



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Câmara frigorífica com atmosfera controlada para conservação de produtos frutícolas refrigerados

DANIEL MENDES DE ALMEIDA
(Licenciado em Engenharia do Ambiente)

Trabalho final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica
(ramo de energia, refrigeração e climatização)

Orientador:

Prof. Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogal: Prof. Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Vogal: Prof. Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

setembro de 2015



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Câmara frigorífica com atmosfera controlada para conservação de produtos frutícolas refrigerados

DANIEL MENDES DE ALMEIDA
(Licenciado em Engenharia do Ambiente)

Trabalho final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica
(ramo de energia, refrigeração e climatização)

Orientador:

Prof. Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogal: Prof. Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Vogal: Prof. Especialista Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

setembro de 2015

Agradecimentos

Ao professor Francisco Manuel Gonçalves dos Santos, pela sua orientação, apoio e disponibilidade durante a execução do trabalho.

Um agradecimento especial à colega de Mestrado Maria Ferreira, pela ajuda prestada.

Aos meus amigos e á minha família pelo apoio e incentivo.

Resumo

O trabalho de projeto final de Mestrado, corresponde à conceção de uma câmara frigorífica com atmosfera controlada para conservação de produtos frutícolas refrigerados, em que o fruto escolhido foi o kiwi. Foi feita uma caracterização do fruto e principais propriedades e enquadramento da sub-fileira do kiwi em Portugal. Foram abordados os fatores de conceção da câmara frigorífica com atmosfera controlada e apresentadas as diferenças relativamente à atmosfera normal. Seguidamente foi apresentado a planta de instalação, que irá possuir 3 câmaras frigoríficas com atmosfera controlada, zona de lavagem, zona de calibragem e triagem, tanque de pré-arrefecimento, zona de embalamento, sala das máquinas, armazém e área administrativa. A parte mais técnica corresponde ao dimensionamento e conceção da instalação frigorífica e da câmara frigorífica de atmosfera controlada. No final identificou-se o impacte ambiental, análise financeira, pontos críticos e as mais-valias da solução.

Palavras-chave: kiwi, Instalação frigorífica, câmara frigorífica, atmosfera controlada, conservação

Abstract

The working end of Master design corresponds to the design of a cooling chamber with controlled atmosphere to refrigerated storage kiwi. It was made a characterization of fruit and main properties and environment of the kiwi sub-row in Portugal. The design factor of the refrigerator was approached of controlled atmosphere and shows the differences from the normal atmosphere. Then it was presented the installation of plant, which will have 3 cold rooms with controlled atmosphere, washing area, sizing and sorting area, pre-cooling tank, packing area, engine room, warehouse and administrative area. The most technical part corresponds to the sizing and design of the cooling installation and the refrigerator in a controlled atmosphere. At the end identified the environmental impact, financial analysis, critical points and the gains of the solution.

Keywords: kiwi, refrigerated installation, cold storage, controlled atmosphere, conservation

Índice:

1. Objetivos	10
2. Introdução	10
2.1 Kiwi no Mundo.....	11
2.2 História do kiwi em Portugal.....	12
2.3 Propriedades do kiwi	13
2.4 Objetivo do armazenamento refrigerado	14
2.5 Sub-fileira do kiwi em Portugal	15
2.6 Tipificação de uma instalação frigorífica	16
3. Fatores de conceção da câmara frigorífica.....	18
3.1 Colheita.....	18
3.2 Processos fisiológicos dos produtos hortofrutícolas frescos na pós-colheita....	19
3.2.1 A respiração	20
3.2.2 A transpiração	21
3.2.3 O etileno.....	21
3.3 Pós colheita	23
3.3.1 Triagem e limpeza dos kiwis.....	24
3.3.2 Calibragem Separação em Categorias	24
3.3.3 Pré arrefecimento	25
3.3.4 Conservação do kiwi em atmosfera normal.....	25
3.3.5 Conservação do kiwi em atmosfera controlada	27
3.3.6 Embalamento	32
4. Dimensionamento e conceção da instalação frigorífica.....	34
4.1 Localização e características psicométricas da instalação frigorífica	34

4.2	Produção útil de kiwis a refrigerar	34
4.3	“Lay-out” da instalação	35
4.4	Teto.....	36
4.5	Pavimento	36
4.6	Paredes da instalação frigorífica.....	37
4.7	Paredes da câmara frigorífica	38
4.8	Calibrador	39
4.9	Tanque de Pré arrefecimento.....	40
4.10	Dimensionamento das câmaras frigoríficas de kiwi.....	43
5.	Balanço térmico	44
5.1	Balanço térmico da câmara 1.....	45
5.1.1	Transmissão de calor através das paredes, tetos e pavimentos (Q1)	45
5.1.2	Carga térmica da renovação do ar (Q2)	47
5.1.3	Cargas térmicas devido a abertura de portas (Q3).....	49
5.1.4	Carga térmica devido à iluminação (Q4).....	51
5.1.5	Carga térmica devido ao pessoal de estiva (Q5).....	52
5.1.6	Carga térmica devido a empilhadores (Q6)	52
5.1.7	Cargas térmicas devido à temperatura de entrada dos produtos (Q7)	53
5.1.8	Carga térmica devido ao calor de respiração dos frutos (Q8).....	53
5.1.9	Potência frigorífica da câmara 1	54
5.2	Porta pivotante a ser utilizada nas câmaras	55
5.3	Balanço térmico da câmara 2.....	56
5.4	Balanço térmico da câmara 3.....	57
6.	Descrição teórica do funcionamento dos ciclos de expansão direta	58
7.	Seleção dos equipamentos para as câmaras	61

7.1 Seleção dos evaporadores.....	61
7.2 Seleção dos compressores	67
7.3 Seleção das Válvulas de retenção.....	69
7.4 Seleção do Condensador.....	70
7.5 Tubagens.....	76
7.6 Depósitos de líquido	81
7.7 Válvulas de expansão termostáticas	82
7.8 Válvula selenoide	84
7.9 Válvulas de corte	85
7.10 Pressostatos.....	86
7.11 Separador de óleo	86
7.12 Visores de líquido.....	87
7.13 Filtros.....	88
8. Seleção de equipamentos da atmosfera controlada.....	88
8.1 Absorvedor de dióxido de carbono.....	89
8.2 Catalisador de etileno	91
8.3 Gerador de azoto/ queimador de oxigénio.....	92
8.4 Equipamento de controlo e gestão dos níveis de gases	94
8.5 Válvula equalizadora de pressão	95
9. Impacte ambiental da instalação frigorífica	96
10. Análise do preço do kiwi.....	99
11. Considerações finais.....	100
12. Bibliografia.....	101
Anexo I – Desenhos dos compressores.....	104
Anexo II – Desenho da planta de instalação em autocad.....	107

Anexo III – Diagrama da instalação em autocad	109
Anexo IV – Tabelas de seleção de equipamentos dos fabricantes	111

Índice de figuras:

Figura 1: Produtores mundiais de kiwi em 2011 [49].....	11
Figura 2: Fruto kiwi, espécie Hayward [50].	14
Figura 3: Taxa de respiração do kiwi a 5°C [6].....	20
Figura 4: Atmosfera recomendada para alguns frutos à temperatura de 0°C [10].	27
Figura 5: Estudo comparativo entre atmosfera normal e controlada [11].....	29
Figura 6: Firmeza do kiwi em diferentes condições de atmosfera controlada [18].	30
Figura 7: Princípio de funcionamento da atmosfera controlada [12].....	31
Figura 8: Exemplo de uma instalação frigorífica de atmosfera controlada [13].....	31
Figura 9: Caixa plástica para escoar o produto para destino final [15].....	33
Figura 10: Embalagem de cartão para escoar o produto para destino final [16].....	33
Figura 11: Pavimento em cortiça do fabricante SOFALCA [35].....	37
Figura 12: Painéis sandwich isotérmicos [36].....	38
Figura 13: Pannel de Poliestireno [37].....	39
Figura 14: Calibrador eletrónico de 2 linhas da Gramaser Advanced [14].....	40
Figura 15: Palete para colocar as caixas.....	44
Figura 16: Caixa de pvc para colocar kiwis.	44
Figura 17: Fronteiras das câmaras e respetivas temperaturas.	46
Figura 18: Porta pivotante a ser utilizada nas câmaras frigoríficas da marca Frigoríficos Brigido [24].....	55
Figura 19: Representação Esquemática do ciclo ideal de expansão direta [25].	59
Figura 20: Diagrama P-H do ciclo ideal de refrigeração [52].....	60
Figura 21: Figura do evaporador a instalar MT da marca Centauro [28].	64
Figura 22: Desenho do evaporador [28].....	65
Figura 23: Programa da Bitzer para a determinação do compressor [26].	68
Figura 24: Desenhos do condensador escolhido [28].....	75
Figura 25: Imagens do condensador [28].....	75

Figura 26: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem [29].	77
Figura 27: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem [29].	78
Figura 28: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem da câmara 2, ou seja 2-1/8" [29].	79
Figura 29: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem da câmara 2 [29].	80
Figura 30: Ábaco que consta do catálogo da Bitzer, para determinar o volume do depósito de líquido [30].	81
Figura 31: Válvula selenoide da danfoss [27].	85
Figura 32: Absorvedor de dióxido de carbono [32].	90
Figura 33: Catalisador de etileno [32].	92
Figura 34: Princípio de funcionamento do Gerador de azoto/ queimador de Oxigénio [32].	93
Figura 35: Gerador de azoto/ queimador de Oxigénio [32].	94
Figura 36: Equipamento de controlo e gestão dos níveis de gases [32].	95
Figura 37: Válvula equalizadora de pressão [32].	96
Figura 38: Global-warming potencial do R134a [38].	98

Índice de tabelas:

Tabela 1: Produtores mundiais de kiwi em 2014 [2].	12
Tabela 2: Tempo de vida médio (dias) na conservação a longo prazo [4].	15
Tabela 3: Classificação de alguns hortofrutícolas de acordo com a taxa de respiração [8].	21
Tabela 4: Sensibilidade ao etileno do kiwi a 20°C [8].	23
Tabela 5: Relação entre calibre e peso (*Número de frutos/3kg) [5].	25

Tabela 6: Classificação de frutas e hortaliças quanto à sua perecibilidade relativa e longevidade [8].....	26
Tabela 7: Características da atmosfera controlada [4].	28
Tabela 8: Benefícios potenciais da atmosfera controlada [8].	30
Tabela 9: Temperatura externa de projeto para a Figueira da Foz [50].	34
Tabela 10: Método de arrefecimento rápido recomendado para diferentes produtos hortofrutícolas [8].....	41
Tabela 11: Seleção do chiller da marca HIDROS.....	42
Tabela 12: Volumes específicos e entalpia para as condições no interior e exterior da câmara.	49
Tabela 13: Valor do dt [25].	51
Tabela 14: Calor libertado por pessoas [25].....	52
Tabela 15: Valor da respiração do kiwi [23].	54
Tabela 16: Tabelas dos fatores de correção dos evaporadores [28].	62
Tabela 17: Seleção do evaporador [28].	63
Tabela 18: Dados dimensionais do evaporador [28].	64
Tabela 19: Seleção do Evaporador [28].	66
Tabela 20: Seleção dos evaporadores para as câmaras.	67
Tabela 21: Característica dos compressores para as câmaras 1 e 3 [26].	68
Tabela 22: Características do compressor, modelo 6JE-22Y-40P para a câmara 2 [26]. .	69
Tabela 23: Características das válvulas de retenção do fabricante Danfoss.	70
Tabela 24: Critérios a considerar e fatores de correção para a seleção dos condensadores [28].	71
Tabela 25: Seleção de FR a considerar [28].	72
Tabela 26: Fatores de correção a considerar no cálculo [28].	73
Tabela 27: Identificação do condensador escolhido com uma capacidade de 168,11 kw [28].	74
Tabela 28: Seleção do modelo do depósito de líquido da Bitzer.	82
Tabela 29: Seleção das válvulas de expansão termostática da Danfoss [27].	83
Tabela 30: Resumo do número e dos modelos de válvulas de expansão termostática da Danfoss a utilizar [27].	83

Tabela 31: Características da válvula selenoide da Danfoss [27].	84
Tabela 32: Características e seleção da válvula de corte da danfoss.	85
Tabela 33: Dados do separador de óleo [31].	86
Tabela 34: Fator de correção do separador de óleo [31].	87
Tabela 35: Seleção do visor de líquido AMI-2S17 [31].	87
Tabela 36: Dados do filtro para o circuito [31].	88
Tabela 37: Dados do absorvedor de dióxido de carbono do fabricante ABSOGER [32].	89
Tabela 38: Dados do catalisador de etileno [32].	91
Tabela 39: Seleção do Gerador de azoto/ queimador de Oxigénio [32].	93
Tabela 40: cotações do kiwi no mercado produtor e abastecedor em 2014 e 2015 [47].	99

Lista de abreviaturas

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

APK - Associação Portuguesa de Kiwicultores

CE - Comissão europeia

AC - atmosfera controlada

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

SIMA - Sistema de Informação de Mercados Agrícolas

S.S.T - Sólidos solúveis totais

CMS - Peneira Molecular de Carbono

PSA - Pressure Swing Adsorption

GWP - Potencial de aquecimento global significativo

Símbolos

U – Coeficiente de transmissão térmica ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

λ - Condutividade térmica ($W/m^\circ C$);

ΔT – Diferença de temperatura entre as duas faces da porta ($^\circ C$);

t_{ab} – Tempo de abertura da porta expresso em (min/hora);

v_{int} – Volume específico do ar interior (m^3/kg);

v_{ext} – Volume específico do ar exterior (m^3/kg);

h_i – Entalpia específica do ar interior (kJ/kg);

h_e – Entalpia específica do ar exterior (kJ/kg);

L – Largura da porta (m);

H – altura da porta (m);

A – Área (m^2);

dt – Duração média da abertura das portas em minutos para permitir a passagem de uma tonelada de produto (min/ton);

fd – Fluxo diário de produto (t);

m – Caudal mássico de ar exterior que entra na câmara (kg/s);

Δh – Diferença de entalpias entre o ar exterior e o ar da câmara frigorífica (J/kg);

Vdiário - Caudal volumétrico diário de ar exterior (m³/dia);

v – Volume específico do ar exterior (m³/Kg);

Q – Carga térmica devido à iluminação da câmara (W);

A – Área do tecto (m²);

q – Carga térmica das lâmpadas (W/m);

t – Tempo funcionamento ou de permanência(h);

h – Horas de funcionamento do local (h);

n – Número de pessoas;

q – Quantidade de calor libertado pelas pessoas (W);

N – Número de empilhadores;

P – Potência eléctrica do empilhador (W);

Prev – potência frigorífica provisional (W);

Qint – Carga frigorífica térmica intermédia (W);

Pint – potência frigorífica intermédia (W);

1. Objetivos

O trabalho de projeto corresponde à conceção de uma instalação frigorífica com atmosfera controlada para conservação de produtos frutícolas refrigerados, que neste caso será o kiwi. Desta forma pretende-se definir regras e critérios de dimensionamento otimizado, definir soluções técnicas, tecnológicas e termodinâmicas adequadas à conservação e fundamentar e justificar as opções realizadas, de forma a permitir retirar conclusões de forma comparada relativamente com a não utilização de atmosfera controlada.

Na parte inicial do projeto irá ser apresentado o enquadramento da sub-fileira do kiwi em Portugal e características do fruto. Seguidamente irá ser apresentado a conceção da instalação frigorífica com atmosfera controlada para conservação deste fruto.

Por outro lado pretende-se tipificar um projeto de frio industrial no setor hortofrutícolas, através do dimensionamento de câmaras de atmosfera controlada, para conservação de kiwis.

No final pretende-se identificar os pontos críticos e as mais-valias da solução, impacte ambiental e análise financeira.

2. Introdução

O kiwi apresenta boa aceitação no mercado consumidor, nomeadamente pelo sabor, possuindo altos teores de vitamina C, potássio, cálcio e outros minerais.

É de importância fundamental a conservação das propriedades do produto ao longo da cadeia de distribuição, visto que é bastante suscetível a alterações indesejáveis quando as condições não são devidamente controladas. Desta forma os dois sistemas mais utilizados

na conservação deste fruto são a atmosfera normal e a atmosfera controlada da qual incidirá o presente trabalho.

2.1 Kiwi no Mundo

Dados da FAO [49], como se pode constatar na figura seguinte, o maior produtor mundial de kiwis corresponde à Itália seguida da Nova Zelândia. Portugal insere-se nos outros países com uma fatia de 11%.

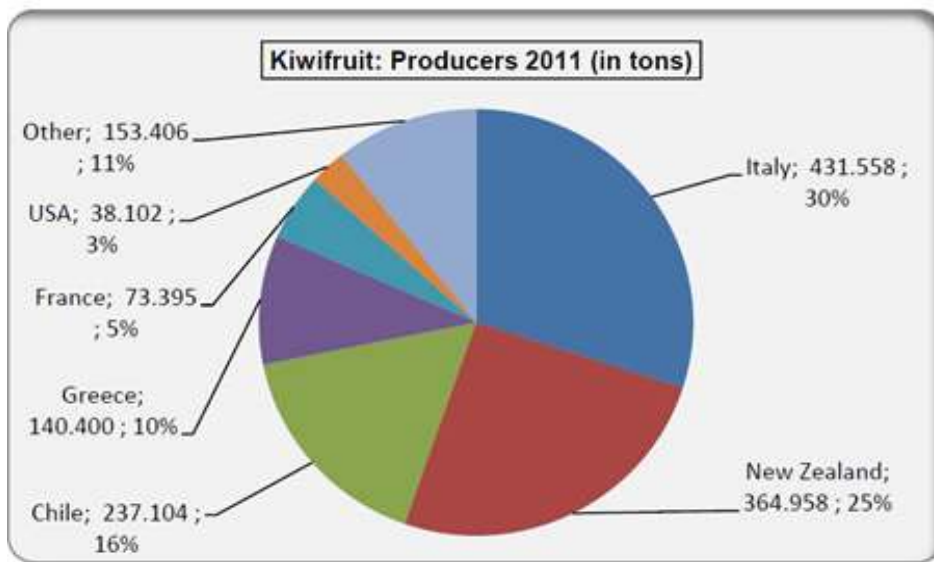


Figura 1: Produtores mundiais de kiwi em 2011 [49].

Como se constata na tabela seguinte Portugal é o décimo maior produtor de kiwis, a nível mundial. Os maiores importadores de kiwi correspondem à Bélgica, Espanha e Alemanha [1].

Rank	Area	Production (\$1000)	Production (MT)
1	Italy	313,913	297,4444
2	New Zealand	307,026	376,400
3	Chile	195,765	240,000
4	Greece	131,652	161,400
5	France	53,226	65,253
6	Turkey	30,001	36,781
7	Iran (Islamic Republic of)	26,102	32,000
8	Japan	22,839	28,000
9	United States of America	21,903	26,853
10	Portugal	20,392	25,000

Tabela 1: Produtores mundiais de kiwi em 2014 [2].

2.2 História do kiwi em Portugal

A *Actinidea*, nome científico da planta do kiwi, é oriunda da China, do vale do Rio Yantzé. Por volta do século XVI, um Padre jesuíta francês, Incarville, trouxe a planta para a Europa, contudo, só a partir de 1970 é que esta cultura começou a ter expressão na Europa. Em 1924 foi desenvolvida a variedade Hayward que produz os frutos, que ainda hoje encontramos no mercado.

A cultura do Kiwi é relativamente recente em Portugal, tendo as primeiras plantações ocorrido no início da década de 80. A partir de 1986, após os excelentes resultados económicos observados com a entrada em produção dos primeiros pomares instalados, com preços de mercado elevados por via da novidade, assistiu-se a um incremento significativo das plantações até 1992, ano em que se verificou uma quebra acentuada dos preços, que originou perturbação no mercado e retraiu o interesse crescente que esta

cultura estava a despertar. No entanto a partir de 2000, voltou a verificar-se interesse pela cultura devido ao início da expedição de Kiwi nacional de qualidade superior para Espanha, a preços muito atrativos.

Portugal produz anualmente cerca de 20 000 toneladas de kiwi numa área de 1000 hectares, com cerca de 300 produtores e 5 grandes Organizações de Comercialização [7].

2.3 Propriedades do kiwi

A variedade mais comum em Portugal é a Hayward, que produz frutos de bom calibre e com boa capacidade de conservação frigorífica.

O kiwi é importante no uso medicinal, uma vez que é “um tesouro” de vitaminas e minerais. Esta fruta contém duas vezes mais vitamina C que a laranja, e é rica em betacaroteno. Também é rica em potássio, um mineral vital para o nosso organismo, cuja deficiência pode produzir problemas de tensão arterial, depressão, stresse e disfunções digestivas [3].

Os frutos representam um importante e rico componente da nutrição saudável e são vitais para a saúde humana, bem-estar e um estilo de vida ativo. A qualidade dos frutos está associada a uma série de atributos como o aspeto, textura, sabor, valor nutritivo e estes são determinados pelo estado de maturação. O conteúdo de fibra desta fruta corresponde a um excelente regulador intestinal [18].

Como curiosidade na compra de kiwi deve optar-se por frutos de polpa macia que não estejam moles nem de aspeto enrugado. Para os escolher deve-se carregar suavemente com o polegar na zona média do fruto. A polpa deve apresentar ligeira resistência e voltar à forma inicial depois de se retirar o dedo. Os frutos demasiado maduros são desagradáveis ao paladar [45].



Figura 2: Fruto kiwi, espécie Hayward [50].

2.4 Objetivo do armazenamento refrigerado

O armazenamento de longo prazo, ou seja, de vários meses permite estabilizar a temperatura da câmara para que num sistema bem dimensionado se mantenha a temperatura a níveis ótimos.

O armazenamento permite:

- Equilibrar os volumes colhidos e os volumes vendidos;
- Prolongar o período de comercialização;
- Retardar a venda para obter preços superiores ou acesso a outros mercados;
- Regularizar os mercados, permitindo uma distribuição mais uniforme ao nível do retalho;
- Reduzir a frequência de compra pelo consumidor; empresa de restauração ou intermediários.

Um produto deve dispor de uma qualidade inicial que lhe permita a vida prevista em armazenamento e ainda uma vida em prateleira compatível com a respetiva distribuição e consumo.

2.5 Sub-fileira do kiwi em Portugal

A variedade mais comum em Portugal é a Hayward, que produz frutos de bom calibre e com boa capacidade de conservação frigorífica. A campanha de comercialização do kiwi inicia-se, por norma, em finais de outubro e termina em julho/agosto do ano seguinte, conservando-se o kiwi em câmaras frigoríficas, durante este período.

Produto	Tempo de vida médio (dias)	Tempo de vida médio em AC (dias)
Maçã	30 a 80	90 a 300
Abacate	24 a 28	28 a 42
Kiwi	90 a 150	150 a 240
Mangas	14 a 21	21 a 42
Espargos	7 a 14	14 a 28
Morangos	5 a 7	12 a 14
Melões	14 a 21	21 a 35

Tabela 2: Tempo de vida médio (dias) na conservação a longo prazo [4].

A fileira apresenta atualmente um nível de organização interessante, tendo sido realizados investimentos significativos em novas plantações, estruturas de comercialização e também a nível associativo, salientando a Associação Portuguesa de Kiwicultores (APK), entidade de direito privado que tem por objetivo a defesa dos interesses socioprofissionais e económicos dos produtores associados.

Os circuitos de comercialização assentam, fundamentalmente, em empresas e organizações de produtores, com boa capacidade de armazenagem e refrigeração. No caso das pequenas explorações, o kiwi é escoado via centrais fruteiras ou vendido sem

qualquer normalização a operadores locais. Há produtores que, pela maior dimensão dos seus pomares e pela sua capacidade empresarial, têm meios próprios e autónomos de distribuição, fornecendo o produto devidamente conservado, normalizado e embalado.

O mercado interno tem sido a principal via de escoamento da produção nacional. O produto destina-se, na grande maioria, ao abastecimento das grandes superfícies de venda, mas também aos mercados abastecedores, retalhistas e importadores.

Deve-se salientar que os operadores espanhóis têm adquirido quantidades significativas de kiwi, no início de campanha, beneficiando da antecipação da produção nacional, relativamente à do seu país.

2.6 Tipificação de uma instalação frigorífica

De seguida irá ser apresentado como se constitui de forma geral uma instalação frigorífica [4].

Câmaras frigoríficas: Num entreposto frigorífico desenvolvido num único andar, a disposição das câmaras e espaços frigoríficos é geralmente simples, sendo construídas lado a lado, devendo comunicar facilmente com os cais de carga e descarga, articulando-se a sua disposição por meio de corredores que facilitem a logística interna de movimentação de produtos e pessoas.

As câmaras devem estar integradas, nos processos de pré-arrefecimento, congelação, descongelação de acordo com a lógica dos blocos e a lógica dos processos produtivos.

Sala de máquinas: A acessibilidade à sala de máquinas deve ser garantida, facilitando a receção de equipamento pesado e robusto, pelo que este fator irá influir na conceção dos acessos externos e envolventes do entreposto, permitindo-se assim a aproximação de veículos pesados de carga.

Áreas de processamento: As salas de processamento são muito diversificadas dependendo da unidade agro-industrial associada ao entreposto. Desta forma o tipo de equipamento e

os meios existentes dependem dos processos, das tecnologias e das capacidades produtivas. Enquadradas na atividade produtiva e na linha do processo produtivo a distribuição dos espaços dentro da unidade industrial, deve ser efetuada de forma lógica, contínua e racional. Deve haver uma implantação em espaço de fácil acesso às câmaras frigoríficas de matéria-prima e de produto acabado. Por outro lado deve haver espaço suficiente para a implantação de equipamentos de tratamento e processamento, meios auxiliares de trabalho, movimentação de produto e pessoas. Neste caso a área de processamento corresponde à zona de limpeza, triagem e calibragem.

