elétricas totais dos compressores ( $\dot{W}_c$ ) e das bombas ( $\dot{W}_B$ ) de cada sistema e sabendo que a potência frigorífica total ( $\dot{Q}_e$ ) é de 81,7 kW (13,3 kW congelados + 68,4 kW refrigerados) recorrendo à equação número 11 para o cálculo do coeficiente de performance obtém-se que:

Tabela 22- Cálculo do COP para os Sistemas Propostos

Sistema	Sistema a CO <sub>2</sub>	Sistema a Amoníaco com Água Glicolada
$\dot{W}_c$ (kW)	51,2	52,8
$\dot{W}_B$ (kW)	-	2,2
$\dot{Q}_e$ (kW)	81,7	81,7
<b>COP</b>	1,60	1,49

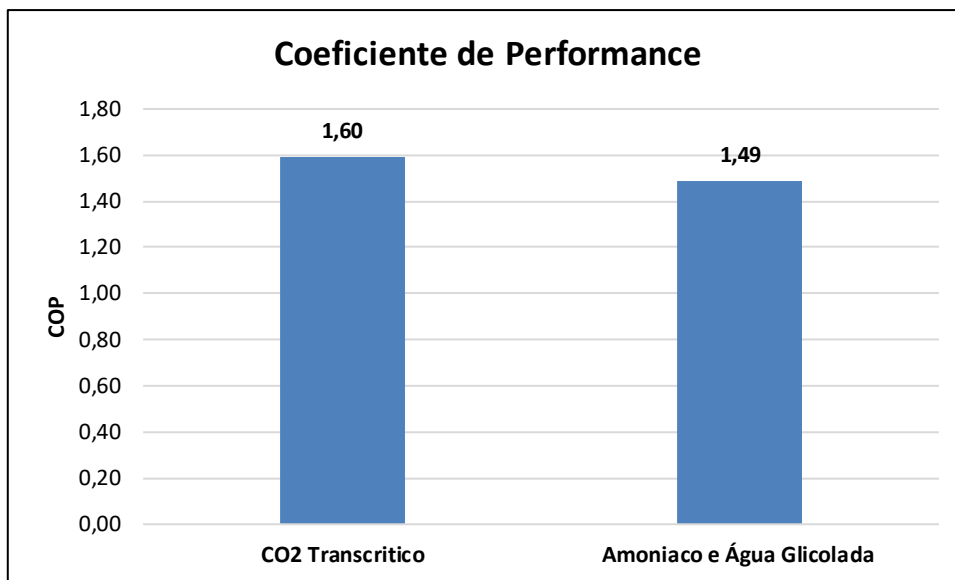


Figura 55- Análise Comparativa do Coeficiente de Performance

Verifica-se que o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito apresenta um coeficiente de performance superior ao sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada. Isto ocorre dado que, a potência elétrica do compressor a amoníaco e somando à potência das bombas de glicol é superior à potência da central frigorífica a CO<sub>2</sub>.

## 4.2. Caudal de Fluido Frigorígeno

Primeiro determinou-se o caudal de fluido frigorígeno para o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito.

Para o caudal de CO<sub>2</sub> nos evaporadores de congelados, sabe-se através do diagrama de Moolier do sistema (figura 51) que os pontos de entalpia para evaporação são o ponto 10 e 9 com o valor de 445 kJ/kg e 210 kJ/kg respetivamente. Sabe-se ainda que a potência frigorífica de congelados é de 13,3 kW. Tendo em conta estes valores, é possível então recorrendo à equação 17 calcular o caudal de fluido frigorígeno para congelados.

Tabela 23- Cálculo do Caudal de CO<sub>2</sub> para Congelados

h10 (kJ/kg)	h9 (kJ/kg)	Δh (kJ/kg)	$\dot{Q}_{in}$ (kW)	$\dot{m}$ (kg/s)
445	210	235	13,3	0,057

O caudal de CO<sub>2</sub> para congelados apresenta então o valor de 0,057 kg/s.

Para o caudal de CO<sub>2</sub> nos evaporadores de refrigerados, sabe-se através do diagrama de Moolier do sistema (figura 51) que os pontos de entalpia para evaporação são o ponto 1 e 8 com o valor de 450 kJ/kg e 210 kJ/kg respetivamente. Sabe-se ainda que a potência frigorífica de refrigerados é de 68,4 kW. Tendo em conta estes valores, é possível então recorrendo à equação 17 calcular o caudal de fluido frigorígeno para refrigerados.

Tabela 24- Cálculo do Caudal de CO<sub>2</sub> para Refrigerados

<b>h1 (kJ/kg)</b>	<b>h8 (kJ/kg)</b>	<b>Δh (kJ/kg)</b>	<b>Q<sub>in</sub> (kW)</b>	<b>ṁ (kg/s)</b>
450	210	240	68,4	0,285

O caudal de CO<sub>2</sub> para refrigerados apresenta então o valor de 0,285 kg/s.

Após cálculo dos caudais de congelados e refrigerados é possível então determinar o caudal de fluido frigorígeno que sai no ponto 7, à saída do depósito conforme representado:

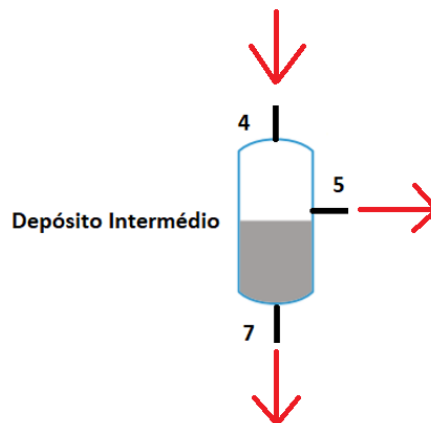


Figura 56- Balanço no Depósito Intermédio do Caso de Estudo

Para isso soma-se os valores dos caudais de congelados e refrigerados, sendo que o caudal que sai no ponto 7 irá alimentar os evaporadores de congelados e refrigerados.

Tabela 25- Cálculo da Caudal que sai no ponto 7

<b>Congelados</b>	<b>Refrigerados</b>	<b>Caudal no ponto 7</b>
<b>ṁ (kg/s)</b>	<b>ṁ (kg/s)</b>	<b>ṁ<sub>7</sub> (kg/s)</b>
0,057	0,285	0,342

Sabendo que o valor do caudal que entra no depósito no ponto 4 é dado pela soma do caudal no ponto 5 com o caudal do ponto 7, e conhecendo o valor das entalpias nos pontos 4, 5 e 7 através do diagrama de Moolier (figura 51) é possível através da equação 19 calcular o caudal que sai no ponto 5.

Através da análise do diagrama de Moolier (figura 51) retira-se então os seguintes valores de entalpia:

Tabela 26- Valores de Entalpia nos Pontos 4, 5 e 7

<b>h4 (kJ/kg)</b>	<b>h5 (kJ/kg)</b>	<b>h7 (kJ/kg)</b>
317	430	210

Sabendo que o caudal em 4 é dado conforme a equação 18 por:

$$\dot{m}_4 = 0,342 + \dot{m}_5$$

Então aplicando o balanço no depósito conforme a equação 19 obtém-se que:

$$\dot{m}_5 = \frac{(0,342 + \dot{m}_5) \times 317 - 0,342 \times 210}{430} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \dot{m}_5 = 0,323 \text{ Kg/s}$$

O caudal total de CO<sub>2</sub> do sistema será então o valor do caudal no ponto 4, que é soma do caudal em 7 com o caudal em 5 obtendo-se então:

$$\dot{m}_4 = 0,342 + 0,323 = 0,665 \text{ Kg/s}$$

O caudal total do sistema será então 0,665 kg/s.

De seguida foi efetuado o cálculo do caudal para o sistema a amoníaco com água glicolada. Para o caudal de amoníaco, sabe-se através do diagrama de Moolier do sistema (figura 53) que os pontos de entalpia para evaporação são o ponto 1 e 4 com o valor de 1450 kJ/kg e 330 kJ/kg respetivamente. Sabe-se que neste caso a potência de evaporação será 81,7 kW (13,3 kW congelados + 68,4 kW refrigerados). Tendo em conta estes valores, é possível então recorrendo à equação 20, calcular o caudal de fluido frigorigéneo do amoníaco.

Tabela 27- Cálculo do Caudal de Amoníaco

$h_1$ (kJ/kg)	$h_4$ (kJ/kg)	$\Delta h$ (kJ/kg)	$\dot{Q}_{in}$ (kW)	$\dot{m}$ (kg/s)
1450	330	1120	81,7	0,073

O caudal de amoníaco apresenta então o valor de 0,073 kg/s.

De seguida determinou-se qual o caudal de água glicolada, para isso sabe-se que a temperatura de entrada da água glicolada nos evaporadores é de -24°C e que sai a uma temperatura de -20°C. Sabe-se ainda que o calor específico da água glicolada utilizada apresenta o valor de 3,5 (figura 54) e que a potência utilizada são os 81,7 kW. Deste modo, recorrendo à equação 21 foi possível determinar o caudal de água glicolada do sistema.

Tabela 28- Cálculo do Caudal de Água Glicolada

$T_{entrada}$ (°C)	$T_{saida}$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{Q}_{in}$ (kW)	$\dot{m}$ (kg/s)
-24	-20	4	3,5	81,7	5,8

O caudal de água glicolada apresenta então o valor de 5,8 kg/s.

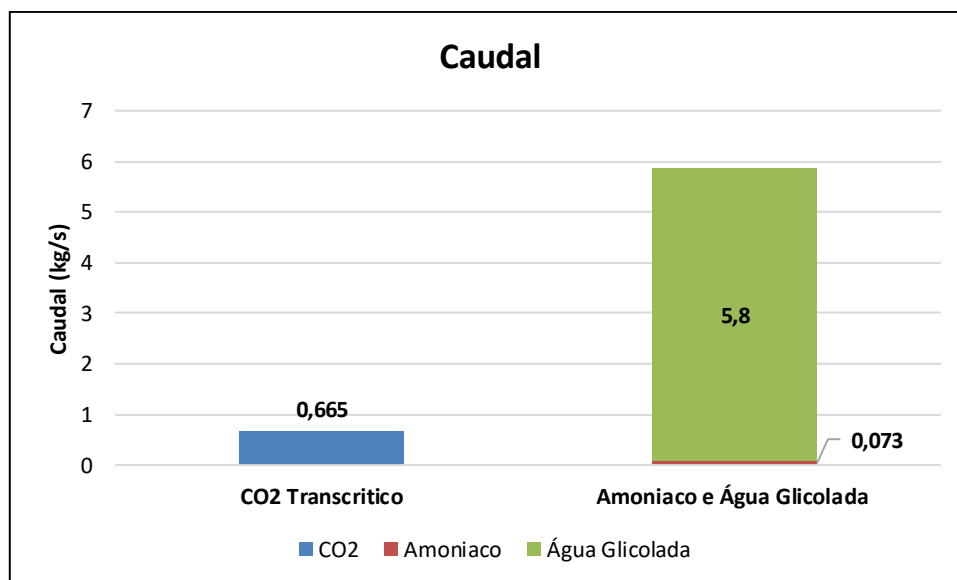


Figura 57- Análise Comparativa do Caudal de Fluido Frigorigéneo

Verifica-se que o caudal de CO<sub>2</sub> transcricico é inferior ao somatório de água glicolada com amoníaco do outro sistema. O facto de o sistema a CO<sub>2</sub> transcricico apresentar menores caudais, de um modo geral, percebe-se que os seus componentes em termos de potências

serão menores que os que funcionam a água glicolada que apresentam um caudal superior. A utilização de um sistema indireto permite, contudo, diminuir o caudal de fluido frigorígeno do sistema primário, neste caso amoníaco, para valores muito baixos, reduzindo os custos associados a este fluido.

### 4.3. Potência Elétrica Instalada e Consumo Anual

Após análise da potência elétrica de todos os componentes de cada sistema e após o seu somatório obteve-se então a potência elétrica instalada para cada sistema com base na equação 12.

Tabela 29- Cálculo da Potência Elétrica Instalada para Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrítico

<b>Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrítico</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Quant.</b>	<b>Ref. Componente</b>	<b>P. Elétrica (kW)</b>
<b>Evaporadores</b>	1	DD 7E2/7 CO2	0,220
	1	DD 7E1/4 CO2	0,110
	1	BWK 6A3/47 CO2-ES	0,105
	1	BWK 6A2/32 CO2-ES	0,070
	1	BWK 6A2/41 CO2	0,144
	1	BWK 6A2/32 CO2-ES	0,070
	1	BWK 6A1/22 CO2	0,072
	1	BWK 6A2/32 CO2-ES	0,070
	1	BWK 6A1/22 CO2-ES	0,035
	1	CBL 6B2/5 CO2- ES	0,070
	1	CBL 6B1/2 CO2- ES	0,035
	1	CBL 6B1/2 CO2- ES	0,035
<b>Central de Frio</b>	1	2KSL-1K	1,05
	1	2LSL-1K	1,28
	1	4MTE-7K	8,45
	2	4KTE-10K	24,24
	1	4JTE-15K	16,17
<b>Gás Cooler</b>	1	GCT-ACP/EA 480/376L	1,512
<b>Total</b>			<b>53,74</b>

A potência elétrica total para o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico é de 53,74 kW.

Tabela 30- Cálculo da Potência Elétrica Instalada para Sistema a Amoníaco e Água Glicolada

<b>Sistema a Amoníaco e Água Glicolada</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Quant.</b>	<b>Ref. Componente</b>	<b>P. Elétrica (kW)</b>
<b>Frigodifusores</b>	1	GACV FP 050.1LF/1A-70.A	0,620
	1	GACV FP 040.1LF/1E-70.A	0,170
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7493349	0,05
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7481161	0,02
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7493349	0,05
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7493349	0,05
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7491677	0,05
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7481161	0,02
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7491677	0,05
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7481161	0,02
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7481161	0,02
	1	GADC FP 035.1/1-70.A- 7481161	0,02
<b>Central de Frio</b>	3	OSNA5361-K	52,8
<b>Condensador</b>	1	GCHV AD 090.2NF/13A-56	4,84
<b>Bombas</b>	1	TPE2 50-180 N-A- F-A-BQQE-GAC	1,1
	1	TPE2 50-180 N-A- F-A-BQQE-GAC	1,1
<b>Total</b>			<b>60,98</b>

A potência elétrica total para o sistema a amoníaco e água glicolada é de 60,98 kW.

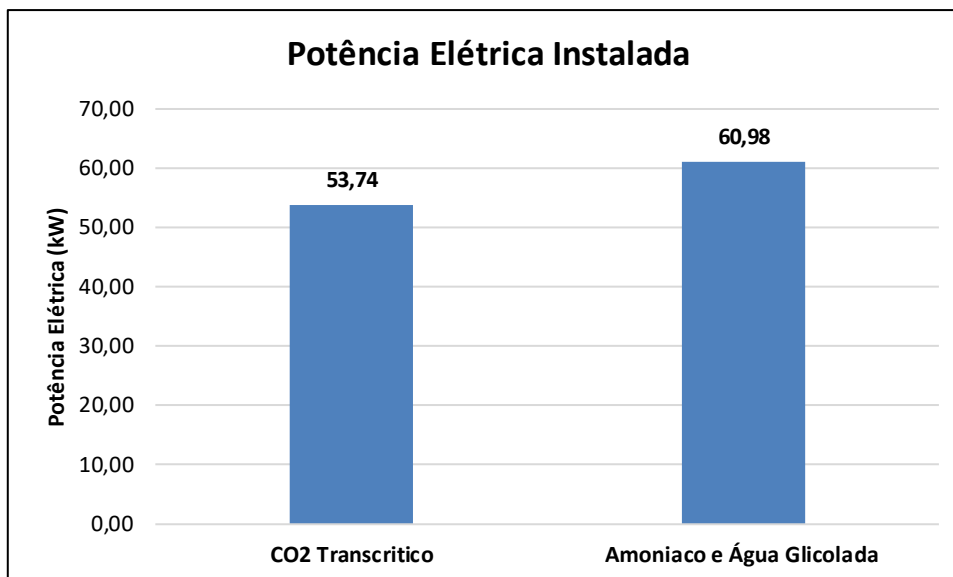


Figura 58- Análise Comparativa da Potência Elétrica Instalada

Verifica-se que o sistema que apresenta a maior potência elétrica instalada é o sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada.

Tendo em conta que os sistemas funcionam ambos 16 horas por dia / 365 dias por ano obtém-se um funcionamento anual de 5840 horas. Assim, é possível recorrendo à equação número 13 obter o valor do consumo elétrico anual.

Tabela 31- Cálculo do Consumo Elétrico Anual para Sistemas Propostos

Sistema	CO <sub>2</sub> Transcrítico	Amoníaco e Água Glicolada
<b>P.Elétrica Total (kW)</b>	53,74	60,98
<b>Funcionamento anual (h)</b>	5840	5840
<b>Consumo Elétrico Anual (kWh)</b>	313829,9	356123,2
<b>Consumo Elétrico Anual (MWh)</b>	313,8	356,1

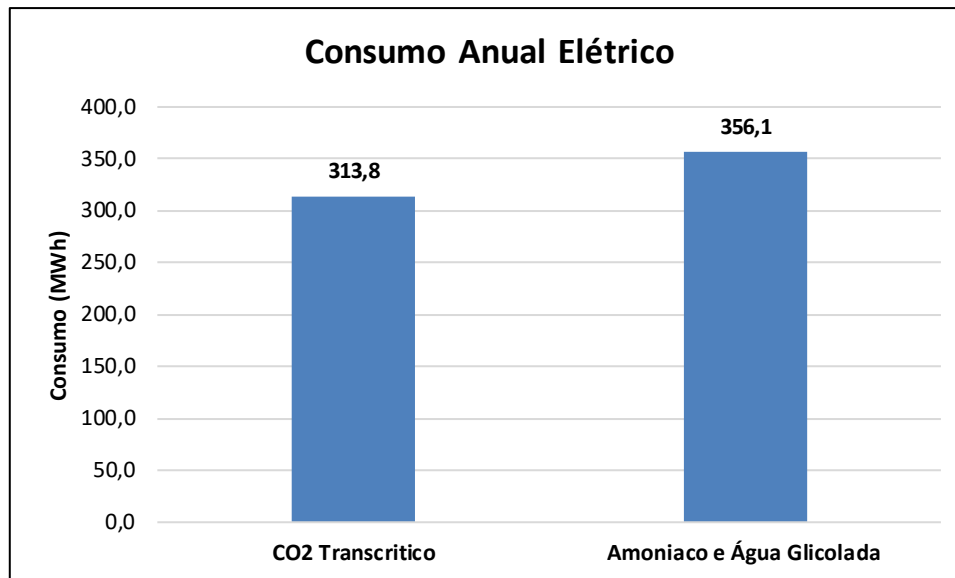


Figura 59- Análise Comparativa do Consumo Anual Elétrico

Verifica-se que o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito apresenta uma potência elétrica instalada inferior ao sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada. Isto permite confirmar, como referido anteriormente que, geralmente menores caudais de fluido frigorígeno resultam em menores potências.

Em termos de consumos elétricos anuais, dado que, o sistema a CO<sub>2</sub> apresenta uma potência elétrica instalada inferior, então o consumo elétrico anual também será inferior apresentado o valor de 313,8 MWh e o sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada apresenta um consumo de 356,1 MWh.

#### 4.4. Índice de TEWI e GWP

Para o cálculo do índice de TEWI teve-se em conta que a vida útil da instalação é de 15 anos, o fator de recuperação é de 0,9 e as emissões de CO<sub>2</sub> apresentam o valor de 0,487 [kg/kWh] (APDL, 2013). A carga de CO<sub>2</sub> do sistema é de 115 kg, sendo que, as fugas de fluido frigorígeno por ano consideradas foram 5% da carga total.

Após escolha dos parâmetros de cálculo, recorrendo às equações número 14, 15 e 16 é possível calcular o índice de TEWI dos sistemas propostos, obtendo-se:

Tabela 32- Cálculo do Índice de TEWI para os Sistemas Propostos

Sistema	CO <sub>2</sub> Transcrítico	Amoníaco e Água Glicolada
<b>GWP do Fluido</b>	1	0
<b>L (kg)</b>	5,75	0
<b>n (anos)</b>	15	15
<b>m (kg)</b>	115	-
<b><math>\alpha</math></b>	0,9	-
<b>E (kWh)</b>	313829,9	356123,2
<b><math>\beta</math> (kg/kWh)</b>	0,487	0,487
<b>GWP fugas (ton CO<sub>2</sub>)</b>	0,08625	0
<b>GWP perdas.recup (ton CO<sub>2</sub>)</b>	0,0115	0
<b>GWP direto (ton CO<sub>2</sub>)</b>	0,09775	0
<b>GWP indireto (ton CO<sub>2</sub>)</b>	2293	2601

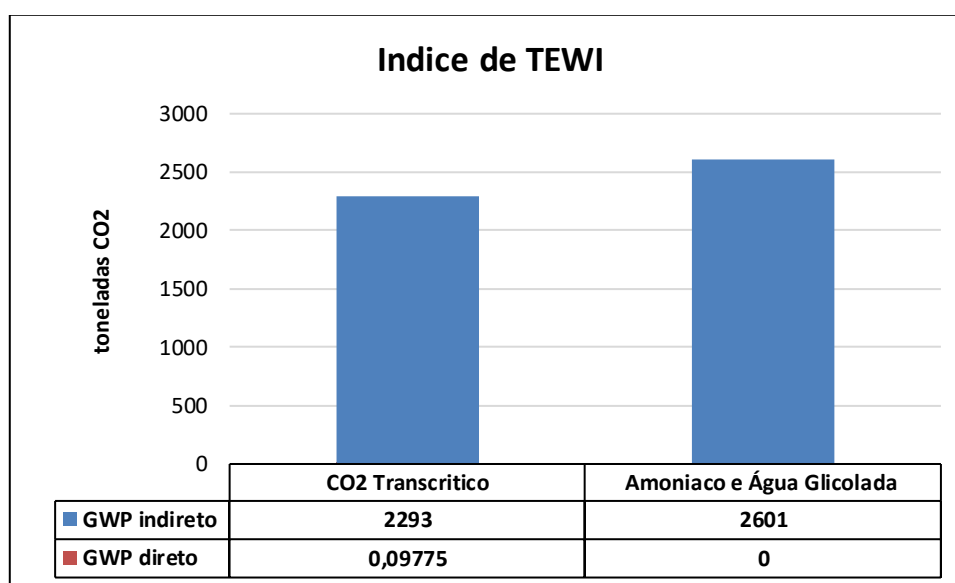


Figura 60- Análise Comparativa do Índice de TEWI

Verifica-se que o maior valor de índice de TEWI ocorre no sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada. Só o valor do GWP indireto é superior à soma do GWP direto com o GWP indireto no sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico. Este valor é elevado, dado que o GWP indireto é calculado tendo em conta o consumo elétrico anual da instalação, e como referido anteriormente, o sistema a amoníaco e água glicolada apresenta um consumo elétrico anual superior.

O GWP direto deste sistema é zero, isto porque o amoníaco e água glicolada apresentam um GWP como fluido frigorigéneo nulo. Por outro lado, o CO<sub>2</sub> apresenta um GWP com valor

de 1, então este sistema irá apresentar valor de GWP direto, que neste caso será bastante reduzido quando comparado com o valor obtido de GWP indireto.

#### 4.5. Investimento Inicial

Após somatório dos preços de todos os componentes de cada sistema obteve-se então o investimento inicial com base na equação 22.

Tabela 33- Cálculo do Investimento Inicial para Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrítico

<b>Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrítico</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Quant.</b>	<b>Ref. Componente</b>	<b>Preço (€)</b>
<b>Evaporadores</b>	1	DD 7E2/7 C02	1317,3
	1	DD 7E1/4 C02	784,3
	1	BWK 6A3/47 C02-ES	1129,1
	1	BWK 6A2/32 C02-ES	777,9
	1	BWK 6A2/41 C02	823,1
	1	BWK 6A2/32 C02-ES	777,9
	1	BWK 6A1/22 CO2	497,4
	1	BWK 6A2/32 C02-ES	777,9
	1	BWK 6A1/22 C02-ES	534,2
	1	CBL 6B2/5 C02- ES	1063,5
	1	CBL 6B1/2 CO2- ES	645,2
	1	CBL 6B1/2 CO2- ES	645,2
<b>Central de Frio</b>	1	2KSL-1K	2799
	1	2LSL-1K	2799
	1	4MTE-7K	8152
	2	4KTE-10K	17590
	1	4JTE-15K	9811
<b>Gás Cooler</b>	1	GCT-ACP/EA 480/376L	18820,7
<b>Tubagem</b>	43,3 m	Ø 1 5/8	7837,3
	191,5 m	Ø 1/2	3408,7
	122 m	Ø 3/4	4782,4
	90,5 m	Ø 5/8	2389,2
	59 m	Ø 1 1/8	5050,4
<b>Total</b>			<b>93213</b>

O investimento total para o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico é de 93213 €.

Tabela 34- Cálculo do Investimento Inicial para Sistema a Amoníaco e Água Glicolada

<b>Sistema a Amoníaco e Água Glicolada</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Quant.</b>	<b>Ref. Componente</b>	<b>Preço (€)</b>
<b>Frigodifusores</b>	1	GACV FP 050.1LF/1A-70.A	3336
	1	GACV FP 040.1LF/1E-70.A	2217
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7493349	1711
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7481161	1870
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7493349	1711
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7493349	1711
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7491677	1711
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7481161	1870
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7491677	1711
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7481161	1870
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7481161	1870
	1	GADC FP 035.1/1- 70.A-7481161	1870
	<b>Central de Frio</b>	3	OSNA5361-K
<b>Condensador</b>	1	GCHV AD 090.2NF/13A-56	11870
<b>Permutador</b>	1	M10-BWFDR	9081,14
<b>Bombas</b>	1	TPE2 50-180 N-A- F-A-BQQE-GAC	3477
	1	TPE2 50-180 N-A- F-A-BQQE-GAC	3477
<b>Tubagem</b>	42,6 m	Ø 3 1/8	3808,44
	17,8 m	Ø 1 5/8	506,59
	63,8 m	Ø 1 3/8	1596,28
	126,8 m	Ø 1 1/8	2516,98
	219,6 m	Ø 7/8	4161,42
	18 m	Ø 3/8	51,48
	2 m	Ø 1	15,44
<b>Total</b>			<b>96495</b>

O investimento total para o sistema a amoníaco e água glicolada é de 96495 €.

