



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto de instalação frigorífica com utilização de energia eólica, solar fotovoltaica e correntes marítimas para Cabo Verde

Arian António Tavares Semedo
(Licenciado em engenharia mecânica)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica

Orientador: Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno De Oliveira Duarte

Vogais: Doutor Celestino Rodrigues Ruivo

Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Dezembro 2023



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto de instalação frigorífica com utilização de energia eólica, solar fotovoltaica e correntes marítimas para Cabo Verde

Arian António Tavares Semedo
(Licenciado em engenharia mecânica)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica

Orientador: Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno De Oliveira Duarte

Vogais: Doutor Celestino Rodrigues Ruivo

Doutor João Nuno Pinto Miranda Garcia

Dezembro 2023

Agradecimentos

Antes de iniciar a exposição da minha tese, desejo prestar uma dedicatória à memória da minha estimada mãe, que, infelizmente, já não se encontra entre nós. A sua partida deixou um vazio no meu coração, mas a sua presença e influência continuam a inspirar e motivar-me em todas as minhas realizações.

Em primeiro lugar, expresso a minha profunda gratidão aos membros da minha família pelo amor e apoio incondicional que me proporcionaram. Quero, em particular, dirigir o meu agradecimento ao meu pai e à minha avó, que têm sido a minha fonte constante de inspiração e força ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, quero manifestar o meu reconhecimento pela inabalável solidariedade que me prestaram e pela ajuda fundamental que me proporcionaram na superação de todos os desafios que enfrentei. O incentivo, os conselhos e a alegria que partilharam comigo foram de valor inestimável.

Quero também estender o meu agradecimento aos meus colegas, com os quais partilhei momentos de estudo e aprendizagem. A colaboração e a amizade que desenvolvemos foram fundamentais para o meu crescimento, tanto a nível académico como pessoal.

Não posso deixar de mencionar a minha profunda gratidão ao meu orientador e aos meus professores, cujo conhecimento e experiência foram pilares essenciais para o meu sucesso. As suas sugestões, críticas construtivas e orientação foram determinantes para o aprimoramento do projeto desenvolvido e para o alcance dos meus objetivos.

Por fim, desejo expressar o meu agradecimento a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para o meu desenvolvimento académico. A generosidade e o apoio que me ofereceram foram fundamentais para a minha formação e sucesso.

De forma sincera, agradeço a todas as pessoas que me apoiaram ao longo desta jornada.

Com gratidão,

Arian António Tavares Semedo

Resumo

O presente documento tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema integrado composto por três sistemas de produção de energia distintas: uma instalação eólica, uma instalação solar fotovoltaica, uma instalação de aproveitamento de correntes marítimas, para atender às necessidades elétricas específicas de um entreposto frigorífico localizado na cidade do Tarrafal de Santiago, em Cabo Verde.

No âmbito deste trabalho final de mestrado, realizou-se um estudo de dimensionamento e seleção dos diversos componentes fundamentais para cada uma das instalações mencionadas. Para o entreposto frigorífico, foram considerados critérios técnicos para o dimensionamento da instalação, assegurando que a conservação do produto seja realizada de forma eficiente e sustentável. A instalação solar fotovoltaica foi projetada para aproveitar as condições favoráveis de radiação solar na região, proporcionando uma fonte limpa e renovável de energia elétrica para o entreposto. Com o mesmo objetivo, a instalação eólica foi dimensionada com base na análise das características do vento local. Um componente essencial deste sistema integrado foi a seleção de uma turbina adequada para a captação de energia proveniente de correntes marítimas.

O presente trabalho também incluiu um estudo financeiro abrangente que analisou a viabilidade económica da implementação deste sistema integrado, bem como o impacto ao nível das emissões de CO₂. Os resultados deste estudo demonstraram que a iniciativa se revela financeiramente viável, contribuindo para a sustentabilidade energética do entreposto frigorífico.

Este trabalho final de mestrado apresenta uma análise abrangente e técnica da integração de fontes de energia renovável num entreposto frigorífico, demonstrando a viabilidade técnica e financeira desta solução, bem como o seu potencial impacto positivo no meio ambiente e na comunidade local.

Palavras-Chave

Energia solar fotovoltaica, Energia eólica, Energia de correntes marítimas, Entreposto frigorífico, Sustentabilidade, R744 (CO₂).

Abstract

The present document has the main objective of developing an integrated system composed of three distinct energy production systems: a wind installation, a photovoltaic solar installation, and a marine current installation, to meet the specific electrical needs of a cold storage facility located in the city of Tarrafal Santiago, in Cabo Verde.

Within the scope of this final master's thesis, a comprehensive study was conducted to size and select the various fundamental components for each of the mentioned installations. For the cold storage facility, technical criteria were considered for the installation's sizing, ensuring that product conservation is carried out efficiently and sustainably. The photovoltaic solar installation was designed to harness the favorable solar irradiation conditions in the region, providing a clean and renewable source of electrical energy for the cold storage facility. With the same objective in mind, the wind installation was sized based on an analysis of the local wind characteristics. An essential component of this integrated system was the selection of a suitable turbine for capturing energy from marine currents.

This work also included a comprehensive financial study that analyzed the economic viability of implementing this integrated system, as well as the impact on CO₂ emissions. The results of this study demonstrated that the initiative is financially viable, contributing to the energy sustainability of the cold storage facility.

This thesis presents a comprehensive and technical analysis of the integration of renewable energy sources into a cold storage facility, demonstrating the technical and financial viability of this solution, as well as its potential positive impact on the environment and the local community.

Keywords

Photovoltaic solar Energy, Wind energy, Marine current energy, Cold storage facility, Sustainability, R744 (CO₂).

Lista de Abreviaturas

CO₂-Dióxido de carbono

CFCs – Clorofluorcarbonetos

HCFCs – Hidroclorofluorcarbonetos

HFCs – Hidrofluorcarbonetos

NH₃-Amoníaco

R717-Amoníaco

R744-Dióxido de carbono

Lista de Símbolos

C-Ponto crítico do fluido frigorigéneo

COP-Coeficiente de desempenho

h-Entalpia específica

Pe-Pressão no evaporador

Po- Pressão no evaporador

Pc- Pressão de condensação

P-Pressão

Pi-Pressão intermédia

ΔP_d - Perda de carga no condensador

ΔP_s - Perda de carga no evaporador

s-Entropia específica

Tc- Temperatura de condensação

To- Temperatura no evaporador

ΔT_{sub} – Diferença de temperatura de sub-arrefecimento

ΔT_{sup} – Diferença de temperatura de sobreaquecimento

x-Fração mássica de vapor

Índice Geral

I	INTRODUÇÃO	1
I.1	MOTIVAÇÃO	3
I.2	OBJETIVO DO TRABALHO.....	5
I.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	6
II	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE REFRIGERAÇÃO	7
II.1	SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR	8
II.2	EQUIPAMENTOS FUNDAMENTAIS DE REFRIGERAÇÃO	11
II.2.1	Compressor	12
II.2.2	Condensador	13
II.2.3	Evaporador.....	14
II.2.4	Dispositivo de expansão.....	14
II.2.5	Reservatório de líquido	15
II.2.6	Separador de óleo.....	16
II.2.7	Filtro desidratador.....	16
II.2.8	Visor de líquido.....	17
II.2.9	Válvulas de controlo	18
II.3	SISTEMA DE SIMPLES ESTÁGIO DE COMPRESSÃO DE VAPOR	19
II.4	FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS	20
II.5	DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	23
II.5.1	Propriedades do dióxido de carbono (CO ₂).....	24
II.5.2	Ciclo subcrítico e transcrito de CO ₂	25
II.6	SISTEMA DE DUPLO ESTÁGIO DE REFRIGERAÇÃO (BOOSTER).....	27
III	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ENERGIA EÓLICA	29
III.1	ORIGEM DO VENTO	29
III.2	APROVEITAMENTO DA ENERGIA EÓLICA EM CABO VERDE.....	30
III.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA	31
III.4	PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA.....	32
III.5	FUNCIONAMENTO DA TURBINA EÓLICA	32
III.6	CLASSIFICAÇÃO DE TURBINAS EÓLICAS	33
III.6.1	Classificação de turbinas quanto ao eixo de rotação	33
III.6.2	Classificação de turbinas quanto à velocidade de rotação.....	35

III.7	SISTEMAS DE ENERGIA EÓLICA	35
III.8	POTENCIAL EÓLICO.....	36
III.8.1	Avaliação do potencial eólico	36
III.9	EXTRAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA.....	37
IV	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ENERGIA DAS CORRENTES MARÍTIMAS .	39
IV.1	CLASSIFICAÇÃO DAS CORRENTES MARÍTIMAS.....	39
IV.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA DAS CORRENTES MARÍTIMAS	40
IV.3	FUNDAMENTO TEÓRICO DE ENERGIA DAS CORRENTES MARÍTIMAS	40
V	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	41
V.1	PRINCÍPIOS BÁSICOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	41
V.2	TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA.....	41
V.3	PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	43
V.4	SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	44
V.4.1	Sistemas autónomos (Off-Grid)	44
V.4.2	Sistemas ligados à rede (Grid-tied)	44
V.4.3	Sistemas híbridos	45
V.5	DIMENSIONAMENTO.....	46
V.5.1	Cálculo da potência a instalar	46
V.5.2	Número de painéis fotovoltaicos.....	47
VI	CARGA TÉRMICA DE CÂMARAS FRIGORÍFICAS	48
VI.1	METODOLOGIA DE CÁLCULO.....	48
VI.1.1	Espessura do painel isotérmico	48
VI.1.2	Ganho de calor através da envolvente.....	49
VI.1.3	Ganho de calor devido a renovação de ar mecânica.....	50
VI.1.4	Ganho de calor devido aos ocupantes, iluminação e equipamentos.....	51
VI.1.5	Ganho de calor devido ao produto	52
VI.1.6	Potência frigorífica.....	53
VII	CASO DE ESTUDO.....	55
VII.1	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	55
VII.2	CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DO PRODUTO.....	56
VII.3	LAYOUT DO ENTREPOSTO	57
VII.4	CARGA TÉRMICA DO ENTREPOSTO FRIGORÍFICO	58

VII.4.1	Estudo comparativo das cargas térmicas obtidas	60
VII.5	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FRIGORÍFICO	62
VII.5.1	Esquema de princípio da instalação frigorífica	62
VII.5.2	Caracterização da instalação frigorífica	63
VII.5.3	Dimensionamento teórico	64
VII.6	SELEÇÃO DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS FRIGORÍFICOS	66
VII.6.1	Evaporadores.....	66
VII.6.2	Compressores	69
VII.6.3	Arrefecedor de gás	70
VII.6.4	Depósito de líquido	71
VII.6.5	Unidade de condensação auxiliar de CO ₂	71
VII.6.6	Separador de óleo.....	72
VII.6.7	Reservatório de óleo.....	72
VII.6.8	Válvulas de expansão eletrónica	73
VII.6.9	Unidade de recuperação de calor	73
VII.6.10	Válvula de alívio de pressão e detetores de CO ₂	75
VII.6.11	Válvula solenoide de seccionamento	77
VII.6.12	Válvula de retenção	77
VII.6.13	Válvula transcritical de regulação de pressão	78
VII.6.14	Controlador da central frigorífica	78
VII.6.15	Dimensionamento de tubagens	79
VII.6.16	Quadro eléctrico	81
VII.7	COEFICIENTE DE DESEMPENHO REAL DA INSTALAÇÃO FRIGORÍFICA	83
VII.8	SELEÇÃO DA TURBINA PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA DE CORRENTES MARÍTIMAS	84
VII.9	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	86
VII.9.1	Painéis fotovoltaicos	86
VII.9.2	Controlador de carga.....	87
VII.9.3	Bateria.....	88
VII.9.4	Inversor	89
VII.10	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA EÓLICO.....	91
VII.10.1	Turbina eólica.....	91
VII.10.2	Controlador de carga.....	92
VII.10.3	Bateria.....	93
VII.10.4	Inversor.....	93

VII.11 GERADOR DE APOIO	94
VII.12 CARATERIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO INTEGRADA DE ENERGIA EÓLICA, SOLAR FOTOVOLTAICA, CORRENTES MARÍTIMAS E GERADOR DE APOIO	95
VII.12.1 Esquema de princípio da instalação.....	95
VII.12.2 Implantação espacial dos sistemas energéticos no local de estudo	97
VII.13 ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DIÁRIA E ANUAL	99
VIII ESTUDO COMPARATIVO COM SOLUÇÕES ALTERNATIVAS	102
VIII.1 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS.....	102
VIII.1.1 Cenário I.....	102
VIII.1.2 Cenário II	103
VIII.1.3 Cenário III.....	103
VIII.1.4 Cenário IV.....	103
VIII.2 COEFICIENTE DE DESEMPENHO	104
VIII.3 EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO	105
VIII.4 ESTUDO FINANCEIRO	107
VIII.4.1 Caso de estudo (cenário III)	107
VIII.4.2 Cenário I.....	109
VIII.4.3 Cenário II	110
VIII.4.4 Cenário IV.....	111
CONCLUSÕES.....	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXOS	I
ANEXO A – DESENHOS, DIAGRAMAS E ILUSTRAÇÕES DO PROJETO	II
ANEXO B.1 – ARREFECEDOR DE GÁS	III
ANEXO B.2 – RESERVATÓRIO DE LÍQUIDO.....	IV
ANEXO B.3 – UNIDADE DE CONDENSAÇÃO AUXILIAR R744	V
ANEXO B.4 – SEPARADOR DE ÓLEO	VI
ANEXO B.5 – RESERVATÓRIO DE ÓLEO.....	VII
ANEXO B.6 – VÁLVULAS DE EXPANSÃO ELETRÓNICA	VIII
ANEXO B.7 – UNIDADE DE RECUPERAÇÃO DE CALOR.....	IX
ANEXO B.8 – VÁLVULAS DE ALÍVIO DE PRESSÃO E DETETORES DE R744	X
ANEXO B.9 – VÁLVULAS SOLENOIDE DE SECCIONAMENTO	XI
ANEXO B.10 – VÁLVULAS DE RETENÇÃO.....	XII

ANEXO B.11 – VÁLVULA TRANSCRÍTICO DE REGULAÇÃO DE PRESSÃO E VÁLVULA DE BYPASS	
XIII	
ANEXO B.12 – CONTROLADOR DA CENTRAL FRIGORÍFICA	XIV
ANEXO B.13 – TUBAGENS	XV
ANEXO B.14 – RESULTADOS DO BALANÇO TÉRMICO OBTIDOS NO SOFTWARE CALCAM	
QUIRON- CENTAURO.....	XVI
ANEXO B.15 – COMPRESSORES	XVII
ANEXO B.16 – FILTRO SECADOR.....	XVIII
ANEXO B.17 – PAINEL ISOTÉRMICO.....	XIX
ANEXO C – TURBINA DE CORRENTES MARÍTIMAS.....	XX
ANEXO D.1 – IRRADIAÇÃO SOLAR OBSERVADO NA CIDADE DO TARRAFAL DE SANTIAGO	XXI
ANEXO D.2 – PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO	XXII
ANEXO D.3 – CONTROLADOR DE CARGA.....	XXIII
ANEXO D.4 – BATERIA.....	XXIV
ANEXO D.5 – INVERSOR	XXV
ANEXO E – TURBINA EÓLICA	XXVI
ANEXO F – GERADOR DE APOIO	XXVII
ANEXO G – CARGAS TÉRMICAS	XXVIII
ANEXO H – MAPA DE QUANTIDADE E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL	XXIX

Índice de figuras

Figura 1-Diagrama de Mollier ideal de compressão de vapor[3]	9
Figura 2- Diferenças entre o ciclo frigorífico ideal e real[7].	11
Figura 3-Compressor alternativo semi-hermético [11]	12
Figura 4-Condensadores a ar[15]	13
Figura 5-Evaporador cúbico[17]	14
Figura 6-Válvula de expansão eletrónica[19]	15
Figura 7-Reservatório de líquido vertical [20]	16
Figura 8-Separador de óleo[21]	16
Figura 9- Filtro desidratador[22].....	17
Figura 10-Visor de líquido[22]	17
Figura 11-Válvulas de controlo[23]	19
Figura 12- Circuito frigorífico de simples estágio de compressão individualizado[12]...20	
Figura 13-Central frigorífica[25]	20
Figura 14- Diagrama Mollier do sistema subcrítico e transcrito de CO ₂ [31]	26
Figura 15-Efeito da diminuição da temperatura do evaporador no desempenho do ciclo de refrigeração no diagrama Mollier [33].....	27
Figura 16- Esquema de movimento atmosférico do planeta Terra[36]	30
Figura 17- Turbina eólica[40].....	32
Figura 18-Sistema de conversão de energia eólica[35].....	33
Figura 19- Turbinas de eixos verticais[35]	34
Figura 20-Turbinas de eixos horizontais[40]	34
Figura 21- Sistema de energias eólica isolado[44].....	35
Figura 22- Sistema de energia eólica ligado à rede[45]	36
Figura 23- Turbina de correntes fluvial e marítima[53].....	40
Figura 24- Efeito fotovoltaico[54]	41
Figura 25- Representação das células fotovoltaicas da 1ªGeração[55]	42
Figura 26- Representação das células fotovoltaicas da 2ªgeração[55]	43
Figura 27 - Representação das células fotovoltaicas da 3ªgeração[55]	43
Figura 28- Sistemas autónomos (Off-Grid)[55]	44
Figura 29-Sistemas ligados à rede (Grid-tied)[55].....	45

Figura 30-Sistema solar híbrido[55]	45
Figura 31- Evolução da temperatura, precipitação e velocidade do vento ao longo dos últimos 30 anos na cidade do Tarrafal de Santiago[59]	56
Figura 32- Condições de conservação do atum[61]	57
Figura 33- Layout proposto do entreposto frigorífico	58
Figura 34-Esquema de princípio da instalação frigorífica.....	62
Figura 35-Diagrama de Mollier da instalação frigorífica[63]	63
Figura 36- Catálogo de evaporadores cúbicos centauro[64].....	67
Figura 37- Fórmula do cálculo da correção da capacidade nominal[64]	67
Figura 38- Fator de correção para dados em DTm [64].....	68
Figura 39-Fatores de correção $FC1MP$ e $FC2$ [64]	68
Figura 40- Resultado da seleção da central frigorífica através do software do fabricante Bitzer[63]	70
Figura 41-Localização dos detetores de R744 e sinalizadores de atmosfera perigosa	76
Figura 42- Esquema das tubagens da instalação frigorífica.....	80
Figura 43- Velocidade das correntes marítimas na baía do Tarrafal de Santiago[59].....	84
Figura 44-Turbina P154 da Guinnard Energie[66]	85
Figura 45-Representação dos painéis fotovoltaicos na cobertura do entreposto frigorífico	87
Figura 46-Velocidade e direção do vento observado[59].....	91
Figura 47-Gráfico de potência da turbina eólica em função da velocidade do vento[67].	92
Figura 48- Gerador de apoio Mosa GE-45 YSX/EAS [68]	94
Figura 49- Esquema de princípio do sistema integrado de produção de energia elétrica .	96
Figura 50- Geolocalização dos sistemas integrados da instalação	98
Figura 51 - Estimativa do perfil diário de contribuição energética das três fontes de energia em dezembro	99
Figura 52 - Contribuição anual das três fontes de produção de energia	100
Figura 53- Representação esquemática do cenário I	102
Figura 54 - Representação esquemática do cenário II	103
Figura 55 - Representação esquemática do cenário III	103
Figura 56 - Representação esquemática do cenário IV	104

Índice de Tabelas

Tabela 1- Identificação dos fluidos frigoríficos[28].....	22
Tabela 2-Grupos de segurança para fluidos frigoríficos[8]	23
Tabela 3- Comprimento de rugosidade do local para diferentes tipos de superfícies[46] 37	
Tabela 4- Cargas térmicas dos espaços frigoríficos do caso de estudo	60
Tabela 5- Comparação dos resultados de potências frigoríficas obtidas	60
Tabela 6-Processos no diagrama de Mollier	64
Tabela 7- Tabela resumo com as capacidades corrigidas dos evaporadores	68
Tabela 8-Propriedade de saturação do R744 [65]	72
Tabela 9- Modelo das válvulas de expansão eletrônica selecionadas	73
Tabela 10 -Propriedades termodinâmicas dos pontos de entrada e saída do permutador de calor	74
Tabela 11-Válvulas solenoides selecionadas junto do fabricante Danfoss	77
Tabela 12- Lista das tubagens selecionadas em conformidade com ANSI K65	80
Tabela 13-Cálculo das correntes do quadro elétrico do entreposto frigorífico	81
Tabela 14-Cálculo da potência do quadro elétrico do entreposto frigorífico	82
Tabela 15- Potência real dos equipamentos frigoríficos selecionados	83
Tabela 16-Parâmetros da instalação solar fotovoltaica.....	86
Tabela 17-Parâmetros considerados para seleção do controlador de cargas para baterias do sistema solar fotovoltaicos	88
Tabela 18-Parâmetros considerados na seleção de baterias do sistema solar fotovoltaicos	88
Tabela 19- Parâmetros considerados na seleção do inversor do sistema solar fotovoltaicos	89
Tabela 20 – Resultado do COP obtido no estudo comparativo dos cenários	104
Tabela 21 – Resultados do estudo comparativo de emissões de CO ₂ nos diferentes cenários	106
Tabela 22 - Estudo financeiro do caso de estudo (cenário III).....	108
Tabela 23 - Estudo financeiro do cenário I.....	109
Tabela 24 - Estudo financeiro do cenário II.....	110
Tabela 25 - Estudo financeiro do cenário IV	111

I Introdução

A conservação de alimentos perecíveis está diretamente associada à técnica de refrigeração, que pode ser aplicada em diversos pontos da cadeia de frio a que esses alimentos são submetidos. A cadeia de frio consiste numa série de procedimentos realizados nos alimentos, desde a sua produção ou abate até ao consumo final. Estes procedimentos são responsáveis por garantir as temperaturas de conservação dos respetivos produtos por forma a impedir a existência de reações enzimáticas e o desenvolvimento bacteriano nos mesmos, inviabilizando a sua aptidão para consumo.

Numa fase intermédia da cadeia de frio, encontram-se os entrepostos frigoríficos, instalações cujo principal objetivo é armazenar e conservar alimentos perecíveis em condições ambientais controladas, de modo a evitar a deterioração. Esses alimentos são submetidos a uma cadeia de frio que inclui uma série de procedimentos que visam garantir a qualidade e a segurança dos produtos ao longo de todo o processo de armazenamento e distribuição.

Desta forma, no entreposto frigorífico, os alimentos são armazenados em câmaras frigoríficas que oferecem controlo total de temperatura e humidade do ar ambiente. Essas câmaras são projetadas para manter as condições de armazenamento para cada tipo de produto, garantindo assim a sua qualidade e segurança alimentar. Além disso, o entreposto frigorífico conta com equipamentos e instalações específicas destinados aos fins referidos anteriormente, que permitem a monitorização constante das condições do ambiente e dos produtos armazenados. Isso é fundamental para garantir que a temperatura e humidade sejam mantidas dentro dos limites ideais e que os alimentos estejam em perfeitas condições para consumo.

As instalações frigoríficas são conhecidas por serem grandes consumidoras de energia elétrica. Os consumos de energia elétrica em instalações frigoríficas podem variar muito, dependendo da dimensão da instalação, do tipo de equipamento utilizado e da frequência de uso. No entanto, em geral, os custos de eletricidade representam uma parcela significativa dos custos totais de operação de uma instalação frigorífica.

Para reduzir os consumos de eletricidade em instalações frigoríficas, é importante adotar medidas de eficiência energética. Isso pode incluir a instalação de equipamentos mais eficientes, o uso de isolamento térmico adequado, o aproveitamento de energia térmica disponível, o controle de caudais dos fluidos utilizados e a utilização de tecnologias de automação e controlo que permitam a monitorização e o ajuste das condições de temperatura e humidade em tempo real.

Além disso, é importante implementar práticas de gestão de energia que permitam monitorizar e controlar o consumo de energia em tempo real. Isso inclui a adoção de sistemas de medição e monitorização de energia, a definição de metas de consumo de energia e a implementação de medidas de conscientização e treino para os colaboradores da instalação. Neste sentido, de modo a tornar o entreposto autossustentável, recorreu-se a utilização de fontes de energias renováveis para a produção de energia elétrica requerida pelo entreposto.

Uma vez que as fontes eólicas, solar fotovoltaica e correntes marítimas são fontes de energias renováveis amplamente utilizadas em todo o mundo, sendo estas substancialmente mais ecológicas do que outras formas de produção de energia, e considerando que a localização do entreposto encontra-se numa região com alta incidência solar e ventos constante ao longo do ano e próxima do mar, a cidade do Tarrafal, em Cabo Verde, optou-se por empregar energia eólica, solar e correntes marítimas como fontes de produção de energia elétrica necessária para o entreposto frigorífico. A longa vida útil das turbinas eólicas e sua baixa necessidade de manutenção, bem como os painéis fotovoltaicos, que também requerem pouca manutenção, contribuem significativamente para a redução dos custos de operação e manutenção em comparação com outras fontes de energia, fator esse que influenciou a escolha da mencionada fonte de energia.

Nesta perspetiva, o presente documento tem como objetivo desenvolver um sistema integrado com três fontes de produção de energia elétrica (Instalação eólica, solar fotovoltaica e correntes marítimas), e um sistema de apoio, projetados para atender às necessidades elétricas específicas de um entreposto frigorífico situado na cidade do Tarrafal de Santiago, em Cabo Verde.

I.1 MOTIVAÇÃO

A cidade do Tarrafal é o lugar onde nasci e cresci. É uma cidade pequena, localizada no litoral norte da ilha de Santiago, em Cabo Verde. Esta cidade é um lugar especial para mim, pois as minhas raízes estão profundamente ligadas a esta comunidade. Cresci rodeado de pessoas maravilhosas, com uma cultura vibrante e uma forte sensação de comunidade.

Desde que mudei para outras regiões do mundo, percebi como a minha cidade natal é preciosa para mim. Por isso, quero contribuir para o seu desenvolvimento como forma de gratidão. Sei que Tarrafal tem muitas coisas positivas, mas também enfrenta desafios e dificuldades. Sinto que tenho a responsabilidade de dar algo de volta à minha cidade e ajudá-la a crescer e prosperar.

A cidade do Tarrafal de Santiago Verde é conhecida pela sua forte indústria pesqueira e sua dependência da indústria primária. A pesca é uma atividade económica importante na região e é a principal fonte de subsistência para muitas famílias locais.

A região de Tarrafal de Santiago tem uma localização geográfica privilegiada, com uma costa extensa e rica em peixes. A pesca é uma atividade tradicional nesta região, que tem uma grande variedade de peixes, incluindo atum, entre outros. Além disso, a região também é conhecida pela produção de mariscos, como lagosta e caranguejo. A pesca em Tarrafal de Santiago é realizada principalmente por pequenos barcos de pesca, que saem para o mar todos os dias.

Os pescadores usam métodos tradicionais, como redes e linhas de pesca, e muitos ainda dependem da pesca artesanal para sustentar suas famílias. No entanto, a região também possui empresas de pesca maiores que utilizam técnicas mais modernas e exportam peixe para outras partes do mundo. Além da pesca, a região de Tarrafal de Santiago também é conhecida pela produção de frutas e legumes. A agricultura é uma atividade importante na região, com muitas famílias cultivando seus próprios alimentos em pequenas hortas. A região também é conhecida pela produção de cana-de-açúcar e a fabricação de aguardente.

Apesar de sua forte indústria primária, a região de Tarrafal de Santiago enfrenta muitos desafios, incluindo a falta de infraestrutura adequada para o armazenamento e conservação de pescado e a dependência de uma única indústria.

Neste sentido, o desperdício de pescado na região, por deterioração do mesmo após a sua captura, representa não apenas uma perda de recursos naturais, mas também uma

dificuldade significativa para o crescimento económico da região, afetando negativamente a indústria pesqueira e sua capacidade de gerar receita.

Após analisar as condições locais, constatou-se que a construção de um entreposto será de grande importância para a cidade, pois trará vantagens económicas significativas, como o aumento da capacidade de armazenamento e processamento de pescado, a redução do desperdício, a criação de postos de trabalho e o aumento da competitividade no mercado.

I.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho consiste no desenvolvimento de um projeto para um entreposto frigorífico autossustentável, que irá utilizar fontes de energia eólica, solar fotovoltaica e de correntes marítimas como fontes de produção de energia elétrica. Este trabalho abrange o dimensionamento das instalações frigoríficas, eólica e solar fotovoltaica, bem como a seleção de turbinas de correntes marítimas, com o objetivo de responder à necessidade de conservação de pescado para a cidade do Tarrafal de Santiago.

A instalação frigorífica desempenhará um papel essencial, no armazenamento e conservação de peixe de modo a garantir qualidade e segurança alimentar. Por outro lado, as instalações eólicas, solar fotovoltaica e correntes marítimas, aproveitarão as condições climáticas favoráveis do local para produzir energia elétrica de forma limpa e sustentável, um elemento essencial para a autossuficiência do projeto.

A utilização das energias eólica, solar e das correntes marítimas como fontes de energia elétrica representa uma alternativa sustentável, ganhando destaque globalmente. Dessa forma, o entreposto frigorífico autossustentável em desenvolvimento, contribuirá para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, ele é economicamente viável e socialmente benéfico, podendo criar postos de trabalho e renda para a comunidade local.

É relevante salientar que este trabalho de projeto está inserido no âmbito do trabalho final de mestrado do curso de mestrado em engenharia mecânica - ramo de Energia, Refrigeração e Climatização. Portanto, além de seu objetivo central, este projeto também visa contribuir para a minha formação académica e profissional.

Em resumo, este projeto de engenharia visa combinar conhecimento técnico e científico para propor soluções sustentáveis e eficientes na conservação de produto, tirando proveito das condições climáticas locais para a produção de energia elétrica.

I.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho final de mestrado adota uma estrutura composta por oito capítulos distintos, cada um acompanhado por subcapítulos correspondentes, com o intuito de organizar sistematicamente a informação contida neste documento, proporcionando clareza e acessibilidade. Tal formato facilitará a rápida localização dos conteúdos, por meio do índice inicial.

A organização deste documento segue uma sequência lógica, que parte da apresentação dos fundamentos teóricos e prossegue com detalhe do caso de estudo e posteriormente um estudo comparativo. Essa estrutura, foi concebida com o propósito de oferecer uma compreensão abrangente e progressiva dos elementos abordados ao longo do projeto.

II Conceitos fundamentais de refrigeração

A primeira secção deste capítulo apresenta uma breve explicação sobre os principais equipamentos que compõem os sistemas de refrigeração. Em seguida, é abordada a escolha do CO₂ como fluido frigorígeno, juntamente com suas características, vantagens e desvantagens. Na sequência, são discutidas as medidas de segurança que devem ser seguidas ao utilizar sistemas de refrigeração com CO₂, incluindo os equipamentos necessários para lidar com situações de perigo iminente, a seleção adequada de equipamentos de refrigeração e os equipamentos de controlo recomendados.

A instalação frigorífica é um sistema complexo usado em diversos setores industriais, desde a produção de alimentos até à preservação de medicamentos e produtos químicos. A sua função é manter produtos numa temperatura adequada para sua conservação, o que é importante tanto do ponto de vista biológico como financeiro.

É sabido que o frio tem uma ação inibidora em alguns fenómenos degenerativos, sendo, por isso, um agente conservador por excelência. Acresce ainda que, ao contrário de outras técnicas de conservação, o frio pouco altera os produtos nas suas características nutricionais, organoléticas ou bioquímicas, ou seja, inibe as reações do vapor de água com o dióxido de carbono, assim como o crescimento de micro-organismos que facilitem a degradação dos alimentos[1].

A temperatura apropriada para conservação varia consoante o tipo de produto. Por exemplo, produtos perecíveis como carnes, frutas e legumes devem ser armazenados a temperaturas inferiores a 7°C para evitar a proliferação de bactérias, prevenindo, assim, o risco de intoxicação alimentar. No caso específico dos peixes, a temperatura ideal de conservação situa-se próximo dos 0°C, o que permite evitar a proliferação de bactérias e, conseqüentemente a intoxicação alimentar. Já vacinas e medicamentos devem ser mantidos em temperaturas específicas para preservar suas propriedades terapêuticas[2].

A instalação frigorífica é responsável por manter essas temperaturas de forma constante e controlada, evitando variações que podem prejudicar os produtos. Isso é feito através de equipamentos como compressores, evaporadores e condensadores, que trabalham em conjunto para manter o ambiente refrigerado. Do ponto de vista biológico, a instalação frigorífica é fundamental para garantir a segurança alimentar e a eficácia de medicamentos

e vacinas. Sem ela, os produtos poderiam ser contaminados por bactérias e microrganismos, perdendo suas propriedades e colocando em risco a saúde de quem os consumisse. Entretanto, é importante ressaltar que a utilização inadequada do frio pode ocasionar danos significativos caso não sejam observados os três princípios fundamentais abaixo descritos[2]:

-Empregar o frio somente em produtos de alta qualidade, visto que sua aplicação não aprimora a qualidade de matérias-primas deficientes;

-Aplicá-lo o mais rápido possível para evitar o início dos processos de deterioração já mencionados;

-Não interromper seu efeito até a utilização final dos produtos.

Portanto, fica evidente a relevância dessa tecnologia no cotidiano da sociedade contemporânea, assim como a pertinência e a importância de dedicar-se com atenção ao seu estudo.

II.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR

O sistema de refrigeração baseia-se no processo termodinâmico de remoção de energia térmica de uma fonte fria e na transferência dessa energia para uma fonte a temperatura mais alta (fonte quente). O método mais comum de refrigeração utilizado atualmente é o sistema de compressão de vapor. O ciclo frigorífico de compressão de vapor é um ciclo termodinâmico que é amplamente utilizado em sistemas de refrigeração para arrefecer ambientes ou fluidos. Este processo envolve quatro etapas fundamentais: compressão, condensação, expansão e evaporação, que juntas e nesta sequência formam o ciclo completo. O compressor é responsável por comprimir o fluido frigorígeno em fase gasosa, aumentando sua pressão e temperatura. O fluido frigorígeno após receber trabalho no compressor, flui para o condensador, onde ocorre a troca de calor com o ambiente externo, resultando na condensação do fluido frigorígeno. Nesse processo, o fluido frigorígeno liberta calor, que é dissipado para o ambiente exterior. Posteriormente ao condensador, o fluido frigorígeno passa pela válvula de expansão, que reduz a pressão e a temperatura do fluido frigorígeno (Laminagem). Esse processo é importante para garantir que o fluido chegue ao evaporador em duas fases (líquido-vapor), em sistemas que utilizam evaporadores não inundados. No evaporador, o fluido frigorígeno absorve calor do

ambiente interno que se quer arrefecer, resultando na ebulição do fluido até ao estado gasoso. Esse ciclo é repetido, garantindo a continuidade do processo de refrigeração[3].

O ciclo ideal de compressão de vapor pode ser visualizado no diagrama Mollier apresentado na Figura 1[3].

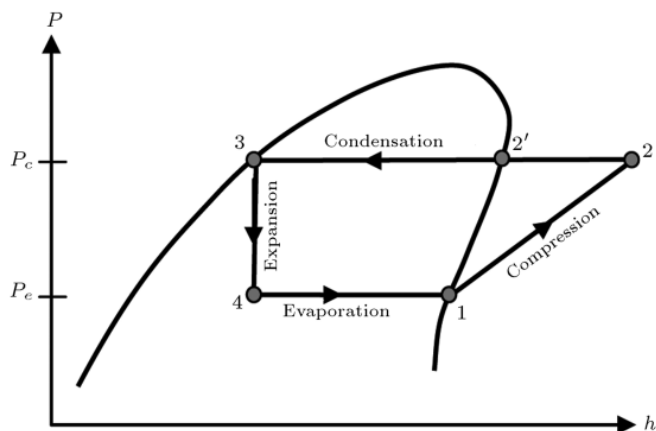


Figura 1-Diagrama de Mollier ideal de compressão de vapor[3]

O ciclo ideal de compressão de vapor consiste em quatro processos termodinâmicos realizados em equipamentos específicos, como referidos anteriormente. São eles[4]:

Processo 1→2: Realizado no compressor, é um processo adiabático reversível e isentrópico. O fluido frigorigéneo é comprimido a partir da pressão do evaporador (P_e) com fração mássica de vapor igual a 1 ($x=1$) até atingir a pressão de condensação (P_c). Ao sair do compressor, o fluido está sobreaquecido a uma temperatura T_2 , maior que a temperatura de condensação T_c .

Processo 2→3: Realizado no condensador, é um processo de rejeição de calor do fluido frigorigéneo para o ambiente, mantendo a pressão constante. Nesse processo, o fluido é arrefecido da temperatura T_2 até a temperatura de condensação (T_2'), em seguida, é condensado até tornar-se líquido saturado na temperatura T_3 , que é igual a T_2' .

Processo 3→4: Realizado no dispositivo de expansão, é uma expansão irreversível a entalpia específica constante (processo isentálpico), do líquido saturado ($x=0$) a partir da pressão de condensação (P_c) até a pressão de evaporação (P_e). Neste processo a entalpia específica mantém-se constante ($h_3=h_4$).

Processo 4→1: Realizado no evaporador, consiste na absorção de calor proveniente do ambiente interior pelo fluido frigorigéneo, mantendo uma pressão constante. Durante este processo, o fluido frigorigéneo entra no evaporador num estado de mistura líquido-vapor e sai na forma de vapor saturado.

No entanto, é importante ressaltar que há diferenças entre o ciclo frigorífico teórico e o ciclo frigorífico real. O ciclo teórico é uma representação matemática idealizada do ciclo frigorífico, que supõe que todas as etapas são realizadas de maneira perfeita, sem perda de carga[5]. Enquanto o ciclo frigorífico real leva em conta a perda de carga, as ineficiências dos equipamentos e outros fatores que podem afetar o desempenho do sistema de refrigeração.

O ciclo real de compressão de vapor apresenta algumas diferenças em relação ao ciclo teórico devido às irreversibilidades que ocorrem durante o processo. Uma das diferenças está na queda de pressão nas linhas de descarga, líquido e aspiração, no condensador e no evaporador, o que resulta em perda de carga (ΔP_d e ΔP_s). Enquanto o ciclo ideal opera dentro da curva de saturação do fluido frigorigéneo utilizado para estabelecer suas propriedades termodinâmicas, é inviável tecnicamente, portanto é modificado a fim de melhorar o desempenho do ciclo, considerando ainda a perda de carga nos permutadores de calor (condensador e evaporador)[6].

Além da queda de pressão, outras diferenças incluem o sub -arrefecimento do fluido frigorigéneo na saída do condensador e o sobreaquecimento na aspiração do compressor, um processo importante que visa evitar a entrada de líquido no compressor. Outro processo importante é a compressão, que, no ciclo real, é politrópica (com s_1 menor que s_2), enquanto no processo teórico é isentrópica[6]. A diferença entre o ciclo ideal e o ciclo real pode ser observada por meio da figura 2, na qual a secção preenchida representa o ciclo ideal.

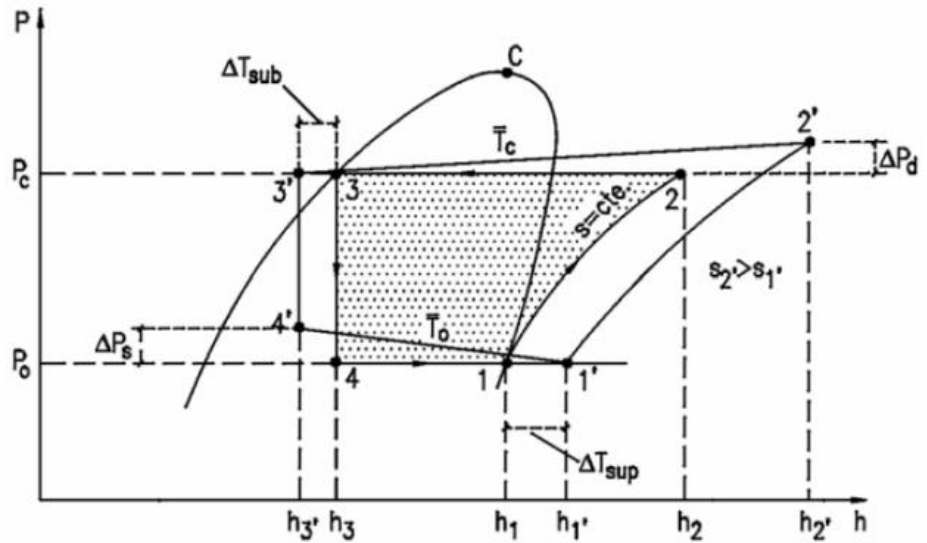


Figura 2- Diferenças entre o ciclo frigorífico ideal e real[7].

II.2 EQUIPAMENTOS FUNDAMENTAIS DE REFRIGERAÇÃO

A produção de frio artificial, ou refrigeração, é dividida em três grandes grupos, cada um com seus limites fixas[8]. O primeiro grupo é a refrigeração doméstica, que se refere à produção de frio utilizada em residências. Os equipamentos mais comuns nessa categoria incluem frigoríficos e congeladores.

O segundo grupo é a refrigeração comercial, que é utilizada em estabelecimentos comerciais, como supermercados, restaurantes e lojas. Nesse grupo, além de frigoríficos, também estão incluídos equipamentos como câmaras frigoríficas e expositores de alimentos.

Por fim, temos a refrigeração industrial, que é utilizada em grandes indústrias, como a indústria de alimentos, química e farmacêutica. Nesse grupo, os equipamentos utilizados são de grande porte e alta capacidade de produção de frio, como túneis de congelamento e sistemas de refrigeração para armazenamento de produtos perecíveis.

No contexto do presente projeto, é importante ressaltar que o sistema de refrigeração adotado tem mais semelhanças com os sistemas de refrigeração comercial do que com os sistemas de refrigeração industrial. Isso porque o projeto envolve a refrigeração de espaços frigoríficos de pequena/médias dimensões, como câmaras frigoríficas de armazenamento, o que exige uma capacidade de produção de frio menor que os sistemas industriais.

Embora os três grupos de refrigeração tenham diferentes aplicações, eles compartilham praticamente os mesmos componentes básicos. O sistema de refrigeração é composto por diversos componentes, cuja função é essencial para o correto funcionamento do circuito frigorífico. Entre os componentes indispensáveis, podemos citar o compressor, o dispositivo de expansão, o condensador, o evaporador, o depósito de líquido, o separador de óleo, o filtro-secador e o controlador do sistema[9].

Esses componentes são encontrados em todos os tipos de equipamentos de refrigeração, desde pequenos frigoríficos domésticos até grandes sistemas de refrigeração industrial. No entanto, a capacidade e o tamanho desses componentes variam de acordo com a aplicação específica do equipamento.

II.2.1 Compressor

O compressor é o componente mecanicamente mais complexo de um sistema de refrigeração por compressão de vapor. Ele tem como função principal, comprimir o fluido frigorígeno de modo que este possa ebulir a uma temperatura inferior à temperatura de condensação e assim retirar calor de uma fonte fria e rejeitar esse calor para a fonte quente[10]. O compressor frigorífico tem três funções fundamentais num sistema frigorífico:

- Fazer circular o fluido frigorígeno ao longo da instalação;
- Aspirar o fluido frigorígeno, no estado de vapor do evaporador a baixa pressão;
- Comprimir o fluido frigorígeno, enviando o mesmo para o condensador.

Na figura 3 apresenta-se um compressor alternativo semi-hermético bastante utilizado na atualidade.



Figura 3-Compressor alternativo semi-hermético [11]

II.2.2 Condensador

Os condensadores são componentes fundamentais nos sistemas de refrigeração, que têm como principal função rejeitar o calor gerado pelo processo de ebulição e compressão do fluido frigorífero e transferi-lo para o ambiente externo, permitindo que o ciclo de refrigeração opere de forma eficiente.

Os condensadores podem ser classificados em diferentes tipos, como condensadores a ar, condensadores a água e condensadores evaporativos[9]. Cada tipo apresenta vantagens e desvantagens próprias, dependendo das condições ambientais e das necessidades específicas do sistema de refrigeração.

Os condensadores a ar são mais utilizados em sistemas de pequeno e médio porte, uma vez que são relativamente simples e fáceis de instalar, além de exigirem menos manutenção em comparação com outros tipos de condensadores[12]. No entanto, a sua eficácia pode ser afetada em locais com altas temperaturas de bolbo seco ou com baixa circulação de ar. Os condensadores a água, por sua vez, são mais eficazes do que os condensadores a ar, já que utilizam água como meio de transferência de calor[13]. Os condensadores evaporativos, por fim, representam uma alternativa mais sustentável e económica para sistemas de refrigeração, uma vez que utilizam água e ar como meio de arrefecimento e evaporam parte da água para remover o calor de condensação e de dessobreaquecimento do fluido frigorífero[14]. Na Figura 4, é apresentado um condensador a ar típico dos sistemas frigoríficos.



Figura 4-Condensadores a ar[15]

II.2.3 Evaporador

O evaporador é um dos componentes mais importantes de uma instalação frigorífica, pois é responsável por absorver o calor do espaço a ser refrigerado. Ele realiza essa tarefa através da absorção do calor latente de ebulição do fluido frigorigéneo, processo que ocorre numa temperatura constante até que o fluido atinja o estado de vapor saturado[10]. É importante destacar que existem dois tipos principais de evaporadores[9]: o seco e o inundado.

O evaporador seco é um tipo de evaporador utilizado em sistemas frigoríficos de expansão direta que é amplamente empregue com a maioria dos fluidos frigorigéneos[16]. Nesse tipo de operação, o fluido, proveniente do dispositivo de expansão, é vaporizado no interior do evaporador, saindo sob a forma de vapor saturado ou vapor sobreaquecido. É imprescindível que o fluido seja aspirado do evaporador como vapor, pois a aspiração de gotículas líquidas pelo compressor pode prejudicar seu funcionamento e diminuir sua vida útil[9]. Entretanto, é necessário que o sobreaquecimento do fluido não seja excessivo, uma vez que isso pode comprometer a eficiência energética do compressor.

Na Figura 5, é apresentado um evaporador cúbico típico dos sistemas frigoríficos.



Figura 5-Evaporador cúbico[17]

O evaporador inundado consiste na circulação de fluido frigorigéneo em estado líquido no evaporador, ebulindo apenas parte do fluido[9]. A circulação do líquido pode ser realizada por meio do efeito termossifão ou por meio de uma bomba. Nesse sistema, o fluido não vaporiza completamente no evaporador, retornando ao separador na forma de vapor húmido.

II.2.4 Dispositivo de expansão

Os dispositivos de expansão são componentes essenciais em sistemas de refrigeração, que permitem controlar a quantidade de fluido frigorigéneo que flui através do sistema[8].

A função principal dos dispositivos de expansão é reduzir a pressão do fluido frigorífero (Laminagem), o que resulta em uma redução da sua temperatura[8]. Isto é importante para que o fluido possa posteriormente absorver calor do ambiente refrigerado.

Existem vários tipos de dispositivos de expansão, cada um com características específicas que os tornam adequados para diferentes aplicações. Alguns dos mais comuns incluem válvulas de expansão termostática, tubos capilares e válvulas de expansão eletrônicas[18].

Na Figura 6 é apresentado uma válvula de expansão eletrônica tipicamente utilizado em instalações frigoríficas.

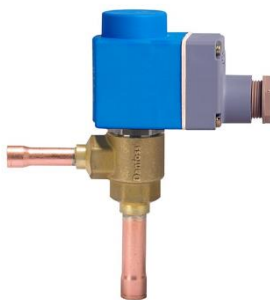


Figura 6-Válvula de expansão eletrônica[19]

II.2.5 Reservatório de líquido

O reservatório de líquido é um componente metálico, de formato cilíndrico, utilizado, para receber o fluido frigorífero no estado líquido, proveniente do condensador[8]. Trata-se de um componente que se torna indispensável quando se opera com válvulas de expansão, para servir de “buffer” à variação da carga térmica. O reservatório de líquido tem como objetivos principais armazenar o fluido frigorífero que não está sendo utilizado pelo sistema e fornecer uma alimentação aos evaporadores com caudais constantes. No entanto, é de grande importância que possua uma capacidade de armazenamento que seja suficiente para conter todo o fluido frigorífero presente no sistema, no caso de ser necessária a realização de manutenção [9].

Na Figura 7 é apresentado um reservatório de líquido vertical tipicamente utilizado em instalações frigoríficas.



Figura 7-Reservatório de líquido vertical [20]

II.2.6 Separador de óleo

. O separador de óleo é um dispositivo de linha utilizado na descarga do compressor para separar o excesso de óleo de lubrificação presente no fluido frigorígeno e realizar seu retorno controlado ao cárter do compressor, evitando que o óleo entre em contato com os demais componentes do sistema. Entre suas funções complementares, destacam-se: a retenção de partículas sólidas, a redução da velocidade de descarga do fluido por meio da mudança de direção e a proteção adicional contra golpes de líquido[8].

Na Figura 8 é apresentado um separador de óleo tipicamente utilizado em instalações frigoríficas.



Figura 8-Separador de óleo[21]

II.2.7 Filtro desidratador

O objetivo principal de um filtro desidratador é remover a humidade do escoamento de fluido frigorígeno que entra no evaporador, que pode danificar o sistema de

refrigeração[22]. O filtro é geralmente colocado próximo ao dispositivo de expansão, que regula a quantidade de fluido refrigerante que entra no evaporador[8].

O filtro desidratador é composto por um recipiente selado contendo materiais sólidos dessecantes, como alumina ativada ou zeolite, que absorvem a água presente no fluido refrigerante.

Na Figura 9 é apresentado um filtro desidratador tipicamente utilizado em instalações frigoríficas.



Figura 9- Filtro desidratador[22]

II.2.8 Visor de líquido

Os visores são dispositivos comumente usados em sistemas de refrigeração para verificar o estado físico do escoamento de fluido refrigerante na linha de líquido e para detectar a presença de vapor de água no sistema[9]. Além disso, podem também ser usados para verificar a presença de bolhas no escoamento do fluido refrigerante, o que pode indicar problemas com o filtro desidratador ou possíveis fugas na linha[8].

Quando o fluido refrigerante passa pelo visor (Figura 10), ele é exposto a uma luz ultravioleta emitida pelo visor, que permite que o técnico ou o operador do sistema observe a cor do fluido refrigerante. Se o escoamento do fluido refrigerante estiver livre de vapor de água, o visor apresentará uma cor amarela, mas se houver água no sistema, o visor apresentará a cor verde. Isso ajuda a identificar se o filtro desidratador está funcionando corretamente ou se precisa ser substituído[22].



Figura 10-Visor de líquido[22]

II.2.9 Válvulas de controlo

As válvulas de controlo são componentes essenciais em sistemas frigoríficos, pois são responsáveis por regular o caudal do fluido frigorigéneo e controlar a pressão do sistema. Existem várias válvulas diferentes usadas em sistemas frigoríficos, cada uma com sua função específica. Neste texto, aborda-se algumas das válvulas mais comuns usadas em sistemas frigoríficos, excluindo a válvula de expansão.

Uma das válvulas mais comuns é a válvula de serviço ou de corte, que é usada para efetuar o seccionamento estratégico para permitir o acesso ao sistema de refrigeração para fins de manutenção [9].

Outra válvula importante é a válvula de retenção, também conhecida como *check valve*. Essa válvula é usada para evitar que o escoamento do fluido frigorigéneo inverta o sentido, devido a diferença de pressão positiva entre a linha de descarga e aspiração, de volta ao compressor, o que poderia danificar o compressor[8]. A válvula de retenção é geralmente colocada na linha de descarga, logo após o compressor.

A válvula de solenoide é bastante utilizada, com o objetivo de permitir o controlo automático do caudal de fluido frigorigéneo, no estado líquido, para a válvula de expansão, respondendo a ordem direta do termóstato ou pressóstato. Deste modo, evita a entrada do líquido no evaporador durante a paragem do compressor[8].

A válvula de segurança, ou válvula de alívio, é dos elementos essenciais de segurança do sistema. É um dispositivo automático de alívio de pressão em reservatórios que contenham fluidos frigorigéneos, de modo a proteger pessoas e equipamentos. Normalmente a válvula de alívio está ligada ao exterior por via de tubagens que libertam o fluido frigorigéneo em caso de emergência[8].

Por fim a as válvulas de regulação de pressão, são usadas para controlar a pressão do sistema, garantindo que ela permaneça dentro dos limites seguros. Essa válvula é geralmente colocada na linha de aspiração ou na linha de líquido, dependendo do tipo de sistema[8].

Na Figura 11, está representado um conjunto de válvulas de controlo comumente encontradas numa instalação frigorífica.



Figura 11-Válvulas de controlo[23]

II.3 SISTEMA DE SIMPLES ESTÁGIO DE COMPRESSÃO DE VAPOR

Ao projetar sistemas de refrigeração para diversos ambientes, é crucial compreender as características e diferenças entre os diferentes tipos de circuitos frigoríficos disponíveis, de modo a escolher o sistema mais adequado para o projeto. Nesse sentido, é de grande importância destacar que existem dois tipos predominantes de circuitos frigoríficos de simples estágio de compressão[8]: os individualizados e os centralizados.

Os circuitos frigoríficos individualizados (Figura 12) são caracterizados pela presença de um sistema de refrigeração independente para cada espaço frigorífico[24]. Esse tipo de sistema é constituído por componentes exclusivos, tais como compressor, condensador e evaporador, que operam de maneira exclusiva para cada espaço frigorífico.

Os circuitos frigoríficos centralizados são caracterizados pela ligação de vários equipamentos de refrigeração destinados a diferentes evaporadores de espaços frigoríficos a um único sistema de refrigeração central, denominado de central frigorífica (Figura 13) [24]. Este sistema é composto por uma série de componentes, tais como compressores, condensadores e evaporadores, que operam em conjunto para fornecer a refrigeração necessária a todos os equipamentos [8]. Esse tipo de sistema é amplamente empregue em aplicações, comerciais e industriais, especialmente em entrepostos frigoríficos, onde há necessidade de refrigerar grandes áreas, através de diversos evaporadores, que são ligados a um único sistema de refrigeração central[24].

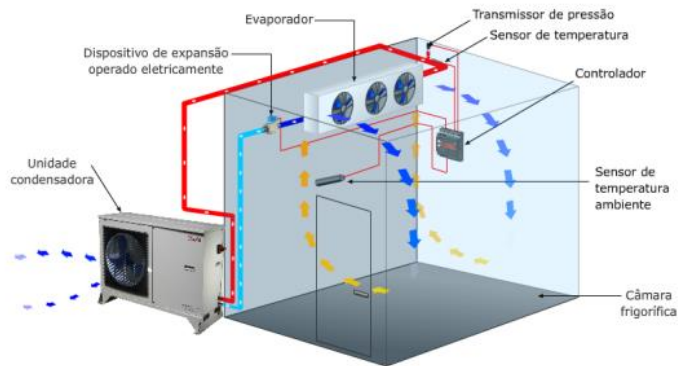


Figura 12- Circuito frigorífico de simples estágio de compressão individualizado[12]



Figura 13-Central frigorífica[25]

É importante considerar as particularidades de cada tipo de circuito frigorífico ao escolher o sistema adequado para uma aplicação específica. Os circuitos frigoríficos individualizados são mais simples de instalar, mas podem ter custos operacionais e de manutenção maiores com o tempo. Em contrapartida, os circuitos frigoríficos centralizados requerem um investimento inicial maior, mas tendem a oferecer maior eficiência energética e redução nos custos operacionais a longo prazo. A escolha do tipo de circuito frigorífico deve também levar em conta a capacidade de refrigeração necessária e a dimensão da instalação frigorífica.[8].