Armazém de paletes, embalagens e caixas: As características desses materiais e as condições de utilização, exigem a armazenagem em locais próprios e adequados, implantados em áreas separadas dos espaços de processamento, tratamento e conservação de produtos perecíveis. O local de armazenagem deve possuir um acesso direto ao exterior ou em alternativa não cruzar com as salas de processamento, tratamento e conservação de produtos alimentares.

A área de armazenagem deverá ser fechada de forma a obstar que os materiais se deteriorem, ter acesso direto ao exterior e prever portas à dimensão dos meios de movimentação.

Serviços sociais e administrativos: é recomendável que os serviços sociais e administrativos fiquem implantados num único bloco, de preferência articulado com o bloco do entreposto frigorífico. Os serviços sociais deverão merecer cuidado da parte do engenheiro projetista para incluir no projeto os espaços seguintes, com atenção aos detalhes de localização e características de serviço em função da atividade ser dirigida para apoio ao cliente, à administração e gerência ou aos trabalhadores:

- Bar e cantina;
- Salas de convívio e salas de estar;
- Salas de reunião;
- Casas de banho;
- Vestiários.

Serviços administrativos: incluem áreas de contato com o público e com clientes, obrigando a cuidados especiais no dimensionamento, arquitetura e decoração, importantes para criarem conforto e bem-estar a terceiros, que por obrigações profissionais têm de se deslocar ao entreposto frigorífico.

Para as áreas dos serviços administrativos devem ser previstas os seguintes espaços de apoio:

- Recepção e acompanhamento de clientes;
- Salas de reunião;
- Sala para a gerência;
- Sala de espera;
- Sala para administrador;
- Salas de contabilidade e tesouraria;
- Casas de banho de apoio a estes serviços.

3. Fatores de concepção da câmara frigorífica

3.1 Colheita

A colheita é uma das técnicas que mais pode influenciar o período de conservação. Os dois critérios mais usados internacionalmente como índices de maturação do kiwi são o teor de sólidos solúveis (Brix) e a dureza da polpa. O teor de sólidos solúveis (Brix) varia com as condições e deve apresentar à colheita um valor mínimo de 6,2 Brix. A amostra para ensaio deve ser constituída por um mínimo de dez frutos colhidos aleatoriamente no pomar. O valor da dureza da polpa à colheita deve estar compreendido entre 5,5-8 kg [5]. A colheita dos kiwis é feita desde os finais de Outubro até Dezembro, dependendo do índice de maturação do mesmo.

Os kiwis devem ser colhidos com um teor médio em açúcar de 7,5-8% °Brix (mínimo de 6,2% °Brix) porque com valores inferiores a 6,2, o kiwi não atinge em conservação os valores mínimos de °Brix para consumo (12-14%) [18].

Desta forma os kiwis devem apresentar um desenvolvimento e um estado de maturação suficientes. Segundo o regulamento CE n.º 1673/2004 da comissão de 24 de setembro de 2004, os frutos devem ter atingido o seguinte grau de maturação:

- No estágio do acondicionamento na região de produção e para a entrega seguinte efetuada pelo acondicionador, bem como nos estádios da exportação e da importação, de pelo menos 6,2° Brix ou 15 % de teor médio de matéria seca;
- Em todos os outros estádios de comercialização, de pelo menos 9,5° Brix.

Na colheita devem ser respeitados parâmetros de qualidade do produto a colher, nomeadamente:

- Inteiros;
- Sãos;
- Limpos, isentos de matéria estranha visível;
- Suficientemente firmes (não moles, enrugados ou inchados com água);
- Bem formados, excluindo frutos duplos ou múltiplos;
- Isentos de parasitas;
- Isentos de danos causados por parasitas;
- Isentos de odor ou/e sabor estranhos.

A colheita dos frutos deve ser feita sem pedúnculos para caixas desinfetados, com cuidado de modo a evitar feridas e em dias sem chuva. Os frutos devem apresentar-se na central inteiros, são, suficientemente firmes, bem formados e isentos de odor ou sabores estranhos.

3.2 Processos fisiológicos dos produtos hortofrutícolas frescos na pós-colheita

A pós-colheita tem como finalidade manter a máxima qualidade do produto, isto é, as suas características sensoriais ou organolépticas, nutritivas e sanitárias.

3.2.1 A respiração

A respiração dos produtos hortofrutícolas é medida pela taxa de respiração estando relacionada com a degradação dos hortofrutícolas. As taxas respiratórias mais elevadas correspondem a taxas de degradação mais rápidas. Na tabela 3, apresentam-se alguns produtos classificados de acordo com as suas taxas respiratórias, desde produtos com respirações baixas (frutos secos) a respirações elevadas (hortícolas). De seguida apresenta-se a equação que representa o processo de respiração.

Equação 1: $\text{Substrato} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{calor}$

A oxidação de uma mole de glucose (180 g) liberta 2880 kJ (686 kcal).

Pela observação da figura seguinte, constata-se que a taxa de respiração e a longevidade pós-colheita estão inversamente relacionadas. Os sistemas de manuseamento devem, ser concebidos de forma a minimizar a taxa de respiração dos produtos.

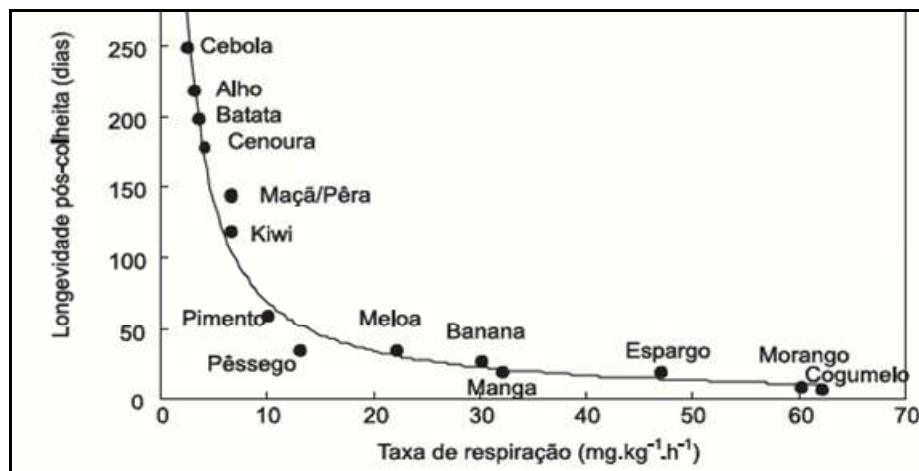


Figura 3: Taxa de respiração do kiwi a 5°C [6].

O produto utilizado ao longo deste trabalho, o kiwi, tem uma taxa de respiração reduzida como se constata na tabela seguinte.

Taxa respiratória	Produto
Muito reduzida	Noz, frutos e vegetais secos.
Reduzida	Maçã, limão, uva, kiwi, alho, cebola, batata.
Moderada	Pêssego, banana, cereja, alperce, nectarina, pêra, ameixa, figo, couve, cenoura, alface, tomate.
Elevada	Morango, abacate, amora, framboesa, couve flor.
Muito elevada	Feijão rasteiro, couve-de-bruxelas.
Extremamente Elevada	Espargo, brócolo, cogumelo, ervilha, espinafre.

Tabela 3: Classificação de alguns hortofrutícolas de acordo com a taxa de respiração [8].

3.2.2 A transpiração

A transpiração traduz-se na evaporação da água dos tecidos, mas ao invés das plantas em crescimento os produtos hortofrutícolas não podem repor a água perdida após separados da planta mãe. Esta perda de água do produto fresco depois da colheita é um problema, uma vez que leva, por um lado, à perda de peso e por outro, a perdas na aparência (emurchecimento) e textura (amolecimento, perda da propriedade estaladiço, perda de sumo) que podem levar à rejeição do produto por parte do consumidor.

A transpiração é influenciada por características do produto, tais como as características morfológicas, a relação superfície/volume, danos na epiderme, estado de maturação, sendo também influenciada por fatores externos, tais como, temperatura, humidade relativa e a circulação do ar.

3.2.3 O etileno

A presença de etileno em zonas de manuseamento de produtos hortofrutícolas provoca normalmente uma redução da vida pós-colheita de todos os produtos. O efeito mais dramático do etileno traduz-se no acelerar do amadurecimento e da senescência, aumentando a velocidade de degradação da clorofila e o amolecimento de frutos.

O etileno (C_2H_2) é uma hormona natural proveniente do produto do metabolismo das plantas, que regula o crescimento, desenvolvimento e senescência. De acordo com a sua sensibilidade ao etileno durante a maturação, os produtos podem ser classificados em duas categorias: climatéricos e não climatéricos. Se o fruto for climatérico, verifica-se que o etileno (produzido naturalmente ou adicionado externamente) tem a capacidade de desencadear o processo de amadurecimento do produto imaturo. Isto não se verifica para os frutos não climatéricos.

Geralmente a taxa de produção de etileno, aumenta com a maturação, a incidência dos danos físicos, as doenças e o aumento da temperatura. Por outro lado a taxa de produção de etileno, é reduzida em ambientes com oxigénio reduzido (<8%) e/ou dióxido de carbono elevado (>2%).

O kiwi corresponde a um fruto climatérico à temperatura ambiente. Para temperaturas de refrigeração comporta-se como não climatérico.

O etileno tem um papel fundamental no amadurecimento dos kiwis, sendo fundamental o controlo da sua produção. Os kiwis produzem etileno e amadurecem cerca de 19-20 dias após a colheita, à temperatura ambiente, comportando-se como frutos climatéricos. Os níveis de etileno nas câmaras de armazenamento podem ser controlados através da utilização de convetores catalíticos, como o permanganato de potássio e geradores de ozono ou arejando frequentemente as câmaras com ar novo.

Salienta-se que em algumas instalações frigoríficas a AC é combinada com equipamentos de remoção do etileno, utilizada para o armazenamento de frutas muito sensíveis ao

etileno, como o kiwi e variedades de maçã e pêra. De modo geral, reduz os efeitos negativos do etileno e mantém melhor as características organolépticas da fruta [8].

Salienta-se que o kiwi produz etileno a baixas temperaturas se tiver sido armazenado com feridas ou contusões ou estiver infetado com alguma doença como a Botrytis [18].

Desta forma é aconselhável colher os kiwis em dias sem chuva para diminuir a incidência das doenças de conservação [18].

CLASSE	PRODUÇÃO A 20 °C ($\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	PRODUTOS
Muito baixa	0,01 – 0,1	Cereja, citrinos, uva, morango, romã, batata, flores corte, hortícolas de folhas e raízes
Baixa	0,1 – 1,0	Mirtilo, pepino, quiabo, pimento, diospiro, ananás, framboesa
Moderada	1,0 – 10,0	Banana, figo, manga, tomate, alguns melões
Alta	10,0 – 100,0	Maçã, damasco, abacate, meloa, feijoa, kiwi, nectarina, pêssego, papaia, pêra, ameixa
Muito alta	>100,0	Maracujá, cherimoia

Tabela 4: Sensibilidade ao etileno do kiwi a 20°C [8].

3.3 Pós colheita

Após a colheita, os kiwis devem ser acondicionados e transportados rapidamente e em boas condições para a Instalação frigorífica. O transporte deve ser feito com cuidado de modo a evitar vibrações ou outros impactos fortes no fruto. Também a descarga dos mesmos, deve ser feita de forma a evitar danos mecânicos.

3.3.1 Triagem e limpeza dos kiwis

Na triagem dos kiwis a seleção deve ser extremamente rigorosa de modo a evitar a conservação de frutos que não irão ser comercializados. Devem ser rejeitados os frutos geminados, deformados e/ou podres. Desta forma reduzem-se os custos de conservação e no caso de podridões evita-se a contaminação dos frutos sãos. O produto que foi rejeitado, deve ser recolhido para contentor próprio e descartado logo que possível. Salienta-se que a eliminação de sujidade no kiwi deve ser feita com escovas e nunca pela ação da água.

3.3.2 Calibragem Separação em Categorias

Existem três categorias de qualidade do kiwi, extra, I e II. Na categoria extra deve ser incluído apenas produto de qualidade superior, isento de defeitos. Na categoria I é incluído produto de boa qualidade, sendo permitidos frutos com ligeiros defeitos de forma, desenvolvimento e coloração. O kiwi da categoria II pode apresentar alguns defeitos de forma, de desenvolvimento e de coloração um pouco mais pronunciados do que na categoria I [5].

Na calibragem são retirados os frutos que não fazem parte destas três categorias, frutos atacados pela *Botrytis* ou com feridas. A manipulação do kiwi na linha de calibragem é cuidada, de forma a evitar danos mecânicos nos frutos.

Os frutos destinados à conservação devem ser selecionados e calibrados antes de ser colocados na câmara e nunca armazenados com frutos que produzem etileno [18].

A separação por calibres é feita pelo peso dos frutos. Na tabela seguinte apresenta-se a relação entre o calibre e o peso. O kiwi com peso inferior a 65 g deve ser rejeitado. O peso mínimo para a categoria extra é de 90 g, para a categoria I é de 70g e para a categoria II é de 65 g [5].

Calibre*	Peso (g)
Refugo	0-65
46	65/70
42	70/75
39	75/80
36	80/85
33	85/95
30	95/105
27	105/115
25	115/125
20-23	>125

Tabela 5: Relação entre calibre e peso (*Número de frutos/3kg) [5].

3.3.3 Pré arrefecimento

Todos os produtos destinados a serem transportados ou armazenados a baixas temperaturas devem ser pré-arrefecidos antes de serem colocados à temperatura de armazenamento. O processo de arrefecimento pode ocorrer na câmara de conservação (arrefecimento em câmara), mas é frequentemente vantajoso que constitua uma operação separada designada por arrefecimento rápido ou pré-arrefecimento (precooling) [7].

3.3.4 Conservação do kiwi em atmosfera normal

Os kiwis em atmosfera normal devem ser armazenados a uma temperatura de 0°C, humidade relativa entre os 90-95%, concentração de oxigénio entre 1-2% e dióxido de carbono entre 3-5%. A temperatura não deve descer abaixo dos -0,5°C para não provocar o congelamento dos frutos.

Com o objetivo de avaliar o efeito das condições de armazenamento refrigerado de kiwi em atmosfera normal e controlada foi conduzido uma experiência durante o ano de 1994, no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita da Universidade Federal de Santa Maria. Nessa experiência foi concluído que cultivar a espécie Hayward apresenta maior capacidade de conservação em condições de atmosfera normal e controlada. Por outro lado conclui que o armazenamento em atmosfera controlada dobra o período de conservação em relação ao armazenamento em atmosfera normal. A condição de atmosfera controlada com 5%CO₂ e 2%O₂ proporciona, de modo geral, os melhores resultados para todas as espécies avaliadas. O mesmo estudo concluiu que o armazenamento do kiwi em atmosfera controlada é insubstituível para a conservação da qualidade do fruto por longos períodos, confirmando as afirmações de ARPAIA et al. (1980), McDONALD & HARMAN (1982) e MITCHELL et al. (1982) [9].

Outras fontes bibliográficas indicam um maior período de tempo para a conservação em atmosfera normal, nomeadamente 6 meses a 0°C [17].

PERECIBILIDADE RELATIVA	DURAÇÃO POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO (SEMANAS)	PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS
Muito elevada	< 2	Frutas: Amora, cereja, damasco, figo, framboesa, frutas minimamente processadas, mirtilo, morango. Hortaliças: Alface folhas, brócolo, cebola verde, cogumelos, couve-flor, ervilha, espargo, espinafre, hortaliças minimamente processadas, meloa, milho-doce, rebentos, tomate (maduro).
Elevada	2-4	Frutas: Abacate, ameixa, banana, goiaba, <i>loquat</i> , mandarina, manga, nectarina, papaia, pêssego, uva (sem tratamento com SO ₂). Hortaliças: Aboborinha (<i>courgette</i>), aipo, alcachofra, alfaces de repolho, berinjela, couve-de-bruxelas, couves-repolho, feijão-verde, melões, pepino-doce, pimento, quiabo, tomate (parcialmente maduro).
Moderada	4-8	Frutas: Diospiro, kiwi, laranja, lima, maçã (algumas cultivares), pêra (algumas cultivares), romã, toranja, uva (tratada com SO ₂). Hortaliças: Batata-primor, beterraba-mesa, cenoura, rabanete.
Reduzida	8-16	Frutas: Limão, maçã, pêra. Hortaliças: Abóboras, alho, batata (conservação), batata-doce, cebola, inhame.
Muito reduzida	> 16	Frutas: Amêndoa, avelã, castanha, noz.

Tabela 6: Classificação de frutas e hortaliças quanto à sua perecibilidade relativa e longevidade [8].

3.3.5 Conservação do kiwi em atmosfera controlada

Os produtos hortofrutícolas, em geral, necessitam de ser conservados para responder as necessidades de os guardar entre a altura da colheita e a altura da comercialização, o que poderá ser na própria estação de produção ou muito para além desta, como é o caso da conservação de longa duração.

O kiwi pode ser conservado por períodos longos, que podem oscilar entre os 6 a 9 meses. O armazenamento em AC baseia-se no princípio da modificação da concentração de gases na atmosfera natural, ou seja, a concentração de CO₂ é aumentada e a de O₂ é reduzida, podendo-se ainda eliminar o etileno produzido naturalmente pelas frutas.

A atmosfera controlada, apresenta vantagens na redução do amolecimento dos frutos [46]. A atmosfera controlada mais adequada ao kiwi é de 2% O₂ e 5%CO₂. Nestas condições o kiwi pode ser armazenado durante 9 meses, a 0°C e humidade relativa de 90-95%.

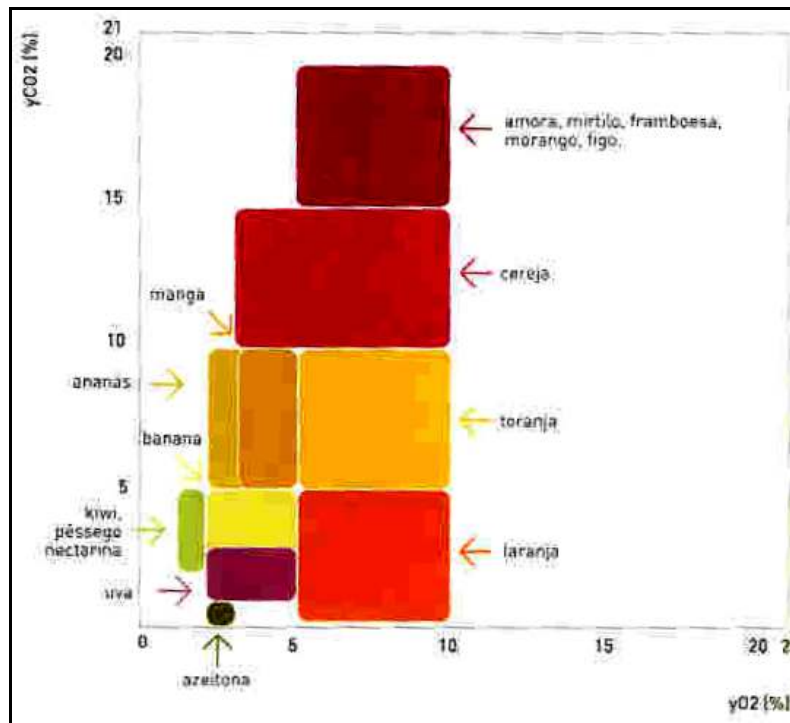


Figura 4: Atmosfera recomendada para alguns frutos à temperatura de 0°C [10].

Produto	Temp. (°C)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HR (%)	C ₂ H ₄ (sensibilidade)
Maçã	0/2	1/5	2%3	90/95	Média
Abacate	5	9	2	85	Média
Kiwi	0	5	2	95	Média
Mangas	10	10	5	90	Média
Espargos	0	9	5	95	Baixa
Morangos	1	20	17	90	Nenhuma
Pêssego	0/5	3/5	2	95	Alta
Flores	0/10	5/15	1/3	85	Extrema

Tabela 7: Características da atmosfera controlada [4].

Segundo um artigo científico brasileiro, o uso da atmosfera controlada em kiwi é benéfica, pois retarda a perda da firmeza da polpa, que ocorre rapidamente durante o armazenamento em ar a 0°C [33]. O mesmo estudo concluiu que a condição de atmosfera controlada com 5%CO₂ e 2%O₂ proporciona, de modo geral, os melhores resultados, na qualidade dos frutos, nomeadamente uma melhor firmeza da polpa e sólidos solúveis totais (S.S.T) [11].

TABELA 1. Efeito do armazenamento em AN e das concentrações de CO₂ e O₂ em AC sobre as qualidades físico-químicas de cultivares de kiwi

Cultivar	Armazenamento			Parâmetros físico-químicos			
	Atmosfera %CO ₂ - %O ₂		Temperatura (°C)	Período (dias)	Firmeza de Polpa (N/0,5cm ²)	S.S.T. (%)	Acidez (meq/100ml)
Monty				0	53,8	6,6	26,8
	3	1	0,5	106	6,0 a	12,7 b	19,5 b
	5	2	0,5	106	8,0 a	12,9 b	19,2 bc
	7	2	0,5	106	6,3 a	12,9 b	18,3 c
		AN	0,5	64	7,8 a	15,2 a	21,8 a
		AN	-0,5	64	9,4 a	15,6 a	21,2 a
Abbott				0	59,2	7,2	22,3
	3	1	0,5	106	6,8 a	12,7 b	17,2 b
	5	2	0,5	106	8,7 a	13,6 b	17,5 b
	7	2	0,5	106	7,1 a	13,5 b	17,3 b
		AN	0,5	64	8,0 a	15,9 a	19,8 a
		AN	-0,5	64	8,9 a	15,4 a	19,0 a
Bruno				0	61,9	9,2	25,6
	3	1	0,5	106	6,3 a	11,7 b	21,0 b
	5	2	0,5	106	5,5 a	11,9 b	20,6 b
	7	2	0,5	106	4,9 a	11,9 b	20,7 b
		AN	0,5	64	4,9 a	13,9 a	24,1 a
		AN	-0,5	64	4,8 a	13,6 a	22,6 a
Hayward				0	64,5	7,9	25,2
	3	1	0,5	106	11,2 a	12,7 b	22,2 a
	5	2	0,5	106	16,5 a	13,1 b	21,7 a
	7	2	0,5	106	12,1 b	12,7 b	21,9 a
		AN	0,5	64	6,0 c	15,1 a	22,9 a
		AN	-0,5	64	6,1 c	15,0 a	21,5 a

Médias, não seguidas pelas mesmas letras na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5: Estudo comparativo entre atmosfera normal e controlada [11].

Na conservação devem ser respeitadas algumas regras como, limpeza das câmaras, não exceder a capacidade das mesmas, controlar o nível de etileno, manter corredores de forma a existir circulação de ar, assim como reduzir a abertura frequente das câmaras.

BENEFÍCIO POTENCIAL	FRUTAS	HORTALIÇAS
Elevado	Abacate, ameixa, banana, diospiro, framboesa, kiwi, maçã, morango, pêra, romã	Alface minimamente processada, brócolo, couves de repolho. Espargo
Moderado	Amora, ananás, cereja, damasco, figo, goiaba, lichi, lima, limão, manga, mirtilo, nectarina, pêra asiática (<i>nashi</i>), pêssego	Agrião, alcachofra, alface, coentro, cogumelos, melões, tomate (maduro)
Reduzido	Laranja, papaia, toranja, uva	Aipo, alho-francês, cebola, couve-chinesa, couve-de-bruxelas, couve-flor, endívia, ervilha de quebrar, espinafre, feijão-verde (indústria), milho-doce, pepino, pimento, quiabo, rabanete, salsa, tomate (maduro-verde)

Tabela 8: Benefícios potenciais da atmosfera controlada [8].

Outra fonte bibliográfica confirma que a atmosfera controlada mais adequada ao kiwi é de 2%O₂+5%CO₂ (figura seguinte). Nestas condições o kiwi pode ser armazenado durante 9 meses a 0 °C e humidade relativa de 90-95%, desde que num ambiente livre de etileno. A utilização de atmosfera controlada deve ter um controlo rigoroso para o produto não entrar em anaerobiose [18].

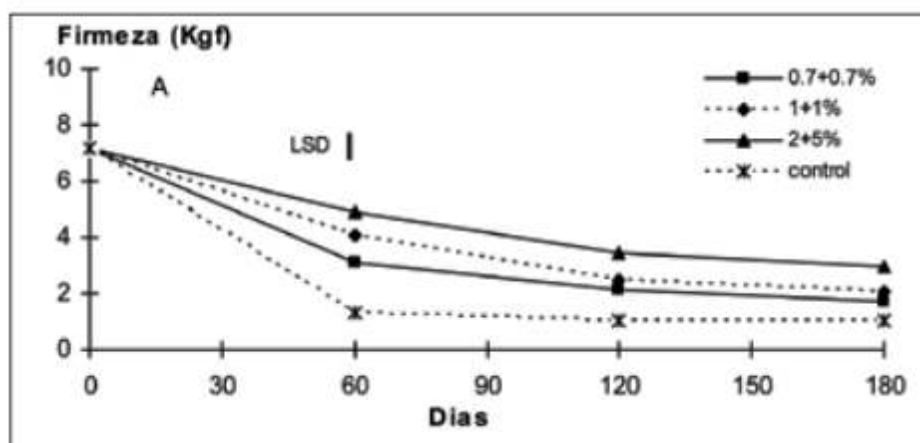


Figura 6: Firmeza do kiwi em diferentes condições de atmosfera controlada [18].