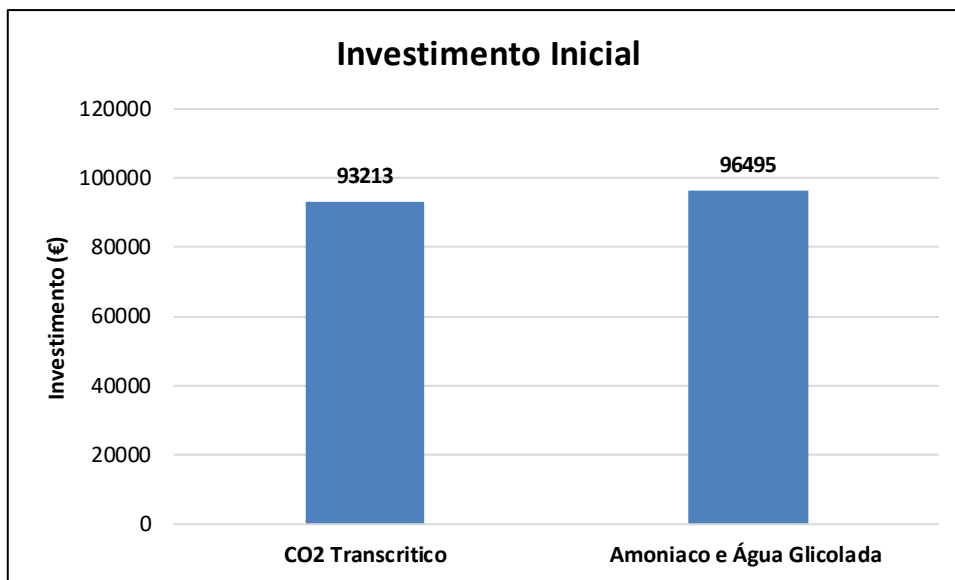


Figura 61- Análise Comparativa do Investimento Inicial

Após análise dos investimentos iniciais verifica-se que em termos de valor para ambos os sistemas eles são próximos. Contudo, o sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada apresenta um investimento inicial ligeiramente superior com o valor de 96495 € enquanto o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito apresenta um valor de 93213 €.

#### 4.6. Payback Simples

Em primeiro lugar foi necessário calcular os custos anuais para cada sistema em estudo. Para isso considerou-se que o preço da eletricidade é de 0,14 €/kWh, os custos de manutenção unitários anual de compressores é de 1000 € e que os custos de manutenção unitários anual das bombas de glicol é de 500 €.

Para poder analisar os dois sistemas, teve-se em conta que o sistema frigorífico instalado inicialmente como referência consiste num sistema a freon, com uma potência elétrica de 100 kW, ou seja, com consumo elétrico anual de 584 MWh (100 kW multiplicado por 5840h) e que este sistema apresenta dois compressores.

De seguida é efetuado o cálculo dos custos elétricos anuais com base na equação 23.1, multiplicando o consumo elétrico anual de cada sistema pelo preço da eletricidade definido.

Tabela 35- Cálculo dos Custos Elétricos Anuais para Sistemas Propostos

<b>Sistema</b>	<b>CO<sub>2</sub> Transcrítico</b>	<b>Amoníaco e Água Glicolada</b>	<b>Referência</b>
<b>Consumo Elétrico Anual (kWh)</b>	313829,9	356123,2	584000
<b>Preço Eletricidade (€/kWh)</b>	0,14	0,14	0,14
<b>Custo Anual (€)</b>	43936,2	49857,2	81760

Conhecendo o número de compressores de cada sistema e os preços de manutenção dos mesmos, calculou-se os custos de manutenção relacionados com os compressores com base na equação 23.2, multiplicando o custo de manutenção unitário do compressor pelo número de compressores do sistema.

Tabela 36- Cálculo dos Custos de Manutenção Anuais de Compressores para Sistemas Propostos

<b>Sistema</b>	<b>CO<sub>2</sub> Transcrítico</b>	<b>Amoníaco e Água Glicolada</b>	<b>Referência</b>
<b>Nº Compressores</b>	6	3	2
<b>Preço (€) / Compressor</b>	1000	1000	1000
<b>Custo Anual (€)</b>	6000	3000	2000

Conhecendo o número de bombas de cada sistema e os preços de manutenção das mesmas, calculou-se os custos de manutenção relacionados com as bombas com base na equação 23.3, multiplicando o custo de manutenção unitário da bomba pelo número de bombas do sistema.

Tabela 37- Cálculo dos Custos de Manutenção Anuais de Bombas para Sistemas Propostos

<b>Sistema</b>	<b>CO<sub>2</sub> Transcrítico</b>	<b>Amoníaco e Água Glicolada</b>	<b>Referência</b>
<b>Nº Bombas</b>	0	2	0
<b>Preço (€) / Bomba</b>	500	500	500
<b>Custo Anual (€)</b>	0	1000	0

Após o cálculo de todos os custos anuais de eletricidade, manutenção de bombas e compressores é possível determinar os custos anuais totais para cada sistema com base na equação 23.4, somando todos os custos.

Tabela 38- Cálculo dos Custos Totais Anuais para os Sistemas Propostos

Sistema	CO <sub>2</sub> Transcrítico	Amoníaco e Água Glicolada	Referência
<b>Custo Anual (€) Eletricidade</b>	43936,2	49857,2	81760
<b>Custo Anual (€) Compressores</b>	6000	3000	2000
<b>Custo Anual (€) Bombas</b>	0	1000	0
<b>Custos Totais Anuais (€)</b>	49936,2	53857,2	83760

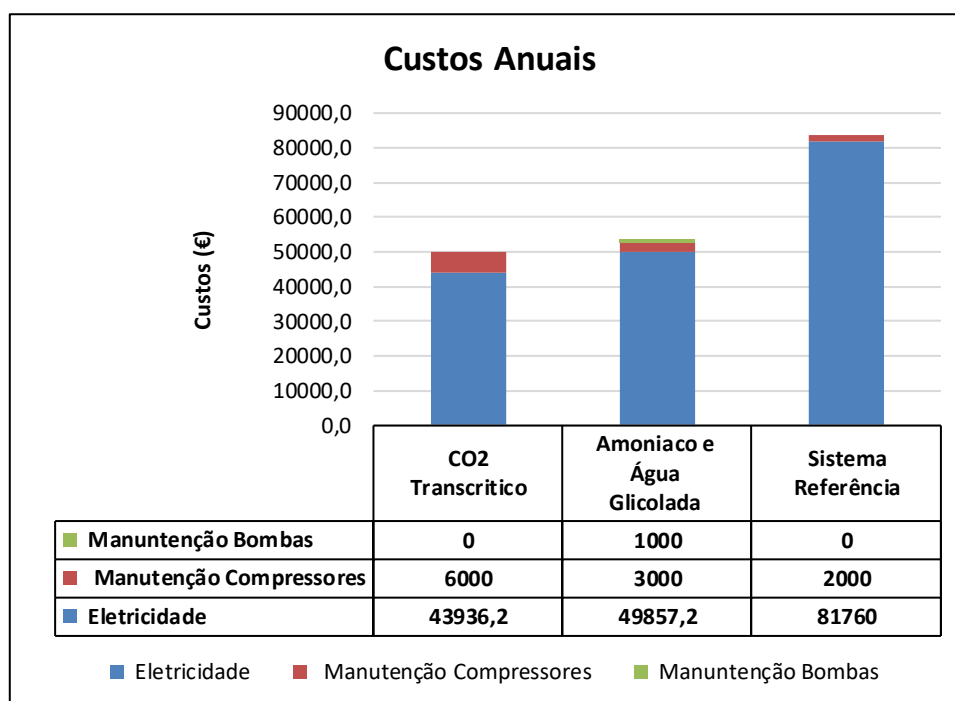


Figura 62- Análise Comparativa dos Custos Monetários Anuais

Verifica-se que dos dois sistemas em estudo o que apresenta maior custo global é o sistema a amoníaco com água glicolada com um custo global de 53857,2 €. Este apresenta maior consumo elétrico. Contudo, o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico apresenta o maior custo de manutenção com o valor de 6000 €, dado que apresenta 6 compressores. Apesar disso, as somas dos custos de manutenção deste sistema com os custos elétricos não superam o valor global do custo do sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada, sendo que o valor do custo global para o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico é de 49936,2 €.

Para a obtenção da poupança anual, teve-se em conta o sistema de referência, ou seja, para o cálculo da poupança anual para o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito e para o sistema a amoníaco com água glicolada, basta subtrair o valor dos custos globais do sistema de referência pelos custos de cada um dos outros sistemas conforme a equação 23.5.

Tabela 39- Cálculo da Poupança Anual para Sistema a CO<sub>2</sub> Transcrito

Sistema	CO <sub>2</sub> Transcrito	Referência	Poupança Δ€
<b>Custos Totais Anuais (€)</b>	49936,2	83760	33823,8

A poupança anual para o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito é de 33823,8 €.

Tabela 40- Cálculo da Poupança Anual para Sistema a Amoníaco e Água Glicolada

Sistema	Amoníaco e Água Glicolada	Referência	Poupança Δ€
<b>Custos Totais Anuais (€)</b>	53857,2	83760	29902,8

A poupança anual para o sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada é de 29902,8 €.

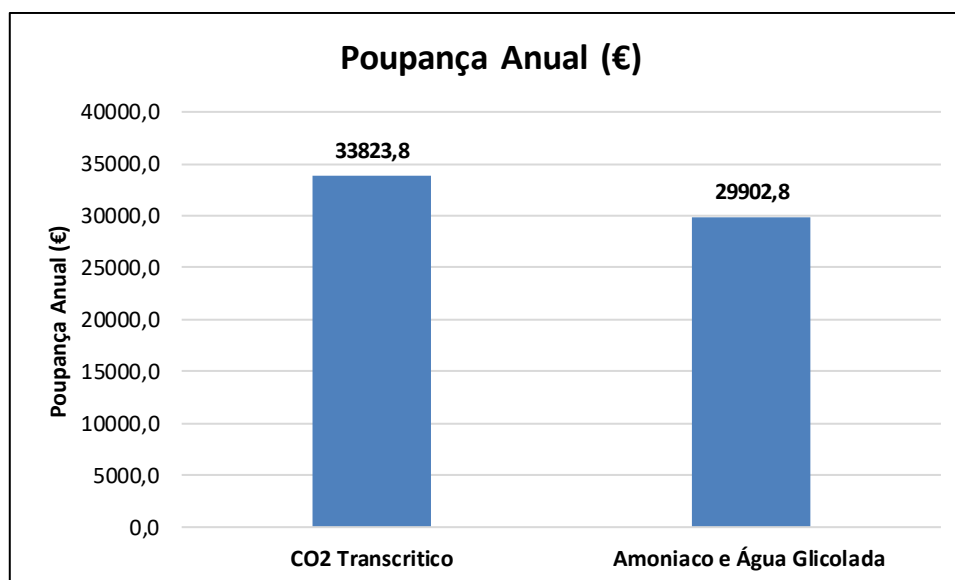


Figura 63- Análise Comparativa da Poupança Anual

Verifica-se então que a maior poupança anual é a do sistema a CO<sub>2</sub> transcrito com o valor de 33823,8 € e que a poupança do sistema a amoníaco com água glicolada é de 29902,8 €.

Para obtenção do payback simples basta dividir o valor do investimento inicial de cada sistema pelo respetivo valor de poupança anual, conforme descrito na equação número 23.

Tabela 41- Cálculo do Payback Simples para Sistemas Propostos

Sistema	CO <sub>2</sub> Transcrítico	Amoníaco e Água Glicolada
Investimento Inicial (€)	93213	96495
Poupança Anual (€)	33823,8	29902,8
Payback Simples (anos)	2,8	3,2

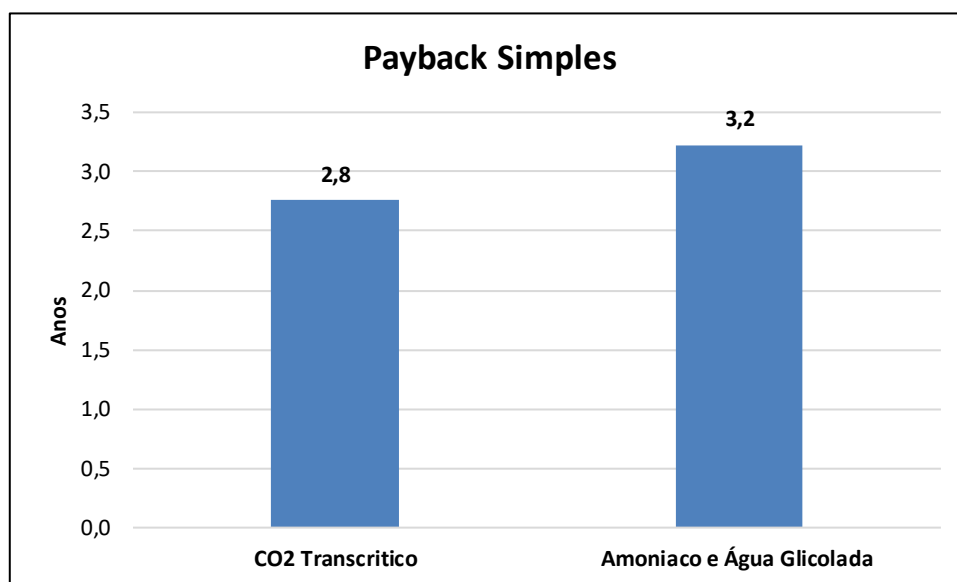


Figura 64- Análise Comparativa do Payback Simples

Pode se concluir que o sistema com o menor payback será o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico, com um payback de 2,8 anos (2 anos e 10 meses) e que o payback do outro sistema é de 3,2 anos (3 anos e 3 meses). Assim o sistema que apresenta mais rapidamente o retorno do investimento inicial é o sistema a CO<sub>2</sub>.

## 4.7. Resumo e Análise dos Resultados

Após o cálculo dos indicadores de performance considerados é apresentado uma tabela resumo dos resultados obtidos, o que permite comparar mais facilmente os dois sistemas em estudo.

Tabela 42- Comparação dos Resultados Obtidos para os Sistemas Propostos

Sistema	CO <sub>2</sub> Transcrítico	Amoníaco	Água Glicolada
<b>COP</b>	1,60	1,49	
<b>Caudal (kg/s)</b>	0,665	0,073	5,8
<b>Potência Elétrica Instalada (kW)</b>	53,74	60,98	
<b>Consumo Anual Elétrico (MWh)</b>	313,8	356,1	
<b>GWP</b>	1	0	
<b>TEWI (ton.CO2)</b>	2293	2601	
<b>Investimento Inicial (€)</b>	93213	96495	
<b>Poupança Anual (Δ€)</b>	33823,8	29902,8	
<b>Payback (anos)</b>	2,8	3,2	

Em relação ao coeficiente de performance verifica-se que o sistema mais eficiente é o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico com um COP de 1,60, por sua vez, o sistema a amoníaco com água glicolada apresenta um valor de 1,49. O facto de o valor do COP ser maior no sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico mostra que, para produzir a mesma potência frigorífica este sistema não consome tanta energia como o sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada.

Em relação ao caudal verifica-se que de um modo global o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico apresenta o menor valor com um caudal de 0,665 kg/s, enquanto o sistema a amoníaco e água glicolada apresenta um caudal de amoníaco de 0,073 kg/s conjunto com um caudal de água glicolada de 5,8 kg/s. O facto de o caudal global no sistema a amoníaco com água glicolada ser maior, pressupõe que os equipamentos utilizados neste sistema apresentam uma potência maior, o que é comprovado nos resultados da potência elétrica instalada.

Verifica-se que a potência elétrica instalada é superior no sistema a amoníaco com distribuição de água glicolada com o valor de 60,98 kW, por outro lado, o sistema a CO<sub>2</sub> transcrítico apresenta o valor de 53,74 kW. Dado que a potência elétrica instalada é maior no sistema a amoníaco e água glicolada então o consumo anual elétrico também será maior, apresentado o valor de 356,1 MWh enquanto o sistema a CO<sub>2</sub> apresenta um consumo de 313,8 MWh. Assim verifica-se que em termos de eficiência energética o sistema a CO<sub>2</sub> é melhor.

Em relação ao GWP dos fluidos frigoríficos, dado que, o valor para o amoníaco e água glicolada é zero e para o CO<sub>2</sub> é 1, então analisando apenas este parâmetro verifica-se que o sistema que menos impacto tem para o aquecimento global é o sistema a amoníaco com água glicolada. Contudo, analisando o índice de TEWI que calcula o valor total equivalente de impacto global, verifica-se que o sistema que mais impacto tem para o ambiente é o sistema a amoníaco com água glicolada, com o valor de 2601 toneladas de CO<sub>2</sub> enquanto o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito apresenta o valor de 2293 toneladas de CO<sub>2</sub>. Isto ocorre porque o cálculo do índice de TEWI tem em conta o consumo elétrico anual da instalação, e como o sistema a amoníaco e água glicolada apresenta o maior valor, então reflete-se num maior valor do índice de TEWI.

Para o investimento inicial verifica-se que o sistema mais caro é o sistema a amoníaco e água glicolada com o valor de 96495 € e o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito apresenta o valor de 93213 €.

Dado que o investimento inicial é maior no sistema a amoníaco e água glicolada, e dado que, a poupança anual é menor neste sistema com o valor de 29902,8 € então, isto reflete-se em payback mais elevado com o valor de 3,2 anos. Por outro lado, como o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito apresenta o menor investimento inicial e a maior poupança anual com o valor de 33823,8 € então reflete-se num menor payback com o valor de 2,8 anos. Assim o sistema que apresenta o retorno do investimento inicial mais rapidamente é o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito.

Após comparação de todos os parâmetros como representado na tabela 42, verifica-se que o melhor sistema em termos ambientais consiste no sistema a CO<sub>2</sub> transcrito dado que é o que apresenta o menor índice de TEWI. Em termos económicos o melhor sistema é o CO<sub>2</sub> transcrito pois apresenta o menor investimento inicial e o menor payback simples. Por fim em termos de eficiência energética o melhor sistema continua a ser o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito, pois é o que apresenta o maior valor de COP e os menores consumos elétricos anuais.

## 5. Conclusão

A preocupação com as alterações climáticas causadas pelo aquecimento global e pelas emissões de gases de efeito de estufa, originaram restrições legislativas que limitam o uso de gases fluorados com efeito de estufa, pressionando o setor industrial e comercial como supermercados e hipermercados a aderir a outras alternativas. A alternativa passa pelo uso de fluidos frigoríficos naturais, como por exemplo amoníaco, dióxido de carbono e água.

O amoníaco é um fluido frigorífico natural que apresenta excelentes propriedades termodinâmicas, sendo muito usado a nível industrial. As suas excelentes características conjugadas com o seu ODP e GWP nulo tornam-no um excelente fluido frigorífico, contudo, este apresenta uma grande limitação devido à sua toxicidade. Devido a esta limitação é comum o seu uso em sistemas de expansão indireta, confinando este fluido na central evitando acidentes em caso de fuga, isto permite também reduzir a carga de amoníaco no sistema. Para estes tipos de sistema é comum também o uso de água glicolada, normalmente propileno glicol, que apresenta também um ODP e GWP nulo e não é tóxico. A conjugação destes dois fluidos frigoríficos permite obter sistemas frigoríficos com um impacto ambiental bastante reduzido quando comparado com outros sistemas.

O dióxido de carbono é um fluido frigorífico natural com elevada eficiência energética muito usado atualmente a nível comercial. Este fluido comparado com os fluidos descritos anteriormente, apresenta algumas desvantagens como as suas elevadas pressões de funcionamento e o seu GWP ser igual a 1, contribuindo um pouco para o aquecimento global. A sua principal vantagem em relação ao amoníaco, é que não é um fluido considerado tóxico. Os sistemas a dióxido de carbono mais comuns em instalações frigoríficas comerciais são os sistemas transcíticos, existindo diversos tipos como o sistema do tipo Booster simples, com compressão paralela ou com uso de multi-injetor que melhoram a eficiência da instalação dependendo dos seus parâmetros de funcionamento.

Para o estudo comparou-se um sistema a CO<sub>2</sub> transcítico, do tipo Booster com compressão paralela, dado que, este é o que melhor se adequa para as condições de funcionamento do projeto, com um sistema de expansão indireta a amoníaco com distribuição de água glicolada mais propriamente propileno glicol.

Para a comparação dos sistemas os indicadores de performance considerados foram o coeficiente de performance, caudal de fluido frigorífero, potência elétrica instalada e consumo anual elétrico, índice de TEWI e GWP, investimento inicial e payback simples. Estes indicadores permitem verificar qual o sistema melhor em termos ambientais, económicos e de eficiência energética.

Após o cálculo dos indicadores de performance considerados verifica-se que o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito é o melhor para todos os indicadores escolhidos. Este sistema em termos ambientais é melhor porque apresenta o menor índice de TEWI, refletindo-se em menores emissões de CO<sub>2</sub> durante a vida útil da instalação, quando comparado com o sistema a amoníaco e água glicolada.

Em termos económicos o melhor sistema é o CO<sub>2</sub> transcrito pois apresenta o menor investimento inicial e o menor payback simples. Deste modo, este sistema apresenta o retorno mais rápido do capital investido quando comparado com o sistema a amoníaco e água glicolada.

Por fim em termos de eficiência energética o melhor sistema continua a ser o sistema a CO<sub>2</sub> transcrito, pois é o que apresenta o maior valor de COP e os menores consumos elétricos anuais quando comparado com o sistema a amoníaco e água glicolada.

Deste modo, tendo em conta os parâmetros a nível ambiental, económico e de eficiência energética, é possível concluir que o melhor sistema para o caso de estudo apresentado consiste no sistema a CO<sub>2</sub> transcrito.

## 6. Referências Bibliográficas

- APDL – Administração dos Portos do Douro e Leixões (2013). Relatório de Sustentabilidade, p. 60.
- ASHRAE (2020). *Update on New Refrigerants Designations and Safety Classifications*. Standard 34.
- Barreras, A. L. M. M., P. R. (2004). Fluidos frigoríficos.
- Ciconkov, R. & Ayub, Z. H. (2009). *New Technologies in Ammonia Refrigerating and Air-Conditioning Systems*. Vol. 30, n. 4.
- Coca, E.L. (2000). Poupanças Energéticas em Instalações Frigoríficas. O Instalador. N. 48, pp.49-58.
- Chair, D. R. et al (2017). *Ammonia as a Refrigerant*. ASHRAE, USA.
- Chasserot, M. et al (2020). *World Guide to Transcritical CO<sub>2</sub> Refrigeration*. Shecco
- Danfoss (2013). *Industrial Refrigeration Ammonia and CO<sub>2</sub> applications*. Application Handbook.
- Danfoss (2020). *Multi Ejector Solution TM for R744 (CO<sub>2</sub>)*. Product type - CTM 6 Low Pressure (LP).
- DGE (2002). Eficiência Energética nos Edifícios. Direção Geral de Energia, p. 54.
- Dinçer, I. & Kanoglu, M. (2010). *Refrigeration Systems and Applications*. 2ª Edição.
- Duarte, M.V. (2013). Estudo da Bomba de Calor – Fluidos de Trabalho e Eficiência Energética. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletromecânica, Universidade da Beira Interior, p. 87.

ECT - Emerson Climate Technologies (2014). *Commercial CO<sub>2</sub> Refrigeration Systems. Guide for Subcritical and Transcritical CO<sub>2</sub> Applications*. Alemanha.

Engineering ToolBox. (2001). *Propylene Glycol based Heat-Transfer Fluids* [online].

EPEE - European Partnership for Energy and the Environment (2018). *Lessons Learned From The EU F- Gas Regulation*. Bruxelas, Bélgica.

Garcia, J. (2019), Slides de apoio da Unidade Curricular: Refrigeração, Mestrado em Engenharia Mecânica - Ramo de Energia, Refrigeração e Climatização, Instituto Superior de Engenharia em Lisboa

Hundy, G.F., Trott, A.R. & Welch T.C. (2008). *Refrigeration and Air Conditioning*. 4ª Edição.

INETI (2000). Estudo sobre as condições de utilização de energia nos grandes espaços comerciais.

Inovenergy (2014). Fluidos Frigoríficos. Associação para o desenvolvimento da aerodinâmica industrial (ADAI).

IPMA (sd). Instituto Português do Mar e da Atmosfera [online]

Kim, K.-H., Shon, Z.-H., Nguyen, H.T. & Jeon, E.-C. (2011). *A review of major chlorofluorocarbons and their halocarbon alternatives in the air*. Atmospheric Environment, Vol. 4.

Koelet, P.C. & Gray, T.B. (1992). *Industrial Refrigeration. Principles, Design and Applications*. 1ª Edição.