II.4 FLUIDOS FRIGORIGÉNEOS

O fluido responsável pela absorção, transporte e rejeição de calor em todos os equipamentos de um sistema de refrigeração é denominado como fluido frigorígeno. Num

circuito primário, esse fluido sofre mudanças de fase entre os estados líquido e vapor de forma cíclica. Num circuito secundário, é comum a utilização de fluidos que nunca mudam de fase. Ao selecionar um fluido frigorígeno primário para um sistema de refrigeração, é essencial que ele atenda a vários objetivos. Dentre eles, destacam-se as propriedades termodinâmicas adequadas, ampla faixa de temperaturas de operação, relação entre pressão e temperatura adequadas, ideal para o processo de compressão, compatibilidade com materiais e óleos, não seja nocivo para a camada de ozono, tenha baixo potencial de aquecimento global, detetável na fase gasosa, não tóxico, não corrosivo, não irritante, não poluente, não inflamável ou explosivo, económico e eficaz [26]. Contudo, não existe um fluido frigorígeno que possa satisfazer plenamente todos esses requisitos.

Os fluidos frigorígenos são classificados com base em diversos critérios, como a sua natureza, segurança, composição química, pressão de serviço e circuito em que são implementados[8], [27]. Esses fatores são importantes para determinar o desempenho e a segurança do sistema de refrigeração em que o fluido será utilizado, bem como para atender às regulamentações e normas de segurança.

Relativamente à natureza, é realizada a sua classificação tendo em conta a proveniência natural ou não do mesmo, dependendo da origem e da forma como são produzidos[8], [27].

Os fluidos frigorígenos naturais são aqueles que ocorrem naturalmente na atmosfera e não são produzidos artificialmente. Os exemplos incluem o dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3) e hidrocarbonetos como o propano e o isobutano.

Os fluidos frigorígenos artificiais, por outro lado, são produzidos por meio de processos químicos e não ocorrem naturalmente na atmosfera. Os exemplos incluem os CFCs, HCFCs e HFCs. Esses fluidos foram amplamente utilizados em sistemas de refrigeração, mas apresentam impactos negativos no meio ambiente. Os CFCs e HCFCs foram banidos devido ao seu impacto prejudicial na camada de ozono, enquanto os HFCs têm um alto potencial de aquecimento global, o que os torna menos desejáveis em termos ambientais[8], [26], [27]. Na figura 14 apresenta-se alguns dos principais fluidos frigorígenos assim como as suas características.

Tabela 1- Identificação dos fluidos frigorigêneos[28]

Designação comum	ODP	GWP	Grupo de segurança	Tipo	Observações
R12	1	10 900	A1	CFC	Proibido
R22	0,055	1810	A1	HCFC	Proibido
R134a	0	1430	A1	HFC	Elevado GWP
R407C	0	1774	A1	HFC	Elevado GWP
R410A	0	2088	A1	HFC	Elevado GWP
R404A	0	3922	A1	HFC	Elevado GWP
R600a	0	3	A3	HC	Altamente Inflamável
R32	0	675	A2L	HFC	Inflamável (baixa velocidade de propagação da chama)
R290	0	3	A3	HC	Altamente Inflamável
R1234yf	0	4	A2L	HFO	Inflamável (baixa velocidade de propagação da chama)
R744 (CO ₂)	0	1	A1	Inorgânico	Altas pressões de serviço
R717 (Amoníaco)	0	0	B2L	Inorgânico	Tóxico e inflamável (baixa velocidade de propagação da chama)

Os fluidos frigorigêneos são classificados em grupos de segurança de acordo com a norma ISO 817:2014, considerando a toxicidade e a inflamabilidade. Quanto à toxicidade, são classificados como pertencentes à classe A ou B, que correspondem a baixa toxicidade e alta toxicidade, respetivamente. Em relação à inflamabilidade, são classificados como pertencentes à classe 1, 2 ou 3[8], [28].

A classe 1 refere-se aos fluidos frigorigêneos não inflamáveis, a classe 2 refere-se aos fluidos inflamáveis e a classe 3 refere-se aos fluidos altamente inflamáveis. Além disso, há uma subdivisão da classe 2, conhecida como classe 2L, que inclui fluidos inflamáveis com baixa velocidade de propagação de chama. Essa classificação é importante para garantir a segurança no uso de fluidos frigorigêneos, bem como para orientar a escolha do fluido mais adequado para cada aplicação, considerando os riscos e as exigências do sistema de refrigeração[8], [28]. Na tabela 2 apresenta-se a classificação dos grupos de segurança para os fluidos frigorigêneos.

Tabela 2-Grupos de segurança para fluidos frigoríficos[8]

Grupos de Segurança para fluidos frigoríficos		
	Baixa Toxicidade	Alta Toxicidade
Alta Inflamabilidade	A3	B3
Baixa Inflamabilidade	A2	B2
	A2L	B2L
Sem Propagação de chama	A1	B1

No que se refere à pressão de serviço, os fluidos frigoríficos são categorizados em quatro classes distintas, com base nas pressões e temperaturas de operação, sendo elas[8]:

- Classe I: Baixa Pressão;
- Classe II: Média Pressão;
- Classe III: Alta Pressão;
- Classe IV: Inflamáveis.

Atualmente, com o avanço tecnológico, a utilização de fluidos frigoríficos naturais tem vindo a ganhar cada vez maior implementação. Isso deve-se principalmente à preocupação com os impactos ambientais e à necessidade de procurar alternativas mais sustentáveis e seguras para os sistemas de refrigeração. Nos últimos anos, tem havido um aumento no uso de fluidos frigoríficos naturais, como o CO₂ e NH₃, devido às suas propriedades ambientais favoráveis[8]. No entanto, a escolha de um fluido frigorífico depende da aplicação específica e das regulamentações governamentais em vigor.

Por outro lado, os fluidos frigoríficos artificiais, foram amplamente utilizados num passado recente, mas apresentam alto potencial de aquecimento global e destruição da camada de ozono comparativamente aos fluidos naturais[27]. Por isso, estão a ser gradualmente substituídos por alternativas mais sustentáveis e seguras, como os fluidos frigoríficos naturais.

II.5 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

A utilização do dióxido de carbono como fluido frigorífico em sistemas de refrigeração é uma prática antiga, que remonta ao século XVIII [8], [27].

Os sistemas de refrigeração aptos para CO₂ foram desenvolvidos durante muitos anos e estavam no auge da sua utilização entre 1920 e 1930, sendo a escolha preferida nas indústrias de transporte devido à sua não-toxicidade e não-inflamabilidade, ao contrário do amoníaco (NH₃), que foi mais comum nas aplicações industriais. No entanto, o CO₂ perdeu espaço na refrigeração no final da década de 1930, principalmente devido ao aparecimento e comercialização dos CFCs e HCFCs, e foi considerado praticamente extinto para a refrigeração no início da década de 1960[8].

Com a crescente importância das questões ambientais e climáticas, bem como os acordos estabelecidos nos protocolos de Montreal e Quioto, o CO₂ voltou a ser considerado na indústria da refrigeração como uma alternativa promissora e incentivada. A partir do final dos anos 1980, investigadores e cientistas começaram a realizar mais testes com instalações a CO₂, e o desenvolvimento tecnológico recente e novos conceitos tecnológicos sugeriram e potencializaram o renascimento do CO₂ como fluido frigorífero natural[28].

Em 1988, o professor Gustav Lorentzen impulsionou um renascimento na tecnologia da refrigeração ao redescobrir o uso do CO₂ como fluido frigorífero em sistemas de aquecimento e arrefecimento, apresentando o ciclo termodinâmico transcrito em.[8], [27]. Desde o final dos anos 1990, várias aplicações comerciais e industriais de CO₂ como fluido frigorífero surgiram globalmente, abrangendo diferentes sistemas de refrigeração, incluindo sistemas subcríticos para baixas temperaturas e sistemas transcrito para médias temperaturas, além de serem usados em cascata com outros fluidos frigoríferos, em sistemas de ar condicionado, na indústria automotiva e em bombas de calor.[8].

Devido às preocupações ambientais e regulamentações internacionais, fluidos frigoríferos prejudiciais ao meio ambiente foram proibidos ou restringidos, levando ao desenvolvimento de alternativas naturais como água, ar, hidrocarbonetos e CO₂. Embora o CO₂ seja não inflamável, não tóxico (desde que a concentração não exceda os 4-5%) e abundante na natureza, seu uso como fluido frigorífero enfrenta desafios técnicos, como pressões mais elevadas e desempenho inferior em altas temperaturas.

II.5.1 Propriedades do dióxido de carbono (CO₂)

O dióxido de carbono (CO₂ ou R744) é um composto molecular incolor e inodoro que pode existir em três fases distintas, gasosa, líquida e sólida., dependendo da temperatura e pressão. À temperatura ambiente e pressão normal, é um gás, mas pode

dissolver-se em líquidos e formar gelo seco a baixas temperaturas. O CO₂ atinge um estado único chamado ponto triplo a uma pressão de 5,2 bar e -56,6 °C, onde as fases sólida, líquida e de vapor coexistem simultaneamente. Além disso, a fase líquida pode ser obtida por compressão do gás em altas pressões e temperaturas abaixo de -56,6 °C, enquanto o gelo seco é formado quando o CO₂ é arrefecido abaixo de -78,5 °C em pressão atmosférica normal, sendo usado em aplicações de refrigeração e transporte.[29].

II.5.2 Ciclo subcrítico e transcrito de CO₂

O CO₂ pode operar em dois ciclos diferentes: o subcrítico e o transcrito. No ciclo subcrítico, o CO₂ é comprimido e arrefecido para um estado líquido, passando pelo evaporador onde absorve calor, transformando-se em vapor. Este ciclo é chamado de subcrítico porque o CO₂ trabalha abaixo de seu ponto crítico (Temperatura crítico de 31,1°C e pressão crítico de aproximadamente 73,8 bar) durante todo o processo, sendo comum em sistemas de refrigeração.[8], [30], [31].

No ciclo transcrito, o CO₂ atinge valores de pressão e temperatura acima do seu ponto crítico, transformando-se em um fluido transcrito [8], [30], [31].

O ciclo de refrigeração transcrito de CO₂ opera acima do ponto crítico, com pressões extremamente elevadas (30 a 130 bar), e requer componentes específicos projetados para lidar com altas pressões e temperaturas. O CO₂ é comprimido, arrefecido e, devido à temperatura acima do ponto crítico, não condensa, exigindo válvulas transcritas de regulação de pressão. Embora prático, este ciclo é menos eficiente do que o ciclo subcrítico devido a maiores irreversibilidades, e maior trabalho de compressão, sendo alvo de estudos para melhorias na eficiência. Estratégias incluem o uso de permutadores de calor internos para aumentar o efeito frigorífico e o coeficiente de desempenho (COP), além de técnicas para recuperar o trabalho de expansão, como ejetores.

Uma abordagem comum é combinar um estágio subcrítico (-30°C) com um estágio transcrito (0°C) em um único sistema, conforme representado no ciclo da figura 15, permitindo congelamento e refrigeração em um só sistema [2] [32].

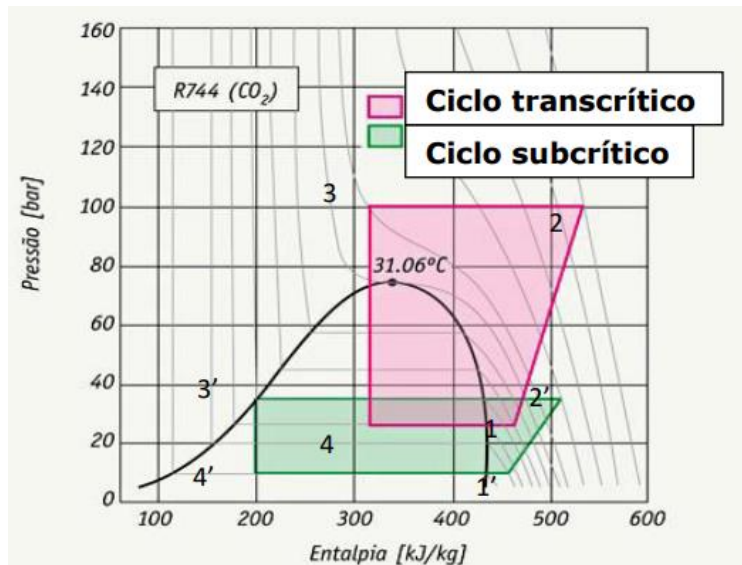


Figura 14- Diagrama Mollier do sistema subcrítico e transcrito de CO₂ [31]

A Figura 14 apresenta dois ciclos distintos do sistema: o ciclo transcrito e o ciclo subcrítico do fluido refrigerante CO₂. No ciclo transcrito, o fluido opera acima do ponto crítico, onde não há uma distinção clara entre os estados líquido e vapor, enquanto no ciclo subcrítico, o fluido opera abaixo do ponto crítico, mantendo uma diferenciação evidente entre as fases líquida e vapor.

Em geral, a escolha do ciclo a ser utilizado depende das necessidades específicas do sistema de refrigeração e das condições de operação. O ciclo subcrítico é mais comum em sistemas de pequeno e médio porte, enquanto o ciclo transcrito é mais utilizado em sistemas de grande porte e em aplicações que exigem refrigeração em temperaturas ambiente não tão elevadas[2].

A utilização do dióxido de carbono como fluido refrigerante apresenta vantagens, como baixo impacto ambiental, alta capacidade frigorífica e melhores propriedades de transferência de calor, permitindo temperaturas mais altas de arrefecimento. No entanto, há desvantagens, incluindo o ponto triplo elevado do CO₂, que pode levar à formação de CO₂ sólido e um coeficiente de dilatação alto, levando a aumento de pressões rápidas em espaços limitados. Os sistemas com CO₂ trabalham em pressões mais elevadas, o que dificulta a obtenção de componentes adequados. A exposição ao CO₂ pode ser prejudicial à saúde, exigindo detetores de fugas e equipamentos de proteção pessoal. As medidas de segurança, como detetores de fugas e equipamentos de proteção individual, são essenciais

para proteger colaboradores e o ambiente durante a instalação, manutenção e reparação.[2], [8], [31].

II.6 SISTEMA DE DUPLO ESTÁGIO DE REFRIGERAÇÃO (BOOSTER)

Para temperaturas de evaporação muito baixas é aconselhável usar sistemas de compressão de múltiplos estágios, como o sistema "*booster*", para evitar altas taxas de compressão e preservar a eficiência do compressor. O ciclo simples de compressão de vapor é comum devido à sua simplicidade e baixo custo, mas torna-se ineficiente em condições de grande diferença entre as temperaturas de condensação e evaporação.

Aumentar a relação de compressão pode levar a problemas como redução da capacidade frigorífica e aumento do desgaste do compressor. Os sistemas de compressão de múltiplos estágios são a solução, embora tenham custo inicial mais elevado. No entanto, sua eficiência energética frequentemente compensa esse custo, tornando-os numa escolha vantajosa em termos de consumo de energia [8], [33]. Na Figura 16 apresenta-se o efeito resultante da redução da temperatura no evaporador, refletindo no aumento correspondente da relação de compressão, conforme representado no diagrama de Mollier.

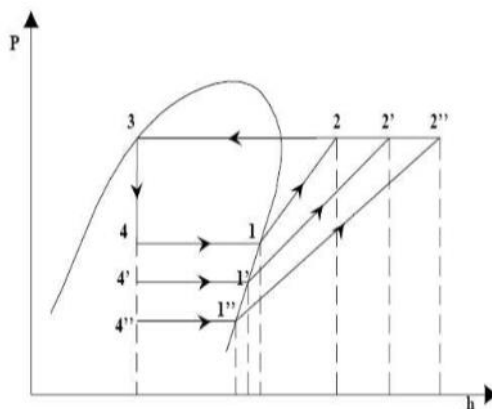


Figura 15-Efeito da diminuição da temperatura do evaporador no desempenho do ciclo de refrigeração no diagrama Mollier [33]

Atualmente, o sistema de refrigeração subcrítico, transcrito e do tipo *booster* que combinam o ciclo subcrítico e transcrito de R744 está a aumentar a sua implantação em diversos países, como em países do sul da Europa. Ambos os sistemas são considerados

tecnologias avançadas e sustentáveis em comparação com os sistemas de refrigeração convencionais e são uma parte importante da transição para tecnologias de baixo carbono.

III Conceitos fundamentais de energia eólica

Nos últimos anos, as energias renováveis ganharam destaque global devido à consciencialização sobre a proteção do planeta e a necessidade de reduzir as emissões de gases com efeito estufa. Estas energias, provenientes de fontes renováveis, tem vindo a substituir os combustíveis fósseis na produção de eletricidade, contribuindo para a sustentabilidade [34]. Desde 1997, políticas energéticas na União Europeia e em vários países tem vindo a incentivar o uso de energias renováveis, sendo a energia eólica essencial para cumprir metas estabelecidas. Ciente do potencial da produção e utilização da eletricidade proveniente de energia eólica nos diversos sectores industriais, principalmente no sector de refrigeração e aquecimento, o presente capítulo tem como objetivo a descrição e a apresentação de conceitos teóricos fundamentais de energia eólica.

III.1 ORIGEM DO VENTO

A energia eólica é produzida a partir da energia cinética, sendo uma fonte abundante e renovável disponível em várias regiões do mundo. O vento é gerado pelo aquecimento desigual da superfície terrestre devido a radiação solar, resultando em diferenças de pressão que causam o movimento das massas de ar. As regiões com ventos mais intensos estão localizadas a altitudes superiores a um quilómetro da superfície terrestre, mas turbinas eólicas são instaladas a algumas dezenas de metros do solo devido à viabilidade técnica. A escolha adequada do local de instalação, considerando fatores como rugosidade e obstáculos, é crucial para a eficiência das turbinas eólicas. A avaliação do potencial eólico de uma região é baseada em medições feitas ao longo de aproximadamente três anos no local da instalação.[35].

Na figura 16 apresenta-se o esquema da circulação geral da atmosférica geral do planeta Terra.

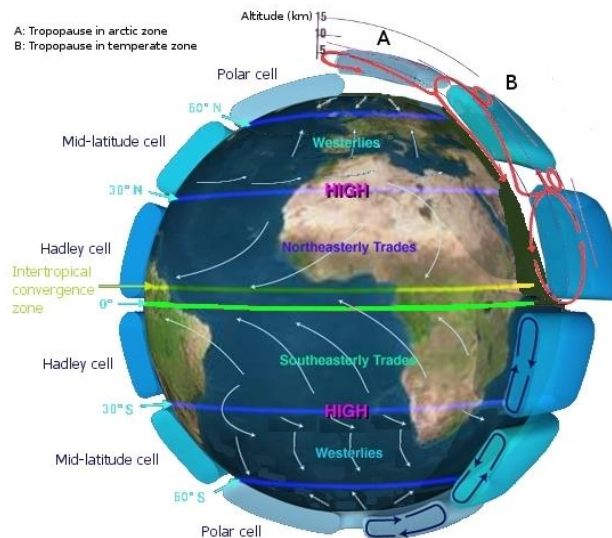


Figura 16- Esquema de movimento atmosférico do planeta Terra[36]

III.2 APROVEITAMENTO DA ENERGIA EÓLICA EM CABO VERDE

Cabo Verde é um país insular, localizado no oceano Atlântico, próximo da costa oeste africana. Como muitas outras ilhas, Cabo Verde é limitado em recursos energéticos e, portanto, depende principalmente de combustíveis fósseis para produzir eletricidade. No entanto, o país também tem um grande potencial de energia renovável, especialmente a energia eólica, solar e correntes marítimas.

Com o objetivo de encontrar soluções para o desenvolvimento sustentável em Cabo Verde, foi criado o plano energético renovável de Cabo Verde (PERCV), cuja meta principal é identificar e reservar áreas com potencial para o desenvolvimento de projetos de energias renováveis. No âmbito das políticas do setor energético, foram estabelecidas as zonas de desenvolvimento das energias renováveis (ZDER), que visam acolher projetos de aproveitamento de energias renováveis em áreas como a solar, eólica, hídrica, geotérmica, resíduos sólidos urbanos e marítima[37].

Os recursos renováveis eólicos e solares são os mais abundantes em Cabo Verde, representando atualmente a totalidade da produção de energia elétrica renovável no país. A energia eólica é a fonte predominante, com uma participação de 90%, enquanto a energia solar fotovoltaica representa os restantes 10%. Devido à sua localização geográfica, Cabo Verde é influenciado pelos ventos alísios, que são ventos constantes que sopram

predominantemente do Nordeste (NE). Essa característica fundamental do recurso eólico da região faz com que a energia eólica seja uma opção muito benéfica para o abastecimento elétrico do país[37].

As primeiras instalações eólicas em Cabo Verde foram implementadas na década de 1990, como resultado de uma colaboração entre o governo cabo-verdiano e o governo português. Em 1994, a empresa de eletricidade e água, ELECTRA SARL, instalou três parques eólicos em Cabo Verde, um na ilha do Sal com duas turbinas eólicas de 300 kW cada e outros dois nas ilhas de São Vicente e Santiago com três turbinas eólicas, cada uma com potência de 300 kW. Esses parques utilizam aerogeradores do fabricante Nordtank com regulação por passo fixo do tipo "Stall". Em 2011, a Vestas assinou um contrato para o fornecimento de geradores eólicos que totalizaram 25,5 MW de capacidade para Cabo Verde, para o projeto desenvolvido pelo promotor Cabeólica, que incluiu a construção de quatro parques eólicos em Santiago, Sal, São Vicente e Boavista. Numa parceria público/privada entre o governo de Cabo Verde e a ELECTRA & InfraCo, a Vestas instalou um total de trinta turbinas eólicas de 850 kW de potência unitária (11, 9, 7 e 3 MW nas ilhas de Santiago, Sal, São Vicente e Boavista, respetivamente). Posteriormente, a capacidade instalada dos parques eólicos das ilhas de Santiago e São Vicente foi aumentada com a instalação de mais três turbinas eólicas em cada ilha. Atualmente, Cabo Verde conta com uma capacidade instalada de energia eólica de 30,6 MW, distribuída em quatro ilhas, sendo as turbinas eólicas instaladas nos parques eólicos do fabricante Vestas, do tipo V52 850 kW[37], [38].

III.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é uma fonte promissora e renovável, podendo ser utilizada tanto em ligação com redes elétricas como em zonas isoladas. Apesar das vantagens, como a redução do impacto ambiental em comparação com combustíveis fósseis, criação de postos de trabalho e baixa produção de gases de efeito estufa, a energia eólica possui desafios. A intermitência do vento dificulta a integração consistente na rede elétrica. A necessidade de grande área para parques eólicos, o ruído e o impacto na vida selvagem são desvantagens importantes. Apesar do investimento inicial elevado, a energia eólica é economicamente viável a longo prazo, sendo mais barata ao longo do tempo.[39], [40].

III.4 PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

As turbinas eólicas consistem em três componentes principais:

- As pás, que captam a energia cinética e o transformam em energia mecânica;
- O rotor, que transmite o movimento das pás para o eixo de rotação;
- A torre, que sustenta o rotor e a gôndola (nacele) a uma altura adequada para funcionamento.

A gôndola, localizada no topo da torre, contém a caixa de engrenagem multiplicadora, o gerador elétrico, o sistema de travagem, o mecanismo de rotação da turbina e o anemómetro para medir a intensidade e direção do vento. O sistema de controlo eletrónico utiliza esses dados para posicionar as pás da turbina da maneira mais eficiente possível [40]. Na figura 17 apresenta-se os componentes típicos de uma turbina eólica.

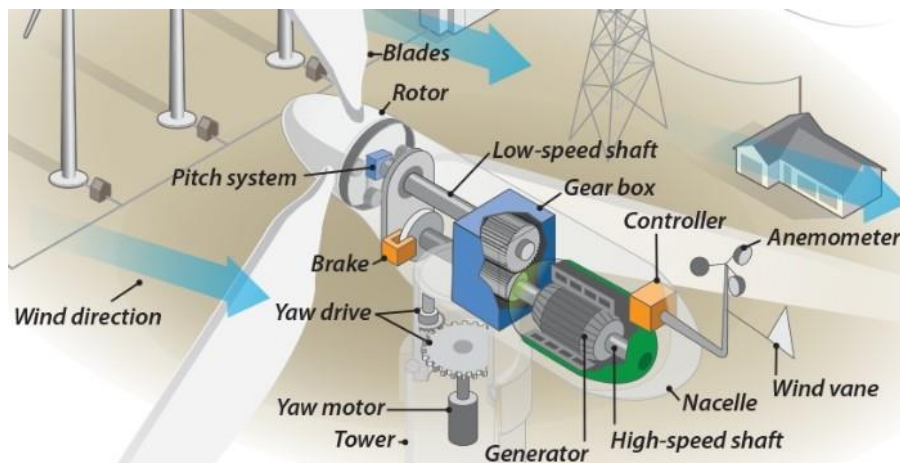


Figura 17- Turbina eólica[40]

III.5 FUNCIONAMENTO DA TURBINA EÓLICA

Um sistema de produção de energia eólica é composto por uma turbina eólica, que é responsável por captar a energia cinética do vento e transformá-la em energia elétrica. O funcionamento da turbina eólica começa com as pás, que são projetadas para captar a energia do vento. Quando o vento escoa, as pás são impulsionadas pela força de arrasto e força de sustentação, o que faz com que elas girem em torno de um eixo de rotação[41].

O movimento das pás é transmitido para o rotor, que também gira em torno do mesmo eixo de rotação. Para aumentar a velocidade de rotação do rotor, é utilizada uma

caixa multiplicadora, que através da relação de transmissão, entre o eixo de entrada e saída aumenta a velocidade de rotação e a transmite para o gerador[41].

O gerador é responsável por converter a energia mecânica recebida em energia elétrica, por meio de um conversor de potência. A energia elétrica gerada pode ser injetada diretamente na rede pública de distribuição de energia elétrica ou pode ser armazenada em baterias para uso posterior[41].

A figura 18 ilustra o ciclo tipo de conversão de energia eólica em energia elétrica.

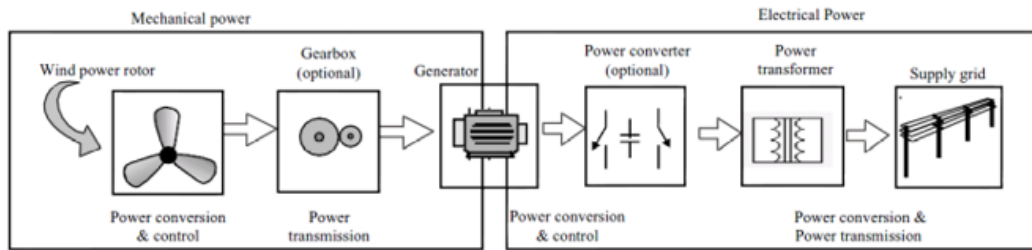


Figura 18-Sistema de conversão de energia eólica[35]

III.6 CLASSIFICAÇÃO DE TURBINAS EÓLICAS

A classificação de turbinas eólicas é uma forma de categorizar estas máquinas com base nas suas características técnicas e funcionais. As turbinas eólicas podem ser classificadas de várias maneiras, como por exemplo, com base no seu tamanho, orientação ou número de pás, tipo de eixo, quanto a velocidade de rotação. Cada tipo de turbina eólica tem as suas próprias vantagens e desvantagens, e é importante conhecer essas características para escolher a melhor opção para cada aplicação[41].

Nesse sentido, a classificação das turbinas eólicas apresenta-se como um elemento fundamental para a orientação da seleção e instalação desses equipamentos, com vista a assegurar uma maior eficiência energética e um desempenho ambiental mais satisfatório. Apesar da existência de várias abordagens de classificação de turbinas eólicas, a mais recorrente leva em conta o eixo de rotação e a velocidade de rotação das mesmas.

III.6.1 Classificação de turbinas quanto ao eixo de rotação

As turbinas eólicas podem ser de dois tipos principais: vertical ou horizontal. As turbinas de eixo vertical não dependem da direção do vento para produzir energia, pois o movimento de rotação do rotor é independente dessa direção. Isso simplifica a manutenção,

pois a caixa de velocidades e o gerador elétrico estão instalados próximos à base da torre. Além disso, essas turbinas podem ser agrupadas próximas umas das outras, são mais silenciosas e têm uma estrutura de rotor menos complexa. No entanto, elas têm uma eficiência inferior em comparação com as turbinas de eixo horizontal, que utilizam forças de sustentação e arrasto para capturar a energia eólica. Existem dois tipos principais de turbinas de eixo vertical: Darrius e Savonius (Figura 19) [41], [42].

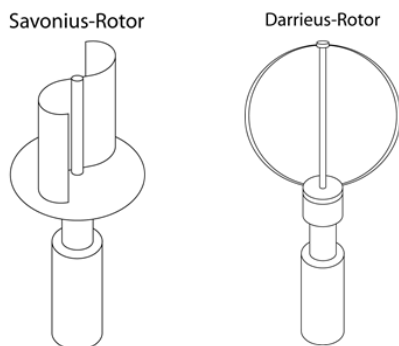


Figura 19- Turbinas de eixos verticais[35]

As turbinas de eixo horizontal (Figura 20) são amplamente utilizadas em parques eólicos em todo o mundo e estão disponíveis em várias configurações. Essas turbinas podem ter uma ou mais pás, sendo que as turbinas eólicas com três pás são as mais comuns devido à sua flexibilidade em relação às diversas velocidades do vento.

O aumento no número de pás reduz a velocidade mínima do vento necessária para colocá-las em funcionamento, mas também diminui a velocidade de rotação. As turbinas com apenas duas pás são utilizadas principalmente em locais com ventos de direção constante e grande intensidade[41].



Figura 20-Turbinas de eixos horizontais[40]

III.6.2 Classificação de turbinas quanto à velocidade de rotação

A potência de um sistema de produção de energia eólica depende essencialmente da velocidade do vento e da velocidade do funcionamento da turbina. Uma vez que não se consegue controlar a velocidade do vento, a única velocidade controlável será a da turbina, de modo a controlar a potência de produção da mesma. Neste sentido, as turbinas também podem ser classificadas como sendo de velocidade constante ou variável. As primeiras estão associadas às tecnologias iniciais de aproveitamentos eólicos, sendo as turbinas de velocidade variável o resultado de tecnologias mais recentes[42].

As turbinas de velocidade variável, variam a velocidade do rotor em função da intensidade do vento com o objetivo de ser mais eficiente e produzir a maior potência possível enquanto as turbinas de velocidades constantes como o próprio nome diz trabalham sempre com a mesma velocidade angular independentemente da intensidade do vento[42].

III.7 SISTEMAS DE ENERGIA EÓLICA

Existem dois tipos de sistemas de energia eólica: sistemas isolados ou autónomos (Off-grid) e sistemas ligados a rede (Grid-tie). Os sistemas isolados (Figura 21) não estão ligados à rede elétrica pública e são usados em locais remotos, como instalações frigoríficas para armazenamento de vacinas. Eles carregam baterias para fornecer energia em períodos sem geração. Enquanto os sistemas ligados à rede (Figura 22) estão integrados a rede elétrica convencional e podem fornecer energia diretamente para uso doméstico ou industrial, além de abastecer a rede elétrica geral.[43].

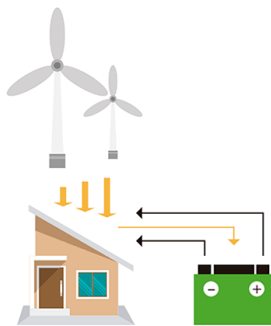


Figura 21- Sistema de energias eólica isolado[44]

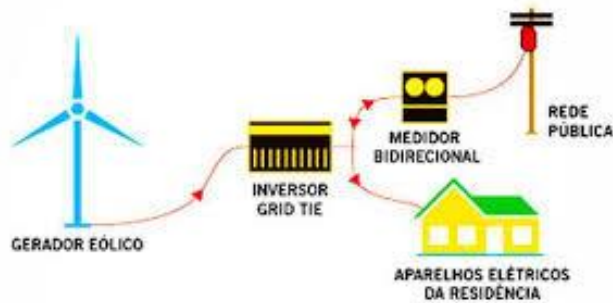


Figura 22- Sistema de energia eólica ligado à rede[45]

III.8 POTENCIAL EÓLICO

A energia eólica é produzida a partir do vento, convertendo sua energia cinética em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica por meio de turbinas eólicas. O potencial eólico varia com a velocidade do vento e é vital para a escolha de locais ideais para parques eólicos, considerando fatores como velocidade e direção do vento, topografia, obstáculos, rugosidade e declive do terreno. As turbinas operam dentro de uma faixa específica de velocidade do vento, com velocidades mínimas (cut-in) e máximas (cut-out) definindo seu funcionamento seguro. A energia eólica pode ser aproveitada em terra (onshore) ou no mar (offshore). A viabilidade econômica de um projeto eólico geralmente requer uma velocidade média anual do vento de pelo menos 6 m/s, com alturas de torres variando de 0 a 220 metros. A topografia local, obstáculos, rugosidade e declive do terreno são fatores essenciais na avaliação do potencial eólico de uma área [35], [41], [46].

III.8.1 Avaliação do potencial eólico

A avaliação do potencial eólico requer a utilização de modelos específicos para ajustar a velocidade do vento à altura da turbina a ser utilizada e à distribuição estatística correspondente. É comum recorrer aos modelos da "lei da potência" e da "lei logarítmica". A "lei da potência" é simples, mas menos precisa, enquanto a "lei logarítmica" é mais complexa, considerando o escoamento atmosférico como altamente turbulento. Este modelo utiliza o conceito de comprimento de mistura e comprimento de rugosidade (Figura 23) para estimar a velocidade do vento em alturas desejadas, proporcionando uma estimativa mais precisa.[46], [47].

Tabela 3- Comprimento de rugosidade do local para diferentes tipos de superfícies[46]

Tipo de Terreno	Z0 (m)
Plano (mar, areia, neve)	0.001 - 0.02
Moderadamente rugoso (ervas curtas, campos de trigo ou cereais)	0.02 - 0.3
Rugoso (bosques, bairros)	0.3 - 2
Muito rugoso (cidades, edifícios)	2 - 10

$$V(Z) = V(Z_r) \frac{\log\left(\frac{Z}{Z_0}\right)}{\log\left(\frac{Z_r}{Z_0}\right)} \quad (1)$$

Em que:

V(Z) - Velocidade na altura desejada (m/s)

V(Z_r) - Velocidade na altura de referência (m/s);

Z_r - Altura de referência (m);

Z - Altura desejada (m);

Z₀ - Comprimento de rugosidade do local (m).

III.9 EXTRAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA

Para utilizar a energia do vento, é necessário que exista um caudal suficientemente forte de vento. As turbinas eólicas modernas são projetadas para alcançar a potência máxima em velocidades de vento em torno de 6 a 15 m/s[48].

Ao passar pela turbina eólica, o vento transfere parte da sua energia cinética para as pás da turbina. A potência extraída do vento pela turbina corresponde a energia contida no escoamento que atravessa uma determinada área, a qual depende de diversos aspetos, tais como o volume de ar, a velocidade do vento e a massa de ar envolvida. É importante considerar esses fatores para estimar a quantidade de energia que pode ser obtida a partir do vento através da turbina eólica[48].

$$P_{\text{disponível}} = \frac{\rho \cdot A \cdot V^3}{2} \quad (2)$$

Em que:

V- Velocidade do vento (m/s);

ρ -Massa específica do ar (kg/ m³);

A- Área da turbina (m²);

P_{disponível}- Potência disponível (W)

A potência de uma turbina eólica está diretamente relacionada com a massa volúmica do ar e aumenta com o cubo da velocidade do vento. Além disso, é proporcional à área do rotor, mas fatores como a aerodinâmica e a eficiência do aerogerador devem ser considerados. A energia cinética do vento é convertida em energia mecânica pela rotação das pás, reduzindo a velocidade do ar que passa pelas pás. No entanto, não é possível aproveitar toda a potência disponível no vento. Introduce-se um coeficiente de potência, representando a fração da potência eólica que pode ser extraída pelas pás do rotor. O limite teórico máximo de extração de energia numa massa de ar é de 59,3%, conhecido como limite de Betz. O desempenho na conversão da energia cinética em energia mecânica é quantificado pelo coeficiente de potência, definido pela seguinte equação[47], [48].

$$C_p = \frac{P_{\text{mecânica}}}{P_{\text{disponível}}} \Leftrightarrow P_{\text{mecânica}} = C_p \cdot \frac{\rho \cdot A \cdot V^3}{2} \quad (3)$$

Em que:

$P_{\text{mecânica}}$ - Potência mecânica convertida (W)

C_p - Coeficiente de potência (adimensional);

O valor do coeficiente de potência (C_p) é determinado pela velocidade do vento, pela velocidade angular do rotor, pelo ângulo de passo das pás e pelos parâmetros específicos da pá da turbina. A velocidade específica da pá é um parâmetro que combina os efeitos da velocidade angular do rotor e a velocidade do vento[47], [48].

IV Conceitos fundamentais de energia das correntes marítimas

As correntes marítimas podem ser definidas como escoamento de água em grande escala que se movimentam através dos oceanos e mares. Elas são o resultado da interação complexa entre vários fatores, incluindo ventos, diferenças de temperatura, salinidade e a rotação da Terra. Essas correntes podem variar em velocidade, profundidade e temperatura, e seus padrões podem ser bastante complexos[49].

A energia de correntes marítimas, também conhecida como energia de correntes oceânicas, é uma forma de energia renovável que se baseia na captura da energia cinética resultante do movimento das águas oceânicas. Esta fonte de energia sustentável tem ganhado destaque nas últimas décadas como uma potencial alternativa para suprir a crescente demanda por eletricidade, especialmente em regiões costeiras.

IV.1 CLASSIFICAÇÃO DAS CORRENTES MARÍTIMAS

As correntes marítimas desempenham um papel crucial na circulação dos oceanos, com efeitos significativos não apenas nos padrões climáticos, mas também na dinâmica dos ecossistemas marinhos e na dispersão de nutrientes. Simplificadamente, essas correntes podem ser divididas em duas categorias predominantes[50]: correntes superficiais e correntes profundas.

As correntes superficiais são aquelas que se encontram na camada superior dos oceanos, geralmente até uma profundidade de aproximadamente 200 metros. Elas são principalmente influenciadas pelos ventos que sopram sobre a superfície do mar e pelas variações de temperatura nessa região. Essas correntes têm um impacto direto nas condições climáticas das regiões costeiras, afetando os padrões de temperatura e precipitação. São essenciais para o transporte de calor ao redor do globo[50].

Por sua vez, as correntes profundas ocorrem em maiores profundidades, abaixo das correntes superficiais. Elas são impulsionadas principalmente por diferenças na densidade da água, que resultam de variações na temperatura e na salinidade. Essas correntes desempenham um papel crucial na circulação oceânica global, contribuindo para a redistribuição do calor e do carbono ao redor do planeta[50].

IV.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA DAS CORRENTES MARÍTIMAS

A energia das correntes marítimas é uma fonte renovável e contante, contribuindo para uma produção energética constante e com baixas emissões de carbono. Sua disponibilidade regular e localização afastada de áreas urbanas minimizam impactos visuais e sonoros. No entanto, enfrenta desafios como o impacto ambiental nas áreas marítimas, altos custos de pesquisa e desenvolvimento, e limitações geográficas devido à necessidade de correntes fortes e constantes em regiões costeiras específicas [51].

IV.3 FUNDAMENTO TEÓRICO DE ENERGIA DAS CORRENTES MARÍTIMAS

A energia das correntes marítimas é convertida em eletricidade através de turbinas, que transformam a energia cinética da água em energia mecânica e, subsequentemente, em energia elétrica quando ligadas a geradores. Esse processo é semelhante ao da energia eólica, mas utiliza o movimento da água em vez do vento. A principal diferença reside na densidade da água em relação ao ar, sendo a água 800 vezes mais densa. Isso implica que as turbinas de correntes marítimas têm o potencial de produzir mais eletricidade por unidade de área em comparação com as turbinas eólicas [51], [52].

Na figura 23, apresenta-se a instalação típica de turbinas de correntes marítimas.

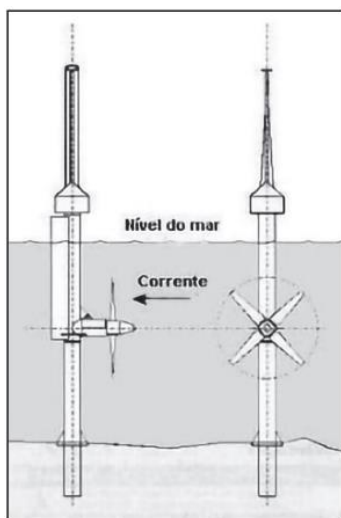


Figura 23- Turbina de correntes fluvial e marítima[53]

V Conceitos fundamentais de energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia limpa e renovável que converte luz solar diretamente em eletricidade, diferenciando-se do sistema solar térmico que utiliza o calor solar para aquecimento de fluidos. Este método será explorado devido à sua versatilidade e potencial para geração de eletricidade em várias aplicações.

V.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, envolve a conversão da energia solar em eletricidade em certos semicondutores presentes nas células fotovoltaicas - (Figura 24). Esses materiais absorvem a energia solar e a transformam em eletricidade através da quebra de ligações químicas, liberando cargas elétricas utilizáveis. O silício cristalino é o semicondutor mais comum, e as células fotovoltaicas são construídas interligando camadas dopadas de silício tipo P (com "lacunas") e tipo N (com elétrons livres) para criar uma junção P-N, gerando um campo elétrico interno. As células são agrupadas em módulos fotovoltaicos para formar geradores fotovoltaicos, comumente ligados em série para produzir tensões mais elevadas [54].

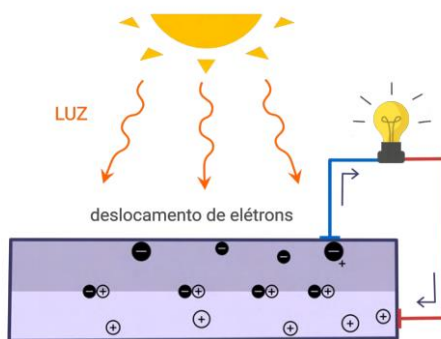


Figura 24- Efeito fotovoltaico[54]

V.2 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

As células fotovoltaicas evoluíram ao longo do tempo, resultando em três gerações diferentes, cada uma com tecnologias específicas. Neste contexto, será apresentada a

primeira geração de células fotovoltaicas, seguida de informações adicionais relevantes [54], [55].

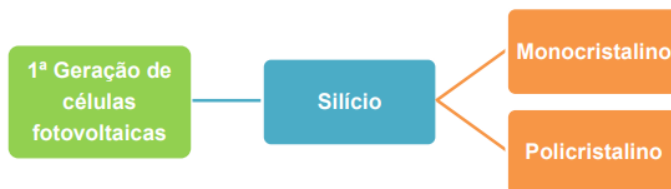


Figura 25- Representação das células fotovoltaicas da 1ªGeração[55]

A primeira geração de células fotovoltaicas é composta por tecnologias baseadas em silício, incluindo o silício monocristalino e o silício policristalino, que representam aproximadamente 85% do mercado - (Figura 25). As células de silício monocristalino têm uma eficiência de cerca de 17%, podendo chegar a 23% em laboratório, mas sua produção é complexa e custosa devido à alta pureza exigida. Já as células de silício policristalino têm eficiência inferior, variando entre 11% e 13%, mas são economicamente mais viáveis devido ao menor grau de pureza requerido. Ambas as tecnologias envolvem processos de fundição, corte e laminagem dos cristais para formar as células fotovoltaicas [54], [66].

A segunda geração de células fotovoltaicas, surgiu nos anos 90, utiliza filmes finos e técnicas de deposição a vapor ou eletrodeposição para evitar o desperdício associado ao corte de cristais - (Figura 26). Estes filmes finos são feitos de materiais semicondutores como telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre e índio (CIS), dissulfeto de molibdênio e grafeno (MoS₂). Embora tenham menor eficiência em comparação com as células de silício da primeira geração, as películas finas oferecem vantagens em termos de custo, flexibilidade e aplicação em diversas superfícies, incluindo vidros e materiais flexíveis. As células de silício amorfo, uma tecnologia de película fina, são usadas na arquitetura e em dispositivos como calculadoras e relógios digitais, com uma eficiência de cerca de 10%. Além disso, compostos inorgânicos como CIS, CIGS e CdTe têm excelente capacidade de absorção solar e custos inferiores devido à menor quantidade de semicondutor. No entanto, enfrentam desafios como escassez de matéria-prima, vida útil curta e menor eficiência. Por outro lado, o arseneto de gálio (GaAs) exibe uma eficiência excepcional de cerca de 30%, podendo superar 45% em laboratório, devido ao uso de um elemento mais reativo na fabricação dos módulos [55], [56].

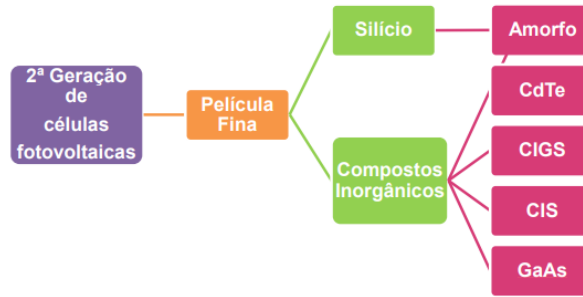


Figura 26- Representação das células fotovoltaicas da 2ª geração[55]

A terceira geração de células fotovoltaicas é caracterizada pelo uso de tecnologias de película fina, que incluem compostos orgânicos, bem como a utilização de células solares de heterojunção silício-intrínseco (HIT) - (Figura 27) [54] –[56].

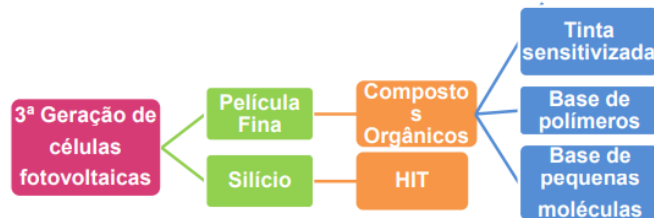


Figura 27 - Representação das células fotovoltaicas da 3ª geração[55]

As células fotovoltaicas de película fina orgânica são feitas de materiais orgânicos como polímeros conjugados ou *perovskitas*, sendo leves, flexíveis e potencialmente mais económicas. Contudo, geralmente têm uma eficiência menor em comparação com outras tecnologias fotovoltaicas. Por outro lado, as células solares de heterojunção silício-intrínseco (HIT) combinam camadas de silício cristalino e silício amorfo, proporcionando uma eficiência de conversão de energia superior em comparação com células de silício monocristalino ou policristalino. Além disso, as células HIT degradam-se menos com o tempo e são mais tolerantes a altas temperaturas[54] –[56].

V.3 PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Um sistema fotovoltaico típico inclui diversos componentes essenciais para converter radiação solar em eletricidade utilizável. O painel solar, ou módulo fotovoltaico, é o principal componente, enquanto o inversor solar converte a corrente contínua (CC) dos painéis em corrente alternada (CA), para consumo, além de monitorizar o desempenho do sistema. Baterias são utilizadas para armazenar o excesso de eletricidade produzida durante

o dia para uso posterior, assegurando um fornecimento contínuo de eletricidade, especialmente durante a noite. O regulador de carga controla o caudal de energia entre os painéis solares e as baterias, sendo um elemento crucial no sistema fotovoltaico.[56].

V.4 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser classificados em três categorias principais com base na ligação à rede elétrica: sistemas ligados à rede (grid-tied), sistemas autónomos (off-grid) e sistemas híbridos.

V.4.1 Sistemas autónomos (Off-Grid)

Os sistemas fotovoltaicos autónomos, conhecidos como off-grid, operam independentemente da rede elétrica convencional e são utilizados em áreas remotas sem acesso à infraestrutura elétrica - (Figura 28). Compostos por painéis solares que convertem luz solar em eletricidade, essa energia é armazenada em baterias durante o dia. À noite ou em períodos sem radiação solar suficiente, a eletricidade armazenada nas baterias é usada para alimentar aparelhos elétricos, garantindo um fornecimento contínuo de energia, mesmo em condições de baixa radiação solar [54] –[56].

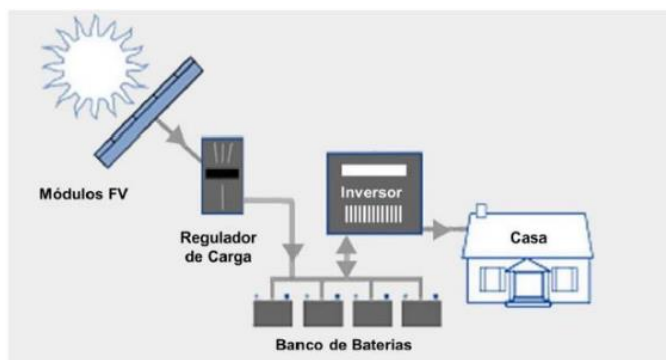


Figura 28- Sistemas autónomos (Off-Grid)[55]

V.4.2 Sistemas ligados à rede (Grid-tied)

Os sistemas fotovoltaicos ligados à rede elétrica, chamados de grid-tied, funcionam em paralelo com a rede elétrica convencional. Painéis solares convertem energia solar em eletricidade, que é utilizada diretamente para consumo nas condições da rede elétrica pública - (Figura 29). O excesso de energia elétrica produzida pode ser injetado na rede e,

por meio do sistema de compensação de energia, é creditado na conta de energia, proporcionando benefícios financeiros aos proprietários. Em períodos sem luz solar suficiente, a eletricidade é fornecida pela rede elétrica pública [54], [56]

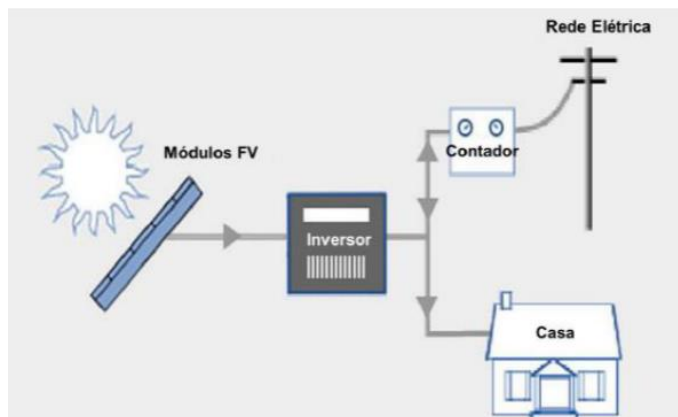


Figura 29-Sistemas ligados à rede (Grid-tied)[55]

V.4.3 Sistemas híbridos

Os sistemas fotovoltaicos híbridos (Figura 30) integram energia solar com outras fontes de energia, ligados à rede elétrica pública. Durante o dia, a energia solar atende à procura interna. O excesso é armazenado em bancos de baterias para fornecer energia em períodos sem irradiação, com o apoio da rede pública quando necessário. Esses sistemas otimizam o uso da energia solar, asseguram fornecimento contínuo em condições adversas e promovem a independência energética, reduzindo a dependência da rede convencional.[54], [55].

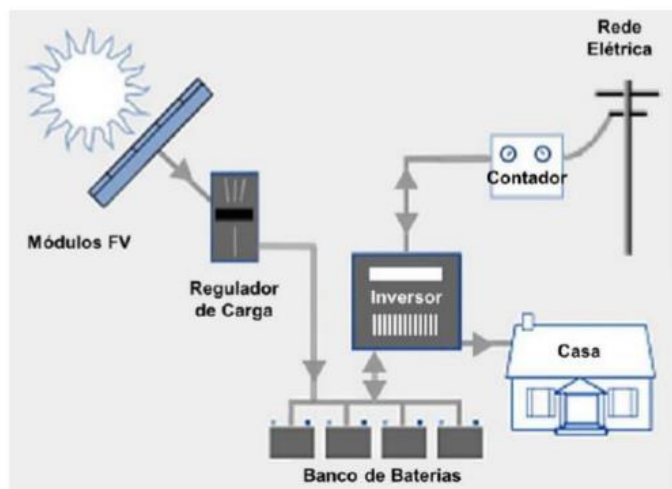


Figura 30-Sistema solar híbrido[55]

V.5 DIMENSIONAMENTO

Para um dimensionamento preciso do sistema fotovoltaico, é essencial ajustar a produção à procura de energia elétrica. Considerando que a produção não coincide sempre com o consumo, um sistema de armazenamento de energia é essencial. A energia é direcionada para um regulador de carga e armazenada em baterias, ambas operando com corrente contínua (CC). Um inversor converte a corrente contínua em corrente alternada (CA), possibilitando o uso da energia transformada. Este processo garante o equilíbrio entre produção e consumo de energia.

V.5.1 Cálculo da potência a instalar

A instalação proposta deve ser dimensionada para suprir a carga específica, seja ela diária, semanal ou mensal. A determinação da potência requerida dos painéis solares está vinculada à eficiência global do sistema a ser considerada, na qual a eficiência individual de cada painel já está incorporada à sua potência unitária [57].

$$\eta_{\text{sistema}}[\%] = \eta_{\text{cabos}} \cdot \eta_{\text{regulador}} \cdot \eta_{\text{bateria}} \cdot \eta_{\text{inversor}} \quad (4)$$

Em que:

η_{cabos} -Eficiência dos cabos (%);

$\eta_{\text{regulador}}$ -Eficiência do regulador de carga (%)

η_{bateria} -Eficiência da bateria (%);

η_{inversor} -Eficiência do inversor (%).

Dessa forma, é possível realizar o cálculo da energia elétrica necessária dos painéis solares necessários na instalação:

$$P_{\text{PV}} = \frac{\text{Carga}}{\eta_{\text{sistema}}} \quad (5)$$

De seguida, é feito o cálculo da potência de pico (equação 9), importante para o dimensionamento da matriz fotovoltaica.

$$P_{\text{P}} = \frac{P_{\text{PV}}}{\text{PHS}} \quad (6)$$

Em que:

PHS- “Peak Solar Hours” (horas solares de pico) (h/dia);

Carga- Energia elétrica necessário (kWh);

P_{PV} -Energia elétrica dos painéis solares (kWh);

P_p -Potência de pico (kW).