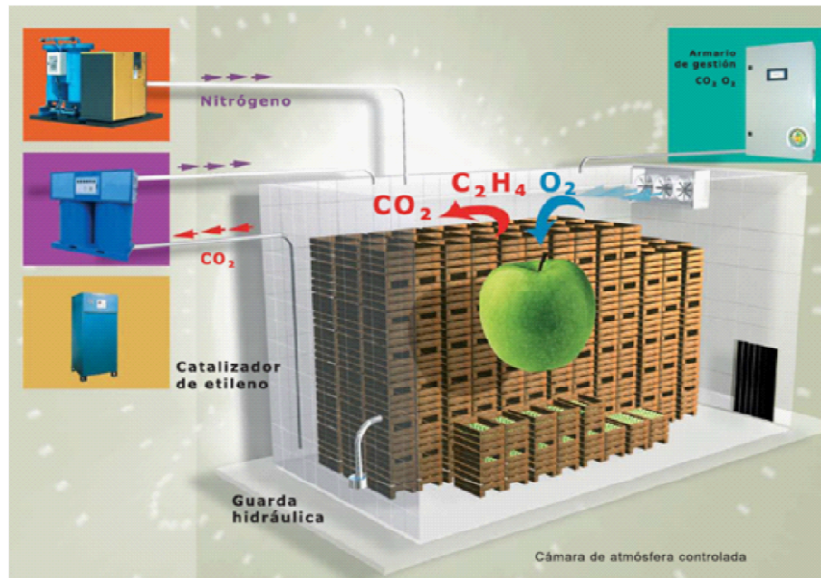


Figura 7: Princípio de funcionamento da atmosfera controlada [12].



Figura 8: Exemplo de uma instalação frigorífica de atmosfera controlada [13].

Um estudo realizado pelo Ministério da Agricultura em 2007, referia o fato de haver centrais fruteiras que careciam de modernização, designadamente no que se refere à transformação do frio convencional em atmosfera controlada na sub-fileira do kiwi [44].

Por outro lado era possível concorrer ao programa de desenvolvimento rural em 2007, projetos que possibilitem aumentar a comercialização entre os meses de Março a Junho de kiwi, nomeadamente modernizar os sistemas de refrigeração de forma a alargar o tempo de conservação (Atmosfera Controlada) e a reduzir as perdas e a minimizar os impactos ambientais [44].

3.3.6 Embalamento

Atualmente o kiwi a granel é comercializado em caixas plásticas de 10kg de capacidade e em sacos de rede para kiwis de menor calibre. O kiwi é armazenado nos contentores plásticos de grande capacidade em que é transportado do campo para o armazém. A embalagem desempenha funções de proteção física durante a distribuição servindo também como embalagem de exposição no ponto de venda. Para venda a granel, são usadas caixas plásticas de 10kg de capacidade. O tabuleiro de cartão canelado é preterido por razões de ordem económica e pela sua menor resistência mecânica, sendo usado apenas esporadicamente [15].

O kiwi deve ser acondicionado de forma a garantir a proteção conveniente do produto e os materiais utilizados no interior da embalagem devem ser novos, limpos e não provocar no produto quaisquer alterações externas ou internas.

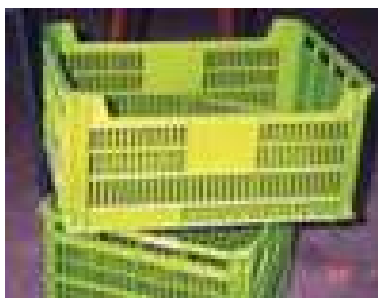


Figura 9: Caixa plástica para escoar o produto para destino final [15].

Encontram-se no mercado sistemas alternativos para venda a granel, como a caixa de cartão com saco de polietileno.



Figura 10: Embalagem de cartão para escoar o produto para destino final [16].

O conteúdo de cada embalagem deve ser homogêneo, isto é, com a mesma origem, variedade, qualidade e calibre.

4. Dimensionamento e conceção da instalação frigorífica

4.1 Localização e características psicométricas da instalação frigorífica

A localização da instalação será na Beira Litoral, concelho da Figueira da foz, freguesia de Alqueidão. Os meses de armazenamento correspondem ao período desde a colheita do kiwi, ou seja, começa a partir de finais de outubro e em atmosfera controlada, pode durar até 9 meses, como já foi referido anteriormente, ou seja no mínimo o armazenamento dura até julho/agosto.

Desta forma pelo RCCTE [50] a temperatura externa de projeto é de 30 °C na figueira da foz e humidade relativa a 82%.

Concelho	Zona climática de Inverno	Número de gratts-dias (GD) (°C dias)	Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática de Verão	Temperatura externa do projecto (°C)	Amplitude térmica (°C)
Ferreira do Zêzere	I ₂	1 780	6	V ₃	34	15
Figueira da Foz	I ₁	1 450	6,3	V ₁	30	10
Figueira de Castelo Rodrigo	I ₃	2 450	8	V ₅	33	16

Tabela 9: Temperatura externa de projeto para a Figueira da Foz [50].

4.2 Produção útil de kiwis a refrigerar

A instalação frigorífica pretende servir uma área de plantação de kiwi de 7 hectares. Sabendo que cada hectare produz em média 25 toneladas de kiwi [34] [42], em plena produção, perfazendo uma produção máxima de 175 toneladas e um volume útil de 1094 m³, como se demonstra na equação seguinte.

$$\text{Equação 2: } \text{Volume útil} = (175 \times 1000) / 160 = 1094 \text{ m}^3.$$

160 corresponde à densidade de armazenagem de refrigerados em kg/m³ [4].

4.3 “Lay-out” da instalação

A planta de instalação irá possuir:

- 3 Câmaras frigoríficas com atmosfera controlada;
- Zona de limpeza;
- Zona de calibragem e triagem;
- Tanque de pré-arrefecimento
- Zona de embalamento
- Sala das máquinas
- Armazém
- Área administrativa – 2 vestiários e 2 instalações sanitárias masculino e feminino, 1 gabinete, uma sala de reuniões, copa (sala de café/lanche) e a sala de recepção.

No anexo II é possível visualizar o desenho da planta em autocad com o “lay-out” da instalação.

Relativamente à decisão de construir 3 câmaras frigoríficas, foi o fato de as opções de duas e uma câmara, terem respetivamente potências de arrefecimento dos equipamentos muito elevadas, fora dos valores dos catálogos técnicos dos fabricantes. Por exemplo a potência de arrefecimento do evaporador para uma câmara, foram feitos os cálculos e obteve-se 110,9 kw.

Com três câmaras vai haver a vantagem de poupar energia, uma vez que irá demorar 12 dias para que uma câmara encha e 24 dias para que duas câmara encham com o produto.

A instalação terá um pé-direito de 7 metros.

4.4 Teto

O método de construção do teto da instalação frigorífica é do tipo teto suspenso, com painéis isotérmicos. Estes são constituídos por chapa galvanizada do fabricante ISOTERME, em ambas as faces, com espessura de 0,55 mm, ligeiramente nervurada e poliuretano de densidade 40 kg/ m³, cor branca, diretamente moldado no interior das chapas, em fábrica [19].

Os painéis do tipo “S”, de junta seca, contemplam um encaixe duplo do tipo macho-fêmea no poliuretano e ainda uma sobreposição de encaixe na chapa das faces do painel, o que lhe concede uma maior estanquicidade e resistência ao fogo. Possuem uma resistência vertical necessária para suportar os ventos predominantes e cargas resultantes do vão dos tetos e sobrecargas nos mesmos. O isolamento é colocado diretamente sob o teto em vez de colocado na estrutura do telhado. De seguida apresentam-se as características técnicas [19]:

- Massa específica: 40 kg/m³ (+ 2 kg) ;
- Condutibilidade térmica: 0,022 kcal/m² h°C;
- Absorção de água: < 20 gr/ m² ;
- Células fechadas: > 95% ;
- Espessura da chapa: 0,55 mm ;
- Teor de zinco: 225 gr/ m² ;
- Espessura do primário: 5 microns ;
- Espessura da laca poliéster: 20 microns.

4.5 Pavimento

Este será composto por um isolamento com cortiça de espessura 150 mm e com uma condutividade térmica de 0,035 Watt/m°C, do fabricante SOFALCA [35].

O aglomerado negro de cortiça expandida, constitui o isolante ideal para câmaras frigoríficas (conservação, congelação e atmosferas controladas). O baixo coeficiente de condutibilidade térmica oferece uma elevada resistência térmica com baixas espessuras, peso específico adequado, associado a uma boa resistência à flexão, compressão e deformação elástica para pressões de 2000Kg/m^2 .



Figura 11: Pavimento em cortiça do fabricante SOFALCA [35].

4.6 Paredes da instalação frigorífica

A instalação frigorífica será constituída por painel sandwich Tipo T do fabricante ISOTERME constituídos por chapa galvanizada e termolacada em ambas as faces, com espessura de 0,55 mm, ligeiramente nervurada e com poliuretano de densidade 40 kg/m^3 ($\pm 2\text{ kg}$) nas diferentes espessuras, diretamente moldado no interior das chapas [36].

Os painéis do tipo “T”, são principalmente usados para coberturas de edificio industriais, ligados entre si com a sobreposição de uma onda, tal como numa cobertura normal.

Características técnicas:

- Massa específica: 40 kg/m^3 ($\pm 2 \text{ kg}$);
- Condutibilidade térmica: $0,022 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$;
- Absorção de água: $<20 \text{ gr/ m}^2$;
- Células fechadas: $> 95\%$;
- Espessura da chapa: $0,55 \text{ mm}$;
- Teor de zinco: 225 gr/ m^2 ;
- Espessura do primário: 5 microns ;
- Espessura da laca poliéster: 20 microns .

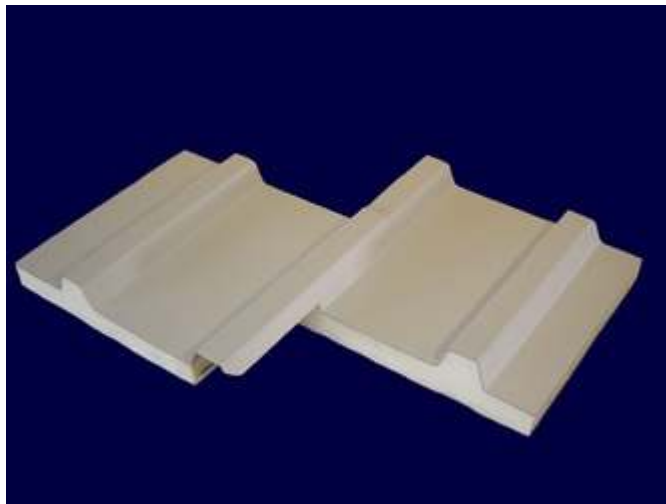


Figura 12: Painéis sandwich isotérmicos [36].

A chapa galvanizada e termolacada em ambas as faces constitui uma barreira ao vapor eficiente, não permitindo a passagem do vapor para o isolamento não diminuindo desta forma a sua eficiência.

4.7 Paredes da câmara frigorífica

As câmaras frigoríficas serão constituídas por painel sandwich constituído por um núcleo isolante de 30 mm de poliestireno expandido com 20 kg/m^3 de densidade e revestimentos metálicos em chapa de aço lisa ou perfilada [37].

Características do painel:

- Largura: 1180 mm;
- Comprimento máximo: 6 metros;
- Espessura: 30 mm;
- Condutividade térmica: $\lambda = 0,035 \text{ W/m}^\circ \text{ C}$;
- Peso: $8,8 \text{ kg/m}^2$.

Chapa galvanizada Z 225 ou ZA 225 gr/m^2 e pré-lacagem de poliéster (25μ), de 0,5 mm de espessura e de aspeto liso ou ligeiramente perfilado. Possui qualidade alimentar com película de proteção segundo a diretiva CEE 90/128.

O isolante corresponde a poliestireno expandido com 20 kg/m^3 de densidade.



Figura 13: Painel de Poliestireno [37].

4.8 Calibrador

Para realizar a calibragem, selecionou-se o calibrador Eletrónico de 2 linhas da marca Gramaser Advanced [14]. Este equipamento possui descarga lateral e mesas de confeção, ideal para todo tipo de frutas. Pode ser adaptado para descarga central ou descarga lateral. Essencialmente, para o sector hortofrutícola nomeadamente (maçã, ameixa, citrinos, kiwi, tomate, meloa, pimento, entre muitos outros). Pode ser adaptado para calibrar por cor, diâmetro ou peso.



Figura 14: Calibrador eletrônico de 2 linhas da Gramaser Advanced [14].

4.9 Tanque de Pré arrefecimento

O pré arrefecimento irá ser realizado fazendo circular ar refrigerado através do produto empilhado. Este método é considerado versátil porque pode ser facilmente incorporado em câmaras frias existentes, não requerendo tecnologia sofisticada podendo ser utilizado numa larga gama de produtos [4].

PRODUTO	TAMANHO DA OPERAÇÃO		NOTAS
	Grande	Pequena	
Fruta			
Pequenos frutos	Ar forçado	Ar forçado	
Actinídia (kiwi)	Ar forçado	Ar forçado	
Uva	Ar forçado	Ar forçado	Requer instalações de arrefecimento adaptadas à fumigação com SO ₂
Hortaliças de folhas			
Couves de repolho	Vácuo, ar forçado	Ar forçado	
Alface de repolho	Vácuo	Ar forçado	
Couves de folhas	Vácuo (com ou sem pulverização de água), câmara	Ar forçado	
Outras hortaliças de folhas	Vácuo, ar forçado, água	Ar forçado	
Raízes e tubérculos			
Com folhas	Água, gelo, ar forçado	Água, ar forçado	Cenouras podem ser arrefecidas por vácuo
Sem folhas	Água, gelo	Água, gelo, ar forçado	
Batata	Câmara		Com arrefecimento evaporativo, câmaras adaptadas à cura
Batata-doce	Água	Câmara	
Hortaliças de caule e inflorescência			
Alcachofra	Água, gelo	Ar forçado, gelo	
Espargo	Água	Água	
Brócolo, couve-de-bruxelas	Água, ar forçado, gelo	Ar forçado, gelo	
Couve-flor	Ar forçado, vácuo	Ar forçado	
Aipo, ruibarbo	Água, vácuo	Água, ar forçado	
Alho-francês	Gelo, água, vácuo	Gelo	
Cogumelos	Ar forçado, vácuo	Ar forçado	
Vagens			
Feijão-verde	Água, ar forçado	Ar forçado	
Ervilha	Ar forçado, gelo, vácuo	Ar forçado, gelo	
Bolbos			
Cebola	Câmara	Câmara, ar forçado	Adaptado à cura
Alho	Câmara		

Tabela 10: Método de arrefecimento rápido recomendado para diferentes produtos hortofrutícolas [8].

A quantidade de calor que é necessário remover para arrefecer produtos é determinada pela seguinte equação:

$$\text{Equação 3: } Q = m \times C_p \times (T_i - T_m)$$

Q – Calor a remover (KJ)

m – massa (kg)

C_p – Calor específico (Kj Kg⁻¹°C⁻¹)

T_i – temperatura inicial (°C)

T_m – Temperatura média da massa (°C)

Desta forma, a quantidade de kiwis apanhados num dia corresponde a 5 toneladas. O Cp do kiwi corresponde a 3893,2 J/kgK [20]. Considera-se uma temperatura de climatização no verão de 25°C.

Assim:

$$Q = 5000 \times 3893,2 \times (25-8) = 330922 \text{ KJ}$$

O pré arrefecimento do produto irá decorrer durante 1 dia. Desta forma a duração do funcionamento é de 24 horas sendo o kiwi arrefecido até aos 8°C, sendo depois nas câmaras frigoríficas arrefecido até aos 0°C, permanecendo a essa temperatura durante a conservação.

$$Q = 330922/86400 \text{ s} = 3,83 \text{ Kw}$$

Desta forma obtêm-se a potência necessária do chiller, para que a temperatura arrefeça para os 8°C.

As dimensões do tanque correspondem ao espaço para 5 toneladas, sabendo que a densidade para refrigerados é de 160 kg/m³, o tanque de arrefecimento deverá ter o espaço útil de 32 m³.

$$\text{Volume útil} = 5000/160 = 32 \text{ m}^3$$

LSA/CN Models		06	08	10	14	16
Cooling capacity (EN14511) ⁽⁷⁾	kW	5,8	7,6	9,0	14,8	16,6
Total input power (EN14511) ⁽⁷⁾	kW	1,9	2,5	2,8	4,7	5,7
Power supply	V/Ph/Hz	230/1/50	230/1/50	230/1/50	400/3+N/50	400/3+N/50
Peak current	A	60,6	68,0	99,0	66,0	77,0
Max input current	A	13,4	18,1	23,0	13,3	17,0
Airflow	m ³ /h	2.800	3.350	3.150	7.200	7.000
Fans	n°/kW	1 x 0,12	1 x 0,2	1 x 0,2	2 x 0,2	2 x 0,2
Compressors	n°/tipo	1/Rotary	1/Rotary	1/Rotary	1/Scroll	1/Scroll
Sound power level ⁽⁵⁾	dB (A)	68	68	68	69	69
Sound pressure level ⁽⁶⁾	dB (A)	40	40	40	41	41

Tabela 11: Seleção do chiller da marca HIDROS.

Foi selecionado um chiller que só funciona para arrefecer da marca HIDROS com o modelo 06 com uma potência frigorífica de 5,8 Kw [21].

4.10 Dimensionamento das câmaras frigoríficas de kiwi

Para dimensionar a instalação frigorífica irá ser determinado o volume útil de cada câmara, através da relação da massa (kg) e densidade do produto (kg/m^3).

Equação 4: massa específica = $m/v \leftrightarrow v = (175000 / 160) / 3 = 365 \text{ m}^3$

No dimensionamento de câmaras frigoríficas, irá ser utilizado valores médios da densidade de armazenagem, em função do produto e da natureza do produto, considerando a estiva paletizada, em que os produtos refrigerados possuem uma densidade de 160 kg/m^3 [4].

Uma vez que a produção máxima corresponde a 175 toneladas, o volume útil corresponde a 1094 m^3 , havendo necessidade de instalar 3 câmaras frigoríficas de atmosfera controlada.

Depois de determinado o volume útil, obtém-se as dimensões de uma câmara frigorífica:

- 28,6 m comprimento x 10,4 m largura x 5,65 m altura

Assim cada câmara frigorífica possui 2 filas de 4 paletes de largura, 17 paletes de comprimento com 3 níveis de uma paleta e 7 caixas cada, um corredor central de 3 metros e espaço de circulação de ar entre a estiva e o teto de 1 m.

As paletes têm dimensões de $0,8\text{m} \times 1,2 \times 0,15 \text{ m}$.



Figura 15: Palete para colocar as caixas.

As caixas de plástico têm uma dimensão de $0,6 \times 0,4 \times 0,2$ m.



Figura 16: Caixa de pvc para colocar kiwis.

5. Balanço térmico

No balanço térmico das câmaras frigoríficas têm-se em conta as cargas térmicas dependentes do produto, ou seja, devida à entrada de produto e devido à respiração do produto e independentes do mesmo, ou seja, a carga térmica dos ventiladores, evaporadores, iluminação, empilhadores ou outro equipamento e do pessoal.

Desta forma no balanço térmico da instalação frigorífica a realizar, têm-se em conta as seguintes cargas térmicas [25]:

- Q1 – Transmissão de calor através das paredes, tetos e pavimentos;
- Q2 – Carga térmica da renovação do ar e da abertura de portas;
- Q3 – Cargas térmicas devido a abertura de portas;
- Q4 – Carga térmica devido à iluminação;
- Q5 – Carga térmica devido ao pessoal de estiva;
- Q6 – Carga térmica devido a empilhadores;
- Q7 – Cargas térmicas devido à temperatura de entrada dos produtos;
- Q8 – Carga térmica devido ao calor de respiração dos frutos.

Como já referido a temperatura exterior é de 30 °C, sendo o kiwi pré-arrefecido no tanque até à temperatura de 8 °C, sendo depois colocado nas câmaras para ser arrefecido até à temperatura de 0°C.

Salienta-se que a transferência de calor é proporcional à diferença de temperatura e à área total das paredes (S) e inversamente proporcional à espessura do isolamento.

Os valores típicos para h_i e h_e correspondem a respetivamente a 30 e 15 w/m² °C.

5.1 Balanço térmico da câmara 1

5.1.1 Transmissão de calor através das paredes, tetos e pavimentos (Q1)

De seguida apresentam-se os cálculos na determinação da transmissão de calor Q1 [25].

Equação 5: $Q1 = U \times S \times \Delta T$

Equação 6: $U = 1/R$

Equação 7:
$$R = \frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e}$$

$$R = \frac{1}{15} + \sum_{i=1}^n \frac{0,030}{0,035} + \frac{1}{30} = 0,95 \text{ m}^2 \frac{\text{C}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,95} = 1,05 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

U - corresponde ao coeficiente de transmissão de calor das respectivas câmaras ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).

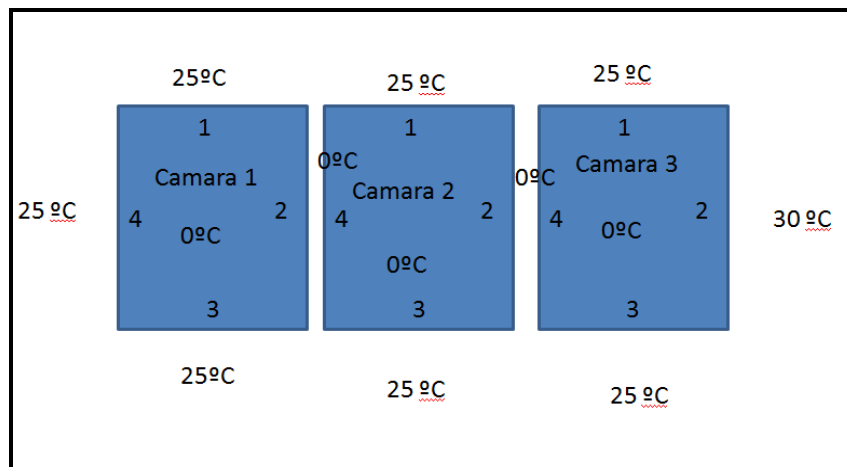


Figura 17: Fronteiras das câmaras e respectivas temperaturas.

Equação 8: $Q = U \times S \times \Delta T$

$$Q_{11} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 58,76 \times (25 - 0) = 1396 \text{ W}$$

$$Q_{12} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 161,59 \times (0 - 0) = 0 \text{ W}$$

$$Q_{13} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 58,76 \times (25 - 0) = 1396 \text{ W}$$

$$Q_{14} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 161,59 \times (25 - 0) = 3837,76 \text{ W}$$

$$Q_{\text{PAREDES1}} = 6628,86 \text{ W}$$

$$Q_{\text{TETO}} = U \times S \times \Delta T = 1,05 \times 297,44 \times (25 - 0) = 7807,8 \text{ W}$$

Pavimento: Isolamento com cortiça de espessura 150 mm e com uma condutividade térmica de 0,035 $\text{Watt}/^\circ\text{C}$, como referido no ponto 4.5.

$Q_{\text{PAVIMENTO}}$:

$$R = \frac{1}{hi} + \sum_{i=1}^n \frac{ei}{ki} =$$

$$= (1/15) + (0,150/0,035) = 4,12 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/w}$$

$$U = \frac{1}{R} = 1/4,12 = 0,24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{PAVIMENTO}} = U \times S \times \Delta T = 0,24 \times 297,44 \times (15-0) = 1071 \text{ W}$$

$$Q_{\text{t\u00e9rmica total}} = Q_{\text{PAREDES}} + Q_{\text{PAVIMENTO}} + Q_{\text{TETO}} = 15508 \text{ W}$$

Como os isolamentos das c\u00e2maras s\u00e3o bastante eficazes, na parcela relativa ao calor por condu\u00e7\u00e3o ser\u00e1 necess\u00e1rio somente considerar a camada de isolante, desprezando o resto do material que faz parte da parede.

5.1.2 Carga t\u00e9rmica da renova\u00e7\u00e3o do ar (Q2)

A renova\u00e7\u00e3o do ar consiste em retirar uma por\u00e7\u00e3o do ar da c\u00e2mara frigor\u00edfica e substituir pelo ar exterior que dever\u00e1 ser arrefecido at\u00e9 \u00e0 temperatura que se encontra dentro da c\u00e2mara.

A f\u00f3rmula que se utiliza para este c\u00e1lculo \u00e9 a seguinte [25]:

Equa\u00e7\u00e3o 9: $Q_2 = m \times \Delta h$

- Q_2 – Carga t\u00e9rmica devida \u00e0 renova\u00e7\u00e3o de ar (Watt);
- m – Caudal m\u00e1ssico de ar exterior que entra na c\u00e2mara (kg/s);
- Δh – Diferen\u00e7a de entalpias entre o ar exterior e o ar da c\u00e2mara frigor\u00edfica (J/kg).

Para calcular o caudal m\u00e1ssico (m) utiliza-se a seguinte express\u00e3o [25] :

Equação 10:
$$m = \frac{V_{diário}}{V \times 86400}$$

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

V – Volume específico do ar exterior (m^3 /Kg)

Para determinar o caudal volumétrico diário de ar exterior, é necessário calcular a taxa de renovação de ar exterior (n). Esta taxa de renovação de ar depende da movimentação de produtos, máquinas e pessoas, entre o exterior e o interior da câmara frigorífica, e do volume da câmara. O cálculo da taxa de renovação é obtido através da seguinte expressão [25]:

Equação 11:
$$n = \frac{70}{\sqrt{V}} = \frac{70}{\sqrt{1680}} = 1,7$$

O valor 70 na expressão da taxa de renovação de ar exterior é usado caso se trate uma movimentação normal. Volume específico do ar exterior corresponde a 0,86.