Ladeira, H. & Filho, E. (s.d). Estudo do dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, operando como fluido refrigerante em sistemas de refrigeração. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia

- Lin, L.-K., Cai, Y.-S. & Tsai, Y.-C. (2016). *Analysis of hospital interior air quality audits*. Department of Civil Engineering, National Taipei University of Technology, Taiwan.
- Maina, P. & Huan, Z. (2015). *A review of carbon dioxide as a refrigerant in refrigeration technology*. Carbon dioxide as a refrigerant. África do Sul.
- Maratou, A. & Masson, N. (2013). *Examples of NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> Secondary Systems For Cold Store Operators*.
- Marchioro, F. S. (2004). *Análise de Técnicas para a Redução do Consumo de Energia em Sistemas de Refrigeração para Supermercados*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Católica do Paraná, Curitiba.
- Melinder, A (2015). *Handbook on indirect refrigeration and heat pump systems*. Kullavik, Suécia.
- MMA (2007). *Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar-condicionado*. PNUD e pela Agência Alemã de Cooperação Técnica, São Paulo, Brasil.
- Monteiro, V. (2015). *Refrigeração I - Técnicas e Competências Ambientais* (Lidel). Lisboa.
- Montreal, P. d. (2016). *Protocolo Montreal (ODS)*. APA - Agência Portuguesa do Ambiente.
- Oliveira, J. A. B. (2012). *Estudo de Eficiência Energética na Refrigeração de um Supermercado*. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Universidade Aveiro, p.23.
- Rebello, R.M.P.T. (2017). *Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Sever, M. (2019). *Leading edge CO<sub>2</sub> Technologies for refrigeration applications: what installers need to know*. Danfoss

UNFCCC (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. UNFCCC, Bonn, Alemanha.

Vestergaard, N. P. (2004). *CO<sub>2</sub> in subcritical Refrigeration Systems*. Orlando

Wang, S.K (2001). *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. 2ª Edição.

## **7. Anexos**

# **Anexo A- Layout**



CC01  
Câmara  
Congelados  
23.88m<sup>2</sup>  
-18°C

CC02  
Câmara  
Padaria (-)  
9.96m<sup>2</sup>  
-18°C

CR04  
Câmara  
Peixe  
8.35m<sup>2</sup>  
0°C

SC03  
Frut/Leg  
6.00m<sup>2</sup>  
8°C

CR03  
Câmara  
Talho  
12.25m<sup>2</sup>  
0°C

SC02  
Preparação  
de Talho  
9.53m<sup>2</sup>  
8°C

CR02  
Câmara  
Lactínicos  
12.17m<sup>2</sup>  
4°C

SC01  
Sala Lixos  
11.97m<sup>2</sup>  
8°C

CR01  
Descargas  
Noturnas  
14.19m<sup>2</sup>  
0°C

CR05  
Câmara  
Frangos  
6.94m<sup>2</sup>  
0°C

CR08  
Câmara  
Charcutaria  
11.80m<sup>2</sup>  
4°C

CR07  
Padaria (+)  
6.40m<sup>2</sup>  
0°C

ER10

ER11

ER12

ER01

ER02

ER03

ER04

ER05

ER06

ÁREA VENDA  
1000m<sup>2</sup>

Galeria  
165.00 m<sup>2</sup>

LOJA 1  
73.00m<sup>2</sup>

LOJA 2  
40.00m<sup>2</sup>

LOJA 3  
90.00m<sup>2</sup>

SAÍDA DE EMERGÊNCIA  
14.25m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS

FRALDAS

conduto

Apoio de Cozinha  
9.70m<sup>2</sup>

ACESSO ESTACIONAMENTO

ACESSO LOJA

Alpendre  
77.50 m<sup>2</sup>

Plataforma Exterior  
46.40m<sup>2</sup>

ArmaZém  
194.60m<sup>2</sup>

Circulação  
70.00m<sup>2</sup>

Distribuição  
22.00m<sup>2</sup>

Sala Operacionais  
19.00m<sup>2</sup>

Sala de Quadros  
11.70m<sup>2</sup>

Sala de Segurança  
4.90m<sup>2</sup>

Casa de Descargas  
91.80m<sup>2</sup>

BRITA BRANCA

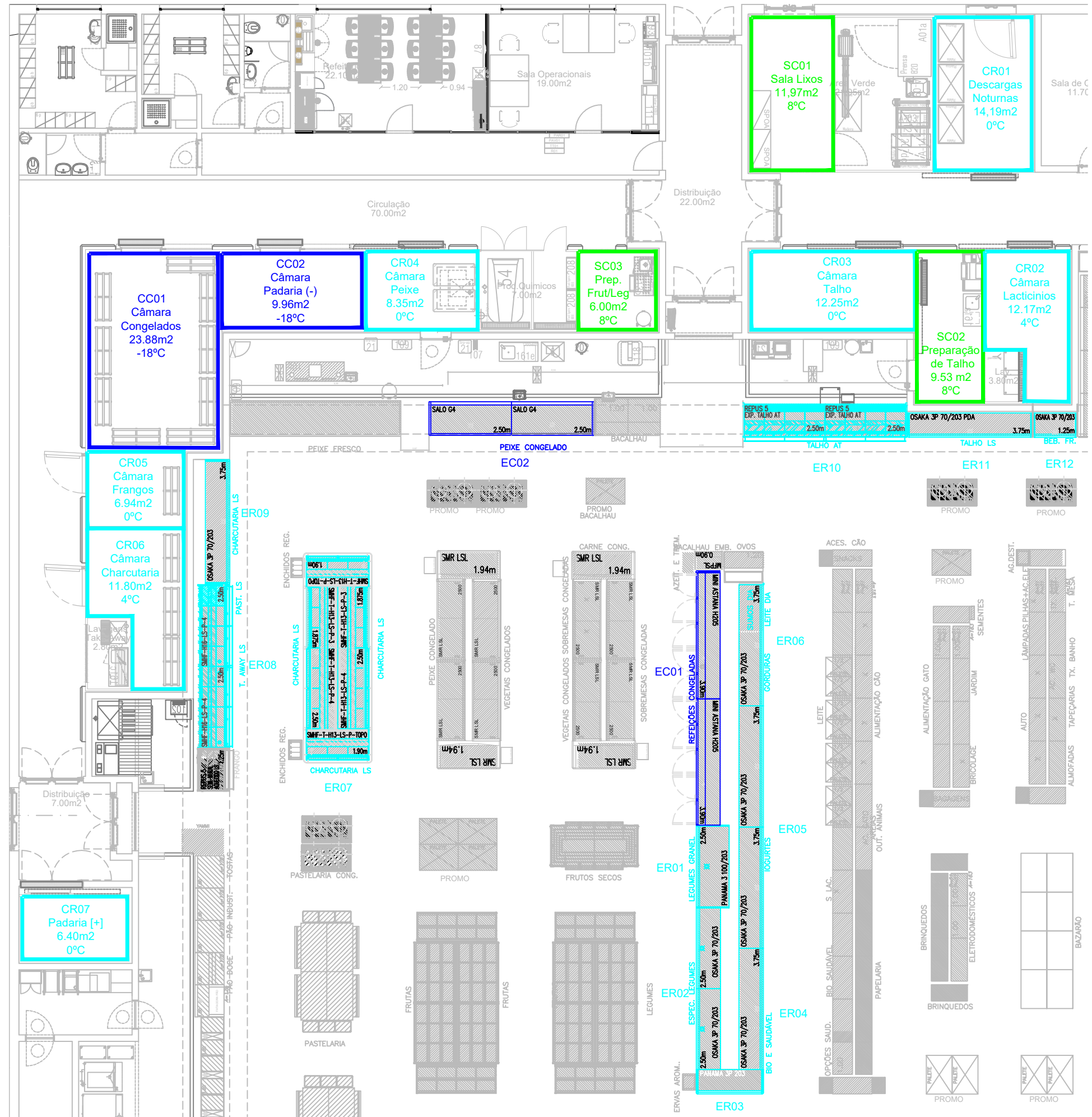
CAFETERIA

PLAYERS INC.

COLABORAÇÃO

INCORPORAÇÃO

RETIRO TOALITAS



## Anexo A1- Cálculo de Cargas Térmicas

O cálculo de cargas térmica foi efetuado de duas maneiras, através de valor teórico utilizando as fórmulas das cargas térmicas através das equações 6, 7, 8, 9 e 10 e tendo em conta as condições de cálculo consideradas, e utilizando o software “Calcam- Quiron” da Centauro para validação. O valor tido em conta foi o maior valor, sendo que, os valores considerados foram os obtidos em software.

### Câmaras de Congelados:

#### CC01- Câmara de Congelados Geral

Cálculo do Valor Teórico:

<b>Cálculo do Coeficiente Global de Transmissão de Calor</b>			
e (m)	k (W/m.K)	R ( $m^2.K/W$ )	U ( $W/m^2.K$ )
0,150	0,023	6,52	0,153

<b>Cargas Térmicas por Condução</b>				
Posição	A ( $m^2$ )	U ( $W/m^2.K$ )	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$\dot{Q}$ condução (kW)
Norte	9,95	0,153	43	0,065
Sul	9,95	0,153	30	0,046
Este	15	0,153	38	0,087
Oeste	15	0,153	43	0,099
Chão	23,88	0,153	35	0,128
Teto	23,88	0,153	43	0,157
Total				0,582

<b>Cálculo de Cargas Térmicas Internas</b>					
NHO	NO	Eocup (kW)	A ( $m^2$ )	Eilum (kW/ $m^2$ )	$\dot{Q}$ internas (kW)
1	1	0,380	23,88	0,012	0,028

<b>Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração</b>				
V ( $m^3$ )	$N_{Renv}$	$\dot{V}$ renovação ( $m^3/s$ )	Ear (Kj/ $m^3$ )	$\dot{Q}$ infiltração (kW)
59,70	11,7	0,0081	100,42	0,813

Cálculo de Cargas Térmicas do Produto						
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$V$ (m <sup>3</sup> )	$M$ (kg)	$\dot{m}$ (kg/s)	$c_p$ (kJ/kg.K)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{Q}_{produto}$ (kW)
450	59,70	26865	0,031	1,88	8	0,466

Somatório das Cargas Térmicas	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
$\dot{Q}_{condução}$	0,582
$\dot{Q}_{internas}$	0,028
$\dot{Q}_{infiltração}$	0,813
$\dot{Q}_{produto}$	0,466
$\Sigma \dot{Q}_{térmicas}$	1,89

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\Sigma \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	1,89	1,1	3,12

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Congelados**

Dados Gerais | Dados Específicos | Dados Seleção

Medições: Interior | Exterior

Comprimento (m): 6 | Seleção: DTm

Largura (m): 3,98 | Tipo de Serviço: Normal

Altura (m): 2,5 | Tipo de Tnel: Não Contínuo | Factor Carga: 1,1

Tipo de Construção: Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C): 35 | Uniforme | Não Uniforme

Temp. Interior (°C): -18

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C): -10

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C): -18

Exposição Solar: [dropdown]

Isolamento: Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup> | Uniforme | Não Uniforme

Espessura (mm): 150 | Uniforme | Não Uniforme

Balanco Provisório: 3,43 kW

Área e Volume: Área 23,88 m<sup>2</sup>, Volume 59,7 m<sup>3</sup>

2949,18 kcal/h

SELECCIONAR APARELHOS

**Câmara de Conservação de Congelados**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Temperatura do Ar

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>)

Capacidade de armazenagem (kg)

Entrada Diária - 10 %(kg)

Produto

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg)

Duração do Ciclo (h)

Quantidade a Congelar (kg)

Nº de Renovações Automáticas

Tempo de Funcionamento do Compressor (h)

Nº de Pessoas  Tempo por Pessoa (h)

Iluminação (10.8 < kW < 16.2)

Balanco Provisório    Área e Volume

kW    Área  m<sup>2</sup>

kcal/h    Volume  m<sup>3</sup>



**SELECCIONAR APARELHOS**

Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	3,12	3,43

## CC02- Câmara de Congelados de Padaria

Cálculo do Valor Teórico:

Cargas Térmicas por Condução				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q <sub>condução</sub> (kW)
Norte	10,83	0,153	43	0,071
Sul	10,83	0,153	43	0,071
Este	5,75	0,153	18	0,016
Oeste	5,75	0,153	0	0
Chão	9,96	0,153	35	0,053
Teto	9,96	0,153	43	0,066
Total				0,277

Cálculo de Cargas Térmicas Internas					
NHO	NO	Eocup (kW)	A (m <sup>2</sup> )	Eilum (kW/m <sup>2</sup> )	Q <sub>internas</sub> (kW)
1	1	0,380	9,96	0,012	0,021

Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração				
$V$ ( $m^3$ )	$N_{Renv}$	$\dot{V}$ renovação ( $m^3/s$ )	$Ear$ ( $Kj/m^3$ )	$\dot{Q}$ infiltração (kW)
24,90	18	0,0052	100,42	0,522

Cálculo de Cargas Térmicas do Produto						
$\rho$ ( $kg/m^3$ )	$V$ ( $m^3$ )	$M$ (kg)	$\dot{m}$ (kg/s)	$cp$ (kJ/kg.K)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$\dot{Q}$ produto (kW)
450	24,90	11205	0,013	1,42	8	0,148

Somatório das Cargas Térmicas	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
$\dot{Q}$ condução	0,277
$\dot{Q}$ internas	0,021
$\dot{Q}$ infiltração	0,522
$\dot{Q}$ produto	0,148
$\Sigma \dot{Q}$ térmicas	0,968

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\Sigma \dot{Q}$ térmicas (kW)	CS	$\dot{Q}$ <sub>in</sub> (kW)
16	0,968	1,1	1,60

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Congelados**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Medições

Interior    Exterior

Comprimento (m) 4,33

Largura (m) 2,30

Altura (m) 2,5

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Tunel Não Contínuo    Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior ( $^{\circ}C$ ) 35    Uniforme    Não Uniforme

Temp. Interior ( $^{\circ}C$ ) -18

Temp. Máx. Entrada do Produto ( $^{\circ}C$ ) -10

Temp. Média Produto Fim de Ciclo ( $^{\circ}C$ ) -18

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup>    Uniforme    Não Uniforme

Espessura (mm) 150    Uniforme    Não Uniforme

Balanço Provisório

1,63 kW

1396,20 kcal/h

Área e Volume

Área 9,96 m<sup>2</sup>

Volume 24,9 m<sup>3</sup>

**SELECIONAR APARELHOS**

**Câmara de Conservação de Congelados**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Temperatura do Ar

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>)

Capacidade de armazenagem (kg)

Entrada Diária - 10 %(kg)

Produto

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg)

Duração do Ciclo (h)

Quantidade a Congelar (kg)

Nº de Renovações Automáticas

Tempo de Funcionamento do Compressor (h)

Nº de Pessoas  Tempo por Pessoa (h)

Iluminação (10.8 < kW < 16.2)

Balanco Provisório    Área e Volume

kW    Área  m<sup>2</sup>

kcal/h    Volume  m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**



Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	1,60	1,63

## Câmaras de Refrigerados:

CR01- Câmara de Descargas Noturnas

Cálculo do Valor Teórico:

Cálculo do Coeficiente Global de Transmissão de Calor			
e (m)	k (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)	U (W/m <sup>2</sup> .K)
0,100	0,023	4,35	0,230

Cargas Térmicas por Condução				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q <sub>condução</sub> (kW)
Norte	7,5	0,230	30	0,052
Sul	7,5	0,230	25	0,043
Este	11,83	0,230	25	0,068
Oeste	11,83	0,230	25	0,068
Chão	14,19	0,230	17	0,055
Teto	14,19	0,230	25	0,082
Total				0,368

<b>Cálculo de Cargas Térmicas Internas</b>					
NHO	NO	$E_{ocup}$ (kW)	$A$ ( $m^2$ )	$E_{lum}$ (kW/ $m^2$ )	$\dot{Q}_{internas}$ (kW)
1	1	0,270	14,19	0,012	0,018

<b>Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração</b>				
$V$ ( $m^3$ )	$N_{Renov}$	$\dot{V}_{renovação}$ ( $m^3/s$ )	$E_{ar}$ (Kj/ $m^3$ )	$\dot{Q}_{infiltração}$ (kW)
35,48	15,6	0,0064	61,1	0,391

<b>Cálculo de Cargas Térmicas do Produto</b>						
$\rho$ (kg/ $m^3$ )	$V$ ( $m^3$ )	$M$ (kg)	$\dot{m}$ (kg/s)	$c_p$ (kJ/kg.K)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$\dot{Q}_{produto}$ (kW)
250	35,48	8870	0,010	3,89	15	0,584

<b>Somatório das Cargas Térmicas</b>	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
$\dot{Q}_{condução}$	0,368
$\dot{Q}_{internas}$	0,018
$\dot{Q}_{infiltração}$	0,391
$\dot{Q}_{produto}$	0,584
$\Sigma \dot{Q}_{térmicas}$	1,36

<b>Cálculo da Potência Frigorífica Total</b>			
TFE	$\Sigma \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	1,36	1,1	2,24

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Medições

Interior    Exterior

Comprimento (m) 4,73    Seleção DTm

Largura (m) 3    Tipo de Serviço Normal

Altura (m) 2,5    Tipo de Tunel Não Contínuo    Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35    Uniforme    Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 0

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 15

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C) 0

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m3    Uniforme    Não Uniforme

Espessura (mm) 100    Uniforme    Não Uniforme

Balanco Provisório    Área e Volume

2,59 kW    Área 14,19 m<sup>2</sup>

2225,06 kcal/h    Volume 35,48 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Temperatura do Ar 25°C/60%HR

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>) 250    Alterar

Capacidade de armazenagem (kg) 8870

Entrada Diária - 10%(kg) 887    Alterar

Produto Diverso    Diversos

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem    Máquinas

Nº de Pessoas 1    Tempo por Pessoa (h) 1

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 12

Balanco Provisório    Área e Volume

2,59 kW    Área 14,19 m<sup>2</sup>

2225,06 kcal/h    Volume 35,48 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**

Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	2,24	2,59

## CR02- Câmara de Lactícínios

Cálculo do Valor Teórico:

<b>Cargas Térmicas por Condução</b>				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q <sub>condução</sub> (kW)
Norte	6,48	0,230	21	0,031
Sul	6,48	0,230	21	0,031
Este	11,75	0,230	21	0,057
Oeste	11,75	0,230	17	0,046
Chão	12,17	0,230	13	0,036
Teto	12,17	0,230	21	0,059
Total				0,260

<b>Cálculo de Cargas Térmicas Internas</b>					
NHO	NO	Eocup (kW)	A (m <sup>2</sup> )	Eilum (kW/m <sup>2</sup> )	Q <sub>internas</sub> (kW)
1	1	0,240	12,17	0,012	0,016

<b>Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração</b>				
V (m <sup>3</sup> )	N <sub>Reinv</sub>	Ṽrenovação (m <sup>3</sup> /s)	Ear (Kj/m <sup>3</sup> )	Q <sub>infiltração</sub> (kW)
30,43	16,9	0,0060	51,7	0,310

<b>Cálculo de Cargas Térmicas do Produto</b>						
ρ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	M (kg)	ṁ (kg/s)	cp (kJ/kg.K)	ΔT (°C)	Q <sub>produto</sub> (kW)
250	30,43	7607,5	0,0088	3,89	11	0,377

<b>Somatório das Cargas Térmicas</b>	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
Q <sub>condução</sub>	0,260
Q <sub>internas</sub>	0,016
Q <sub>infiltração</sub>	0,310
Q <sub>produto</sub>	0,377
Σ Q <sub>térmicas</sub>	0,963

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\sum \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	0,963	1,1	1,59

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais | Dados Específicos | Dados Seleção

Medições

Interior Exterior

Comprimento (m) 4,70

Largura (m) 2,59

Altura (m) 2,5

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Tunel Não Contínuo

Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35 Uniforme Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 4

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 15

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C) 4

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup> Uniforme Não Uniforme

Espessura (mm) 100 Uniforme Não Uniforme

Balanco Provisório

1,80 kW

1543,71 kcal/h

Área 12,17 m<sup>2</sup>

Volume 30,43 m<sup>3</sup>

SELECCIONAR APARELHOS

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais | Dados Específicos | Dados Seleção

Temperatura do Ar 25°C/60%HR

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>) 250 Alterar

Capacidade de armazenagem (kg) 7607,5

Entrada Diária - 10 %(kg) 760,75 Alterar

Produto Lactínicos logurte

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem Máquinas

Nº de Pessoas 1 Tempo por Pessoa (h) 1

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 12

Balanco Provisório

1,80 kW

1543,71 kcal/h

Área 12,17 m<sup>2</sup>

Volume 30,43 m<sup>3</sup>

SELECCIONAR APARELHOS

Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	1,59	1,80

## CR03- Câmara de Talho

Cálculo do Valor Teórico:

<b>Cargas Térmicas por Condução</b>				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q̇ <sub>condução</sub> (kW)
Norte	12,65	0,230	25	0,073
Sul	12,65	0,230	25	0,073
Este	6,05	0,230	8	0,011
Oeste	6,05	0,230	25	0,035
Chão	12,25	0,230	17	0,048
Teto	12,25	0,230	25	0,070
Total				0,310

<b>Cálculo de Cargas Térmicas Internas</b>					
NHO	NO	Eocup (kW)	A (m <sup>2</sup> )	Eilum (kW/m <sup>2</sup> )	Q̇ <sub>internas</sub> (kW)
1	1	0,270	12,25	0,012	0,017

<b>Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração</b>				
V (m <sup>3</sup> )	N <sub>Renov</sub>	Vrenovação (m <sup>3</sup> /s)	Ear (Kj/m <sup>3</sup> )	Q̇ <sub>infiltração</sub> (kW)
30,61	16,8	0,0060	61,1	0,367

<b>Cálculo de Cargas Térmicas do Produto</b>						
ρ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	M (kg)	ṁ (kg/s)	cp (kJ/kg.K)	ΔT (°C)	Q̇ <sub>produto</sub> (kW)
250	30,61	7652,5	0,0089	3,34	15	0,446

<b>Somatório das Cargas Térmicas</b>	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
Q̇ <sub>condução</sub>	0,310
Q̇ <sub>internas</sub>	0,017
Q̇ <sub>infiltração</sub>	0,367
Q̇ <sub>produto</sub>	0,446
Σ Q̇ <sub>térmicas</sub>	1,14

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\sum \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	1,14	1,1	1,88

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais | Dados Específicos | Dados Seleção

Medições

Interior Exterior

Comprimento (m) 5,06

Largura (m) 2,42

Altura (m) 2,5

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Túnel Não Contínuo

Factor Carga 4,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35 Uniforme Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 0

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 15

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C) 0

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup> Uniforme Não Uniforme

Espessura (mm) 100 Uniforme Não Uniforme

Balanco Provisório

2,17 kW

1862,26 kcal/h

Área e Volume

Área 12,25 m<sup>2</sup>

Volume 30,61 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**



**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais | Dados Específicos | Dados Seleção

Temperatura do Ar 25°C/60%HR

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>) 250 Alterar

Capacidade de armazenagem (kg) 7652,5

Entrada Diária - 10 %(kg) 765,25 Alterar

Produto Carne Vaca

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem Máquinas

Nº de Pessoas 1 Tempo por Pessoa (h) 1

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 12

Balanco Provisório

2,17 kW

1862,26 kcal/h

Área e Volume

Área 12,25 m<sup>2</sup>

Volume 30,61 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**



Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	1,88	2,17

## CR04- Câmara de Peixe

Cálculo do Valor Teórico:

<b>Cargas Térmicas por Condução</b>				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q <sub>condução</sub> (kW)
Norte	6,90	0,230	25	0,040
Sul	6,90	0,230	25	0,040
Este	4,84	0,230	25	0,028
Oeste	4,84	0,230	0	0
Chão	8,35	0,230	17	0,033
Teto	8,35	0,230	25	0,048
Total				0,189

<b>Cálculo de Cargas Térmicas Internas</b>					
NHO	NO	Eocup (kW)	A (m <sup>2</sup> )	Eilum (kW/m <sup>2</sup> )	Q <sub>internas</sub> (kW)
1	1	0,270	8,35	0,012	0,015

<b>Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração</b>				
V (m <sup>3</sup> )	N <sub>Renw</sub>	Vrenovação (m <sup>3</sup> /s)	Ear (Kj/m <sup>3</sup> )	Q <sub>infiltração</sub> (kW)
20,87	21	0,0051	61,1	0,312

<b>Cálculo de Cargas Térmicas do Produto</b>						
ρ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	M (kg)	ṁ (kg/s)	cp (kJ/kg.K)	ΔT (°C)	Q <sub>produto</sub> (kW)
250	20,87	5217,5	0,0060	3,34	15	0,301

<b>Somatório das Cargas Térmicas</b>	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
Q <sub>condução</sub>	0,189
Q <sub>internas</sub>	0,015
Q <sub>infiltração</sub>	0,312
Q <sub>produto</sub>	0,301
Σ Q <sub>térmicas</sub>	0,817

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\Sigma \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	0,817	1,1	1,35

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Medições

Interior    Exterior

Comprimento (m) 3,45

Largura (m) 2,42

Altura (m) 2,50

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Tunnel Não Contínuo

Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35 Uniforme Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 0

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 15

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C) 0

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup> Uniforme Não Uniforme

Espessura (mm) 100 Uniforme Não Uniforme

Balanco Provisório

1,63 kW

1403,74 kcal/h

Área e Volume

Área 8,35 m<sup>2</sup>

Volume 20,87 m<sup>3</sup>

SELECCIONAR APARELHOS

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Temperatura do Ar 25°C/60%HR

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>) 250 Alterar

Capacidade de armazenagem (Kg) 5217,5

Entrada Diária - 10 %(kg) 521,75 Alterar

Produto Peixe Peixe Magro

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem Máquinas

Nº de Pessoas 1 Tempo por Pessoa (h) 1

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 12

Balanco Provisório

1,63 kW

1403,74 kcal/h

Área e Volume

Área 8,35 m<sup>2</sup>

Volume 20,87 m<sup>3</sup>

SELECCIONAR APARELHOS

Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	1,35	1,63

## CR05- Câmara de Frangos

Cálculo do Valor Teórico:

Cargas Térmicas por Condução				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q <sub>condução</sub> (kW)
Norte	7,45	0,230	0	0
Sul	7,45	0,230	4	0,007
Este	5,83	0,230	25	0,034
Oeste	5,83	0,230	25	0,034
Chão	6,94	0,230	17	0,027
Teto	6,94	0,230	25	0,040
Total				0,142

Cálculo de Cargas Térmicas Internas					
NHO	NO	Eocup (kW)	A (m <sup>2</sup> )	Eilum (kW/m <sup>2</sup> )	Q <sub>internas</sub> (kW)
1	1	0,270	6,94	0,012	0,015

Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração				
V (m <sup>3</sup> )	N <sub>Renov</sub>	Vrenovação (m <sup>3</sup> /s)	Ear (Kj/m <sup>3</sup> )	Q <sub>infiltração</sub> (kW)
17,36	23	0,0046	61,1	0,281

Cálculo de Cargas Térmicas do Produto						
ρ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	M (kg)	ṁ (kg/s)	cp (kJ/kg.K)	ΔT (°C)	Q <sub>produto</sub> (kW)
250	17,36	4340	0,005	3,34	15	0,251

Somatório das Cargas Térmicas	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
Q <sub>condução</sub>	0,142
Q <sub>internas</sub>	0,015
Q <sub>infiltração</sub>	0,281
Q <sub>produto</sub>	0,251
Σ Q <sub>térmicas</sub>	0,690

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\sum \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	0,690	1,1	1,14

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Medições

Interior    Exterior

Comprimento (m) 2,98

Largura (m) 2,33

Altura (m) 2,5

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Tunnel Não Contínuo    Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35    Uniforme    Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 0

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 15

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C) 0

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup>    Uniforme    Não Uniforme

Espessura (mm) 100    Uniforme    Não Uniforme

Balanco Provisório

1,37 kW

1179,16 kcal/h

Área e Volume

Área 6,94 m<sup>2</sup>

Volume 17,36 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Temperatura do Ar 25°C/60%HR

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>) 250    Alterar

Capacidade de armazenagem (kg) 4340

Entrada Diária - 10 %(kg) 434    Alterar

Produto Carne    Frango

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem    Máquinas

Nº de Pessoas 1    Tempo por Pessoa (h) 1

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 12

Balanco Provisório

1,37 kW

1179,16 kcal/h

Área e Volume

Área 6,94 m<sup>2</sup>

Volume 17,36 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**

Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	1,14	1,37

## CR06- Câmara de Charcutaria

Cálculo do Valor Teórico:

Cargas Térmicas por Condução				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q <sub>condução</sub> (kW)
Norte	7,45	0,230	0	0
Sul	7,45	0,230	21	0,036
Este	9,90	0,230	21	0,048
Oeste	9,90	0,230	21	0,048
Chão	11,80	0,230	13	0,035
Teto	11,80	0,230	21	0,057
Total				0,224

Cálculo de Cargas Térmicas Internas					
NHO	NO	Eocup (kW)	A (m <sup>2</sup> )	Eilum (kW/m <sup>2</sup> )	Q <sub>internas</sub> (kW)
1	1	0,240	11,80	0,012	0,016

Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração				
V (m <sup>3</sup> )	N <sub>Renov</sub>	Vrenovação (m <sup>3</sup> /s)	Ear (Kj/m <sup>3</sup> )	Q <sub>infiltração</sub> (kW)
29,50	17	0,0058	51,7	0,300

Cálculo de Cargas Térmicas do Produto						
ρ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	M (kg)	ṁ (kg/s)	cp (kJ/kg.K)	ΔT (°C)	Q <sub>produto</sub> (kW)
250	29,50	7375	0,0085	3,34	11	0,312

Somatório das Cargas Térmicas	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
Q <sub>condução</sub>	0,224
Q <sub>internas</sub>	0,016
Q <sub>infiltração</sub>	0,300
Q <sub>produto</sub>	0,312
Σ Q <sub>térmicas</sub>	0,852

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\sum \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	0,852	1,1	1,41

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Medições

Interior    Exterior

Comprimento (m) 3,96

Largura (m) 2,98

Altura (m) 2,5

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Tunnel Não Contínuo    Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35    Uniforme    Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 4

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 15

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C) 4

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup>    Uniforme    Não Uniforme

Espessura (mm) 100    Uniforme    Não Uniforme

Balanco Provisório

1,59 kW

1369,02 kcal/h

Área e Volume

Área 11,80 m<sup>2</sup>

Volume 29,5 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**



**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Temperatura do Ar 25°C/60%HR

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>) 250    Alterar

Capacidade de armazenagem (kg) 7375

Entrada Diária - 10%(kg) 737,5    Alterar

Produto Carne    Presunto

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem    Máquinas

Nº de Pessoas 1    Tempo por Pessoa (h) 1

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 12

Balanco Provisório

1,59 kW

1369,02 kcal/h

Área e Volume

Área 11,80 m<sup>2</sup>

Volume 29,5 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**



Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	1,41	1,59

## CR07- Câmara de Padaria

Cálculo do Valor Teórico:

Cargas Térmicas por Condução				
Posição	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .K)	ΔT (°C)	Q <sub>condução</sub> (kW)
Norte	8	0,230	25	0,046
Sul	8	0,230	25	0,046
Este	5	0,230	25	0,029
Oeste	5	0,230	25	0,029
Chão	6,40	0,230	17	0,025
Teto	6,40	0,230	25	0,037
Total				0,212

Cálculo de Cargas Térmicas Internas					
NHO	NO	Eocup (kW)	A (m <sup>2</sup> )	Eilum (kW/m <sup>2</sup> )	Q <sub>internas</sub> (kW)
1	1	0,270	6,40	0,012	0,014

Cálculo de Cargas Térmicas por Infiltração				
V (m <sup>3</sup> )	N <sub>Renov</sub>	Vrenovação (m <sup>3</sup> /s)	Ear (Kj/m <sup>3</sup> )	Q <sub>infiltração</sub> (kW)
16	24	0,0044	61,1	0,269

Cálculo de Cargas Térmicas do Produto						
ρ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	M (kg)	ṁ (kg/s)	cp (kJ/kg.K)	ΔT (°C)	Q <sub>produto</sub> (kW)
250	16	4000	0,0046	3,09	15	0,213

Somatório das Cargas Térmicas	
Cargas Térmicas	Potências (kW)
Q <sub>condução</sub>	0,212
Q <sub>internas</sub>	0,014
Q <sub>infiltração</sub>	0,269
Q <sub>produto</sub>	0,213
Σ Q <sub>térmicas</sub>	0,708

Cálculo da Potência Frigorífica Total			
TFE	$\sum \dot{Q}_{térmicas}$ (kW)	CS	$\dot{Q}_{in}$ (kW)
16	0,708	1,1	1,17

Cálculo Obtido em Software:

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Medições

Interior    Exterior

Comprimento (m) 3,20

Largura (m) 2

Altura (m) 2,5

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Tunnel Não Contínuo

Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35 Uniforme Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 0

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 15

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C) 0

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m<sup>3</sup> Uniforme Não Uniforme

Espessura (mm) 100 Uniforme Não Uniforme

Balanco Provisório

1,38 kW

1181,64 kcal/h

Área e Volume

Área 6,4 m<sup>2</sup>

Volume 16 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**

**Câmara de Conservação de Frescos**

Dados Gerais    Dados Específicos    Dados Seleção

Temperatura do Ar 25°C/60%HR

Densidade de Carga (kg/m<sup>3</sup>) 250 Alterar

Capacidade de armazenagem (kg) 4000

Entrada Diária - 10 %(kg) 400 Alterar

Produto Diverso Pão

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem Máquinas

Nº de Pessoas 1 Tempo por Pessoa (h) 1

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 12

Balanco Provisório

1,38 kW

1181,64 kcal/h

Área e Volume

Área 6,4 m<sup>2</sup>

Volume 16 m<sup>3</sup>

**SELECCIONAR APARELHOS**

Comparação dos Valores da Potência Frigorífica		
Cálculo	Valor Teórico	Valor Software
Potência Frigorífica (kW)	1,17	1,38

## Salas Climatizadas:

### SC01- Sala de Lixos

**Medições**  
 Interior Exterior  
 Comprimento (m) 4,73  
 Largura (m) 2,53  
 Altura (m) 3

**Tipo de Sala Climatizada**  
 Corredor Sala de Portas Abertas  
 Antecâmara Sala com Portas  
 Cais de Embarque Outros

**Temperatura Ar Exterior**  
 +13°/70% +20°/60%  
 +30°/60% +35°/60%

**Correcção Humidade Relativa (%)**  
 Sim Não

**Seleção DT1**  
 Qs Seco Qs Húmido

**DT1**  
 10

**Temperatura Interior** 8 °C  
**Área** 11,97 m<sup>2</sup>  
**Volume** 35,90 m<sup>3</sup>  
**Pessoas** 2

**Renovações**  
 Renovações 2

**Esspessura Isolamento**  
 Esspessura Isolamento 60 mm

**Esspessura de Isolamento Constante?**  
 Sim Não

**Temperatura Exterior Constante?**  
 Sim Não

**Temperatura Exterior (°C)**

Norte	30	Sul	25
Oeste	25	Este	25
Tecto	25	Chão	17

**Isolamento**  
 Tipo  
 Poliuretano - 40 Kg/m<sup>3</sup>  
 Poliestireno - 24 Kg/m<sup>3</sup>  
 Cortiça - 112 Kg/m<sup>3</sup>  
 Sem Isolamento

**Máquinas**  
 kW cv  
 Potência 0 kW  
 Factor de Simultaneidade 50 %

**Tempo de Funcionamento do Compressor (h)** 16  
**Funcionamento Diário dos Motores Eléctricos (h)** 24

**Número Evaporadores**  
 Número de Evaporadores 1

**Área e Volume**  
 Área 11,97 m<sup>2</sup>  
 Volume 35,90 m<sup>3</sup>

**Margem de Segurança**  
 Margem 15 %  
**Balço Térmico Total** 2948 W

**Ratios**

Perdas e Cargas Térmicas	W.h	%
Carga Térmica de Isolamento	10558	25,74
Carga Térmica de Pessoal de Estiva	10627	25,91
Carga Térmica de Máquinas/Extra	0	0
Carga Térmica de Renovações	14655	35,73
Carga Térmica de Iluminação	3446	8,40
Carga Térmica Ventiladores	1728	4,21
Carga Térmica Correcção Humidade	0	0
<b>Total</b>	<b>41014</b>	<b>100</b>

**Potência Evaporador**  
 Potência Nominal 3010 W  
 Potência Pretendida 2946,79 W

**DT**  
 DT1 10,0

**Ratios**

R1	246,3	W/m <sup>2</sup>
R2	82,1	W/m <sup>3</sup>
R3	36,2	m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>

**CBK 4B1/3**



## SC02- Preparação de Talho

**Medições**

Interior Exterior

Comprimento (m) 4,65

Largura (m) 2,05

Altura (m) 3

Temperatura Interior 8 °C

Pessoas 1

Área 9,53 m<sup>2</sup>

Volume 28,60 m<sup>3</sup>

Renovações

Renovações 2

Temperatura Exterior Constante?

Sim Não

Temperatura Exterior (°C)

Norte	25	Sul	25
Oeste	12	Este	4
Tecto	25	Chão	17

**Tipo de Sala Climatizada**

Corredor Sala de Portas Abertas

Antecâmara Sala com Portas

Cais de Embarque Outros

Temperatura Ar Exterior

+13°/70% +20°/60%

+30°/60% +35°/60%

Correcção Humidade Relativa (%)

Sim Não

Seleção DT1

Qs Seco Qs Húmido

DT1 10

Espessura Isolamento

Espessura Isolamento 60 mm

Espessura de Isolamento Constante?

Sim Não

**Isolamento**

Tipo

Poliuretano - 40 Kg/m<sup>3</sup>

Poliestireno - 24 Kg/m<sup>3</sup>

Cortiça - 112 Kg/m<sup>3</sup>

Sem Isolamento

**Máquinas**

kW cv

Potência 0 kW

Factor de Simultaneidade 50 %

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Funcionamento Diário dos Motores Eléctricos (h) 24

**Número Evaporadores**

Número de Evaporadores 1

**Área e Volume**

Área 9,53 m<sup>2</sup>

Volume 28,60 m<sup>3</sup>

**Margem de Segurança**

Margem 15 %

Balanco Térmico Total 2040 W

**Ratios**

Perdas e Cargas Térmicas	W.h	%
Carga Térmica de Isolamento	7130	25,12
Carga Térmica de Pessoal de Estiva	5313	18,71
Carga Térmica de Máquinas/Extra	0	0
Carga Térmica de Renovações	11473	40,41
Carga Térmica de Iluminação	2745	9,67
Carga Térmica Ventiladores	1728	6,09
Carga Térmica Correcção Humidade	0	0
<b>Total</b>	<b>28389</b>	<b>100</b>

**Potência Evaporador** ERK 304/420

Potência Nominal 2040 W

Potência Pretendida 1997,16 W

DT

DT1 10,2

**Ratios**

R1	214	W/m <sup>2</sup>
R2	71,3	W/m <sup>3</sup>
R3	49	m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup>



# SC03- Preparação Frutas e Legumes

**Medições**

Interior Exterior

Comprimento (m) 2,48

Largura (m) 2,42

Altura (m) 3

Temperatura Interior 8 °C

Pessoas 1

Temperatura Exterior Constante?

Temperatura Exterior (°C)

Norte	25	Sul	25
Oeste	25	Este	25
Tecto	25	Chão	17

**Tipo de Sala Climatizada**

Corredor Sala de Portas Abertas

**Antecâmara** Sala com Portas

Cais de Embarque Outros

Temperatura Ar Exterior

+13°/70% +20°/60%

+30°/60% +35°/60%

Correcção Humidade Relativa (%)

Seleção DT1

Qs Seco

DT1 10

Espessura Isolamento

Espessura Isolamento 60 mm

Espessura de Isolamento Constante?

Renovações

Renovações 2

Isolamento

Tipo

Poliuretano - 40 Kg/m<sup>3</sup>

Poliestireno - 24 Kg/m<sup>3</sup>

Cortiça - 112 Kg/m<sup>3</sup>

Sem Isolamento

Máquinas

kW cv

Potência 0,5 kW

Factor de Simultaneidade 50 %

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Funcionamento Diário dos Motores Eléctricos (h) 24

**Número Evaporadores**

Número de Evaporadores 1

**Área e Volume**

Área 6,00 m<sup>2</sup>

Volume 18,00 m<sup>3</sup>

**Margem de Segurança**

Margem 15 %

Balço Térmico Total 2022 W

**Ratios**

Perdas e Cargas Térmicas	W.h	%
Carga Térmica de Isolamento	5986	21,28
Carga Térmica de Pessoal de Estiva	5313	18,89
Carga Térmica de Máquinas/Extra	6000	21,33
Carga Térmica de Renovações	7378	26,23
Carga Térmica de Iluminação	1728	6,14
Carga Térmica Ventiladores	1728	6,14
Carga Térmica Correcção Humidade	0	0
<b>Total</b>	<b>28133</b>	<b>100</b>

**Potência Evaporador**

Potência Nominal 2040 W

Potência Pretendida 1997,16 W

DT

DT1 10,1

**Ratios**

R1 336,9 W/m<sup>2</sup>

R2 112,3 W/m<sup>3</sup>

R3 77,8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>

ERK 304/420



## Expositores:

O cálculo da potência frigorífica para os expositores é calculado multiplicando o valor da potência frigorífica linear por metro pela modulação do respetivo expositor, obtendo-se os seguintes resultados:

<b>Tipo Expositor</b>	<b>Ref</b>	<b>Designação</b>	<b>Modulação (m)</b>	<b>P.Frigorífica (kW) /m</b>	<b>P.Frigorífica (kW)</b>
Congelados	EC01	Mural de Congelados	2×3,90	0,887	6,92
	EC02	Ilha de Peixe Congelado	2×2,50	0,260	1,30
Refrigerados	ER01	Mural de Legumes	1×2,50	1,651	4,13
	ER02	Mural Especialidades Legumes	2×2,50	0,850	4,25
	ER03	Mural de Topo Especialidades	1×1,975	1,500	2,96
	ER04	Mural BIO	1×3,75	0,640	2,40
	ER05	Mural de Iogurtes	2×3,75	0,850	6,38
	ER06	Mural de Gorduras	1×3,75	0,640	2,40
	ER07	Semi-mural de Charcutaria	2×1,875+2×1,90+2×2,50	0,900	11,30
	ER08	Semi-mural de Take Away	2×2,50	0,950	4,75
	ER09	Mural de Charcutaria	1×3,75	0,850	3,19
	ER10	Vitrine de Talho	2×2,50	0,540	2,70
	ER11	Mural de Talho	1×3,75	0,884	3,32
	ER12	Mural de Bebidas	1×1,25	0,850	1,06

# **Anexo B- Sistema CO<sub>2</sub> Transcrítico**

# Anexo B1- Equipamentos

## Evaporadores:

Os evaporadores foram obtidos recorrendo ao software “CProSelect Quiron” da Centauro.

CC01- Câmara de Congelados Geral

Tipo de equipamento

Cobre (DX)  INOX (Pump-NH3)

CO2 (R0 - Middle point)

Potência 3,43 kW +/- 20 %

Tipo de selecção

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse -18 °C Esp. alheta Todos mm  
i0 -24 °C DT1 6 °C

Equipamentos em cobre

Selecção de gamas disponíveis

DD


**QUIRON**  
by **centauro**

apcer ISO 9001 I-Net

Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	DD 7E2/7 CO2
DD 7E2/7 CO2	Potência nominal [kW]* 8,28
DD 7C2/5 CO2	Potência corrigida [kW] 3,55
DD 7E2/7 CO2-EV	Delta T [°C] 5,79
	Superfície [m²] 22,34
	N.º de ventiladores 2
	Ø dos ventiladores [mm] 350
	Caudal de ar [m³/h] 3880
	Espaçamento [mm] 7,0



Tipo de equipamento

Cobre (DX)  INOX (Pump-NH3)

CO2 (R0 - Middle point)

Potência 3,43 kW +/- 20 %

Tipo de selecção

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse -18 °C Esp. alheta Todos mm  
i0 -24 °C DT1 6 °C

Equipamentos em cobre

Selecção de gamas disponíveis

DD

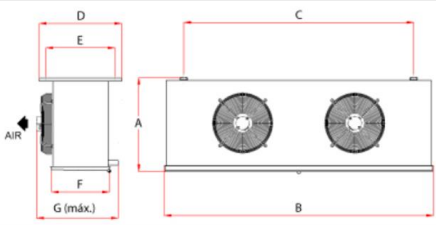
**QUIRON**  
by **centauro**

apcer ISO 9001 I-Net

Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	DD 7E2/7 CO2
DD 7E2/7 CO2	Dim. A [mm] 449
DD 7C2/5 CO2	Dim. B [mm] 1380
DD 7E2/7 CO2-EV	Dim. C [mm] 1030
	Dim. D [mm] 615
	Dim. E [mm] 540
	Dim. F [mm] 490
	Dim. G [mm] 700



## CC02- Câmara de Congelados de Padaria


Tipo de equipamento  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência 1,63 kW +/- 20 %

Tipo de seleção  
 DTm/TC  
 DT1/Tse  
 DT1/Tse climas

Tse -18 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -24 °C DT1 6 °C

Equipamentos em cobre  
 Seleção de gamas disponíveis  
 DD



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Seleção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	DD 7E1/4 CO2
DD 7E1/4 CO2	Potência nominal [kW]* 4,13
DD 7C1/3 CO2	Potência corrigida [kW] 1,77
DD 7E1/4 CO2-EV	Delta T [°C] 5,52
DD 7C1/3 CO2-ES	Superfície [m²] 11,17
	N.º de ventiladores 1
	Ø dos ventiladores [mm] 350
	Caudal de ar [m³/h] 1940
	Espaçamento [mm] 7,0




Tipo de equipamento  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência 1,63 kW +/- 20 %

Tipo de seleção  
 DTm/TC  
 DT1/Tse  
 DT1/Tse climas

Tse -18 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -24 °C DT1 6 °C

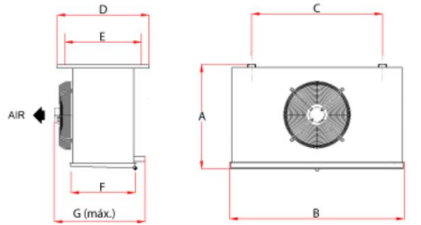
Equipamentos em cobre  
 Seleção de gamas disponíveis  
 DD



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Seleção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	DD 7E1/4 CO2
DD 7E1/4 CO2	Dim. A [mm] 449
DD 7C1/3 CO2	Dim. B [mm] 880
DD 7E1/4 CO2-EV	Dim. C [mm] 530
DD 7C1/3 CO2-ES	Dim. D [mm] 615
	Dim. E [mm] 540
	Dim. F [mm] 490
	Dim. G [mm] 700



## CR01- Câmara de Descargas Noturnas


Tipo de equipamento  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

Tipo de selecção  
 DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse  °C Esp. alheta  mm  
 t0  °C DT1  °C


Equipamentos em cobre  
 Selecção de gamas disponíveis  
 BwK



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A3/47 CO2-ES	
BWK 6A3/61 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	5,60
<b>BWK 6A3/47 CO2-ES</b>	Potência corrigida [kW]	2,64
BWK 6A2/41 CO2-ES	Delta T [°C]	5,90
BWK 6A3/47 CO2	Superfície [m²]	14,04
BWK 6A2/41 CO2	N.º de ventiladores	3
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	2750
	Espaçamento [mm]	6.3




Tipo de equipamento  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

Tipo de selecção  
 DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse  °C Esp. alheta  mm  
 t0  °C DT1  °C

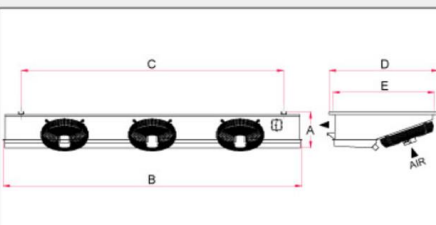
Equipamentos em cobre  
 Selecção de gamas disponíveis  
 BwK



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A3/47 CO2-ES	
BWK 6A3/61 CO2-ES	Dim. A [mm]	240
<b>BWK 6A3/47 CO2-ES</b>	Dim. B [mm]	2290
BWK 6A2/41 CO2-ES	Dim. C [mm]	1975
BWK 6A3/47 CO2	Dim. D [mm]	900
BWK 6A2/41 CO2	Dim. E [mm]	730



## CR02- Câmara de Lacticínios

**Tipo de equipamento**

Cobre (DX) CO2

INOX (Pump-NH3) (R0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

**Tipo de seleção**

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse  °C Esp. alheta  mm

t0  °C DT1  °C

**Equipamentos em cobre**

Seleção de gamas disponíveis

BWK

**QUIRON**  
by **centauro**

**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Seleção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/32 CO2-ES	
BWK 6A2/32 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	3,52
BWK 6A2/32 CO2	Potência corrigida [kW]	1,90
	Delta T [°C]	5,68
	Superfície [m²]	9,36
	N.º de ventiladores	2
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	1840
	Espaçamento [mm]	6.3

**Tipo de equipamento**

Cobre (DX) CO2

INOX (Pump-NH3) (R0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

**Tipo de seleção**

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse  °C Esp. alheta  mm

t0  °C DT1  °C

**Equipamentos em cobre**

Seleção de gamas disponíveis

BWK

**QUIRON**  
by **centauro**

**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Seleção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/32 CO2-ES	
BWK 6A2/32 CO2-ES	Dim. A [mm]	240
BWK 6A2/32 CO2	Dim. B [mm]	1640
	Dim. C [mm]	1325
	Dim. D [mm]	800
	Dim. E [mm]	730

## CR03- Câmara de Talho

**Equipamentos em cobre**


Tipo de equipamento  
 **Cobre (DX)**  **INOX (Pump-NH3)** (t0 - Middle point)

Potência 2,17 kW +/- 20 %

Tipo de seleção  
 **DTm/TC**  **DT1/Tse**  **DT1/Tse climas**

Tse 0 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -6 °C DT1 6 °C


Selecção de gamas disponíveis  
 BWK



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/41 CO2	
BWK 6A2/41 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	5,21
BWK 6A2/41 CO2	Potência corrigida [kW]	2,45
BWK 6A2/32 CO2	Delta T [°C]	5,31
	Superfície [m²]	14,04
	N.º de ventiladores	2
	Ø dos ventiladores (mm)	300
	Caudal de ar [m³/h]	1960
	Espaçamento (mm)	6.3



**Equipamentos em cobre**


Tipo de equipamento  
 **Cobre (DX)**  **INOX (Pump-NH3)** (t0 - Middle point)

Potência 2,17 kW +/- 20 %

Tipo de seleção  
 **DTm/TC**  **DT1/Tse**  **DT1/Tse climas**

Tse 0 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -6 °C DT1 6 °C

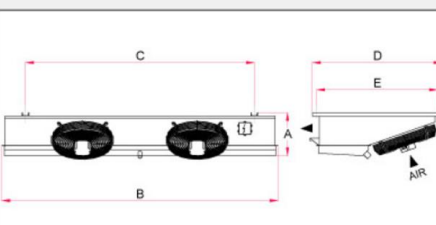
Selecção de gamas disponíveis  
 BWK



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | **Dimensões** | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/41 CO2	
BWK 6A2/41 CO2-ES	Dim. A (mm)	240
BWK 6A2/41 CO2	Dim. B (mm)	1640
BWK 6A2/32 CO2	Dim. C (mm)	1325
	Dim. D (mm)	800
	Dim. E (mm)	730



# CR04- Câmara de Peixe


**Tipo de equipamento**  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência 1,63 kW +/- 20 %

**Tipo de selecção**  
 DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse 0 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -6 °C DT1 6 °C

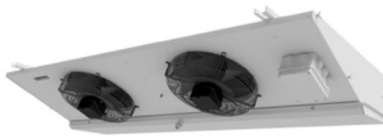
**Equipamentos em cobre**  
 Selecção de gamas disponíveis  
 BWK



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/32 CO2-ES	
BWK 6A2/32 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	3,52
BWK 6A2/32 CO2	Potência corrigida [kW]	1,66
	Delta T [°C]	5,90
	Superfície [m²]	9,36
	N.º de ventiladores	2
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	1840
	Espaçamento [mm]	6,3




**Tipo de equipamento**  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência 1,63 kW +/- 20 %

**Tipo de selecção**  
 DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse 0 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -6 °C DT1 6 °C