V.5.2 Número de painéis fotovoltaicos

Na escolha do sistema fotovoltaico, é essencial selecionar a tensão em corrente contínua de acordo com a carga diária. Para cargas pequenas (até 1 kWh/dia), 12V são adequados. Para cargas médias (3 a 4 kWh/dia) necessitam de 24V, enquanto cargas elevadas (acima de 4 kWh/dia) requerem 48V para reduzir perdas. O número de módulos por filamento e de filamentos pode ser calculado considerando a configuração em série e paralelo dos painéis.

$$N_S = \frac{V_{CC}}{V_{mmp}} \quad (7)$$

$$N_p = \frac{P_p}{N_S \cdot P_m} \quad (8)$$

Em que:

P_m - Potência nominal do painel selecionado (kW);

V_{mmp} -Tensão no ponto de potência máxima do painel selecionado, sendo essa informação encontrada na ficha técnica do mesmo (V);

N_S -Número de filamentos;

N_p -Número de módulos por filamentos.

VI Carga térmica de câmaras frigoríficas

Neste tópico, apresenta-se o fundamento teórico para calcular as cargas térmicas de espaços frigoríficos, levando em conta as condições de conservação do produto, o clima local e as características do entreposto. A remoção da carga térmica é essencial para assegurar a qualidade e segurança dos produtos, ajustando o sistema de refrigeração conforme as necessidades específicas. As condições climáticas e físicas do entreposto também impactam as cargas térmicas, influenciando a capacidade do sistema em manter as condições ideais. Considerar esses fatores é essencial ao projetar o sistema de refrigeração para garantir a estabilidade térmica desejada.

VI.1 METODOLOGIA DE CÁLCULO

Neste contexto de dissertação, foi criado um programa de cálculo no software Excel para calcular carga térmica. Este programa foi desenvolvido pelo autor desta dissertação, aplicando a metodologia de cálculo que será detalhadamente apresentada a seguir.

VI.1.1 Espessura do painel isotérmico

Para determinar a espessura apropriada dos painéis isotérmicos nas paredes, teto e solo das câmaras frigoríficas, utilizou-se as equações 9 e 10, relacionadas à resistência térmica. O objetivo principal é determinar a espessura mínima necessária dos painéis para manter um caudal de calor máximo admissível de 8 W/m².

O cálculo da espessura mínima, baseia-se na resistência térmica do material dos painéis, considerando suas propriedades isolantes e a transferência de calor entre o interior da câmara e o ambiente externo. Esta análise visa garantir a preservação das condições térmicas adequadas dentro da câmara, mantendo a temperatura requerida para o armazenamento ideal dos produtos.

$$Q_{\max} = \frac{(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})}{R_t} \quad (9)$$

Em que:

Q_{\max} - Fluxo de calor máximo admissível (W);

T_{int} - Temperatura interior da câmara frigorífica (°C);

T_{ext} - Temperatura exterior do local (°C);

R_t -Resistência térmica da parede, teto ou chão (°C/W).

A temperatura exterior representa a temperatura ambiente exterior que envolve a parede, teto ou chão, e varia de acordo com a orientação do local.

Após calcular a resistência térmica por meio da equação 9, é possível determinar a espessura mínima necessária para o isolamento de poliuretano, utilizando a equação 10, considerando uma condutividade térmica de 0,0207 W/m°C. Os coeficientes de convecção são influenciados pelas características do ar adjacente à parede, teto ou chão, incluindo a velocidade do ar[58].

$$R_t = \frac{1}{h_{ext} \cdot A_p} + \frac{L}{k_{isol} \cdot A_p} + \frac{1}{h_{int} \cdot A_p} \quad (10)$$

Em que:

k_{isol} - Condutibilidade térmica do material (W/ m °C);

h_{ext} -Coeficiente de convecção externo (W/m²°C);

h_{int} --Coeficiente de convecção interno(W/m²°C).

A_p -Área da parede, teto ou chão (m²);

L -Espessura mínima do painel isotérmico (m).

Com base na espessura mínima determinada previamente, procede-se à seleção do painel isotérmico em poliuretano, com uma espessura normalizada igual ou superior ao obtido por meio da equação 10. Isso é realizado utilizando o catálogo fornecido pelo fabricante, garantindo que a espessura do painel escolhido atenda ou exceda os requisitos mínimos de isolamento térmico calculados.

Uma vez selecionado o painel isotérmico com as espessuras normalizadas adequadas, segue-se o cálculo das cargas térmicas por condução nas paredes, teto e piso.

VI.1.2 Ganho de calor através da envolvente

O fluxo de calor por condução que atravessa a área perpendicular à direção do mesmo, de parede, teto ou piso é determinado considerando, a resistência térmica de projeto e a diferença de temperatura entre o interior e o exterior da parede. Essa relação é expressa pela Equação 11 [8] [58].

$$\dot{Q}_p \text{ [W]} = \frac{(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})}{R_{\text{projeto}}} \quad (11)$$

Em que:

R_{projeto} -Resistência térmica do painel isotérmico normalizado ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$).

Portanto, a fim de determinar a carga total devido a condução e convecção absorvida pela câmara de refrigeração, decorrente da condução e convecção térmica das paredes, teto e piso, é necessário realizar a soma de todas as parcelas individuais obtidas anteriormente por meio da equação 12 [8], [58].

$$\dot{Q}_{\text{condução}} \text{ [W]} = \sum \dot{Q}_p + \dot{Q}_t + \dot{Q}_c \quad (12)$$

Em que:

\dot{Q}_p -Carga da parede (W);

\dot{Q}_t -Carga do teto (W);

\dot{Q}_c -Carga do chão (W).

VI.1.3 Ganho de calor devido a renovação de ar mecânica

Este parâmetro está relacionado com a entrada de ar exterior à câmara, que geralmente está a uma temperatura mais elevada do que o interior da câmara, resultando na condensação do vapor de água presente no ar quando entra em contato com as paredes da câmara. Como resultado das diferenças de massa específica devido às correntes de convecção, ocorre a saída de ar do interior nas condições do produto. Portanto, a carga térmica decorrente desse fenômeno pode ser relacionada através da equação 13 [8] [58].

$$\dot{Q}_{\text{inf}} \text{ [W]} = \dot{m}_{\text{renov}} E_{\text{ar}} = \bar{\rho}_{\text{ar}} \text{NR} \cdot V_{\text{câmara}} E_{\text{ar}} \quad (13)$$

Em que:

$\bar{\rho}_{\text{ar}}$ -Densidade média do ar (kg/m^3);

NR-Número de renovações por 24 horas (s^{-1});

$V_{\text{câmara}}$ -Volume da câmara (m^3);

E_{ar} -Energia térmica do ar por unidade de massa (kJ/kg);

\dot{m}_{renov} - Caudal mássico (kg/s)

A quantidade de energia térmica do ar por unidade de massa, obtém-se por via da equação 14 [58].

$$E_{ar}[\text{kJ/kg}] = (h_{\text{circulação}} - h_{\text{interior}}) \quad (14)$$

Em que:

$h_{\text{circulação}}$ -Entalpia específica do ar de circulação exterior (kJ/kg);

h_{interior} - Entalpia específica do ar no interior do espaço (kJ/kg).

É importante ressaltar que a massa específica é o valor médio entre a massa específica à temperatura de circulação, ou seja, a temperatura do corredor adjacente à instalação frigorífica, e a massa específica à temperatura interior do espaço frigorífico. Essa consideração é feita devido à localização das portas de acesso ao interior das câmaras, onde ocorre a interação entre o ambiente do corredor e a câmara frigorífica.

VI.1.4 Ganho de calor devido aos ocupantes, iluminação e equipamentos

Nas câmaras frigoríficas de media/alta capacidade, o deslocamento dos produtos da câmara para os veículos de distribuição resulta em ganhos que ocorrem na forma de trabalho mecânico, especialmente quando se utiliza empilhadores movidos, geralmente, por baterias elétricas. Por outro lado, a deslocação pode ser realizada manualmente, utilizando porta-paletes, e nesse caso, ocorre a introdução de calor dissipado pela atividade humana.

A carga térmica proveniente dos ocupantes é influenciada pelo número de pessoas presentes, assim como pela sua energia emitida. Além disso, é necessário considerar a carga emitida pelas lâmpadas presentes na câmara, bem como a potência dissipada pelos equipamentos. A soma das cargas térmicas mencionadas anteriormente é designada por cargas térmicas internas, uma vez que estão relacionadas com as atividades desenvolvidas internamente dentro da própria câmara - conforme indicado pela equação 15 [8], [58].

$$\dot{Q}_{\text{int}}[\text{W}] = \dot{Q}_{\text{ocupantes}} + \dot{Q}_{\text{iluminação}} + \dot{Q}_{\text{equipamentos}} \quad (15)$$

$$\dot{Q}_{\text{ocupantes}} [\text{W}] = \frac{\text{NHO}}{24 \text{ h}} (\text{NO} \cdot E_{\text{ocup}}) \quad (16)$$

Em que:

NHO-Número de horas de ocupação (h);

NO-Número de ocupantes;

E_{ocup} -Potência total dissipado por cada ocupante (W).

$$\dot{Q}_{\text{iluminação}} [\text{W}] = \frac{\text{NHO}}{24 \text{ h}} (\text{DIlum} \cdot A_{\text{câmara}}) \quad (17)$$

Em que:

DIlum -Densidade de iluminação (W/m^2);

$A_{\text{câmara}}$ -Área da câmara (m^2).

Uma outra forma de obter a carga térmica devido à iluminação é através da consideração da potência das lâmpadas e do número de lâmpadas presentes[8].

$$\dot{Q}_{\text{iluminação}} [\text{W}] = N \cdot \dot{Q}_{\text{Lâmpada}} [\text{W}] \quad (18)$$

Em que:

$\dot{Q}_{\text{Lâmpada}}$ -Potência térmica de cada lâmpada instalada no interior da câmara (W);

N -Número de lâmpadas.

$$\dot{Q}_{\text{equipamentos}} [\text{W}] = \frac{\text{NHO}}{24 \text{ h}} (\text{NE} \cdot P_{\text{mot}} \cdot \text{ET}_{\text{mot}}) \quad (19)$$

Em que:

NE--Número de equipamentos;

P_{mot} -Potência dos motores elétricos do equipamento (We);

ET_{mot} -Equivalente térmico do motor elétrico ($\frac{W_t}{W_e}$).

VI.1.5 Ganho de calor devido ao produto

No caso da refrigeração do produto, é levada em consideração a carga térmica resultante do arrefecimento, desde a temperatura de chegada do produto até a temperatura de conservação. Nesse sentido, é necessário utilizar o calor específico adequado ao produto em questão, considerando valores acima da temperatura de congelação. Além disso, a carga

térmica devida à respiração do produto é nula, uma vez que se trata de um pescado. Dessa forma, o calor libertado pelo produto refrigerado é expresso através da equação 20 [8] [58].

$$\dot{Q}_{\text{prod}}[\text{W}] = \dot{Q}_{\text{arref.}} = \dot{m}_{\text{rot.}} C_{\text{Pa}}(T_{\text{in,prod}} - T_{\text{int}}) \quad (20)$$

Em que:

$\dot{m}_{\text{rot.}}$ -Caudal de rotação diária do produto (kg/s);

$T_{\text{in,prod}}$ -Temperatura de entrada do produto na câmara (°C);

C_{Pa} -Calor específico do produto antes da congelação (J/kg °C).

A congelação do produto é caracterizada pela libertação de carga térmica sensível durante o processo de arrefecimento até atingir a temperatura de congelamento. Em seguida, ocorre a perda de calor latente responsável pela mudança de fase do produto. Por fim, é necessária a adição de calor sensível para alcançar a temperatura de conservação desejada. No entanto, considerou-se que o produto chega à câmara de congelação após a fase de congelação ter sido concluída, ou seja, a mudança de estado já foi efetuada. Portanto, o produto necessita apenas de carga térmica sensível para atingir a temperatura de conservação desejada. Dessa forma, o calor libertado pelo produto congelado é expresso através da equação 21 [8] [58].

$$\dot{Q}_{\text{prod}}[\text{W}] = \dot{Q}_{\text{cong}} = \dot{m}_{\text{rot.}} C_{\text{Pd}}(T_{\text{in,prod}} - T_{\text{int}}) \quad (21)$$

Em que:

C_{Pd} -Calor específico do produto depois da congelação (J/kg°C).

VI.1.6 Potência frigorífica

A potência frigorífica de um espaço frigorífico resulta da soma de todas as cargas térmicas parciais apresentadas anteriormente, incluindo ganhos de calor através de envolventes, produtos armazenados, equipamentos, iluminação, pessoas e infiltração de ar externo. O tempo de funcionamento do evaporador (TFE) também impacta diretamente na potência frigorífica final, influenciando a quantidade de calor removido. Portanto, ao calcular a potência frigorífica, é essencial considerar todas essas contribuições e o tempo de operação do evaporador para dimensionar adequadamente o sistema de refrigeração,

garantindo a eficiência e as condições de conservação próxima dos ideais no ambiente refrigerado e conseqüentemente a preservação dos produtos armazenados.[8], [58].

$$\dot{Q}_e = \frac{24}{TFE} (\dot{Q}_{\text{condução}} + \dot{Q}_{\text{prod}} + \dot{Q}_{\text{int}} + \dot{Q}_{\text{inf}}) \cdot CS \quad (22)$$

Em que:

TFE-Tempo de funcionamento do evaporador (h)

CS-Coeficiente de segurança (%)

VII Caso de estudo

No âmbito deste estudo, será dimensionado e analisado o caso específico de um entreposto frigorífico localizado na cidade do Tarrafal de Santiago, Cabo Verde. Este entreposto tem como objetivo primordial a conservação de pescados, uma tarefa essencial para manter a qualidade e segurança dos produtos. A escolha da cidade do Tarrafal de Santiago, em Cabo Verde, foi determinada pela necessidade de uma gestão eficiente e técnica dos produtos perecíveis, numa região onde a indústria pesqueira desempenha um papel essencial na economia local.

O estudo abordará várias questões interligadas, incluindo o cálculo das cargas térmicas dos espaços frigoríficos, tendo em conta as condições climáticas locais e as especificidades do produto armazenado. Além disso, serão considerados o dimensionamento da instalação frigorífica, o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico, o dimensionamento do sistema eólico, a seleção de uma turbina de correntes marítimas, a escolha de um gerador de apoio, a estimativa das contribuições energéticas diárias e anuais.

O objetivo final deste estudo é conceber um entreposto frigorífico autossustentável que garanta a estabilidade do ambiente refrigerado, assegurando a qualidade dos pescados e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da indústria pesqueira na região.

VII.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

A instalação frigorífica foi projetada para a situação mais desfavorável da cidade do Tarrafal de Santiago, isto é, sujeita à temperatura de bolbo seco mais alta registada nos últimos trinta anos de acordo com os serviços meteorológicos da meteoblue, cujo valor é aproximadamente 35°C para o mês de setembro. Além disso, verificou-se que o vento apresenta uma velocidade média de aproximadamente 26 km/h e uma velocidade mínima de 18 km/h. Neste sentido, será utilizado a velocidade média como sendo a velocidade do vento para o projeto[59]. A humidade relativa no local apresenta variações entre 60% e 85% atualmente [60].

Na figura 31 é apresentada a evolução de algumas propriedades climáticas observadas na cidade do Tarrafal de Santiago Cabo Verde [59].

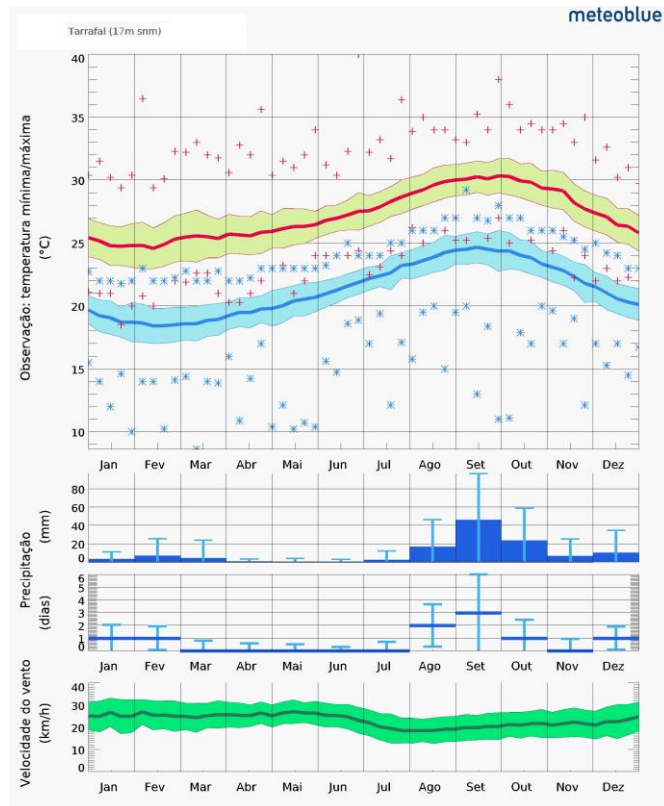


Figura 31- Evolução da temperatura, precipitação e velocidade do vento ao longo dos últimos 30 anos ano na cidade do Tarrafal de Santiago[59]

VII.2 CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DO PRODUTO

A conservação adequada do pescado requer condições específicas de temperatura e humidade. Para o pescado refrigerado, a temperatura ideal de conservação varia entre -0°C e 2°C , enquanto para o pescado congelado, a temperatura deve situar-se entre -30°C e -20°C . Estas temperaturas extremamente baixas são essenciais para preservar a textura, o sabor e as características nutricionais do peixe. Além disso, devido à sensibilidade do pescado ao tempo de armazenamento, é aconselhável consumi-lo dentro de seis meses a um ano após a captura, quando congelado, e até 14 dias quando refrigerado [61].

Em relação à humidade, é essencial armazenar o pescado em ambientes com alta humidade relativa. Para produtos congelados, a humidade relativa adequada situa-se entre 90% e 95%, enquanto para produtos refrigerados, deve estar entre 95% e 100%. Esta faixa

de humidade ajuda a prevenir a formação de cristais de gelo na superfície do peixe, reduzindo assim a deterioração causada pela oxidação e desidratação [61].

Adotar estas condições de armazenamento apropriadas é fundamental para preservar a qualidade e a frescura do pescado, garantindo que este permaneça em condições ideais para consumo e para a indústria pesqueira.

Na figura 32 é apresentada as condições termodinâmicas apropriadas para conservação do pescado.

Product	Storage Temp., °C	Relative Humidity, %	Approximate Storage Life^a
Fish			
Haddock, cod, perch	-0.5 to 1	95 to 100	12 days
Hake, whiting	0 to 1	95 to 100	10 days
Halibut	-0.5 to 1	95 to 100	18 days
Herring, kippered	0 to 2	80 to 90	10 days
smoked	0 to 2	80 to 90	10 days
Mackerel	0 to 1	95 to 100	6 to 8 days
Menhaden	1 to 5	95 to 100	4 to 5 days
Salmon	-0.5 to 1	95 to 100	18 days
Tuna	0 to 2	95 to 100	14 days
Frozen fish	-30 to -20	90 to 95	6 to 12 months

Figura 32- Condições de conservação do atum[61]

VII.3 LAYOUT DO ENTREPOSTO

O entreposto frigorífico em questão é composto por uma câmara destinada ao armazenamento de produtos congelados, uma câmara para produtos refrigerados e um buffer correspondente. A câmara de congelados tem a finalidade de preservar o peixe congelado, enquanto a câmara de refrigerados é responsável pela conservação de peixes refrigerados.

Além disso, o entreposto também conta com uma área destinada a atividades administrativas, a fim de garantir a eficiência e organização dos processos. Adicionalmente, uma zona sanitária foi incorporada, com o intuito de assegurar as condições de trabalho adequadas para os colaboradores, promovendo um ambiente higiênico e seguro.

Na figura 33 é apresentada o layout do entreposto frigorífico do caso de estudo.

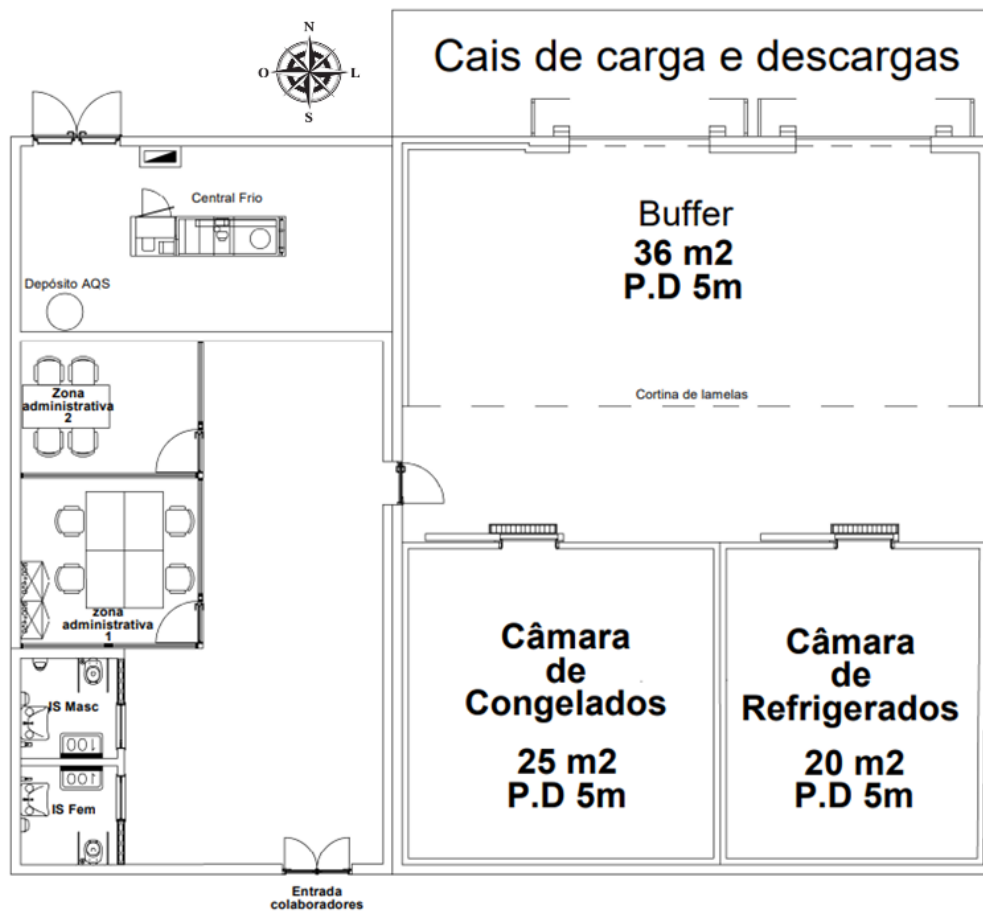


Figura 33- Layout proposto do entreposto frigorífico

VII.4 CARGA TÉRMICA DO ENTREPOSTO FRIGORÍFICO

Para calcular as cargas térmicas dos espaços frigoríficos em análise, foram levadas em consideração as seguintes especificações:

- 1)- Isolamento térmico: Os painéis de poliuretano terão uma espessura padronizada de 100 mm para garantir um isolamento eficiente;
- 2)- Corredor interno: O corredor interno do entreposto frigorífico será mantido a uma temperatura constante de 15°C para manter um ambiente climatizado;
- 3)- Ocupação humana: O número máximo de pessoas consideradas no interior das câmaras de refrigerados e congelados será limitado a duas pessoas para minimizar o calor gerado pela ocupação humana;

4)-Iluminação: Cada espaço frigorífico (exceto o buffer) será equipado com duas luminárias. No buffer, serão instaladas quatro luminárias. As lâmpadas usadas são do modelo STAGNUM PRO LED 1500 de 64 W;

5)-Equipamento de Transporte: Para o transporte dos produtos, considerou-se o porta-paletes modelo EX15L 1150×560, com um motor de arranque de 0,75 kW e um motor de elevação de 0,7 kW.

6)-Densidade do produto no interior das câmaras: Considerou-se uma densidade de 600 kg/m³ para a câmara de congelados, 350 kg/m³ para a câmara de refrigerados e 450 kg/m³ para o buffer.

7)-Temperatura de Entrada dos Produtos: A temperatura de entrada dos produtos considerada nas câmaras foi estabelecida em 8°C para o buffer, 5°C para os refrigerados e -5°C para os congelados.

8)-Calor dissipado por ocupante: A dissipação de calor por ocupante foi estabelecida em 270 W para câmara de refrigerados e 420 W para câmara de congelados [62].

8)-Coeficiente de Segurança: Foi aplicado um coeficiente de segurança de 1,1 que contempla a carga térmica decorrente da dissipação de calor dos motores dos ventiladores dos evaporadores e outras fontes de dissipação de calor não consideradas garantindo uma margem adicional de segurança.

9)-Tempo de Funcionamento do Evaporador: Considerou-se que os evaporadores funcionarão por 16 horas diárias.

Essas especificações foram essenciais para o cálculo preciso das cargas térmicas dos espaços frigoríficos, proporcionando informações fundamentais para o dimensionamento adequado do sistema de refrigeração e garantindo as condições de conservação e eficiência do ambiente refrigerado. Com base nas considerações e especificações mencionadas anteriormente, a metodologia de cálculo apresentada foi aplicada para realizar o balanço térmico de cada espaço frigorífico. No anexo G, intitulado "Cargas térmicas", são apresentados o balanço térmico detalhado do presente caso de estudo. Os resultados obtidos foram compilados e estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4- Cargas térmicas dos espaços frigoríficos do caso de estudo

Tipo de Carga térmica	Câmara de congelado	Câmara de Refrigerados	Câmara Buffer
$\dot{Q}_{\text{condução}}$ [kW]	1,23	0,47	2,08
\dot{Q}_{produto} [kW]	4,02	0,77	4,13
$\dot{Q}_{\text{internas}}$ [kW]	0,47	0,44	0,82
$\dot{Q}_{\text{infiltrações}}$ [kW]	1,61	0,19	1,03
Carga térmica total [kW]	7,33	1,87	8,06
Potência frigorífica [kW]	12,07	3,08	13,32

VII.4.1 Estudo comparativo das cargas térmicas obtidas

Por forma a validar e verificar a precisão dos cálculos de balanço térmico realizados no programa de cálculo desenvolvido no software Excel, foi utilizado o software calcam-Quiron da Centauro, especializado em cálculos de carga térmica. A tabela 5 apresenta a comparação dos resultados das cargas térmicas obtidas:

Tabela 5- Comparação dos resultados de potências frigoríficas obtidas

Local	Cálculo (kW)	CalCam-Centauro (kW)	Erro (%)
Câmara de Congelados	12,078	10,830	12%
Câmara de Refrigerados	3,079	3,510	12%
Câmara Buffer	13,326	11,730	14%

O espaço frigorífico buffer foi simulado no software CalCam como uma câmara com quatro paredes de poliuretano, no entanto, ele possui apenas três paredes. Essa discrepância resulta em uma carga térmica ligeiramente inferior ao seu valor real, estimada

em aproximadamente 1,1 kW. Para corrigir essa diferença, foi adicionado o valor de 1,1 kW aos resultados da simulação obtidos no programa CalCam.

É relevante enfatizar que os valores obtidos pelo software calcam-Quiron do fabricante centauro apresentam uma discreta variação em relação aos resultados obtidos no programa desenvolvido no Excel. Essas discrepâncias podem ser atribuídas a distintos algoritmos e metodologias utilizados nos respectivos softwares. Considerando que a diferença é inferior a 15%, foi utilizado o resultado obtido no programa desenvolvido, uma vez que estes são superiores em magnitude em maioria dos espaços frigoríficos.

Os resultados obtidos no software calcam-Quiron e no programa de cálculo desenvolvido são apresentados no anexo B.14 e anexo G.

VII.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FRIGORÍFICO

VII.5.1 Esquema de princípio da instalação frigorífica

Na presente secção, apresenta-se na figura 34, o esquema de princípio da instalação. Nesta figura, é possível observar de forma esquemática a disposição dos principais componentes do sistema em estudo. A figura representa uma representação gráfica concisa da organização geral da instalação em questão. Essa visualização é fundamental para compreender a estrutura da instalação frigorífica e as relações entre os principais componentes da instalação.

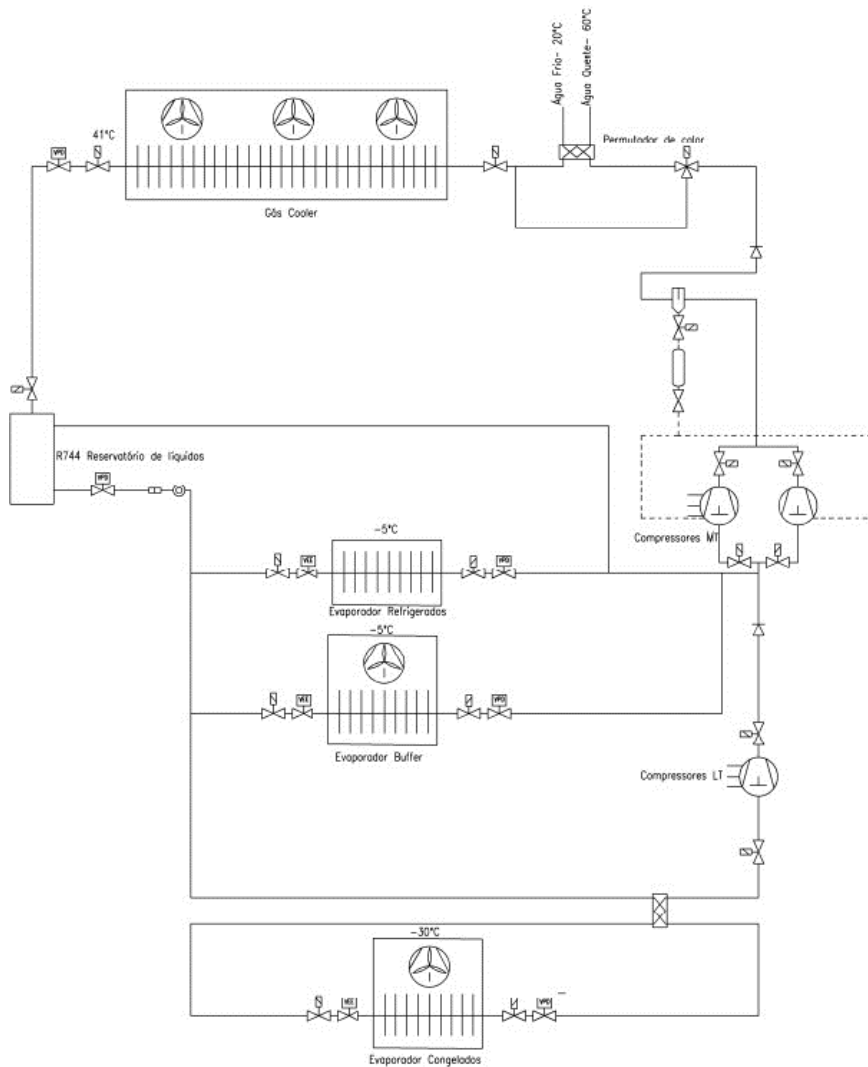


Figura 34-Esquema de princípio da instalação frigorífica

VII.5.2 Caracterização da instalação frigorífica

Após o registo das cargas térmicas, é essencial utilizar um diagrama de Mollier ou tabelas termodinâmicas para analisar as propriedades do ciclo frigorífico. Para a seleção da central frigorífica e a compreensão do comportamento do fluido de trabalho, optou-se pelo software da Bitzer, conhecido por sua precisão. Essas ferramentas auxiliam na tomada de decisões, garantindo um sistema eficiente e adequadamente dimensionado para as necessidades de refrigeração. Na figura 35 apresenta-se o diagrama de Mollier da instalação frigorífica.

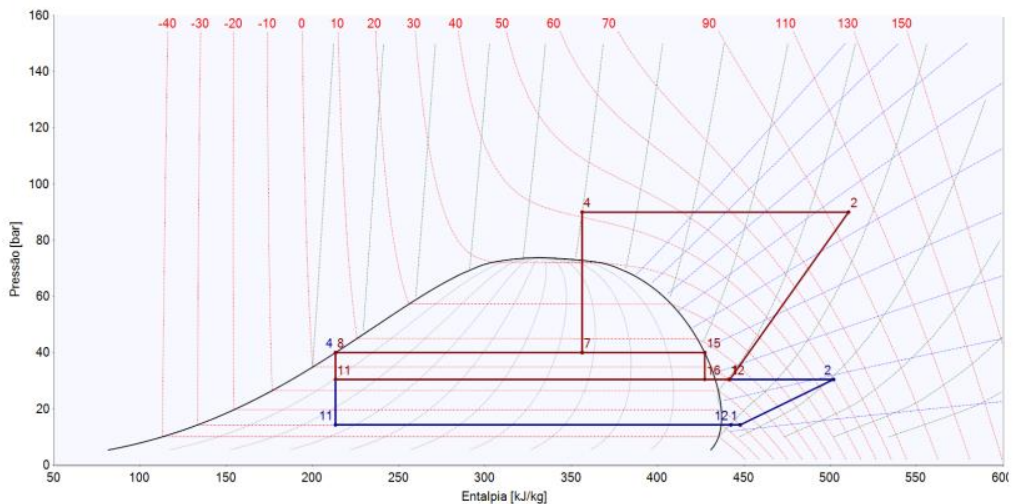


Figura 35-Diagrama de Mollier da instalação frigorífica[63]

A tabela 6 descreve-se os vários processos e etapas do ciclo frigorífico. Nela, estão detalhados os diferentes estágios pelos quais o fluido frigorigéneo passa, juntamente com as identificações numéricas correspondentes a cada transformação do fluido ao longo do ciclo de refrigeração. Essa representação visual permite uma análise clara e concisa das mudanças termodinâmicas ocorridas durante o funcionamento do sistema de refrigeração.

Tabela 6-Processos no diagrama de Mollier

Estágio	Identificação	Processo
BT-Baixo Temperatura	1-2	Compressão
BT-Baixo Temperatura	11-12	Evaporação
BT-Baixo Temperatura	12-1	Sobreaquecimento
BT-Baixo Temperatura	4-11	Expansão
MT-Média Temperatura	12-2	Compressão
MT-Média Temperatura	2-4	Arrefecimento gasoso
MT-Média Temperatura	4-7	Expansão para pressão intermédia
MT-Média Temperatura	7-8	Saída de líquido do depósito intermédio
MT-Média Temperatura	15-16	Expansão para pressão de evaporação
MT-Média Temperatura	11-16	Evaporação
MT-Média Temperatura	7-15	Saída de gás do depósito intermédio
MT-Média Temperatura	16-12	Sobreaquecimento

VII.5.3 Dimensionamento teórico

Nesta secção, discute-se o processo de cálculo dos parâmetros termodinâmicos essenciais destinados à adequação dimensional da instalação frigorífica.

Após a elaboração do diagrama de Mollier e a obtenção das condições de armazenamento, bem como da potência frigorífica requerida para todos os espaços frigoríficos disponibilizados no entreposto, foi possível calcular o caudal total que atravessa os evaporadores, através da equação 23 [58].

$$\dot{m}_i[\text{kg/s}] = \frac{\dot{Q}_{e,i}}{h_{\text{out},i} - h_{\text{in},i}} \quad (23)$$

Em que:

- \dot{m}_i --Caudal do fluido frigorigéneo da instalação frigorífica (kg/s);
- $h_{\text{out},i}$ -Entalpia de saída do fluido frigorigéneo no evaporador (kJ/kg);
- $h_{\text{in},i}$ -Entalpia de entrada do fluido frigorigéneo no evaporador (kJ/kg);
- $\dot{Q}_{e,i}$ -Potência frigorífica do evaporador (kW).

Dado que as câmaras de refrigeração e congelação se apresentam em estados térmicos distintos, os caudais finais resultam da agregação dos seus caudais individuais [58].

$$\dot{m}_i = \frac{\dot{Q}_{\text{refrigerados}}}{h_{12} - h_{11}} + \frac{\dot{Q}_{\text{congelados}}}{h_{16} - h_{11}} = 0,073 + 0,056 = 0,129 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (24)$$

Em que:

$h_{12,16}$ -Entalpia de saída do fluido frigorígeno nos evaporadores (kJ/kg);

h_{11} -Entalpia de entrada do fluido frigorígeno nos evaporadores (kJ/kg);

$\dot{Q}_{\text{congelados}}$ -Potência frigorífica da câmara de congelados (kW);

$\dot{Q}_{\text{refrigerados}}$ -Potência frigorífica das câmaras de refrigerados (kW).

Após a determinação do caudal que percorre cada estágio de compressão, procedeu-se posteriormente ao cálculo da potência teórica de compressão em cada andar de compressão[8], [58].

$$\dot{W}_{\text{congelados}} = \dot{m}_{\text{congelados}}(h_2 - h_1) = 2,8 \text{ kW} \quad (25)$$

Em que:

$\dot{m}_{\text{congelados}}$ -Caudal mássico de congelados (kg/s);

h_1 -Entalpia de entrada do fluido frigorígeno no compressor (kJ/kg);

h_2 -Entalpia de saída do fluido frigorígeno no compressor (kJ/kg).

$$\dot{W}_{\text{refrigerados}} = \dot{m}_i(h_2 - h_1) = 10,32 \text{ kW} \quad (26)$$

Em que:

$\dot{m}_{\text{refrigerados}}$ -Caudal mássico de congelados (kg/s);

h_1 -Entalpia de entrada do fluido frigorígeno no compressor (kJ/kg);

h_2 -Entalpia de saída do fluido frigorígeno no compressor (kJ/kg).

Após o cálculo do caudal teórico que percorre a instalação, torna-se viável determinar a potência do arrefecedor de gás [8], [58].

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_i(h_2 - h_4) = 23,2 \text{ kW} \quad (27)$$

Em que:

h_2 -Entalpia de entrada do fluido frigorígeno no gás cooler (kJ/kg);

h_4 -Entalpia de saída do fluido frigorígeno no gás cooler (kJ/kg).

Com base na potência teórica do compressor e na potência frigorífica obtida, foi determinado o coeficiente de performance (COP) teórico da instalação[8], [58] .

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{refrigerados}} + \dot{Q}_{\text{congelados}} + \dot{Q}_{\text{permutador calor}}}{\dot{W}_{\text{congelados}} + \dot{W}_{\text{refrigerados}}} \quad (28)$$

$$\text{COP} = \frac{12,08\text{kW} + 16,3\text{kW} + 10,32\text{kW}}{2,8\text{kWe} + 10,32\text{kWe}} = 2,95$$

Apesar do coeficiente de performance (COP) teórico da instalação frigorífica ser consideravelmente interessante, é importante notar que ele se encontra significativamente distante do valor real do COP observado na prática. Esta discrepância ocorre devido às potências do compressor que são meramente teóricas e não refletem completamente as condições reais de operação. Na prática, diversos fatores, como eficiência do compressor, perdas de calor e características específicas do ambiente, influenciam consideravelmente o desempenho real da instalação frigorífica.

VII.6 SELEÇÃO DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS FRIGORÍFICOS

VII.6.1 Evaporadores

Para a seleção dos evaporadores, foi consultado o catálogo do fabricante centauro com o objetivo de obter um equipamento com as características necessárias para a instalação. Com o intuito de demonstrar todos os passos levados em consideração para a seleção, será utilizado como exemplo a escolha do evaporador para a câmara de congelados.

Nesta perspectiva, inicialmente optou-se por um evaporador cúbico com uma potência nominal de 11,49 kW- (Figura 36).

MT - DD



Evaporadores Cúbicos Cubic Coolers Evaporadores Cúbicos
 Equipamento: Fin Spinning Separação de Aléias 4,3 - 7,0 mm
 2 Ventiloventes Fan 01 Ventiladores 300 - 300 - 400 - 400 - 500 mm

Modelo Type Modelo	Superfície Surface	Volume interno Internal Volume	Equipamento de arreforço Separation of alloys	Capacidade Q _{3m}		Capacidade Capacity (TC=2°C / DTm=6K)	Capacidade Capacity (TC=18°C / DTm=6K)	Capacidade Q ₃₁	Capacidade Q ₃₁	Capacidade Capacity (Te=4°C / DTm=10K)	Condições EN1328		
				Capacidade Q _{3m}	Capacidade Q _{3m}						Capacidade 1,35 x SC1 Capacity 1,35 x SC1 (Te=1°C / DTm=10K)	Capacidade 1,19 x SC2 Capacity 1,19 x SC2 (Te=6°C / DTm=6K)	Capacidade 1,05 x SC3 Capacity 1,05 x SC3 (Te=18°C / DTm=6K)
DD 7C1/2	7,82	3,25	7,0	2,34	1,42	2,35	2,40	1,64	1,31	1,07			
DD 7C1/3	12,81	5,20	7,0	3,67	1,96	3,69	3,76	2,15	1,72	1,41			
DD 7E1/4	11,17	3,60	7,0	3,62	2,19	3,64	3,72	2,54	2,03	1,66			
DD 7C2/5	18,77	6,92	7,0	5,17	3,13	5,19	5,31	3,62	2,89	2,36			
DD 7C2/6	25,02	8,10	7,0	6,00	3,64	6,03	6,17	4,20	3,36	2,74			
DD 7E2/7	22,34	7,20	7,0	7,11	4,31	7,15	7,31	4,98	3,98	3,25			
DD 7E2/8	29,79	9,60	7,0	8,48	5,14	8,52	8,72	5,94	4,75	3,88			
DD 7C3/9	37,53	13,26	7,0	9,30	5,63	9,34	9,55	6,51	5,20	4,25			
DD 7E3/11	33,28	10,10	7,0	10,58	6,41	10,63	10,87	7,41	5,92	4,84			
DD 7E3/12	44,56	14,40	7,0	12,42	7,52	12,48	12,77	8,70	6,95	5,68			
DD 7E4/14	44,68	14,40	7,0	14,44	8,75	14,51	14,84	10,11	8,08	6,60			
DD 7C3/13	54,21	18,10	7,0	13,84	7,90	13,16	13,40	9,13	7,30	5,96			
DD 7C3/17	50,50	17,40	7,0	16,66	10,09	16,75	17,14	11,67	9,33	7,62			
DD 7J2/19	61,96	21,84	7,0	18,96	11,49	19,06	19,50	13,28	10,62	8,67			
DD 7G3/21	79,00	28,00	7,0	21,11	12,79	21,20	21,69	14,78	11,81	9,65			
DD 7L2/25	92,93	31,82	7,0	25,22	15,28	25,33	25,91	17,66	14,11	11,53			
DD 7L2/26	90,08	31,13	7,0	26,30	15,93	26,43	27,04	18,42	14,72	12,03			
DD 7L2/29	112,45	38,91	7,0	29,23	17,71	29,37	30,05	20,47	16,36	13,36			
DD 7L4/34	123,70	41,60	7,0	33,66	20,39	33,81	34,59	23,57	18,83	15,38			
DD 7L3/35	118,01	38,94	7,0	35,14	21,29	35,31	36,12	24,61	19,67	16,07			
DD 7L3/38	134,90	45,64	7,0	37,85	22,93	38,03	38,90	26,51	21,18	17,30			
DD 7L3/42	168,68	57,05	7,0	42,41	25,69	42,81	43,59	29,70	23,73	19,39			
DD 7L4/53	179,67	60,16	7,0	53,17	32,21	53,43	54,66	37,24	29,76	24,31			

(1) Pressão sonora a 3m, em campo livre sem reflexões Sound pressure level at 3m, in free field conditions, without reflections Pressión sonora a 3m, en campo libre sin reflexión.

Figura 36- Catálogo de evaporadores cúbicos centauro[64]

Após a seleção do evaporador, procedeu-se à correção da capacidade nominal do mesmo, uma vez que a capacidade indicada pelo fabricante é referente a uma condição de funcionamento distinta das condições presentes na câmara de congelados, tais como o fluido refrigerante utilizado no ciclo - (Figura 37).

Exemplo cálculo capacidade Capacity calculation example

BXN 230/49 TC=0°C DTm=6K R134a Alhetas alumínio Aluminium fins	$Q_{0m} = Q_{3m} \times RC_m \times FC_{1MP} \times FC_2 \quad [kW]$ $Q_{0m} = 4,89 \times 0,682 \times 0,95 \times 1,00 = 3,2kW$
---	---

Figura 37- Fórmula do cálculo da correção da capacidade nominal[64]

O coeficiente RC_m é determinado em função da temperatura de refrigeração do produto e da diferença média de temperatura entre a temperatura de evaporação e a temperatura de conservação. No presente caso, esta diferença foi considerada como sendo 5K, conforme representado na Figura 38.

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

Figura 38- Fator de correção para dados em DTm [64]

No que diz respeito aos coeficientes $FC1_{MP}$ e $FC2$, estes estão relacionados, respetivamente, com o fluido frigorígeno utilizado no ciclo frigorífico e o material das alhetas do evaporador. Neste projeto em particular, todas as alhetas do evaporador foram consideradas em cobre, enquanto o fluido frigorígeno utilizado foi o CO_2 – (Figura 39). No caso do fluido frigorígeno R744, o valor do coeficiente $FC1_{MP}$ é unitário[2].

$FC1_{MP}$	R448A R449A	R134a	R407C	R407A R407F	R404A
	1,00	0,95	1,02	0,96	1,01

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

Figura 39-Fatores de correção $FC1_{MP}$ e $FC2$ [64]

Na tabela 7 apresenta-se o resumo dos modelos escolhidos assim como as capacidades corrigidas para o evaporador de cada câmara.

Tabela 7- Tabela resumo com as capacidades corrigidas dos evaporadores

Coeficientes	RCm	$FC1_{MP}$	$FC2$	Q_{Sm} [kW]	Q_{Om} [kW]	Modelo escolhido
Câmara de congelados	0,476	1,00	1,03	25,33	12,42	DD 7J3/25
Câmara de refrigerados	-	1,00	1,03	3,35	3,262	22 ECT/26
Câmara Buffer	0,893	1,00	1,03	14,81	13,62	CBN 4B4/15

VII.6.2 Compressores

No âmbito da seleção do compressor para a presente instalação, recorreu-se à utilização do software Bitzer v6.18.0 rev 281, disponibilizado pelo fabricante Bitzer. Nesse processo, uma série de parâmetros essenciais foram cuidadosamente consideradas para garantir a eficácia e o desempenho otimizado do sistema:

Primeiramente, definiu-se o tipo de sistema desejado, assim como o fluido frigorífero utilizado, estabelecendo as bases para uma escolha precisa. Em seguida, introduziram-se as temperaturas de evaporação, fundamentais para a operação eficaz do compressor. Além disso, a capacidade frigorífica tanto para componente de congelados como para a de refrigerados foi devidamente ponderada, assegurando que a instalação se ajustasse às demandas específicas.

Outro fator determinante foi a escolha do valor do sobreaquecimento desejado, elemento que influencia diretamente o desempenho do sistema de refrigeração. A decisão quanto ao número de compressores necessários foi tomada com base nas exigências da instalação, garantindo uma abordagem equilibrada e eficiente.

A consideração de um variador de frequência, assim como permutadores de calor para recuperação de água quente sanitária mostrou-se crucial para otimizar a eficiência energética, permitindo uma regulação precisa do compressor de acordo com as flutuações das condições de operação e aproveitamento de energia térmica proveniente da compressão.

Tendo em consideração uma análise detalhada de todos esses critérios, a seleção do compressor foi realizada de forma fundamentada, visando o funcionamento ideal e a confiabilidade do sistema de refrigeração.

Na figura 40, apresenta-se a central frigorífica selecionada através do software Bitzer v6.18.0 rev 281.

Resultado

Compressor	BT-estágio	2GSL-3K	
Frequência do compressor	--	65,0 Hz	
Capacidade Evaporador	12,55 kW	12,55 kW	
Fluxo de massa evaporador	197,2 kg/h	--	
Relação	--	100,0 %	
Potência absorvida	2,97 kW	2,97 kW	
Corrente	5,26 A	5,26 A	
Faixa de Tensão	--	440-480V	
Vazão em massa	197,2 kg/h	197,2 kg/h	
Superaquecimento total	9,90 K	9,90 K	
Temp. gás de Descarga não resfriado	50,0 °C	50,0 °C	

Compressor	MT-estágio	4KTE-12K	4KTE-10K
Frequência do compressor	--	58,0 Hz	--
Capacidade Evaporador	17,12 kW	8,50 kW	8,62 kW
Fluxo de massa evaporador	270 kg/h	--	--
Relação	--	49,6 %	50,4 %
capacidade do resfriador gasoso	60,4 kW	30,0 kW	30,4 kW
Fluxo de massa gas resfriado	1407 kg/h	--	--
Potência absorvida	26,9 kW	13,22 kW	13,69 kW
Corrente	39,1 A	20,1 A	19,01 A
Faixa de Tensão	--	440-480V	440-480V
Vazão em massa	1407 kg/h	699 kg/h	709 kg/h
fluxo massa flash gás	940 kg/h	--	--
Superaquecimento total	5,40 K	5,40 K	5,40 K
Temp. gás de Descarga não resfriado	99,0 °C	98,5 °C	99,5 °C
alta pressão opcional	101,0 bar(a)	--	--

Recuperador de calor	Trocador de Calor 1
Fluxo de massa	254 kg/h
ΔT Entrada fluido	61,7 K
ΔT Saída fluido	44,0 K
Ponto Pinch	44,0 K
Log. ΔT	52,3 K
CO2 saída	81,7 °C

Figura 40- Resultado da seleção da central frigorífica através do software do fabricante Bitzer[63]

VII.6.3 Arrefecedor de gás

A escolha do arrefecedor de gás foi realizada através da colaboração com o fabricante Alfa-Luve.

A determinação da potência intrínseca do arrefecedor de gás obrigou a uma abordagem sistemática e analítica. Inicialmente, procedeu-se à agregação das potências absorvidas pelos compressores de alta e baixa pressão, tendo em consideração as distintas especificações técnicas desses componentes. Numa fase subsequente, as potências frigoríficas específicas dos evaporadores destinados aos compartimentos de congelação, refrigeração e buffer foram incorporadas no cálculo.

Este método de análise permitiu a quantificação da potência requerida pelo sistema como um todo, consequentemente possibilitando a determinação da potência necessária para o arrefecedor de gás. O modelo selecionado, de acordo com as diretrizes do processo

de escolha, é o AlfaBlue Junior XG 352 SE 50 2.1 B D 6 H/V BO - CU 2.1 K65 da Alfa Luve.

É relevante destacar que todos os pormenores pertinentes ao arrefecedor escolhido, incluindo suas especificações técnicas completas e informações pertinentes, estão devidamente documentados no anexo B.1. Esse anexo serve como um recurso abrangente, proporcionando uma visão detalhada dos critérios e fundamentos subjacentes à seleção do arrefecedor de gás no contexto deste estudo.

VII.6.4 Depósito de líquido

A finalidade intrínseca do reservatório de líquido consiste na completa acomodação do volume de fluido frigorífero existente no sistema. Neste contexto, a presença do reservatório de líquido manifesta-se como de importância primordial no âmbito de uma instalação frigorífica, assumindo uma função irrevogável no âmbito deste projeto específico. Para atingir este propósito, torna-se inelutável que o reservatório de líquido disponha de uma capacidade correspondente a 110% do volume do arrefecedor de gás, assegurando, por conseguinte, a aptidão para reter a totalidade do fluido presente na instalação. Devido à falta de informações técnicas sobre o volume interno necessário para o arrefecedor de gás escolhido, optou-se por calcular um volume aproximado com base nas especificações e desenhos técnicos fornecidos pelo fabricante no projeto. Neste contexto, o volume obtido foi de 47 dm³. Tendo em consideração o mencionado e a análise das condições do fluido frigorífero no reservatório, procedeu-se à escolha do modelo RV-90-130 bar-TR/AX/MDL/D (2) /V.SG/EX, apresentando um volume de 60 dm³, fornecido pela Tecnac, o fabricante selecionado – Anexo B.2.

VII.6.5 Unidade de condensação auxiliar de CO₂

A unidade de condensação auxiliar do CO₂ tem como finalidade o arrefecimento controlado do CO₂ contido no reservatório de líquido, em caso de emergência, com o propósito de evitar a sua libertação para o meio ambiente. Neste contexto, procedeu-se ao dimensionamento de uma unidade de condensação auxiliar com o intuito de reduzir a temperatura do CO₂ de 3°C para 0°C. Na tabela 8 apresenta-se as propriedades de saturação do CO₂ necessários para o dimensionamento do evaporador da unidade de condensação auxiliar de CO₂.

Tabela 8-Propriedade de saturação do R744 [65]

Temperatura (°C)	Pressão (Bar)	Entalpia (kJ/kg)	Regime
3	37,7	857,94	Subcrítico
0	34,9	861,78	Subcrítico

$$\dot{Q}_{\text{evaporador}} = \dot{m}_i(\Delta h) = 0,129 \cdot (861,78 - 857,94) = 0,5\text{kW} \quad (29)$$

Em que:

Δh -Diferença Entálpica de R744 a 3°C e 0°C (kJ/kg)

Após a determinação da potência de evaporação, empregou-se o software Coolselector, desenvolvido pela Danfoss, para a seleção de uma unidade condensadora que atendesse às necessidades de potência de evaporação necessária. Neste contexto, optou-se pela unidade condensadora de modelo OP-MCZC030MTA02E, com o fluido frigorígeno R134a, sendo que a documentação referente a esse processo pode ser consultada no anexo B.3.

VII.6.6 Separador de óleo

Com o propósito de efetuar o dimensionamento apropriado do separador de óleo, recorreu-se ao catálogo técnico disponibilizado pela ESK Schultze, o qual se encontra disponibilizado no anexo B.4. Foi considerado o tipo de fluido frigorígeno utilizado, o caudal mássico que percorre os compressores de alta pressão, a pressão máxima de operação e as potências frigoríficas total da instalação.

Nesta abordagem, procedeu-se à seleção de um separador de óleo específico, nomeadamente o modelo BOS3-CDH-1AFO 90 bar.

VII.6.7 Reservatório de óleo

Com o objetivo de realizar o adequado dimensionamento do reservatório de óleo, recorreu-se à consulta do catálogo técnico fornecido pela ESK Schultze, o qual se encontra acessível através do anexo B.5. Foram ponderados fatores como o tipo de fluido frigorígeno empregue, a pressão máxima de operação e a capacidade máxima do reservatório.

Neste contexto, foi efetuada a escolha de um reservatório de óleo específico, nomeadamente o modelo OSA-5-CDH 130 bar.

VII.6.8 Válvulas de expansão eletrónica

O dimensionamento da válvula de expansão eletrónica foi conduzido com base nas características técnicas intrínsecas à instalação frigorífica em questão. Com tal propósito o software Coolselector, da Danfoss, foi o meio de seleção, a avaliação dos requisitos de controlo e a harmonização com o sistema de gestão conferiram a certeza da adaptação eficaz da válvula às necessidades dinâmicas da instalação.

Os modelos das válvulas de expansão eletrónica escolhidos estão discriminados na tabela 9, sendo possível obter informações mais detalhadas no anexo B.6.