O caudal volumétrico diário de ar exterior é obtido através da seguinte expressão [25]:

Equação 12:
$$V_{diário} = n \times V_{int} = 1,7 \times 411 \text{ m}^3 = 2869,60 \text{ m}^3/\text{dia}$$

V_{int} corresponde ao volume interior da câmara frigorífica.

$$m = \frac{V_{diário}}{0,86 \times 86400} = 0,039 \text{ kg/s}$$

$$Q_2 = m \times \Delta h = 0,039 \times (8690-893) = 301,12 \text{ W}$$

8690 J/kg – corresponde á entalpia do exterior da instalação, devendo ser considerada, uma vez que se trata de ar novo que vem do exterior.

893 j/kg - corresponde à entalpia no interior da câmara.

Desta forma pelo RCCTE a temperatura externa de projeto é de 30 °C na Figueira da Foz. A humidade relativa da zona corresponde a 82%.

Utilizando o programa CARRIER HDPSyChart 7.5.8, através do diagrama psicométrico da Carrier é possível obter os volumes específicos para as condições no interior e exterior da câmara.

O diagrama psicométrico relaciona temperatura, humidade, densidade e entalpia. Assim através do programa HDPSyChart 7.5.8, selecciona-se as unidades em Sistema Internacional. Seguidamente, marcam-se os pontos que interessam determinar, através da humidade relativa e da temperatura e obtém-se os valores de entalpia e volume específico, como se constata na tabela seguinte.

Temperatura °C	Entalpia Kj/kg	Humidade relativa %	Volume específico m³/kg
0	8,93	95	0,778
25	66,9	82	0,867

Tabela 12: Volumes específicos e entalpia para as condições no interior e exterior da câmara.

5.1.3 Cargas térmicas devido a abertura de portas (Q3)

Esta carga térmica corresponde ao calor que a câmara ganha através da abertura de portas. Cada vez que a porta é aberta o ar correspondente ao corredor de acesso às câmaras (25 °C) penetra no interior da câmara, representando uma carga térmica adicional.

A expressão usada para o cálculo da carga térmica devido à abertura de portas é a seguinte [25]:

Equação 13:

$$Q_3 = 8 + (0,067 \times \Delta T) \times \frac{T_{ab}}{v_{int}} \times L \times H \times A \times C = 8 + (0,067 \times (25 - 0)) \times \frac{0,4}{0,778} \times 1,5 \times 2,5 \times 29,4 \times 1 = 102,9 W$$

Equação 14:

$$A = (h_{ext} - h_{int}) \times H \times \left(1 - \frac{v_{int}}{v_{ext}}\right)^{1/2} = (66,9 - 8,93) \times (2,5 \times \left(1 - \frac{0,778}{0,867}\right))^{1/2} = 29,4 m^2$$

$$\text{Equação 15: } T_{ab} = dt \times \frac{fd}{24} = 6 \times \frac{1,67}{24} = 0,4$$

ΔT – Diferença de temperatura entre as duas faces da porta (°C);

T_{ab} – Tempo de abertura da porta expresso em (min/hora);

v_{int} – Volume específico do ar interior (m/kg);

v_{ext} – Volume específico do ar exterior (m/kg);

h_i – Entalpia específica do ar interior (kJ/kg);

h_e – Entalpia específica do ar exterior (kJ/kg);

L – Largura da porta = 1,5 m;

H – altura da porta = 2,5 m;

dt – Duração média da abertura das portas em minutos para permitir a passagem de uma tonelada de produto (min/ton);

fd – Fluxo diário de produto (t);

Tipo de Porta	Tipo de Produto	dt (mm/ton.)
Porta de abertura manual	Carcaças de animais suspensas	15
	Produtos paletizados	6
Porta de abertura automática	Carcaças de animais suspensas	1
	Produtos paletizados	0.8

Tabela 13: Valor do dt [25].

5.1.4 Carga térmica devido à iluminação (Q4)

Considera-se que os espaços frigoríficos, apresentam uma carga térmica de iluminação (q) de 10 w/m².

Será considerado que as lâmpadas trabalham 3 horas por dia e que cada lâmpada tem uma potência de 10 Watt. Como a área do teto não varia, então esta carga térmica é igual para as 3 câmaras.

A fórmula utilizada para este cálculo é a seguinte [48]:

$$\text{Equação 16: } Q4 = A \times q \times \frac{t}{h} = 161,59 \times 10 \times (3/24) = 201,99 \text{ w}$$

Q4 – Carga térmica devido à iluminação da câmara (W);

A – Área do teto (m²);

q – Carga térmica das lâmpadas (W/m);

t – Tempo funcionamento de cada lâmpada (h);

h – Horas de funcionamento do local (h).

5.1.5 Carga térmica devido ao pessoal de estiva (Q5)

As fórmulas utilizadas são as seguintes [25].

$$\text{Equação 17: } Q5 = n \times q \times \frac{t}{24} = 2 \times 270 \times \frac{3}{24} = 67,5 \text{ w}$$

n – Número de pessoas;

q – Quantidade de calor libertado pelas pessoas (W);

t – Tempo de permanência na câmara (h).

Temperatura da câmara (°C)	Quantidade de calor libertado pelas pessoas (Watt)
+15	200
+5	240
0	270
-20	390
-25	420

Tabela 14: Calor libertado por pessoas [25].

5.1.6 Carga térmica devido a empilhadores (Q6)

As fórmulas utilizadas são as seguintes [25].

$$\text{Equação 18: } Q6 = N \times P \frac{T}{24} = 1 \times 6000 \times \frac{3}{24} = 750 \text{ W}$$

N – Número de empilhadores;

P – Potência do empilhador (W);

t – Tempo de funcionamento do empilhador (h).

5.1.7 Cargas térmicas devido à temperatura de entrada dos produtos (Q7)

As fórmulas utilizadas são as seguintes [25].

Equação 19:
$$Q7 = \frac{m \times CP \times (T1 - T2)}{86400} = (5000 \times 3,8932 \times (8-0)) / 86400 = 1,8 \text{ W}$$

m – Massa de produto introduzido por dia (kg);

Cp – Calor específico acima da temperatura de congelação (kJ/kg.°C);

T1 – Temperatura de entrada do produto na câmara (°C);

T2 – Temperatura da câmara frigorífica (°C).

5.1.8 Carga térmica devido ao calor de respiração dos frutos (Q8)

O calor de respiração dos frutos está relacionado com a quantidade de fruta presente na câmara e o calor de respiração do kiwi [25].

Equação 20:
$$Q8 = m \times q_{resp.}$$

$$Q8 = 58333 \text{ kg} \times 8,3 \text{ w/kg} \times (1/1000) = 622,5 \text{ W}$$

m- corresponde à a quantidade de fruta presente na câmara em kg.

qresp. - corresponde o calor de respiração do kiwi.

Commodity	Heat of respiration, m W/kg				
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C
Apples	6.8–12.1	15–21.3	—	40.3–91.7	50–103.8
Apricots	15.5–17	18.9–26.7	33–55.8	63–101.8	87.3–155.2
Asparagus	81–237.6	162–404.5	318.1–904	472.3–971.4	809.4–1484
Avocados	+	*	—	183.3–465.6	218.7–1029.1
Bananas - green	+	*	—	59.7–130.9	87.3–155.2
Bananas - ripening	+	*	—	37.3–164.9	97–242.5
Beans, Snap	+	101.4–103.8	162–172.6	252.2–276.4	350.6–386
Berries, Blueberries	6.8–31	27.2–36.4	—	101.4–183.3	153.7–259
Berries, Cranberries	+	12.1–13.6	—	—	32.5–53.8
Berries,	36.4–52.4	48.5–98.4	145.5–281.3	210.5–273.5	303.1–581.0
Strawberries					
Broccoli, Sprouting	55.3–63.5	102.3–474.8	—	515–1008.2	824.9–1011.1
Cabbage, White,	14.5–24.2	21.8–41.2	36.4–53.3	58.2–80	106.7–121.2
Winter					
Carrots, Roots,	45.6	58.2	93.1	117.4	209
Imperator, Texas					
Cauliflower, Texas	52.9	60.6	100.4	136.8	238.1
Cherries, Sweet	12.1–16	28.1–41.7	—	74.2–133.4	83.4–94.6
Grapes, Vinifera,	5.8	14.1	22.8	—	—
Thompson Seedless					
Grapefruit, Calif.	+	*	*	34.9	52.4
Marsh					
Kiwi Fruit	8.3	19.6	38.9	—	51.9–57.3
Lemons, Eureka,	+	*	*	47	67.4
Calif					

Tabela 15: Valor da respiração do kiwi [23].

As cargas térmicas calculadas até este ponto (intermédias) têm de ser removidas da câmara de refrigeração.

5.1.9 Potência frigorífica da câmara 1

Qint. corresponde à carga térmica frigorífica intermédia e possui a seguinte fórmula [25].

Equação 21:

$$Q_{int} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 = 15418 + 301,12 + 102,9 + 67,5 + 750 + 1,8 + 62,5 = 17556 \text{ w}$$

Pint. corresponde à potência frigorífica intermédia e possui a seguinte fórmula [25].

Equação 22: $P_{int} = \frac{Q_{int} \times 24}{20} = 21067 \text{ W}$

A seleção dos evaporadores realiza-se a partir do cálculo da potência frigorífica previsional, acrescentando 20% à potência frigorífica intermediária, devido aos motores dos ventiladores, e às resistências de descongelação [25].

Equação 23: $P_{prev} = 21067 \times 1,2 = 25,3 \text{ KW}$

Prev. corresponde á potência frigorífica provisional.

5.2 Porta pivotante a ser utilizada nas câmaras

As portas pivotantes BCool foram desenhadas para serem utilizadas em câmaras frigoríficas, tanto de refrigeração como de congelamento. São adequadas para a passagem de pessoas e veículos.



Figura 18: Porta pivotante a ser utilizada nas câmaras frigoríficas da marca Frigoríficos Brigido [24].

Seguem-se as características da porta a utilizar:

- Construção: fabricada com uma estrutura de perfil estrutural de alumínio anodizado;

- Revestimento: chapa de aço galvanizado e lacado com tinta de poliéster de 25 µm, cor branco. Revestido como uma película protetora removível. Qualidade alimentar;
- Isolamento: espuma de poliuretano injetada a alta pressão, com densidade de 40-43 kg/m³. Sem CFC. Reação ao fogo M2;
- Estanquicidade: junta perimetral de estanquicidade (alvéolo duplo) sobre suporte de PVC;
- Tipo semi-encastada: fabricadas com uma espessura para o exterior de 40 mm e o restante para o interior. Espessura total relativamente aos 0°C: 60 mm (40 + 20) e de dimensão 1.500 x 2.500 m.

5.3 Balanço térmico da câmara 2

O balanço térmico da câmara 2 é semelhante ao da câmara 1, ou seja apenas difere devido às fronteiras diferentes do espaço, ou seja, a transmissão de calor através das paredes, tetos e pavimentos.

$$Q_{21} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 58,76 \times (25-0) = 1396 \text{ W}$$

$$Q_{22} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 161,59 \times (0-0) = 0 \text{ W}$$

$$Q_{23} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 58,76 \times (25-0) = 1396 \text{ W}$$

$$Q_{24} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 161,59 \times (0-0) = 0 \text{ W}$$

$$Q_{\text{PAREDES2}} = 2791 \text{ W}$$

$$Q_{\text{TETO}} = U \times S \times \Delta T = 1,05 \times 297,44 \times (25-0) = 7807,8 \text{ W}$$

$Q_{\text{PAVIMENTO}}$ considerando isolamento com cortiça de espessura 150 mm e com uma condutividade térmica de 0,035 Watt/m.°C. O cálculo e dados utilizados são iguais ao da câmara 1.

$$Q_{2PAVIMENTO} = U \times S \times \Delta T = 0,24 \times 297,44 \times (15-0) = 1071 \text{ W}$$

$$Q_{21\text{térmica total}} = Q_{PAREDES} + Q_{PAVIMENTO} + Q_{TETO} = 11670 \text{ W}$$

$$Q_{int} = Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24} + Q_{25} + Q_{26} + Q_{27} + Q_{28} = 13717,70 \text{ W}$$

$$P_{int} = \frac{Q_{int} \times 24}{20} = 16461,25 \text{ W}$$

A seleção dos evaporadores realiza-se a partir do cálculo da potência frigorífica previsional, acrescentando 20% à potência frigorífica intermediária, devido aos motores dos ventiladores, e às resistências de descongelação.

$$P_{prev} = 16461,25 \times 1,2 = 19,75 \text{ KW}$$

5.4 Balanço térmico da câmara 3

O balanço térmico da câmara 3 é semelhante ao das restantes câmaras, ou seja apenas difere devido às fronteiras diferentes do espaço, ou seja a transmissão de calor através das paredes, tetos e pavimentos.

$$Q_{31} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 58,76 \times (25-0) = 1396 \text{ W}$$

$$Q_{32} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 161,59 \times (30-0) = 4605,35 \text{ W}$$

$$Q_{33} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 58,76 \times (25-0) = 1396 \text{ W}$$

$$Q_{34} = U \times S \times \Delta T = 0,95 \times 161,59 \times (0-0) = 0 \text{ W}$$

$$Q_{PAREDES1} = 7396,41 \text{ W}$$

$$Q_{3TETO} = U \times S \times \Delta T = 1,05 \times 297,44 \times (25-0) = 7807,8 \text{ W}$$

Q3PAVIMENTO: considerando isolamento com cortiça de espessura 150 mm e com uma condutividade térmica de 0,035 Watt/m.°C. O cálculo e dados utilizados são iguais ao da câmara 1.

$$Q3PAVIMENTO = U \times S \times \Delta T = 0,24 \times 297,44 \times (15-0) = 1071 \text{ W}$$

$$Q3\text{térmica total} = QPAREDES + QPAVIMENTO + QTETO = 16275 \text{ W}$$

$$Q_{int} = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6 + Q7 + Q8 = 182323 \text{ w}$$

$$P_{int} = \frac{Q_{int} \times 24}{20} = 21988 \text{ W}$$

A seleção dos evaporadores realiza-se a partir do cálculo da potência frigorífica previsional, acrescentando 20% à potência frigorífica intermediária, devido aos motores dos ventiladores, e às resistências de descongelação.

$$P_{prev} = 21880,29 \times 1,2 = 26,4 \text{ KW}$$

6. Descrição teórica do funcionamento dos ciclos de expansão direta

O sistema de armazenamento aplicado é um sistema de refrigeração mecânica em regime de atmosfera controlada. O sistema de refrigeração mecânica utiliza ciclos de expansão direta para conseguir retirar as cargas térmicas.

Relativamente ao evaporador, este baseia-se no princípio de termodinâmica em que o calor da fonte quente se transfere para a fonte menos quente, ou seja, retirar calor ao meio envolvente através da evaporação de um líquido.

Para o aumento necessário de pressão, que resulta também num aumento de temperatura, utiliza-se um compressor. De seguida o fluido é levado a um permutador onde é condensado mantendo a sua temperatura (em condições ideais). Segue pela válvula de expansão ou tubo capilar, para provocar a redução da pressão e temperatura, que posteriormente, na passagem do fluido pelo evaporador, o fluido recebe o calor a retirar do espaço que se pretende arrefecer, mudando o seu estado de líquido para gasoso e chega de volta ao compressor, como ilustrado na figura seguinte.

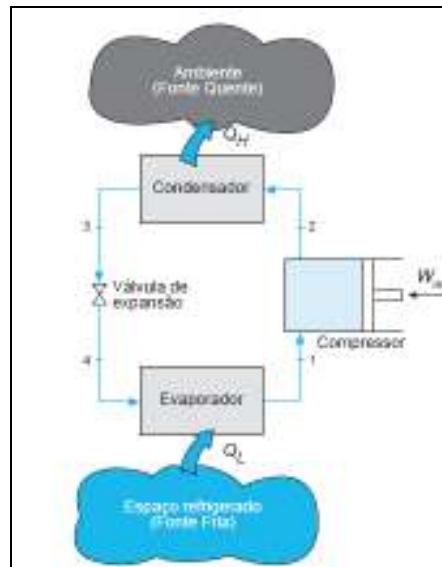


Figura 19: Representação esquemática do ciclo ideal de expansão direta [25].

O diagrama de Mollier, mais conhecido por diagrama P-H, é muito útil na área da refrigeração, sendo uma ótima forma de representar o ciclo termodinâmico, permitindo visualizar as diferentes fases dos processos que ocorrem nos vários componentes do sistema, pela representação da entalpia no eixo das abcissas e pela pressão no eixo das ordenadas. Como indicado na figura acima, é fornecido trabalho mecânico ao compressor, retirado calor do fluido no condensador, e recolhendo calor do espaço a arrefecer pelo evaporador.

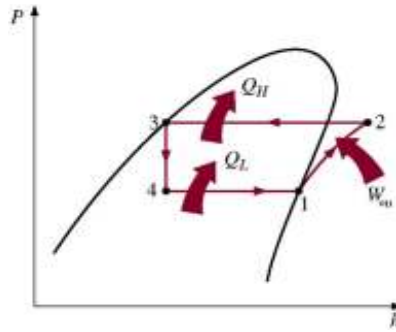


Figura 20: Diagrama P-H do ciclo ideal de refrigeração [52].

A compressão verifica-se quando o fluido refrigerante sai do evaporador no estado saturado e ao entrar no compressor sofre uma compressão até a pressão de condensação. Durante este processo a temperatura do fluido aumenta acima da temperatura do meio envolvente, sendo que o fluido abandona o compressor no estado sobreaquecido, entrando de seguida no condensador.

A condensação verifica-se quando o fluido refrigerante entra no condensador como vapor sobreaquecido onde é realizada a dissipação de calor isotérmica até atingir o estado de líquido saturado, todavia, com uma temperatura superior à do meio envolvente.

A expansão do líquido verifica-se após condensação a uma entalpia constante através de um tubo capilar ou válvula de expansão com o objetivo de regular a admissão de fluido refrigerante ao evaporador. Durante este processo a temperatura do fluido desce abaixo da temperatura do espaço que se pretende refrigerar. O arrefecimento provoca uma diminuição da pressão, sendo o fluido refrigerante parcialmente vaporizado.

A evaporação verifica-se quando da absorção de calor do espaço que se pretende refrigerar no evaporador, sendo o seu estado alterado para vapor saturado e retornando ao compressor.

7. Seleção dos equipamentos para as câmaras

No anexo III é possível consultar o desenho em autocad do diagrama da instalação frigorífica.

7.1 Seleção dos evaporadores

O evaporador absorve o calor do meio que se pretende refrigerar. Esta absorção é realizada à custa de uma temperatura do fluido inferior à do meio que se pretende arrefecer.

Para o cálculo das potências dos evaporadores corrigida irão ser usadas as seguintes expressões que constam no respetivo catálogo do fabricante Centauro [28].

• Potência corrigida Q_{0m}

Equação 24: $Q_{0m} = Q_{sm} \times RCM \times FC1 \times FC2$

$$RCM=0,682$$

• Potência corrigida Q_{01}

Equação 25: $Q_{01} = Q_{S1} \times RC1 \times FC1 \times FC2$

FC2	Aluminio Aluminium Aluminio	Al. revestido Coated aluminium Al. revestido	Cobre Copper Cobre
Factor	1,00	0,97	1,03

RCm		DTm [K]						
		10	9	8	7	6	5	4
TC [°C]	+5	1,286	1,166	1,039	0,909	0,781	0,679	0,564
	+2	1,200	1,080	1,000	0,857	0,741	0,638	0,517
	0	1,140	1,026	0,912	0,797	0,682	0,585	0,470
	-2	1,111	1,001	0,909	0,794	0,680	0,582	0,466

RC1		DT1 [K]						
		10	9	8	7	6	5	4
Tse [°C]	+10	1,023	0,921	0,818	0,716	0,614	0,512	0,410
	+8	1,016	0,914	0,812	0,710	0,609	0,506	0,406
	+6	1,008	0,907	0,806	0,705	0,604	0,503	0,402
	+4	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400
	+2	0,947	0,852	0,758	0,663	0,568	0,474	0,379
	0	0,871	0,784	0,697	0,610	0,523	0,436	0,348

FC1	TE [°C]			
	+5	0	-5	-10
R134a	1,02	1,00	0,98	0,95
R22 (DT1≤8K)		0,98	1,00	1,00
R22 (DT1>8K)		1,02	1,02	1,02

Tabela 16: Tabelas dos fatores de correção dos evaporadores [28].

FC2= 1

Sendo a temperatura de evaporação de -6°C e o fluido frigorífico a utilizar o R134a, fazendo uma regra de três simples, obtém-se um valor de FC1= 0,974.

Equação 26: $DT1 = Te - T_{evap}$

DT₁ corresponde à diferença de temperaturas técnica.

Esta diferença de temperaturas é calculada simplesmente pela diferença entre a temperatura de entrada no evaporador (Te) e a temperatura de evaporação deste (T_{evap}.)

Considera-se um valor médio entre o valor de entrada e de saída, Ts.

Equação 27:
$$DTm = \frac{T_e + T_s}{2} - T_{evap}$$

Seleção do evaporador para a câmara 1:

Potência corrigida corresponde a Q0m

$$DT1 = T_e - T_{evap} = 0 - -6 = 6$$

$$DTm = \frac{T_e + T_s}{2} - T_{evap} = \frac{0 + 0}{2} - -6 = 6$$

Desta forma, RCM=0,682

$$Q0m = Qsm \times RCM \times FC1 \times FC2 = 42,9 \times 0,682 \times 0,974 \times 1 = 28,49 \text{ kw}$$

Corresponde a 1 evaporador com a referência 4L4/68 de 42,9 KW, conforme se identifica na tabela seguinte.

Câmara refrigerados Chilling room Cámara refrigerados (TC=0/+4°C - TE=-6/-7°C)			
Volume Volume Volumen	Capacidade Capacity Capacidad	Modelo Type Modelo	
m ³	kw		
18 - 21	2,3	4C1/3	
40 - 46	3,7	4E1/5	
55 - 63	4,3	4C2/6	
62 - 71	5,0	4C3/8	
80 - 92	6,0	4E2/9	
95 - 110	6,6	4E2/10	
120 - 140	7,7	4C3/10	
136 - 170	9,3	4E3/13	
180 - 210	10,9	4E3/16	4E4/18
230 - 264	13,0	4E4/20	4G2/20
300 - 345	16,5	4G3/23	4J2/24
380 - 440	18,9	4G3/29	2x 4E3/13
480 - 550	23,0	4L2/36	2x 4E4/18
540 - 620	27,1	2x 4E4/20	2x 4E4/20
700 - 805	33,0	4J4/49	4L3/53
920 - 1060	42,9	4L4/68	2x 4G3/29
1100 - 1265	49,2	4L4/72	2x 4L2/36
1180 - 1355	55,5	2x 4L2/36	3x 4G3/29
1500 - 1725	64,3	2x 4J4/49	3x 4G3/29
1750 - 2010	73,8	2x 4L3/53	3x 4L2/36
2100 - 2415	87,3	2x 4L4/68	4x 4G3/29

Tabela 17: Seleção do evaporador [28].

• Potência corrigida Q01

$$Q01 = QS1 \times RC1 \times FC1 \times FC2 = 42,9 \times 0,697 \times 0,974 = 29,1$$

29,1 > Pprev. (25,15Kw)



Figura 21: Figura do evaporador a instalar MT da marca Centauro [28].

DADOS DIMENSIONAIS DIMENSIONAL DATA DATOS DIMENSIONALES													
Dimensiones Dimensional Data Dimensionales												Modelo Type Modelo	
A	A1	B	C	C1	C2	C3	C4	D	E	F	G		H
mm													
440		753	450					615	540	490	720		MT 4C1/3
440		833	525					615	540	490	700		MT 4E1/5
440		1173	870					615	540	490	720		MT 4C2/6
440		1596	1290					615	540	490	720		MT 4C3/8
440		1333	1025					615	540	490	700		MT 4E2/9
440		1333	1025					615	540	490	700		MT 4E2/10
440		1596	1290					615	540	490	720		MT 4C3/10
440		1833	1525					615	540	490	700		MT 4E3/13
440		1833	1525					615	540	490	700		MT 4E3/16
440		2333	2025	1013	1013			615	540	490	700		MT 4E4/18
440		2333	2025	1013	1013			615	540	490	700		MT 4E4/20
615		1093	1330					680	625	525	780		MT 4G2/20
615		2343	1980					680	625	525	780		MT 4G3/23
690		1093	1330					680	625	525	780		MT 4J2/24
615		2343	1980					680	625	525	780		MT 4G3/29
785		2123	1710					747	690	590	845		MT 4L2/36
690		2993	2630	1315	1315			680	625	525	780		MT 4J4/40
785		2963	2550					747	690	590	845		MT 4L3/53
785		3803	3390	1695	1695			747	690	590	845		MT 4L4/58
785		3803	3390	1695	1695			747	690	590	845		MT 4L4/72

Tabela 18: Dados dimensionais do evaporador [28].