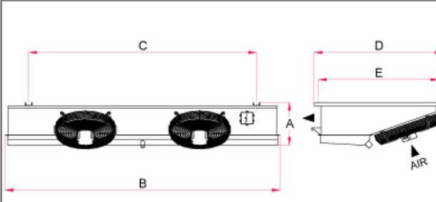
**Equipamentos em cobre**  
 Selecção de gamas disponíveis  
 BWK



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | **Dimensões** | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/32 CO2-ES	
BWK 6A2/32 CO2-ES	Dim. A [mm]	240
BWK 6A2/32 CO2	Dim. B [mm]	1640
	Dim. C [mm]	1325
	Dim. D [mm]	800
	Dim. E [mm]	730



## CR05- Câmara de Frangos

Tipo de equipamento

Cobre (DX) CO2

INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

Tipo de seleção

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas


Tse  °C Esp. alheta  mm

t0  °C DT1  °C

Equipamentos em cobre

Seleção de gamas disponíveis


BWK



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Seleção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A1/22 CO2	
BWK 6A1/22 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	2,61
BWK 6A1/19 CO2-ES	Potência corrigida [kW]	1,59
BWK 6A1/22 CO2	Delta T [°C]	6,02
BWK 6A1/19 CO2	Superfície [m²]	8,19
	N.º de ventiladores	1
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	940
	Espaçamento [mm]	6,3



Tipo de equipamento

Cobre (DX) CO2

INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

Tipo de seleção

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas


Tse  °C Esp. alheta  mm

t0  °C DT1  °C

Equipamentos em cobre

Seleção de gamas disponíveis

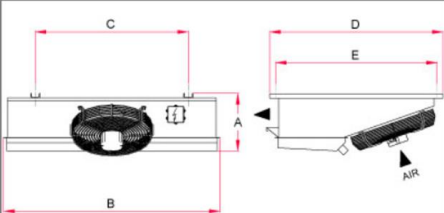
BWK



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Seleção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A1/22 CO2	
BWK 6A1/22 CO2-ES	Dim. A [mm]	240
BWK 6A1/19 CO2-ES	Dim. B [mm]	990
BWK 6A1/22 CO2	Dim. C [mm]	675
BWK 6A1/19 CO2	Dim. D [mm]	800
	Dim. E [mm]	730



## CR06- Câmara de Charcutaria

**Tipo de equipamento**

**Cobre (DX)** CO2

**INOX (Pump-NH3)** (t0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

**Tipo de selecção**

**DTm/TC**  **DT1/Tse**  **DT1/Tse climas**


Tse  °C Esp. alheta  mm

t0  °C DT1  °C

**Equipamentos em cobre**

Selecção de gamas disponíveis


BWK



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/32 CO2-ES	
BWK 6A2/32 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	3,52
BWK 6A1/22 CO2	Potência corrigida [kW]	1,90
	Delta T [°C]	5,05
	Superfície [m²]	9,36
	N.º de ventiladores	2
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	1840
	Espaçamento [mm]	6,3



**Tipo de equipamento**

**Cobre (DX)** CO2

**INOX (Pump-NH3)** (t0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

**Tipo de selecção**

**DTm/TC**  **DT1/Tse**  **DT1/Tse climas**


Tse  °C Esp. alheta  mm

t0  °C DT1  °C

**Equipamentos em cobre**

Selecção de gamas disponíveis

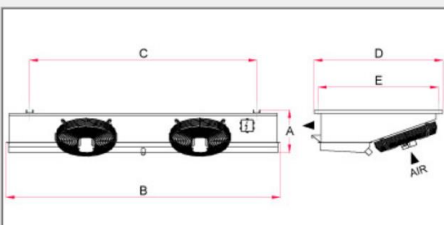
BWK



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A2/32 CO2-ES	
BWK 6A2/32 CO2-ES	Dim. A [mm]	240
BWK 6A1/22 CO2	Dim. B [mm]	1640
	Dim. C [mm]	1325
	Dim. D [mm]	800
	Dim. E [mm]	730



# CR07- Câmara de Padaria


Tipo de equipamento  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência 1,38 kW +/- 20 %

Tipo de selecção  
 DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse 0 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -7 °C DT1 7 °C

Equipamentos em cobre  
 Selecção de gamas disponíveis  
 BWK



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A1/22 CO2-ES	
BWK 6A1/22 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	2,27
BWK 6A1/19 CO2-ES	Potência corrigida [kW]	1,38
BWK 6A1/22 CO2	Delta T [°C]	6,98
BWK 6A1/19 CO2	Superfície [m²]	8,19
	N.º de ventiladores	1
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	760
	Espaçamento [mm]	6,3
	Preço base [€]*	1,00




Tipo de equipamento  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência 1,38 kW +/- 20 %

Tipo de selecção  
 DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse 0 °C Esp. alheta Todos mm  
 t0 -7 °C DT1 7 °C

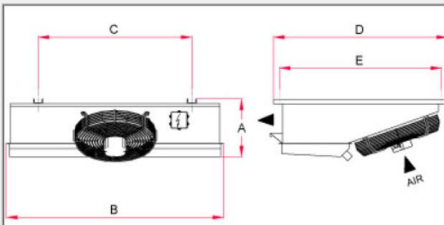
Equipamentos em cobre  
 Selecção de gamas disponíveis  
 BWK



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	BWK 6A1/22 CO2-ES	
BWK 6A1/22 CO2-ES	Dim. A [mm]	240
BWK 6A1/19 CO2-ES	Dim. B [mm]	990
BWK 6A1/22 CO2	Dim. C [mm]	675
BWK 6A1/19 CO2	Dim. D [mm]	800
	Dim. E [mm]	730



# SC01- Sala de Lixos

**Equipamentos em cobre**

Tipo de equipamento:  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência: 2,95 kW +/- 20 %

Tipo de selecção:  
 DTm/TC  
 DT1/Tse  
 DT1/Tse climas

Tse: 8 °C Esp. alheta: Todos mm  
 t0: 2 °C DT1: 6 °C

Selecção de gamas disponíveis:  
 CBL



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	CBL 6B2/5 CO2-ES																
CBL 6B2/5 CO2-ES	<table border="1"> <tr><td>Potência nominal [kW]*</td><td>6,00</td></tr> <tr><td>Potência corrigida [kW]</td><td>3,29</td></tr> <tr><td>Delta T [°C]</td><td>5,38</td></tr> <tr><td>Superfície [m²]</td><td>21,60</td></tr> <tr><td>N.º de ventiladores</td><td>2</td></tr> <tr><td>Ø dos ventiladores [mm]</td><td>300</td></tr> <tr><td>Caudal de ar [m³/h]</td><td>2020</td></tr> <tr><td>Espaçamento [mm]</td><td>4,2 - 6,3</td></tr> </table>	Potência nominal [kW]*	6,00	Potência corrigida [kW]	3,29	Delta T [°C]	5,38	Superfície [m²]	21,60	N.º de ventiladores	2	Ø dos ventiladores [mm]	300	Caudal de ar [m³/h]	2020	Espaçamento [mm]	4,2 - 6,3
Potência nominal [kW]*	6,00																
Potência corrigida [kW]	3,29																
Delta T [°C]	5,38																
Superfície [m²]	21,60																
N.º de ventiladores	2																
Ø dos ventiladores [mm]	300																
Caudal de ar [m³/h]	2020																
Espaçamento [mm]	4,2 - 6,3																



**Equipamentos em cobre**


Tipo de equipamento:  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência: 2,95 kW +/- 20 %

Tipo de selecção:  
 DTm/TC  
 DT1/Tse  
 DT1/Tse climas

Tse: 8 °C Esp. alheta: Todos mm  
 t0: 2 °C DT1: 6 °C

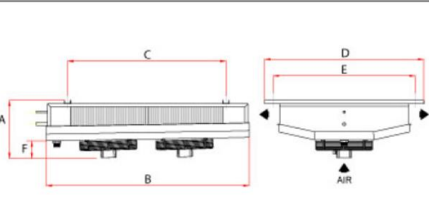
Selecção de gamas disponíveis:  
 CBL



**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	CBL 6B2/5 CO2-ES												
CBL 6B2/5 CO2-ES	<table border="1"> <tr><td>Dim. A [mm]</td><td>354</td></tr> <tr><td>Dim. B [mm]</td><td>1313</td></tr> <tr><td>Dim. C [mm]</td><td>1025</td></tr> <tr><td>Dim. D [mm]</td><td>962</td></tr> <tr><td>Dim. E [mm]</td><td>920</td></tr> <tr><td>Dim. F [mm]</td><td>239</td></tr> </table>	Dim. A [mm]	354	Dim. B [mm]	1313	Dim. C [mm]	1025	Dim. D [mm]	962	Dim. E [mm]	920	Dim. F [mm]	239
Dim. A [mm]	354												
Dim. B [mm]	1313												
Dim. C [mm]	1025												
Dim. D [mm]	962												
Dim. E [mm]	920												
Dim. F [mm]	239												



## SC02- Preparação de Talho

Tipo de equipamento

Cobre (DX) CO2

INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

Tipo de selecção

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas

Tse  °C Esp. alheta Todos mm

t0  °C DT1  °C

Equipamentos em cobre

Selecção de gamas disponíveis

CBL



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	CBL 6B1/2 CO2-ES	
CBL 6B1/2 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	2,61
	Potência corrigida [kW]	2,12
	Delta T [°C]	7,70
	Superfície [m²]	10,80
	N.º de ventiladores	1
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	1010
	Espaçamento [mm]	4,2 - 6,3



Tipo de equipamento

Cobre (DX) CO2

INOX (Pump-NH3) (t0 - Middle point)

Potência  kW +/-  %

Tipo de selecção

DTm/TC  DT1/Tse  DT1/Tse climas


Tse  °C Esp. alheta Todos mm

t0  °C DT1  °C

Equipamentos em cobre

Selecção de gamas disponíveis

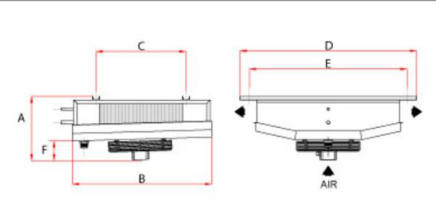
CBL



Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	CBL 6B1/2 CO2-ES	
CBL 6B1/2 CO2-ES	Dim. A [mm]	354
	Dim. B [mm]	813
	Dim. C [mm]	525
	Dim. D [mm]	962
	Dim. E [mm]	920
	Dim. F [mm]	239



## SC03- Preparação Frutas e Legumes

**Equipamentos em cobre**

Tipo de equipamento:  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (10 - Middle point)

Potência: 2,02 kW +/- 20 %

Tipo de seleção:  
 DTm/TC  
 DT1/Tse  
 DT1/Tse climas

Tse: 8 °C Esp. alheta: Todos mm  
 t0: 0 °C DT1: 8 °C

Selecção de gamas disponíveis:  
 CBL

**QUIRON**  
by **centauro**

apcer ISO 9001  
ISO 14001  
ISO 45001

**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	CBL 6B1/2 CO2-ES	
CBL 6B1/2 CO2-ES	Potência nominal [kW]*	2,61
	Potência corrigida [kW]	2,12
	Delta T [°C]	7,63
	Superfície [m²]	10,80
	N.º de ventiladores	1
	Ø dos ventiladores [mm]	300
	Caudal de ar [m³/h]	1010
	Espaçamento [mm]	4,2 - 6,3



**Equipamentos em cobre**

Tipo de equipamento:  
 Cobre (DX) CO2  
 INOX (Pump-NH3) (10 - Middle point)

Potência: 2,02 kW +/- 20 %

Tipo de seleção:  
 DTm/TC  
 DT1/Tse  
 DT1/Tse climas

Tse: 8 °C Esp. alheta: Todos mm  
 t0: 0 °C DT1: 8 °C

Selecção de gamas disponíveis:  
 CBL

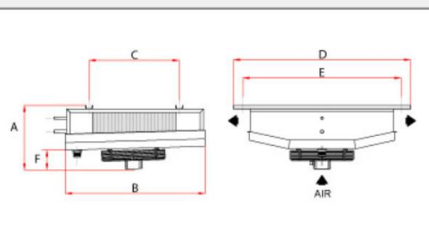
**QUIRON**  
by **centauro**

apcer ISO 9001  
ISO 14001  
ISO 45001

**Resultado de pesquisa de equipamentos para os parâmetros escolhidos**

Selecção modelo | Dados técnicos | Dimensões | Comparativo | Listagem

Modelo	CBL 6B1/2 CO2-ES	
CBL 6B1/2 CO2-ES	Dim. A [mm]	354
	Dim. B [mm]	813
	Dim. C [mm]	525
	Dim. D [mm]	962
	Dim. E [mm]	920
	Dim. F [mm]	239




Preço (valores retirados do catálogo da Centauro):

Modelo Type	Preço sem resistências Price without heaters	45BAR
DD 7C1/2 CO2	653,9	
DD 7C1/3 CO2	809,9	
DD 7E1/4 CO2	784,3	
DD 7C2/5 CO2	1133,7	
DD 7E2/7 CO2	1317,3	
BWK 6A2/41 CO2	823,1	
BWK 6A1/19 CO2	456,8	
BWK 6A1/22 CO2	497,4	
BWK 6A1/22 CO2-ES	534,2	
BWK 6A2/32 CO2-ES	777,9	
BWK 6A2/41 CO2-ES	896,6	
BWK 6A3/47 CO2-ES	1129,1	
CBL 6B1/2 CO2-ES	645,2	
CBL 6B2/5 CO2-ES	1063,5	

## Gás Cooler:

Todos os dados do gás cooler foram retirados do catálogo da Centauro.



# GCT-ACP GCT-ACPD

Gas coolers horizontais  
Horizontal gas coolers

EC  
EC

2,1 mm

Ø800 mm

210,60 kW ▶ 912,20 kW

Modelo Type	Condição 1 SC20 (1) Condition 1 SC20 (1)			Condição 2 (2) Condition 2 (2)			Condição 3 (3) Condition 3 (3)			Superfície Surface m <sup>2</sup>	Volume interno Internal volume dm <sup>3</sup>	Ventiladores Fans							
	kW			kW			kW					Nº. Nr.	Diâmetro Diameter mm	Caudal de ar Air flow m <sup>3</sup> /h	Rotação Revolutions rpm	Potência total Total power W	Corrente total Total current A	Alimentação MPS V / F / Hz	Ruído (4) Noise level (4) dB(A)
<b>GCT-ACPIEA</b>																			
GCT-ACP/EA 380/287H	287,00	203,19	175,50	397,00	43,00	3	800	63000	940	4995	7,95	400/3/50	51						
GCT-ACP/EA 380/287L	210,60	149,11	128,90	397,00	43,00	3	800	40000	600	1335	2,13	400/3/50	40						
GCT-ACP/EA 380/320H	320,80	228,28	197,20	496,00	54,00	3	800	60600	940	4740	7,59	400/3/50	51						
GCT-ACP/EA 380/320L	224,40	161,07	138,90	496,00	54,00	3	800	37000	585	1265	2,01	400/3/50	40						
GCT-ACP/EA 380/347H	347,60	246,48	213,50	595,00	64,00	3	800	58800	940	4560	7,32	400/3/50	51						
GCT-ACP/EA 380/347L	224,50	159,51	138,40	595,00	64,00	3	800	33000	555	1125	1,80	400/3/50	40						
GCT-ACP/EA 480/376H	376,20	262,34	227,40	529,00	57,00	4	800	84000	940	6660	10,60	400/3/50	52						
GCT-ACP/EA 480/376L	263,20	185,38	159,60	529,00	57,00	4	800	50000	570	1512	2,44	400/3/50	40						

(1) Temp. ambiente: +30°C; Temp. entrada CO2: +110°C; Temp. saída CO2: +35°C; Pressão CO2: 90bar  
Ambient temperature: +30°C; CO2 inlet temp.: +110°C; CO2 outlet temp.: +35°C; CO2 pressure: 90bar

(2) Temp. ambiente: +35°C; Temp. entrada CO2: +117°C; Temp. saída CO2: +37°C; Pressão CO2: 93bar  
Ambient temperature: +35°C; CO2 inlet temp.: +117°C; CO2 outlet temp.: +37°C; CO2 pressure: 93bar


(3) Temp. ambiente: +40°C; Temp. entrada CO2: +124,7°C; Temp. saída CO2: +41°C; Pressão CO2: 102bar  
Ambient temperature: +40°C; CO2 inlet temp.: +124,7°C; CO2 outlet temp.: +41°C; CO2 pressure: 102bar

## Preço:

Modelo Type	Preço Price
	EUR
GCT-ACP/EA 480/376L	18820,7
GCT-ACP/EA 380/287L	14232,3
GCT-ACP/EA 380/320H	16328,1

# Central de Frio:

A central foi obtida através do Software da Bitzer.

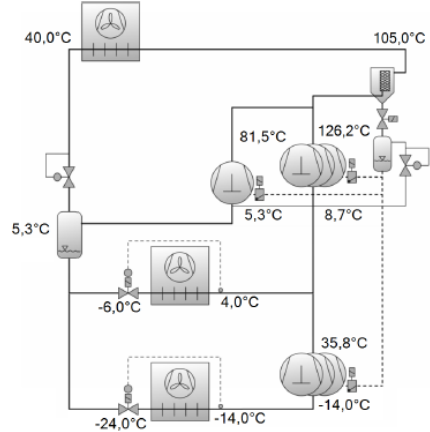



BITZER Software v6.17.2 rev2594    24.05.2021 / Todos os dados são suscetíveis de mudança    2 / 7

Seleção: CO2 sistema

COP/EER Evaporador: 1,72

Valores de entrada	BT-estágio	MT-estágio	Estágio Paralelo
Sistema		Flashgas	
Série	Padrão	Padrão	Padrão
Modo de operação	subcrítico	Transcrítico	Transcrítico
Número de compressores	2	3	1
Temp. Evaporação SST	-24,00 °C	-6,00 °C	
Superaquecimento evaporador	10,00 K	10,00 K	
Superaquecimento linha sucção	0 K	0 K	0 K
Alta pressão		Auto	
saída resfriador gasoso		40,0 °C	
Pressão intermediária		40,0 bar(a) / 5,30 °C	
Frequência de alimentação	50Hz		
Tensão de alimentação	400V		





BITZER Software v6.17.2 rev2594    24.05.2021 / Todos os dados são suscetíveis de mudança

### Resultado

Compressor	BT-estágio	2LSL-1K	2KSL-1K
Frequência do compressor	--	69,0 Hz	--
Capacidade Evaporador	14,31 kW	7,69 kW	6,61 kW
Relação	--	53,8 %	46,2 %
Potência absorvida	2,33 kW	1,28 kW	1,05 kW
Corrente	5,10 A	2,32 A	2,78 A
Faixa de Tensão	--	380-420V	380-420V
Vazão em massa	219 kg/h	117,6 kg/h	101,1 kg/h
Superaquecimento total	10,00 K	10,00 K	10,00 K
Temp. gás de Descarga não resfriado	35,8 °C	36,6 °C	34,8 °C

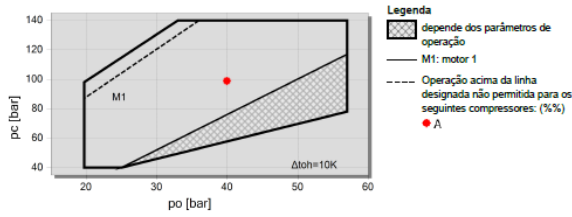
  

Compressor	MT-estágio	4MTE-7K	4KTE-10K	4KTE-10K
Frequência do compressor	--	51,0 Hz	--	--
Capacidade Evaporador	74,0 kW	18,94 kW	27,5 kW	27,5 kW
Relação	--	25,6 %	37,2 %	37,2 %
capacidade do resfriador gasoso	139,2 kW	21,8 kW	31,6 kW	31,6 kW
Potência absorvida	32,7 kW	8,45 kW	12,12 kW	12,12 kW
Corrente	54,0 A	13,82 A	20,1 A	20,1 A
Faixa de Tensão	--	380-420V	380-420V	380-420V
Vazão em massa	1350 kg/h	346 kg/h	502 kg/h	502 kg/h
Superaquecimento total	14,60 K	14,60 K	14,60 K	14,60 K
Temp. gás de Descarga não resfriado	126,2 °C	126,8 °C	126,0 °C	126,0 °C
alta pressão opcional	98,6 bar(a)	--	--	--

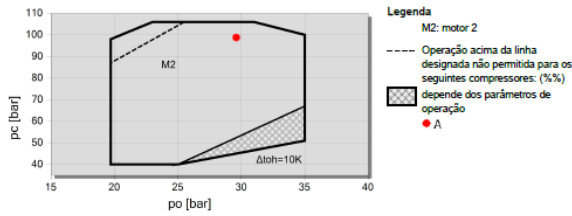
  

Compressor	Estágio Paralelo	4JTE-15K
Frequência do compressor	--	64,0 Hz
Relação	--	100,0 %
Potência absorvida	16,17 kW	16,17 kW
Corrente	26,3 A	26,3 A
Faixa de Tensão	--	380-420V
Vazão em massa	1219 kg/h	1219 kg/h
Superaquecimento total	--	--
Temp. gás de Descarga não resfriado	81,5 °C	81,5 °C

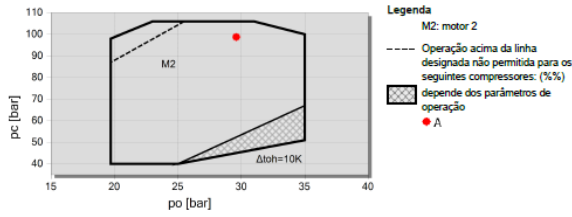
**Limites de aplicação 4JTE-15K**



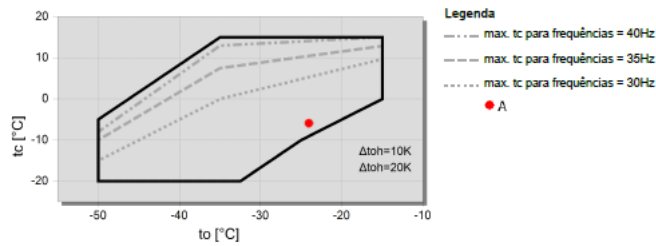
**Limites de aplicação 4KTE-10K**



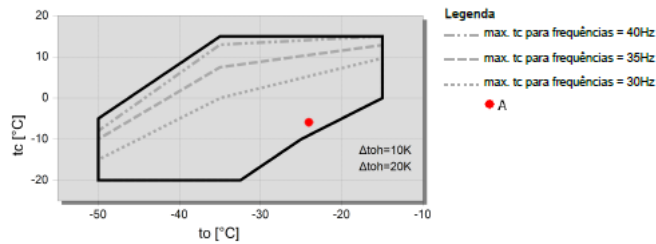
**Limites de aplicação 4MTE-7K**



**Limites de aplicação 2KSL-1K**

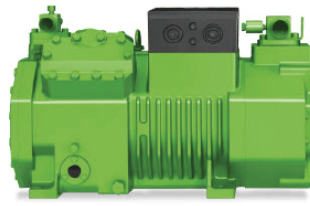


**Limites de aplicação 2LSL-1K**



Preço (valores retirados do catálogo da Pecomark):

### Compresores semi-herméticos Ecoline para CO<sub>2</sub> en aplicación subcrítica



Compresores para aplicación CO<sub>2</sub> en sistemas subcríticos, que han de ser dispuestos en un sistema en cascada con otra máquina frigorífica para condensar.

(\*) Rendimientos indicados con T<sup>o</sup> de condensación de -5 °C, recalentamiento de gases aspirados 20 K.

(†) Suministro tensión: trifásicos a 220..240 Δ / 380..420 λ 50 Hz. y 265..290 Δ / 440..480 λ 60 Hz excepto los marcados con (2) que son trifásicos Part Winding a 380..420 λλ 50 Hz y 440..480 λλ 60 Hz.

Los precios INCLUYEN: Compresor con sus válvulas de servicio y válvula de seguridad en aspiración, carga de aceite POE BSE 60 K especial para CO<sub>2</sub>, amortiguadores de caucho, caja de conexiones, termistores internos y módulo de protección electrónica SE-B1, excepto en los modelos 6TME y 6PME que incluyen el módulo de protección electrónica SE-B2.

Presión máxima lado alta: 53 bar. Presión máxima lado baja: 30 bar.

Modelos adaptados para condensaciones hasta +15 °C (consultar campo de aplicación).

### CO<sub>2</sub>

#### De 0,5 a 40 CV, trifásicos<sup>(1)</sup>

CV	Gama T <sup>o</sup> evaporación	Rendimiento (Wattos) (*)				m <sup>3</sup> /h	N.º cil.	Modelo	Código	€
		-25 °C	-30 °C	-35 °C	-45 °C					
1/2	-15 a -50	3120	2470	1920	1120	1,33	2	2NSL-05 K	122412	2.731,00
3/4	-15 a -50	4110	3270	2540	1400	1,73	2	2MSL-07 K	122414	2.793,00
1	-15 a -50	6790	5420	4240	2400	2,71	2	2KSL-1 K	122417	2.799,00



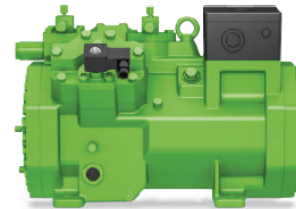
### Compresores semi-herméticos ECOLINE para CO<sub>2</sub> en sistemas transcriticals

Los precios incluyen: Carga de aceite BITZER BSE85K, Calefactor de carter, Amortiguadores de caucho, caja de conexión.

Módulo de protección SE-B1/2, válvula de seguridad en descarga 148 bares, válvulas de servicio.

Compresores para aplicación CO<sub>2</sub> en sistemas transcriticals.

(\*) Rendimientos indicados con T<sup>o</sup> de condensación de 20 °C, recalentamiento de gases aspirados 10 K.