Tabela 9- Modelo das válvulas de expansão eletrónica selecionadas

Evaporador	Modelo da válvula	Carga (%)
Congelados	AKV10PS6	45%
Refrigerados	AKV 10P4	51%
Buffer	AKV10PS6	72%

VII.6.9 Unidade de recuperação de calor

A integração de uma unidade de recuperação de calor na atual instalação transcítica de CO₂ é uma estratégia crucial para maximizar a eficiência energética e promover a sustentabilidade do sistema. O objetivo primordial dessa abordagem é aproveitar o calor obtido durante o processo de compressão do fluido frigorífero, direcionando-o para fins práticos, como o aquecimento de água. Isso resulta em benefícios significativos tanto em termos de eficiência como de poupança de energia.

O principal requisito para águas deste tipo é a presença de uma temperatura suficientemente alta para prevenir o desenvolvimento da legionella. Segundo as diretrizes de controlo de legionella em instalações de saúde, a temperatura ótima para o aparecimento de legionella situa-se entre os 20°C e os 45°C. No entanto, é importante destacar que a grande maioria delas é exterminada a temperaturas superiores a 54°C. Adicionalmente, quanto mais elevada for a temperatura, mais rapidamente a legionella perece. Com o intuito

de dimensionar o permutador de calor adequado, o processo iniciou-se pela avaliação da potência térmica teórica na linha de descarga de alta pressão. Na tabela 10 são apresentadas as propriedades termodinâmicas dos pontos de entrada e saída do permutador de calor para recuperação de calor.

Tabela 10 -Propriedades termodinâmicas dos pontos de entrada e saída do permutador de calor

Temperatura (°C)	Pressão (Bar)	Entalpia (kJ/kg)	Regime	Localização
60	90	530	Transcrítico	Entrada do gás cooler
115	90	450	Transcrítico	Saída do compressor

$$\dot{Q}_{\text{permutador calor}} = \dot{m}_1(\Delta h) = 0,129 \cdot (530 - 450) = 10,32 \text{ kW} \quad (30)$$

No que diz respeito ao lado onde circula água como fluido, tomou-se em consideração a temperatura de entrada da água proveniente da rede de 20°C e a temperatura de saída de 55°C.

$$\dot{Q}_{\text{permutador calor}} = \dot{m}_{\text{água}} \cdot C_p \cdot \Delta T = 10,32 \text{ kW} \quad (31)$$

Em que:

ΔT -Diferença de temperatura de entrada e saída do permutador (°C);

$\dot{m}_{\text{água}}$ -Caudal de água para a potência térmica disponível (kg/s).

Para captação da potência térmica teórica disponível, com base nas temperaturas de entrada e saída consideradas, é necessário um caudal de 0,071 kg/s de água, correspondendo a aproximadamente 0,072 L/s de água. Dado o exposto, efetuou-se a seleção de um permutador de calor da marca Alfa Laval, modelo AXP14. Esta seleção foi realizada com estrita observância dos seguintes parâmetros: pressão máxima admissível, natureza dos fluidos em circulação, caudal máximo e potência, com base nas informações fornecidas pelo fabricante Alfa Laval. Todas as especificações pormenorizadas referentes a este permutador de calor estão disponíveis para consulta no anexo B.7.

VII.6.10 Válvula de alívio de pressão e detetores de CO₂

Uma instalação de R744, assim como qualquer sistema a operar sob pressão, requer a inclusão de válvulas de alívio de pressão com o objetivo de proteger tanto os equipamentos envolvidos quanto as pessoas que operam ou estão nas proximidades. Além disso, é importante abordar a questão da segurança nas instalações transcíticas de R744.

O R744 é um fluido inodoro e incolor, tornando sua detecção pela sensibilidade humana uma tarefa difícil. Portanto, o método mais eficaz de detecção envolve a instalação de sensores específicos para esse propósito. Esses sensores devem ser posicionados em níveis mais baixos, uma vez que é nessa área que se espera uma concentração mais elevada de CO₂, devido à sua densidade superior ao ar. A segurança em instalações transcíticas de R744 é de extrema importância, e a detecção precoce de fugas de R744 é fundamental para evitar possíveis riscos para a saúde e ao ambiente a volta. Portanto, além das válvulas de alívio de pressão, a instalação de sensores de detecção de R744 desempenha um papel crucial na proteção e segurança dessas instalações. Nesse contexto, optou-se pela escolha do detetor de R744 modelo DGS-IR-CO₂, fabricado pela empresa Danfoss. Será instalado um detetor em cada espaço frigorífico, bem como dentro da sala de máquinas. Essa disposição estratégica visa ampliar as possibilidades de detecção de fugas de R744, contribuindo para a minimização do potencial risco associado à exposição excessiva de colaboradores ao R744, garantindo, assim, um ambiente de trabalho mais seguro. Conforme estipulado na norma NP EN 378-2, para a salvaguarda contra sobrecargas de pressão em instalações, a seleção de válvulas de segurança e pressóstatos deve ser efetuada com base na pressão máxima de operação associada a uma determinada secção da instalação. As válvulas de segurança com dispositivo de descarga devem ser ajustadas de forma a abrir a uma pressão máxima de 1,1 vezes superior à pressão máxima existente na secção onde a válvula está instalada. Neste contexto, foi decidido selecionar a válvula de segurança junto ao fabricante Danfoss, com o modelo SFA 10H DSV 10, para a secção do reservatório de líquidos, localizando o mesmo na parte superior do mesmo.

As especificações dos modelos selecionados para os detetores e as válvulas de alívio de pressão estão disponíveis para consulta no anexo B.8. Na figura 41 encontram-se indicadas as localizações dos detetores de R744 da instalação.

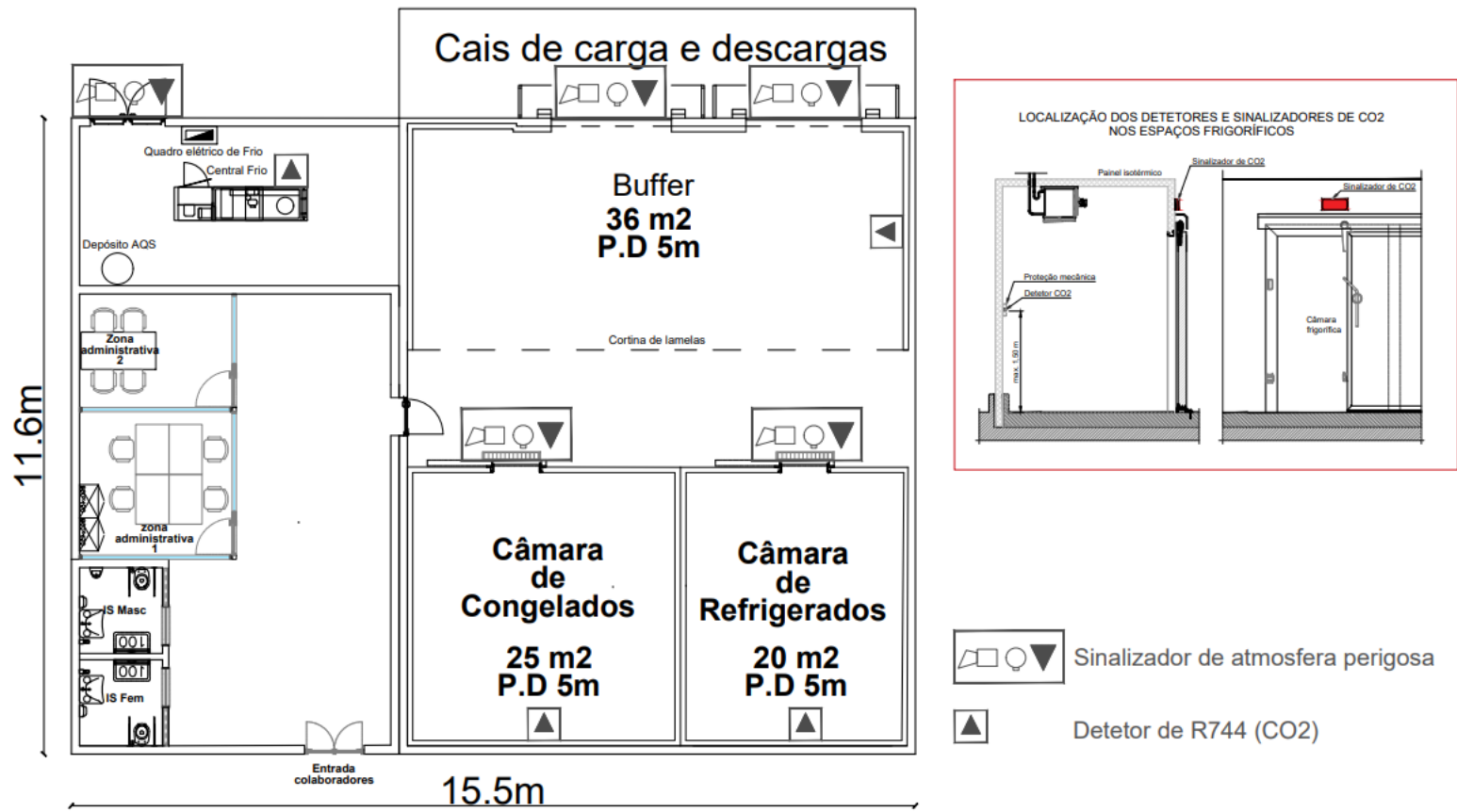


Figura 41-Localização dos detetores de R744 e sinalizadores de atmosfera perigosa

VII.6.11 Válvula solenoide de seccionamento

Com o propósito de subdividir os elementos primordiais do presente sistema, foi selecionado um conjunto de válvulas solenoides com o objetivo de simplificar os procedimentos de manutenção ou substituição desses componentes, promovendo uma maior eficiência operacional e minimizando o tempo de inatividade do sistema em eventuais intervenções. Este conjunto de válvulas solenoides permite um controlo mais preciso e flexível sobre os diversos segmentos do sistema de refrigeração, possibilitando a interrupção seletiva de caudais de fluido frigoríficos em pontos específicos, tornando as operações de manutenção mais eficazes e menos disruptivas para o funcionamento global da instalação.

As especificações dos modelos selecionados para as válvulas solenoide de seccionamento estão disponíveis para consulta no anexo B.9. Na tabela 11 apresenta-se as válvulas solenoide selecionadas assim como os seus regimes de funcionamento.

Tabela 11-Válvulas solenoides selecionadas junto do fabricante Danfoss

Localização	Modelo Selecionado	Regime
Linha de líquidos Baixa Pressão	EVUL 5	Subcrítico
Linha de aspiração Baixa Pressão	EVRS10	Subcrítico
Linha de descarga Baixa Pressão	EVU3	Subcrítico
Linha de líquidos Alta Pressão	EVT3	Transcrítico
Linha de aspiração Alta Pressão	EVU8	Transcrítico
Linha de descarga Alta Pressão	ICMTS 80-A	Transcrítico
Saída do arrefecedor de gás	ICMTS 20-C	Transcrítico

VII.6.12 Válvula de retenção

As válvulas de retenção desempenham um papel crítico no sistema de refrigeração, pois previnem o refluxo do fluido frigoríficos, garantindo um caudal unidirecional. Essa função é de máxima importância para a manutenção da eficiência e da integridade operacional do nosso sistema de compressão. Com o intuito de garantir o correto funcionamento do sistema, procedeu-se à seleção das válvulas de retenção mais adequadas para os compressores de baixa e alta pressão. Nesta perspectiva, selecionou-se os modelos

NRVT10sH e NRVT16sH de válvulas de retenção, destinadas, respetivamente, aos compressores de baixa e alta pressão, junto do fabricante Danfoss.

As especificações dos modelos selecionados para as válvulas de retenção estão disponíveis para consulta no anexo B.10.

VII.6.13 Válvula transcrítica de regulação de pressão

As válvulas transcríticas de regulação de pressão estão estrategicamente posicionadas na saída do arrefecedor de gás, onde desempenham um papel crucial no controle da pressão do fluido frigorífero. A sua função principal reside em ajustar a pressão do fluido, reduzindo-a até que corresponda à pressão do reservatório de líquido.

Esta ação é essencial para manter o sistema de refrigeração funcionando de forma eficiente e segura. Neste contexto, com base nas considerações previamente delineadas e nas condições termodinâmicas do fluido na saída do arrefecedor de gás, foi deliberada a escolha do modelo CCMT 8 da válvula de regulação de pressão transcrítica, fornecido pelo fabricante Danfoss.

As especificações do modelo selecionado da válvula transcrítica de regulação de pressão estão disponíveis para consulta no anexo B.11.

VII.6.14 Controlador da central frigorífica

Para o presente projeto, optou-se pela utilização do controlador AK-PC 782B, produzido pelo fabricante Danfoss, como o dispositivo central de controle e monitorização da central frigorífica em questão. Este controlador representa um componente crítico para a gestão eficiente do sistema de refrigeração, permitindo um controle preciso e um acompanhamento detalhado das operações.

Este dispositivo desempenha um papel fundamental na manutenção das temperaturas e pressões do sistema dentro dos parâmetros ideais, garantindo um funcionamento eficaz e económico.

Além disso, o controlador está equipado com recursos de diagnóstico que facilitam a identificação e resolução de possíveis problemas operacionais. A sua capacidade de comunicação também possibilita a integração em sistemas de gerenciamento centralizado, permitindo um controle remoto conveniente e uma supervisão contínua. As informações pormenorizadas relativas ao controlador estão disponíveis no anexo B.12.

VII.6.15 Dimensionamento de tubagens

No contexto do dimensionamento das tubagens em sistemas de refrigeração, um procedimento fundamental consiste na determinação do diâmetro apropriado para as tubagens em cada troço do sistema. Esse procedimento é calculado mediante a utilização de informações relativas aos caudais mássicos do fluido, velocidade recomendada e perda de carga admissível.

Neste contexto, o dimensionamento das diversas secções de tubagem foi realizado através do software Coolselector, utilizando a relação entre a velocidade recomendada, o caudal mássico e o comprimento da tubagem. A tubagem selecionada para este projeto foi do tipo K65, fabricada em cobre, caracterizada pela sua construção sem costura e com capacidade de suportar pressões de trabalho de até 130 bar.

No processo de dimensionamento das tubagens, também foram consideradas as perdas de carga admissíveis, limitando-as a um valor máximo compatível com as perdas requeridas para elevar a temperatura em 2°C. Este critério foi fundamental para assegurar o desempenho adequado do sistema e garantir que as condições operacionais fossem mantidas dentro dos parâmetros necessários para a eficácia do projeto. As especificações técnicas das tubagens escolhidas estão disponíveis no anexo B.13.

O esquema das tubagens da instalação frigorífica está representado na Figura 42, permitindo uma visualização clara da disposição e localização das tubagens dentro do entreposto frigorífico. Esta representação é essencial para compreender a distribuição do sistema de refrigeração, destacando a trajetória das tubagens e a interligação entre os diferentes componentes da instalação. Tal visualização detalhada é fundamental para garantir um planeamento eficiente e uma execução precisa da infraestrutura, assegurando o adequado funcionamento do sistema frigorífico.

Na Tabela 12 estão listadas as tubagens selecionadas de acordo com ANSI K65 e na figura 42 apresenta-se o esquema das tubagens da instalação frigorífica.

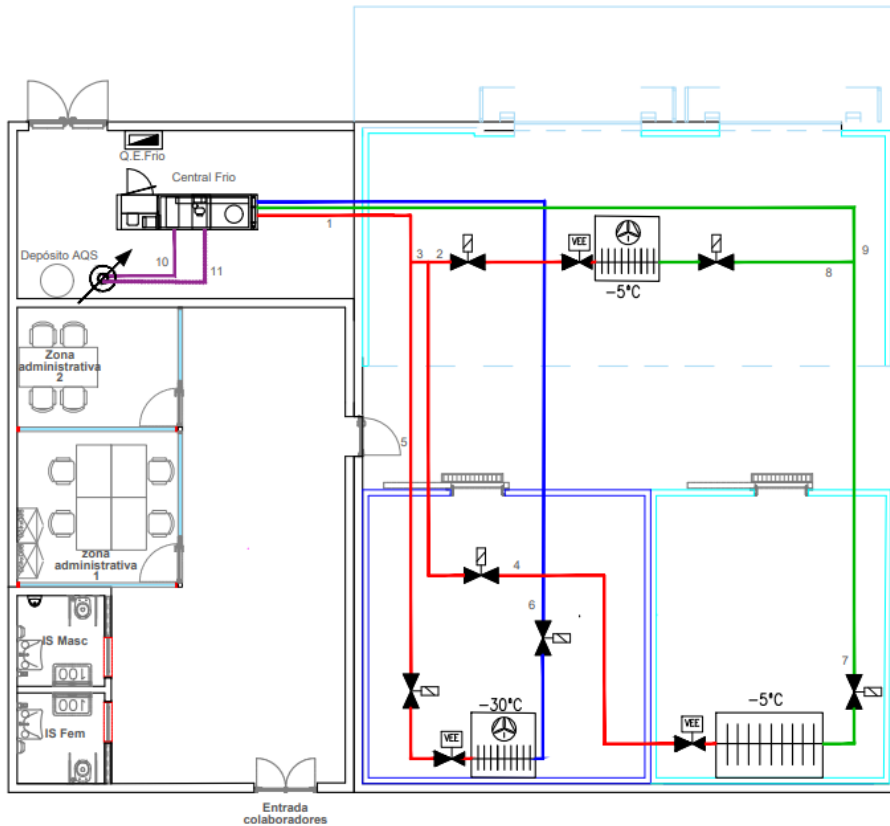


Figura 42- Esquema das tubagens da instalação frigorífica

Tabela 12- Lista das tubagens selecionadas em conformidade com ANSI K65

Tubagem	Comprimento (m)	Diâmetro (in)	Identificação da linha
1	5	3/8	Linha de líquido
2	3,4	3/8	Linha de líquido
3	0,5	5/8	Linha de líquido
4	8,30	3/8	Linha de líquido
5	4,5	3/8	Linha de líquido
6	15,5	1/2	Linha de aspiração LT
7	8,6	3/8	Linha de aspiração MT
8	3,4	1/2	Linha de aspiração MT
9	11,5	3/8	Linha de aspiração MT
10	5	3/4	Linha de alta pressão
11	5	3/4	Linha de alta pressão

VII.6.16 Quadro elétrico

Para o dimensionamento do quadro elétrico do entreposto frigorífico, procedeu-se ao cálculo das correntes e potências elétricas deste, o que é crucial para assegurar a segurança e eficiência da instalação elétrica, bem como para prevenir sobrecargas. Neste processo, diversos fatores foram considerados, tais como a carga elétrica, o tipo de equipamento, a tensão da rede, o coeficiente de simultaneidade e a possibilidade de expansão futura da instalação. Adicionalmente, efetuaram-se os cálculos das potências ativa, reativa e aparente, desempenhando um papel fundamental na seleção e dimensionamento do sistema de energia eólica, solar e de correntes marítimas. A tabela 13 descreve o cálculo das correntes do quadro elétrico do entreposto frigorífico.

Tabela 13-Cálculo das correntes do quadro elétrico do entreposto frigorífico

No.	Circuit	U (v)	cos ϕ	Instantaneous Current (A)	Service Current (A)	Three-Phase Current Balance		
						R	S	T
1,00	Evaporators	400,00	0,90	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80
2,00	Gas Cooler	400,00	0,90	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21
3,00	Low-Pressure Copressor with accessories	400,00	0,85	9,54	9,54	9,54	9,54	9,54
4,00	Higt-Pressure Copressor with accessories	400,00	0,85	56,32	56,32	56,32	56,32	56,32
5,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30	0,30		
6,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30	0,30		
7,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30	0,30		
8,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30	0,30		
9,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30			0,30
10,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30			0,30
11,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30			0,30
12,00	Lighting	230,00	0,85	0,30	0,30			0,30
9,00	Monophasic Sockets	230,00	0,80	128,00	13,60	13,60		
10,00	Monophasic Sockets	230,00	0,80	128,00	13,60			13,60
11,00	Monophasic Sockets	230,00	0,80	32,00	8,80		8,80	
11,00	Monophasic Sockets	230,00	0,80	32,00	8,80		8,80	
	Electric cold panel				171,07	116,67	119,47	116,67

Após equilibrar as correntes do quadro elétrico trifásico, aplicaram-se os coeficientes de simultaneidade e expansão do quadro elétrico de frio. A corrente de utilização do painel foi calculada multiplicando a corrente mais elevada entre as três fases pelos coeficientes mencionados. Com o objetivo de compreender as exigências do quadro elétrico do entreposto, efetuou-se o cálculo das potências ativa, aparente e reativa de cada circuito, com o intuito de determinar a potência total do quadro elétrico do entreposto e o fator de potência necessário para o quadro elétrico. A tabela 14 descreve o cálculo de potência do quadro elétrico do entreposto frigorífico.

Tabela 14-Cálculo da potência do quadro elétrico do entreposto frigorífico

No.	Simultaneity Coefficient	Amplification Coefficient	Utilization Current (A)	Active Power (W)	Apparent Power (VA)	Reactive Power (Var)	Power Factor (cos ϕ)
1,00				21075,6	23417,3	10207,4	
2,00				1380,0	1533,3	668,4	
3,00				5618,1	6609,5	3481,8	
4,00				33166,7	39019,6	20554,9	
5,00				58,7	69,0	36,3	
6,00				58,7	69,0	36,3	
7,00				58,7	69,0	36,3	
8,00				58,7	69,0	36,3	
9,00				58,7	69,0	36,3	
10,00				58,7	69,0	36,3	
11,00				58,7	69,0	36,3	
12,00				58,7	69,0	36,3	
9,00				2502,4	3128,0	1876,8	
10,00				2502,4	3128,0	1876,8	
11,00				1619,2	2024,0	1214,4	
11,00	1619,2	2024,0	1214,4				
Electric cold panel	1,00	1,20	169,8	69952,8	81435,8	41385,6	0,86

Os valores obtidos para o quadro elétrico do entreposto frigorífico apresentam um fator de potência de 0,86, próximo do ideal, indicando uma eficiência considerável no uso de energia elétrica. No entanto, a corrente de 169,8 A está em um nível elevado e requer atenção para assegurar que a infraestrutura elétrica seja capaz de suportar essa carga sem sobrecarga. A potência ativa de 70 kW indica um consumo alto de energia elétrica, ainda dentro das expectativas para esse contexto. Quanto à potência reativa de 41,385 Var, encontra-se em níveis moderados, podendo ser ajustada para otimizar o fator de potência. Em resumo, os valores se mantêm dentro dos parâmetros aceitáveis, mas a alta corrente demanda monitorização constante para evitar possíveis problemas no sistema elétrico.

VII.7 COEFICIENTE DE DESEMPENHO REAL DA INSTALAÇÃO FRIGORÍFICA

Após obter os valores reais das potências dos equipamentos selecionados junto dos fabricantes, é possível determinar o COP real da instalação frigorífica referente ao caso de estudo. Esta análise das especificações reais dos componentes garante uma avaliação do desempenho do sistema. Essa abordagem é essencial para uma avaliação da eficiência energética e do rendimento global da instalação, proporcionando dados fundamentais para a otimização contínua do sistema de refrigeração. Na tabela 15 é disponibilizada a potência elétrica dos compressores da central frigorífica.

Tabela 15- Potência real dos equipamentos frigoríficos selecionados

Equipamento	Potência (kW)
Compressor LT	2,97
Compressor MT	26,9
Arrefecedor de Gás	60,4

$$\text{COP}_{\text{real}} = \frac{\dot{Q}_{\text{refrigerados}} + \dot{Q}_{\text{congelados}} + \dot{Q}_{\text{permutador calor}}}{\dot{W}_{\text{congelados real}}(\text{kWe}) + \dot{W}_{\text{refrigerados real}}(\text{kWe})} \quad (32)$$

$$\text{COP}_{\text{real}} = \frac{12,08\text{kW} + 16,3\text{kW} + 10,32\text{kW}}{2,97\text{kWe} + 26,9\text{kWe}} = \frac{38,698\text{kW}}{29,87\text{kWe}}$$

$$\text{COP} = 1,3$$

O coeficiente de performance de 1,3 numa instalação frigorífica do tipo booster transcrito CO₂ reflete uma eficiência energética considerada adequada para este sistema. Normalmente, nos sistemas booster transcritos CO₂, é comum encontrar COPs inferiores aos sistemas convencionais, devido às particularidades do ciclo transcrito e às propriedades do CO₂ como fluido frigorígeno. Contudo, um COP de 1,3 ainda demonstra uma eficiência satisfatória para esta configuração.

VII.8 SELEÇÃO DA TURBINA PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA DE CORRENTES MARÍTIMAS

Com o objetivo de proceder com a seleção da turbina de correntes marítimas, foi realizado inicialmente um levantamento das velocidades das correntes marítimas nas proximidades da baía do Tarrafal de Santiago [59].

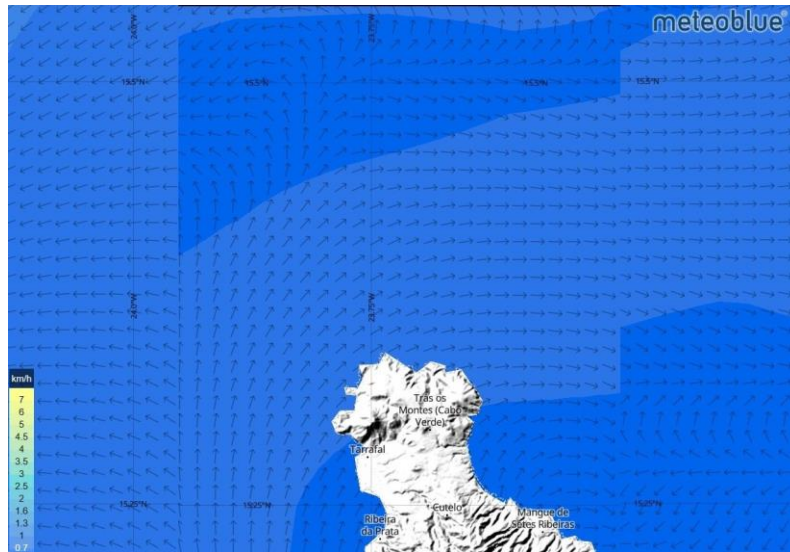


Figura 43- Velocidade das correntes marítimas na baía do Tarrafal de Santiago[59].

Foi estimada uma velocidade média das correntes marítimas de aproximadamente 6 km/h, obtida através da observação de dados fornecidos pela meteoblue - (Figura 43). Esta informação é essencial, proporcionando uma base sólida para o cálculo da produção de energia esperada a partir das correntes marítimas na localização específica do entreposto frigorífico.

Assumiu-se que a turbina estará posicionada a uma profundidade de 30 metros abaixo da superfície do mar. Para determinar a velocidade a essa profundidade, utilizou-se a equação 33 que descreve a variação da velocidade das correntes com a profundidade [51].

$$V(z) = V(z_r) \left(\frac{z}{z_r} \right)^{\frac{1}{10}} = V(30) = 1,67 \cdot \left(\frac{30}{1} \right)^{\frac{1}{10}} = 2,34 \text{ m/s} \quad (33)$$

Em que:

$V(z)$ - Velocidade horizontal a uma dada profundidade (m/s);

$V(z_r)$ - velocidade de referência a uma profundidade referência z_r (m/s);

Z- - Profundidade de instalação medida em relação ao fundo do mar (m);

Zr- Profundidade de referência (m).

Após obter a velocidade das correntes marítimas na profundidade em que a turbina será instalada, procedeu-se à seleção da turbina em consulta com o fabricante Guinnard Energie. Neste sentido, optou-se por um sistema integrado que inclui a turbina POSEIDE 154, com uma potência nominal de aproximadamente 10 kW, adequada às condições do projeto – (Figura 44). As especificações detalhadas da turbina e do sistema estão disponíveis para consulta no anexo C.

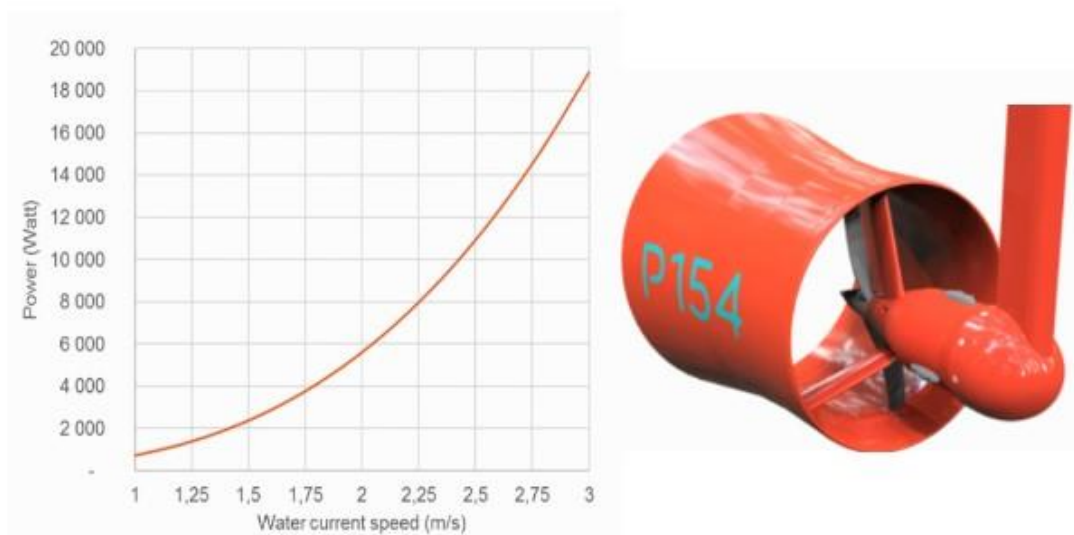


Figura 44-Turbina P154 da Guinnard Energie[66]

VII.9 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

VII.9.1 Painéis fotovoltaicos

Para o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos considerou-se a área disponível na cobertura do entreposto frigorífico reservada para sua instalação.

A área total disponível é de aproximadamente 180 m², considerando as dimensões físicas do painel selecionado (modelo RT8I-M560 do fabricante Restarsolar), que possui dimensões de 2,272 m x 1,134 m. Além disso, foi necessário considerar o espaçamento entre os painéis, fixado em 60 mm, devido ao sombreamento, o que resultou na determinação da necessidade de um total de 51 painéis para atender às especificações do projeto, conforme representado na figura 45. Para calcular a potência total gerada pelos painéis, estimou-se a irradiação solar no ângulo ótimo de 12°, durante o mês de dezembro, para a cidade do Tarrafal de Santiago, com base em dados fornecidos pela Comissão Europeia (anexo D.1). Posteriormente, aplicando as equações 5 e 6, determinou-se a potência elétrica total produzida pelos painéis fotovoltaicos. Na tabela 16, apresenta-se os parâmetros necessários para o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos.

Tabela 16-Parâmetros da instalação solar fotovoltaica

Parâmetros	
Potência individual do painel l	0,56 (kW)
Quantidade de Painéis	51 unidades
Temperatura nominal de operação do painel	45°C
Irradiação mensal (kWh/m ²)	159730
Irradiação diário (kWh/m ²)	5152,58
Horas de Sol por dia (PHS)	5,2 horas por dia
Eficiência do Sistema	84%
Potência Total Diária Pico	123,5 (kWh)
Potência instantânea Pico	5,14 kW

Na figura 45 apresenta-se a localização dos painéis fotovoltaicos na cobertura do entreposto frigorífico.

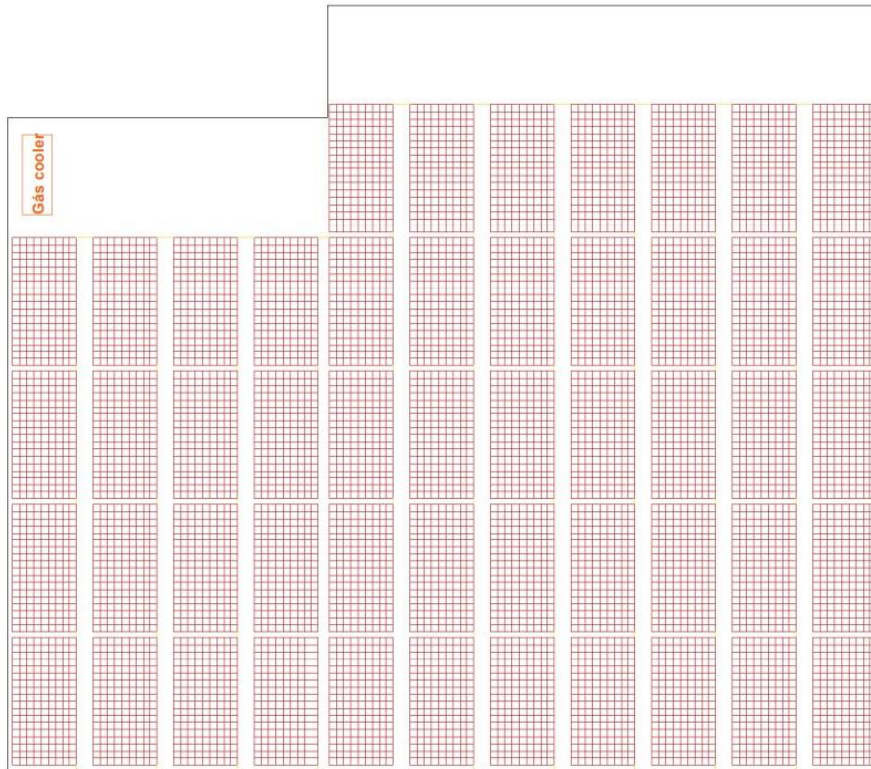


Figura 45-Representação dos painéis fotovoltaicos na cobertura do entreposto frigorífico

VII.9.2 Controlador de carga

O regulador de carga deve ser capaz de gerir tanto a corrente máxima proveniente dos painéis fotovoltaicos como a corrente da bateria. No presente caso, a corrente máxima obtida nos painéis fotovoltaicos é de 145,31 A, enquanto a corrente da bateria é de 107,08 A, mantendo-se a tensão em 48 V.

Assim, torna-se necessário seleccionar um regulador de carga com uma corrente nominal igual ou superior a 145,31 A, para lidar com a corrente proveniente dos painéis, bem como uma tensão máxima de, no mínimo, 212 V para ser compatível com a tensão máxima dos painéis fotovoltaicos. Na tabela 17, apresentam-se os parâmetros considerados na seleção do controlador de carga para o sistema solar fotovoltaico.

Tabela 17-Parâmetros considerados para seleção do controlador de cargas para baterias do sistema solar fotovoltaicos

Parâmetros	Valor
Corrente máxima dos Painéis	145 A
Tensão máxima dos Painéis	212 V
Corrente da bateria (48 V)	107 A
Potência instantânea Pico	5,14 kW

Para a determinação dos parâmetros essenciais para o controlador de carga, procedeu-se à sua seleção junto do fabricante Victron Energy. Nesse contexto, optou-se pelo controlador de carga SmartSolar MPPT RS 450|200 - Isolated, cujos parâmetros são apresentados detalhadamente no anexo D.3.

VII.9.3 Bateria

O dimensionamento das baterias num sistema fotovoltaico off-grid é uma etapa essencial para garantir que o sistema seja capaz de fornecer energia suficiente para atender às necessidades do utilizador, especialmente durante os períodos em que não há luz solar disponível. Nesse contexto, foram estabelecidos critérios essenciais para a seleção das baterias, incluindo uma autonomia de 48 horas e uma profundidade de descarga de 50%.

Na tabela 18, apresenta-se os parâmetros considerados na seleção de baterias para o sistema solar fotovoltaico.

Tabela 18-Parâmetros considerados na seleção de baterias do sistema solar fotovoltaicos

Parâmetros	Valor
Corrente máxima dos Painéis	145 A
Tensão máxima dos Painéis	212 V
Corrente da bateria (48 V)	107 A
Potência instantânea Pico	5,14 kW
Capacidade da bateria	5140 Ah

Para cumprir esses requisitos, foram selecionadas 9 baterias do modelo 6 OPzV solarpower 520, fabricadas pelo fabricante Hoppecke. Onde cada uma dessas baterias

possui uma tensão unitária de 48V e uma capacidade notável de 574 Ah. Essas baterias são especialmente projetadas para aplicações solares off-grid, destacando-se pela sua alta confiabilidade e longa vida útil. Para manter a tensão total do sistema em 48V e aumentar a capacidade de armazenamento em 5166 Ah, as 9 baterias serão associadas em paralelo.

Dessa forma, a seleção das 9 baterias 6 OPzV solarpower 520 da Hoppecke, com tensão unitária de 48V e capacidade unitária de 574 Ah, associadas em paralelo, proporcionará a autonomia desejada de 48 horas para o sistema fotovoltaico off-grid. As características da bateria selecionado são apresentados detalhadamente no anexo D.4.

VII.9.4 Inversor

A seleção do inversor em um projeto de sistema solar fotovoltaico é um processo crítico para garantir o desempenho adequado e a eficiência energética. Nesse contexto, foram considerados fatores com a potência de saída necessária, a tensão de entrada (DC) e saída (AC). Na tabela 19 encontra-se todos os parâmetros considerados na seleção do inversor.

Tabela 19- Parâmetros considerados na seleção do inversor do sistema solar fotovoltaicos

Parâmetros	Valor
Tensão de entrada (DC)	48V
Tensão de saída (AC)	400V
Potência instantânea Pico	5,14 kW
Configuração de fases	3

Tendo em consideração os parâmetros mencionados previamente, procedeu-se à seleção do inversor SE10K-RWB48 junto do fabricante SolarEdge. Este inversor foi escolhido com base nas especificações técnicas e necessidades específicas do projeto em questão.

O inversor SE10K-RWB48, fabricado pela SolarEdge, atende aos requisitos estabelecidos, nomeadamente a potência de saída desejada de 5,140 kW, a tensão de entrada de 48V e a tensão de saída de 400V. Este equipamento é adequado para sistemas trifásicos e oferece funcionalidades avançadas, como a capacidade de monitorização e otimização de

energia, garantindo o desempenho eficiente do sistema solar fotovoltaico. A característica do inversor selecionado é apresentada de forma detalhada no anexo D.5.

VII.10 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA EÓLICO

A seleção da turbina eólica requer um profundo conhecimento do clima no qual o projeto está inserido. A análise e estudo das condições climáticas representam um elemento fundamental no processo de dimensionamento e seleção do sistema eólico. Em termos gerais, o primeiro passo no dimensionamento de sistemas eólicos envolve a análise das condições climáticas no local por um período mínimo de um ano, com o objetivo de avaliar o potencial eólico disponível. No contexto do presente projeto, optou-se por utilizar os dados climáticos fornecidos pela meteoblue para a cidade do Tarrafal, referentes aos últimos 30 anos.

VII.10.1 Turbina eólica

Para a escolha da turbina eólica considerou-se a análise das condições de vento no local do projeto, conforme representado na figura 46. Foram avaliadas a velocidade do vento e sua direção a uma altura de aproximadamente 64 metros acima do solo. Os resultados revelaram uma velocidade de projeto de aproximadamente 26 km/h [59].

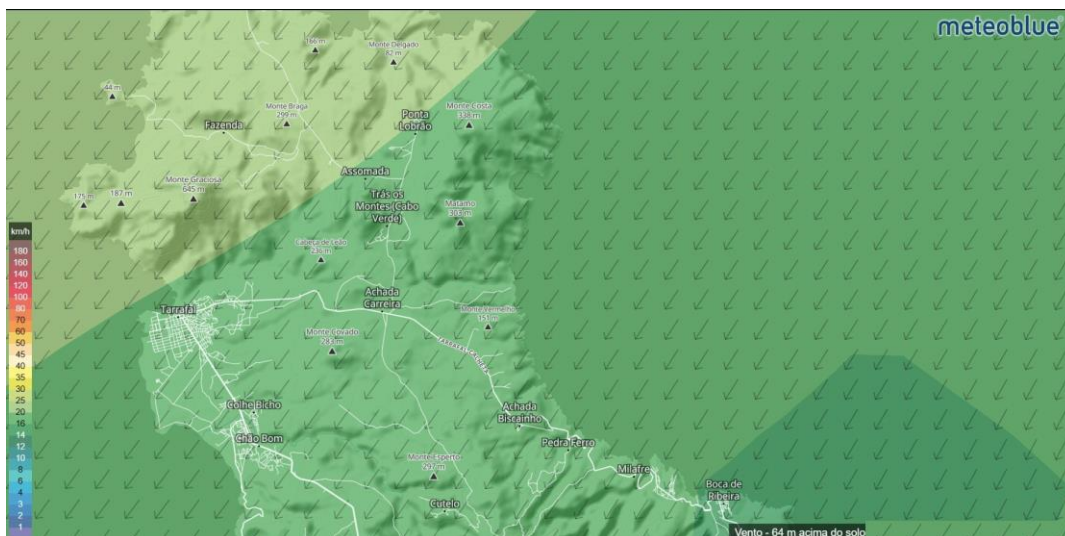


Figura 46-Velocidade e direção do vento observado[59]

Após a avaliação da potência necessária para suprir as exigências da instalação frigorífica, optou-se pela seleção de duas turbinas eólicas modelo E-3120 de 50 kW, fabricada pela Endurance Power. Cada turbina possui uma potência nominal de 50 kW,

contudo, a potência adequada às condições específicas do projeto será de 27,5 kW. As especificações detalhadas da turbina eólica são apresentadas no anexo E.

Na figura 47, apresenta-se a curva de potência da turbina eólica selecionada.

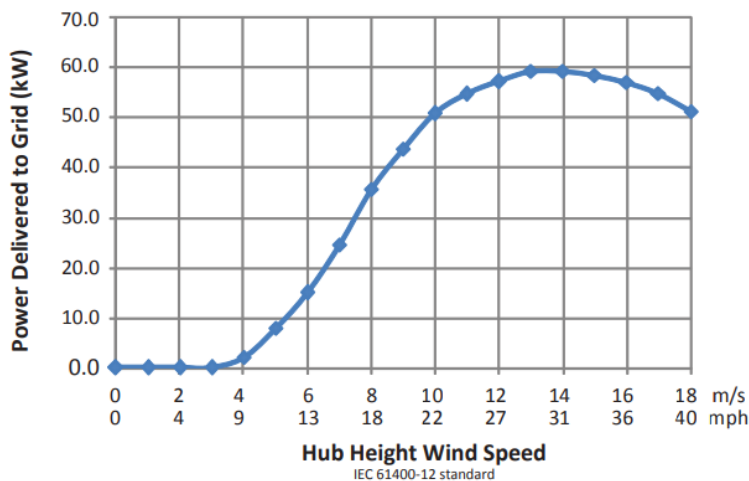


Figura 47-Gráfico de potência da turbina eólica em função da velocidade do vento[67]

Face à natureza da corrente fornecida pela turbina selecionada, (corrente alternada e não corrente contínua), optou-se por escolher 10 retificadores de corrente trifásicos com uma capacidade de 6 kW cada, modelo DPR6000B-48, fornecidos pelo fabricante Eltek. Estes retificadores desempenharão a função de converter a corrente alternada obtida a partir das turbinas em corrente contínua, com o propósito de recarregar a bateria do sistema. Os retificadores de corrente serão instalados em paralelo com o objetivo de atingir uma potência total de 60 kW.

VII.10.2 Controlador de carga

No que diz respeito ao controlador de carga para o circuito eólico, foi decidido utilizar o mesmo controlador que foi selecionado no sistema solar para carregar as baterias. Esta escolha proporciona uniformidade no sistema de controle de carga, simplificando assim a gestão do sistema como um todo. Serão utilizados 10 controladores, SmartSolar MPPT RS 450|200 - Isolated, os quais estarão ligados em paralelo entre si, para garantir a distribuição equitativa da carga. Além disso, eles serão ligados em série com os retificadores, resultando assim na obtenção da potência total necessária para o sistema.

Esta configuração em paralelo assegura que a carga seja distribuída de forma eficaz e que a potência requerida seja atingida pela soma dos controladores e que as baterias sejam

carregadas de acordo com os padrões estabelecidos. Dessa forma, a operação do sistema eólico será otimizada, mantendo a integridade das baterias e garantindo um fornecimento de energia confiável para as aplicações específicas do projeto.

Esta configuração em paralelo é fundamental para garantir a distribuição eficaz da carga e atingir a potência requerida por meio da soma dos controladores. Além disso, assegura que as baterias sejam carregadas de acordo com os padrões preestabelecidos.

VII.10.3 Bateria

No âmbito do sistema de armazenamento de energia, foi aplicada a mesma metodologia de cálculo utilizada no sistema solar, culminando na decisão de adotar as mesmas baterias empregues no sistema solar fotovoltaico. Esta escolha visa a padronização em toda a instalação, simplificando, assim, a gestão global do sistema.

Para cada controlador de carga, serão empregues 10 baterias, modelo 6 OPzV solarpower 520, fabricadas pelo fabricante Hoppecke, as quais serão interligadas em paralelo entre si, com o propósito de garantir uma distribuição equitativa da carga. Essa configuração é essencial para manter um caudal de energia uniforme e otimizado no sistema de armazenamento de energia.

VII.10.4 Inversor

No âmbito da seleção do inversor, foi aplicada a mesma metodologia de cálculo utilizada no sistema solar fotovoltaico, resultando na decisão de adotar o mesmo inversor empregue no sistema solar. Essa escolha visa padronizar toda a instalação, simplificando, assim, a gestão abrangente do sistema.

Para cada conjunto de 10 baterias empregues e controlador de carga, será disponibilizado um inversor SE10K-RWB48, fabricado pela SolarEdge. Esses inversores serão ligados em paralelo entre si, com o objetivo de garantir uma distribuição equitativa da carga.

VII.11 GERADOR DE APOIO

No contexto do presente projeto, procedeu-se à seleção de um gerador de apoio elétrico trifásico de 36 kW, que opera com motor a diesel, especificamente o modelo GE-45 YSX/EAS, fornecido pela empresa Mosa – (Figura 48). Esta escolha visa fornecer suporte ao sistema de abastecimento de energia elétrica do entreposto frigorífico em situações de ausência de radiação solar, com velocidades de vento mínimas de 18 km/h e correntes marítimas igualmente mínimas.

O gerador elétrico trifásico foi selecionado com base em critérios específicos de capacidade de carga e confiabilidade, garantindo que seja capaz de suprir as demandas energéticas necessárias durante as situações mencionadas. O uso de um motor a diesel proporciona autonomia e flexibilidade operacional, permitindo que o gerador opere de forma independente das condições climáticas adversas que possam afetar outras fontes de energia, como a energia solar, energia de correntes marítimas ou eólica.

Esta escolha estratégica visa assegurar a continuidade das operações do entreposto frigorífico, mesmo em circunstâncias em que outras fontes de energia alternativas não estejam disponíveis ou sejam insuficientes para atender à demanda. As características técnicas do gerador de apoio são apresentadas no anexo F.



Figura 48-Gerador de apoio Mosa GE-45 YSX/EAS [68]

VII.12 CARATERIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO INTEGRADA DE ENERGIA EÓLICA, SOLAR FOTOVOLTAICA, CORRENTES MARÍTIMAS E GERADOR DE APOIO

VII.12.1 Esquema de princípio da instalação

Na figura 49, apresenta-se o esquema de princípio integrado das soluções energéticas utilizadas sob a forma de diagrama. Este diagrama consolidado representa a estrutura completa do sistema, que abrange a energia eólica, a energia solar fotovoltaica, a energia de correntes marítimas e, quando necessário, o apoio de um gerador auxiliar.

Este esquema proporciona uma visão abrangente e técnica da interligação entre os componentes destes sistemas energéticos, permitindo uma compreensão detalhada da sua operação coordenada. Cada elemento desempenha um papel específico na geração, armazenamento e distribuição de energia, garantindo assim um fornecimento contínuo e eficiente para as necessidades do projeto em questão.

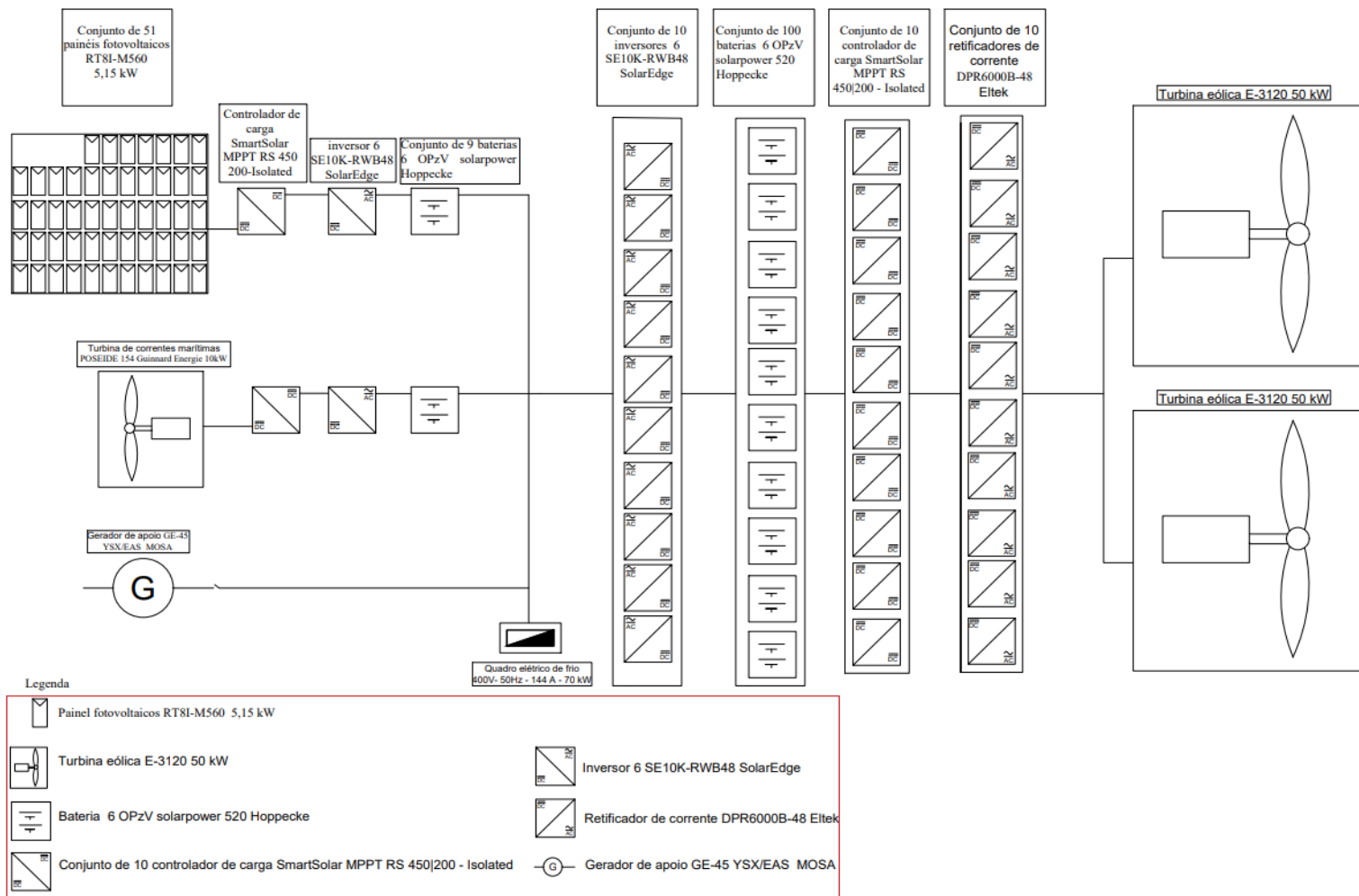


Figura 49- Esquema de princípio do sistema integrado de produção de energia elétrica

VII.12.2 Implantação espacial dos sistemas energéticos no local de estudo

A disposição espacial do sistema proposto foi planeada com base em critérios técnicos e considerações práticas fundamentais. O objetivo principal é otimizar a captação de recursos naturais, como a radiação solar, o vento e as correntes marítimas, de forma a maximizar a sustentabilidade de energia elétrica. A implementação estratégica destes sistemas visa igualmente garantir a sua integração harmoniosa com o ambiente circundante, com uma especial ênfase na minimização do impacto ambiental e paisagístico.

Neste contexto, apresenta-se o desenho de implementação dos sistemas dimensionados, bem como do entreposto frigorífico - (Figura 50). Este desenho mostra uma representação gráfica da disposição física de cada sistema no terreno. Esta visualização é essencial para uma compreensão aprofundada da organização espacial dos sistemas energéticos e da sua relação com o entreposto frigorífico.

Na representação da disposição espacial, são atribuídos números para identificar as diferentes áreas. O entreposto frigorífico é designado como área 1, a zona técnica das turbinas eólicas compreende as áreas 3 e 4, a zona técnica da turbina de correntes marítimas é referida como área 5, e a zona técnica das baterias é denominada área 2. Na área técnica das baterias, estarão localizadas todas as baterias que compõem o sistema de armazenamento de energia, juntamente com outros equipamentos auxiliares de conversão de energia, bem como o gerador elétrico de apoio.

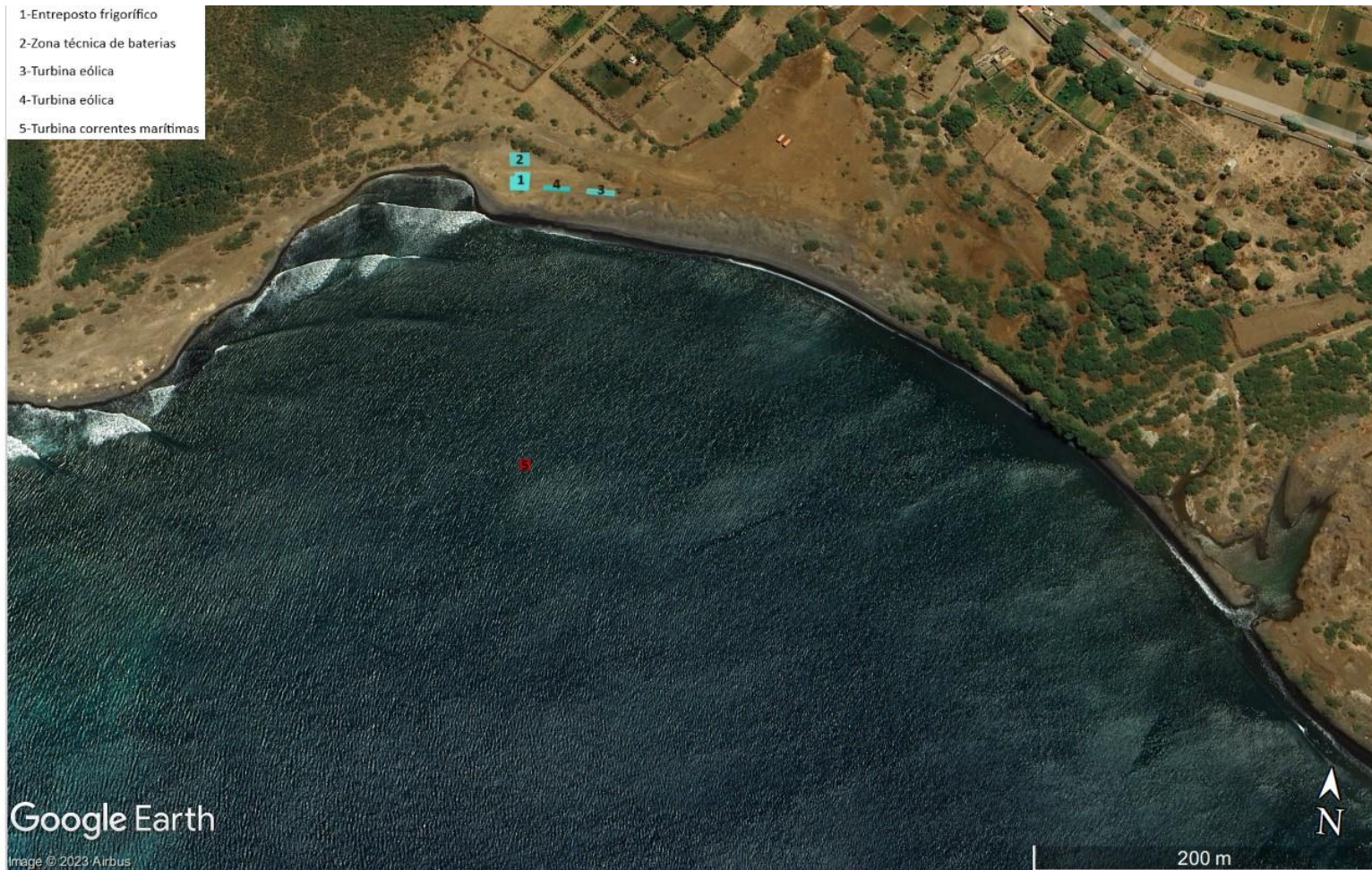


Figura 50- Geolocalização dos sistemas integrados da instalação

VII.13 ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DIÁRIA E ANUAL

Nesta secção apresenta-se uma estimativa da contribuição diária e anual de energia, abrangendo um dia específico do mês de dezembro e o ano em sua totalidade. O objetivo central desta análise consiste na compreensão e quantificação das contribuições individuais de cada fonte de energia para a produção diária e anual de energia destinada ao entreposto frigorífico.