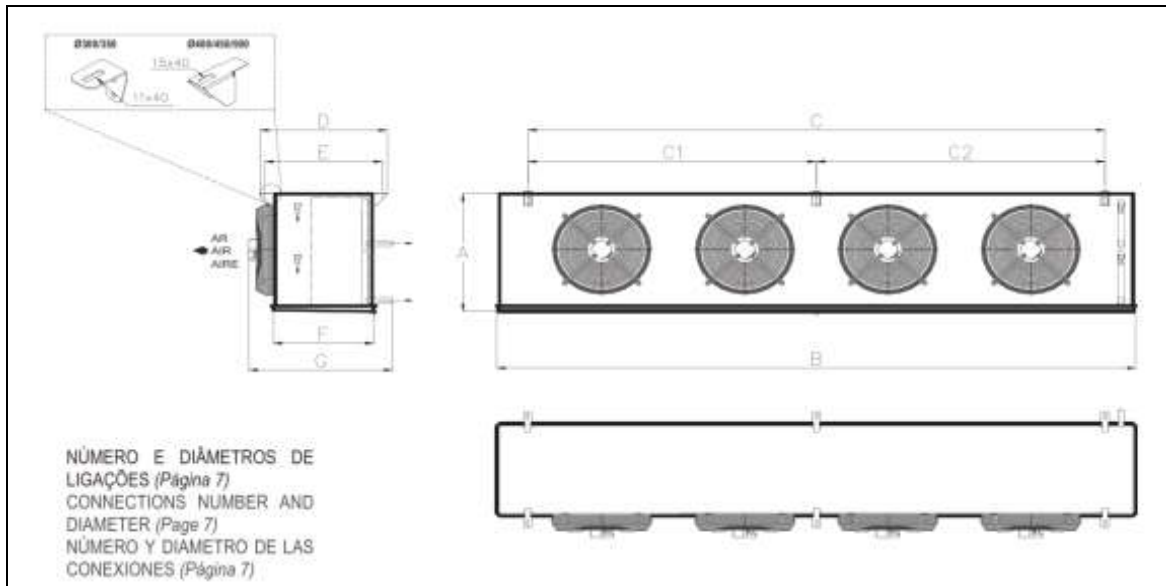


Figura 22: Desenho do evaporador [28].

Seleção do evaporador para a câmara 2:

$$Q_{0m} = Q_{sm} \times RC_m \times FC1 \times FC2 = 33 \times 0,682 \times 0,974 \times 1 = 21,9 \text{ kw}$$

Corresponde a 1 evaporador com a referência 4J4/49 de 33 Kw, conforme se identifica na tabela seguinte.

$$Q_{01} = Q_{s1} \times RC1 \times FC1 \times FC2 = 33 \times 0,697 \times 0,974 = 22,4$$

22,4 > 19,62Kw (Pprev.)

Cámara refrigerados Chilling room Cámara refrigerados (TC=0/+4°C - TE=-6/-7°C)			
Volume Volume Volumen m ³	Capacidade Capacity Capacidad kW	Modelo Type Modelo	
18 - 21	2,3	4C1/3	
40 - 46	3,7	4E1/5	
55 - 63	4,3	4C2/6	
62 - 71	5,0	4C3/8	
80 - 92	6,0	4E2/9	
95 - 110	6,6	4E2/10	
120 - 140	7,7	4C3/10	
136 - 170	9,3	4E3/13	
180 - 210	10,9	4E3/16	4E4/18
230 - 264	13,0	4E4/20	4G2/20
300 - 345	16,5	4G3/23	4J2/24
380 - 440	18,9	4G3/29	2x 4E3/13
480 - 550	23,0	4L2/36	2x 4E4/18
540 - 620	27,1	2x 4E4/20	2x 4E4/20
700 - 805	33,0	4J4/49	4L3/53
920 - 1060	42,9	4L4/68	2x 4G3/29
1100 - 1265	49,2	4L4/72	2x 4L2/36
1180 - 1355	55,5	2x 4L2/36	3x 4G3/29
1500 - 1725	64,3	2x 4J4/49	3x 4G3/29
1750 - 2010	73,8	2x 4L3/53	3x 4L2/36
2100 - 2415	87,3	2x 4L4/68	4x 4G3/29
2600 - 2990	98,4	2x 4L4/72	4x 4L2/36
3000 - 3450	110,9	3x 4L3/53	4x 4J4/49

Tabela 19: Seleção do Evaporador [28].

Seleção do evaporador para a câmara 3:

$$Q_{0m} = Q_{sm} \times RC_m \times FC1 \times FC2 = 42,9 \times 0,682 \times 0,974 \times 1 = 28,5 \text{ kw}$$

Corresponde a 1 evaporador com a referência 4L4/68 de 42,9 KW, conforme se identifica na tabela seguinte.

$$Q_{01} = Q_{S1} \times RC1 \times FC1 \times FC2 = 429 \times 0,697 \times 0,974 = 29,12 \text{ W}$$

29,12 > 26,26 Kw (Pprev.)

Corresponde á mesma solução da câmara 1, ou seja, 1 evaporador 4L4/68 de 42,9 KW.

Câmara	Potência da câmara	Potência e número de evaporadores
1	42,9 KW	Um evaporador 4L4/68 de 42,9 KW
2	33 KW	Um evaporador 4J4/49 de 33 KW
3	42,9 KW	Um evaporador 4L4/68 de 42,9 KW

Tabela 20: Seleção dos evaporadores para as câmaras.

7.2 Seleção dos compressores

Para selecionar o resto do equipamento, analisa-se a potência total dos evaporadores. Desta forma a instalação irá ter um total de 118,8 Kw de potência, consideram-se os seguintes critérios:

- Temperatura de condensação – Como a temperatura do exterior é de 30°C, somando 15°C, temos uma temperatura de condensação de 45°C.
- Relativamente à temperatura de evaporação consta no catálogo da Centauro que os evaporadores escolhidos possuem a temperatura de evaporação de – 6 °C.

O compressor tem a função de aumentar a pressão desde a linha de baixa pressão até à linha de alta pressão, fornecendo trabalho ao sistema e impulsionando o fluido a percorrer todo o circuito. Os compressores foram selecionados tendo como ferramenta o programa de cálculo da Bitzer [26]. Para as câmaras 1 e 3 foram selecionados compressores com o modelo 6GE-30Y-40P da Bitzer.

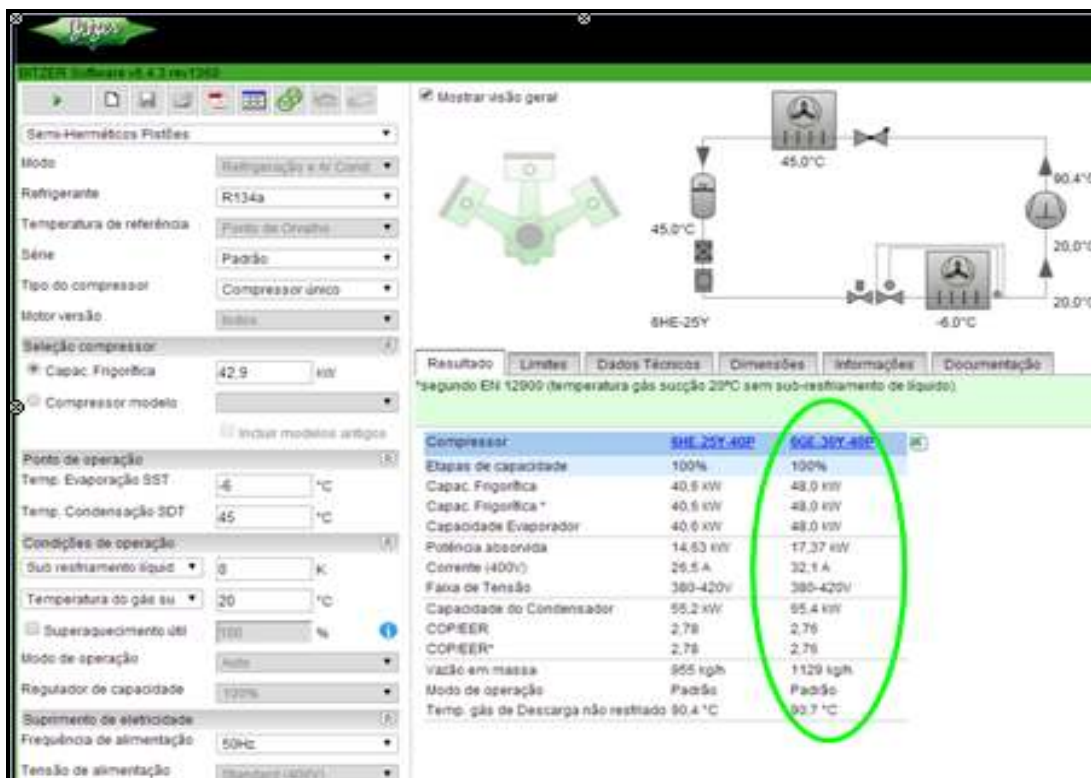


Figura 23: Programa da Bitzer para a determinação do compressor [26].

Compressor	6GE-30Y-40P	unidades
Etapas de capacidade	100%	
Capac. Frigorífica	48	kW
Capac. Frigorífica *	48	kW
Capacidade Evaporador	48	kW
Potência absorvida	17,37	kW
Corrente (400V)	32,1	A
Faixa de Tensão	380-420V	
Capacidade do Condensador	65,4	kW
COP/EER	2,76	
COP/EER*	2,76	
Vazão em massa	1129	kg/h
Modo de operação	Padrão	

Tabela 21: Característica dos compressores para as câmaras 1 e 3 [26].

Para a câmara 2 foi selecionado 1 compressor do modelo 6JE-22Y-40P da Bitzer.

Compressor	6JE-22Y-40P	unidades
Etapas de capacidade	100%	
Capac. Frigorífica	34,7	kW
Capac. Frigorífica *	34,7	kW
Capacidade Evaporador	34,7	kW
Potência absorvida	12,32	kW
Corrente (400V)	23,4	A
Faixa de Tensão	380-420V	
Capacidade do Condensador	47	kW
COP/EER	2,82	
COP/EER*	2,82	
Vazão em massa	816	kg/h
Modo de operação	Padrão	

Tabela 22: Características do compressor, modelo 6JE-22Y-40P para a câmara 2 [26].

No anexo I é possível consultar os desenhos e dados dimensionais dos compressores.

7.3 Seleção das Válvulas de retenção

A instalação frigorífica irá possuir 3 válvulas de retenção que se localizam a jusante do compressor.

A seleção da válvula de retenção tem em conta o diâmetro da tubagem da instalação, ou seja neste caso CHV-X 65 A ANG do catálogo da Danfoss [27].

Tamanho		Tipo	No. do código
mm	pol.		
50	2	CHV-X 50 A ANG	148B5737
65	2½	CHV-X 65 A ANG	148B5837
80	3	CHV-X 80 A ANG	148B5937
100	4	CHV-X 100 A ANG	148B6037
125	5	CHV-X 125 A ANG	148B6137

Tabela 23: Características das válvulas de retenção do fabricante Danfoss.

7.4 Seleção do Condensador

O condensador está especialmente destinado a realizar trocas de calor, rejeitando o calor que o fluido absorveu no evaporador e no compressor, tendo a necessidade de ser arrefecido até ao seu ponto de condensação. Desta forma irá ser consultado o catálogo da marca Centauro para identificar o respetivo condensador [28].

Cálculo do CTR CTR calculation Cálculo de lo CTR																
FR	TC [°C]															
	+35			+40			+45			+50			+55			
	H	A	S	H	A	S	H	A	S	H	A	S	H	A	S	
TE [°C]	+5	1.26	1.20	1.22	1.30	1.23	1.26	1.35	1.27	1.31	1.41	1.32	1.37	1.48	1.38	1.44
	0	1.31	1.23	1.26	1.35	1.27	1.30	1.40	1.31	1.35	1.47	1.36	1.42	1.55	1.43	1.49
	-5	1.36	1.26	1.30	1.41	1.30	1.34	1.47	1.35	1.40	1.55	1.41	1.47	1.64	1.48	1.55
	-10	1.43	1.30	1.34	1.49	1.35	1.39	1.56	1.40	1.45	1.65	1.46	1.52	1.78	1.55	1.61
	-15	1.52	1.34	1.39	1.59	1.39	1.44	1.67	1.45	1.51	1.77	1.52	1.59	1.90	1.62	1.68
	-20	1.64	1.39	1.44	1.71	1.44	1.50	1.80	1.51	1.57	1.91	1.60	1.66	2.01		
	-25	1.68	1.44	1.50	1.76	1.51	1.56	1.86	1.58	1.64	1.98	1.68	1.73	2.11		
-30	1.75	1.51	1.57	1.84	1.58	1.64	1.95	1.67	1.72	2.08	1.79	1.82	2.21			
-35	1.83	1.58	1.65	1.92	1.67	1.73	2.04	1.79	1.82	2.18	1.94	1.93	2.32			
Cálculo CTR CTR calculation Cálculo CTR																
Compressor semi-hermético Semi hermetic compressor Compressor semi-hermético TC=+45°C TE=-10°C Q=63,0 kW Pabs=19,7kW							$CTR = Q + P_{abs}$ $CTR = Q \times FR$ $CTR = 63,0 \text{ kW} + 29,7 \text{ kW} = 92,7 \text{ kW}$ $CTR = 63,0 \text{ kW} \times 1,45 = 91,4 \text{ kW}$									
Nomenclatura Nomenclature Nomenclatura																
TC	Temperatura de condensação Condensing temperature Temperatura de condensación															
TE	Temperatura de evaporação Evaporating temperature Temperatura de evaporación															
H	Compressor hermético Hermetic compressor Compressor hermético															
A	Compressor aberto Open drive compressor Compressor abierto															
S	Compressor semi-hermético Semi-hermetic compressor Compressor semi-hermético															
CTR	Calor total de rejeição Total rejected heat Potencia del condensador															
Q	Capacidade frigorífica do compressor Compressor cooling capacity Capacidad frigorífica del compresor															
P _{abs}	Potência absorvida do compressor Compressor power input Potencia absorbida del compresor															
FR	Factor de correção "FR" "FR" correction factor Factor de corrección "FR"															
Cálculo da capacidade corrigida Corrected capacity calculation Cálculo de la capacidad corregida																
FC1	R404A			R134a			R407C			R22						
Factor	1.00			0.93			0.87			0.96						
FC2	Alumínio Aluminium Aluminio			Alumínio revestido Coated aluminium Aluminio revestido			Cobre Copper Cobre									
Factor	1.00			0.97			1.03									
FC3	TA [°C]															
	+15	+20	+25	+30	+35	+40										
Factor	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.98										
FC4	A [m]															
	0	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400							
Factor	1.00	0.99	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.84							
Capacidade corrigida Corrected capacity Capacidad corregida																
ACH/R 350/71.0T R404A TA = +30°C Alumínio revestido Coated aluminium Aluminio revestido 300 metros 300 meters 300 metros							$Q_0 = Q_{@OT=15K} \times FC1 \times FC2 \times FC3 \times FC4$ $Q_0 = 40,95 \text{ kW} \times 1 \times 0,97 \times 1,02 \times 0,99 = 40,11 \text{ kW}$									
Nomenclatura Nomenclature Nomenclatura																
FC1	Factor de correção do refrigerante Refrigerant correction factor Factor de corrección del refrigerante															
FC2	Factor de correção do material das aletas Fin material correction factor Factor de corrección del material de las aletas															
FC3	Factor de correção da temperatura ambiente Ambient temp. correction factor Factor de corrección de la temperatura ambiente															
FC4	Factor de correção da altitude Altitude correction factor Factor de corrección de la altitud															
TA	Temperatura ambiente Ambient temperature Temperatura ambiente															
A	Altitude Altitude Altitud															
Q ₀	Capacidade corrigida do condensador Condenser corrected capacity Capacidad corregida del condensador															
Q _{@OT=15K}	Capacidade nominal do condensador Condenser nominal capacity Capacidad nominal del condensador															

Tabela 24: Critérios a considerar e fatores de correção para a seleção dos condensadores [28].

A temperatura de evaporação é de -6°C e a temperatura de condensação é de 45°C, tendo em conta a seleção de um compressor semi hermético. Desta forma pela análise da tabela seguinte obtém-se por interpolação FR=1,36.

FR		TC [°C]														
		+35			+40			+45			+50			+55		
		H	A	S	H	A	S	H	A	S	H	A	S	H	A	S
TE [°C]	+5	1.26	1.20	1.22	1.30	1.23	1.26	1.35	1.27	1.31	1.41	1.32	1.37	1.48	1.38	1.44
	0	1.31	1.23	1.26	1.35	1.27	1.30	1.40	1.31	1.35	1.47	1.36	1.42	1.55	1.43	1.49
	-5	1.36	1.26	1.30	1.41	1.30	1.34	1.47	1.35	1.40	1.55	1.41	1.47	1.64	1.48	1.55
	-10	1.43	1.30	1.34	1.49	1.35	1.39	1.56	1.40	1.45	1.65	1.46	1.52	1.76	1.55	1.61
	-15	1.52	1.34	1.39	1.59	1.39	1.44	1.67	1.45	1.51	1.77	1.52	1.59	1.90	1.62	1.68
	-20	1.64	1.39	1.44	1.71	1.44	1.50	1.80	1.51	1.57	1.91	1.60	1.66	2.01		
	-25	1.68	1.44	1.50	1.76	1.51	1.56	1.86	1.58	1.64	1.98	1.68	1.73	2.11		
	-30	1.75	1.51	1.57	1.84	1.58	1.64	1.95	1.67	1.72	2.08	1.79	1.82	2.21		
-35	1.83	1.58	1.65	1.92	1.67	1.73	2.04	1.79	1.82	2.18	1.94	1.93	2.32			

Tabela 25: Seleção de FR a considerar [28].

Equação 28: $CTR = Q \times FR$

Q = Capacidade frigorífica dos compressores

$CTR = 118,8 \times 1,36 = 161,57 \text{ Kw}$

118,8 Kw corresponde á potência total dos compressores.

FC1	R404A	R134a	R407C	R22					
Factor	1.00	0.93	0.87	0.96					
FC2	Aluminio Aluminium Aluminio	Aluminio revestido Coated aluminium Aluminio revestido	Cobre Copper Cobre						
Factor	1.00	0.97	1.03						
FC3	TA [°C]								
	+15	+20	+25	+30	+35	+40			
Factor	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.98			
FC4	A [m]								
	0	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400
Factor	1.00	0.99	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.84

Tabela 26: Fatores de correção a considerar no cálculo [28].

FC1=0,93

FC2=1

FC3=1,03

FC4 = 0,999

Equação 29: $Q_0 = \text{cap nominal do condensador} \times FC1 \times FC2 \times FC3 \times FC4$

$Q_0 = 168,11 \times 1 \times 1,03 \times 0,999 = 172,98 > \text{CTR} (161,57 \text{ Kw})$

Desta forma o condensador escolhido para o circuito é o modelo ACI/M 363/182Y da marca Centauro com uma capacidade de 104,69 kw.

DADOS TÉCNICOS TECHNICAL DATA DATOS TÉCNICOS													
Modelo Type Modelo	Capacidade Capacity Capacidad (DT=16K)	Superfície Surface Superficie	Volume Interno Internal volume Volumen interno	Ventiladores Fans Ventiladores							Ligações standard Standard Conexiones estándar		
				Nº. Nº. Nº	Diâmetro Diameter Diámetro	Caudal de ar Air flow Caudal de aire	Rotação Revolutions Revoluciones	Ruído (1) Noise level (1) Ruido (1)	Potência total Total power Potencia total	Corrente total Total current Corriente total	Alimentação MPS Voltage	Entrada Inlet Entrada	Saída Outlet Salida
ACIM			6-6 PÓLOS 6-6 POLES 6-6 POLOS										
ACIM 163/38.6T	31.50	76.71	8.10	1	630	10800	850	37	740	1.38	Δ 400/3/50	1 3/8	1 1/8
ACIM 163/38.6Y	25.94	76.71	8.10	1	630	8200	620	32	440	0.76	Y 400/3/50	1 3/8	1 1/8
ACIM 163/46.6T	36.96	114.90	11.50	1	630	10200	850	37	740	1.38	Δ 400/3/50	1 3/8	1 1/8
ACIM 163/46.6Y	30.24	114.90	11.50	1	630	7800	620	32	440	0.76	Y 400/3/50	1 3/8	1 1/8
ACIM 163/54.5T	42.00	153.40	16.10	1	630	9900	850	37	740	1.38	Δ 400/3/50	1 3/8	1 1/8
ACIM 163/54.5Y	32.97	153.40	16.10	1	630	7400	620	32	440	0.76	Y 400/3/50	1 3/8	1 1/8
ACIM 263/77.5T	63.00	153.41	16.10	2	630	21600	850	40	1480	2.76	Δ 400/3/50	1 5/8	1 3/8
ACIM 263/77.5Y	51.98	153.41	16.10	2	630	16400	620	35	880	1.52	Y 400/3/50	1 5/8	1 3/8
ACIM 263/96.9T	75.81	230.10	24.20	2	630	20400	850	40	1480	2.76	Δ 400/3/50	1 5/8	1 3/8
ACIM 263/96.9Y	61.64	230.10	24.20	2	630	15600	620	35	880	1.52	Y 400/3/50	1 5/8	1 3/8
ACIM 263/112T	85.26	306.82	32.30	2	630	19800	850	40	1480	2.76	Δ 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 263/112Y	66.57	306.82	32.30	2	630	14800	620	35	880	1.52	Y 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/116T	91.25	230.12	24.20	3	630	32400	850	42	2220	4.14	Δ 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/116Y	76.02	230.12	24.20	3	630	24600	620	37	1320	2.28	Y 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/153T	118.34	345.20	36.30	3	630	30800	850	42	2220	4.14	Δ 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/153Y	95.24	345.20	36.30	3	630	23400	620	37	1320	2.28	Y 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/171T	129.57	460.20	48.40	3	630	29700	850	42	2220	4.14	Δ 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/171Y	101.01	460.20	48.40	3	630	22200	620	37	1320	2.28	Y 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/182T	135.35	575.30	60.50	3	630	28800	850	42	2220	4.14	Δ 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 363/182Y	104.69	575.30	60.50	3	630	21600	620	37	1320	2.28	Y 400/3/50	2 1/8	1 5/8
ACIM 463/194T	151.83	460.20	48.40	4	630	40800	850	43	2960	5.52	Δ 400/3/50	2 5/8	2 1/8
ACIM 463/194Y	123.38	460.20	48.40	4	630	31200	620	38	1760	3.04	Y 400/3/50	2 5/8	2 1/8
ACIM 463/218T	168.11	613.60	64.50	4	630	39600	850	43	2960	5.52	Δ 400/3/50	2 5/8	2 1/8
ACIM 463/218Y	132.20	613.60	64.50	4	630	29600	620	38	1760	3.04	Y 400/3/50	2 5/8	2 1/8
ACIM 563/250T	193.73	575.30	60.50	5	630	51000	850	44	3700	6.90	Δ 400/3/50	2 5/8	2 1/8
ACIM 563/250Y	156.56	575.30	60.50	5	630	39000	620	39	2200	3.80	Y 400/3/50	2 5/8	2 1/8
ACIM 563/279T	213.36	767.10	80.60	5	630	49500	850	44	3700	6.90	Δ 400/3/50	2 5/8	2 1/8
ACIM 563/279Y	166.95	767.10	80.60	5	630	37000	620	39	2200	3.80	Y 400/3/50	2 5/8	2 1/8

Tabela 27: Identificação do condensador escolhido com uma capacidade de 168,11 kw [28].

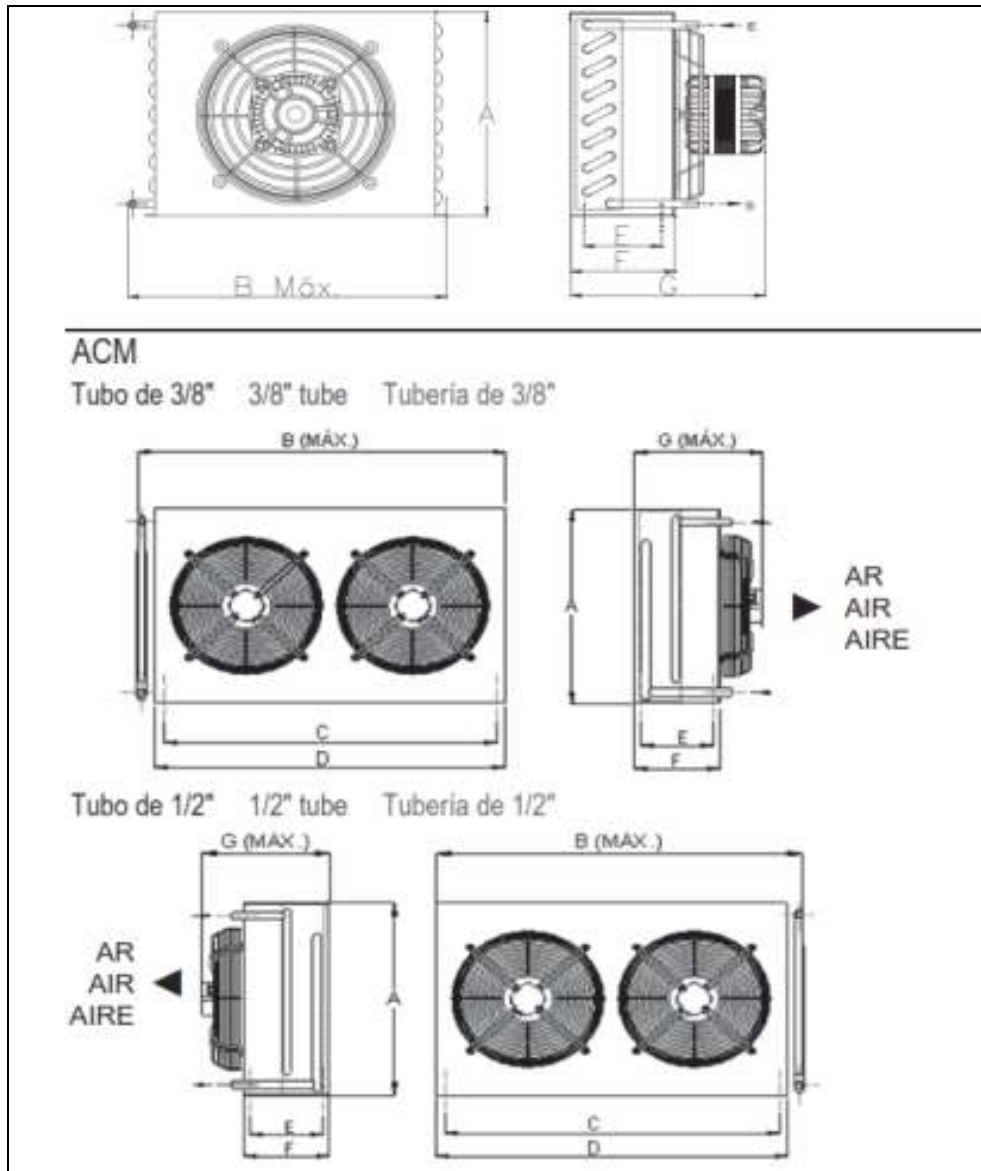


Figura 24: Desenhos do condensador escolhido [28].