### CO<sub>2</sub>

#### De 4 a 50 CV

CV	Gama T <sup>o</sup> evaporación	Rendimiento (Wattos) (*)				m <sup>3</sup> /h	Conexiones		Modelo	Código	€	
		+5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C		-20 °C	Asp.				Desc.
4	0°C -20°C	-	-	11290	9310	6090	3,3	7/8"	3/4"	2MTE-4K	122621	7.041,00
5	+20°C -20°C	16140	13560	11290	9310	6090	3,3	7/8"	3/4"	2MTE-5K	122612	7.246,00
6	0°C -20°C	-	-	13740	11320	7210	4,3	7/8"	3/4"	4PTE-6K	122613	7.673,00
7	+20°C -20°C	19650	16500	13740	11320	7210	4,3	7/8"	3/4"	4PTE-7K	122614	7.975,00
7	0°C -20°C	-	-	22500	18510	11990	6,6	7/8"	3/4"	4MTE-7K	122625	8.152,00
10	+20°C -20°C	32000	26800	22300	18320	11870	6,6	7/8"	3/4"	4MTE-10K	122615	8.605,00
10	0°C -20°C	-	-	33400	27500	17790	9,6	7/8"	3/4"	4KTE-10K	122627	8.795,00
12	+20°C -20°C	48000	40100	33300	27300	17520	9,6	7/8"	3/4"	4KTE-12K	122647	8.899,00
10	0°C -20°C	-	-	31926	26214	17044	9,3	1 1/8"	3/4"	4JTE-10K	122641	9.606,00
15	+20°C -20°C	45594	38352	32028	26418	17044	9,3	1 1/8"	3/4"	4JTE-15K	122642	9.811,00

## Tubagem:

A informação foi obtida através de catálogos da Pecomark.

### Barra de 5 m reforçada para CO2 transcrito, Tipo K65

Ø exterior en mm	Grueso pared mm	Presión máx, trabajo (bar)	Modelo	Código	€/m
9,52	0,65	120	3/8"-120B	203155	10,1
12,70	0,85	120	1/2"-120B	203156	17,8
15,87	1,05	120	5/8"-120B	203157	26,4
19,06	1,30	120	3/4"-120B	203158	39,2
22,23	1,50	120	7/8"-120B	203159	53,3
28,57	1,90	120	1-1/8"-120B	203161	85,6
34,92	2,30	120	1 3/8" -120B	203162	140,00
41,27	2,70	120	1 5/8"- 120B	203163	181,00
53,97	3,55	120	2 1/8"- 120B	203164	337,00



Cumple norma EN 12735-1

## Dimensionamento da Tubagem:

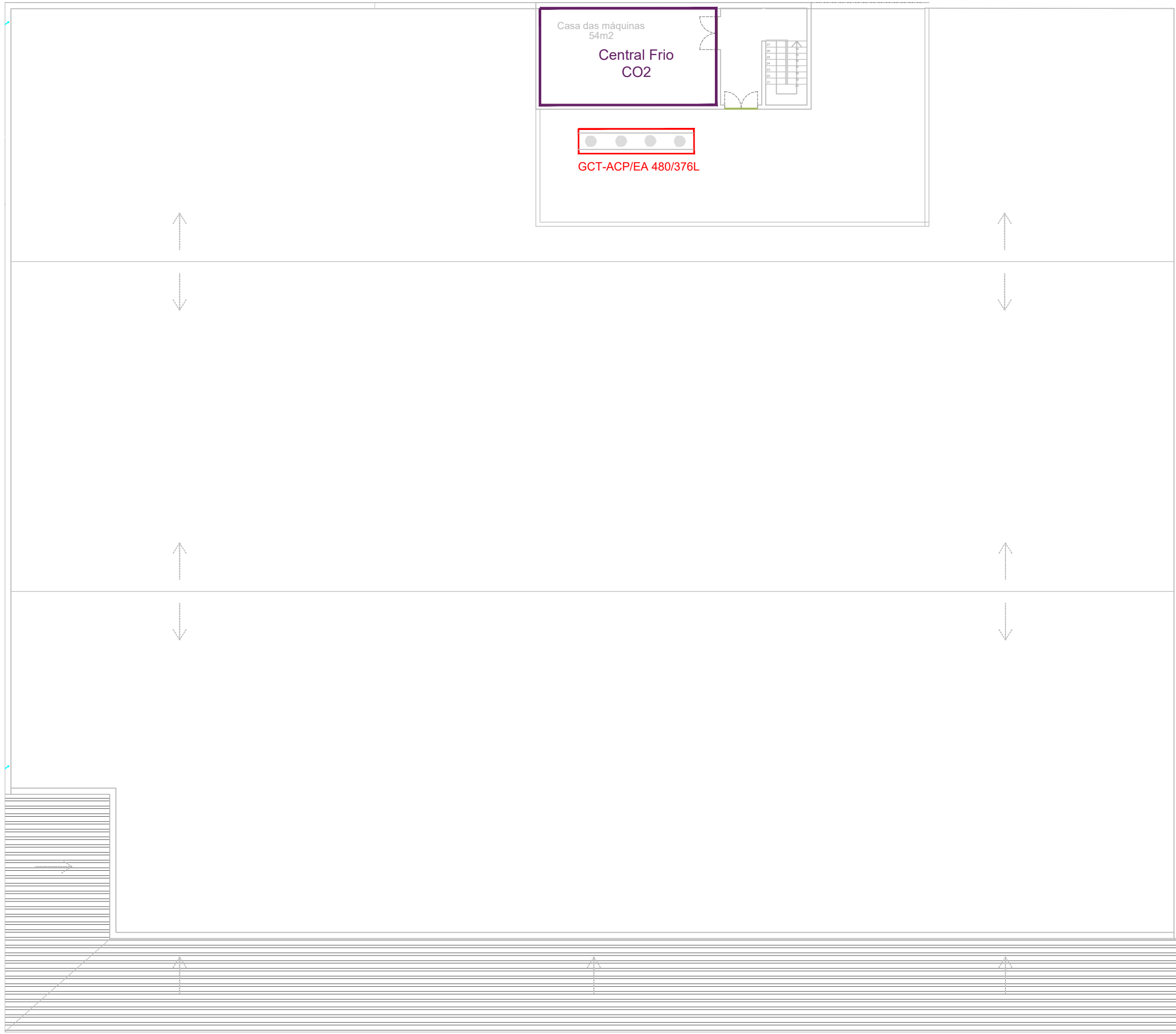
A tubagem foi dimensionada através do software "CoolSelector 2" da Danfoss.

Tubagem Alimentação				Tubagem Retorno Refrigerados				Tubagem Retorno Congelados			
Troço	Potência Frigorífica (Kw)	Comprimento (m)	Diâmetro	Troço	Potência Frigorífica (Kw)	Comprimento (m)	Diâmetro	Troço	Potência Frigorífica (Kw)	Comprimento (m)	Diâmetro
1	81.7	5.8	1 5/8	1	61.4	5.6	1 5/8	1	13.3	13.5	1 1/8
2	2.95	0.5	1/2	2	2.95	0.8	1/2	2	5.06	14.3	5/8
3	78.75	7.8	1 5/8	3	58.35	8	1 5/8	3	1.63	3.2	1/2
4	13.1	2.9	3/4	4	8.6	5.5	3/4	4	3.43	14.2	5/8
5	2.02	1.8	1/2	5	2.17	3.5	1/2	5	8.22	6.7	5/8
6	11.08	4.5	3/4	6	6.43	2.6	5/8	6	1.3	9.7	1/2
7	1.63	3.5	1/2	7	2.04	3.2	1/2	7	6.92	13	5/8
8	9.45	6.8	3/4	8	4.39	3	1/2				
9	1.63	4.5	1/2	9	1.80	2.7	1/2				
10	7.82	13.2	3/4	10	2.59	5.3	1/2				
11	3.43	2.8	1/2	11	8.04	2.5	3/4				
12	4.39	0.6	3/4	12	2.02	2.1	1/2				
13	1.37	4	1/2	13	6.02	4.8	3/4				
14	3.02	2.3	3/4	14	1.63	3.5	1/2				
15	1.62	4.8	1/2	15	4.39	21.2	5/8				
16	1.4	14.3	3/4	16	1.37	4	1/2				
17	8.6	5.4	5/8	17	3.02	2.3	1/2				
18	2.17	3.5	1/2	18	1.62	4	1/2				
19	6.43	2.2	1/2	19	1.4	14.3	1/2				
20	2.04	2.9	1/2	20	41.71	8.5	1 5/8				
21	4.39	3.5	1/2	21	19.21	14.4	1 3/8				
22	1.8	2.4	1/2	22	3.19	4.2	1/2				
23	2.59	6.7	1/2	23	16.02	3.8	1 1/8				
28	3.32	3.8	3/4	28	4.13	4.6	1/2				
29	1.08	6.3	1/2	29	7.21	3.8	5/8				
30	20.51	6	1 1/8	30	4.25	4.6	5/8				
31	1.3	3.8	1/2	31	2.96	8.2	1/2				
32	19.21	10	1 1/8	32	11.18	9.5	1 1/8				
33	3.19	3.8	1/2	33	2.4	4.4	1/2				
34	16.02	3.9	1 1/8	34	8.78	9.5	3/4				
35	11.3	4.7	3/4	35	7.1	3.7	3/4				
36	4.72	4.5	1/2	36	2.7	3.8	1/2				
37	29.44	1.7	1 1/8	37	4.4	4.6	3/4				
38	18.26	7.4	1 1/8	38	3.32	3.8	3/4				
39	6.92	4.3	1/2	39	1.08	6.3	1/2				
48	2.4	7.6	3/4								

# **Anexo B2- Desenho Implementação de Evaporadores**



# **Anexo B3- Desenho Implementação da Central e Gás Cooler**



# **Anexo B4- Desenho Implementação da Tubagem**



# **Anexo C- Sistema Amoníaco com Distribuição de Água Glicolada**

# Anexo C1- Equipamentos

## Frígodifusores:

Os frígodifusores foram obtidos através do Software “GPC.AP” da Guntner.

CC01- Câmara de Congelados Geral



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 N° do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

### Resfriador de ar GACV FP 050.1LF/1A-70.A

<b>Capacidade:</b>	3.5 kW <sup>(1)</sup>	<b>Meio:</b>	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
<b>Reserva de superfície:</b>	12.6 %	<b>Entrada:</b>	-24.0 °C
<b>Fluxo de ar:</b>	6151 m³/h	<b>Saída:</b>	-20.0 °C
<b>Entrada de ar:</b>	-18.0 °C	<b>Queda de pressão:</b>	0.90 bar
<b>Saída de ar:</b>	-19.4 °C	<b>Vazão:</b>	0.87 m³/h
<b>Pressão do Ar:</b>	1013 mbar		

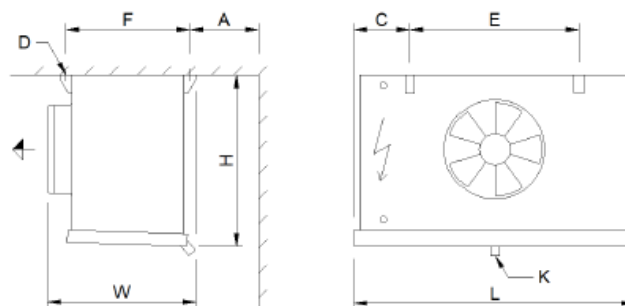
### Ventiladores (AC): 1 Peça(s) 3~400V 50HzΔ/(Y)

<b>Dados por motor (dados nominais):</b>	<b>Nível de pressão de ruído:</b>	58 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
<b>Velocidade:</b> 1340 min-1 / (990 min-1)	<b>Potência de ruído:</b>	80 dB(A)
<b>Capacidade (mech./el.):</b> 0.50 kW/0.62 kW	<b>Flecha de ar:</b>	aprox. 18 m <sup>(4)</sup>
<b>Corrente:</b> 1.10 A <sup>(5)</sup>	<b>Gelo:</b>	0.0 mm

<b>Carenagem:</b>	AIMg, RAL 9003	<b>Tubos:</b>	Cobre <sup>(6)</sup>
<b>Superfície:</b>	62.7 m²	<b>Aletas:</b>	Alumínio <sup>(6)</sup>
<b>Volume do tubo:</b>	20.0 l	<b>Conexões por unidade:</b>	
<b>Espaçamento das aletas:</b>	7.00 mm	<b>Entrada:</b>	22.0 * 1.00 mm
<b>Peso seco:</b>	82 kg <sup>(7)</sup>	<b>Saída:</b>	22.0 * 1.00 mm
<b>Pressão máx. de operação:</b>	10.0 bar	<b>PED classification:</b>	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
<b>Conexão na direção do fluxo de ar:</b>	lado direito		

### Dimensões::

L =	1581 mm
W =	745 mm
H =	763 mm
E =	1000 mm
F =	598 mm
C =	305 mm
A =	550 mm
D =	14 mm
K =	G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com rosca G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 15Q9.01D

Preço de tabela sem VAT:  
 Preço unitário

Peça(s)	Preço unitário	Preço total
1	3336.00 EUR	3336.00 EUR

# CC02- Câmara de Congelados de Padaria



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

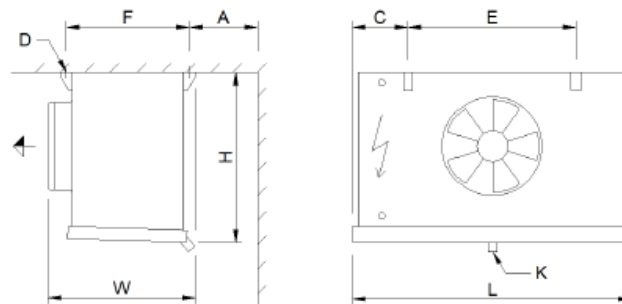
Resfriador de ar		GACV FP 040.1LF/1E-70.A	
Capacidade:	1.70 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	13.9 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	2614 m³/h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	-18.0 °C	Queda de pressão:	0.91 bar
Saída de ar:	-19.6 °C	Vazão:	0.42 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores (EC): 1 Peça(s) 1~230V 50-60Hz			
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	44 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Velocidade:	1200 min-1	Potência de ruído:	66 dB(A)
Capacidade (mech./el.):	0.12 kW/0.17 kW	Flecha de ar:	aprox. 10 m <sup>(4)</sup>
Corrente:	1.30 A <sup>(5)</sup>	Gelo:	0.0 mm

Carenagem:	AIMg, RAL 9003	Tubos:	Cobre <sup>(6)</sup>
Superfície:	30.4 m²	Aletas:	Alumínio <sup>(6)</sup>
Volume do tubo:	10.1 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	22.0 * 1.00 mm
Peso seco:	46 kg <sup>(7)</sup>	Saída:	22.0 * 1.00 mm
Pressão máx. de operação:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
Conexão na direção do fluxo de ar: lado direito			

### Dimensões::

L =	1191 mm
W =	724 mm
H =	564 mm
E =	680 mm
F =	573 mm
C =	269 mm
A =	400 mm
D =	14 mm
K =	G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com roscas G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 14E7.1U1

Preço de tabela sem VAT:

Preço unitário

Peça(s)	Preço unitário	Preço total
1	2217.00 EUR	2217.00 EUR

# CR01- Câmara de Descargas Noturnas



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

## Resfriador de ar GADC FP 035.1/1-70.A-7493349

Capacidade:	2.6 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	26.3 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	1209 m³/h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	0.0 °C	Queda de pressão:	0.42 bar
Saída de ar:	-5.0 °C	Vazão:	0.65 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

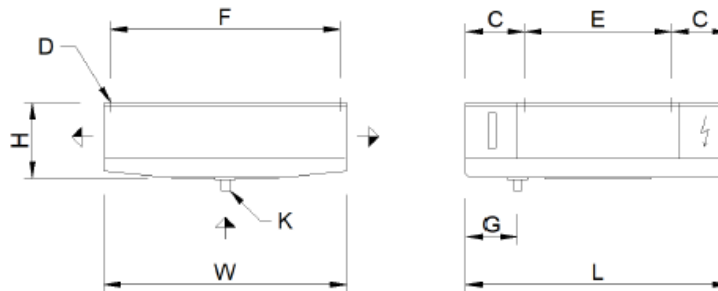
Ventiladores (AC): 1 Peça(s) 1~230V 50Hz

Dados por motor (dados nominais):	Nível de pressão de ruído:	36 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Velocidade:	Potência de ruído:	58 dB(A)
Capacidade (el.):	Flecha de ar:	aprox. 2 x 5 m <sup>(4)</sup>
Corrente:	Gelo:	0.0 mm

Carenagem:	AIMg, RAL 9003	Tubos:	Cobre <sup>(5)</sup>
Superfície:	8.4 m²	Aletas:	Alumínio <sup>(6)</sup>
Volume do tubo:	2.5 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	35.0 * 1.50 mm
Peso seco:	36 kg <sup>(7)</sup>	Saída:	35.0 * 1.50 mm
Pressão máx. de operação:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
Conexão na direção do fluxo de ar: -			

### Dimensões::

L =	1096 mm
W =	1026 mm
H =	268 mm
E =	616 mm
F =	963 mm
C =	240 mm
G =	210 mm
D =	11 mm
K =	G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com roscas G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7493349

Preço de tabela sem VAT:	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	1711.00 EUR	1711.00 EUR

CR02- Câmara de Laticínios



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

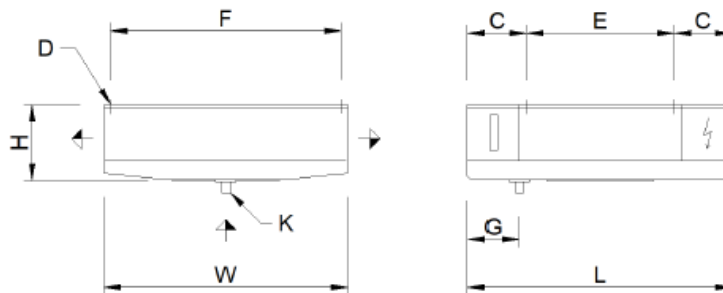
<b>Resfriador de ar</b>	<b>GADC FP 035.1/1-70.A-7481161</b>		
Capacidade:	1.80 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	122.9 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	979 m³/h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	4.0 °C	Queda de pressão:	0.29 bar
Saída de ar:	0.2 °C	Vazão:	0.45 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores (EC): 1 Peça(s) 1~230V 50-60Hz		Nível de pressão de ruído:	24 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Dados por motor (dados nominais):		Potência de ruído:	45 dB(A)
Velocidade:	535 min-1	Flecha de ar:	aprox. 2 x 4 m <sup>(4)</sup>
Capacidade (el.):	0.02 kW	Gelo:	0.0 mm
Corrente:	0.18 A <sup>(5)</sup>		

Carenagem:	AlMg, RAL 9003	Tubos:	Cobre <sup>(6)</sup>
Superfície:	8.4 m²	Aletas:	Alumínio <sup>(6)</sup>
Volume do tubo:	2.5 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	35.0 * 1.50 mm
Peso seco:	36 kg <sup>(7)</sup>	Saída:	35.0 * 1.50 mm
Pressão máx. de operação:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
Conexão na direção do fluxo de ar: -			

**Dimensões::**

- L = 1096 mm
- W = 1026 mm
- H = 268 mm
- E = 616 mm
- F = 963 mm
- C = 240 mm
- G = 210 mm
- D = 11 mm
- K = G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com rosca G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7481161			
<b>Preço de tabela sem VAT:</b>	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	1870.00 EUR	1870.00 EUR

12-237ar/2021-07-05, PL\_4/2021 - Unnamed - Página 1 de 2

CR03- Câmara de Talho



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

**Resfriador de ar GADC FP 035.1/1-70.A-7493349**

Capacidade:	2.2 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	48.4 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	1209 m³/h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	0.0 °C	Queda de pressão:	0.35 bar
Saída de ar:	-4.2 °C	Vazão:	0.55 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

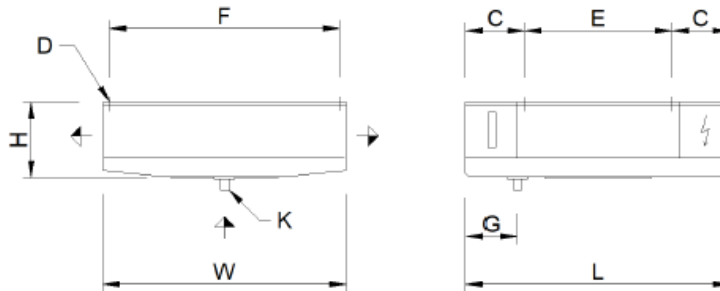
Ventiladores (AC): 1 Peça(s) 1~230V 50Hz

Dados por motor (dados nominais):	Nível de pressão de ruído:	36 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Velocidade:	Potência de ruído:	58 dB(A)
Capacidade (el.):	Flecha de ar:	aprox. 2 x 5 m <sup>(4)</sup>
Corrente:	Gelo:	0.0 mm

Carenagem:	AlMg, RAL 9003	Tubos:	Cobre <sup>(6)</sup>
Superfície:	8.4 m²	Aletas:	Alumínio <sup>(6)</sup>
Volume do tubo:	2.5 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	35.0 * 1.50 mm
Peso seco:	36 kg <sup>(7)</sup>	Saída:	35.0 * 1.50 mm
Pressão máx. de operação:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
Conexão na direção do fluxo de ar:	-		

**Dimensões::**

- L = 1096 mm
- W = 1026 mm
- H = 268 mm
- E = 616 mm
- F = 963 mm
- C = 240 mm
- G = 210 mm
- D = 11 mm
- K = G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com roscas G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7493349

Preço de tabela sem VAT:	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	1711.00 EUR	1711.00 EUR

12-237ar/2021-07-05, PL 4/2021 - Unnamed - Página 1 de 2

CR04- Câmara de Peixe



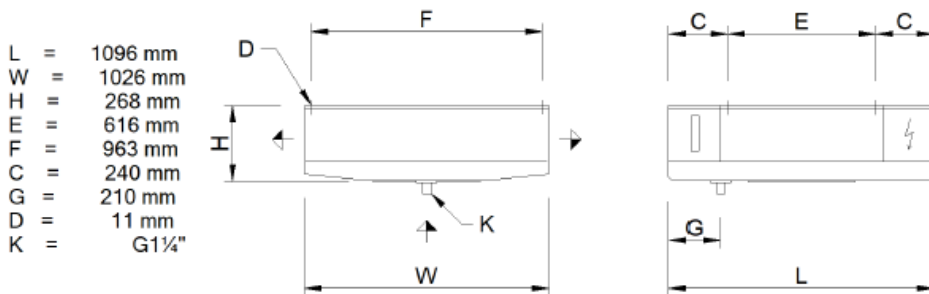
Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 N<sup>o</sup> do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

Resfriador de ar		GADC FP 035.1/1-70.A-7493349	
Capacidade:	1.70 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	88.9 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	1209 m <sup>3</sup> /h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	0.0 °C	Queda de pressão:	0.27 bar
Saída de ar:	-3.3 °C	Vazão:	0.42 m <sup>3</sup> /h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores (AC):	1 Peça(s) 1~230V 50Hz	Nível de pressão de ruído:	36 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Dados por motor (dados nominais):		Potência de ruído:	58 dB(A)
Velocidade:	585 min-1	Flecha de ar:	aprox. 2 x 5 m <sup>(4)</sup>
Capacidade (el.):	0.05 kW	Gelo:	0.0 mm
Corrente:	0.22 A <sup>(5)</sup>		

Carenagem:	AlMg, RAL 9003	Tubos:	Cobre <sup>(6)</sup>
Superfície:	8.4 m <sup>2</sup>	Aletas:	Alumínio <sup>(6)</sup>
Volume do tubo:	2.5 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	35.0 * 1.50 mm
Peso seco:	36 kg <sup>(7)</sup>	Saída:	35.0 * 1.50 mm
Pressão máx. de operação:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
Conexão na direção do fluxo de ar: -			

Dimensões::



- L = 1096 mm
- W = 1026 mm
- H = 268 mm
- E = 616 mm
- F = 963 mm
- C = 240 mm
- G = 210 mm
- D = 11 mm
- K = G1 1/4"

Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com roscas G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7493349			
Preço de tabela sem VAT:	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	1711.00 EUR	1711.00 EUR

2-237a/2021-07-05, PL 4/2021 - Unnamed - Página 1 de 2

# CR05- Câmara de Frangos



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

## Resfriador de ar GADC FP 035.1/1-70.A-7491677

Capacidade:	1.40 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	151.2 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	1209 m³/h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	0.0 °C	Queda de pressão:	0.91 bar
Saída de ar:	-2.7 °C	Vazão:	0.35 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

Ventiladores (AC): 1 Peça(s) 1~230V 50Hz

Dados por motor (dados nominais):

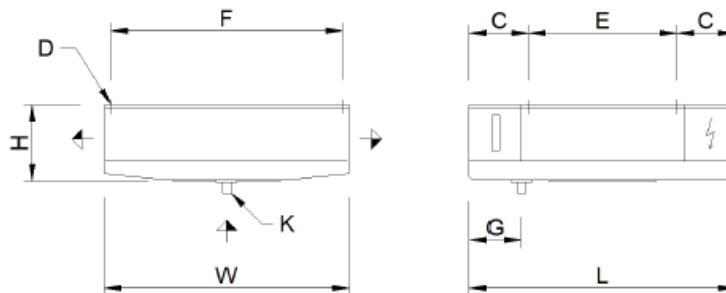
Velocidade:	585 min-1
Capacidade (el.):	0.05 kW
Corrente:	0.22 A <sup>(5)</sup>

Nível de pressão de ruído:	36 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Potência de ruído:	58 dB(A)
Flecha de ar:	aprox. 2 x 5 m <sup>(4)</sup>
Gelo:	0.0 mm

Carenagem: AIMg, RAL 9003  
 Superfície: 8.4 m²  
 Volume do tubo: 2.1 l  
 Espaçamento das aletas: 7.00 mm  
 Peso seco: 35 kg<sup>(7)</sup>  
 Pressão máx. de operação: 10.0 bar  
 Conexão na direção do fluxo de ar: -  
 Dimensões::