Este estudo fornece informações essenciais sobre o perfil de geração de energia ao longo do dia, identificando com precisão os momentos de maior e menor contribuição de cada fonte de energia - (Figura 51). Esses dados desempenham um papel essencial no processo de planejamento e otimização do sistema de energia do entreposto frigorífico, permitindo uma gestão mais eficaz dos recursos energéticos disponíveis.

Além disso, esta análise contribui significativamente para a compreensão abrangente do sistema energético integrado. Destaca-se a relevância da diversificação de fontes de energia e a complementaridade entre elas como fatores determinantes para garantir um fornecimento contínuo e confiável de energia, capaz de atender às necessidades operacionais do entreposto frigorífico, mesmo em situações de variabilidade das condições ambientais.

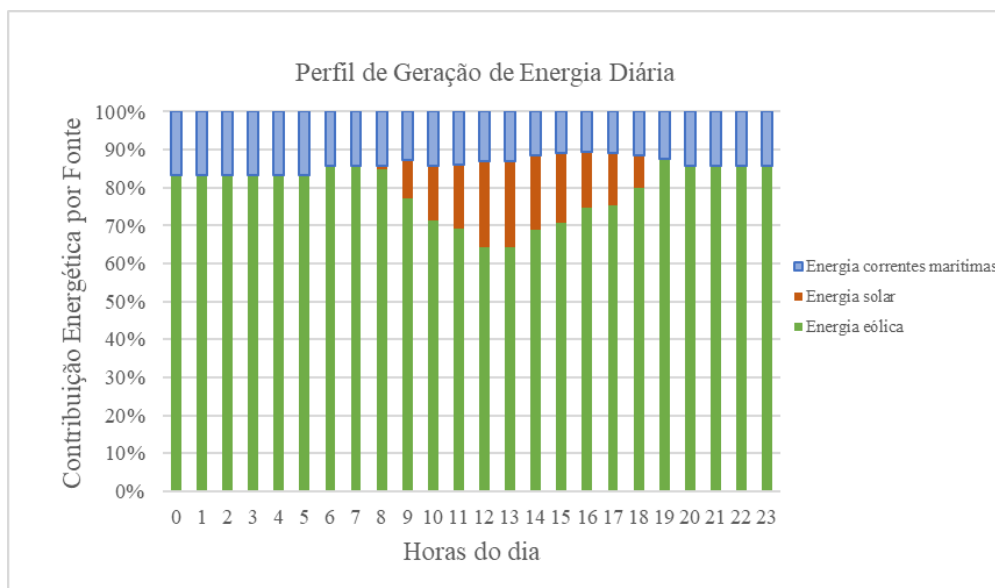


Figura 51 - Estimativa do perfil diário de contribuição energética das três fontes de energia em dezembro

Da análise da figura 51 verifica-se que a energia solar fotovoltaica contribui de maneira significativa durante um intervalo restrito do dia, atingindo sua máxima entre 12h e 13h, sendo nula em períodos sem exposição solar. Já a energia proveniente das correntes marítimas mantém-se constante ao longo do dia, apresentando valores mínimos quando a produção solar atinge seu pico e valores máximos na ausência dessa produção. Em contrapartida, a energia eólica representa a maior contribuição durante todo o dia, com a produção máxima ocorrendo durante a noite e a mínima por volta das 13h, coincidindo com a maximização da produção solar fotovoltaica.

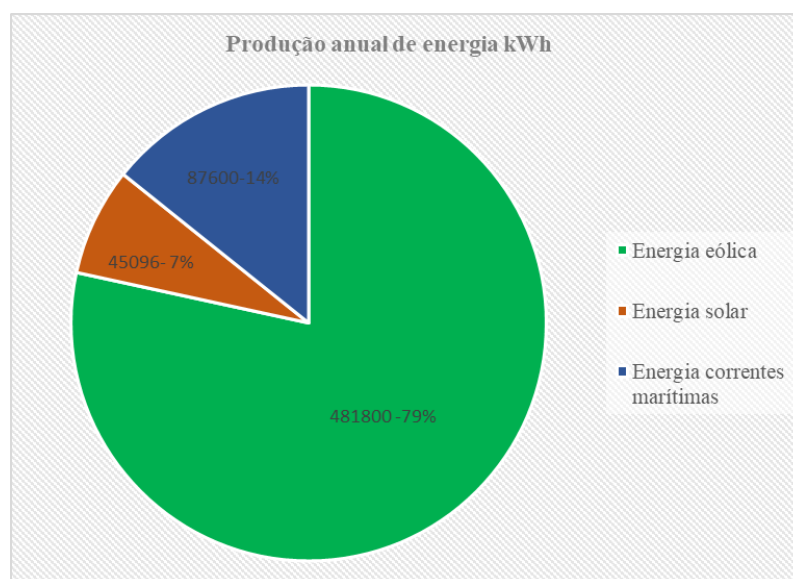


Figura 52 - Contribuição anual das três fontes de produção de energia

Da análise da figura 52 verifica-se a predominância da energia eólica como principal fonte renovável nesse contexto específico, como previsto. A sua contribuição anual é substancialmente mais elevada, alcançando 79% em comparação com outras fontes, como a energia solar fotovoltaica (7%) e a energia proveniente das correntes marítimas (14%), enfatiza o potencial expressivo para a geração de eletricidade através da energia eólica na região e no sistema analisado. Por outro lado, embora a energia das correntes marítimas e a energia solar fotovoltaica também tenham relevância, suas contribuições são consideravelmente menores em comparação à energia eólica. No caso da energia solar fotovoltaica, a produção está restrita a um período diário de aproximadamente 9 horas, devido à ausência de radiação solar durante o restante do dia. Entretanto, a energia derivada das correntes marítimas mantém-se constante, apresentando baixas variações na sua

produção ao longo do tempo. Essa distribuição de contribuições ressalta a importância de investimentos contínuos em tecnologias e infraestruturas voltadas à energia eólica, maximizando seu potencial e impulsionando a transição para fontes de energia mais sustentáveis e amigáveis ao meio ambiente.

VIII Estudo comparativo com soluções alternativas

Neste capítulo, efetuou-se um estudo comparativo utilizando quatro cenários distintos para avaliar e comparar diversas soluções de sistemas integrados com o entreposto frigorífico proposto. A análise comparativa entre os cenários permitiu identificar a opção mais favorável, considerando aspetos económicos, ambientais, fiabilidade e complexidade dos sistemas. Cada caso foi delineado, enfatizando características específicas relevantes.

Para possibilitar a comparação entre os quatro cenários, manteve-se constante a potência frigorífica requerida em todos eles. No entanto, a quantidade de energia eléctrica necessária varia de acordo com o coeficiente de performance (COP) de cada cenário, observando-se uma maior necessidade de eletricidade nos casos com valores mais baixos de COP.

VIII.1 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS

VIII.1.1 Cenário I

No primeiro cenário analisado, foi estudado um sistema de refrigeração composto por duas centrais frigoríficas. Uma delas destina-se ao armazenamento de produtos refrigerados, enquanto a outra para produtos congelados. Ambas as unidades utilizam o fluido frigorígeno R134a, sendo que cada uma delas foi projetada para atender às necessidades específicas de refrigerados e congelados, respetivamente.

Neste cenário, a energia eléctrica exigida para o funcionamento do entreposto frigorífico é obtida da rede eléctrica pública, não havendo qualquer forma de produção autónoma de energia eléctrica a partir de fontes renováveis. A figura 53 ilustra as principais características do cenário I.

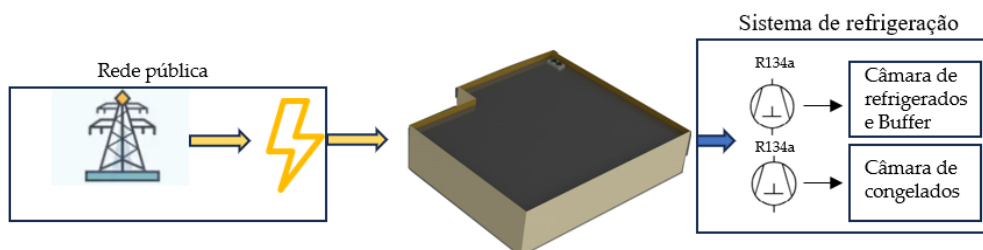


Figura 53- Representação esquemática do cenário I

VIII.1.2 Cenário II

No cenário II, foi avaliado um sistema de refrigeração do tipo booster transcrito, utilizando R744 como fluido frigorígeno, semelhante ao proposto no caso de estudo. No entanto, neste cenário, a energia elétrica proveniente da rede pública foi empregue para suprir as necessidades elétricas do entreposto frigorífico. A figura 54 ilustra as principais características do cenário II.

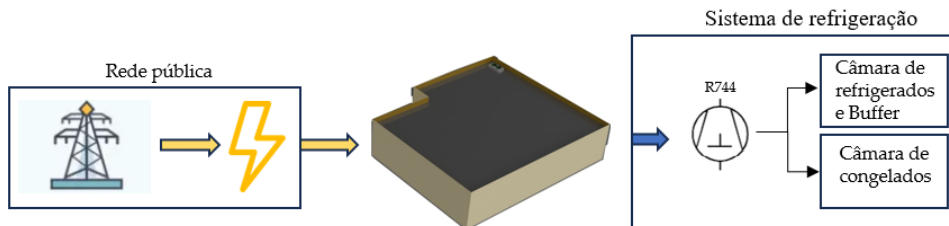


Figura 54 - Representação esquemática do cenário II

VIII.1.3 Cenário III

O Cenário III, foi avaliado, um sistema de refrigeração do tipo booster transcrito utilizando o fluido frigorígeno R744, em que a energia elétrica necessária para o funcionamento do entreposto frigorífico é fornecida por um sistema autónomo de produção de energia elétrica, proveniente de fontes renováveis, eólica, solar fotovoltaica e correntes marítimas. A figura 55 ilustra as principais características do cenário III.

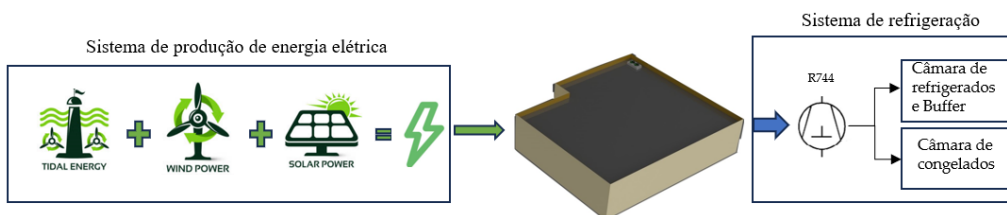


Figura 55 - Representação esquemática do cenário III

VIII.1.4 Cenário IV

No cenário IV, considerou-se um sistema de refrigeração do tipo booster subcrítico, utilizando o fluido frigorígeno R744. Devido às condições climáticas em Tarrafal, Cabo Verde, onde as temperaturas ambiente exterior de bolbo seco atingem 35 °C, operar um sistema subcrítico nessas circunstâncias não é viável. Assim, optou-se por considerar o processo de condensação do fluido frigorígeno através da permuta de calor com a água do

mar. Neste contexto específico, a energia elétrica necessária para suprir às necessidades do entreposto frigorífico é obtida por meio de um sistema autónomo de produção de energia elétrica através de fontes renováveis eólica e solar fotovoltaica. A figura 56 ilustra as principais características do cenário IV.

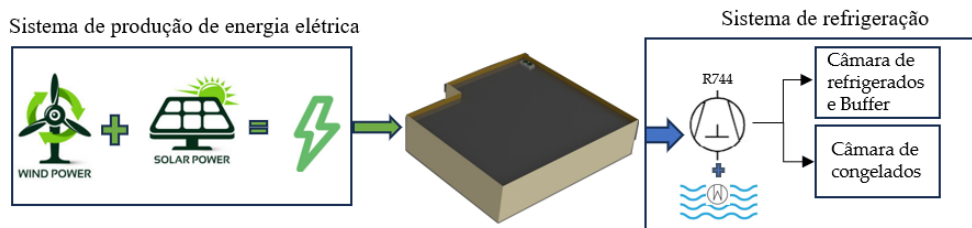


Figura 56 - Representação esquemática do cenário IV

VIII.2 COEFICIENTE DE DESEMPENHO

Nesta secção, são apresentadas de forma resumida na tabela 20, as informações essenciais referentes à capacidade de refrigeração, recuperação de calor para águas quentes sanitárias, potência elétrica da unidade de refrigeração, coeficiente de performance, potência elétrica total da instalação e consumo anual de energia para cada cenário.

Tabela 20 – Resultado do COP obtido no estudo comparativo dos cenários

Caso	Capacidade refrigeração (kW)	Recuperação de calor para AQS (kW)	Potência elétrica de sistema frigorífico (kWe)	COP	Potência elétrica total do entreposto frigorífico (kWe)	Consumo anual de energia elétrica (kWh)
I	28,48	0	14,33	1,99	54,264	475352
II	28,80	10,32	29,87	1,30	69,952	613200
III	28,80	10,32	29,87	1,30	69,952	613200
IV	28,80	10,32	12,86	3,02	50,801	445016

Os resultados da tabela 20 revelam que o cenário IV possui o maior coeficiente de performance (COP), atingindo um valor de 3,02, enquanto os cenários II e III registam os menores COP (1,30), entre todas as opções consideradas. Verifica-se que a implementação da recuperação de calor destinada à produção de águas quentes sanitárias (AQS) proporciona um incremento na eficiência do sistema frigorífico. Isso é notado na comparação entre o cenário I, no qual a potência elétrica do sistema frigorífico é de 14,33

kWe, obtendo um COP de 1,99, e o cenário II, que opera com uma potência elétrica de 29,87 kWe e um COP de 1,30. Esse aumento de eficiência evidencia o impacto positivo da incorporação do recurso de recuperação de calor para as águas quentes sanitárias no desempenho global da instalação frigorífica.

O cenário IV, por apresentar maior eficiência em relação aos demais, também possui um consumo elétrico inferior, totalizando 50,801 kW enquanto os cenários II e III mostram um consumo elétrico mais elevado, atingindo 69,952 kW, demonstrando a baixa eficiência dos sistemas do tipo booster transcrito R744 em ambientes de elevadas temperaturas, comparados com ambientes mais propícios a sistemas subcríticos.

Em contrapartida, o cenário I exibe um COP substancialmente inferior ao do cenário IV, devido à ausência do sistema de recuperação de calor para águas quentes sanitárias, resultando em uma redução no COP em comparação com os outros cenários.

Os cenários II e III apresentam um COP de 1,30, indicando uma eficiência inferior a metade em comparação com o cenário IV. Essa diferença é decorrente da escolha de um sistema subcrítico em vez de um sistema transcrito, resultando em uma redução na potência dos compressores de média temperatura.

Portanto, com base nos dados apresentados, conclui-se que o cenário IV se destaca como o sistema mais eficiente. Além de possuir o maior COP, apresenta também a menor potência elétrica instalada, refletindo uma eficiência energética significativa e um menor consumo de eletricidade para fornecer a mesma capacidade frigorífica em comparação com os demais cenários.

VIII.3 EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Foi realizado um estudo de emissões de CO₂ para os diferentes cenários considerados. A tabela 21 apresenta estudo comparativo das emissões de dióxido de carbono (CO₂) associadas a diferentes sistemas de produção de eletricidade nos quatro cenários analisados. A análise tem como base a quantidade anual de eletricidade utilizada e as emissões de CO₂ equivalentes relacionados a cada sistema de produção de energia. As emissões de CO₂ provenientes de várias fontes são comparadas, incluindo eletricidade proveniente da rede pública (0,623 kgCO₂ eq./kWh), sistemas eólicos (0,034 kgCO₂ eq./kWh), sistemas fotovoltaicos solares (0,05 kgCO₂ eq./kWh) e turbinas de correntes marítimas (0,034 kgCO₂ eq./kWh) [69] – [71].

Cada cenário é avaliado quanto à sua contribuição para as emissões totais de CO₂, possibilitando uma análise comparativa dos impactos ambientais associados a diferentes fontes de produção de eletricidade.

Tabela 21 – Resultados do estudo comparativo de emissões de CO₂ nos diferentes cenários

Caso	Consumo anual de energia elétrica (kWh)	Emissões CO ₂				
		Eletricidade de rede pública (kgCO ₂ eq./kWh)	Sistema eólico (kgCO ₂ eq./kWh)	Sistema solar fotovoltaico (kgCO ₂ eq./kWh)	Sistema correntes marítimas (kgCO ₂ eq./kWh)	Total (kgCO ₂ eq.)
I	475352	0,623	-	-	-	296316,94
II	613200	0,623	-	-	-	382246,31
III	613200	-	0,034	0,050	0,034	21549,32
IV	445016	-	0,034	0,050	-	15882,44

Os resultados obtidos revelam que o cenário I, que utiliza eletricidade da rede pública para suprir as necessidades do entreposto frigorífico, regista emissões de 296316,94 kg CO₂ eq, a segunda mais elevada entre os cenários estudados. É essencial destacar que, além de ser um sistema com altas emissões de CO₂, o fluido frigorigéneo (R134a) usado no sistema de refrigeração é proibido em vários países, incluindo Cabo Verde, devido ao seu elevado potencial de aquecimento global, tornando seu uso inviável [29].

No Cenário II, observa-se a maior emissão de CO₂ entre todos os cenários considerados. A dependência exclusiva da eletricidade da rede pública em Cabo Verde, semelhante ao cenário I, resulta em grandes emissões de CO₂, totalizando 382246,31 kg CO₂ eq, devido à elevada intensidade de CO₂ associada à rede pública do país.

O Cenário III, caso de estudo, integra um sistema autónomo de produção de eletricidade através de fontes renováveis, eólica, solar fotovoltaico e correntes marítimas, resultando numa redução de 95% nas emissões de CO₂, totalizando 21549,32 kgCO₂ eq.

O Cenário IV apresenta a menor emissão de CO₂ entre os cenários, quase idêntica ao Cenário III, totalizando 15 882,44 kgCO₂ eq.

Ao comparar as emissões totais de CO₂ em cada cenário, torna-se evidente que os sistemas autónomos de produção de eletricidade (cenários III e IV) são os mais favoráveis em termos de emissões de CO₂, proporcionando uma redução significativa em comparação com a dependência da rede pública (cenários I e II). A implementação de um sistema autónomo de produção de energia elétrica resultou numa redução de 95% nas emissões de CO₂ em comparação com a eletricidade consumida da rede pública.

Esta análise evidencia a importância do investimento em fontes de energia renovável, como a energia eólica e solar fotovoltaico, para reduzir as emissões de CO₂ e promover metas ambientais mais ambiciosas, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis.

VIII.4 ESTUDO FINANCEIRO

VIII.4.1 Caso de estudo (cenário III)

Na presente secção, apresenta-se o estudo financeiro do sistema integrado proposto – (tabela 22). Este estudo apresenta uma visão abrangente dos aspetos financeiros relacionados com a implementação do sistema proposto. A análise financeira permitiu avaliar o desempenho económico do projeto ao longo de um período de 10 anos. Foram considerados diversos parâmetros, como o investimento inicial, os custos e poupanças anuais de energia, bem como a inflação anual. Estes elementos contribuíram para o cálculo do saldo acumulado durante o período e para determinar o período de retorno. Esta análise financeira destaca a poupança anual de energia obtida pelo sistema, desempenhando um papel significativo na avaliação do sucesso financeiro do projeto. Os resultados desta análise são importantes para fundamentar as decisões estratégicas relacionadas com a implementação do sistema integrado proposto. Com base nestas informações, é possível avaliar o desempenho económico, a viabilidade e a sustentabilidade do projeto, fornecendo assim uma base sólida para a tomada de decisões informadas. Foi ainda efetuada uma análise financeira dos restantes cenários, permitindo comparar a viabilidade financeira entre as diferentes opções consideradas.

Tabela 22 - Estudo financeiro do caso de estudo (cenário III)

Ano	Investimento inicial (€)	Poupança anual de energia (€)	Custo anual de energia (€)	Saldo acumulado (€)	Periodo de retorno
0	-€ 769172,00	-	-	-	-
1	-	€ 171696,00	€ 180280,80	-€ 588891,20	-
2	-	€ 171696,00	€ 189294,84	-€ 399596,36	-
3	-	€ 171696,00	€ 198759,58	-€ 200836,78	-
4	-	€ 171696,00	€ 208697,56	€ 7860,78	4
5	-	€ 171696,00	€ 219132,44	€ 226993,22	5
6	-	€ 171696,00	€ 230089,06	€ 457082,28	6
7	-	€ 171696,00	€ 241593,51	€ 698675,80	7
8	-	€ 171696,00	€ 253673,19	€ 952348,99	8
9	-	€ 171696,00	€ 266356,85	€ 1218705,84	9
10	-	€ 171696,00	€ 279674,69	€ 1498380,53	10

Na análise dos valores apresentados na tabela 22, é evidente o impacto do investimento inicial de € 769.172,00, resultando num impacto significativo nas finanças do projeto. Nos primeiros três anos, não há poupança líquida devido ao investimento inicial, resultando em um saldo acumulado negativo. No entanto, a partir do 4º ano, observa-se uma mudança positiva, onde as poupanças anuais começam a superar o custo anual de energia, resultando em um saldo acumulado positivo. No primeiro ano, observa-se uma poupança de € 171.696,00, que é ligeiramente afetada pelo aumento da inflação anual estimada de 5%, resultando num custo de energia de € 180.280,80 no final do ano.

Ao longo dos anos seguintes, as poupanças anuais aumentam progressivamente, atingindo € 279.674,69 no décimo ano. O saldo acumulado também reflete essa tendência positiva, aumentando de forma constante e atingindo € 1.498.380,53 no final do décimo ano. Os resultados obtidos indicam que apesar do investimento inicial elevado, a implementação deste projeto resulta numa trajetória financeira ascendente ao longo dos anos, proporcionando uma poupança significativa nos custos de energia e um retorno financeiro sólido a longo prazo. Esta trajetória positiva demonstra a viabilidade económica do projeto de caso de estudo.

VIII.4.2 Cenário I

Na presente secção, foi desenvolvido o estudo financeiro do sistema integrado proposto para o cenário I, o qual está detalhado na tabela 23. Este estudo detém extrema relevância, proporcionando uma visão ampla dos aspetos financeiros associados à implementação do sistema considerado para este cenário.

Tabela 23 - Estudo financeiro do cenário I

Ano	Investimento inicial (€)	Poupança anual de energia (€)	Custo anual de energia (€)	Saldo acumulado (€)	Periodo de retorno
0	-€ 41000,00	0	-	-	-
1	-	-€ 133098,74	-€ 139753,68	-€180753,68	-
2	-	-€ 133098,74	-€ 146741,36	-€327495,04	-
3	-	-€ 133098,74	-€ 154078,43	-€481573,46	-
4	-	-€ 133098,74	-€ 161782,35	-€643355,81	-
5	-	-€ 133098,74	-€ 169871,47	-€813227,28	-
6	-	-€ 133098,74	-€ 178365,04	-€991592,32	-
7	-	-€ 133098,74	-€ 187283,29	-€1178875,61	-
8	-	-€ 133098,74	-€ 196647,46	-€1375523,07	-

9	-	-€ 133098,74	-€ 206479,83	-€1582002,90	-
10	-	-€ 133 098,74	-€ 216803,82	-€1798806,72	-

A análise dos resultados apresentados na tabela 23 revela um investimento inicial baixo de €41.000,00, em comparação com os restantes cenários. Apesar disso, este projeto evidencia custos anuais de energia elétrica consideravelmente elevados, acumulando um custo total ao final de 10 anos de €1.798.806,72. O saldo acumulado negativo ao longo dos anos resulta em um período de retorno indefinido para este cenário. Os resultados destacam que, apesar do investimento inicial inferior, a implementação deste projeto resulta numa trajetória financeira descendente ao longo dos anos, acarretando gastos anuais significativos nos custos de energia elétrica.

VIII.4.3 Cenário II

Na presente secção, foi desenvolvido o estudo financeiro do sistema integrado proposto para o cenário II, o qual está detalhado na tabela 24.

Tabela 24 - Estudo financeiro do cenário II

Ano	Investimento inicial (€)	Poupança anual de energia (€)	Custo anual de energia (€)	Saldo acumulado (€)	Período de retorno
0	-€ 63574,00	-	-	-	-
1	-	-€ 171696,00	-€ 180280,80	-€ 243854,80	-
2	-	-€ 171696,00	-€ 189294,84	-€ 433149,64	-
3	-	-€ 171696,00	-€ 198759,58	-€ 631909,22	-
4	-	-€ 171696,00	-€ 208697,56	-€ 840606,78	-
5	-	-€ 171696,00	-€ 219132,44	-€ 1 059739,22	-
6	-	-€ 171696,00	-€ 230089,06	-€ 1 289828,28	-

7	-	-€ 171696,00	-€ 241593,51	-€ 1 531421,80	-
8	-	-€ 171696,00	-€ 253673,19	-€ 1 785094,99	-
9	-	-€ 171696,00	-€ 266356,85	-€ 2 051451,84	-
10	-	-€ 171696,00	-€ 279674,69	-€ 2 331126,53	-

A análise dos resultados apresentados na tabela 24 evidencia um investimento inicial baixo de €63.574,00, quando comparado com os restantes cenários. No entanto, este projeto revela custos anuais de energia elétrica consideravelmente elevados, acumulando um custo total ao final de 10 anos de €2.331.126,53. O saldo acumulado negativo ao longo dos anos resulta em um período de retorno indefinido para este cenário. Financeiramente, este cenário assemelha-se ao cenário I, contudo, apresenta custos anuais de energia superiores devido à sua maior potência elétrica. Os resultados evidenciam que, apesar do investimento inicial inferior, a implementação deste projeto resulta em uma trajetória financeira descendente ao longo dos anos, implicando gastos anuais robusto nos custos de energia elétrica.

VIII.4.4 Cenário IV

Na presente secção, foi desenvolvido o estudo financeiro do sistema integrado proposto para o cenário IV, o qual está detalhado na tabela 25.

Tabela 25 - Estudo financeiro do cenário IV

Ano	Investimento inicial (€)	Poupança anual de energia (€)	Custo anual de energia (€)	Saldo acumulado (€)	Período de retorno
0	-€ 713524,00	-	-	-	-
1	-	€ 124604,48	€ 130834,70	-€ 582689,30	-
2	-	€ 124604,48	€ 137376,44	-€ 445312,86	-
3	-	€ 124604,48	€ 144245,26	-€ 301067,60	-

4	-	€ 124604,48	€ 151457,52	-€ 149610,07	-
5	-	€ 124604,48	€ 159030,40	€ 9420,33	5
6	-	€ 124604,48	€ 166981,92	€ 176402,25	6
7	-	€ 124604,48	€ 175331,02	€ 351733,27	7
8	-	€ 124604,48	€ 184097,57	€ 535830,83	8
9	-	€ 124604,48	€ 193302,45	€ 729133,28	9
10	-	€ 124604,48	€ 202967,57	€ 932100,85	10

Os resultados da tabela 25 evidenciam o impacto do investimento inicial de € 713.524,00, resultando numa notável influência nas finanças do cenário IV. Nos primeiros quatro anos, verifica-se saldo acumulado negativo devido ao impacto do investimento inicial. Entretanto, a partir do 5º ano, observa-se saldo positivo, em que as poupanças anuais começam a superar o custo do investimento inicial, atingindo um saldo acumulado positivo. Essa tendência ascendente mantém-se constante, atingindo € 932.100,85 no final do décimo ano.

Os resultados evidenciam que, apesar do investimento inicial robusto, as poupanças anuais estabelecem um sólido retorno financeiro a longo prazo. Esta trajetória positiva é essencial para a viabilidade económica do cenário IV, destacando o seu potencial para oferecer benefícios económicos sustentáveis ao longo do período analisado.

Conclusões

Os resultados obtidos na análise comparativa destacam a menor eficiência presente no sistema do tipo booster transcrito R744, revelando um COP de 1,30, em contraste com o sistema do tipo booster subcrítico R744, que obteve um COP de 3,02, e com o sistema convencional R134a, que registrou um COP de 1,99. Esses resultados reforçam a disparidade significativa na eficiência entre os sistemas avaliados, demonstrando uma superioridade notável do sistema do tipo booster subcrítico R744 em termos de eficiência energética quando comparado tanto ao sistema do tipo transcrito R744 quanto ao sistema convencional R134a e uma inferioridade notável do sistema do tipo transcrito R744.

Os resultados obtidos no estudo comparativo enfatizaram inequivocamente a viabilidade financeira do sistema integrado proposto no caso de estudo, garantindo um retorno financeiro mínimo de 4 anos e um saldo acumulado de € 1.498.380,53 ao final do décimo ano.

Ao analisar o cenário do caso de estudo, observou-se que, embora o cenário apresentasse a maior viabilidade financeira, exigia também um investimento inicial elevado, € 769.172,00, comparativamente com os cenários II e I, € 63574,00 e € 41000,00, respectivamente.

O estudo das emissões de CO₂ ressalta a importância da adoção de um sistema autônomo de produção de eletricidade baseado em fontes renováveis, em contraposição à eletricidade proveniente da rede pública, que possui forte dependência de combustíveis fósseis. No cenário III, o valor equivalente de emissão de CO₂ é de 21549,32 kgCO₂ eq, enquanto o cenário II (eletricidade da rede pública) atinge 382246,31 kgCO₂ eq. Essa diferença representa uma redução de 95% para o mesmo sistema de refrigeração utilizado. A diversificação dessas fontes e a manutenção de uma estratégia equilibrada na produção de energia elétrica ajudam a mitigar os riscos ligados a condições climáticas adversas, assegurando um fornecimento contínuo e fiável de energia elétrica.

Embora o cenário III seja financeiramente e ambientalmente viável, o cenário IV também se destaca entre as opções apresentadas. O cenário IV, com um menor investimento inicial, é igualmente favorável entre os cenários analisados. Em síntese, o cenário III e IV não apenas confirmam as suas viabilidades financeiras, mas também sublinham a

necessidade imperativa de adotar políticas sustentáveis a nível global. O investimento em fontes de energia renovável e a diversificação dessas fontes não só impulsionam a eficiência, mas também contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se aos objetivos de combate às mudanças climáticas. A implementação desse sistema não apenas garante um fornecimento contínuo de energia para o entreposto frigorífico, mas também representa um avanço considerável em direção a práticas energéticas mais sustentáveis e ao desenvolvimento socioeconómico da cidade de Tarrafal.

Referências Bibliográficas

- [1] S. Duarte da Costa, «A importância da refrigeração na manutenção da qualidade de produtos hortofrutícolas», Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2017. acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em:
https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/20942/1/stephanie_costa_21523014_meal_relata%3%b3rio_2017.pdf
- [2] R. Loureiro, «Projeto de um ciclo de refrigeração a CO₂ aplicado num supermercado», Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2019. acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/12800/1/disserta%3%a7%3%a3o.df>
- [3] B. O. Bolaji e Z. Huan, «Thermodynamic analysis of performance of vapour compression refrigeration system working with r290 and r600a mixtures», 2013. acessado: 11 de setembro de 2023. [em linha]. disponível em:
https://scientiairanica.sharif.edu/article_3414.html
- [4] S. Martins, «“Revamping” de instalação frigorífica com aplicação de tecnologia avançada», Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2016. acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/8308>
- [5] Caio Cezar Neves Pimenta, «Análise de procedimentos para aumentar o coeficiente de desempenho-COP de ciclos de refrigeração», Universidade de Rio Verde, Rio Verde - Goiás, 2015. acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/an%3%a1lise%20de%20procedimentos%20para%20aumentar%20o%20coeficiente%20de%20desempenho.pdf>
- [6] Thalís Igor Bizzera Ferreira, «Simulação da performance de um condicionador de ar operando com fluido refrigerante R-410a em substituição ao R-22», Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal- Rio de Janeiro, 2012. acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em:
http://www.nupeg.ufrn.br/documentos_finais/monografias_de_graduacao/monografias/thalisor.pdf

- [7] P. Medeiros e E. Barbosa, «Análise do coeficiente de performance de um chiller doméstico operando com o R-401a em regime transiente», vol. 25, 2009. acedido: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481549228009.pdf>
- [8] V. Monteiro, *refrigeração i técnicas e competências ambientais*, vol. i. 2015.
- [9] P. Saldanha, «Dimensionamento de um circuito frigorífico a CO₂ com evaporadores inundados», Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2019. acedido: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/122229/2/351226.pdf>
- [10] F. Salvador, «Projeto de um sistema de refrigeração industrial com “set-point” variável», Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. acedido: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3139/tde05102010112239/publico/dissertacao_francisco_salvador.pdf
- [11] Bitzer, «Catálogo técnico do compressor semi-hermético», Sindelfingen, set. 2022. acedido: 21 de março de 2023. [em linha]. disponível em: https://www.bitzer.de/shared_media/documentation/kp-130-11-en.pdf
- [12] R. João, «Projeto de câmaras frigoríficas com hidrocarbonetos», Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2017. acedido: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/10507/1/dm_joaorodrigues_2017_mes.pdf
- [13] C. Pousinha, «Análise energética e económica de sistemas industriais de arrefecimento de água», Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014. acedido: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.ulisboa.pt/>
- [14] A. leite, «Projeto de otimização dos sistemas de refrigeração das lojas de retalho alimentar: desenvolvimento de um método de análise para avaliação dos níveis de eficiência das centrais de frio Sonae MC», Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014. acedido: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://sigarra.up.pt/up/pt>
- [15] Centauro, «Catálogo técnico de condensadores», Castelo branco, 2022. acedido: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://centauro.pt/files/ct/ct-cd-0003-2.pdf>

- [16] J. Perestrelo, «Projeto e dimensionamento de equipamento frigorífico para túneis de congelação», Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2017. acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: https://sigarra.up.pt/up/pt/web_page.inicial
- [17] Centauro, «Catálogo técnico dos evaporadores cúbicos», castelo branco, 2022. acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://centauro.pt/files/ct/ct-ev-0005-1.pdf>
- [18] Swep, «4. expansion valves». acessado: 22 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.swep.net/refrigerant-handbook/4.-expansion-valves/>
- [19] Danfoss, «Informações técnicas de válvulas de expansão eletrônica». acessado: 25 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.danfoss.com/pt-br/products/dcs/valves/electric-expansion-valves/akv-electric-expansion-valves/akvp-electric-expansion-valve/#tab-overview~>
- [20] Racbrasil, «Informações técnicas de reservatório de líquido». acessado: 23 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.racbrasil.com/produtos/tanques-de-liquido/>
- [21] Racbrasil, «Informações técnicas de separador de óleo». acessado: 23 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.racbrasil.com/produtos/oil-pack/>
- [22] Danfoss, «Informações técnicas de filtros secadores». acessado: 24 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.danfoss.com/enus/serviceandsupport/casestories/dcs/walkincoolersfilter-driers-and-sight-glasses/>
- [23] Danfoss, «Informações técnicas de válvulas». acessado: 24 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.danfoss.com/pt-br/products/dcs/valves/control-and-regulating-valves/icv-flexline-control-valves/>
- [24] A. Carvalho, «Projeto de sistema frigorífico com recuperação térmica para AVAC», Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2021. acessado: 28 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/13859>
- [25] Atmosphere ibérica, «instalación frigorífica de CO₂ transcrito con compresores paralelos y multieyector», madrid, out. 2017. acessado: 28 de março de 2023. [em linha]. disponível em:

<https://docplayer.es/67974467-instalacion-frigorifica-de-co2-transcritico-con-compresoresparalelosmultievectoralbertalbertconsultorexpertoenrefrigeracion.html>

- [26] M. Almeida, «Desenvolvimento e implementação de instalações de refrigeração comercial com fluidos naturais», Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2019. acessado: 28 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/11950/1/disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>
- [27] R. Rebelo, «Uso de fluidos naturais em sistemas de refrigeração e ar condicionado», Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2017. acessado: 29 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/10402>
- [28] R. Teixeira, «Utilização de fluidos frigoríficos inflamáveis em termoacumuladores domésticos do tipo bomba de calor», Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2018. acessado: 29 de março de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/116080/2/291923.pdf>
- [29] J. Flores, V. García, J. Yodonago, J. Muñoz, e J. Minguela, «General aspects of carbon dioxide as a refrigerant», *journal of energy in southern africa*, vol. 25, n. 2, mai. 2014.
- [30] J. Moreira, «Desenvolvimento de uma central transcritical CO₂ com compressão paralela», Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2018. acessado: 13 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/113599/2/276342.pdf>.
- [31] J. Moreira, «Desenvolvimento de uma central transcritical CO₂ com compressão paralela», Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2018. acessado: 13 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/113599/2/276342.pdf>
- [32] M. Silva, C. Júnior, e F. Barbosa Júnior, «Análise do ciclo do R744 transcritical com bypass de gás», Rio Grande do Sul, fev. 2020. acessado: 15 de abril de 2023. [em linha]. disponível em:

- <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/46316/1/tcc%20final%20revisado.pdf>
- [33] W. Santos, «Análise do ciclo de refrigeração de duplo estágio funcionando com diferentes refrigerantes halogenados», Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2020. acessado: 17 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/42945/1/tcc%20-%20an%c3%81lise%20do%20ciclo%20de%20refrigera%c3%87%c3%83o%20de%20duplo%20est%c3%81gio%20funcionando%20com%20diferentes%20refrigerantes%20halogenados.pdf>
- [34] IRENA, «Perspectiva da transição energética mundial», Abu Dhabi, 2021. [em linha]. disponível em: www.irena.org
- [35] A. Ferreira, «Sistema de produção de energia eólica», Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011. acessado: 18 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61482/1/000148786.pdf>
- [36] M. Kaush, «Climatologia de montanha». acessado: 18 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: <https://altamontanha.com/climatologia-de-montanha-parte-1/>
- [37] A. Monteiro, «Atlas do potencial eólico para o arquipélago de Cabo Verde», universidade de lisboa faculdade de ciências, lisboa, 2018. acessado: 26 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/36320/1/ulfc124632_tm_adriano_monteiro.pdf
- [38] Gesto energy solutions, «Cabo verde plano energético renovável Cabo Verde», 2011. acessado: 26 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: https://www.aler-renovaveis.org/contents/lerpublication/dgecv_2011_cabo_verde_plano_energetico_renovavel.pdf
- [39] M. Muller, «Projeto de uma turbina eólica de eixo horizontal», Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. acessado: 26 de abril de 2023. [em linha]. disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014739.pdf>
- [40] P. Reis, «Vantagens e desvantagens da energia eólica», 10 de fevereiro de 2019. acessado: 26 de abril de 2023. [em linha]. disponível em:

- <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>
- [41] M. Pinto, *Fundamentos de energia eólica*. Rio de Janeiro, 2013.
- [42] J. Marques, «Modelo, análise e controle do gerador de indução com dupla alimentação», Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004. acessado: 28 de abril de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8442/jeferson%20marques.pdf>
- [43] Eletrovento, «Energia eólica», 2023. acessado: 28 de abril de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://www.eletrovento.com.br/site/pagina/saiba-mais/sobre-energia-eolica/47/>
- [44] Sun flower energias renováveis e distribuição de equipamentos Ltda., «Energia eólica», 2022. acessado: 28 de janeiro de 2022. [em linha]. disponível em:
<https://sunflowerenergia.com.br/cgi-sys/suspendedpage.cgi>
- [45] O blog da engenharia mecânica, «História da energia eólica e suas utilizações». acessado: 28 de abril de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://fabricioengmec.blogspot.com/2017/>
- [46] R. de Jesus, «Análise econômico-financeira de instalação de turbina eólica», Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2022. acessado: 18 de maio de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/40465>
- [47] A. Lopes, «Produção eólica e enquadramento técnico-econômico em Portugal», Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009. acessado: 24 de maio de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58320/1/000137628.pdf>
- [48] J. T. Jervell, «Estudo da influência das características do vento no desempenho de aerogeradores», Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008. acessado: 24 de maio de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://paginas.fe.up.pt/~em02090/documentos/final2.pdf>
- [49] Pena Rodolfo, «Correntes marítimas», 2023. acessado: 12 de outubro de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/correntes-maritimas.htm>
- [50] Paloma Guitarrara, «Correntes marítimas», *Brasil escola*, 5 de agosto de 2023. acessado: 20 de setembro de 2023. [em linha]. disponível em:

- <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/correntes-maritimas.htm>
- [51] I. P. Sofia, «Aproveitamento da energia das correntes marítimas», Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014. acessado: 19 de setembro de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4259/1/disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>
- [52] A. H. Wu, C. Mondadori Deprá, L. Alves Moraes, C. A. Moraes, E R. Carneiro da Silva, «Considerações no projeto de turbinas de correntes marítimas», 2018. acessado: 19 de setembro de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://repositorio.usp.br/directbitstream/418fd237d0fb4ca19ea137e6d13e9d09/alex%20hiratsuka%20wu%2018.pdf>
- [53] M. Barros de Carvalho, D. de Deus Sousa Henrique, F. Silva Sousa, M. K. Macêdo Monteiro, E P. H. Viana Nogueira Santana, «Energia marítima: aspectos tecnológicos, econômicos e impactos ambientais na geração de eletricidade» *Revista Liberato*, pp. 59–70, ago. 2021, doi: 10.31514/rliberato.2021v22n37.p59.
- [54] J. Mariano e J. Junior, *Energia solar fotovoltaica - Princípios e fundamentais*. 2022. acessado: 7 de julho de 2023. [em linha]. disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/359426299_energia_solar_fotovoltaica_principios_fundamentais
- [55] C. Grazina, «Uma base para o projeto de produção de energia elétrica de origem fotovoltaica para uma indústria aeronáutica», Universidade de Évora, Évora, 2021. acessado: 10 de julho de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/29415>
- [56] J. Pinho e M. Galdino, *Manual de engenharia dos sistemas fotovoltaicos*, cepel-creseb. 2014. acessado: 7 de julho de 2023. [em linha]. disponível em:
<https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>
- [57] R. Ovelha, «Projeto, dimensionamento e instalação de solução fotovoltaica numa moradia offgrid», Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017. acessado: 10 de julho de 2023. [em linha]. disponível em:
https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/31733/1/ulfc124090_tm_rui_ovelha.pdf

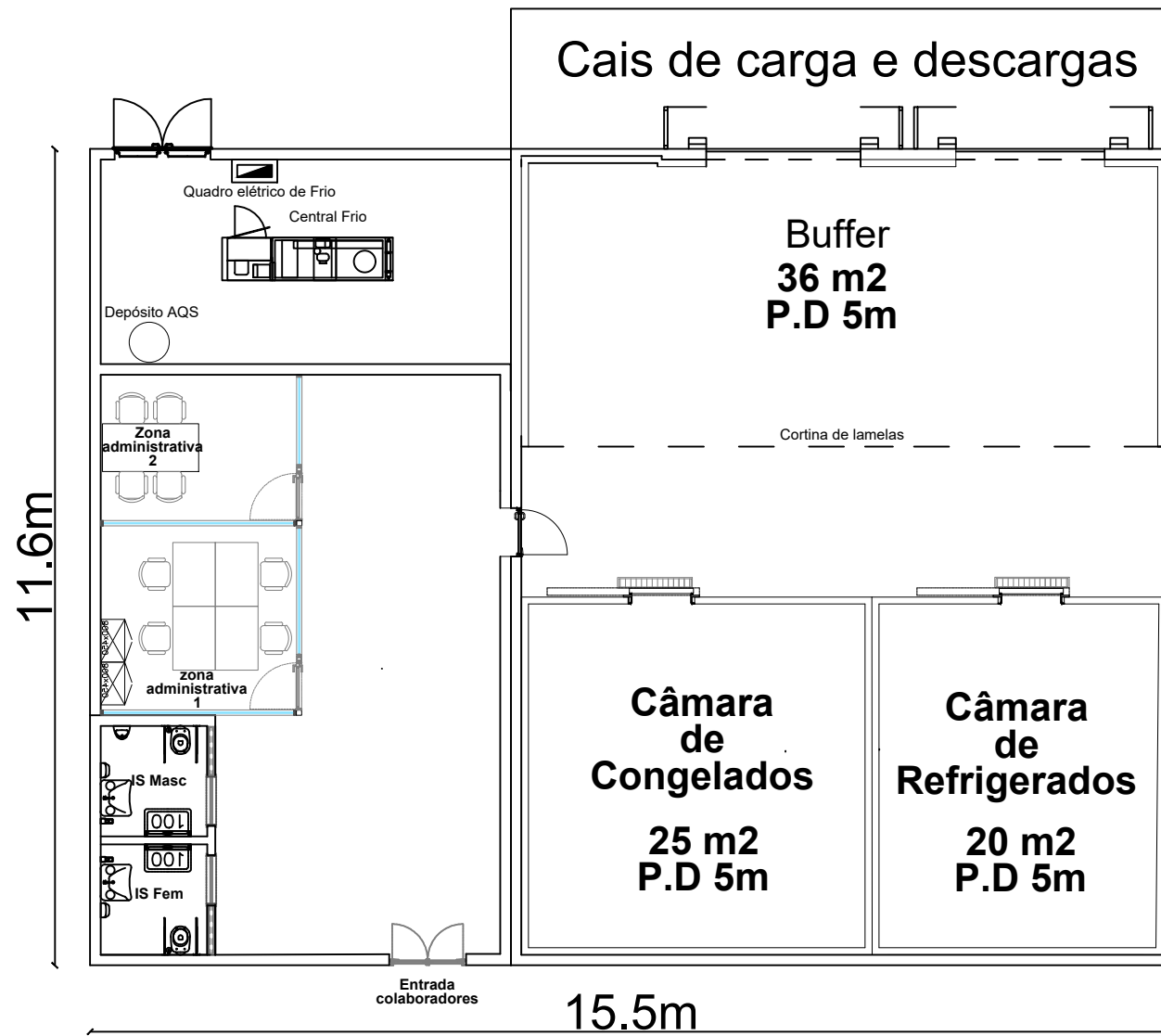
- [58] J. G. Cortes, «Sistemas de arrefecimento de instalações frigoríficas utilizando três agentes frigoríficos», Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013. acessido: 24 de outubro de 2023. [em linha]. disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4672/1/disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>
- [59] Meteoblue, «Mapa meteorológicos, rajada do vento», jul. 2023. acessido: 15 de agosto de 2023. [em linha]. disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/mapas/cidadedapraia_caboverde_3374333#coords=4/14.93/23.51&map=wind~hourly~auto~10%20m%20above%20gnd~none
- [60] República de Cabo Verde, «Plano nacional de adaptação Cabo Verde», Praia, jun. 2021. acessido: 24 de agosto de 2023. [em linha]. disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/nap_cabo%20verde_pt.pdf
- [61] Ashrae research, *ashrae handbook refrigeration*, si edition. 2018.
- [62] I. Emerson climate technologies, «Part 3-the refrigeration load», em *refrigeration manual*. acessido: 24 de novembro de 2023. [em linha]. disponível em: <https://webapps.emerson.com/onlineproductinformation/publication/launchpdf?index=aem&pdf=ae-104>
- [63] Bitzer, «Bitzer software v6.18.0». 21 de julho de 2023.
- [64] Centauro, «Catálogo técnico resumido», 2016.
- [65] M.J. Skovrup e H.J.H knudsen, «Coolpack». 2023.
- [66] Guinard energies, «Guinard energies nouvelles», 2023. acessido: 25 de agosto de 2023. [em linha]. disponível em: <https://www.guinard-energies.bzh/en/our-products/p154-hydrokinetic-turbine/>
- [67] Endurance wind power, «e-3120 50kw wind turbine», 2023. [em linha]. disponível em: www.endurancewindpower.co.uk
- [68] Mosa, «Gerador ge 45 ysx especificações técnicas», 2023. acessido: 25 de setembro de 2023. [em linha]. disponível em: <https://pt.mosaenergia.com/produto/generador-ge-35-ksc>
- [69] S. Electra, «Relatório e contas 2022», Mindelo, 2023. acessido: 1 de novembro de 2023. [em linha]. disponível em:

<https://www.bcv.cv/pt/supervisao/mercado%20de%20capitais/sistema/emitentes/presta%20servi%20aos%20clientes/contas/paginas/rcelectra.aspx>

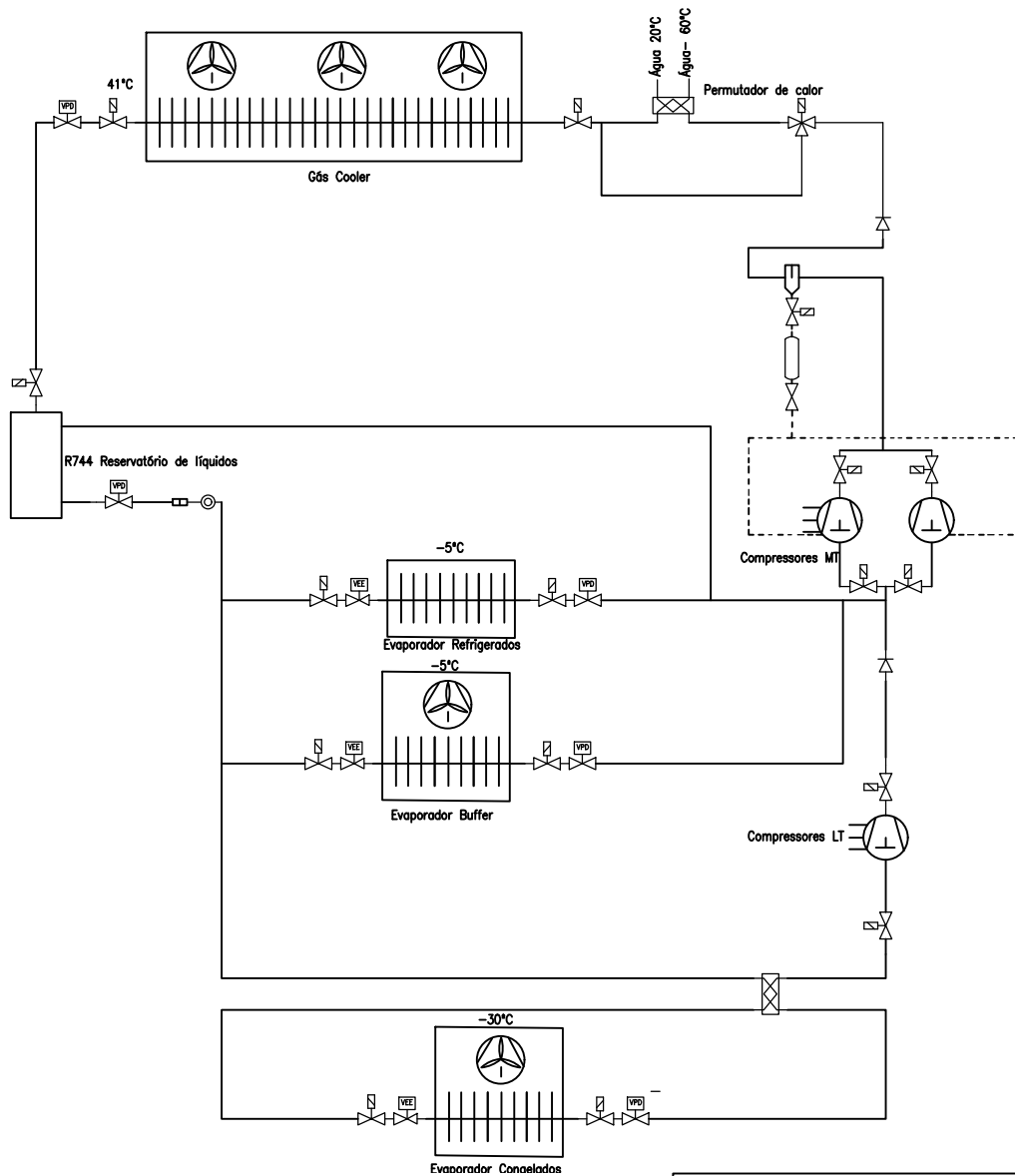
- [70] D. Nugent e B. K. Sovacool, «Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: a critical meta-survey», *energy policy*, vol. 65, pp. 229–244, fev. 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2013.10.048.
- [71] G.L. Coutinho e J. N. Vianna, «Emissões de GEE evitadas em Cabo Verde: estimativa em um cenário de adoção de fontes energéticas renováveis em 2025», *lalca: revista latino-americana em avaliação do ciclo de vida*, vol. 4, p. e45077, jun. 2020, doi: 10.18225/lalca.v4i0.5077.