Figura 25: Imagens do condensador [28].

7.5 Tubagens

Relativamente às tubagens da instalação, estas são em tubo de cobre eletrolítico. O dimensionamento das tubagens, é efetuado com base em ábacos da “DUPONT Refrigeration” para o fluido R134a [29].

Salienta-se que existem valores máximos de perdas de carga por metro linear, consoante a linha que se trata [22]:

- Tubagem de aspiração: 0,15 kPa/m;
- Tubagem de descarga: 0,2 kPa/m;
- Tubagem de líquido: 0,25kPa/m.

Após o cálculo das perdas de carga por metro linear, é necessário o cálculo da perda de carga em toda a tubagem, nunca ultrapassando os seguintes valores [22]:

- Tubagem de aspiração: 0,150 bar (15 kPa);
- Tubagem de descarga: 0,180 bar (18 kPa);
- Tubagem de líquido: 0,320 bar (32 kPa).

Caso a tubagem selecionada ultrapassar a perda de carga limite, então terá que se escolher a tubagem com um diâmetro maior de forma a baixar a perda de carga. Para tal são necessários os seguintes parâmetros:

- Potência do evaporador;
- Temperaturas de evaporação e condensação;
- Velocidade de escoamento.

As velocidades de escoamento, variam consoante as linhas de tubagens que se está a calcular. Para o dimensionamento da tubagem de aspiração do circuito da câmara 1 e 3, é necessário conhecer os seguintes parâmetros:

- Potência Evaporação das câmaras 1 e 3: 42,9 kW;
- Temperatura Evaporação: -6°C;
- Temperatura Condensação: 45°C;
- Velocidade: 10 m/s.

Assim através do diagrama do ábaco, fornecido catálogo da Dupont verificou-se que o diâmetro da tubagem é de 2-1/8", ou seja 53,97 mm [29].

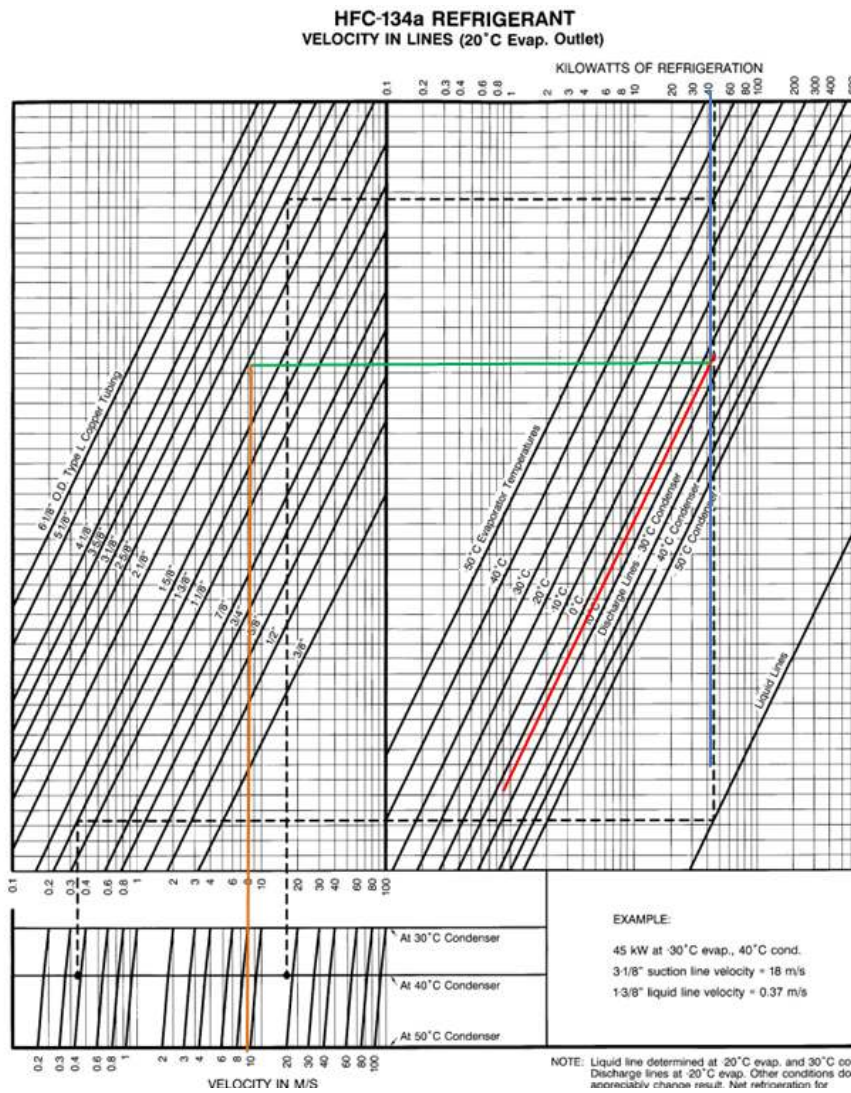


Figura 26: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem [29].

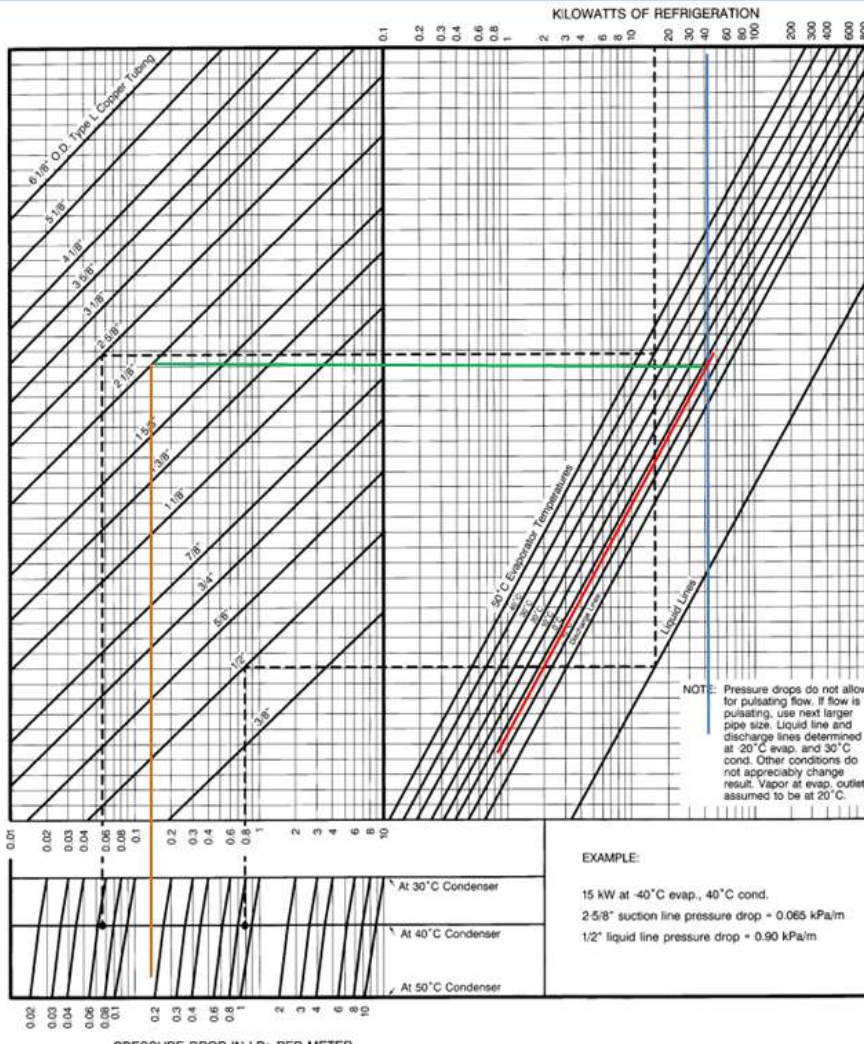


Figura 27: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem [29].

Como a perda de carga obtida é ligeiramente inferior ao limite da tubagem de aspiração, 0,15 kPa/m, então o diâmetro de 2-1/8" é suficiente.

Para o dimensionamento da tubagem de aspiração do circuito da câmara 2, é necessário conhecer os seguintes parâmetros:

- Potência Evaporação: 33 kW;
- Temperatura Evaporação: -6°C;
- Temperatura Condensação: 45°C;
- Velocidade: 10 m/s.

Assim através do diagrama do ábaco, presente no catálogo da Dupont verificou-se que o diâmetro da tubagem é de 1-5/8”.

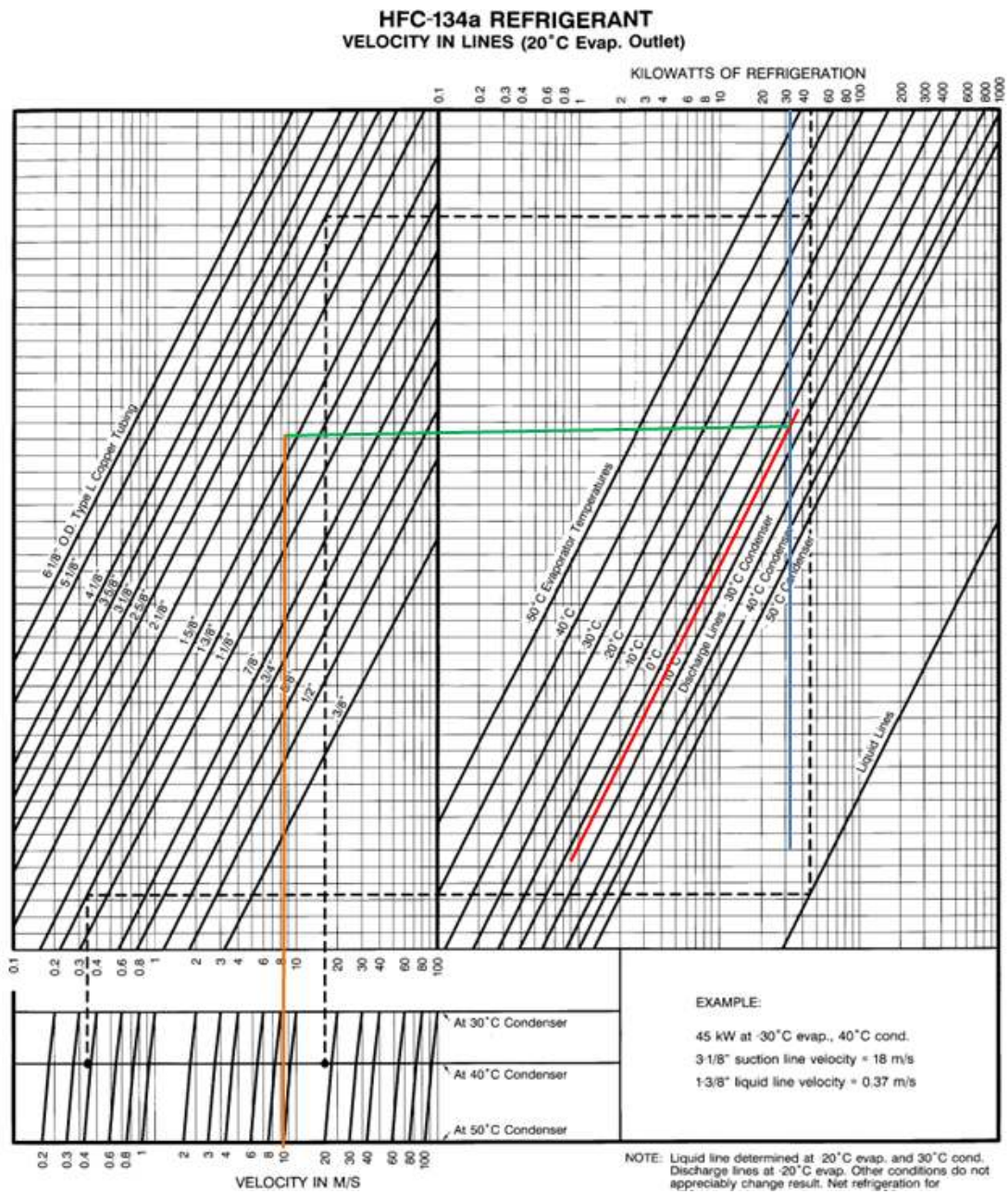


Figura 28: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem da câmara 2, ou seja 2-1/8” [29].

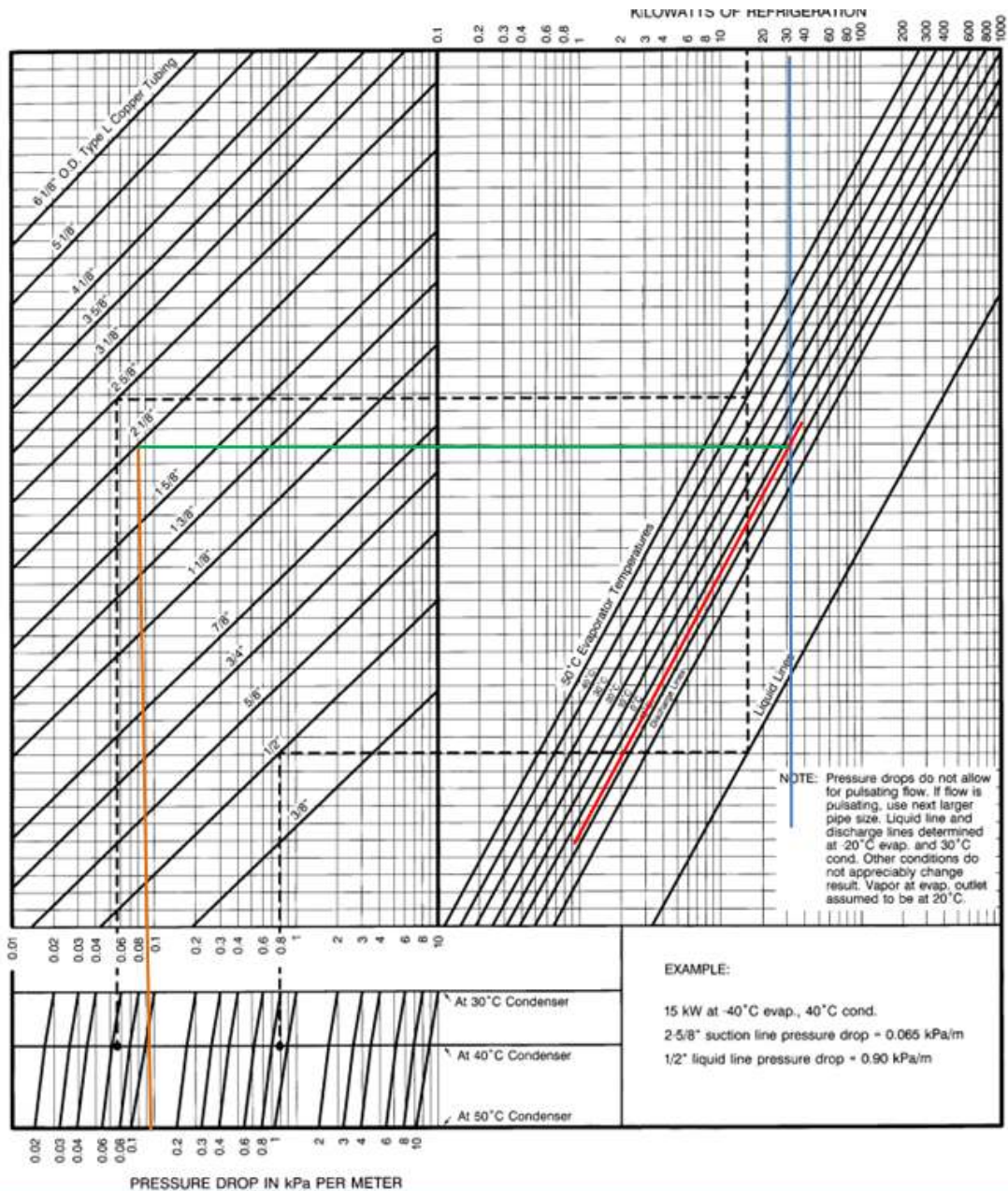


Figura 29: Ábaco que consta do catálogo da Dupont, em que se determinou o diâmetro da tubagem da câmara 2 [29].

Como 0,14 kpa é inferior ao limite da tubagem de aspiração, 0,15 kPa/m, então é adequado o diâmetro 2-1/8”.

7.6 Depósitos de líquido

Os depósitos de líquidos permitem garantir que à entrada da válvula de expansão se trata apenas de fluido no estado líquido, através da separação do vapor e do líquido, pela diferença de densidades.

O depósito de líquido é selecionado de acordo com o ábaco da “Bitzer” [30], tendo como referência a potência dos respetivos evaporadores de cada câmara e o fluido refrigerante, sendo selecionado um depósito.

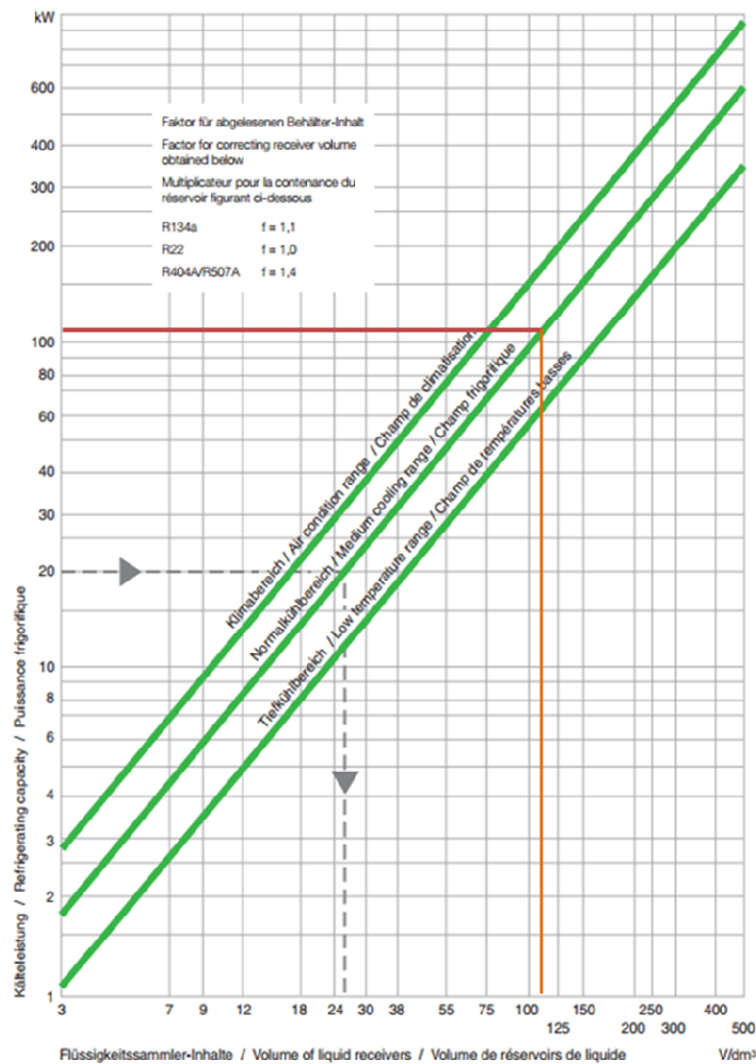


Figura 30: Ábaco que consta do catálogo da Bitzer, para determinar o volume do depósito de líquido [30].

Desta forma será instalado um depósito de líquido com um mínimo de 124 dm^3 ($112,5 \times 1,1 = 123,75 \text{ dm}^3$).

Com base neste volume mínimo irá ser selecionado o depósito de líquido da Bitzer, como se pode constatar na tabela [30] no anexo IV.

Câmara	Volume mínimo do depósito	Seleção do modelo do depósito de líquido da Bitzer
1,2,3	124 dm^3	F1602N de 160 dm^3

Tabela 28: Seleção do modelo do depósito de líquido da Bitzer.

7.7 Válvulas de expansão termostáticas

Todas as válvulas da instalação são soldadas às respetivas tubagens. De seguida são descritas e selecionadas todas as válvulas existentes na instalação.

Com a alteração à circulação do fluido refrigerante causando uma diferença de pressão entre o condensador e o evaporador, baixando assim os valores de temperatura e pressão para uma troca de calor eficiente no evaporador. Esta diferença de pressão deve-se à alteração da área de passagem do fluido, pois sendo o caudal constante, para a pressão baixar a área tem que aumentar, daí o nome de “expansão”.

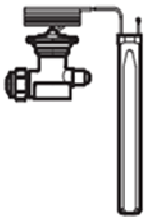
As válvulas de expansão termostática da Danfoss são projetadas para garantir um controle preciso da injeção de líquido refrigerante nos evaporadores. Elas também protegem o motor do compressor contra a entrada de líquido refrigerante.

Dependendo do modelo, as válvulas de expansão termostática Danfoss são fornecidas com conexões em rosca ou conexões de solda em cobre ou bimetálica em aço

inoxidável/cobre. Os conjuntos de diafragma das válvulas são soldados a laser, o que garante uma longa vida útil ao sistema.

Esta válvula tem como objetivo expandir o fluido refrigerante antes de entrar no evaporador. O circuito irá ter 3 válvulas de expansão, antes de cada evaporador para expandir o fluido.

As válvulas selecionadas são da Danfoss [27]. Este tipo de válvulas suportam uma ampla faixa de temperaturas, podendo atingir uma gama de temperaturas de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Tipo de válvula	Equalização de pressão	Tubo capilar	N° de código		
			Faixa N -40 a +10°C		Faixa NM -40 a -5°C
			Sem MOP	Com MOP	Com MOP
TEN5	Ext.	3	067B3297	067B3298	067B3360
TEN12	Ext.	3	067B3232	067B3233	
TEN12	Ext.	5	067B3363		
TEN20	Ext.	3	067B3292	067B3293	
TEN20	Ext.	5	067B3370		
TEN55	Ext.	3	067G3222	067G3223	
TEN55	Ext.	5	067G3230		

Tabela 29: Seleção das válvulas de expansão termostática da Danfoss [27].

Assim o circuito irá ter 3 válvulas de expansão, que se apresentam:

Câmara	Número de válvulas de expansão	Seleção do modelo da válvula de expansão
1	1	DANFOSS TEN 12 067B3232
2	1	DANFOSS TEN 12 067B3232
3	1	DANFOSS TEN 12 067B3232

Tabela 30: Resumo do número e dos modelos de válvulas de expansão termostática da Danfoss a utilizar [27].

7.8 Válvula selenoide

As válvulas escolhidas correspondem a 3 exemplares para os refrigerantes fluorados R134a, do fabricante Danfoss [27].

Essas válvulas compactas e leves foram projetadas para economizar energia e sua alta qualidade “de design” e construção garante uma operação confiável e eficiente por muitos anos.

Foi selecionado a válvula selenoide da Danfoss com a referência NEV 061N4000, própria para o gás R134a.

Características	Valor
Tipo	NEV
Peso [kg]	0.129 [kg]
Aprovação	CE, VDE
Comprimento do cabo [pol.]	23,60 in
Comprimento do cabo	0,60 m
Insulation Class	B
Bobina	Sim
Max. coil temperature [°C]	130 °C
Max. coil temperature [°F]	266 °F
EAN number	5702428269148
Frequência [Hz]	50 HZ
Max. ambient temperature	80 °C
Formato do pacote	Industrial pack
Consumo de energia [W]	7,0 W
Product Group	Solenoid valves
Product name	Solenoid coil
Quantidade por formato de pacote	100 pc
Voltagem de alimentação [V c.a.]	220 - 240 V
Designação do tipo	NEV-MOAJ503C1
Wire colour	Blue

Tabela 31: Características da válvula selenoide da Danfoss [27].



Figura 31: Válvula selenoide da danfoss [27].

7.9 Válvulas de corte

Estas válvulas situam-se a montante e jusante dos compressores, a montante do depósito de líquido e a montante e jusante dos filtros, correspondendo a 10 unidades.

Estas válvulas são da “Danfoss” e correspondem ao modelo SVA – ST 65 D ANG STOP VALVE CAP 52 BAR [27]. A tabela utilizada para selecionar o equipamento pode ser consultada no Anexo IV.

Diametro (mm)	referência	pressão (bar)
65	SVA – ST 65 D ANG STOP VALVE CAP 52 BAR	52

Tabela 32: Características da válvula de corte da danfoss.