Tubos: Cobre<sup>(6)</sup>  
 Aletas: Alumínio<sup>(6)</sup>  
 Conexões por unidade:  
 Entrada: 28.0 \* 1.50 mm  
 Saída: 28.0 \* 1.50 mm  
 PED classification: Art. 4, par. 3<sup>(8)</sup>

- L = 1096 mm
- W = 1026 mm
- H = 268 mm
- E = 616 mm
- F = 963 mm
- C = 240 mm
- G = 210 mm
- D = 11 mm
- K = G1½"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com roscas G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7491677

Preço de tabela sem VAT:  
 Preço unitário

Peça(s)	Preço unitário	Preço total
1	1711.00 EUR	1711.00 EUR

CR06- Câmara de Charcutaria



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

**Resfriador de ar GADC FP 035.1/1-70.A-7481161**

Capacidade:	1.60 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	148.5 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	979 m³/h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	4.0 °C	Queda de pressão:	0.26 bar
Saída de ar:	0.6 °C	Vazão:	0.40 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

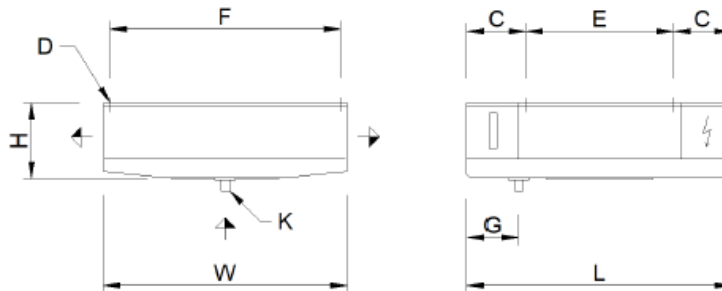
Ventiladores (EC): 1 Peça(s) 1~230V 50-60Hz

Dados por motor (dados nominais):	Nível de pressão de ruído:	24 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Velocidade:	Potência de ruído:	45 dB(A)
Capacidade (el.):	Flecha de ar:	aprox. 2 x 4 m <sup>(4)</sup>
Corrente:	Gelo:	0.0 mm

Carenagem:	AlMg, RAL 9003	Tubos:	Cobre <sup>(6)</sup>
Superfície:	8.4 m²	Aletas:	Alumínio <sup>(6)</sup>
Volume do tubo:	2.5 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	35.0 * 1.50 mm
Peso seco:	36 kg <sup>(7)</sup>	Saída:	35.0 * 1.50 mm
Pressão máx. de operação:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
Conexão na direção do fluxo de ar: -			

**Dimensões::**

- L = 1096 mm
- W = 1026 mm
- H = 268 mm
- E = 616 mm
- F = 963 mm
- C = 240 mm
- G = 210 mm
- D = 11 mm
- K = G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com rosca G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7481161

Preço de tabela sem VAT:	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	1870.00 EUR	1870.00 EUR

# CR07- Câmara de Padaria



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

## Resfriador de ar GADC FP 035.1/1-70.A-7491677

Capacidade:	1.40 kW <sup>(1)</sup>	Meio:	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
Reserva de superfície:	151.2 %	Entrada:	-24.0 °C
Fluxo de ar:	1209 m³/h	Saída:	-20.0 °C
Entrada de ar:	0.0 °C	Queda de pressão:	0.91 bar
Saída de ar:	-2.7 °C	Vazão:	0.35 m³/h
Pressão do Ar:	1013 mbar		

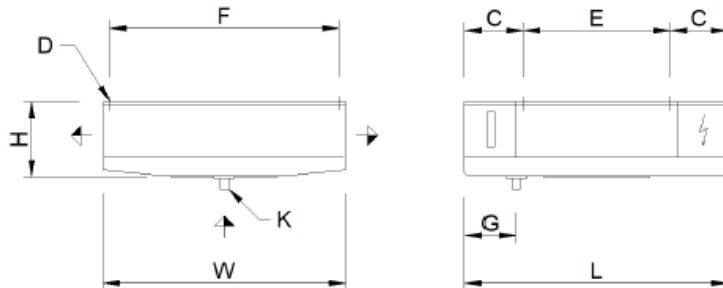
Ventiladores (AC): 1 Peça(s) 1~230V 50Hz

Dados por motor (dados nominais):	Nível de pressão de ruído:	36 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
Velocidade:	Potência de ruído:	58 dB(A)
Capacidade (el.):	Flecha de ar:	aprox. 2 x 5 m <sup>(4)</sup>
Corrente:	Gelo:	0.0 mm

Carenagem:	AIMg, RAL 9003	Tubos:	Cobre <sup>(5)</sup>
Superfície:	8.4 m²	Aletas:	Alumínio <sup>(6)</sup>
Volume do tubo:	2.1 l	Conexões por unidade:	
Espaçamento das aletas:	7.00 mm	Entrada:	28.0 * 1.50 mm
Peso seco:	35 kg <sup>(7)</sup>	Saída:	28.0 * 1.50 mm
Pressão máx. de operação:	10.0 bar	PED classification:	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
Conexão na direção do fluxo de ar: -			

### Dimensões::

L =	1096 mm
W =	1026 mm
H =	268 mm
E =	616 mm
F =	963 mm
C =	240 mm
G =	210 mm
D =	11 mm
K =	G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com roscas G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7491677

Preço de tabela sem VAT:	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	1711.00 EUR	1711.00 EUR

Todas as salas climatizadas:



Data: 2021-07-20  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

**Resfriador de ar GADC FP 035.1/1-70.A-7481161**

<b>Capacidade:</b>	3.0 kW <sup>(1)</sup>	<b>Meio:</b>	Propileno glicol 50 Vol. % <sup>(2)</sup>
<b>Reserva de superfície:</b>	64.3 %	<b>Entrada:</b>	-24.0 °C
<b>Fluxo de ar:</b>	979 m³/h	<b>Saída:</b>	-20.0 °C
<b>Entrada de ar:</b>	8.0 °C	<b>Queda de pressão:</b>	0.48 bar
<b>Saída de ar:</b>	1.8 °C	<b>Vazão:</b>	0.75 m³/h
<b>Pressão do Ar:</b>	1013 mbar		

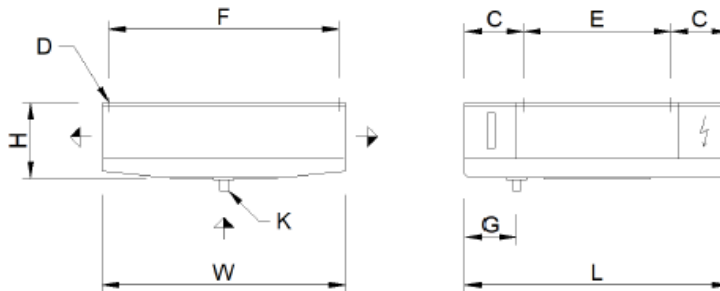
Ventiladores (EC): 1 Peça(s) 1~230V 50-60Hz

<b>Dados por motor (dados nominais):</b>	<b>Nível de pressão de ruído:</b>	24 dB(A) em 3.0 m <sup>(3)</sup>
<b>Velocidade:</b>	<b>Potência de ruído:</b>	45 dB(A)
<b>Capacidade (el.):</b>	<b>Flecha de ar:</b>	aprox. 2 x 4 m <sup>(4)</sup>
<b>Corrente:</b>	<b>Gelo:</b>	0.0 mm

<b>Carenagem:</b>	AIMg, RAL 9003	<b>Tubos:</b>	Cobre <sup>(5)</sup>
<b>Superfície:</b>	8.4 m²	<b>Aletas:</b>	Alumínio <sup>(6)</sup>
<b>Volume do tubo:</b>	2.5 l	<b>Conexões por unidade:</b>	
<b>Espaçamento das aletas:</b>	7.00 mm	<b>Entrada:</b>	35.0 * 1.50 mm
<b>Peso seco:</b>	36 kg <sup>(7)</sup>	<b>Saída:</b>	35.0 * 1.50 mm
<b>Pressão máx. de operação:</b>	10.0 bar	<b>PED classification:</b>	Art. 4, par. 3 <sup>(8)</sup>
<b>Conexão na direção do fluxo de ar:</b>	-		

**Dimensões::**

- L = 1096 mm
- W = 1026 mm
- H = 268 mm
- E = 616 mm
- F = 963 mm
- C = 240 mm
- G = 210 mm
- D = 11 mm
- K = G1¼"



Dreno de acordo com DIN ISSO 228-1 com rosca G (vedação plana)  
 Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 7481161

<b>Preço de tabela sem VAT:</b>	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	1870.00 EUR	1870.00 EUR

2-237(a)/2021-07-05; PL 4/2021 · Unnamed · Página 1 de 2

## Condensador:

O condensador foi obtido através do Software “GPC.AP” da Guntner.

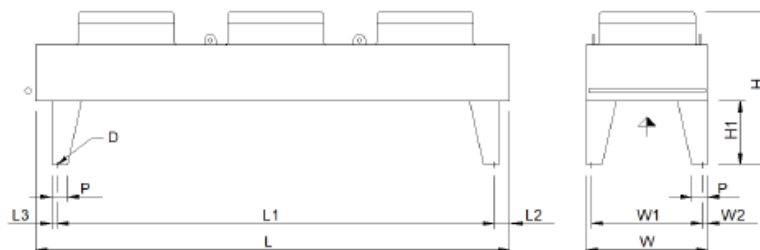


Data: 2021-07-18  
 Data de pedido:  
 Projeto:  
 Nº do orçamento:  
 Item:  
 Referência:

<b>Condensador</b>	<b>GCHV AD 090.2NF/13A-56</b>		
<b>Capacidade:</b>	121.2 kW	<b>Refrigerante:</b>	<b>NH3 (R717)<sup>(1)</sup></b>
<b>Fluxo de ar:</b>	61279 m <sup>3</sup> /h	Temperatura de gás quente:	85.0 °C
<b>Entrada de ar:</b>	30.0 °C	Temperatura de condensação:	40.0 °C
<b>altitude:</b>	100 m	Saída de condensação:	38.5 °C
		Fluxo de gás quente:	32.89 m <sup>3</sup> /h
<b>Ventiladores (AC):</b>	3 Peça(s) 3~400V 50HzΔ/(Y)	<b>Nível de pressão de ruído:</b>	56 dB(A) <sup>(2)</sup>
<b>Dados por motor (dados nominais):</b>		a uma distância de:	10.0 m
Velocidade:	840 min-1 / (630 min-1)	<b>Potência de ruído:</b>	88 dB(A)
Capacidade (el.):	1.85 kW		
Corrente:	3.80 A <sup>(3)</sup>		
<b>Consumo de energia elétrica total:</b>	4.84 kW	<b>Classe de eficiência de energia:</b>	--
<b>Carenagem:</b>	Aço galvanizado, RAL 7035	<b>Tubos:</b>	Aço inoxidável AISI 304L <sup>(4)</sup>
<b>Superfície:</b>	482.1 m <sup>2</sup>	<b>Aletas:</b>	Alumínio <sup>(4)</sup>
<b>Volume do tubo:</b>	50.9 l	<b>Conexões por unidade:</b>	
<b>Espaçamento das aletas:</b>	2.40 mm	Conexão de entrada:	33.7 * 2.60 mm
<b>Passagens:</b>	8	Saída:	21.3 * 2.00 mm
<b>Peso seco:</b>	646 kg <sup>(5)</sup>	<b>Distribuição:</b>	11
<b>Pressão máx. de operação:</b>	32.0 bar	<b>PED classification:</b>	Categoria I, module A <sup>(6)</sup>

### Dimensões:

L = 5640 mm  
 W = 1141 mm  
 H = 1452 mm  
 H1 = 600 mm  
 L1 = 5300 mm  
 L2 = 197 mm  
 L3 = 52 mm  
 P = 150 mm  
 W1 = 1037 mm  
 W2 = 52 mm  
 D = 17 mm



Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

UI: 08AN.2BW

**Preço de tabela sem VAT:**

	Peça(s)	Preço unitário	Preço total
Preço unitário	1	11870.00 EUR	11870.00 EUR
Preço de lista (sem sobretaxa do material)			11870.00 EUR

# Central de Frio:

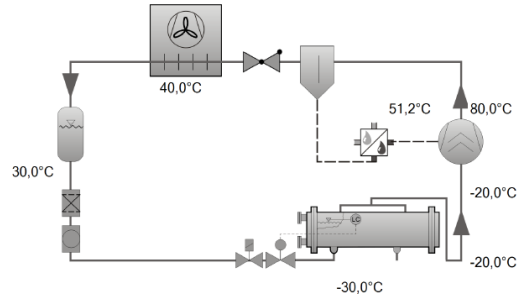
A central foi obtida recorrendo ao Software da Bitzer.

BITZER Software v6.17.4 rev2644    02.10.2021 / Todos os dados são suscetíveis de mudança    1 / 3

## Seleção: Compressores Parafuso Abertos OS

### Valores de entrada

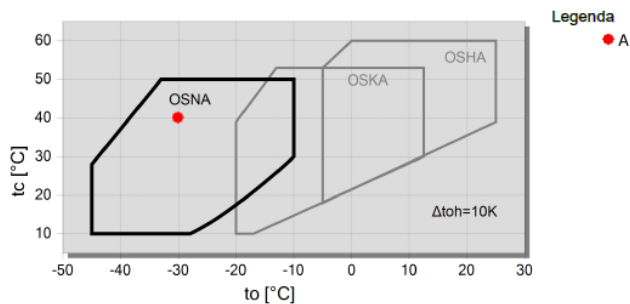
Tipo do compressor	Comp. Parafusos, aberto
Refrigerante	R717
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	10,00 K
Superaquecimento do gás Sucção	10,00 K
Modo de operação	Padrão
Velocidade	2900 /min
Superaquecimento útil	100%
Resfriamento adicional	Automatico
Máxima temp. de descarga	80,0 °C
Capac. Frigorífica	100 %



## Resultado

A				
Temp. Evaporação SST	-30,00 °C			
Temp. Condensação SDT	40,0 °C			
Compressor	Total	OSNA5361-K	OSNA5361-K	OSNA5361-K
Capac. Frigorífica	100%	100%	100%	100%
Capac. Frigorífica	87,2 kW	29,1 kW	29,1 kW	29,1 kW
Capac. Frigorífica *	--	28,1 kW	28,1 kW	28,1 kW
Capacidade Evaporador	87,2 kW	29,1 kW	29,1 kW	29,1 kW
Potência no eixo	52,8 kW	17,61 kW	17,61 kW	17,61 kW
Capacidade do Condensador	104,4 kW	33,4 kW	33,4 kW	33,4 kW
Relação	--	33,3 %	33,3 %	33,3 %
COP/EER	1,65	1,65	1,65	1,65
COP/EER*	--	1,60	1,60	1,60
Vazão em massa LP	284 kg/h	94,8 kg/h	94,8 kg/h	94,8 kg/h
Vazão em massa HP	284 kg/h	94,8 kg/h	94,8 kg/h	94,8 kg/h
Modo de operação	Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
Temp. do líquido	--	30,0 °C	30,0 °C	30,0 °C
Vazão de óleo	2,86 m³/h	0,95 m³/h	0,95 m³/h	0,95 m³/h
Método resfriamento	Externo	Externo	Externo	Externo
Temp injeção de óleo comp.	51,2 °C	51,2 °C	51,2 °C	51,2 °C
Carga Térmica Resfriador de Óleo	40,0 kW	13,32 kW	13,32 kW	13,32 kW
Motor de Acionamento	--	30,0 kW	30,0 kW	30,0 kW
Temp. de descarga c/ resfriamento adicional	80,0 °C	80,0 °C	80,0 °C	80,0 °C
Temp. gás de Descarga não resfriado	--	--	--	--

BITZER Software v6.17.2 rev2594    22.05.2021 / Todos os dados são suscetíveis de mudança    3 / 3



Preço (valores retirados do catálogo da Pecomark):

### Compressores de tornillo abertos para NH3



#### Baja temperatura

CV	Gama T° evaporación	Rendimiento (Wattios) (*)			m³/h 2950 rpm	Modelo	Código	€
		-20 °C	-25 °C	-30 °C				
40	-10 a -39	49550	39500	30800	100	OSNA 5351 K	122551	10.204,00
50	-10 a -39	57760	46070	35940	118	OSNA 5361 K	122553	10.825,00
75	-10 a -39	93100	73200	56300	192	OSNA 7452 K	122937	15.908,00
100	-10 a -39	108800	86100	66400	220	OSNA 7462 K	122948	16.395,00
100	-10 a -39	118800	94300	73000	250	OSNA 7472 K	122949	17.835,00
150	-10 a -35	196200	156650	122720	410	OSNA 8571 K	122952	27.445,00
180	-10 a -30	244000	193400	150200	535	OSNA 8591 K	122953	31.736,00

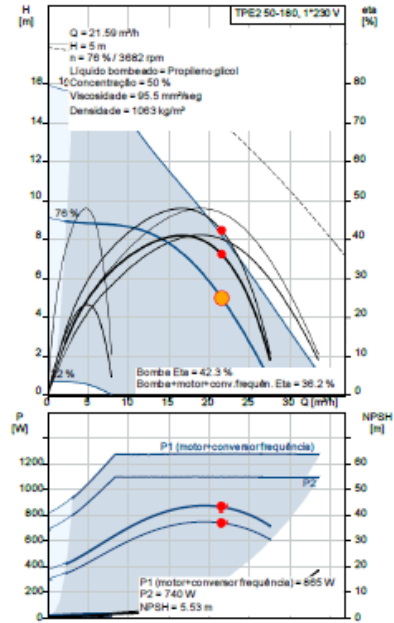
### Bombas de Água Glicolada:

As bombas foram obtidas recorrendo ao Software da Grundfos.

Nome empresa:  
Criado por:  
Telefone:  
Data: 25/07/2021

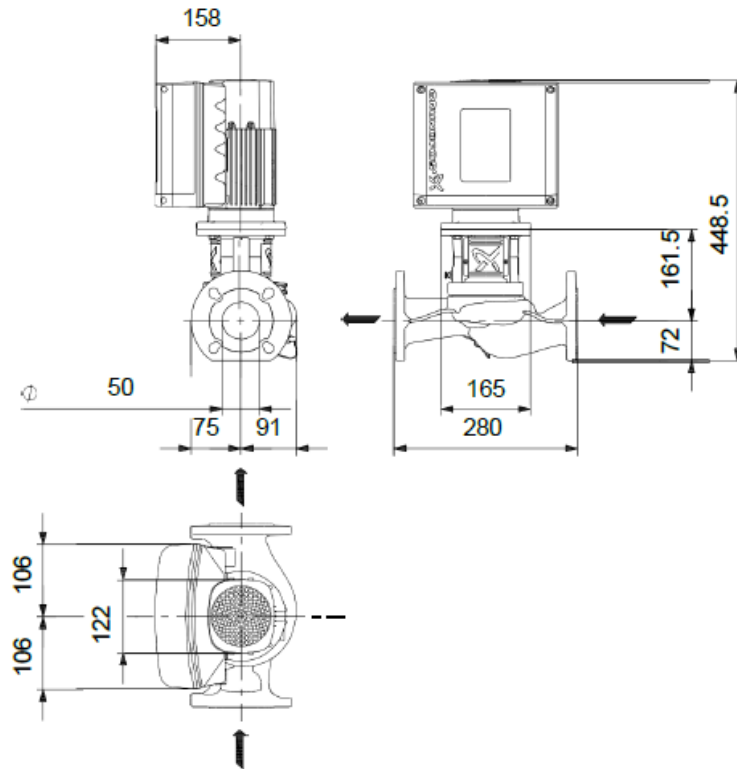
Quantid.	Descrição
1	<p><b>TPE2 50-180 N-A-F-A-BQQE-GAC</b></p>  <p style="font-size: small; text-align: center;">Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real</p> <p>Código: <a href="#">08438353</a></p> <p>Bomba monocelular monobloco de voluta, com bocais de aspiração e de saída in-line de diâmetro idêntico. A bomba é concebida segundo o princípio de construção desmontável pela parte superior, ou seja, a cabeça da bomba (motor, cabeça da bomba e o impulsor) podem ser retirados para realização de manutenção ou assistência técnica, mantendo o corpo da bomba na tubagem.</p> <p>O empanque cumpre os requisitos da norma DIN EN 12756. A ligação da tubagem é realizada através de flanges DIN PN 6/10 (EN 1092-2 e ISO 7005-2).</p> <p>A bomba está equipada com um motor síncrono auto-ventilado, de magneto permanente. A classificação de eficiência do motor é IE5, em conformidade com IEC 60034-30-2.</p> <p><b>Controlos:</b> Frequency converter: Built-in</p> <p><b>Líquido:</b> Líquido bombeado: Propileno glicol Gama de temperatura do líquido: -30 .. 120 °C Concentração: 50 % Densidade: 1083 kg/m³ Viscosidade cinemática: 95.5 mm²/seg</p> <p><b>Técnicos:</b> Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma: 4360 rpm Caudal efectivo calculado: 21,6 m³/h Altura manométrica resultante da bomba: 5 m Diâmetro efectivo do impulsor: 74 mm Código de empanque do veio: BQQE Curva de tolerância: ISO9906:2012 3B2</p> <p><b>Materiais:</b> Corpo da bomba: Ferro fundido Caixa da bomba: EN-GJL-250 Corpo da bomba: ASTM class 35 Impulsor: Composite PES+30% GF</p> <p><b>Instalação:</b> Gama de temperatura ambiente: -20 .. 50 °C Pressão máx. de funcionamento: 10 bar Pressão máx. à temp. indicada: 10 bar / 120 °C Tipo de conexão: DIN</p>

Descrição	Valor
<b>Inf. geral:</b>	
Designação do produto:	TPE2 50-160
	N-A-F-A-BQQE-GAC
Código:	98438353
Número EAN:	5711495017217
Preço:	EUR 3477
<b>Técnicos:</b>	
Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma:	4360 rpm
Caudal efectivo calculado:	21.6 m <sup>3</sup> /h
Altura manométrica resultante da bomba:	5 m
Altura manométrica máxima:	180 dm
Diâmetro efectivo do impulsor:	74 mm
Código de empanço do veio:	BQQE
Curva de tolerância:	ISO9906:2012 3B2
Versão da bomba:	A
<b>Materiais:</b>	
Corpo da bomba:	Ferro fundido
Caixa da bomba:	EN-GJL-250
Corpo da bomba:	ASTM class 35
Impulsor:	Composite
Impulsor:	PES+30% GF
Código de material:	A
<b>Instalação:</b>	
Gama de temperatura ambiente:	-20 .. 50 °C
Pressão máx. de funcionamento:	10 bar
Pressão máx. a temp. indicada:	10 bar / 120 °C
Tipo de conexão:	DIN
Dimensão da conexão:	DN 50
Nível de pressão para conexão:	PN 6/10
Extensão porta a porta:	260 mm
Dimensão de flange para motor:	56C
Código de ligação:	F
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Propileno glicol
Gama de temperatura do líquido:	-30 .. 120 °C
Concentração:	50 %
Densidade:	1063 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidade cinemática:	95.5 mm <sup>2</sup> /seg
<b>Car. eléctricas:</b>	
Tipo de motor:	80A
Classe de eficiência IE:	IE5
Potência nominal - P2:	1.1 kW
Frequência da rede:	50 / 60 Hz
Tensão nominal:	1 x 200-240 V
Corrente nominal:	6.80-5.70 A
Cos phi - factor de potência:	0.99
Velocidade nominal:	480-5900 rpm
Eficiência:	85.7%
Eficiência do motor com carga total:	85.7 %
Classe de protecção (IEC 34-5):	IP55
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Protecção do motor:	ELEC
Motor n.º:	99138030
<b>Controlos:</b>	
Quadro eléctrico:	HMI200 - Standard



Descrição	Valor
Módulo Função:	FM300 - Avançado
Conversor frequência:	Built-in
<b>Outros:</b>	
Índice de eficiência mínima, MEI:	0.70
Peso líquido:	24.7 kg
Peso bruto:	31.9 kg
Volume de expedição:	0.1 m <sup>3</sup>
Ficheiro de configuração n.º:	98819177
Dinamarca VVS n.º:	382202180
Finlândia LVI n.º:	4616227
Noruega NRF n.º:	9043488
País de origem:	HU
N.º taxa aduaneira:	84137051

**98438353 TPE2 50-180 N-A-F-A-BQQE-GAC**



Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.  
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

## Permutador de Placas:

O dimensionamento do permutador foi feito com o fluido temper 30, como aproximação de modo a obter um valor monetário do equipamento.

### Plate Heat Exchanger



#### Technical specification

**Cliente :**  
**Modelo :** M10-BWFDR  
**Project:** João Miguel Atalaia\_ISEL  
**Item :** Permutador semi-soldado 81.7kW **Data :** 22/06/2021

Fluido		Temper30	Amoníaco
Caudal mássico	kg/h	24540	309.6
Fluid Condensed/Vapourized	kg/h	0.000	216.7
Temperatura de entrada	°C	-20.0	-30.0
Temperatura de saída (vapor/liquid)	°C	-24.0	-30.0
Operating pressure (Entrada/Saída)	bara	/	1.25/1.20
Perda de carga (Perm/Calculate)	kPa	100/89.8	9.10/5.06
Velocity connection (Entrada/Saída)	m/s	0.730/0.729	0.0163/7.49
Calor Trocado	kW	81.70	
Área de Transferência de Calor	m²	4.3	
Coef. Transf. Calor Limpo	W/(m²K)	2766	
Coef. Transf. Calor Serviço	W/(m²K)	2534	
Fouling Resistance* 10000	m²K/W	0.35	
Duty margin	%	-0	
Mean Temperature Difference	K		
Direcção relativa dos fluidos		Cocorrente	
Nº. De placas		20	
Nº. Efectivo de placas		18	
Número de passagens		1	1
Capacidade de extensão		13	
Material da placa/ Thickness		ALLOY 304 / 0.50 mm	
Material da junta		NBRP	soldado
O'ring		CR	
Material das ligações		Aço Inoxidável	Aço Inoxidável
Diâmetro das ligações		See drawing	See drawing
Orientação das ligações		S2 -> S1	S3 -> S4
Código de pressão		PED, Category 2	
Fluid danger group	Dangerous	Dangerous	
Has risky vapour pressure			x
PN da flange		DIN PN25	
Pressão de projecto	bar	10.0	16.0
Pressão de Teste	bar	14.3	22.9
Temperatura de projecto	°C	100.0/-25.0	100.0/-35.0
Comprimento total x largura x altura	mm	810 x 470 x 981	
Volume líquido	dm³	6.35	6.98
Peso líquido, vazio/ operação Flooded	kg	361 / 368 / 372	
Packed weight( SKID BASE LYING )	kg	391	
volume	m³	0.5	
Capacidade de extensão	mm	1100 +/- 500 +/- 700	

**ASSUNTO:** Permutadores Alfa Laval **OBRA:** Permutador Semi-Soldado

Exmos Senhores,

No seguimento do vosso pedido de cotação, vimos pelo presente remeter as nossas melhores condições para o eventual fornecimento do material a seguir indicado.