Anexos















ANEXO A – DESENHOS, DIAGRAMAS E ILUSTRAÇÕES DO PROJETO



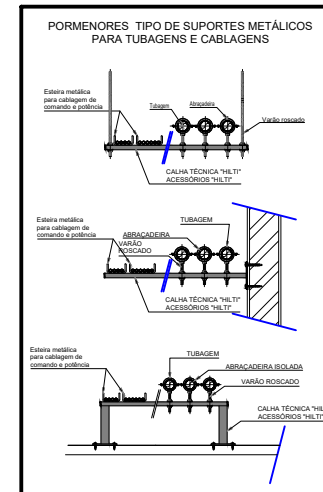
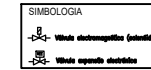
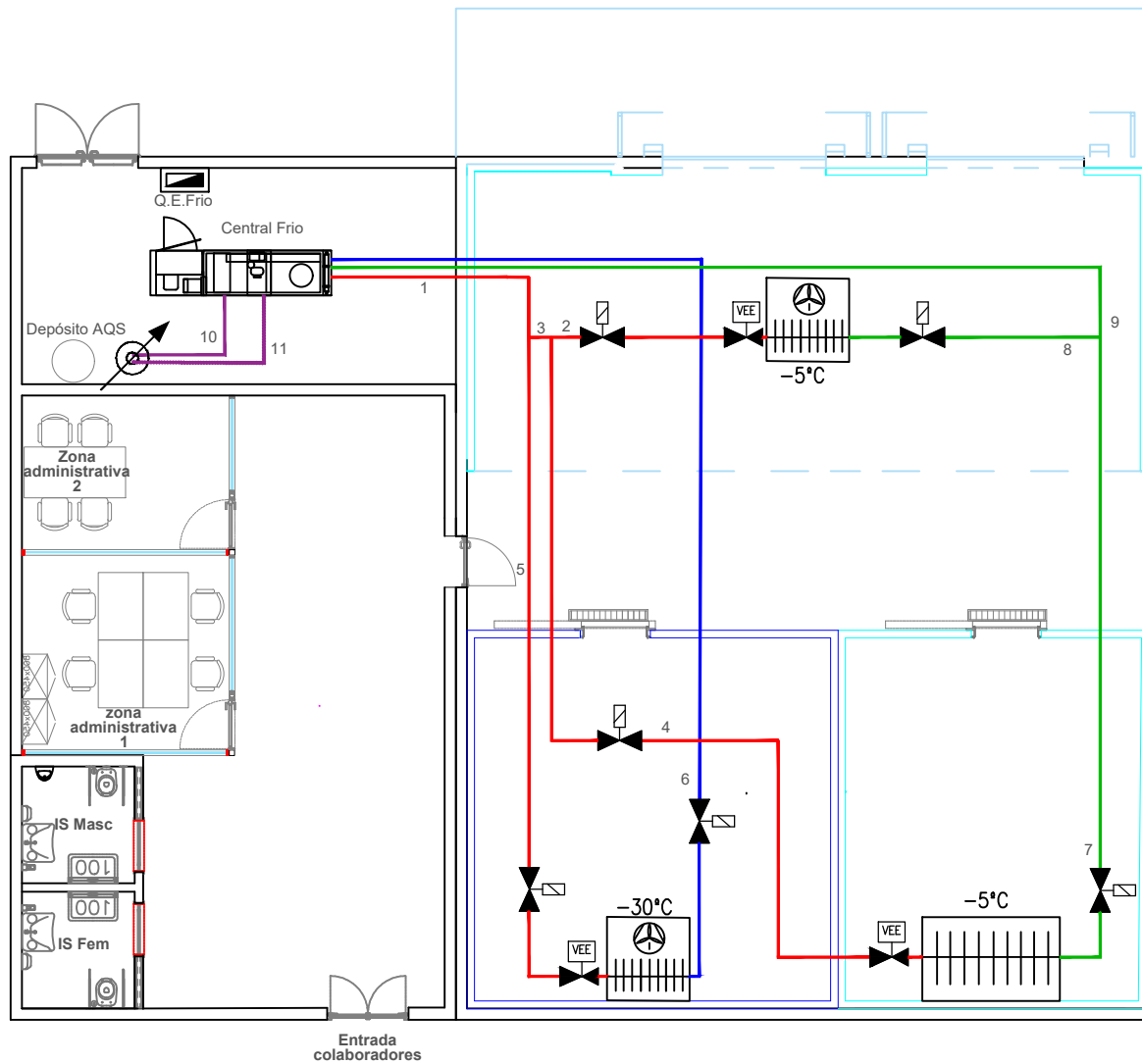
Desenhou: Arian Semedo	Verificou:	Nome: Layout do entroposto frigorifico
Data: 28/09/2023		Folha N°: 1/1
Desenho N°: 1		Escala: 1/100



SIMBOLOGIA

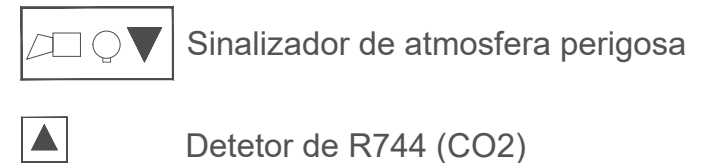
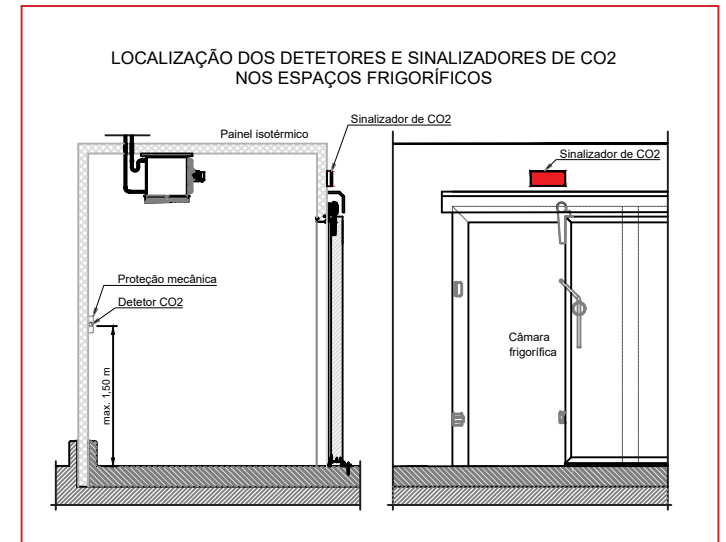
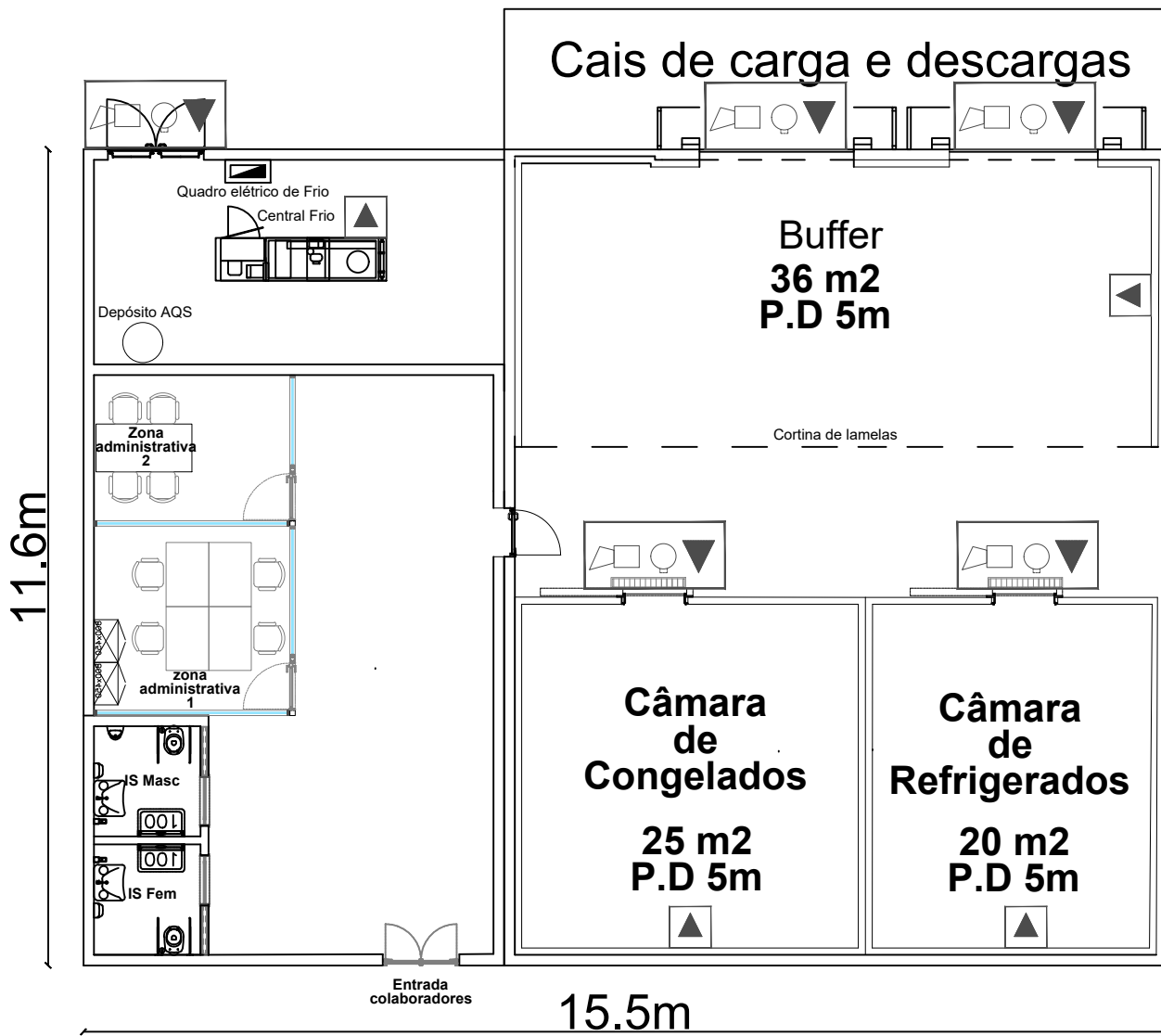
-  Válvula de Retenção
-  Válvula electromagnética (solenóide)
-  Válvula 3 Vias Motorizada "on/off"
-  Válvula expansão electrónica
-  Válvula de pressão diferencial
-  Visor de líquido
-  Reservatório de líquido vertical
-  Separador de óleo
-  Permutador de calor AQS
-  Reservatório de óleo
-  Compressor semi-hermético com variador de frequência
-  Evaporador de convecção forçada
-  Evaporador de convecção natural
-  Arrefecedor de gás (Gás Cooler)

Desenhou: Arian Semedo	Verificou:	Nome: Esquema de princípio da instalação frigorífica
Data: 28/09/2023		Folha Nº: 1/1
Desenho Nº: 4		Escala:

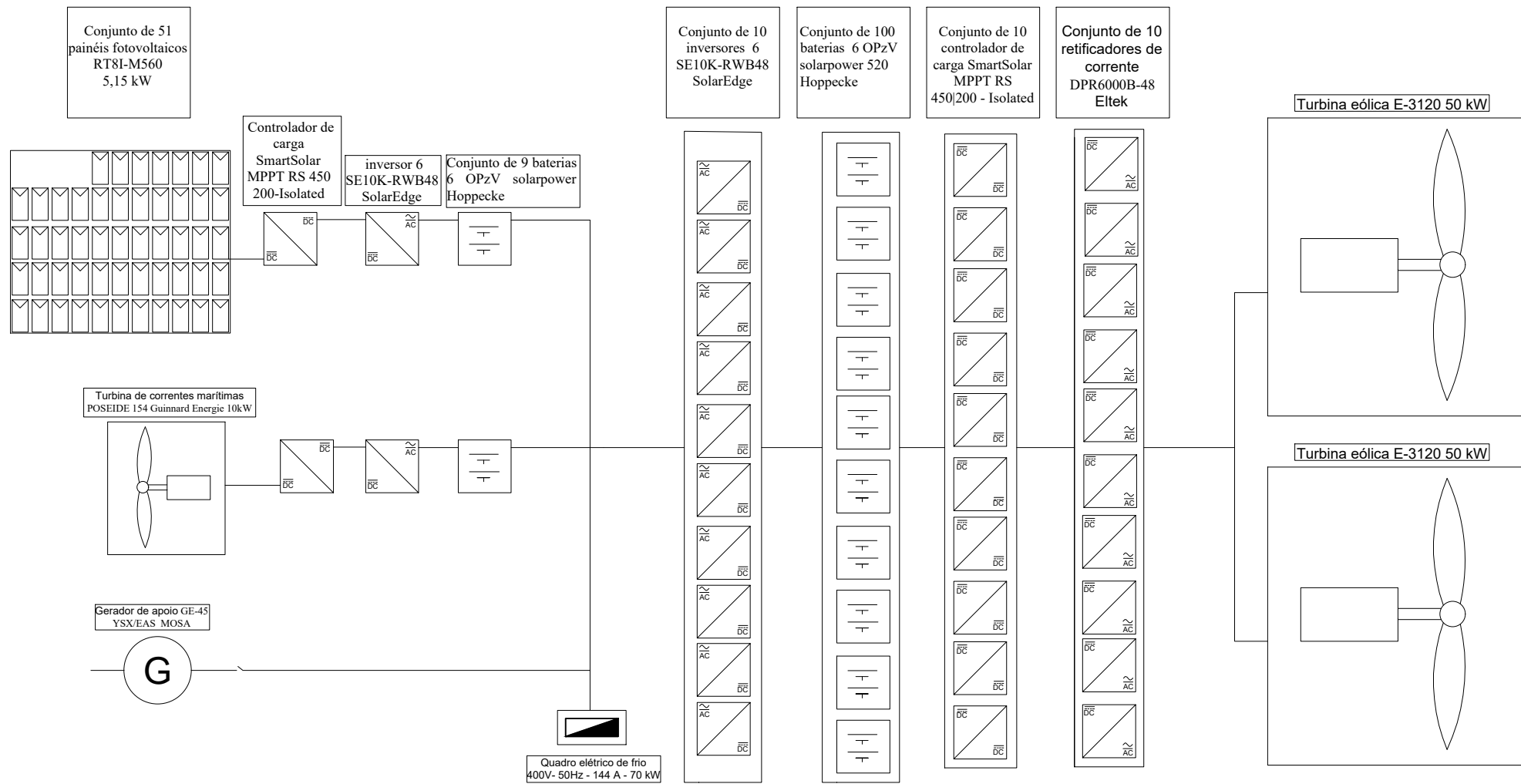


- linha de Alta pressão
- linha de sucção LT
- linha de sucção MT
- linha de líquidos

Desenhou: Arian Semedo	Verificou:	Nome: Esquema de tubagens na instalação frigorífica
Data: 28/09/2023		Folha Nº: 1/1
Desenho Nº: 2		Escala: 1/100



Desenhou: Arian Semedo Verificou:	Nome: Localização dos Detetores de R744 esinalizadores de atmosfera perigosa
Data:28/09/2023	Folha Nº: 1/1
Desenho Nº: 3	Escala: 1/100



Desenhou: Arian Semedo Verificou:	Nome: Diagrama de Princípio do sistema de alimentação de energia elétrica ao quadro elétrico de frio
Data: 28/09/2023	Folha Nº: 1/1
Desenho Nº: 5	Escala:



ANEXO B.1 – ARREFECEDOR DE GÁS

AlfaBlue



AlfaBlue Junior XG

Benefits

- Fully optimized design for CO₂
- Reduced refrigerant charge
- Excellent sound characteristics, suitable for residential applications
- Energy efficient

General information & application

AlfaBlue Junior is a competitive gas cooler line that offers excellent performance, allowing easy installation on site and an outstanding integration with other components. High efficient fan motors combine excellent sound characteristics and low energy consumption. AlfaBlue Junior XG gas coolers have been specifically designed for CO₂ refrigerant systems.

Refrigerants	CO ₂
Capacities*	3.2 up to 230 kW
* air temperature = 35 °C, CO ₂ at 90 bar, gas temperature in/out = 120/38 °C	

Standard configuration

- **Finned coil**
An innovative coil design based on K65 tubes, Cu alloy connections and aluminium turbo fins, provides excellent heat transfer. Standard fin spacing 2.1 mm. Circuiting design is fully optimized to the thermodynamic properties of CO₂. Each heat exchanger is leak tested with high pressure nitrogen and finally supplied with a nitrogen pre-charge.
- **Construction**
Patented coil frame design allowing thermal expansion and offering protection against vibration. Corrosion resistant casing material, powder coated RAL9002. Separated fan sections.
- **Fans**
High efficiency AC or EC fans and low power consumption. Available in three fan diameters 350, 500 & 630 mm, different power supplies (230/50-60/1, 400/50/3, 480/60/3) and four noise levels. Protection class IP54 according to DIN 40050. AC motors are fitted with integrated thermo contacts to provide reliable protection against thermal overload (terminals in the box).
- **Packing**
All units are packed and shipped in horizontal airflow position. AlfaBlue Junior 351, 352, 353, 501 & 502 units are mounted on a wooden pallet and covered with a sturdy cardboard box. All other models are mounted on a wooden pallet, wrapped with plastic foil and covered with an open crate.
- **Design pressure**
Design pressure 120 bar.



AlfaBlue Junior XG

CO₂ gas coolers - commercial range

Options

- Switch on/off (SW)
- Connection box for electrical power connection (CB)
- Fan speed control 230/1 and 400/3 (FP)
- Coil options:
 - Epoxy coated fins (EP)
 - Seawater resistant aluminium AlMg fins (SWR)
 - Copper fins (CU)
 - F-coat treatment (FC)
 - Industrial fins (IF)
 - Fin spacing 2.5 mm (other fin spacings on request)
- Vibration dampers (VD)
- End covers (CV)
- Mounting feet kit for vertical airflow
- Stainless steel header tubes for on-site welding connections

Dimensions

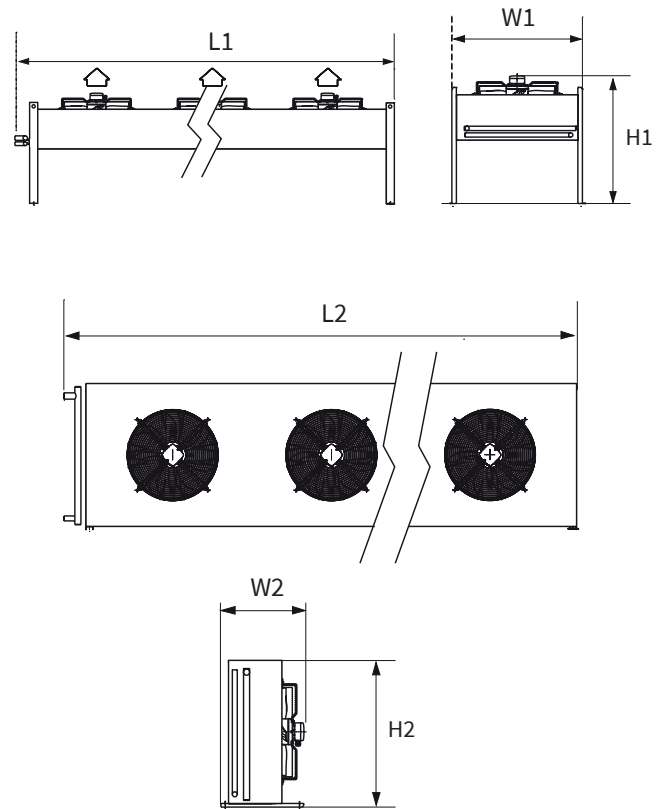
XG type	fans	Dimensions (mm)*					
		L1	H1	W1	L2	H2	W2
351	1	820	600	548	820	529	390
352	2	1420	600	548	1420	529	390
353	3	2020	600	548	2020	529	390
501	1	1165	890	899	1165	826	512
502	2	2065	890	899	2065	826	512
503	3	2965	890	899	2965	826	512
504	4	3865	890	899	3865	826	512
631	1	1265	1204	1102	1265	1036	760
632	2	2265	1204	1102	2265	1036	760
633	3	3265	1204	1102	3265	1036	760
634	4	4265	1204	1102	4265	1036	760
635	5	5265	1204	1102	5265	1036	760
636	6	6265	1204	1102	6265	1036	760

Selection

Selection and pricing is to be performed with our online air heat exchanger selection software [Plair](#). Selection output includes all relevant technical data and dimensional drawings.

Certifications

The Alfa LU-VE quality system is in accordance with ISO 9001. All products are manufactured according to PED regulations.



Code description

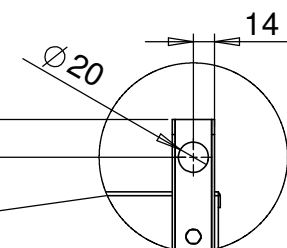
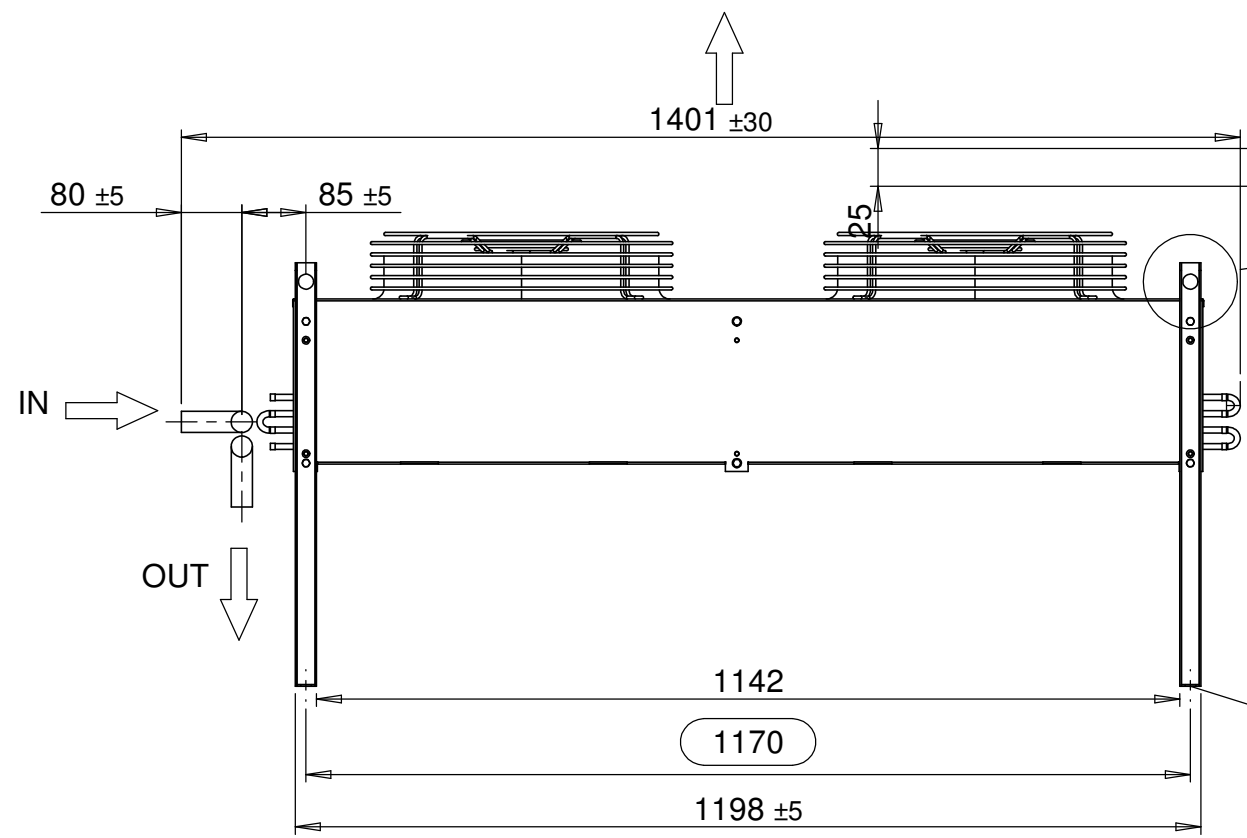
XG	SE	50	2	.1	B	D	6	H/V	BO	*	-	AL	2.1	K65	*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	13	14	15

- AlfaBlue Junior gas cooler
- Sound level/fan code (T=high performance, S=standard, L=low, Q=quiet, R=residential, E=EC fan motor)
- Fan diameter (35=350, 50=500, 63=630 mm)
- No. of fans (1 to 6)
- Version number
- Tube rows code (A, B, C)
- No. of phases (S=1 ph, D=3 ph D connection, Y=3 ph Y connection)
- No. of circuits
- Units are suitable for both horizontal and vertical airflow (mounting feet kit required for vertical airflow setup)
- Packing (BO=box, CR=crate)
- Options
- Fin material/coating (AL=aluminum, IF=industrial fins, SWR=AlMg2.5, CU=Copper, EP=epoxy coated aluminum, FC=F-coat)
- Fin spacing (2.1, 2.5 mm)
- Tube material (K65=copper K65)
- Options

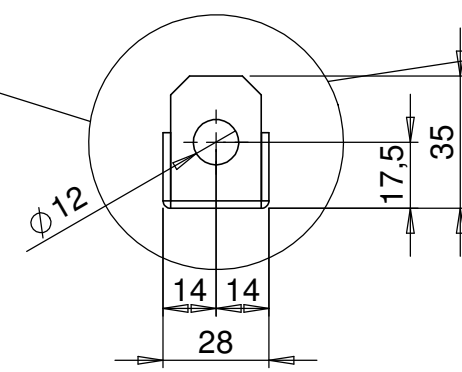
31617746EN-00

Alfa LU-VE is a trademark registered and owned by LU-VE Group. Alfa LU-VE reserves the right to change specifications without prior notification.

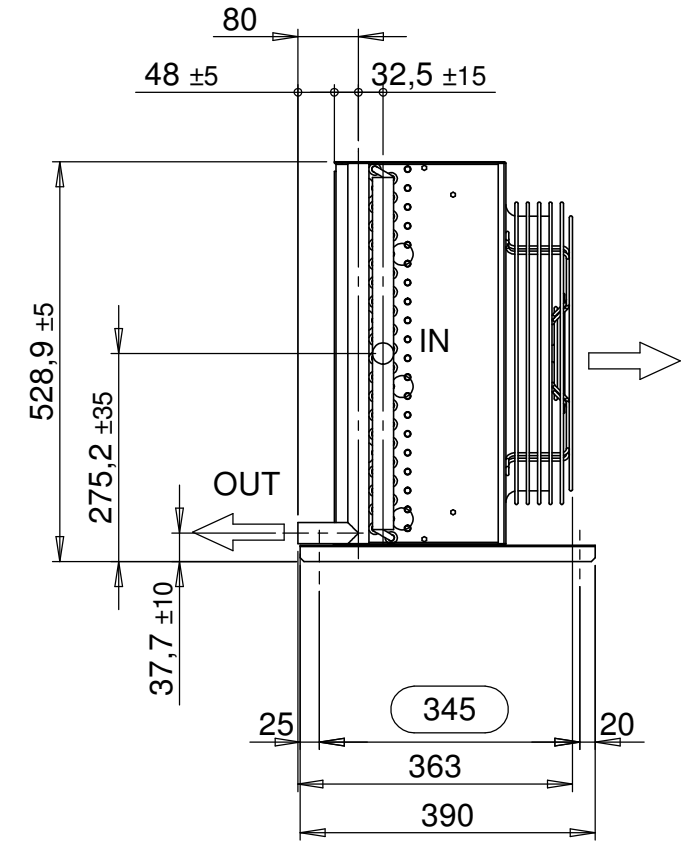
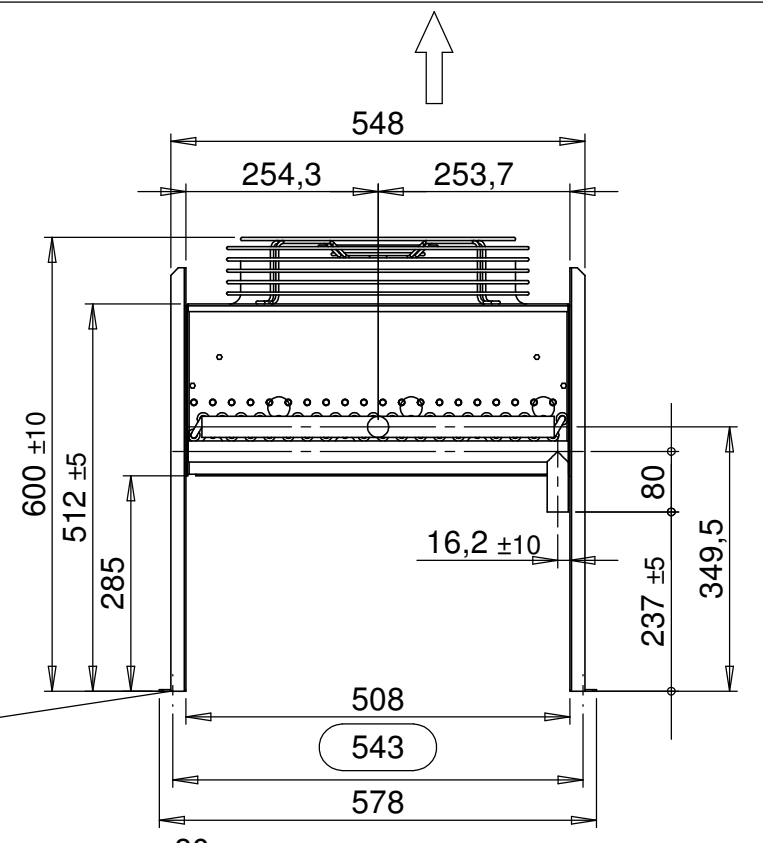
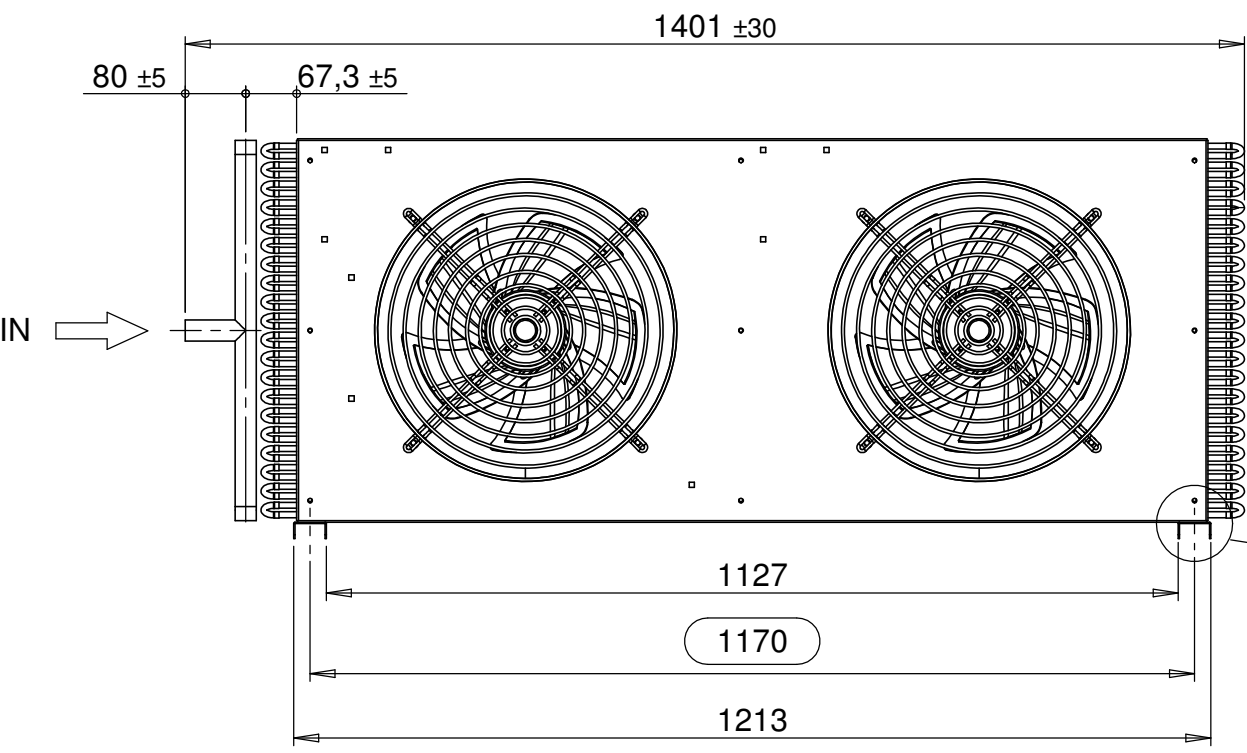
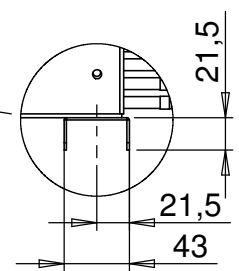





Feet for vertical air flow
n°4 fixing point $\varnothing 12$



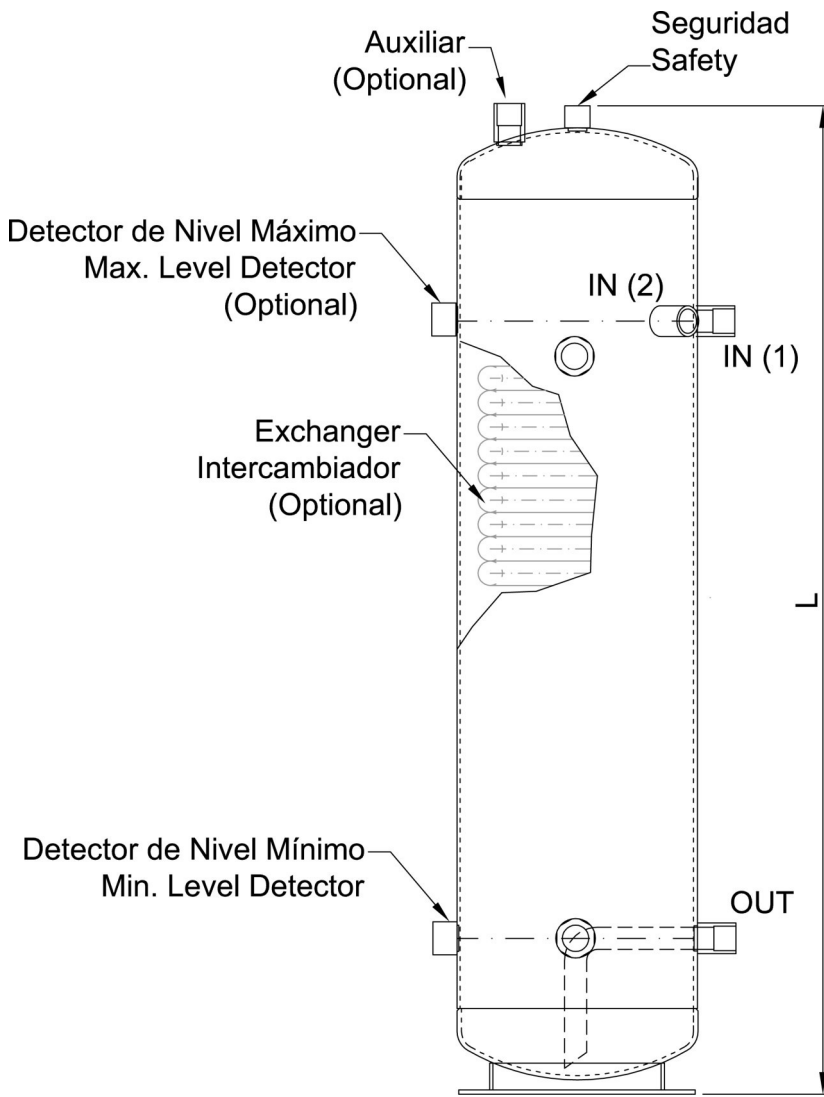
Feet for vertical air flow
n°4 fixing point $\varnothing 14$



 www.alfalaval.com		Scale		1:10
		Format		A3
Alfablue Junior 350				
Tolerance class M EN 22768-1 22768-2				
				AG/AGH/AGX 352-00
				Article number REV

This document and its contents is owned by Alfa Laval AB (publ.) or its affiliates and protected by laws governing intellectual property and thereto related rights. Without limiting any rights related to this document, no part of this document may be copied, reproduced or transmitted in any form or by any means (electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise), or for any purpose, without the expressed permission of Alfa Laval. Nor may it be used in any other way or for any other purpose than expressly permitted by Alfa Laval. Alfa Laval will enforce its rights related to this document to the fullest extent of the law, including the seeking of criminal prosecution.

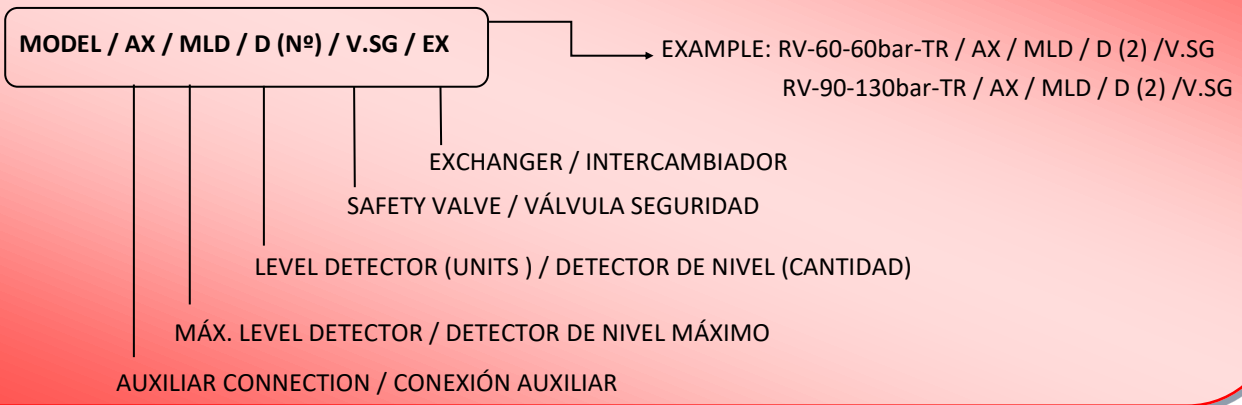
ANEXO B.2 – RESERVATÓRIO DE LÍQUIDO



ORDER / PEDIDO

TO INCLUDE THE ACCESORIES, YOU MUST INDICATE IN YOUR ORDER:

PARA INCLUIR LOS ACCESORIOS, INDICAR EN EL PEDIDO:



ALL THE MODELS ARE PAINTED IN BLACK
TODOS LOS MODELOS SON PINTADOS EN NEGRO



60 bar -10/80°C

Model Modelo	Code Código	V (L)	Ø mm	L mm	IN (1)	IN (2)	OUT	Sightglass Visores	Safety Connection Conexión Seguri- dad	Min. Level Detector / Detector de Nivel Mín.	OPTIONAL / OPCIONAL		
											Conex. Auxiliar	Máx. Level Detector / Detector de Nivel Máx.	Exchanger Intercam- biador
RV10-60bar-TR	91.015	10	193	460	7/8" ODS	-	1/2" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	-	-	5/8"
RV15-60bar-TR	91.016	15		650							-	-	
RV30-60bar-TR	91.017	30	273	642	7/8" ODS	7/8" ODS	7/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	7/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV45-60bar-TR	91.018	45		925									
RV60-60bar-TR	91.019	60		1192									
RV90-60bar-TR (273)	91.020	90	355	1684	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	1-1/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV90-60bar-TR (355)	91.021			1060									
RV120-60bar-TR	91.022			1413	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	1-3/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV150-60bar-TR	91.023	150		1396									
RV180-60bar-TR	91.024	180	406	1646	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	1-3/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV250-60bar-TR	91.025	250		2000									
RV300-60bar-TR	91.026	300		2792									
new RV400-60bar-TR	91.053	400	508	2350	1 5/8" ODS	1 5/8" ODS	1 5/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	2 1/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
new RV500-60bar-TR	91.054	500	610	1780									
new RV750-60bar-TR	91.055	750	610	2738	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	2 5/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
new RV1000-60bar-TR	91.056	1000	813	2040									
new RV1250-60bar-TR	91.057	1250	813	2540	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	2 5/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
new RV1500-60bar-TR	91.058	1500	813	3040									

**130 bar -10/80°C
90 bar -40/80°C**

Model Modelo	Code Código	V (L)	Ø mm	L mm	IN (1)	IN (2)	OUT	Sightglass Visores	Safety Connection Conexión Seguri- dad	Min. Level Detector / Detector de Nivel Mín.	OPTIONAL / OPCIONAL		
											Conex. Auxiliar	Máx. Level Detector / Detector de Nivel Máx.	Exchanger Intercam- biador
RV10-130bar-TR	91.027	10	193	460	7/8" ODS	-	1/2" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	-	-	5/8"
RV15-130bar-TR	91.028	15		650							-	-	
RV30-130bar-TR	91.029	30	273	642	7/8" ODS	7/8" ODS	7/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	7/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV45-130bar-TR	91.030	45		925									
RV60-130bar-TR	91.031	60		1192									
RV90-130bar-TR (273)	91.032	90	355	1684	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	1-1/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV90-130bar-TR (355)	91.033			1060									
RV120-130bar-TR	91.034			1413	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	1-3/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV150-130bar-TR	91.035	150		1396									
RV180-130bar-TR	91.036	180	406	1646	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1-1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	1-3/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
RV250-130bar-TR	91.037	250		2000									
RV300-130bar-TR	91.038	300		2600									
new RV400-130bar-TR	91.059	400	508	2350	1 5/8" ODS	1 5/8" ODS	1 5/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	2 1/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
new RV500-130bar-TR	91.060	500	610	1780									
new RV750-130bar-TR	91.061	750	610	2738	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	2 5/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
new RV1000-130bar-TR	91.062	1000	813	2040									
new RV1250-130bar-TR	91.063	1250	813	2540	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	2 1/8" ODS	1" NPT	1/2" NPT	1/2" NPT	2 5/8" ODS	1/2" NPT	5/8"
new RV1500-130bar-TR	91.064	1500	813	3040									

**CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO PARA TRANSCRÍTICO
WORKING CONDITIONS FOR TRANSCRITICAL**

OPTION 1	OPTION 2	OPTION 3	OPTION 4	OPTION 5
60 bar -10/80°C 45 bar -10/120°C	80 bar -10/80°C	90 bar -10/120°C 60 bar -40/80°C	120 bar -10/80°C 90 bar -40/80°C	130 bar -10/80°C 90 bar -40/80°C

DETECTOR DE NIVEL ELECTRÓNICO PARA CO₂ COMPATIBLE : PAG. 89

LIQUID LEVEL ELECTRICAL GAUGE FOR CO₂ COMPATIBLE : PAGE. 89



ANEXO B.3 – UNIDADE DE CONDENSAÇÃO AUXILIAR R744

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 4 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Unidades de condensação 2

Condições de operação

Refrigerante:	R134a	Temperatura ambiente:	35,0 °C
Temperatura de evaporação (ponto de	-5,0 °C	Sub-resfriamento:	5,0 K
Pressão de evaporação:	2,434 bar	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Superaquecimento útil:	5,0 K	Altitude:	0 m
Superaquecimento adicional:	0 K		
Temperatura do gás de retorno:	0,0 °C		
Condições de classificação:	<i>Padrão</i>		
Capacidade de refrigeração requerida:	<i>1,500 kW</i>		

Seleção: OP-MCZC030MTA02E, R134a

Modelo	OP-MCZC030MTA02E	OP-MGZD030MTA02E	OP-MCZC038MTA02E
Código	114X5012	114X5061	114X5013
Modelo do compressor	MTZ018	MTZ018	MTZ022
Linha de produtos	Optyma™	Optyma™	Optyma™
Versão do produto	A02	A02	A02
Refrigerante	R134a	R134a	R134a
Resfriamento [kW]	1,490	1,519	1,949
COP resfriamento reduzido [W/W]	1,78	1,66	1,81
Potência total [kW]	0,839	0,913	1,077
Corrente total [A]	2,296	2,294	2,834
Frequência [Hz]	50	50	50
Fonte de alimentação	380 - 400 V 3 ph	380 - 400 V 3 ph	380 - 400 V 3 ph
Tc [°C]	46,8	46,0	49,3

Selecione o código e as peças de reposição

Código: 114X5012. OP-MCZC030

Ecodesign

Modelo: OP-MCZC030MTA02E. Em conformidade com o design ecológico 2018		
Refrigerant: R134a		
Item	Valor	Unidade
Temperatura de evaporação	-10,0	°C
Temperatura do gás de retorno	20,0	°C
Parâmetros a plena carga e temperatura ambiente 32,0 °C		
Capacidade de refrigeração calculada	1,202	kW
Potência de entrada calculada	0,748	kW
COP calculado	1,61	
Parâmetros a plena carga e temperatura ambiente 25,0 °C		
Carga térmica	1,375	kW
Potência de entrada	0,718	kW
COP	1,92	
Parâmetros a plena carga e temperatura ambiente 43,0 °C		
Carga térmica	0,931	kW
Potência de entrada	0,775	kW
COP	1,20	

ANEXO B.4 – SEPARADOR DE ÓLEO

Ölabscheider BOS3-CDH → P_{smax}: 130 bar

Die Ölabscheider der Baureihe BOS3-CDH wurden speziell für transkritische CO₂-Anwendungen konzipiert und mit Koaleszenzelementen zur effizienten Ölabscheidung ausgerüstet. Die Filterelemente können bei allen Geräten ausgetauscht werden. Anstelle eines Schwimmerventils besitzen die Ölabscheider einen Anschluss für eine Füllstandsregelung:

- Typ BOS3-CDH-1ZFE: Innengewinde 1/2"-14NPTF für ENC3 (s. Seite 70)
- Typ BOS3-CDH-1AFO ... -1DFO: Flansch für OSC1 (s. Seite 30)

Als Standard ist der Ölabscheider mit einem kombinierten Anschluss für Löt- und Schweißverbindungen ausgeführt. Weitere Anschlussmöglichkeiten können im Serien- bzw. OEM-Geschäft auf Anfrage umgesetzt werden.

Oil separators BOS3-CDH → P_{smax}: 130 bar

The oil separators of the BOS3-CDH series have been specially designed for transcritical CO₂ applications and equipped with coalescence elements for efficient removal of oil. The filter elements can be exchanged. Instead of an internal float valve, the oil separators have a connection for a level control device:

- type BOS3-CDH-1ZFE: female thread 1/2"-14NPTF for ENC3 (see p. 70)
- type BOS3-CDH-1AFO ... -1DFO: flange for OSC1 (see p. 30)

As standard the oil separators are executed with combined welding/soldering connectors. Other connections are available on request for serial and OEM business.



Baureihe / Series **BOS3-CDH + OSC1**

Technische Spezifikation BOS3-CDH

Max. zulässiger Betriebsüberdruck (P_{smax}) im Temperaturbereich

- [1] Zul. Betriebstemperatur: 140 ... -10°C → P_{s1} = 130 bar
bzw.: 160 ... -10°C → P_{s1} = 120 bar
- [2] Zul. Betriebstemperatur: -10 ... -40°C → P_{s2} = 97,5 bar

Technical specification BOS3-CDH

Max. allowable operating pressure (P_{s max}) according to the temp. range

- [1] Allow. operating temperature: 140 ... -10°C → P_{s1} = 130 bar
resp.: 160 ... -10°C → P_{s1} = 120 bar
- [2] Allow. operating temperature: -10 ... -40°C → P_{s2} = 97.5 bar

Technische Daten							Technical data							
Ölabscheider Oil Separator	Schweiß- anschluss Welding connection	Lötanschluss Solder connection	Geräte- volumen Device volume	Hochdruck High pressure	Gaskühler- austritt Gas cooler outlet temp.	Maximaler Verdichter-Massenstrom bei 10K Überhitzung [kg/h] Maximum mass flow compressor based on 10K superheat [kg/h]								
Typ / Type	Ø DN*	Ø DL* mm	Ø DL* inch	V _{BOS} l	bar	°C	Verdampfungstemperatur / Evaporating temperature [°C]							
							15	10	5	0	-5	-10	-15	-20
BOS3-CDH-1ZFE	DN 10 (Ø17,2)	10	3/8	1,2	75	30	741	679	621	568	518	470	425	381
					90	35	740	673	611	553	499	448	398	350
					100	40	730	660	596	536	479	425	373	323
					120	50	693	618	549	485	424	366	310	256
BOS3-CDH-1AFO	DN25 (Ø33,7)	28	1.1/8	4,3	75	30	5126	4693	4296	3927	3581	3253	2939	2635
					90	35	5120	4654	4226	3827	3452	3095	2753	2422
					100	40	5051	4566	4120	3704	3312	2939	2581	2234
					120	50	4791	4275	3799	3354	2933	2532	2146	1770
BOS3-CDH-1BFO	DN32 (Ø42,4)	35	1.3/8	10,2	75	30	13146	12014	10976	10011	9105	8245	7421	6625
					90	35	13049	11832	10712	9670	8689	7756	6860	5993
					100	40	12811	11546	10381	9295	8271	7295	6358	5449
					120	50	12023	10679	9436	8274	7176	6127	5116	4133
BOS3-CDH-1CFO	DN50 (Ø60,3)	54	2.1/8	26,3	75	30	26341	24074	21993	20060	18244	16521	14870	13275
					90	35	26146	23708	21465	19377	17411	15541	13746	12008
					100	40	25670	23136	20802	18625	16573	14619	12739	10918
					120	50	24091	21398	18908	16580	14379	12277	10251	8282
BOS3-CDH-1DFO	DN80 (Ø80,3)	80	3.1/8	95	75	30	52682	48148	43986	40120	36488	33042	29740	26550
					90	35	52292	47416	42930	38754	34822	31082	27492	24016
					100	40	51340	46272	41604	37250	33146	29238	25478	21836
					120	50	48182	42796	37816	33160	28758	24554	20502	16564

* Siehe auch Maßzeichnung auf der folgenden Seite / See dimensional drawing on the next page

Abmessungen									Dimensions			
Ölabscheider CO ₂ transkritisch mit Anschluss für Füllstandsregelung (2): Oil Separator CO ₂ transcritical with connection for level control (2):		Abmessungen Dimensions							Service- Abstand Service space	Gewicht Weight	Öl-Füll- menge First oil charge	Ersatz- patrone Replacement element
Typ Type	Anschluss (Zubehör)* Connection (Accessories)*	ØD mm	ØD1 mm	H mm	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	e mm	kg	l	Typ / Type**
BOS3-CDH-1ZFE	Thread 1/2"-14NPTF (ENC)	76	135	431	198	333	178	143	200	8,7	0,5	FK3-10
BOS3-CDH-1AFO	Flansch / flange (OSC-1)	114	175	656	215	530	185	165	300	23	0,9	FK3-25
BOS3-CDH-1BFO	Flansch / flange (OSC-1)	159	220	798	241	651	201	181	400	47	1,7	FK3-32
BOS3-CDH-1CFO	Flansch / flange (OSC-1)	219	280	1029	278	833	228	198	520	100	4,1	FK3-50
BOS3-CDH-1DFO	Flansch / flange (OSC-1)	324	324	1688	307	1437	267			285	8,5	FK3-80

* bitte separat bestellen / please order separately ** Inklusive Dichtungen für Patrone und Flansch (siehe S.78) / Incl. required gaskets for cartridge and flange (see p.78)

Anschluss Ein- / Austritt
Connection IN / OUT

1) Anschluss Ölrückführung
Connection oil return

2) Anschluss für Füllstandsüberwachung,
Darstellung mit optionalem Zubehör
Connection for Level control,
figure with optional accessory

Typ/type
BOS3-CDH-1..FO
mit / with OSC-1

Typ/type
BOS3-CDH-1ZFE
mit / with ENC3-1/2"-NPT

Fußbilder / Views of the foot:

Typ/type BOS3-CDH-1ZFE

Typ/type BOS3-CDH-1AFO

Typ/type
BOS3-CDH-1BFO
BOS3-CDH-1CFO
BOS3-CDH-1DFO

Typ Type	Anschlüsse Ein- und Austritt Connection IN / OUT				Anschluss Ölrückführung (1) Connection Oil return (1)			Fußbefestigung Foot mounting		
	ØDN	ØDN mm	ØDL mm	ØDL inch	ØDN mm	ØDL mm	A mm	ØDF mm	ØTF mm	ØBF x B mm
BOS3-CDH-1ZFE	DN10	17,2	10,2	3/8	10	6,2	25	85	70	8 (4x)
BOS3-CDH-1AFO	DN25	33,7	28	1.1/8	10	6,2	25	150	120	11 x 35 (4x)
BOS3-CDH-1BFO	DN32	42,4	35	1.3/8	10	6,2	25	250	220	11 x 20 (8x)
BOS3-CDH-1CFO	DN50	60,3	54	2.1/8	10	6,2	25	250	220	11 x 20 (8x)
BOS3-CDH-1DFO	DN80	88,9	80	3.1/8	17,2	12,2	10	400	345	17 x 20 (8x)

ANEXO B.5 – RESERVATÓRIO DE ÓLEO

Ölsammler OSA-CDH → **Psmax: 130 bar**

Oil reservoirs OSA-CDH → **Psmax: 130 bar**

Technische Spezifikation

Max. zulässiger Betriebsüberdruck (Psmax)
im Temperaturbereich

- [1] Zul. Betriebstemperatur: 100 ... -10°C → Ps1 = 130 bar
- [2] Zul. Betriebstemperatur: -10 ... -40°C → Ps2 = 97,5 bar

Technical specification

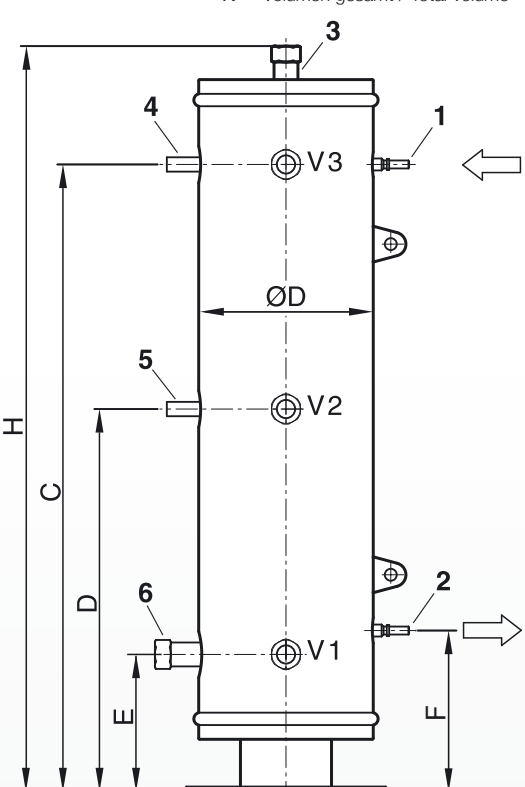
Max. allowable operating pressure (Ps max)
according to the temp. range

- [1] Allow. operating temperature: 100 ... -10°C → Ps1 = 130 bar
- [2] Allow. operating temperature: -10 ... -40°C → Ps2 = 97,5 bar

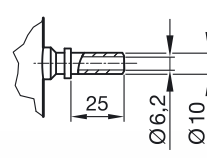
Auslegung Ölsammler						Selection of oil reservoirs						
Ölsammler Oil reservoir	Verdichter-Anzahl und Ölfüllung pro Verdichter [Liter] Number of compressors and oil charge per compressor [litres]											
Typ / Type	Stck./pcs		l		Stck./pcs		l		Stck./pcs		l	
OSA-5-CDH	3	2	4	1,5								
OSA-12-CDH	3	4	4	3,0	5	2,5	6	1,6	7	1,4	8	1,2
OSA-23-CDH	3	6,8	4	5,1	5	4,1	6	3,4	7	2,9	8	2,5