7.10 Pressostatos

De forma a controlar a pressão do sistema, são instalados pressostatos de baixa e alta pressão, sendo que se localizam respetivamente a montante e jusante do compressor.

Estes equipamentos são seleccionados com base nos catálogos do fabricante Danfoss, um para baixa pressão (DANFOSS KP1) e outro para alta pressão (Danfoss KP5) [27].

7.11 Separador de óleo

De modo a que a instalação não seja contaminada com óleo lubrificante do compressor, é necessário que exista um separador de óleo. Como a instalação tem 3 compressores, será necessário um separador para cada. A potência frigorífica afeta a cada compressor será de 42,9 kw para as câmaras 1 e 3 e de 33 kw para a câmara 2, uma temperatura de condensação de 45°C e uma temperatura de evaporação de -6 °C. Desta forma através do catálogo da Emerson Climate Technologies [31] foram seleccionados os separadores de óleo, podendo ser consultado a tabela deste, da qual foram seleccionados os separadores de óleo no anexo IV.

Local	Fabricante	modelo	Fluído frigorígeno	Capacidade nominal do separador (Kw)	Capacidade do compressor (Kw)	Ligação
câmaras 1 e 3	Emerson Climate Technologies	OSH – 411	R134-a	73,8	42,9	2-1/8"
câmara 2		OSH – 412	R134-a	45,9	33	1-5/8"

Tabela 33: Dados do separador de óleo [31].

Refrigerant	Condensing Temperature °C	Correction factor K _t				
		Evaporating temperature °C				
		10	0	-10	-20	-30
R 134a	25	1,31	1,36	1,39	1,43	1,50
	30	1,18	1,21	1,24	1,28	1,35
	35	1,06	1,08	1,11	1,15	1,21
	40	0,95	0,98	1,01	1,05	1,10
	45	0,86	0,88	0,92	0,95	1,02
	50	0,80	0,81	0,85	0,89	0,97

Tabela 34: Fator de correção do separador de óleo [31].

Desta forma para a câmara 1 e 3 será selecionado o separador de óleo com a referência OSH – 411 com uma capacidade de $73,8 \times 0,9 = 66,42$ kw.

Para a câmara 2 será selecionado o separador de óleo com a referência OSH – 411 com uma capacidade de $45,9 \times 0,9 = 41,31$ kw.

O separador da câmara 2 possui respetivamente uma conexão de 1-5/8” ajustável com adaptador para a tubagem 2-1/8”.

7.12 Visores de líquido

Os visores de líquido são importantes para uma visualização rápida do estado do fluido refrigerante no sistema. Estes indicam a presença de humidade através da cor e a presença de gases indesejáveis, falta de fluido refrigerante e possível obstrução do filtro secador.

PCN	Description	Connection Size	A Dia.	B	C
064167	AMI-2S7	7/8 ODM	0.88	1.34	1.00
064168	AMI-2S9	1 1/8 ODM	1.13	1.25	1.00
022303	AMI-2S11	1 3/8 ODM	1.38	1.56	1.94
028388	AMI-2S13	1 5/8 ODM	1.63	1.69	1.44
031219	AMI-2S17	2 1/8 ODM	2.13	1.94	1.69

Tabela 35: Seleção do visor de líquido AMI-2S17 [31].

Desta forma foram, através do diâmetro da tubagem foi selecionado o visor de líquido AMI-2S17, tendo como base o catálogo da Emerson Climate Technologies [31].

7.13 Filtros

Os filtros têm como função remover matérias estranhas ao fluido frigorífero.

A instalação frigorífica irá possuir um filtro para o circuito, desta forma foi selecionado tendo em conta o diâmetro o filtro STAS-9617T [31], podendo consultar a tabela do fabricante, da qual foi selecionado no anexo IV.

Fabricante	modelo	Ligação
Emerson Climate Technologies	STAS-9617T	2-1/8"

Tabela 36: Dados do filtro para o circuito [31].

8. Seleção de equipamentos da atmosfera controlada

A atmosfera controlada mais adequada ao kiwi é de 2%O₂, 5%CO₂ e 93% de azoto, já referido anteriormente.

A atmosfera controlada é constituída por:

- Absorvedor de dióxido de carbono;
- Catalisador de etileno;
- Gerador de azoto;
- Equipamento de controlo e gestão dos níveis de gases;
- Válvula equalizador de pressão.

8.1 Absorvedor de dióxido de carbono

Relativamente ao absorvedor de dióxido de carbono, este equipamento tem como função eliminar o dióxido de carbono de modo a que se tenha as quantidades desejadas. Este funciona com carvão activo que é regenerado pelo ar ambiente. Geralmente é composto por duas torres, em que enquanto uma absorve o ar da câmara, este é pressurizado durante 3 a 5 minutos até á saturação do dióxido de carbono. Ao mesmo tempo a outra torre regenera o carvão com ar exterior eliminando o dióxido de carbono presente. Esta técnica é usada de modo a que seja possível haver um funcionamento contínuo.

Para a instalação em causa optou-se pelo modelo ABSOGER 400 de potência 0,76 kw [32], podendo consultar a tabela do fabricante, da qual foi seleccionado no anexo IV.

Modelo	Potência instalada	Capacidade de tratamento de toneladas a 1% de CO ₂	Capacidade de tratamento de toneladas a 3% de CO ₂
ABSOGER 400	0,76 kw	200	400

Tabela 37: Dados do absorvedor de dióxido de carbono do fabricante ABSOGER [32].



Figura 32: Absorvedor de dióxido de carbono [32].

8.2 Catalisador de etileno

Relativamente ao catalisador de etileno, este está disponível em duas versões, fixa e móvel. Para aplicações de atmosfera controlada, o aparelho está disposto com ligações estanques ao gás para os tubos que lhe permitem ser montada do lado de fora da câmara.

Garante o nível de etileno para a conservação dos kiwis em níveis abaixo de 0,02 ppm. Para a instalação irá ser seleccionado 3 catalisadores de etileno com a referência CE 200 M, podendo consultar a tabela do fabricante, da qual foi seleccionado no anexo IV.

Modelo	Potência instalada	Capacidade de tratamento (toneladas)
CE 200 M	2,6 kw	200

Tabela 38: Dados do catalisador de etileno [32].

O princípio de funcionamento corresponde ao ar na câmara sugado através de um dos ventiladores. Seguidamente o conteúdo de etileno é queimado na porção central, através da camada de catalisador, em que se aquece de 230 ° a 260 ° C, pela resistência eléctrica. Em seguida o ar é arrefecido através da passagem por um permutador de calor e libertado para a sala limpa de moléculas de etileno. A direcção de fluxo é invertida ciclicamente de modo que o ar de exaustão é, a uma temperatura próxima da do ambiente.

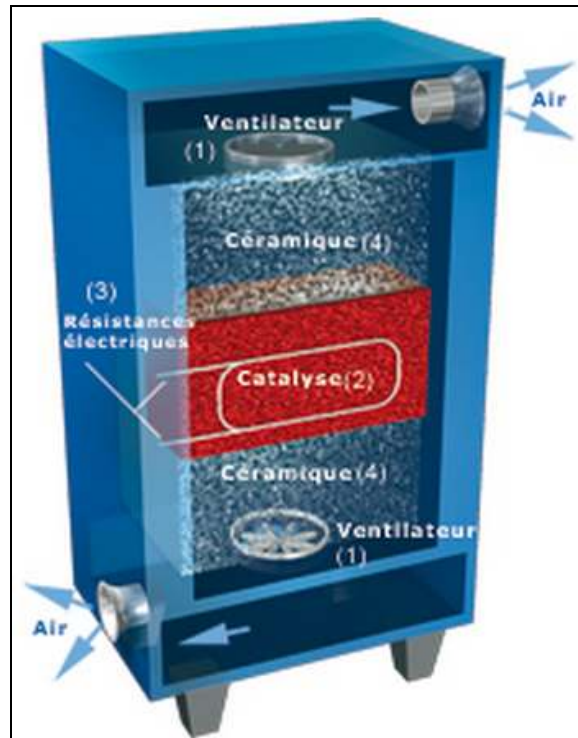


Figura 33: Catalisador de etileno [32].

8.3 Gerador de azoto/ queimador de oxigénio

Os geradores de azoto possuem tecnologia PSA (Pressure Swing Adsorption) que consistem em duas colunas de carvão ativado CMS (Peneira Molecular de Carbono). O CMS é um tipo especial de carvão ativado com a propriedade de poro, a alta pressão, para absorver oxigénio, dióxido de carbono, vapor de água durante a passagem de azoto e outros gases inertes. Através da variação da pressão para cima, em seguida, cai dentro das colunas e o azoto está separado dos outros gases. Antes de entrar nas colunas de carvão ativado, ar comprimido convencional deve ser seco e purificado através dos geradores de azoto Absoger. Assim o sistema fornece continuamente um fluxo estável de azoto de alta pureza.

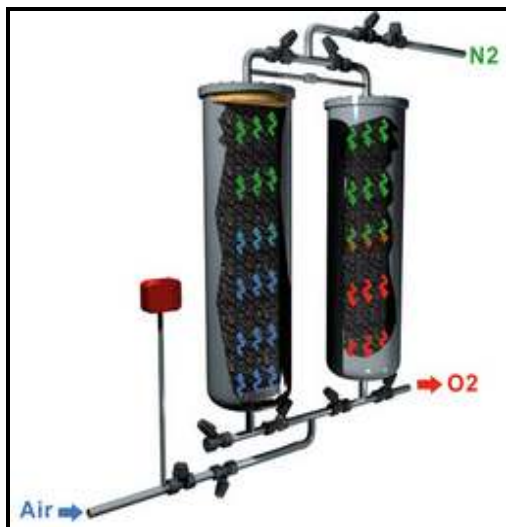


Figura 34: Princípio de funcionamento do Gerador de azoto/ queimador de Oxigênio [32].

Para esta instalação irá ser selecionado o modelo PSA F15 com uma potência de 11 kw, podendo consultar a tabela do fabricante, da qual foi selecionado no anexo IV.

Modelo	Potência instalada	Toneladas de fruto em AC (5% de oxigênio) por dia
PSA F15	11 kw	190

Tabela 39: Potência instalada do gerador de azoto/ queimador de oxigênio [32].



Figura 35: Gerador de azoto/ queimador de oxigénio [32].

8.4 Equipamento de controlo e gestão dos níveis de gases

Para o controlo dos gases em atmosfera controlada, usam-se atualmente analisadores eletrónicos de fluxo contínuo, que são de leitura rápida, na ordem de 1 a 2 minutos. Por serem eletrónicos, possuem saídas que os ligam diretamente aos controladores automáticos da atmosfera controlada. Os analisadores de oxigénio mais comuns utilizam dois princípios de medição: o paramagnético e o eletroquímico. O paramagnético é mais preciso e o eletroquímico necessita da renovação da célula, normalmente entre 3 a 8 anos.

Os analisadores de dióxido de carbono usam os princípios de luz infra-vermelha ou de captação sonora. Os de luz infravermelha são os mais comuns e mais utilizados.

O equipamento selecionado possui:

- Um analisador de oxigénio e dióxido de carbono, que contém para o caso do oxigénio, uma célula de óxido de zircónio com uma vida superior a 3 anos e para o caso do dióxido de carbono o analisador de gás por luz infravermelha;
- Um controlador, no qual está inserido o analisador e onde é possível calibrar as taxas dos gases;

- Um armário de controlo da atmosfera controlada, o qual tem a vantagem de poder ser controlado remotamente. Estes equipamentos são independentes e guardam em memória, todos os valores relativos às taxas de gases durante o período de armazenamento.



Figura 36: Equipamento de controlo e gestão dos níveis de gases (adaptado de [32]).

Salienta-se que este equipamento é capaz de realizar a respetiva supervisão de gestão do O₂, CO₂ e C₂H₄, nomeadamente na eliminação de CO₂, Injeção de N₂ e O₂, medição do CO₂ e O₂ (opcionalmente: injeção de CO₂ e medição C₂H₄, C₂H₄).

Também é capaz de medir a humidade relativa, pressão e temperatura do ar em tempo real.

8.5 Válvula equalizadora de pressão

A instalação necessita de uma válvula equalizadora de pressão. Em atmosfera controlada irá existir um diferencial de pressão criado pela operação dos respetivos equipamentos. Para evitar danos catastróficos para a instalação, deve-se usar uma válvula equalizadora de pressão. Esta deve reagir rapidamente á sobrepressão ou vácuo da câmara para evitar estes mesmos danos.

Selecionou-se a válvula equalizadora de pressão com sifão de água da mesma marca do restante equipamento, ou seja, da Absoger:



Figura 37: Válvula equalizadora de pressão [32].

9. Impacte ambiental da instalação frigorífica

Os principais impactes ambientais associados à instalação frigorífica em causa correspondem:

- Produção de resíduos: Os principais resíduos produzidos correspondem restos de kiwi que são rejeitados. Estes devem ser encaminhados para centros de compostagem, ou mesmo depositados controladamente no terreno de produção uma vez que através da sua decomposição irão fertilizar o solo.

-Impacte paisagístico: de forma a atenuar o impacte na paisagem, em redor da instalação irão ser plantadas árvores à volta da instalação para fazer sombra e diminuir o impacte paisagístico contribuindo como sumidouro de CO₂.

- Consumo de água e consequente produção de lixiviados não perigosos: O consumo de água resultante principalmente de lavagem da instalação, uma vez que não é perigosa, poderá ser reutilizada para rega, das árvores plantas que circundam a instalação.

- Consumo de energia: a instalação irá possuir iluminação LED, uma vez que é a mais eficiente e “amiga do ambiente”. Irá ser instalado painéis solares térmicos para a água quente a utilizar na instalação.

- Impacte zero na depleção da camada de ozono, ou seja o gás R134a não interfere negativamente na camada de ozono [38].

- O gás R134a tem um potencial de aquecimento global significativo (GWP), como se constata na tabela seguinte [38]. Global-warming potencial (GWP) é uma medida que compara a quantidade de calor preso por uma determinada massa de gás em questão relativamente a uma massa semelhante de dióxido de carbono.

NEWSROOM
Get News on the Latest Climate Action

Global Warming Potential (referenced to the updated decay response for the Stern carbon cycle model and future CO₂ atmospheric concentrations held constant at current levels).

Source: Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22.

Species	Chemical formula	Lifetime (years)	Global Warming Potential (Time Horizon)		
			28 years	100 years	500 years
CO ₂	CO ₂	variable §	1	1	1
Methane *	CH ₄	12.03	56	21	6.5
Nitrous oxide	N ₂ O	120	288	318	178
HFC-32	CHF ₂	264	2100	11700	3000
HFC-32	CHCF ₂	5.4	2100	850	200
HFC-41	CHF ₃	3.7	490	150	45
HFC-43-100ea	CH ₂ CF ₂ O	17.1	3000	1300	400
HFC-125	CHF ₃	32.6	4600	2800	800
HFC-134	C ₂ H ₂ CF ₄	10.6	2900	3000	310
HFC-134a	CH ₂ CF ₂	14.8	3400	1300	420
HFC-152a	C ₂ H ₂ F ₂	1.5	400	140	42
HFC-143	C ₂ H ₃ CF ₃	3.8	1000	300	94
HFC-143a	C ₂ H ₃ CF ₃	49.3	5000	3800	1400
HFC-227ea	C ₃ H ₂ F ₆	36.1	4300	2900	900
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	209	5100	8300	4700
HFC-245ca	C ₃ H ₂ F ₆	6.0	1800	500	170
Sulphur hexafluoride	SF ₆	3200	18300	23000	34000
Perfluoromethane	CF ₄	50300	4400	6000	10000
Perfluoroethane	C ₂ F ₆	10000	8200	3200	14000
Perfluoropropane	C ₃ F ₈	2600	4000	7000	18100
Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	2600	4800	7900	18100
Perfluorocyclobutane	c-C ₄ F ₈	3200	6000	8700	12700
Perfluoropentane	C ₅ F ₁₂	4100	5100	7500	11000
Perfluorohexane	C ₆ F ₁₄	3200	5000	7400	10700

NEGOTIATIONS
Meetings
Documents & Decisions
Bodies

FOCUS
BDC Portal

PROCESS
Essential Background
Kyoto Protocol
Cooperation & Support
Science
Adaptation
National Reports
GHS Data
GHS Data - UNFCCC
KP Data - UNFCCC
GHS Data - Non-UNFCCC
Online Help
Contact
Methods
Land Use and Climate Change
Gender and Climate Change
Parties & Observers
Press
Secretariat

Figura 38: Global-warming potencial do R134a [38].

Por outro lado uma vez que o R134a é um gás fluorado com efeito de estufa aplica-se o Regulamento (CE) n.º 1516/2007 da Comissão, de 19 de dezembro de 2007 [39], que estabelece disposições normalizadas para a deteção de fugas em equipamentos fixos de refrigeração. Também é aplicável o Regulamento (CE) n.º 842/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio [40] que tem por objetivo proteger o ambiente mediante a redução das emissões de gases fluorados com efeito de estufa, salientando regras em matéria de confinamento, utilização, recuperação e destruição de gases fluorados com efeito de estufa. O Regulamento (CE) n.º 303/2008 da Comissão, de 2 de Abril [41] estabelece, os requisitos mínimos e as condições para o reconhecimento mútuo

da certificação de empresas e pessoal no que respeita aos equipamentos fixos de refrigeração com gases fluorados.

10. Análise do preço do kiwi

O preço do kiwi nos meses em que atmosfera controlada permite escoar mais tarde, de maio a agosto, não varia muito em relação aos restantes meses. Em 2014 e 2015 apenas variou 10 cêntimos em junho de 2014 no mercado abastecedor.

Por outro lado de maio a julho, pode-se verificar pela consulta do site SIMA (Sistema de Informação de Mercados Agrícolas) [47] que o mercado é dominado por produto Nacional, podendo-se concluir que são câmaras de atmosfera controlada que estão a fornecer o produto nesses meses.

2015 - mercado produção (euros)								
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto
Kiwi*Hayward*SE*I*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Kiwi*Hayward*SE*II*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
mercado abastecedor (euros)								
Kiwi*Hayward*SE*I*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Kiwi*Hayward*I*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*Chile*EUR/Kg								1,35
Kiwi*Hayward*SE*II*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	
2014 - mercado produção (euros)								
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto
Kiwi*Hayward*SE*I*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	
Kiwi*Hayward*SE*II*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,2	1,2	1,2	1,25	1,25	1,25	1,25	
mercado abastecedor								
Kiwi*Hayward*SE*I*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5		
Kiwi*Hayward*I*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*Chile*EUR/Kg							2,3	2,1
Kiwi*Hayward*SE*II*25/27 fr (105-125 g)*Caixa*EUR/Kg nacional	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,35		

Tabela 40: Cotações do kiwi no mercado produtor e abastecedor em 2014 e 2015 [47].

11. Considerações finais

Com a conceção de uma instalação frigorífica com atmosfera controlada para conservação de produtos frutícolas refrigerados, permitiu adquirir conhecimentos em planificar e gerir um projeto de frio industrial no setor dos hortofrutícolas, tendo-se escolhido o kiwi, salientando que Portugal corresponde ao décimo maior produtor deste fruto a nível mundial.

No ponto 3.3.5 demonstrou-se a melhoria da qualidade dos frutos, em atmosfera controlada, nomeadamente uma melhor firmeza da polpa e sólidos solúveis totais, e aumento da vida útil, constituem as mais-valias da solução.

Relativamente á vantagem económica financeira, foi enviado email ao fabricante a pedir um orçamento do equipamento de atmosfera controlada, não tendo havido resposta e desta forma não ser possível analisar o retorno do investimento. Contudo um dos pontos críticos desta solução é o investimento, no equipamento de atmosfera controlada e a importação de kiwi nomeadamente do Chile e a Nova Zelândia (Abril a Outubro) que compete com o fruto português em atmosfera controlada em período de contra – estação [43].

Pela pesquisa da bibliografia permitiu concluir que existe um real benefício na refrigeração em atmosfera controlada, aumentando relativamente à atmosfera normal cerca de 3 meses bem como a garantia de uma melhor qualidade do produto. Desta forma é possível vender o produto Nacional de maio a julho, como se verifica no ponto 10.

12. Bibliografia

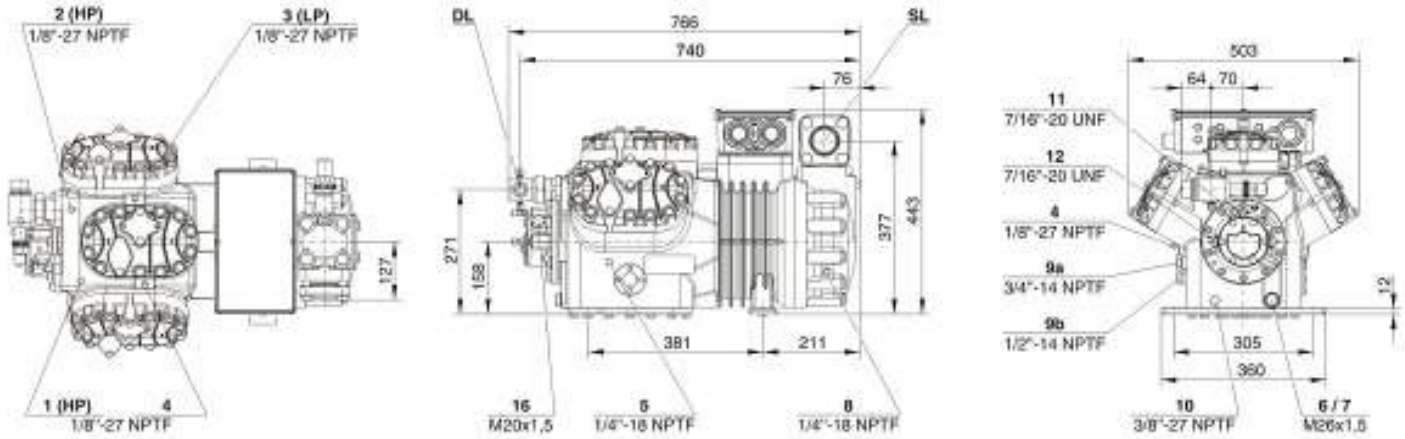
- [1] www.freshplaza.com (consultado em 3/01/2015);
- [2] www.mapsofworld.com (consultado em 5/01/2015);
- [3] <http://clinicadotempo.com/propriedades-kiwi> (consultado em 5/01/2015);
- [4] Santos, Gonçalves, Sebenta da Unidade Curricular de Instalações Frigoríficas;
- [5] Manual de Boas práticas http://www2.esb.ucp.pt/twt/disqual/pdfs/disqual_kiwi.pdf (consultado em 15/01/2015);
- [6] Domingos Almeida, 2005, Sociedade Portuguesa de Inovação, Manuseamento de Produtos Hortofrutícolas;
- [7] <http://www.agrotec.pt/noticias/kiwi-setor-prepara-aumento-de-vendas/> (consultado em 15/01/2015);
- [8] http://www2.spi.pt/agrovalorizacao/docs/Manual_II.pdf (consultado em 17/01/2015);
- [9] BRACKMANN Auri; SAQUET, Adriano Arriel & OSTER, Andréia H. Armazenamento refrigerado de kiwi em atmosfera normal e controlada;
- [10] Poças e Oliveira, 2001;
- [11] <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/128/125> (consultado em 23/01/2015);
- [12] <http://www.a2transfer.es/oferta/absoger-s-a/> (consultado em 23/01/2015);
- [13] <http://www.ritel.pt/> (consultado em 26/01/2015);
- [14] <http://www.gramaser.pt/calibrador-electronico-de-2-linhas-gramaser-advanced/> (consultado em 26/01/2015);
- [15] http://www2.esb.ucp.pt/twt/disqual/pdfs/disqual_embalagem.pdf (consultado em 26/01/2015);
- [16] http://i00.i.aliimg.com/img/pb/448/942/510/510942448_928.jpg (consultado em 28/01/2015);
- [17] http://www.drapc.minagricultura.pt/base/geral/files/amadurecimento_conservacao_kiwis.pdf (consultado em 15/02/2015);
- [18] http://www.drapc.minagricultura.pt/base/geral/files/tecnologias_pos_colheita_kiwis.pdf (consultado em 15/02/2015);

- [19] http://www.isoterme.pt/uploads/2/5/6/1/2561911/apresentacao_isoterme.pdf (consultado em 18/02/2015);
- [20] <http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20%2803%29%202012/%284%29%20IFRJ%2019%20%2803%29%202012%20Pedro%20Brazil.pdf> (consultado em 03/02/2015);
- [21] <http://www.hidros.es/es> (consultado em 18/02/2015);
- [22] ASHRAE, Handbook: Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Inc., 2006.
- [23] <https://books.google.pt/books?id=y0PMBQAAQBAJ&pg=PA407&lpg=PA407&dq=kiwi+heat+respiration&source=bl&ots=RcLGFrvogN&sig=Lo3XfDi5d5mcrvcULDvPN N7Ihco&hl=ptPT&sa=X&ved=0CFwQ6AEwCzgUahUKEwjpwGxvpTGAhULp3IKHe hJALg#v=onepage&q&f=false> (Handbook of Food Engineering, Second Edition editado por Dennis R. Heldman, Daryl B. Lund, Christina Sabliov) (consultado em 18/02/2015);
- [24] <http://www.fbrigido.pt/html/?pageid=431&title=PAINEL%20ISOTERMICO> (consultado em 25/02/2015);
- [25] Guerra, Matos, Apontamentos da Unidade Curricular de Refrigeração do ISEL (consultado em 25/02/2015);
- [26] <https://www.bitzer.de/websoftware/Calculate.aspx?cid=1434666264822&mod=HHK> (consultado em 15/04/2015);
- [27] www.danfoss.com (consultado em 15/04/2015);
- [28] <http://www.centauro.pt/index.php/pt/> (consultado em 20/05/2015);
- [29] http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/h52168_Suva134a_velocity_si.pdf (consultado em 20/05/2015);
- [30] https://www.bitzer.de/shared_media/documentation/dp-300-7.pdf (consultado em 21/05/2015);
- [31] <http://www.emersonclimate.com> (consultado em 22/05/2015);
- [32] <http://absoger-controlled-atmosphere-nitrogen-generator.com/fr/cms/adsorbeur-de-co2/> (consultado em 22/05/2015);
- [33] <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/128/125>;
- [34] <http://www.cmjornal.xl.pt/nacional/economia/detalhe/produzimos-o-melhor-kiwi-de-toda-a-europa.html> (consultado em 23/05/2015);
- [35] <http://sofalca.pt/pdf/catalogo-isocor.pdf> (consultado em 23/05/2015);

- [36] <http://www.isoterme.pt/tipo-t.html> (consultado em 14/06/2015);
- [37] <http://www.fbrigido.pt/html/?pageid=435&title=PAINEL%20DE%20POLIESTIRENO> (consultado em 14/06/2015);
- [38] http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php (consultado em 17/06/2015);
- [39] Regulamento (CE) n.º 1516/2007 da Comissão, de 19 de Dezembro de 2007;
- [40] Regulamento (CE) n.º 842/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Maio de 2006;
- [41] O Regulamento (CE) n.º 303/2008 da Comissão, de 2 de Abril de 2008;
- [42] http://www.abolsamia.pt/news.php?article_id=2469 (consultado em 13/07/2015);
- [43] <http://www.gpp.pt/pbl/diagnosticos/SubFileiras/Kiwi.pdf> (consultado em 14/07/2015);
- [44] http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/pdr_kiwi.pdf (consultado em 03/02/2015);
- [45] <http://www.kiwicoop.com/cgibin/eloja21.exe?myid=kiwicoop&lang=pt&titles=03&ch=5&tpl=plantacao&cli=ln&menu=kiwi&ms=3> (consultado em 18/08/2015);
- [46] http://www.drapc.minagricultura.pt/base/geral/files/amadurecimento_conservacao_kiwis.pdf (consultado em 18/08/2015);
- [47] <http://www.gpp.pt/cot/> (consultado em 20/08/2015);
- [48] Carvalho, J. M. C. & Rousseau, J. A. 2000. Produtos hortofrutícolas frescos ou minimamente processados – Logística. Sociedade Portuguesa de Inovação, Porto;
- [49] <http://www.freshplaza.com/article/106580/Worldwide-kiwi-production-reasonably-stable>;
- [50] <http://my-slimcoach.de/lebensmittellexikon/Kiwi> (consultado em 23/11/2015);
- [51] <http://www.rccte.com/ficheiros/rccte.pdf> (consultado em 14/07/2015);
- [52] <http://slideplayer.es/slide/5388886/>. (consultado em 14/07/2015).