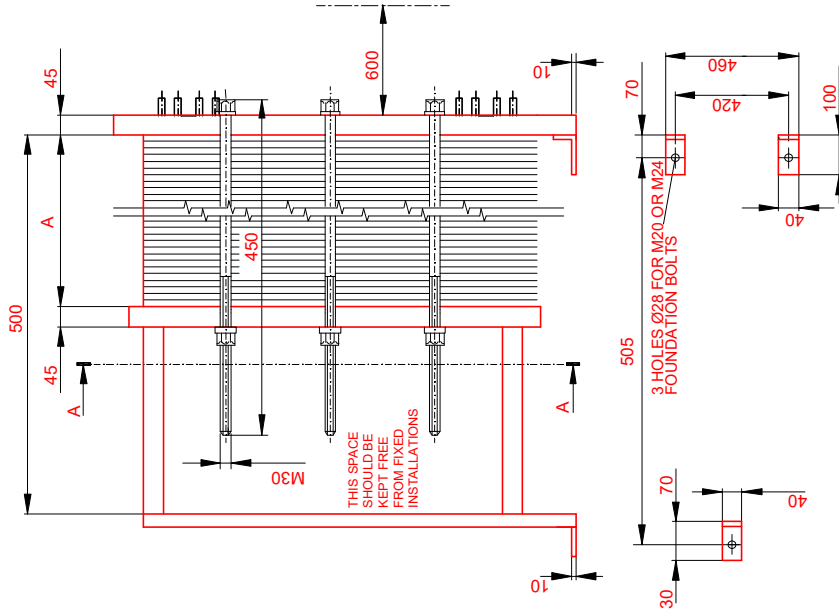
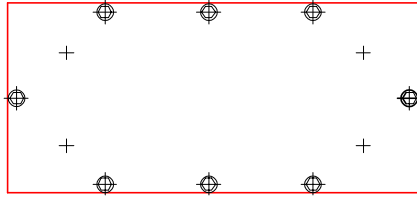
#### 1 – Materiais a fornecer:

Quant.	Peça / Refª	Descrição	Preço Unit.	TOTAL
1		Permutador Amoníaco (SWPHE)		
		Permutador M10-BWFDR 20 placas Inox 304	9 081,14 €	9 081,14 €
		<b>TOTAL</b>		<b>9 081,14 €</b>

**PRESSURE PLATE**

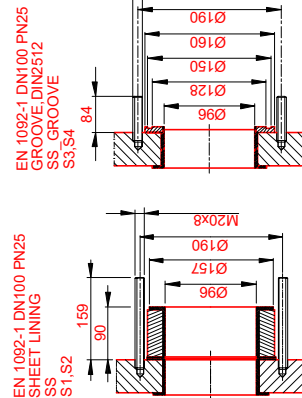
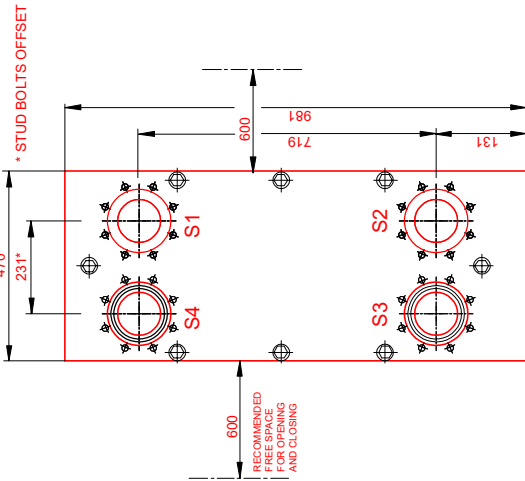
(MOVABLE)

SECTION A-A



**FRAME PLATE**

(FIXED)



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 304
MAX TEMPERATURE	100 °C	100 °C	PLATE THICKNESS	0.50 mm
MIN TEMPERATURE	-25 °C	-35 °C		
WEIGHT WITH WATER	374 kg		HEAT LOAD	82 kW

TOTAL LENGTH	810
TOTAL WIDTH	470
TOTAL HEIGHT	981

PRESSURE DROP	89.85 kPa
	5.057 kPa

Do not use this drawing for foundation bolting or piping layout.

ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

FLOW RATE	24540 kg/h
	309.6 kg/h

OUTLET TEMP.	-24.0 °C
	-30.0 °C

INLET	S2
	S3

TEMP.	-20.0 °C
	-30.0 °C

F.D.G.	1
	1

MEDIA	Temper30
	Ammonia

SIDE	1
	2

SUPPLIER	REF.	ITEM NO.
AGENT / REF.		Permutador semi-soldado 81.7kW
CUSTOMER NAME / REF. NO.		
SIGN.		RISK CATEGORY 2

PLATE HEAT EXCHANGER

**M10-BWFDR**

PED



João Miguel Atalaia ISEL

DATE 2021-06-22

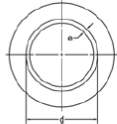
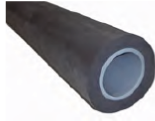
REV NO. 0

## Tubagem Água Glicolada:

A informação da tubagem foi retirada do catálogo da GF piping system.

### COOL-FIT ABS Lite Pipe

#### Pipes pre-insulated, COOL-FIT ABS metric (5 meters)



- Standard COOL-FIT ABS pipe with 1" thick flexible foam insulation.
- Color: Black insulation, pipe RAL 7001 gravel grey
- Length: Lengths of 16.4 feet (5 meters)
- Also available in 11/2" thick insulation. White insulation available, contact factory.

d [mm]	PSI	Part No.	USD/m	e [inch]	closest inch	Refrigeration size
25	240	169 017 102	23.10	0.09	3/4	7/8
32	150	169 017 103	24.20	0.07	1	1 1/8
40	150	169 017 104	30.50	0.09	1 1/4	1 3/8
50	150	169 017 105	34.70	0.12	1 1/2	1 3/4
90	150	169 017 108	109.00	0.21	3	3 1/2

## Água Glicolada:



#### MPG COOLANT NSF HT1: PropilenGlicol Grado Alimentario

Fluido Caloportador basado en MonoPropilenGlicol, certificado por la NSF de acuerdo con la norma HT1 para el contacto accidental con material alimentario, con número de registro 152118.

NSF International es una organización reconocida a nivel internacional, que elabora estándares, analiza y certifica productos para las industrias del agua, alimentos, ciencias de la salud y productos de consumo con el objeto de minimizar los efectos adversos para la salud y proteger el medio ambiente. La certificación NSF asegura a los proveedores, minoristas, entes reguladores y consumidores que una organización independiente ha revisado el proceso de fabricación de un producto y ha determinado que el producto cumple con estándares específicos de seguridad, calidad, sostenibilidad o desempeño. [www.nsf.org](http://www.nsf.org)

MPG COOLANT NSF HT1 no contiene Nitritos ni Aminas que pueden formar nitrosaminas (potenciales agentes carcinógenos). Asimismo, está libre de fosfatos y sus implicaciones medioambientales, NO contiene Silicatos (evita problemas de gelificación), Boratos (peligrosos para la salud) o Nitratos (favorecen crecimiento bacteriano)

#### Ventajas en la utilización de MPG COOLANT NSF HT1

- Biodegradable
- Apto para la Industria Alimentaria
- Avanzada Tecnología Anticorrosión
- Previene los daños por congelación en el circuito
- Eleva el punto de ebullición reduciendo sobrecalentamientos
- Soporte y Asesoramiento Técnico Personalizado

#### Propiedades Termofísicas\*

Unidad	30%	38%	40%	45%	50%	55%	
Punto de Congelación	°C	-12	-15	-18	-23	-28	-33
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	1.020	1.025	1.030	1.035	1.040	1.045
Calor Especifico	KJ/kg · K	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
Conductividad Termal	W/m · K	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36
Viscosidad Dinámica	mPa · s	3,9	4,7	5,8	6,8	8,0	9,3
Viscosidad Cinématica	cSt	3,3	4,0	4,9	5,8	6,9	8,1

Datos a Temperatura +20 °C

#### Propiedades Generales\*

Apariencia	Líquido Anaranjado
Punto de Ebullición	152 °C
Densidad	1040 – 1060
pH Producto Concentrado	8,5 – 10,5

#### Áreas de Utilización

MPG COOLANT NSF HT1 puede ser usado en cualquier aplicación donde se requiera un Fluido Caloportador en sistemas de enfriamiento secundarios, fijos o móviles. Las aplicaciones más comunes serían:

- Industria Alimentaria
- Plataformas Logísticas
- Supermercados e Hipermercados
- Industria Farmacéutica
- Plantas de Producción de Energía

#### Compatibilidad de Materiales

Los materiales comúnmente utilizados en Sistemas Secundarios son compatibles con MPG COOLANT NSF HT1: cobre, bronce, latón (alta calidad: deszincado), acero al carbono (no recomendado en altas temperaturas), acero inoxidable, hierro fundido, plásticos (ABS, PE). Los materiales plásticos deben ser adecuados para las temperaturas mínimas y máximas del sistema.

Las altas temperaturas implican un mayor riesgo de corrosión: por lo tanto, la selección de materiales debe tener en cuenta la temperatura de funcionamiento dentro del sistema. Cuanto mayor sea la temperatura, mejor deberá ser la calidad de los materiales.

El Zinc no es compatible con mezclas de glicoles y agua por lo que debe de ser evitado siempre que sea posible ya que podría ser atacado y disuelto por el MPG COOLANT NSF HT1. No se recomienda utilizar acero galvanizado junto con MPG COOLANT NSF HT1.

En la siguiente tabla se indican los plásticos, sellantes y elastómeros compatibles con el producto. Estos datos han sido recopilados de bibliografía específica y ensayos internos.

Nombre	Siglas
Hule-Caucho terpolímero de etileno-propilideno	EPDM
Elastómeros fluoro carbonados	FFPM
Poliisopropeno natural hasta 80°C	NR
Hule-Caucho de poli(nitrilo-butadieno)	NBR
Poli-oximetileno	POM
Poliamida hasta 115°C	PA
Poli-butileno	PB
Poli(etileno alta/baja densidad	PE-LD/PE-HD
Poli-propileno	PP
Poli (tetrafluoroetileno)	PTFE
Silicona	Si

# Dimensionamento da Tubagem Água Glicolada:

n.º	Item	Observações	Parâmetro	Unidade	1	2	3	4	5	6
					<b>Tubagem</b>					
1.	Comprimento total de tubagem		L	m	5.80	0.60	7.80	2.70	1.50	4.60
	Material		M	-	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico
	Diâmetro nominal da tubagem		D	mm	80	20	80	40	20	40
	Diâmetro interior da tubagem	Tabela "Tubagem"	Di	m	82.50	22.30	82.50	43.10	22.30	43.10
	Secção de passagem	$\text{Pi} \times (\text{Di}/1000)^2 / 4$	A	m <sup>2</sup>	0.00535	0.00039	0.00535	0.00146	0.00039	0.00146
	Caudal de água		q	L/s	6.00	0.22	5.78	0.96	0.15	0.81
	Velocidade da água	$(q / 1000) / A$	v	m/s	1.12	0.56	1.08	0.66	0.38	0.56
	Pressão dinâmica	$((1000 \text{ (kg/m}^3) \times v^2) / 2) / 1000$	Pd	kPa	0.63	0.16	0.58	0.22	0.07	0.15
	Temperatura da água		T	°C	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00
	Massa específica	Tabela "massa específica"	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00
	Coefficiente de rugosidade	Tabela "materiais"	C	-	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
	Perda de carga linear	Hazen-Williams (ASHRAE-Fund.Chap.35)	dp	Pa/m	<b>147.65</b>	<b>189.55</b>	<b>137.78</b>	<b>117.16</b>	<b>93.26</b>	<b>85.53</b>
	Perda Total Linear	dp x L	DP1	kPa	0.86	0.11	1.07	0.32	0.14	0.39

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
3.00	7.00	4.00	13.00	2.60	0.60	2.60	2.30	3.70	13.50	5.40	3.00	2.20	2.20	2.80
Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico
20	32	20	32	20	25	20	20	20	20	32	20	32	20	25
22.30	37.20	22.30	37.20	22.30	28.50	22.30	22.30	22.30	22.30	37.20	22.30	37.20	22.30	28.50
0.00039	0.00109	0.00039	0.00109	0.00039	0.00064	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00109	0.00039	0.00109	0.00039	0.00064
0.12	0.89	0.12	0.57	0.25	0.32	0.10	0.22	0.12	0.10	0.63	0.16	0.47	0.15	0.32
0.31	0.63	0.31	0.52	0.64	0.50	0.26	0.56	0.31	0.26	0.58	0.41	0.43	0.38	0.50
0.05	0.20	0.05	0.14	0.20	0.13	0.03	0.16	0.05	0.03	0.17	0.08	0.09	0.07	0.13
-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00
1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
<b>61.69</b>	<b>130.19</b>	<b>61.69</b>	<b>91.39</b>	<b>240.18</b>	<b>114.85</b>	<b>44.01</b>	<b>189.55</b>	<b>61.69</b>	<b>44.01</b>	<b>110.01</b>	<b>105.10</b>	<b>63.94</b>	<b>93.26</b>	<b>114.85</b>
0.19	0.91	0.25	1.19	0.62	0.07	0.11	0.44	0.23	0.59	0.59	0.32	0.14	0.21	0.32

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.60	7.60	7.70	6.00	3.80	9.90	3.80	4.00	4.70	4.10	3.70	3.80	4.60	3.80	6.20
Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico
20	20	65	40	20	40	20	40	40	25	32	20	25	20	20
22.30	22.30	70.30	43.10	22.30	43.10	22.30	43.10	43.10	28.50	37.20	22.30	28.50	22.30	22.30
0.00039	0.00039	0.00388	0.00146	0.00039	0.00146	0.00039	0.00146	0.00146	0.00064	0.00109	0.00039	0.00064	0.00039	0.00039
0.13	0.19	4.19	1.51	0.10	1.41	0.23	1.18	0.83	0.35	0.52	0.20	0.32	0.24	0.08
0.33	0.49	1.08	1.03	0.26	0.97	0.59	0.81	0.57	0.55	0.48	0.51	0.50	0.61	0.20
0.06	0.12	0.58	0.54	0.03	0.47	0.17	0.33	0.16	0.15	0.11	0.13	0.13	0.19	0.02
-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00
1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
<b>71.55</b>	<b>144.48</b>	<b>165.57</b>	<b>271.07</b>	<b>44.01</b>	<b>238.76</b>	<b>205.82</b>	<b>171.69</b>	<b>89.48</b>	<b>135.59</b>	<b>77.10</b>	<b>158.88</b>	<b>114.85</b>	<b>222.70</b>	<b>29.11</b>
0.19	1.10	1.27	1.63	0.17	2.36	0.78	0.69	0.42	0.56	0.29	0.60	0.53	0.85	0.18

37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
1.70	7.20	4.30	5.40	4.30	3.70	4.30	7.20	7.40	3.80	7.50	3.80	7.50
Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico
50	50	32	32	25	32	25	25	32	20	32	32	25
54.50	54.50	37.20	37.20	28.50	37.20	28.50	28.50	37.20	22.30	37.20	37.20	28.50
0.00233	0.00233	0.00109	0.00109	0.00064	0.00109	0.00064	0.00064	0.00109	0.00039	0.00109	0.00109	0.00064
2.16	1.34	0.51	0.83	0.30	0.53	0.31	0.22	0.82	0.18	0.65	0.47	0.18
0.93	0.57	0.47	0.76	0.47	0.49	0.49	0.34	0.75	0.46	0.60	0.43	0.28
0.43	0.16	0.11	0.29	0.11	0.12	0.12	0.06	0.28	0.11	0.18	0.09	0.04
-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00
1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
<b>167.72</b>	<b>69.27</b>	<b>74.38</b>	<b>183.30</b>	<b>101.91</b>	<b>79.87</b>	<b>108.29</b>	<b>57.38</b>	<b>179.23</b>	<b>130.71</b>	<b>116.56</b>	<b>63.94</b>	<b>39.57</b>
0.29	0.50	0.32	0.99	0.44	0.30	0.47	0.41	1.33	0.50	0.87	0.24	0.30

# Tubagem Amoníaco:

Informação retirada do catálogo da Indimante.



## TUBO AÇO INOX 316

referência	diâmetro (mm)	espessura (mm)	preço / m
N316-10.1	10	1,0	2,86 €
N316-12.1	12	1,0	3,20 €
N316-15.1	15	1,0	3,49 €
N316-18.1	18	1,0	4,16 €
N316-22.1,2	22	1,2	5,99 €
N316-28.1,2	28	1,2	7,72 €
N316-35.1,5	35	1,5	11,87 €
N316-42.1,5	42	1,5	14,45 €
N316-54.1,5	54	1,5	18,85 €
N316-76.2	76,1	2,0	35,07 €

# Dimensionamento Tubagem Amoníaco:

A tubagem foi dimensionada através do software “CoolSelector 2” da Danfoss.

Sistema: Seco

Clique no diagrama para selecionar a linha:  
**Linha selecionada: Linha de descarga**

Refrigerante: R717 (Ammonia)  
Conexões: Tudo

**Condições de operação**

Capacidade: Carga térmica: 81,70 kW  
Fluxo de massa na linha: 266,1 kg/h  
Capacidade de aquecimento: 105,5 kW

Evaporação: Temperatura: -30,0 °C  
Superaquecimento útil: 10,0 K  
Superaquecimento adicional: 0 K

Condensação: Temperatura: 40,0 °C  
Sub-resfriamento: 10,0 K  
Sub-resfriamento adicional: 0 K

Critérios de seleção:  
 Queda de pressão: Padrão bar  
 Velocidade: 15,00 m/s

Critérios de seleção padrão:  
Comprimento: 10,00 m  
Ângulo: 0 grau

Linha de descarga (Sistema de expansão seco, R717, Tubulação).  
**Seleção: Tubo de aço inoxidável ANSI SS 3/8**

Selecioneado	Tipo	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocidade, entrada [m/s]	Velocidade, saída [m/s]	Resultado
<input checked="" type="radio"/>	ANSI SS 3/8	10	5,324	14,4	1,437	74,57	113,8	✓
<input type="radio"/>	ANSI SS 1/2	15	1,381	3,3	0,332	46,76	51,37	✓

Sistema: Seco

Clique no diagrama para selecionar a linha:  
**Linha selecionada: Linha de líquido**

Refrigerante: R717 (Ammonia)  
Conexões: Tudo

**Condições de operação**

Capacidade: Carga térmica: 81,70 kW  
Fluxo de massa na linha: 266,1 kg/h  
Capacidade de aquecimento: 105,5 kW

Evaporação: Temperatura: -30,0 °C  
Superaquecimento útil: 10,0 K  
Superaquecimento adicional: 0 K

Condensação: Temperatura: 40,0 °C  
Sub-resfriamento: 10,0 K  
Sub-resfriamento adicional: 0 K

Critérios de seleção:  
 Queda de pressão: Padrão bar  
 Velocidade: 1,00 m/s

Critérios de seleção padrão:  
Comprimento: 10,00 m  
Ângulo: 0 grau

Linha de líquido (Sistema de expansão seco, R717, Tubulação).  
**Seleção: Tubo de aço inoxidável ANSI SS 3/8**

Selecioneado	Tipo	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocidade, entrada [m/s]	Velocidade, saída [m/s]	Resultado
<input checked="" type="radio"/>	ANSI SS 3/8	10	0,066	0,2	0,015	1,02	1,02	✓
<input type="radio"/>	ANSI SS 1/2	15	0,020	0,0	0,005	0,64	0,64	✓

Sistema: Seco

Clique no diagrama para selecionar a linha:  
**Linha selecionada: Linha de sucção**

Refrigerante: R717 (Ammonia)  
Conexões: Tudo

**Condições de operação**

Capacidade: Carga térmica: 81,70 kW  
Fluxo de massa na linha: 266,1 kg/h  
Capacidade de aquecimento: 105,5 kW

Evaporação: Temperatura: -30,0 °C  
Superaquecimento útil: 10,0 K  
Superaquecimento adicional: 0 K

Condensação: Temperatura: 40,0 °C  
Sub-resfriamento: 10,0 K  
Sub-resfriamento adicional: 0 K

Critérios de seleção:  
 Queda de pressão: Padrão bar  
 Velocidade: 12,00 m/s

Critérios de seleção padrão:  
Comprimento: 2 m  
Ângulo: 0 grau

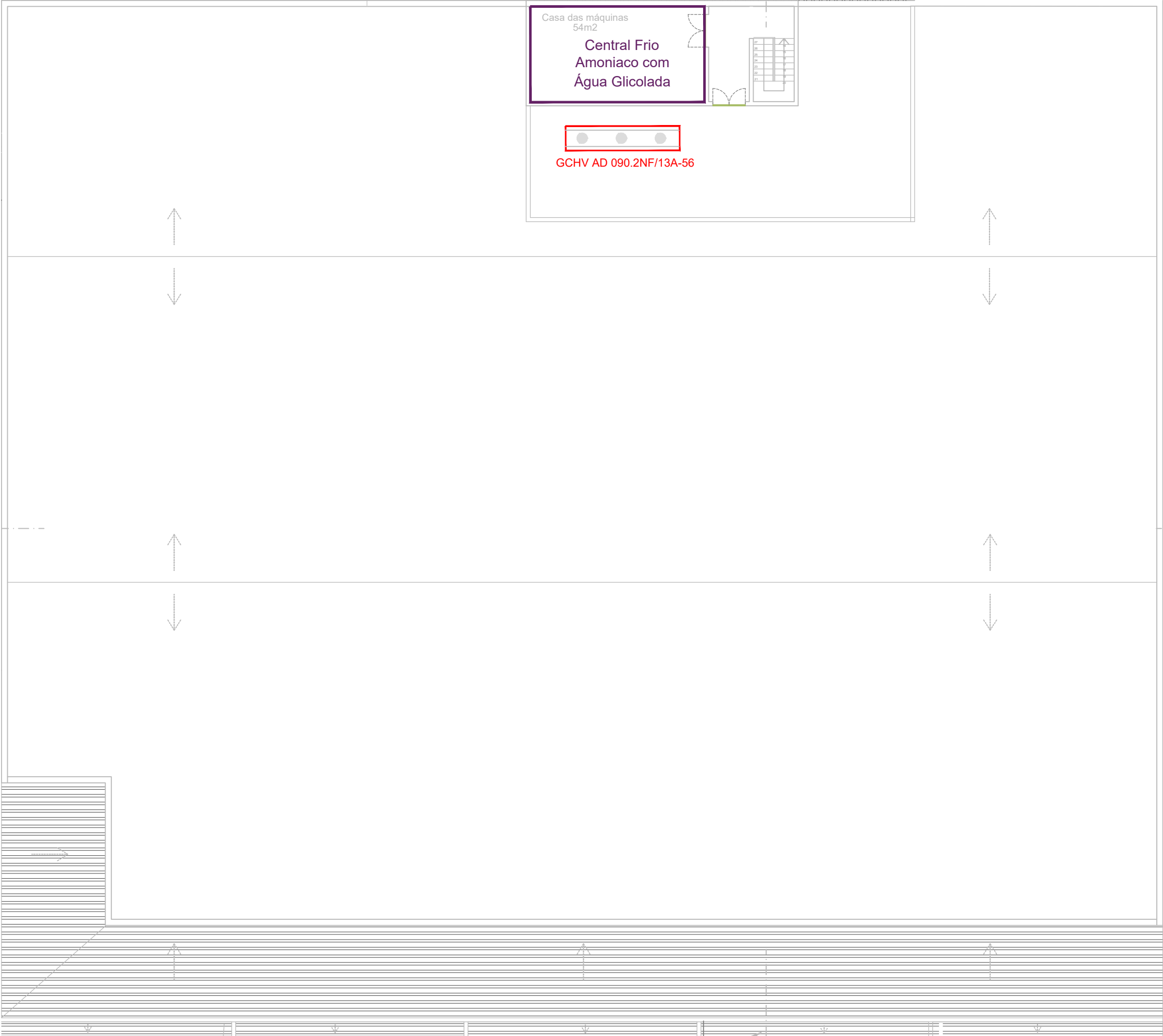
Linha de sucção (Sistema de expansão seco, R717, Tubulação).  
**Seleção: Tubo de aço inoxidável ANSI SS 1**

Selecioneado	Tipo	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocidade, entrada [m/s]	Velocidade, saída [m/s]	Resultado
<input type="radio"/>	ANSI SS 3/4	20	0,394	7,9	5,282	216,3	322,8	⚠
<input checked="" type="radio"/>	ANSI SS 1	25	0,107	1,9	1,268	133,9	147,0	✓

# **Anexo C2- Desenho Implementação de Frígodifusores**



# **Anexo C3- Desenho Implementação da Central e Condensador**



# **Anexo C4- Desenho Implementação da Tubagem**