Technische Daten						Technical data					
Ölsammler Oil reservoir	Inhalt Volume				Abmessungen Dimensions						Gewicht Weight
Typ Type	Vt l	V1 l	V2 l	V3 l	ØD mm	H mm	E mm	D mm	C mm	F mm	kg
OSA-5-CDH	5,0	0,8	2,5	4,5	114	782	166	391	636	166	16,4
OSA-12-CDH	12,0	1,5	6,0	10,9	159	949	182	482	802	182	38,6
OSA-23-CDH	23,0	2,5	11,5	20,5	219	928	168	476	783	198	68

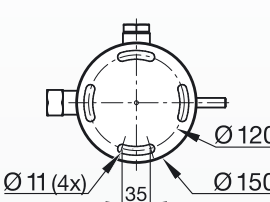
Vt = Volumen gesamt / Total volume



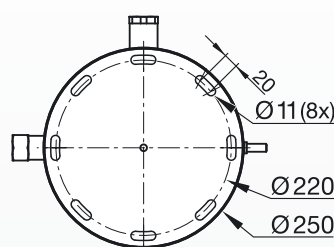
**Anschluss Ein- / Austritt
Connection IN / OUT**



Fußbilder / Foot views
Typ/type OSA-5-CDH



Typ/type OSA-12-CDH / OSA-23-CDH



Anschlüsse:

- 1, 2 Komb. Anschluss: löt- und schweißbar, (siehe Detailzeichnung)
- 3 1/2"-14 NPTF Sicherheitsventil
- 4 1/4"-18 NPTF Druckdifferenzventil
- 5 1/4"-18 NPTF Füllstutzen
- 6 1/2"-14 NPTF Füllstandskontrolle ENC

Connections:

- 1, 2 Combined connection: weldable and solderable (see detailed drawing)
- 3 1/2"-14 NPTF Safety valve
- 4 1/4"-18 NPTF Differential pressure valve
- 5 1/4"-18 NPTF Charging
- 6 1/2"-14 NPTF Level control ENC

ANEXO B.6 – VÁLVULAS DE EXPANSÃO ELETRÔNICA

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 31 de Agosto de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

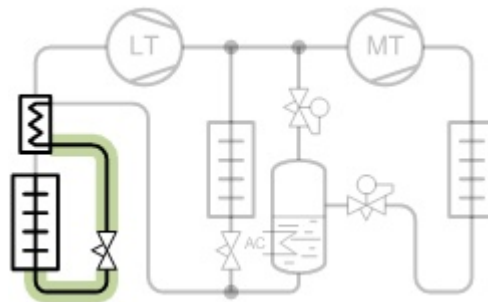
Válvula de expansão eletrônica: Válvula de expansão eletrônica 2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-10,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	26,49 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	37,5 °C	Temperatura de descarga:	127,3 °C
Capacidade de aquecimento:	50,45 kW	Fluxo de massa na linha:	174,0 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	5,0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Crítérios de seleção: Carga: 80. Perda de carga do distribuidor: 0 bar



Seleção: AKV 10PS6



Tipo	AKV 10PS4	AKV 10PS5	AKV 10PS6	AKV 10PS7	AKV 10PS8
------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

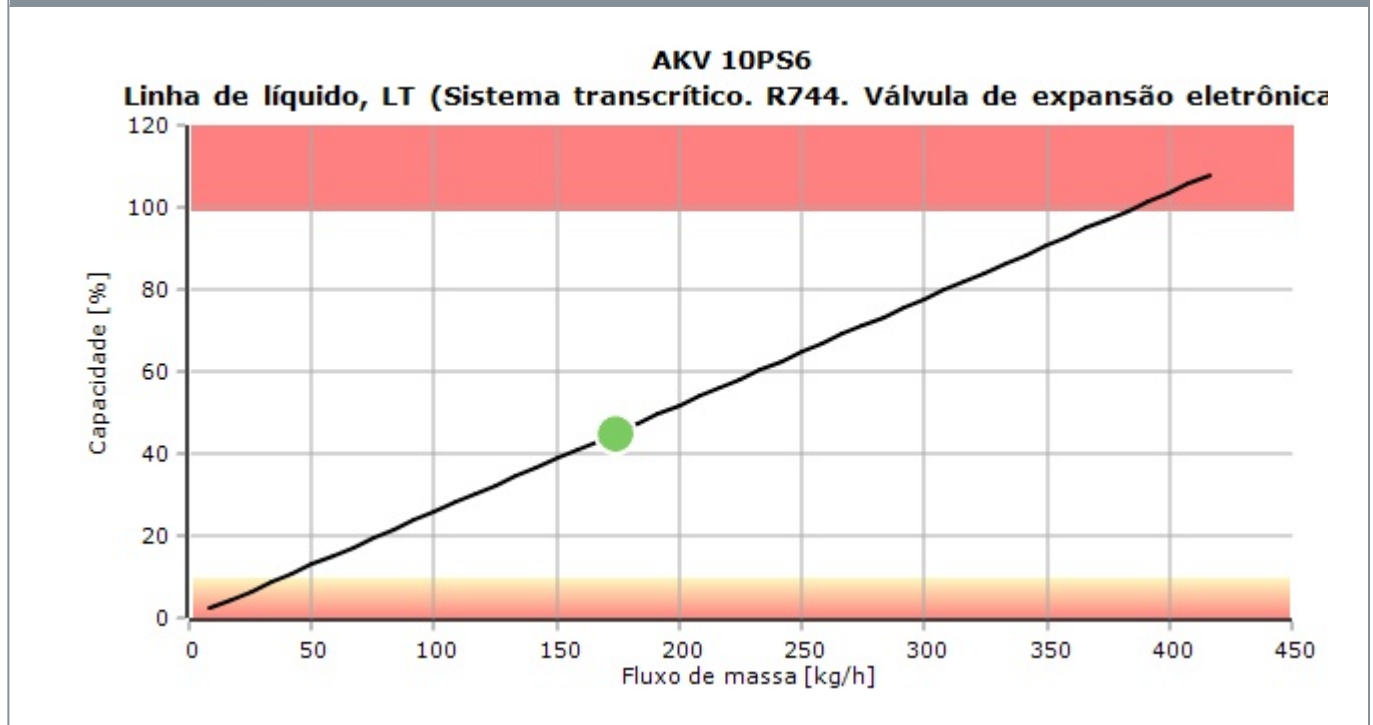
Coolselector2

NS	10	10	10	12	12
Capacidade máxima [kW]	11,18	15,55	27,72	45,01	60,81
Capacidade mínima [kW]	1,118	1,555	2,772	4,501	6,081
Carga [%]	112	80	45	28	21
DP [bar]	23,42	23,42	23,42	23,42	23,42
Velocidade, entrada [m/s]	1,02	1,02	1,02	0,81	0,81
PS/MWP [bar]	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00

Código selecionado para AKV 10PS6

AKV 10PS6: 068F4036. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 31 de Agosto de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

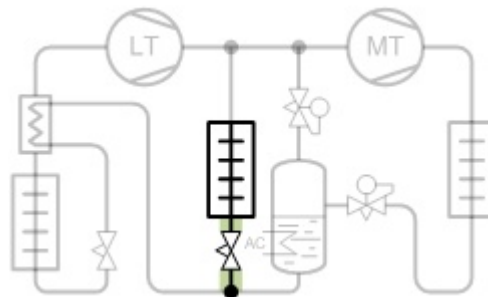
Válvula de expansão eletrônica: Válvula de expansão eletrônica 2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	3,100 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	50,1 °C	Temperatura de descarga:	133,5 °C
Capacidade de aquecimento:	27,02 kW	Fluxo de massa na linha:	43,98 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	5,0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Carga: 80. Perda de carga do distribuidor: 0 bar



Seleção: AKV 10P4



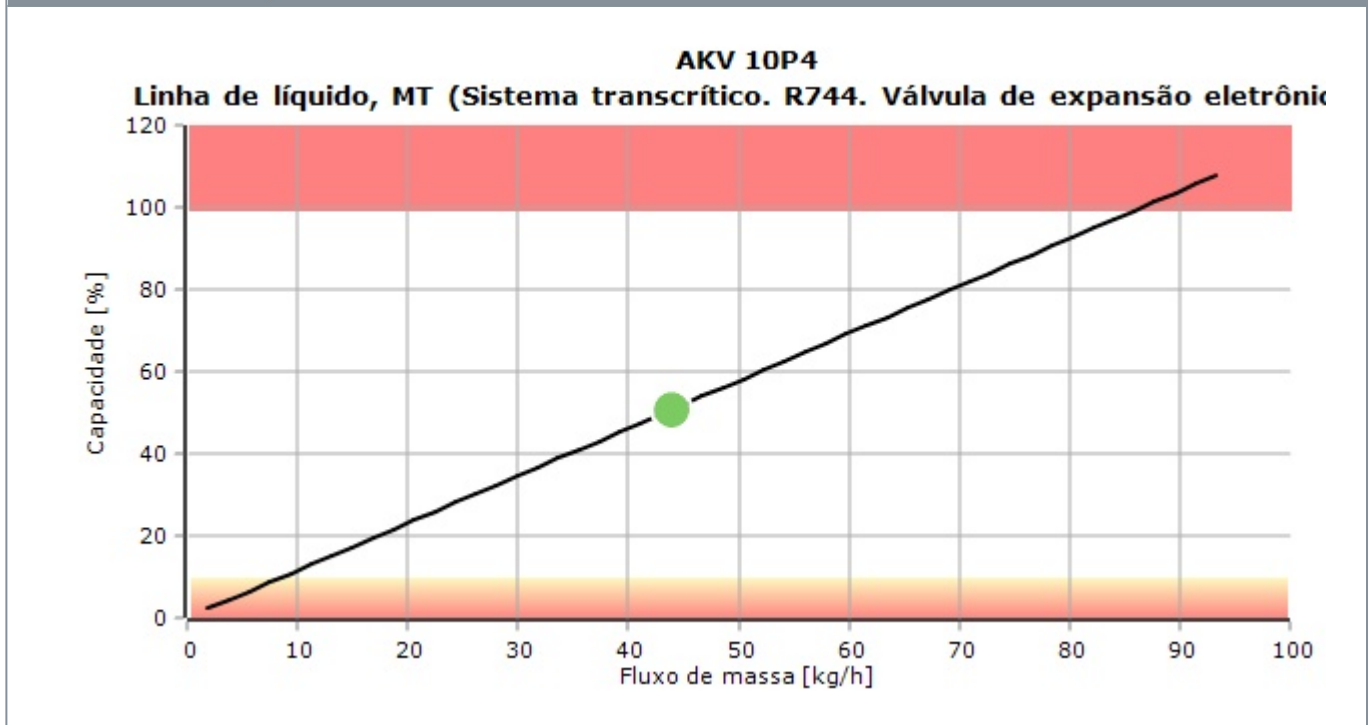
Tipo	AKV 10P2	AKV 10P3	AKV 10P4	AKV 10P5	AKV 10P6
------	----------	----------	----------	----------	----------

NS	10	10	10	10	10
Capacidade máxima [kW]	2,055	3,142	6,099	8,488	15,13
Capacidade mínima [kW]	0,206	0,314	0,610	0,849	1,513
Carga [%]	151	99	51	37	20
DP [bar]	7,242	7,242	7,242	7,242	7,242
Velocidade, entrada [m/s]	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
PS/MWP [bar]	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00

Código selecionado para AKV 10P4

AKV 10P4: 068F5204. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 31 de Agosto de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

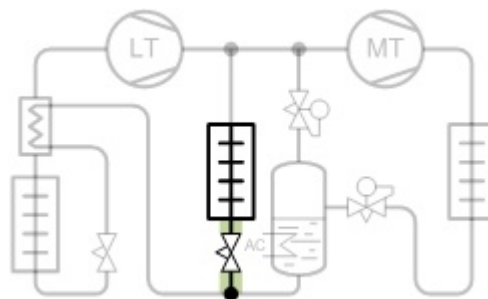
Válvula de expansão eletrônica: Válvula de expansão eletrônica 2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	13,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-10,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	26,49 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	37,5 °C	Temperatura de descarga:	129,0 °C
Capacidade de aquecimento:	44,11 kW	Fluxo de massa na linha:	191,1 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	5,0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Carga: 80. Perda de carga do distribuidor: 0 bar



Seleção: AKV 10PS6



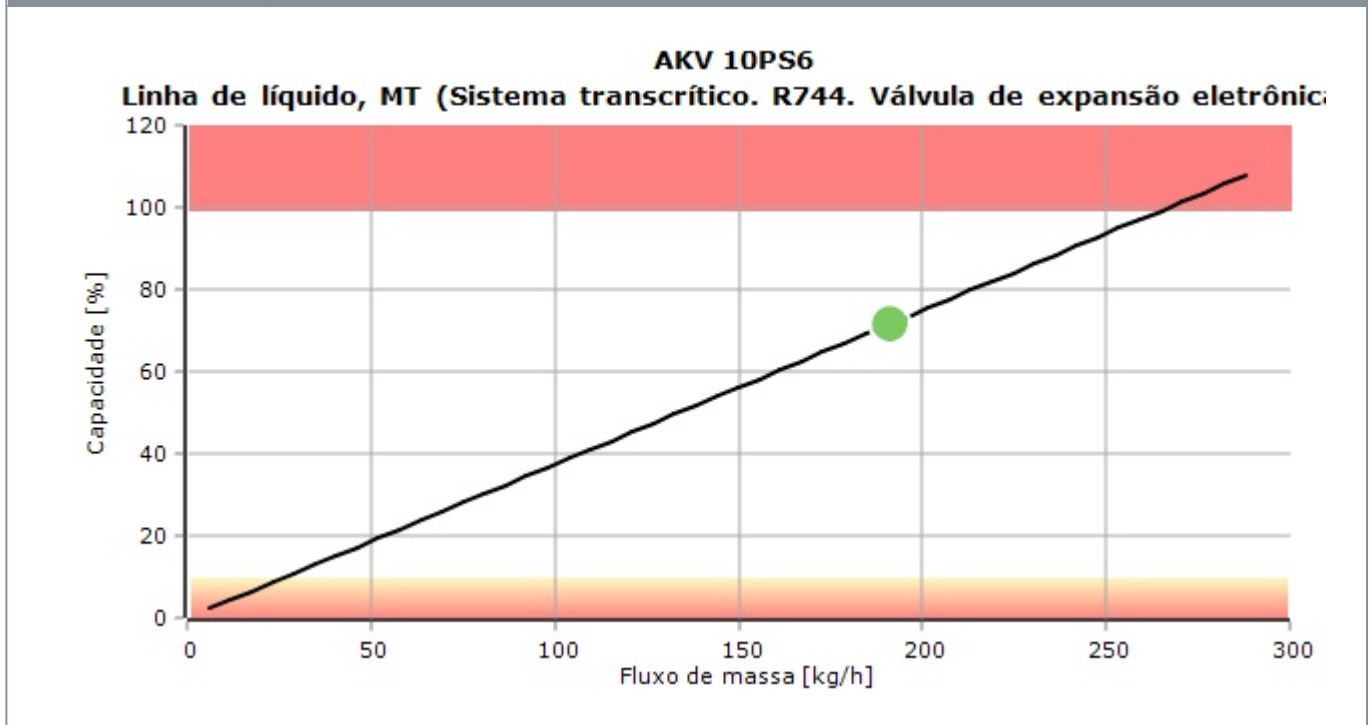
Tipo	AKV 10PS4	AKV 10PS5	AKV 10PS6	AKV 10PS7	AKV 10PS8
------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

NS	10	10	10	12	12
Capacidade máxima [kW]	7,606	10,58	18,87	30,64	41,46
Capacidade mínima [kW]	0,761	1,058	1,887	3,064	4,146
Carga [%]	177	128	72	44	33
DP [bar]	11,21	11,21	11,21	11,21	11,21
Velocidade, entrada [m/s]	1,12	1,12	1,12	0,88	0,88
PS/MWP [bar]	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00

Código selecionado para AKV 10PS6

AKV 10PS6: 068F4036. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



ANEXO B.7 – UNIDADE DE RECUPERAÇÃO DE CALOR

Alfa Laval AXP14

Trocador de calor brasado a placas para requisitos de pressão extrema

Introdução

O Alfa Laval AXP é especificamente projetado para funcionar em aplicações de ar condicionado e outras aplicações de refrigeração, em que os requisitos de pressão são extremamente altos.

Aplicações

Devido ao seu desempenho de alta pressão, são particularmente adequados para aplicações de CO₂, tais como resfriamento de gás transcrito.

Benefícios

- Suporta pressões de operação extremamente altas
- Compacto
- Fácil de instalar
- Autolimpante
- Baixo nível de serviço e manutenção necessários
- Todas as unidades são testadas em relação a pressão e vazamento
- Sem gaxeta

Características da marca



PressureSecure Força inigualável para tarefas exigentes



REFuture Um investimento à prova de futuro para os refrigerantes de amanhã



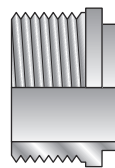
ValuePlus Suporte total - com opções de valor agregado para atender às suas necessidades

Projeto

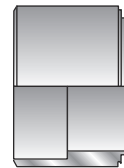
O material de soldagem veda e mantém as placas juntas nos pontos de contato, garantindo a eficiência ideal da transmissão de calor e resistência à pressão. Usando avançadas tecnologias de projeto e verificação extensiva, garante o mais alto desempenho e uma vida útil o mais longa possível.



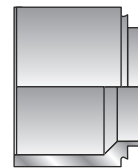
Exemplos de conexões



Rosca externa



Soldagem



Solda

Dados técnicos

Materiais padrão

Placas de cobertura	Aço inoxidável
Conexões	Aço inoxidável
Placas	Aço inoxidável
Adição de soldagem	Cobre

Dimensões e peso ¹

Medida A (mm)	$8 + (1.15 * n)$
Medidas A (polegadas)	$0.31 + (0.05 * n)$
Peso (kg) ²	$0.323 + (0.04 * n)$
Peso (lb) ²	$0.71 + (0.09 * n)$

¹ n = número de placas

² Exceto conexões

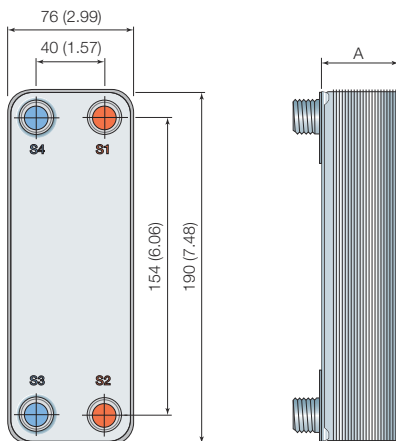
Dados padrão

Volume por canal, litros (gal)	0.01 (0.0026)
Tamanho máx. da partícula, mm (polegadas)	0.4 (0.016)
Taxa de fluxo máx. ¹ m ³ /h (gpm)	2.8 (12.3)
Direção do fluxo	Paralelo
Número mínimo de placas	10
Número máximo de placas	150

¹ Água a 5 m/s (16,4 pés/s) (velocidade de conexão)

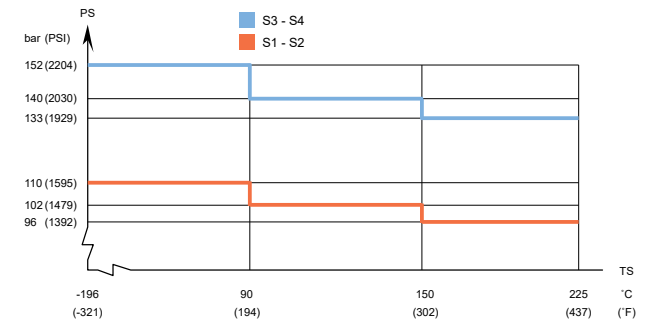
Desenho dimensional

Medidas em mm (polegadas)

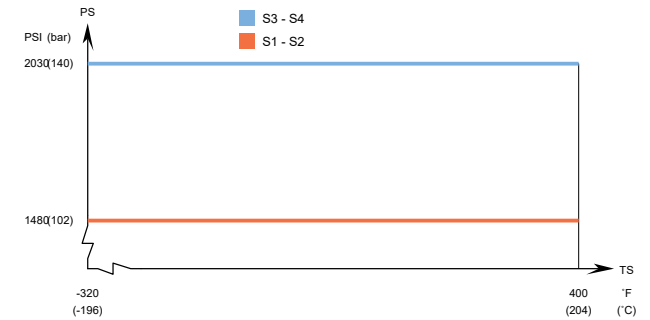


Pressão e temperatura do projeto

AXP14 - Gráfico de pressão/temperatura com aprovação do PED (90 e 150)



AXP14 - Gráfico de pressão/temperatura com aprovação do UL



Projetado para vácuo total.

Os trocadores de calor a placas da Alfa Laval estão disponíveis em uma ampla variedade de aprovações de tanque de pressão. Entre em contato com o representante da Alfa Laval para obter mais informações.

NOTA: Os valores acima devem ser usados como uma indicação. Para obter os valores exatos, use o desenho gerado pelo configurador da Alfa Laval ou entre em contato com o representante da Alfa Laval.

This document and its contents are subject to copyrights and other intellectual property rights owned by Alfa Laval Corporate AB. No part of this document may be copied, re-produced or transmitted in any form or by any means, or for any purpose, without Alfa Laval Corporate AB's prior express written permission. Information and services provided in this document are made as a benefit and service to the user, and no representations or warranties are made about the accuracy or suitability of this information and these services for any purpose. All rights are reserved.

Como contatar a Alfa Laval

Informações atualizadas sobre contatos da Alfa Laval em todos os países encontram-se disponíveis em nosso site, em www.alfalaval.com e www.alfalaval.com.br.

**ANEXO B.8 – VÁLVULAS DE ALÍVIO DE PRESSÃO E DETETORES DE
R744**

Coolselector2

Informação de projeto

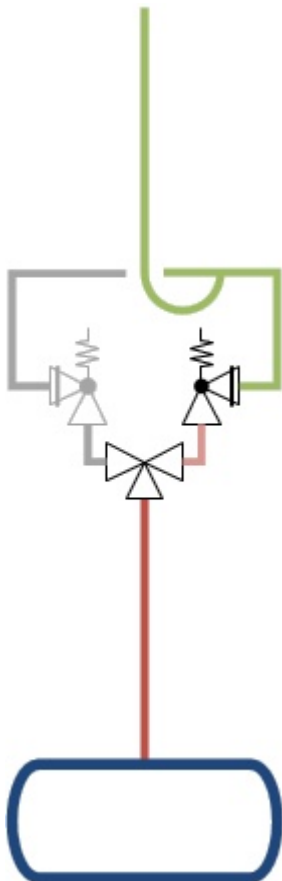
Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Válvula de alívio de segurança 2

Condições de operação

Cálculos de acordo com: EN 13136:2013+A1:2018
 Alívio externo (para ambiente)
 Refrigerante: R744
 Pressão de retorno, absoluta: 1,000 bar

Tanque 1



Válvula de alívio de segurança e válvula de comutação: SFA 10H + DSV 10 (15-15)

Coefficiente de descarga certificado desclassificado: 0,83

Área de fluxo: 36,3 mm²

Valor Kv da válvula de comutação: 5,5 m³/h

Pressão de ajuste, manômetro: 42,00 bar

Temperatura de entrada: 11,9 °C

Aliviar a pressão, absoluta: 47,20 bar

Capacidade requerida: 216,2 kg/h

Capacidade da válvula selecionada: 1888 kg/h

Capacidade da válvula ajustada: 1510 kg/h

Perda de pressão de entrada (1,1%): 0,522 bar

Perda de pressão de saída (0,0%): 0 bar

Resultado: OK

Tanque

Tipo: Cilíndrico

Diâmetro: 0,27 m

Comprimento: 1,19 m

Área de superfície: 1,139 m²

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
Comentários:
Criado por:
Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
Impresso: 5 de Setembro de 2023
Preferências usadas: Todas as aplicações

Gas detector, food retail 1

Gas detector, food retail DGS-IR CO2 5m

Refrigerante: R744 (CO2)
Equipment: Remote sensor 5m
Default Alarm level: 5000 ppm
Measuring range: 0 - 20000 ppm
Faixa de temperatura: -35 - 50 °C | -31 - 122 °F
Sensor type: Infrared
Código: 080Z2801



ANEXO B.9 – VÁLVULAS SOLENOIDE DE SECCIONAMIENTO

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

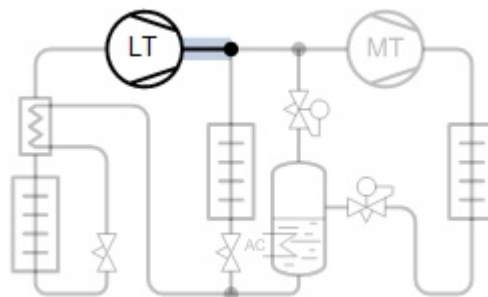
Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	181,8 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de descarga, LT

Crítérios de seleção: Perda de carga: 0,100



Seleção: EVU 3



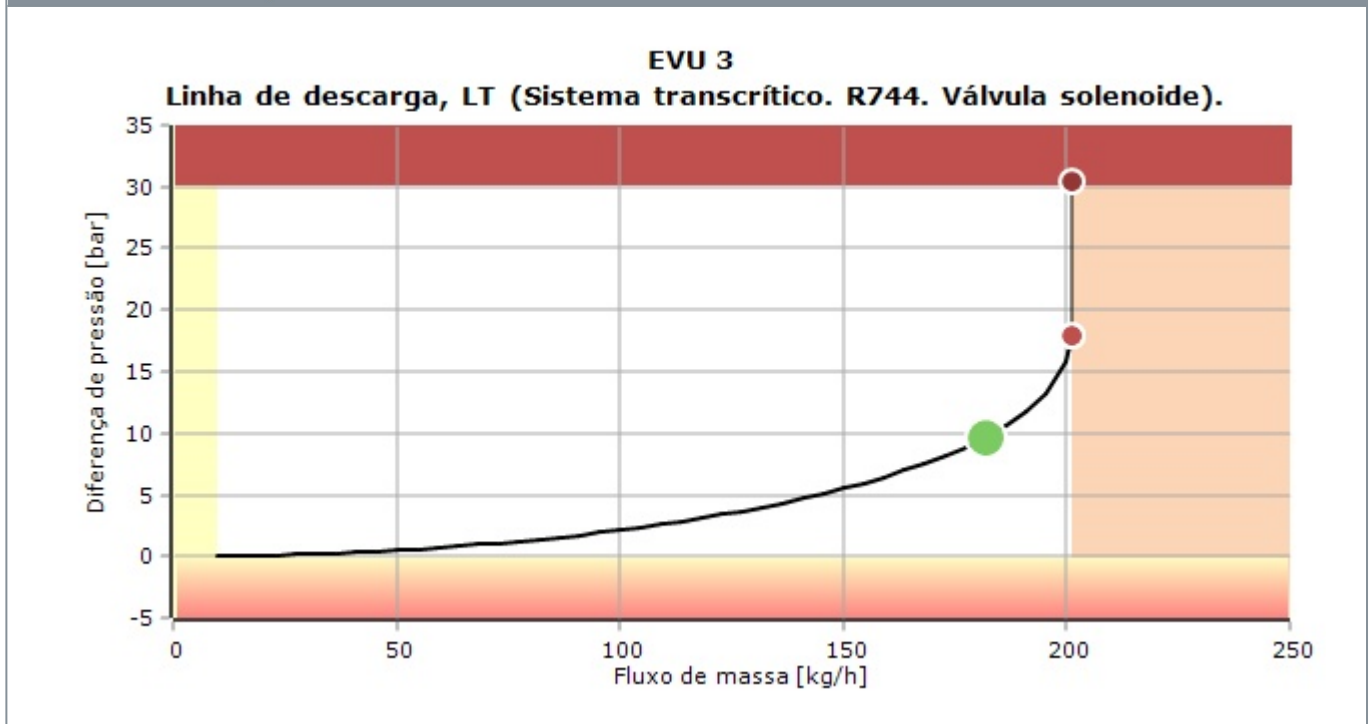
Tipo	EVU 1	EVU 2	EVU 3	EVU 4	EVU 5
NS	6	6	6	10	10

Kv [m ³ /h]	0,1	0,2	0,3	0,5	0,65
DP [bar]	17,91	17,91	9,690	2,587	1,466
DT_sat [K]	28,8	28,8	13,3	3,2	1,8
Velocidade, entrada [m/s]	71,12	71,12	71,12	17,78	17,78
PS/MWP [bar]	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para EVU 3

EVU 3: 032F5024. Min. quantidade de pedido 40 pçs. Pode não estar disponível em seu país

Curva de desempenho



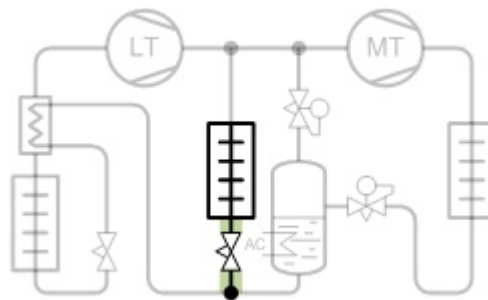
Válvula solenoide: Válvula solenoide 2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	261,4 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Velocidade: 1,00



Seleção: EVT 3

Resíduos na linha de líquido



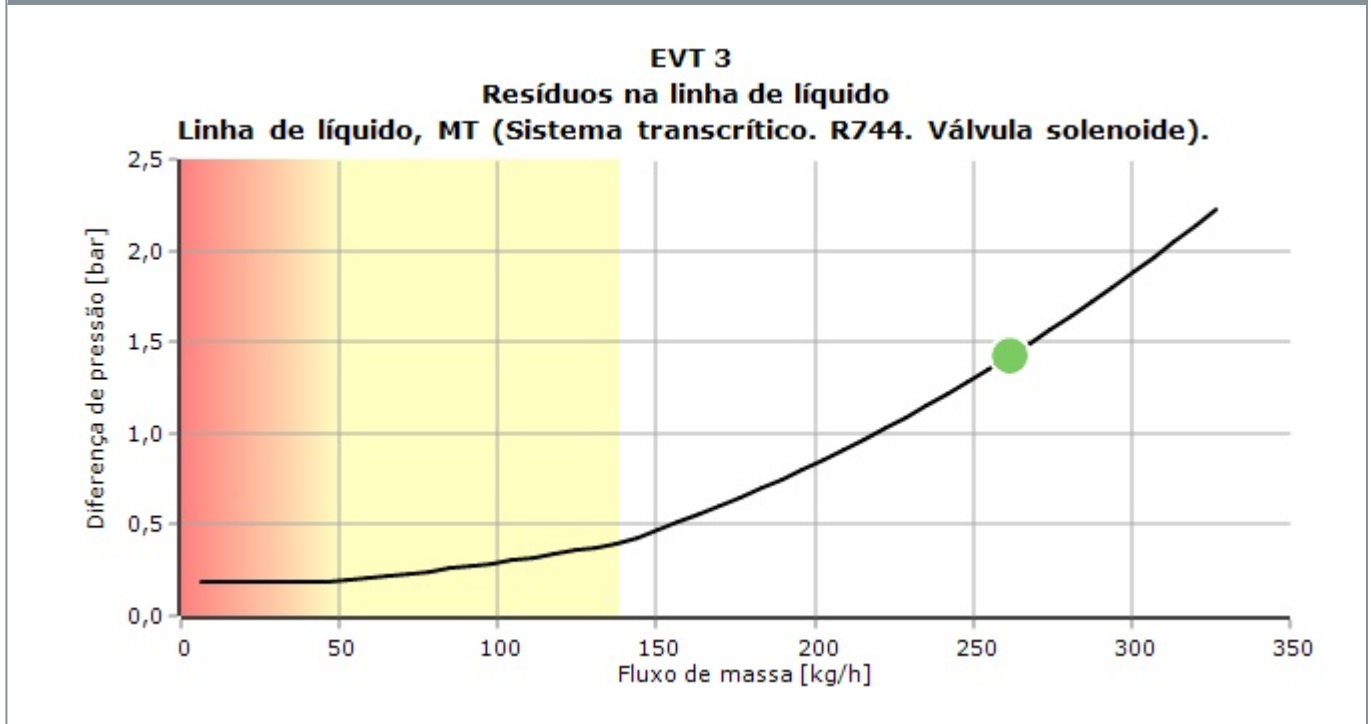
Tipo	EVT 1.2	EVT 2	EVT 3
NS	6	6	6
Kv [m ³ /h]	0,05	0,1	0,23
DP_100 [bar]	0	0,400	0,400
DP_min [bar]	0	0,190	0,188
Kv_calc [m ³ /h]	0,05	0,1	0,23
DP [bar]	30,10	7,524	1,422
DT_sat [K]	50,3	8,3	1,5
Grau de abertura [%]	-	100	100
Carga [%]	-	434	189
Carga parcial possível [%]	-	15	19

Velocidade, entrada [m/s]	5,02	5,02	5,02
PS/MWP [bar]	140,0	140,0	140,0
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para EVT 3

EVT 3.0: 068F0611. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



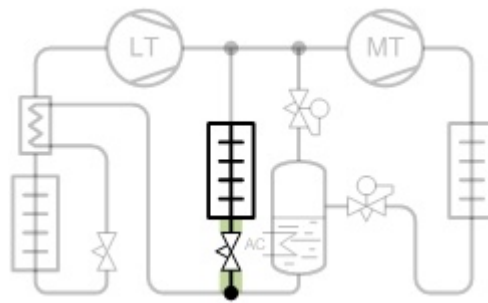
Válvula solenoide: Válvula solenoide 3

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	261,4 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Velocidade: 1,00



Seleção: AKVA 10-6

Resíduos na linha de líquido



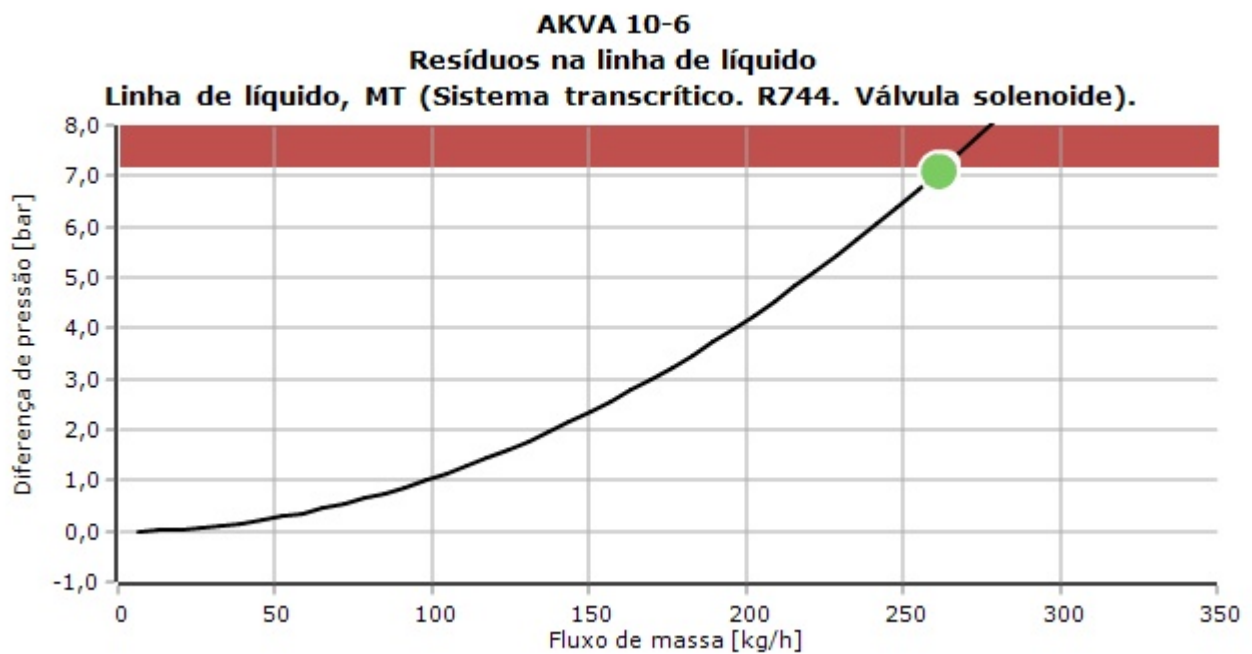
Tipo	AKVA 10-4	AKVA 10-5	AKVA 10-6	AKVA 10-7	AKVA 10-8
NS	10	10	10	15	15
Kv [m ³ /h]	0,038	0,055	0,103	0,162	0,251
DP_100 [bar]	0	0	0	0	0
DP_min [bar]	0	0	0	0	0
Kv_calc [m ³ /h]	0,038	0,055	0,103	0,162	0,251

DP [bar]	30,54	24,87	7,093	2,867	1,194
DT_sat [K]	51,8	36,1	7,8	3,0	1,2
Grau de abertura [%]	-	-	-	-	-
Carga [%]	-	-	-	-	-
Carga parcial possível [%]	-	-	-	-	-
Velocidade, entrada [m/s]	0,64	0,64	0,64	0,36	0,36
PS/MWP [bar]	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para AKVA 10-6

AKVA 10-6: 068F3266. Pode não estar disponível em seu país

Curva de desempenho



Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

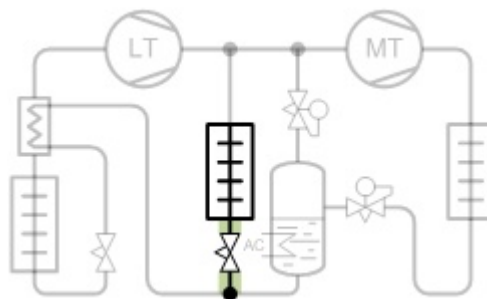
Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	261,4 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Velocidade: 10,00



Seleção: EVT 3

Resíduos na linha de líquido



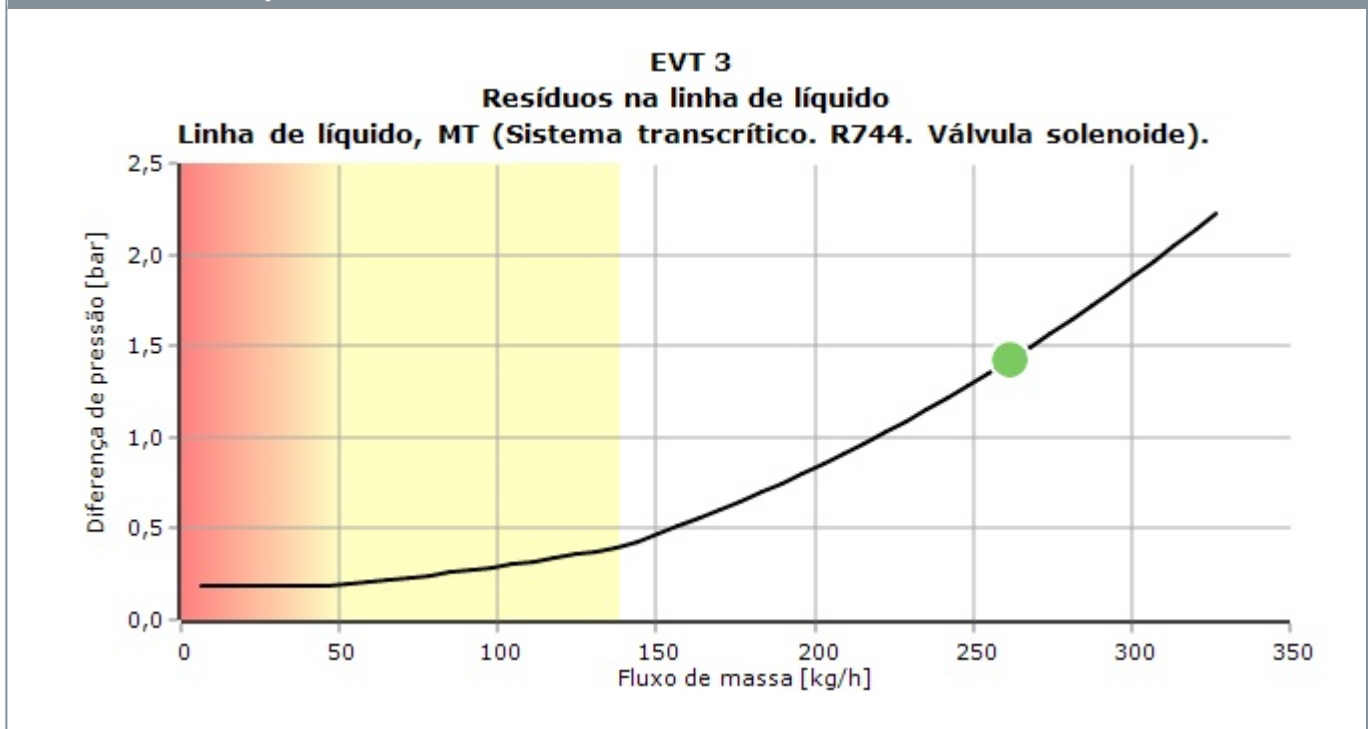
Tipo	EVT 1.2	EVT 2	EVT 3
NS	6	6	6
Kv [m ³ /h]	0,05	0,1	0,23

DP_100 [bar]	0	0,400	0,400
DP_min [bar]	0	0,190	0,188
Kv_calc [m ³ /h]	0,05	0,1	0,23
DP [bar]	30,10	7,524	1,422
DT_sat [K]	50,3	8,3	1,5
Grau de abertura [%]	-	100	100
Carga [%]	-	434	189
Carga parcial possível [%]	-	15	19
Velocidade, entrada [m/s]	5,02	5,02	5,02
PS/MWP [bar]	140,0	140,0	140,0
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para EVT 3

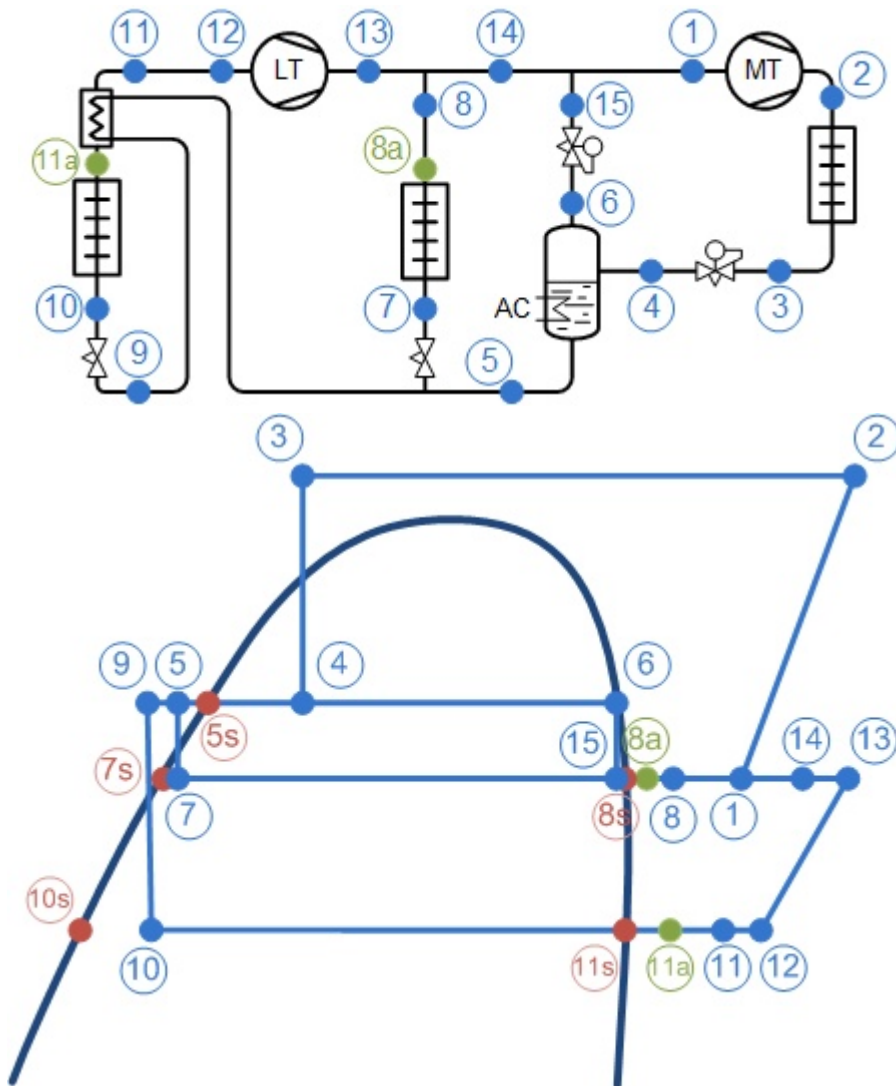
EVT 3.0: 068F0611. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



Coolselector2

Diagramas do sistema



Fluxos de massa

Fluxo de massa do evaporador LT: 181,8 kg/h

Fluxo de massa do evaporador MT: 261,4 kg/h

Fluxo de massa, gas bypass: 393,9 kg/h

Fluxo de massa, compressor MT: 837,1 kg/h

Pontos de estado

Ponto	Descrição	Temperatura [°C]	Pressão (a) [bar]	Densidade [kg/m ³]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/(kg·K)]
1	Sucção do compressor MT	7,1	30,46	74,17	451,4	1,938
2	Descarga do compressor MT (estimada)	121,9	105,0	175,9	532,2	1,996
3	Saida do gas cooler	41,0	105,0	642,9	311,7	1,349
4	Entrada do tanque	3,0	37,70	201,6	311,7	1,403
5s	Líquido saturado do tanque	3,0	37,70	909,1	207,4	1,026
5	Saída de líquido do tanque	3,0	37,70	909,1	207,4	1,026
6	Saída de gás do tanque	3,0	37,70	107,5	429	1,828

7	Após a válvula de expansão MT	-5,0	30,46	523,4	207,4	1,03
7s	Evaporação ponto de ebulição MT	-5,0	30,46	956,5	188	0,9575
8s	Evaporação ponto de orvalho MT	-5,0	30,46	83,36	433,4	1,873
8a	Saída do evaporador MT	5,0	30,46	75,51	448,5	1,928
8	Linha de sucção MT	5,0	30,46	75,51	448,5	1,928
9	Linha de líquido LT	0,1	37,70	926,3	200,4	1,001
10	Após a válvula de expansão LT	-30,0	14,28	149,8	200,4	1,025
10s	Evaporação ponto de ebulição LT	-30,0	14,28	1076	133,3	0,7499
11s	Evaporação ponto de orvalho LT	-30,0	14,28	37,1	436,8	1,998
11a	Saída do evaporador LT	-20,0	14,28	34,61	447,8	2,042
11	LT após HX interno	-13,3	14,28	33,21	454,9	2,07
12	Sucção do compressor LT	-13,3	14,28	33,21	454,9	2,07
13	Descarga do compressor LT (estimada)	51,9	30,46	56,52	504	2,113
14	LT e MT sucção	22,8	30,46	66,21	471,2	2,007
15	Após válvula de bypass	-5,0	30,46	84,75	429	1,856

Sistema:

Capacidade

Capacidade de refrigeração, LT [kW]	= 12,50
Capacidade de refrigeração específica, LT [kJ/kg]	= 247,5
Capacidade de refrigeração, MT [kW]	= 17,50
Capacidade de refrigeração específica, MT [kJ/kg]	= 241
Capacidade de refrigeração, AC [kW]	= 0
Capacidade de aquecimento [kW]	= 51,28
Capacidade de aquecimento específico [kJ/kg]	= 220,6
Fluxo de massa do compressor [kg/h]	= 837,1
Fluxo de massa bypass [kg/h]	= 393,9
Fluxo de massa do evaporador LT [kg/h]	= 181,8
Fluxo de massa do evaporador MT [kg/h]	= 261,4

Evaporação

Temperatura de evaporação, LT [°C]	= -30,0
Temperatura de ponto de orvalho de evaporação, LT [°C] =	-30,0
Temperatura de evaporação ponto de ebulição, LT [°C] ..	= -30,0
Pressão de evaporação, LT [bar]	= 14,28
Superaquecimento útil, LT [K]	= 10,0
Superaquecimento adicional, LT [K]	= 0
Temperatura de evaporação, mT [°C]	= -5,0
Temperatura de evaporação no ponto de orvalho, MT [°C] =	-5,0
Temperatura de evaporação ponto de ebulição, MT [°C] ..	= -5,0
Pressão de evaporação, MT [bar]	= 30,46
Superaquecimento útil, MT [K]	= 10,0
Superaquecimento adicional, MT [K]	= 0

Descarga do compressor

Temperatura de descarga, LT [°C]	= 51,9
Temperatura de descarga, MT [°C]	= 121,9

Resfriador de Gás

Pressão do gas cooler [bar]	= 105,0
Temperatura de saída do gas cooler [°C]	= 41,0

Condição do tanque

Temperatura do tanque [°C]	= 3,0
Pressão do tanque [bar]	= 37,70
Subsresfriamento do tanque [K]	= 0

Linha:

Avisos:

50: Nenhuma válvula de expansão na linha de líquido

Perda de carga total [bar]= 1,422

Queda de temperatura de saturação total [K]= 1,5

Máximo diferencial de pressão disponível [bar]= 7,242

Máxima queda de temperatura de saturação disponível [K] = 8,0

Fluxo de massa na linha [kg/h]= 261,4

Detalhes do desempenho do componente: EVT 3

Avisos:

20: Resíduos na linha de líquido

Adicional:

Máxima abertura com diferencial de pressão [bar] = 110,0

Máxima pressão de trabalho medida (PS/MWP) [bar] = 140,0

Temperatura de operação máxima [°C]= 150,0

Temperatura de operação mínima [°C]= -40,0

Grau de abertura [%]= 100,00

Bloqueado= False

Estado da válvula= Aberta

Diâmetro nominal da entrada [mm]= 6,00

Diâmetro nominal da entrada [inch]= 0,25

Diâmetro de entrada [mm]= 4,50

Diâmetro nominal da saída [mm]= 6,00

Diâmetro nominal da saída [inch]= 0,25

Diâmetro de saída [mm]= 4,50

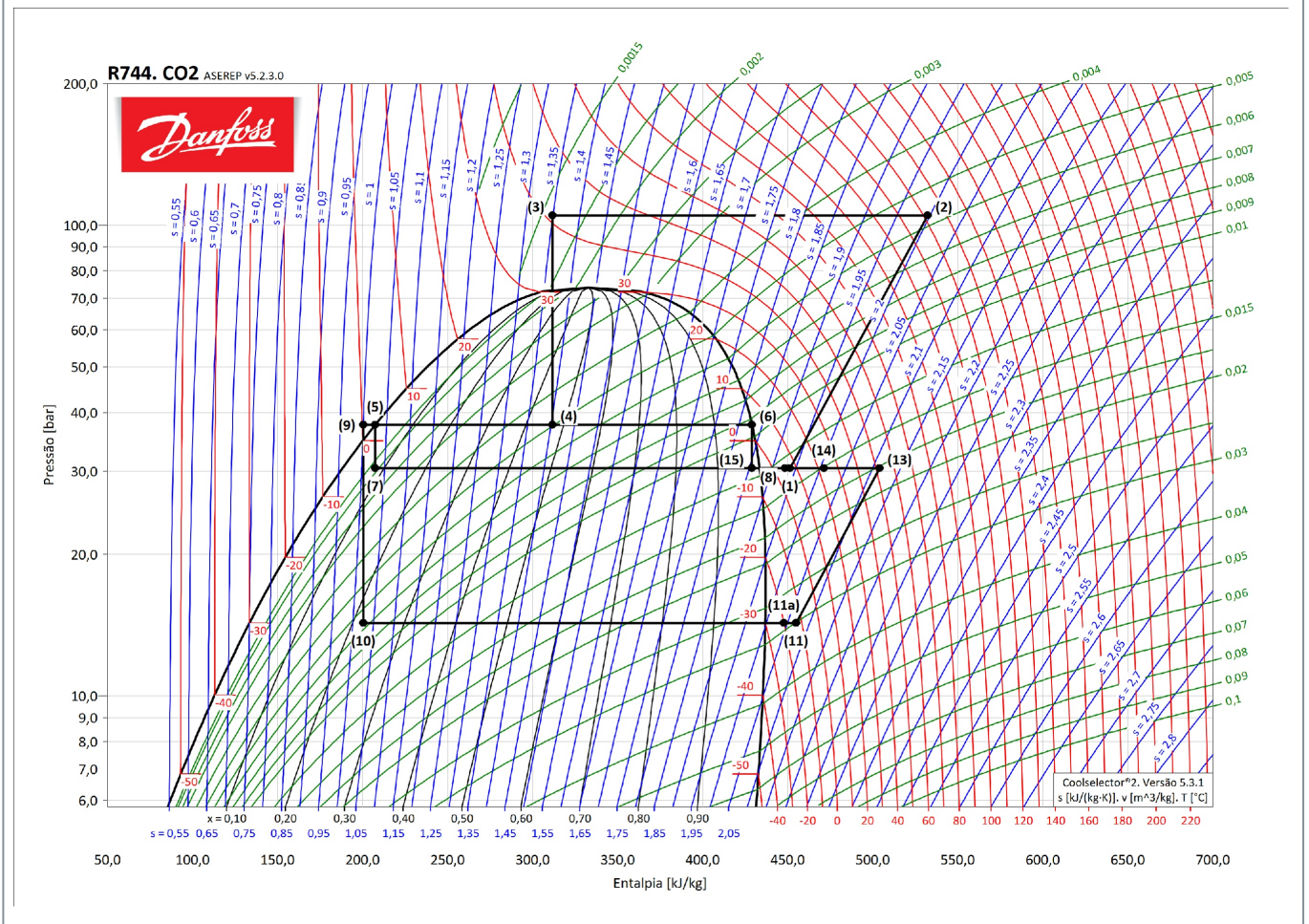
Conexões disponíveis:

Solda de topo DIN-EN. Tamanho: 6 t=2,3 mm

Solda ODF ANSI. Tamanho: 3/8"

Valor	Unidade	Entrada	Saída	Diferença
Pressão (a)	bar	37,70	36,28	-1,422
Temperatura	°C K	3,0	1,5	-1,5
Temperatura do ponto de ebulição	°C	3,0	1,5	-1,5
Temperatura do ponto de orvalho	°C	3,0	1,5	-1,5
Densidade	kg/m ³	909,1	813,3	-95,82
Entalpia	kJ/kg	207,4	207,4	0
Qualidade	-	0,00	0,02	0,02
Velocidade	m/s	5,02	5,61	0,59
Fluxo de massa	kg/h	261,4	261,4	0
Fluxo de volume	m ³ /h	0,2875	0,3214	0,03387

Diagrama log(p)-h detalhado



Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

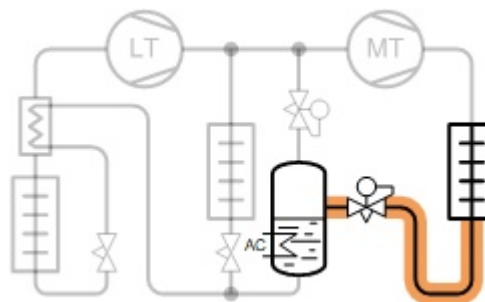
Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	837,1 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Minima temperatura de saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha do resfriador de gás