Anexo I – Desenhos dos compressores

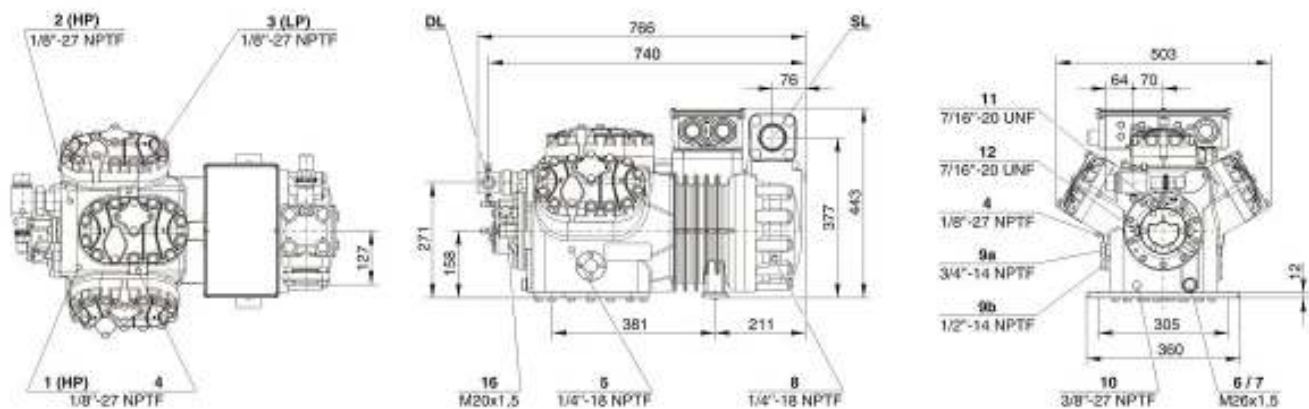
Compressor do modelo 6GE-30Y-40Pda Bitzer das Câmaras 1 e 3



Legenda:

- 1 Interrupção de alta pressão (HP)
- 2 Proteção da temperatura de descarga do gás (HP)
- 3 Interrupção de baixa pressão (LP)
- 4 CIC – Orifício calibrado para injeção de líquido (LP)
- 4b Sensor CIC
- 5 Bujão de óleo
- 6 Plug de drenagem do óleo
- 7 Filtro de óleo (plug magnético)
- 8 Retorno de óleo (separador de óleo)
- 9 Equalização de óleo e gás (operação em paralelo)
- 9a Equalização de gás (operação em paralelo)
- 9b Equalização de óleo (operação em paralelo)
- 10 Resistência

Compressor do modelo 6JE-22Y-40P da Bitzer, da câmara 2

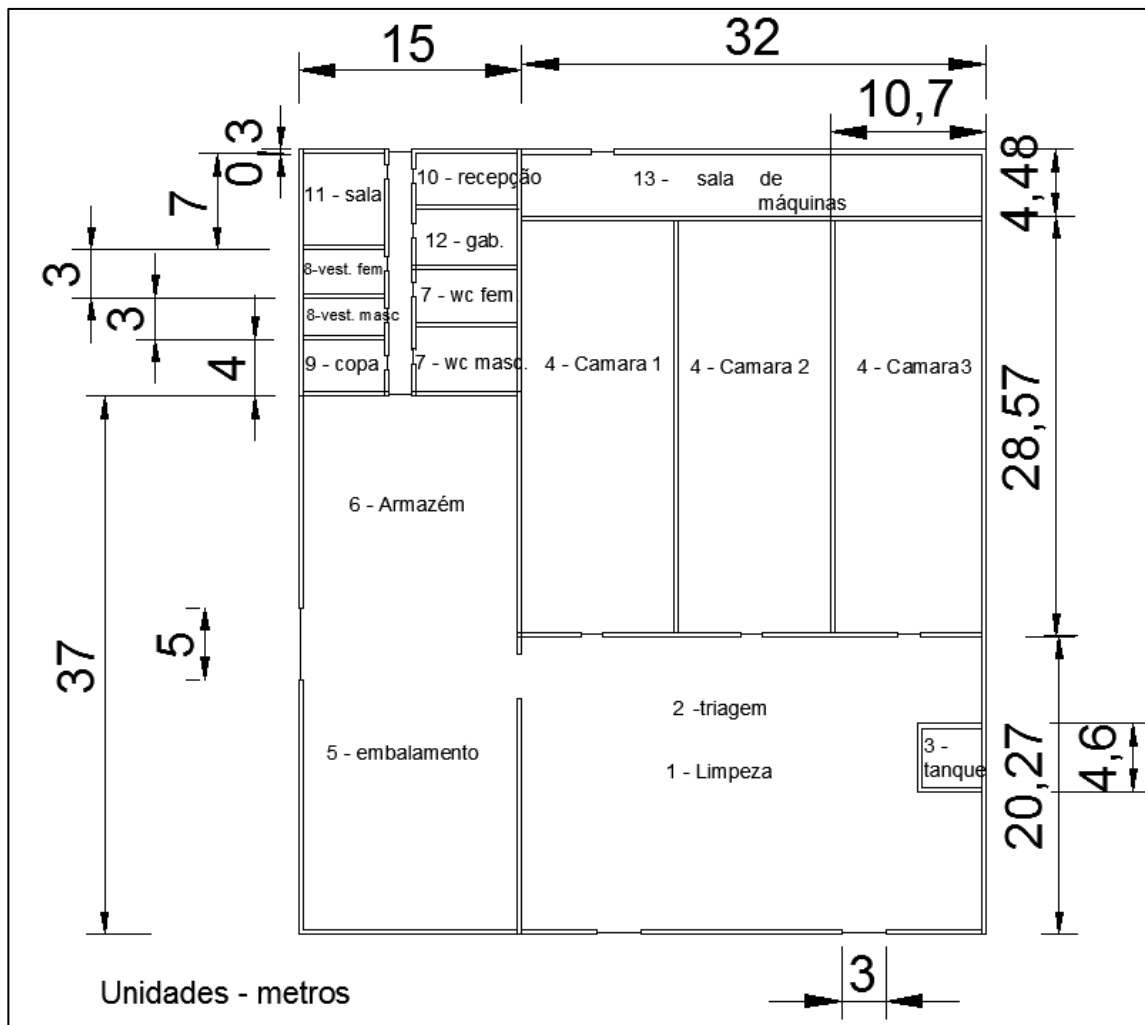


Legenda:

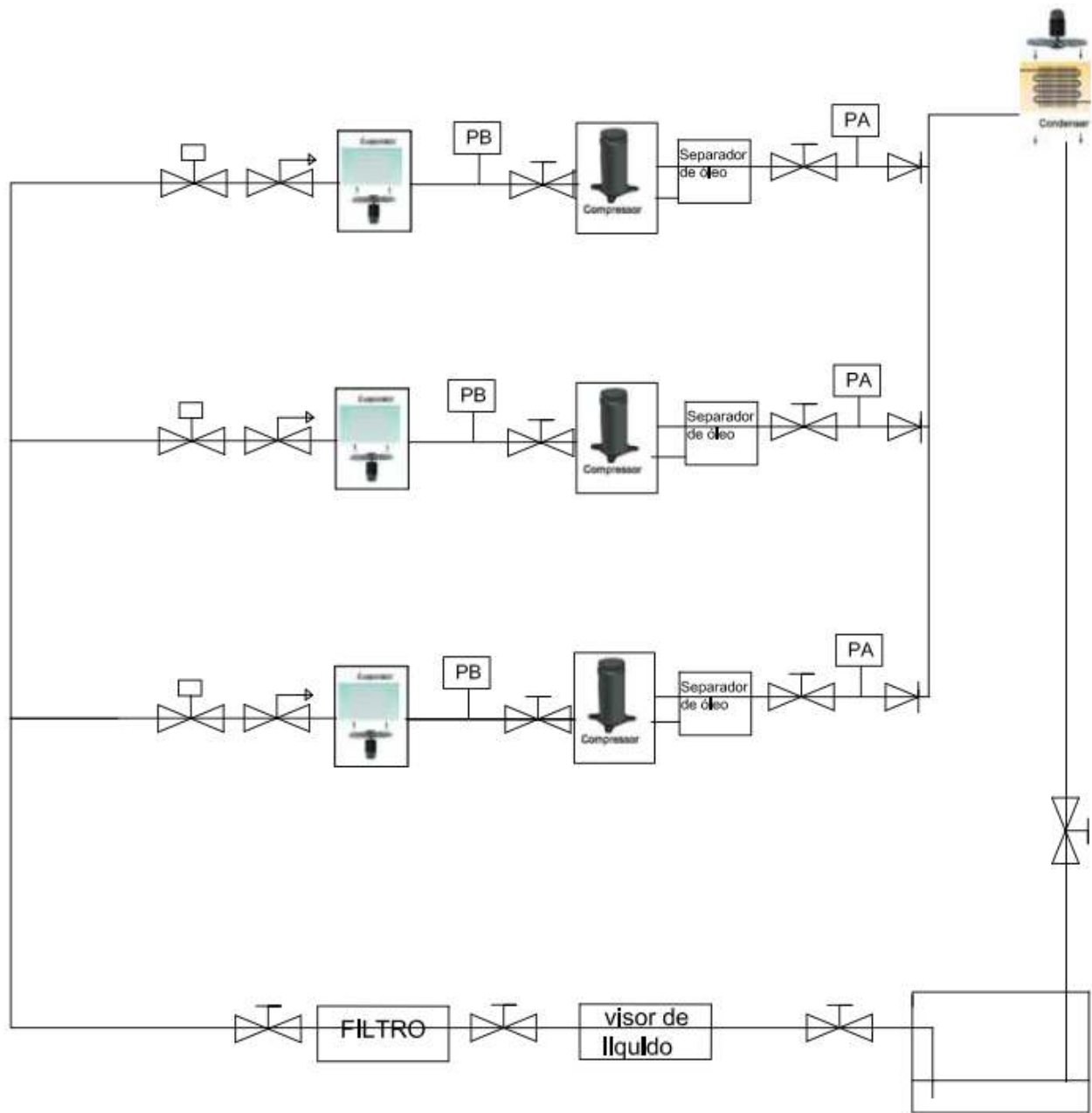
- 1 Interrupção de alta pressão (HP)
- 2 Proteção da temperatura de descarga do gás (HP)
- 3 Interrupção de baixa pressão (LP)
- 4 CIC – Orifício calibrado para injeção de líquido (LP)
- 4b Sensor CIC
- 5 Bujão de óleo
- 6 Plug de drenagem do óleo
- 7 Filtro de óleo (plug magnético)
- 8 Retorno de óleo (separador de óleo)
- 9 Equalização de óleo e gás (operação em paralelo)
- 9a Equalização de gás (operação em paralelo)
- 9b Equalização de óleo (operação em paralelo)
- 10 Resistência

Anexo II – Desenho da planta de instalação em autocad

(valores apresentados estão em metros)



Anexo III – Diagrama da instalação em autocad



Legenda:



Anexo IV – Tabelas de seleção de equipamentos dos fabricantes

- Seleção do depósito de líquido da Bitzer [30]:

Technische Daten/Anschlüsse Legende Flüssigkeitssammler					Technical data/Connections Horizontal liquid receivers				Caractéristiques techniques/Raccords Réservoirs de liquide horizontaux				
Typ	Sammeler- Inhalt	Maximale Kältemittel-Füllung ^①			Gewicht	Anschlüsse ^②				Anschlussgewinde/-flansch Eintritt	Anschlussgewinde/-flansch Austritt	Manometer	Schaugläser ^③
		Receiver volume	Maximum refrigerant charge ^①			Weight	Connections ^②						
Type	Contenance du réservoir	Charge maximale de fluide frigorigène ^①			Poids		Raccords ^②				Raccord fileté/bride Entrée	Raccord fileté/bride Sortie	Manomètre
	dm ³ (l)	R134a (kg)	R404A R507A (kg)	R22 (kg)		kg	Zoll Inch		Zoll Inch				
						mm	Pouce	mm	Pouce				
F062H	6,8	7,5	6,5	7,4	8	12	1/2"	10	3/8"	1" - 14 UNS	3/4" - 16 UNF		1
F102H	10	11,0	9,6	10,9	10	16	5/8"	12	1/2"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS		1
F152H	15	16,6	14,4	16,3	13	22	7/8"	16	5/8"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS		1
F192T	19	21,0	18,3	20,7	17	16	5/8"	16	5/8"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS		1
F202H	20	22,1	19,2	21,8	18	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF		2
F252H	25	27,6	24,0	27,2	20	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF		2
F302H	30	33,1	28,8	32,7	23	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF		2
F392T	39	43,0	37,5	42,5	27	22	7/8"	22	7/8"	1 1/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF		2
F402H	39	43,0	37,5	42,5	29	28	1 1/8"	28	1 1/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 3/4" - 12 UNF		2
F552T	54	59,6	51,9	58,8	41	28	1 1/8"	28	1 1/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 3/4" - 12 UNF		2
F562N	56	61,8	53,8	61,0	42	35	1 3/8"	28	1 1/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF		2
F732N	73	80,5	70,2	79,5	50	35	1 3/8"	28	1 1/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF		2
F902N	89	98,2	85,5	96,9	60	42	1 5/8"	35	1 3/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF		2
F1052T	105	115,9	100,9	114,3	75	42	1 5/8"	35	1 3/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF		2
F1202N	112	123,6	107,7	122,0	85	54	2 1/8"	42	1 5/8"	112 x 112	2 1/4" - 12 UN		2
F1602N	160	176,5	153,8	174,2	115	54	2 1/8"	42	1 5/8"	112 x 112	2 1/4" - 12 UN		2
F2202N	228	251,6	219,2	248,3	145	76	3 1/8"	54	2 1/8"	140 x 140	112 x 112	1/4" - 18 NPTF	2
F3102N	320	353,1	307,6	348,5	190	76	3 1/8"	54	2 1/8"	140 x 140	112 x 112		2

- Características e seleção da válvula de corte da danfoss [27]:

Standard version (high pressure)					
Angleway					
Size		Type	MWP		Code number
mm	in.		bar	psi	

DIN

10	3/8	SVA-ST 10 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3829
10	3/8	SVA-ST 10 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3830
15	1/2	SVA-ST 15 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3831
15	1/2	SVA-ST 15 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3832
20	3/4	SVA-ST 20 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3815
20	3/4	SVA-ST 20 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3833
25	1	SVA-ST 25 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3834
25	1	SVA-ST 25 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3835
32	1 1/4	SVA-ST 32 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3836
32	1 1/4	SVA-ST 32 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3837
40	1 1/2	SVA-ST 40 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3838
40	1 1/2	SVA-ST 40 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3839
50	2	SVA-ST 50 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3840
50	2	SVA-ST 50 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3841
65	2 1/2	SVA-ST 65 D ANG STOP VALVE CAP 52BAR	52	754	148B3791
65	2 1/2	SVA-ST 65 D ANG STOP VALVE H-WHEEL 52BAR	52	754	148B3842
80	3	SVA-ST 80 D ANG STOP VALVE CAP 50BAR	50	725	148B4293
100	4	SVA-ST100 D ANG STOP VALVE CAP 50BAR	50	725	148B3779
125	5	SVA-ST125 D ANG STOP VALVE CAP 50BAR	50	725	148B3995
150	6	SVA-ST150 D ANG STOP VALVE CAP 50BAR	50	725	148B4294
200	8	SVA-ST200 D ANG STOP VALVE CAP 50BAR	50	725	148B3998

- Seleção do separador de óleo [31]:

Type	Part No.	Connection ODF	Conformity Assessment Category	Conformity Assessment Procedure	Nominal capacity (kW)			Volume Lit.		
					R 22 / R 407C	R 134a	R 404A / R 507			
OSH-404	881 598	1/2"	Cat. I	Module A*	7.0	4.9	7.3	2.0		
OSH-405	881 599	3/8"			18.7	13.1	19.4	2.4		
OSH-407	881 600	7/8"			28.1	19.7	29.0	2.8		
OSH-409	881 792	1-1/8"			37.4	26.2	38.7	3.0		
OSH-411	881 794	1-3/8"			46.8	32.8	48.4	3.6		
OSH-413	881 856	1-5/8"			65.5	45.9	67.8	3.8		
OSH-611	881 940	1-3/8"	Cat. II	Module D1	51.5	36.1	53.3	6.5		
OSH-613	881 953	1-5/8"			65.5	45.9	67.8	7.9		
OSH-642	889 922	42 mm			65.5	45.9	67.8	7.9		
OSH-617	881 970	2-1/8"			105.3	73.8	108.9	7.9		
OST-404	881 860	1/2"			Cat. I	Module A*	7.0	4.9	7.3	1.8
OST-405	881 861	3/8"					18.7	13.1	19.4	2.0
OST-407	881 862	7/8"	28.1	19.7			29.0	3.2		
OST-409	881 863	1-1/8"	37.4	26.2			38.7	3.8		
OST-411	881 938	1-3/8"	46.8	32.8			48.4	3.8		
OST-413	881 939	1-5/8"	65.5	45.9			67.8	3.8		
OSB-613	881 971	1-5/8"	Cat. II	Module D1	65.5	45.9	67.8	7.8		
OSB-617	881 972	2-1/8"			105.3	73.8	108.9	7.8		

* applied higher module as required

- Seleção do filtro para o circuito [31]:

PCN	Description	Connection Size	Number Of 48 in ³ Cores	Desiccant Volume (Cu. In.)	Dimensions (in)					
					A	B	C	D		
053001	STAS-485T	5/8 ODF	1	48	9.94	6.00	3.78	0.63		
053003	STAS-487T	7/8 ODF			9.69	6.25	3.75	0.78		
053005	STAS-489T	1 1/8 ODF			9.75	6.31	3.84	0.94		
053007	STAS-4811T	1 3/8 ODF			9.84	6.44	3.97	0.94		
053043	STAS-4813S-V ¹	1 5/8 ODF			9.88	6.02	4.03	1.13		
053044	STAS-4817S-V ¹	2 1/8 ODF			10.06	6.56	4.56	1.34		
053045	STAS-4821S-V ¹	2 5/8 ODF			10.44	7.03	4.75	1.04		
053375	STAS-4813T	1 5/8 ODF			9.88	6.50	4.03	1.13		
053938	STAS-4811SV	1 3/8 ODF			9.84	6.44	3.97	0.94		
053010	STAS-967T	7/8 ODF			2	96	15.19	11.72	3.75	0.78
053012	STAS-969T	1 1/8 ODF	15.22	11.78			3.84	0.94		
053014	STAS-9611T	1 3/8 ODF	15.31	11.91			3.97	1.03		
053017	STAS-9613T	1 5/8 ODF	15.38	11.97			4.03	1.13		
053018	STAS-9617T	2 1/8 ODF	15.56	12.03			4.56	1.34		
053047	STAS-9617S-V ¹	2 1/8 ODF	15.56	12.03			4.56	1.34		
053048	STAS-9621S-V ¹	2 5/8 ODF	15.94	12.50			4.75	1.50		
059739	STAS-9625 SV ¹	3 1/8 ODF	16.54	12.63			5.44	1.66		
053020	STAS-1449T	1 1/8 ODF	3	144			21.25	17.38	3.84	0.94
053022	STAS-14411T	1 3/8 ODF					21.34	17.53	3.97	1.03
053024	STAS-14413T	1 5/8 ODF			21.38	17.59	4.03	1.13		
053025	STAS-14417T	2 1/8 ODF			21.56	17.63	4.56	1.34		

- Seleção do absorvedor de dióxido de carbono do catálogo do fabricante [32]:

								Capacité de traitement (tonnes) à 2% de O2 et 1°C		
Modèle	Largeur (mm)	Profondeur (mm)	Hauteur (mm)	Poids (Kg)	Puissance installée (kW)	Puissance absorbée estimée (kW)	1 % CO2	3 % CO2		
ABSOGER	400	650	650	1700	150	0,76	0,61	200	400	
ABSOGER	600	650	650	1700	190	0,76	0,61	300	600	
ABSOGER	1000	760	760	1800	220	1,6	1,28	500	1000	
ABSOGER	1200	760	760	1800	240	1,6	1,28	600	1200	
ABSOGER	1500	860	860	2000	290	2,2	1,76	750	1500	
ABSOGER	2000	1000	1000	2000	360	2,2	1,76	1000	2000	
ABSOGER	3000	1100	1060	2050	750	3	2,40	1500	3000	
ABSOGER	1000	D	1300	650	1700	300	1,52	1,22	500	1000
ABSOGER	1500	D	1300	650	1700	380	1,52	1,22	750	1500
ABSOGER	2500	D	1600	760	1800	480	3,2	2,56	1250	2500
ABSOGER	3000	D	1750	860	2000	580	4,4	3,52	1500	3000
ABSOGER	4000	D	2000	1000	2000	720	4,4	3,52	2000	4000
ABSOGER	5000	D	2030	1060	2000	1050	6	4,80	2500	5000
ABSOGER	6000	D	2030	1060	2000	1160	6	4,80	3000	6000
ABSOGER	7000	D	2030	1060	2350	1340	8	6,40	3500	7000
ABSOGER	8000	D	2030	1060	2350	1470	8	6,40	4000	8000

- Seleção do catalisador de etileno [32]:

Modèle		Largeur (mm)	Profondeur (mm)	Hauteur (mm)	Poids (Kg)	Puissance installée (différent de puissance absorbée) (kW)	Capacité de traitement (tonnes)
CE 200 M	230 V	500	550	1600	180	2,6	200
CE 400 M	230 V	700	720	1600	250	3,6	400
CE 400 F	400 V	700	720	1600	300	5,5	400
CE 600 F	400 V	760	800	1900	430	6,2	600

- Seleção do Gerador de azoto/ queimador de Oxigénio [32]:

							Tonnage de pommes mis en AC par 24 heures		
DEBIT (m ³ /h) @ 20°C		99,5 %	99 %	98 %	97 %	95 %	Puissance installée (KW)	5 %	2 %
PSA F3	Prod. N2	3,8	4,8	6,0	6,4	7,0	2,2	24	13
PSA F4	Prod. N2	5,9	7,5	9,4	9,9	10,9	3	37	19
PSA F5	Prod. N2	7,6	9,7	12,0	12,7	14,0	4	48	25
PSA F7	Prod. N2	11,8	15,1	18,7	19,8	21,8	5,5	75	39
PSA F10	Prod. N2	18,1	23,1	28,6	30,2	33,4	7,5	115	60
PSA F15	Prod. N2	30,0	38,3	47,6	50,2	55,5	11	190	99
PSA F20	Prod. N2	37,4	47,7	59,3	62,6	69,2	15	237	123
PSA F25	Prod. N2	51,0	65,1	80,9	85,3	94,3	18,5	323	168
PSA F30	Prod. N2	64,7	82,6	103	108	120	22	410	213