Crterios de seleção: Perda de carga: 0,050



Seleção: ICMTS 20-C



Coolselector2

Tipo	ICMTS 20-B66	ICMTS 20-B	ICMTS 20-C	ICMTS 50-A	ICMTS 80-A
NS	25	25	25	50	80
Kv [m ³ /h]	1,6	2,4	4,6	9	18
DP [bar]	0,428	0,190	0,052	0,013	0,003
Velocidade, entrada [m/s]	0,93	0,93	0,93	0,15	0,07
PS/MWP [bar]	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Códigos selecionados para ICMTS 20-C

ICMTS 20C: 027H1087. Pode não estar disponível em seu país

ICAD 600A-TS: 027H9078. Pode não estar disponível em seu país

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

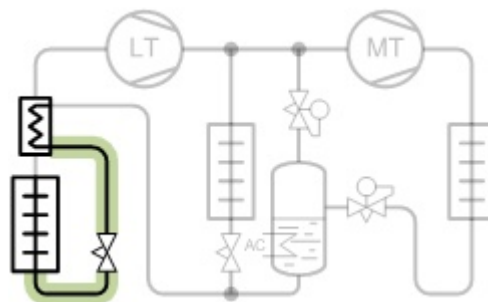
Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	181,8 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

Crítérios de seleção: Velocidade: 1,00



Seleção: EVUL 5

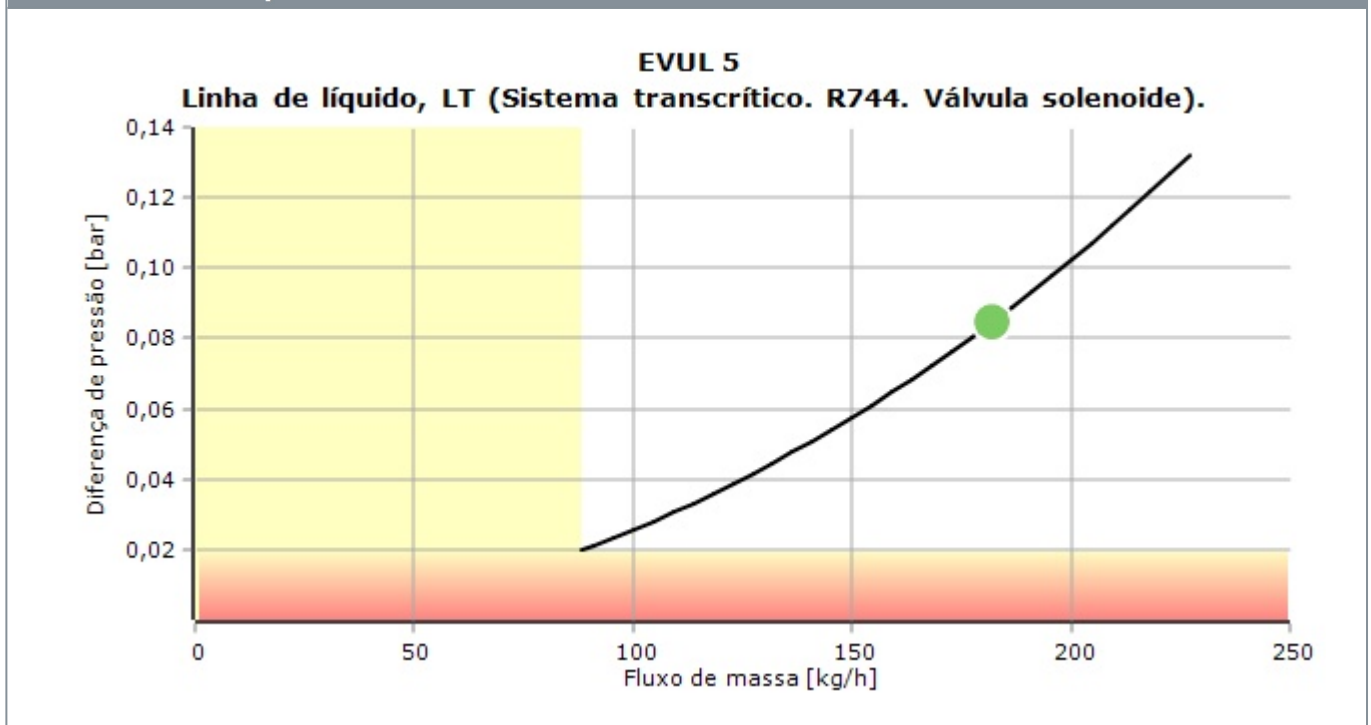


Tipo	EVUL 3	EVUL 4	EVUL 5	EVUL 6	EVUL 8
NS	6	10	10	10	10
Kv [m ³ /h]	0,3	0,5	0,65	0,75	0,9
DP [bar]	0,397	0,143	0,085	0,064	0,044
DT_sat [K]	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0
Velocidade, entrada [m/s]	4,34	1,08	1,08	1,08	1,08
PS/MWP [bar]	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para EVUL 5

EVUL 5: 032F8207. Min. quantidade de pedido 40 pçs. Pode não estar disponível em seu país

Curva de desempenho



Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

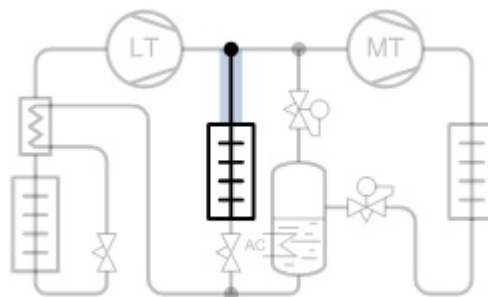
Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	261,4 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de sucção, MT

Crítérios de seleção: Perda de carga: 0,100



Seleção: EVU 8



Tipo	EVU 5	EVU 6	EVU 8
NS	10	10	10

Coolselector2

Kv [m ³ /h]	0,65	0,8	1
DP [bar]	2,344	1,498	0,939
DT_sat [K]	2,9	1,8	1,1
Velocidade, entrada [m/s]	19,13	19,13	19,13
PS/MWP [bar]	70,00	70,00	70,00
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para EVU 8

EVU 8: 032F8009. Min. quantidade de pedido 40 pçs. Pode não estar disponível em seu país

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

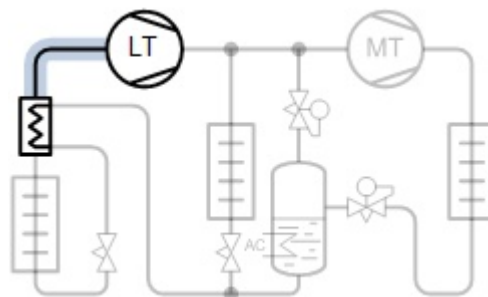
Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	181,8 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de sucção, LT

Crítérios de seleção: Perda de carga: 0,050



Seleção: EVRS 10

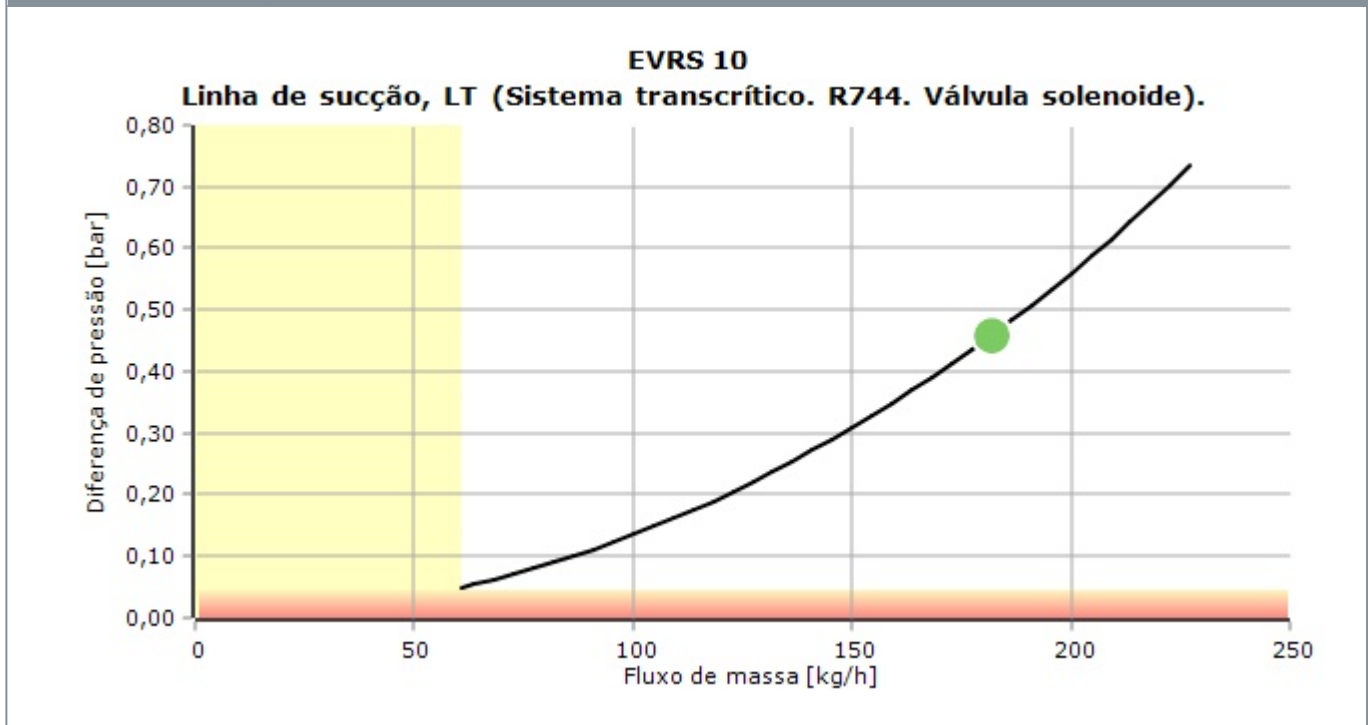


Tipo	EVRS 3	EVRS 10	EVRS 15	EVRS 20
NS	10	15	20	25
Kv [m ³ /h]	0,23	1,5	2,7	4,5
DP [bar]	8,516	0,460	0,138	0,049
DT_sat [K]	24,1	1,0	0,3	0,1
Velocidade, entrada [m/s]	12,20	6,95	3,90	2,39
PS/MWP [bar]	50,00	50,00	50,00	50,00
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Fechada

Código selecionado para EVRS 10

EVRS 10: 032F3082. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



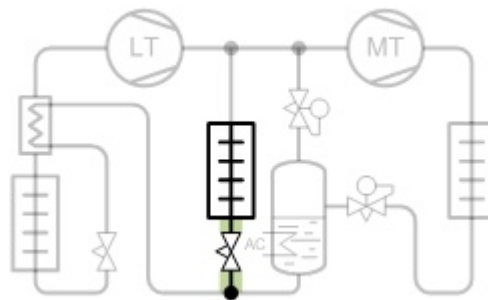
Válvula solenoide: Válvula solenoide 2

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	261,4 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Velocidade: 1,00



Seleção: EVT 3

Resíduos na linha de líquido



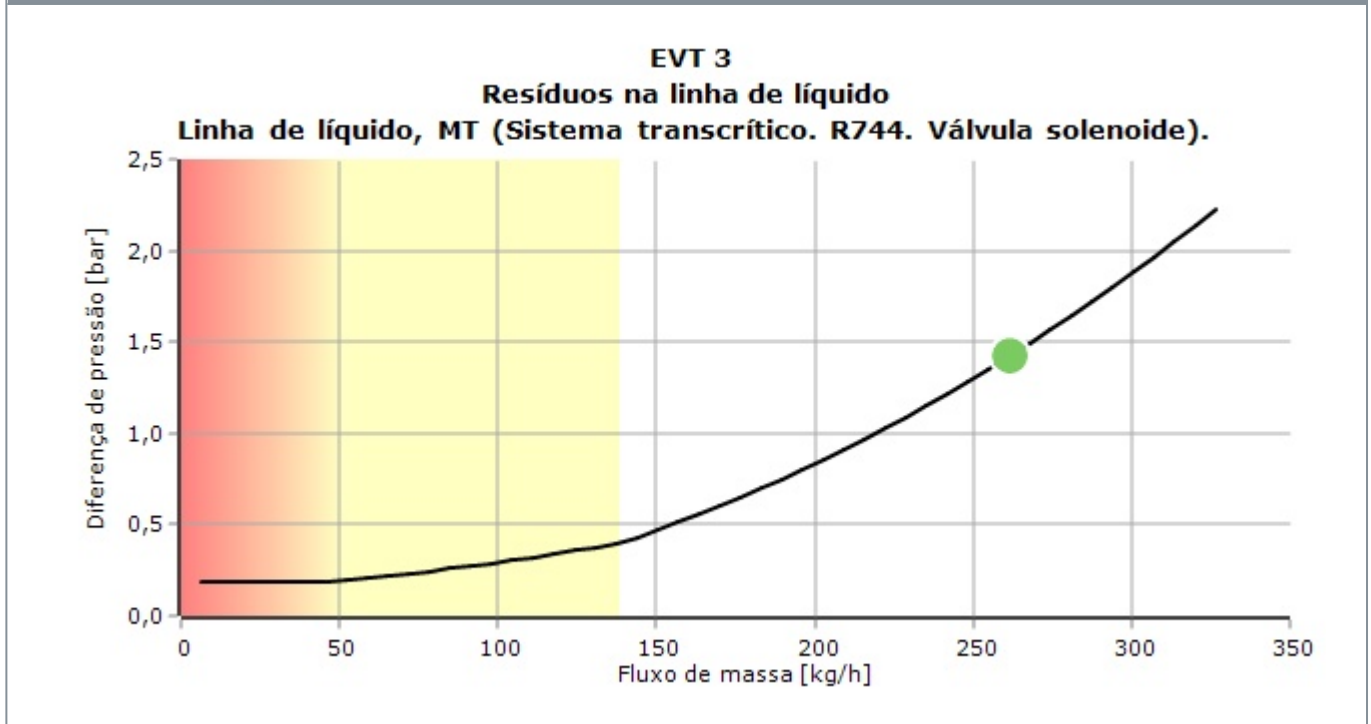
Tipo	EVT 1.2	EVT 2	EVT 3
NS	6	6	6
Kv [m ³ /h]	0,05	0,1	0,23
DP_100 [bar]	0	0,400	0,400
DP_min [bar]	0	0,190	0,188
Kv_calc [m ³ /h]	0,05	0,1	0,23
DP [bar]	30,10	7,524	1,422
DT_sat [K]	50,3	8,3	1,5
Grau de abertura [%]	-	100	100
Carga [%]	-	434	189
Carga parcial possível [%]	-	15	19

Velocidade, entrada [m/s]	5,02	5,02	5,02
PS/MWP [bar]	140,0	140,0	140,0
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para EVT 3

EVT 3.0: 068F0611. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



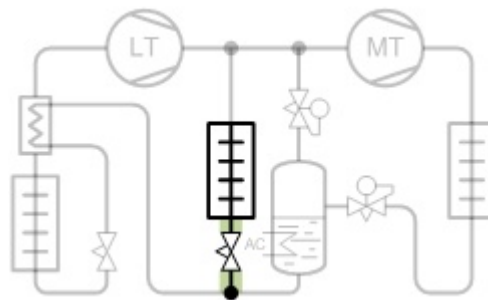
Válvula solenoide: Válvula solenoide 3

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	121,9 °C
Capacidade de aquecimento:	51,28 kW	Fluxo de massa na linha:	261,4 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	True	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	105,0 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, MT

Crítérios de seleção: Velocidade: 1,00



Seleção: AKVA 10-6

Resíduos na linha de líquido



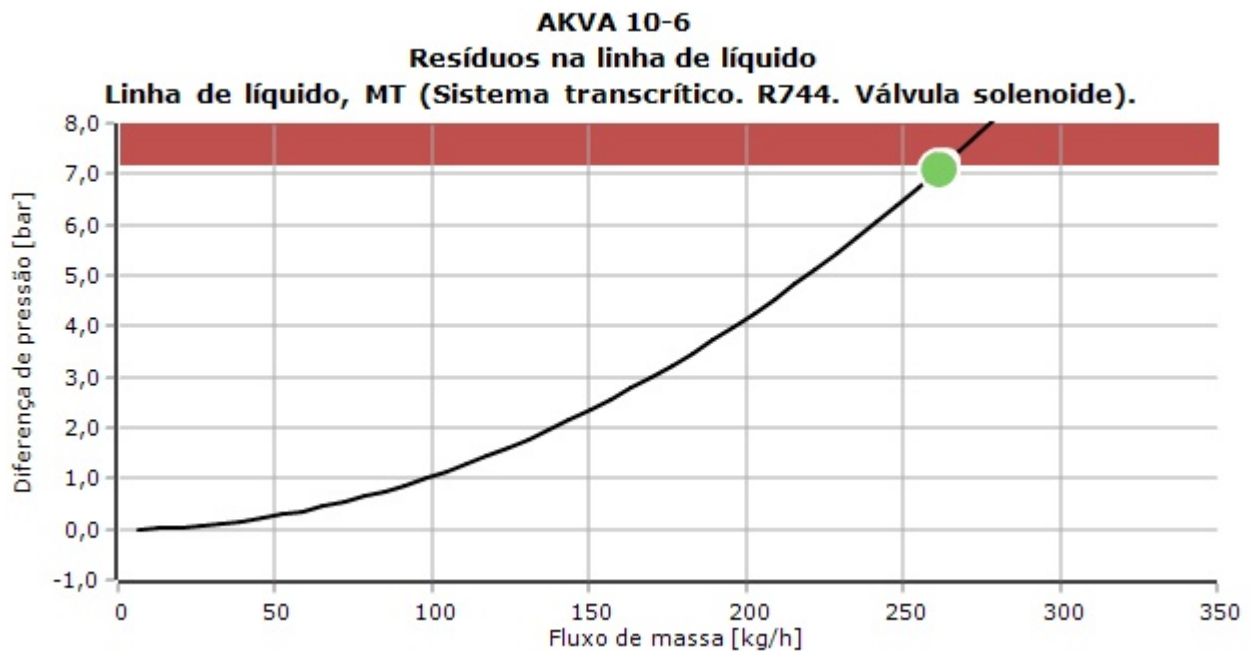
Tipo	AKVA 10-4	AKVA 10-5	AKVA 10-6	AKVA 10-7	AKVA 10-8
NS	10	10	10	15	15
Kv [m ³ /h]	0,038	0,055	0,103	0,162	0,251
DP_100 [bar]	0	0	0	0	0
DP_min [bar]	0	0	0	0	0
Kv_calc [m ³ /h]	0,038	0,055	0,103	0,162	0,251

DP [bar]	30,54	24,87	7,093	2,867	1,194
DT_sat [K]	51,8	36,1	7,8	3,0	1,2
Grau de abertura [%]	-	-	-	-	-
Carga [%]	-	-	-	-	-
Carga parcial possível [%]	-	-	-	-	-
Velocidade, entrada [m/s]	0,64	0,64	0,64	0,36	0,36
PS/MWP [bar]	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta	Aberta

Código selecionado para AKVA 10-6

AKVA 10-6: 068F3266. Pode não estar disponível em seu país

Curva de desempenho



ANEXO B.10 – VÁLVULAS DE RETENÇÃO

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 1 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

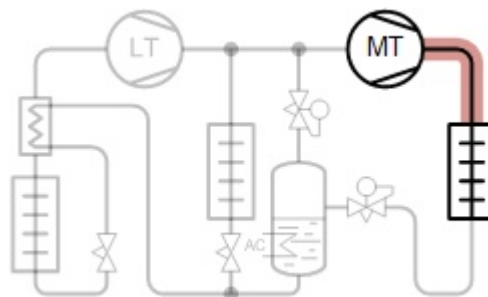
Válvula de retenção: Válvula de retenção 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	50,1 °C	Temperatura de descarga:	97,4 °C
Capacidade de aquecimento:	54,41 kW	Fluxo de massa na linha:	1289 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Minima temperatura de saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	5,0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de descarga

Crítérios de seleção: Velocidade: 15,00



Seleção: NRVT 16sH



Tipo	NRVT 10sH	NRVT 12sH	NRVT 16sH
NS	10	12	16
Kv [m ³ /h]	1	2,13	3,5

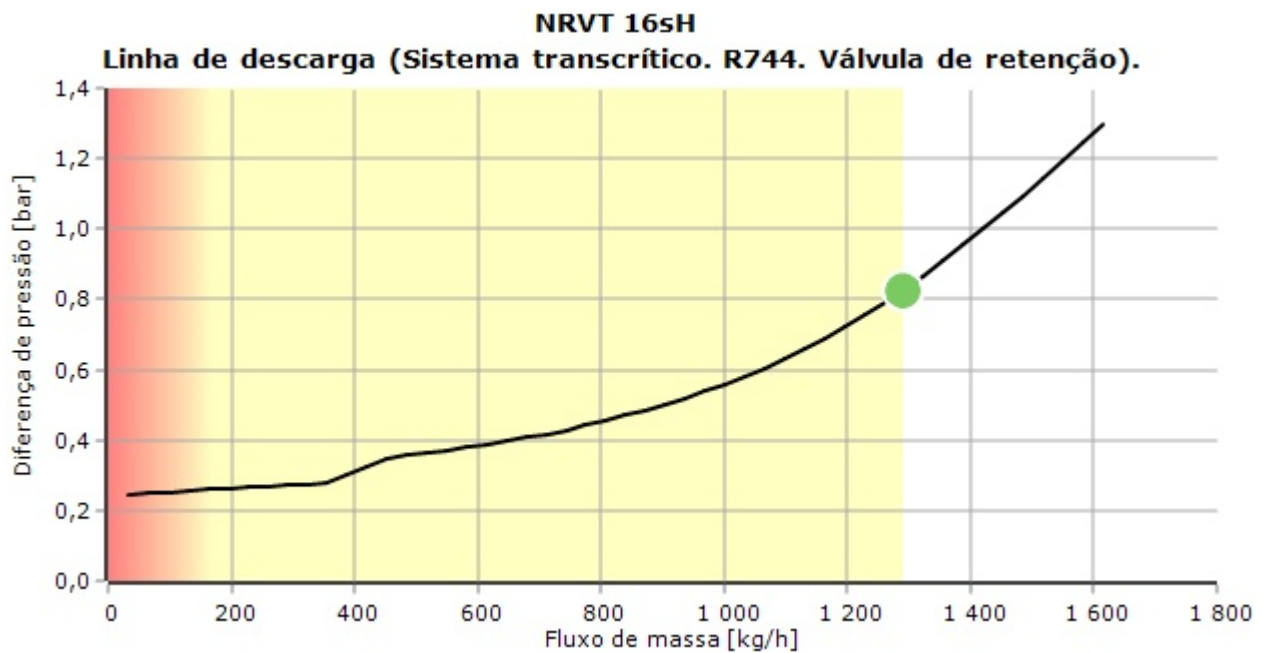
Coolselector2

DP_100 [bar]	1,425	1,000	0,825
DP_min [bar]	0,302	0,203	0,260
Kv_calc [m ³ /h]	1	2,13	3,497
DP [bar]	11,50	2,258	0,823
Grau de abertura [%]	-	-	-
Carga [%]	267	149	100
Carga parcial possível [%]	6	6	13
Velocidade, entrada [m/s]	42,68	33,72	16,16
PS/MWP [bar]	140,0	140,0	140,0
Estado da válvula	Aberta	Aberta	Parcialmente aberta

Código selecionado para NRVT 16sH

NRVT 16sH: 020-6413. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 1 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

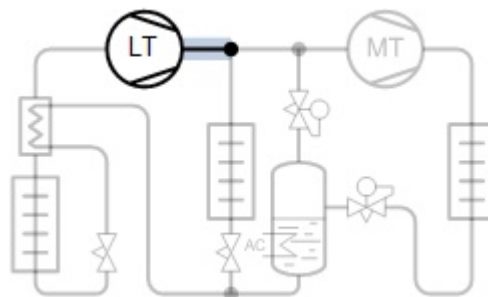
Válvula de retenção: Válvula de retenção 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	50,1 °C	Temperatura de descarga:	97,4 °C
Capacidade de aquecimento:	54,41 kW	Fluxo de massa na linha:	174,0 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	5,0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de descarga, LT

Crterios de seleção: Velocidade: 19,00



Seleção: NRVT 10sH



Tipo	NRVT 10sH	NRVT 12sH	NRVT 16sH
NS	10	12	16
Kv [m ³ /h]	1	2,13	3,5

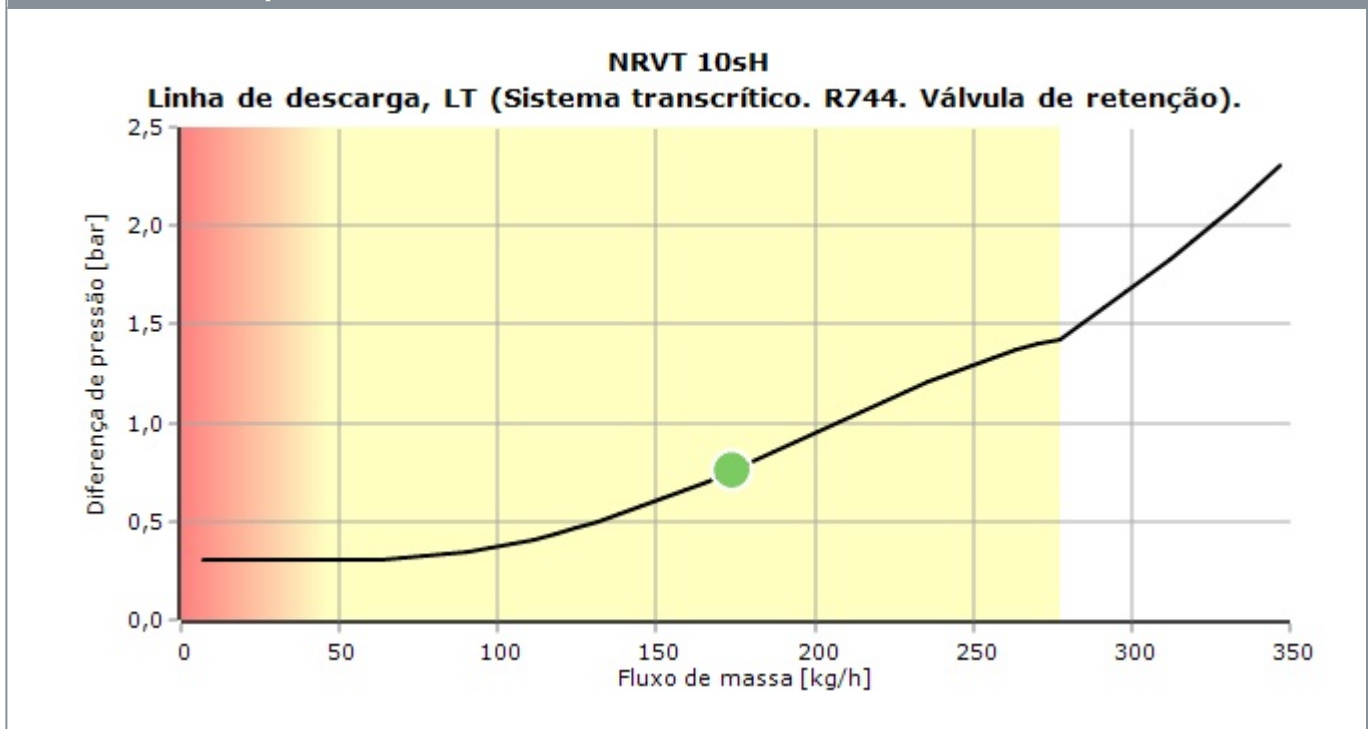
Coolselector2

DP_100 [bar]	1,425	1,000	0,825
DP_min [bar]	0,302	0,203	0,260
Kv_calc [m ³ /h]	0,8493	1,315	1,405
DP [bar]	0,759	0,311	0,272
DT_sat [K]	0,9	0,4	0,3
Grau de abertura [%]	-	-	-
Carga [%]	63	35	23
Carga parcial possível [%]	26	25	56
Velocidade, entrada [m/s]	16,87	13,33	6,39
PS/MWP [bar]	140,0	140,0	140,0
Estado da válvula	Parcialmente aberta	Parcialmente aberta	Parcialmente aberta

Código selecionado para NRVT 10sH

NRVT 10sH: 020-6411. *Pode não estar disponível em seu país*

Curva de desempenho



ANEXO B.11 – VÁLVULA TRANSCRÍTICO DE REGULAÇÃO DE PRESSÃO E VÁLVULA DE BYPASS

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 6 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

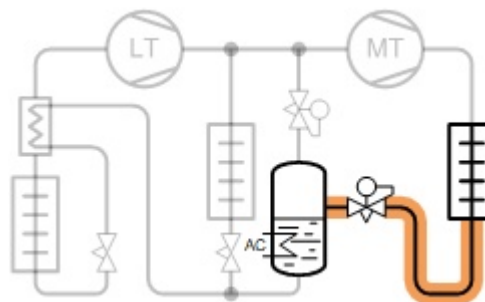
Válvula de alta pressão: Válvula de alta pressão 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	97,6 °C
Capacidade de aquecimento:	57,23 kW	Fluxo de massa na linha:	1353 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Minima temperatura de saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha do resfriador de gás

Crítérios de seleção: Carga: 80



Seleção: CCMT 8

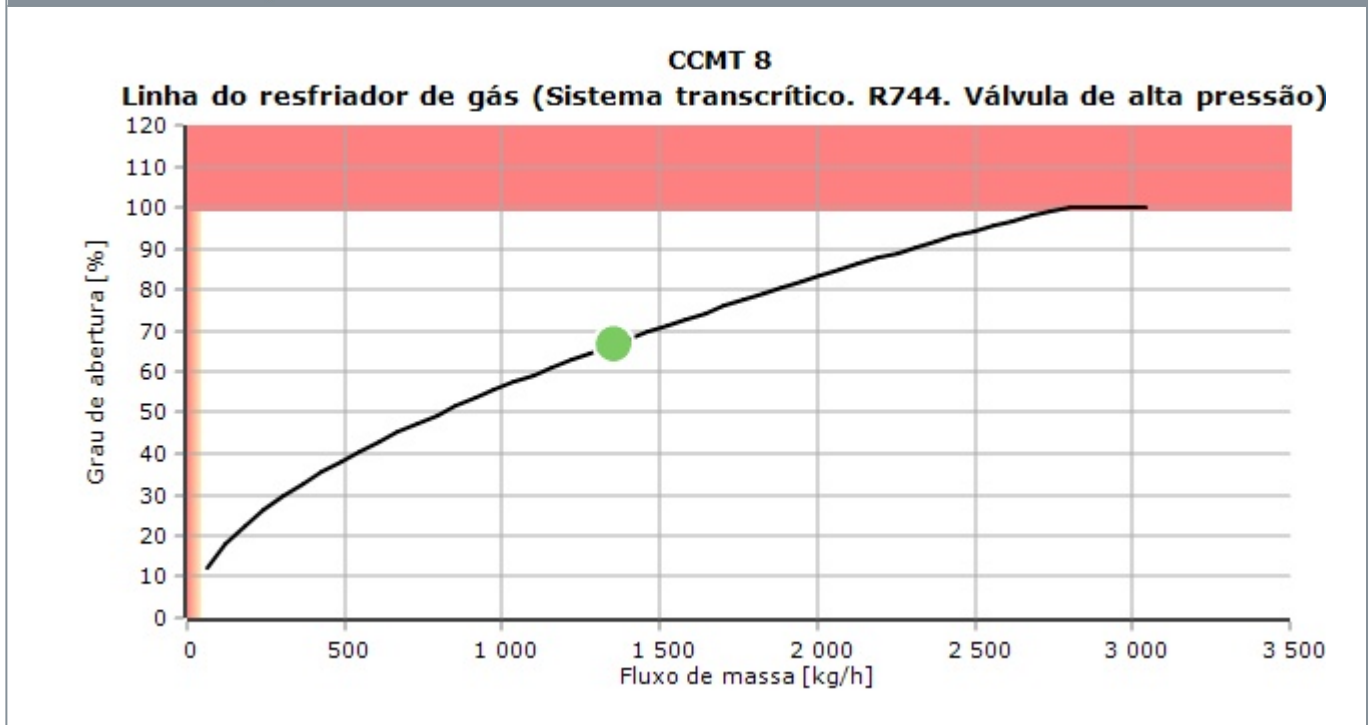


Tipo	CCMT 2	CCMT 4	CCMT 8	CCMT 16	CCMT 24
NS	15	15	15	25	25
Capacidade máxima [kg/h]	586,8	1554	2767	5528	8303
Capacidade mínima [kg/h]	9,224	24,42	43,41	262,7	394,1
Carga [%]	230	87	49	24	16
DP [bar]	52,30	52,30	52,30	52,30	52,30
Velocidade, entrada [m/s]	3,90	3,90	3,90	1,34	1,34

Código selecionado para CCMT 8

CCMT 8: 027H7202. Pode não estar disponível em seu país

Curva de desempenho



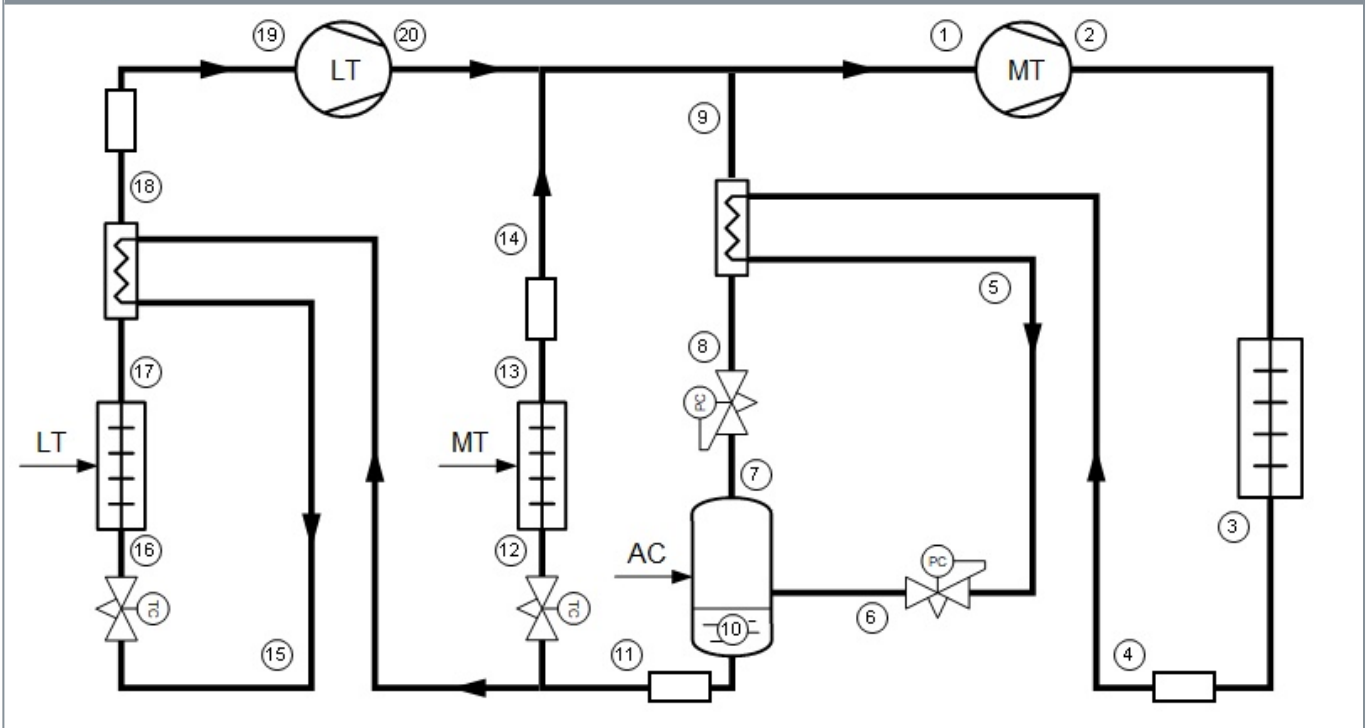
Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 1 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

Lado de alta pressão HP transcrito 2

PI-diagrama



Dimensionamento de válvula bypass de gás

Seleção:		Condição do coletor e do gas cooler:	
Família de válvula de bypass de gás:	CCMT	Pressão ideal do gás cooler	True
Número máximo de válvulas em paralelo:	1	Pressão:	105,0 bar
Vazão em massa em % de máximo fluxo c	100	Max. temperatura de saída:	41,0 °C
Selecione uma válvula maior com uma por	80	Temperatura do tanque:	1,0 °C
		Pressão do tanque:	35,78 bar

Coolselector2

Dimensionamento de válvula de alta pressão

Condição do coletor e do gas cooler:		Seleção de válvula de alta pressão	
Pressão ideal do gás cooler	True	Família de válvula de alta pressão:	CCMT
Pressão:	105,0 bar	Número máximo de válvulas em paralelo:	1
Min. temperatura de saída:	41,0 °C	Vazão em massa residual (deixada do ejetor)	
Temperatura do tanque:	3,0 °C	Selecione uma válvula maior com uma por	80
Pressão do tanque:	37,70 bar		

Condições de operação

Evaporador LT:		Evaporador MT:	
Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
LT interna HX:			
Eficiência, Interna HX:	0,30 -		
Compressor LT:		Compressor MT:	
Eficiência isoentrópica:	0,70 -	Eficiência isoentrópica:	0,70 -
Fator de perda de calor:	0,03 -	Fator de perda de calor:	0,03 -
Condições de operação do coletor:		Condições de operação gas cooler:	
Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW	Pressão ideal do gás cooler	True
Temperatura do tanque:	3,0 °C	Pressão:	105,0 bar
Pressão do tanque:	37,70 bar	Temperatura da saída:	41,0 °C
Subsresfriamento do tanque:	5,0 K	Resfriamento adicional:	0 K
		Pressão interna alta HX:	
		Eficiência, Interna HX:	0,30 -

Válvula de gás bypass. Seleção: CCMT 8

Código selecionado: 027H7202

	No dimensionamento	Na condição de operação
Número de válvulas	1	1
Capacidade máxima [kg/h]	536,0	628,0
Capacidade mínima [kg/h]	8,425	9,872
Carga [%]	62	51
DP [bar]	5,324	7,242
Velocidade, entrada [m/s]	4,16	3,81
DT_sat [K]	6,0	8,0

Válvula de alta pressão. Seleção: CCMT 4

Código selecionado: 027H7201

	No dimensionamento	Na condição de operação
Número de válvulas	1	1
Capacidade máxima [kg/h]	2179	2179
Capacidade mínima [kg/h]	34,22	34,22
Carga [%]	34	34
DP [bar]	67,27	67,27
Velocidade, entrada [m/s]	1,41	1,41

ANEXO B.12 – CONTROLADOR DA CENTRAL FRIGORÍFICA

Data Sheet

Pack controller Type **AK-PC 782B**

One controller for the entire CO₂ booster pack.



The flexible AK-PC 782B pack controller delivers highest efficiency.

AK-PC 782B is a powerful and flexible controller that provides precise regulation, improved efficiency, and enhanced user friendliness for pack control in transcritical CO₂ booster packs.

The controller flexibility and efficiency makes it the obvious choice for all sizes of packs in all climates.

Features

- One controller for the entire CO₂ booster pack
- Robust algorithms warrant safe initial start up and reliable operation
- Easy first-time use with wizard-like set-up
- Scalable to control large booster packs with up to 22 compressors
- Supports variable speed, digital scroll, CR11, Stream and unloader compressors
- Speed control of up to 2 compressors per suction group
- Best fit step control handles mixed compressor sizes
- Control of oil separator and oil receiver
- Liquid injection into suction line option
- Gas cooler capacity control of up to 8 fans
- Gas cooler temperature optimisation with regard to ambient temperature
- Optimal high pressure control
- Improved energy efficiency with Danfoss Multi Ejector™
- Receiver pressure management with four 4 control modes
- Parallel compressor control with model based Smart IT start
- Setpoint management ensuring safe and reliable operation
- Heat recovery management for tap water and space heating
- Support for external Air Conditioning unit KPI and COP calculation to compare and benchmark system efficiency
- General purpose functions with Quick Application Selection for independent control functions
- Local and remote alarm management with readable text descriptions
- Built in LAN with IP communication
- Suction pressure optimisation of for the most heavily loaded refrigeration area
- Injection ON: stop case regulation in case of serious compressor alarms in the rack

Product specification

Technical data

Table 1: Technical data

Features	Description	
Supply voltage	24 V DC / AC \pm 20%	
Power consumption	8 V A	
Analogue inputs	Pt 1000 ohm / 0 °C	Dissolution: 0.1 °C Accuracy: \pm 0.5 °C
	Pressure transmitter type AKS 32R / AKS 2050 / AKS 32 (1 – 5 V)	Dissolution 1 mV Accuracy \pm 10 mV Max. connection of 5 pressure transmitters on one module
	Contact function (ON / OFF)	On at R < 20 ohm Off at R > 2K ohm (Gold plated contacts not necessary)
ON / OFF supply voltage inputs	Low voltage 0 / 80 V AC / DC	OFF : U < 2 V ON: U > 10 V
	High voltage 0 / 260 V AC	OFF : U < 24 V ON: U > 80 V
Relay outputs SPDT	AC-1 (ohmic)	5 A
	AC-15 (inductive)	3 A
	U	Min. 24 V - Max. 230 V Low and high voltage must not be connected to the same output group
Solid state outputs	Can be used for loads that are frequently cut in and out e.g. unloaders, solenoid valve	Max. 240 V AC, Min. 48 V AC - Max. 0.5 A Leak < 1 mA Max. 1 AKV
Ambient temperature	During transport	-40 – 70 °C
	During operation	-20 – 55 °C 0 – 95% RH (non condensing) - No shock influences / vibrations
Enclosure	Material	PC / ABS
	Enclosure	IP10, VBG 4
	Mounting	For mounting on wall or DIN rail
Weight with screw terminals	Modules in 100- / 200- / controller series	Approx. 200 g / 500 g / 600 g

Ordering

Table 2: Ordering - AK-PC 782B

Type	Language	Code no.
AK-PC 782B	English, German, French, Italian, Spanish, Portuguese, Russian, Chinese ⁽¹⁾ , Dutch, Danish, Finnish, Polish, Czech	080Z0202

⁽¹⁾ Chinese is not available in MMI display. It is available only in PC via ST-500 (Service Tool).

Table 3: Ordering Accessory - Extension modules and survey for inputs and outputs

Type	Analog inputs	ON / OFF outputs		ON / OFF supply voltage (DI signal)		Analog out-puts	Stepper out-puts	Module with switches	Code no.
	For sensors, pressure transmitters	Relay (SPDT)	Solid state	Low voltage (max. 80 V)	High voltage (max. 260 V)	0 – 10 V DC	For valves with step control	For override of relay out-puts	
Controller	11	4	4	–	–	–	–	–	–
AK-XM 101A	8	–	–	–	–	–	–	–	080Z0007
AK-XM 102A	–	–	–	8	–	–	–	–	080Z0008
AK-XM 102B	–	–	–	–	8	–	–	–	080Z0013
AK-XM 103A	4	–	–	–	–	4	–	–	080Z0032
AK-XM 204A	–	8	–	–	–	–	–	–	080Z0011
AK-XM 204B	–	8	–	–	–	–	–	x	080Z0018
AK-XM 205A	8	8	–	–	–	–	–	–	080Z0010
AK-XM 205B	8	8	–	–	–	–	–	x	080Z0017
AK-XM 208C	8	–	–	–	–	–	4	–	080Z0023

Table 4: Software

Type	Description	Code no.
AK-ST 500	Software for operation of AK controllers	080Z0161

Table 5: Remote display

Type	Description	Code no.
EKA 163B	Display unit	084B8574
EKA 164B	Display unit with operation buttons	084B8575
MMIGRS2	Graphic display with operation	080G0294

Table 6: Miscellaneous

Type	Description	Code no.
AK-CM 102	Communication modules for controllers where modules cannot be connected continuously	080Z0064

Certificates, declarations, and approvals

The list contains all certificates, declarations, and approvals for this product type. Individual code number may have some or all of these approvals, and certain local approvals may not appear on the list.

Some approvals may change over time. You can check the most current status at danfoss.com or contact your local Danfoss representative if you have any questions.

Table 7: Certificates, declarations, and approvals

File name	Document type	Document topic	Approval authority
RU Д-ДК.ГА02.В.05523	Electrical - Safety Certificate	EMC/LVE	EAC
080R1221.01	Manufacturer Declaration	China RoHS	China
080R1228.1	Manufacturers Declaration	RoHS	Danfoss
080R1206.03	EU Declaration	EMCD/LVD/RoHS	Danfoss

Online support

Danfoss offers a wide range of support along with our products, including digital product information, software, mobile apps, and expert guidance. See the possibilities below.

The Danfoss Product Store



The Danfoss Product Store is your one-stop shop for everything product related—no matter where you are in the world or what area of the cooling industry you work in. Get quick access to essential information like product specs, code numbers, technical documentation, certifications, accessories, and more.

Start browsing at store.danfoss.com.

Find technical documentation



Find the technical documentation you need to get your project up and running. Get direct access to our official collection of data sheets, certificates and declarations, manuals and guides, 3D models and drawings, case stories, brochures, and much more.

Start searching now at www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation.

Danfoss Learning



Danfoss Learning is a free online learning platform. It features courses and materials specifically designed to help engineers, installers, service technicians, and wholesalers better understand the products, applications, industry topics, and trends that will help you do your job better.

Create your Danfoss Learning account for free at www.danfoss.com/en/service-and-support/learning.

Get local information and support



Local Danfoss websites are the main sources for help and information about our company and products. Find product availability, get the latest regional news, or connect with a nearby expert—all in your own language.

Find your local Danfoss website here: www.danfoss.com/en/choose-region.

Danfoss A/S

Climate Solutions • danfoss.com • +45 7488 2222

Any information, including, but not limited to information on selection of product, its application or use, product design, weight, dimensions, capacity or any other technical data in product manuals, catalogues descriptions, advertisements, etc. and whether made available in writing, orally, electronically, online or via download, shall be considered informative, and is only binding if and to the extent, explicit reference is made in a quotation or order confirmation. Danfoss cannot accept any responsibility for possible errors in catalogues, brochures, videos and other material. Danfoss reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products ordered but not delivered provided that such alterations can be made without changes to form, fit or function of the product.

All trademarks in this material are property of Danfoss A/S or Danfoss group companies. Danfoss and the Danfoss logo are trademarks of Danfoss A/S. All rights reserved.

ANEXO B.13 – TUBAGENS

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 19 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

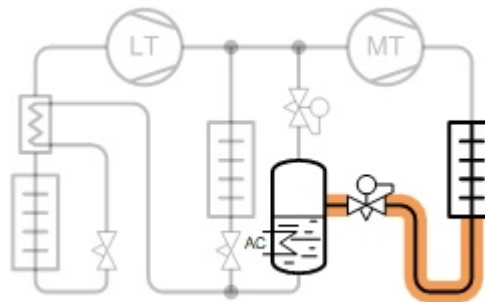
Tubulação: Tubagem 11

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,00 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	97,7 °C
Capacidade de aquecimento:	56,33 kW	Fluxo de massa na linha:	1330 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Minima temperatura de saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha do resfriador de gás

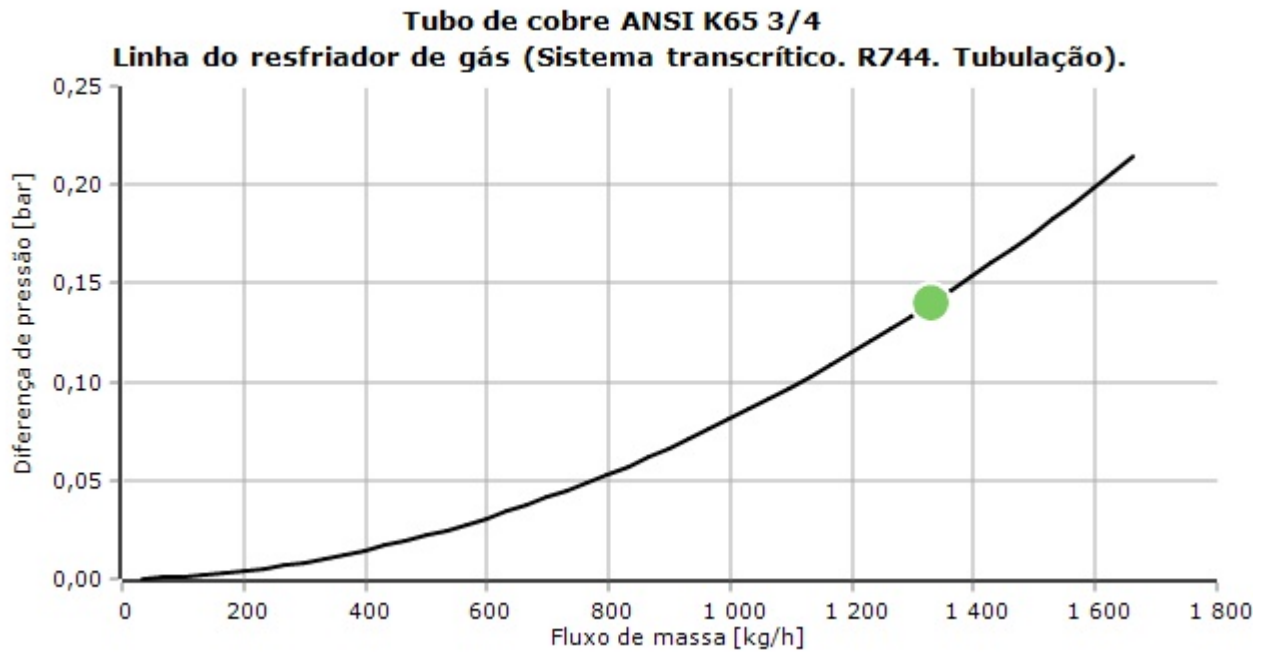
Crítérios de seleção: Velocidade: 4,00. Comprimento: 5,00 m. Ângulo: 0 grau



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/4

Tipo	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8
NS	12,7	15,88	19,05	22,23	28,58
DP [bar]	1,068	0,341	0,140	0,064	0,018
Velocidade, entrada [m/s]	8,83	5,63	3,95	2,89	1,74
Velocidade, saída [m/s]	8,90	5,64	3,95	2,89	1,74

Curva de desempenho

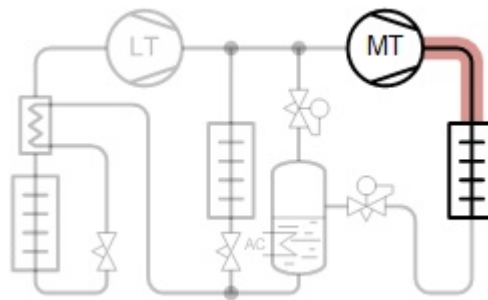


Tubulação: Tubagem 10
Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,00 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	97,7 °C
Capacidade de aquecimento:	56,33 kW	Fluxo de massa na linha:	1330 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Minima temperatura de saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

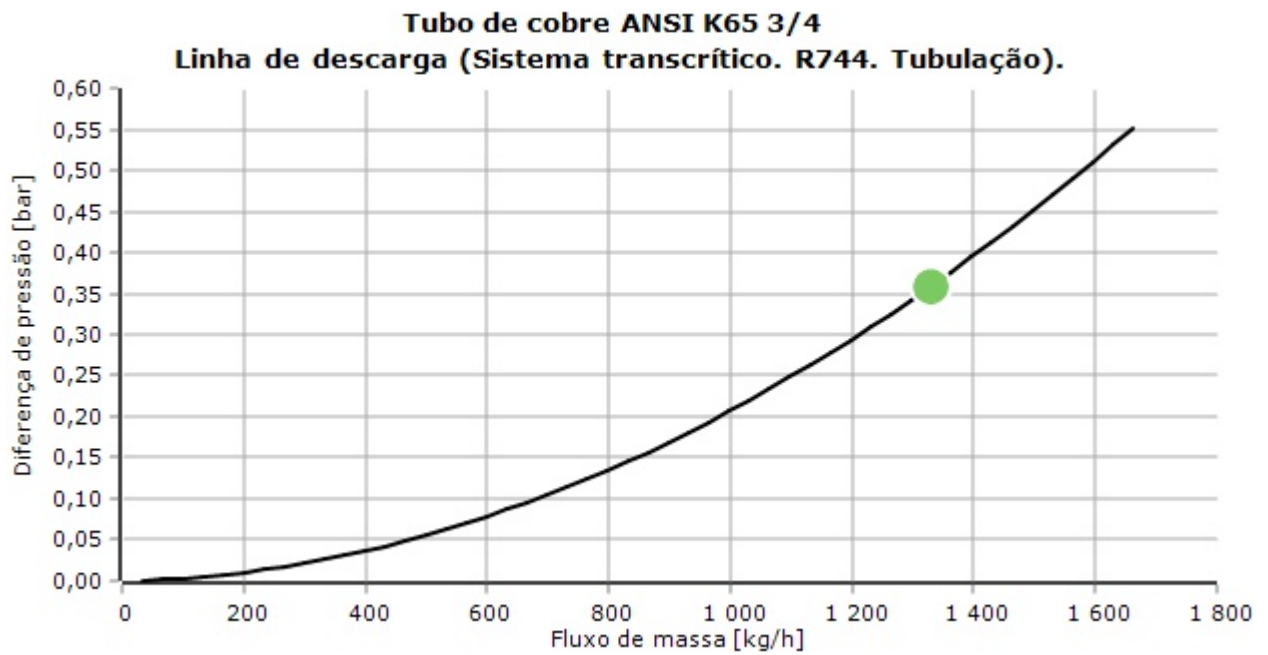
Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de descarga

Crítérios de seleção: Velocidade: 12,00. Comprimento: 5,00 m. Ângulo: 0 grau


Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/4

Tipo	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8
NS	12,7	15,88	19,05	22,23	28,58
DP [bar]	2,794	0,880	0,359	0,164	0,046
Velocidade, entrada [m/s]	23,34	14,88	10,44	7,64	4,60
Velocidade, saída [m/s]	24,08	15,02	10,48	7,65	4,60

Curva de desempenho



Coolselector2

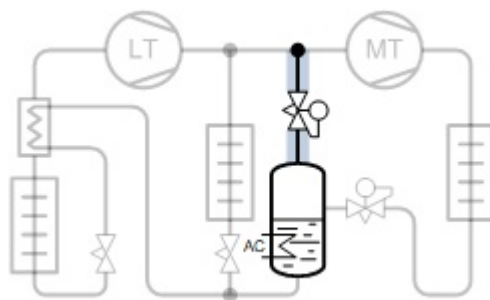
Tubulação: Tubagem na central de frio

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,00 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	97,7 °C
Capacidade de aquecimento:	56,33 kW	Fluxo de massa na linha:	894,1 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Máxima temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de circuito bypass de gás

Crítérios de seleção: Queda de temperatura de saturação: 0,100. Comprimento: 2,00 m. Ângulo: 0 grau

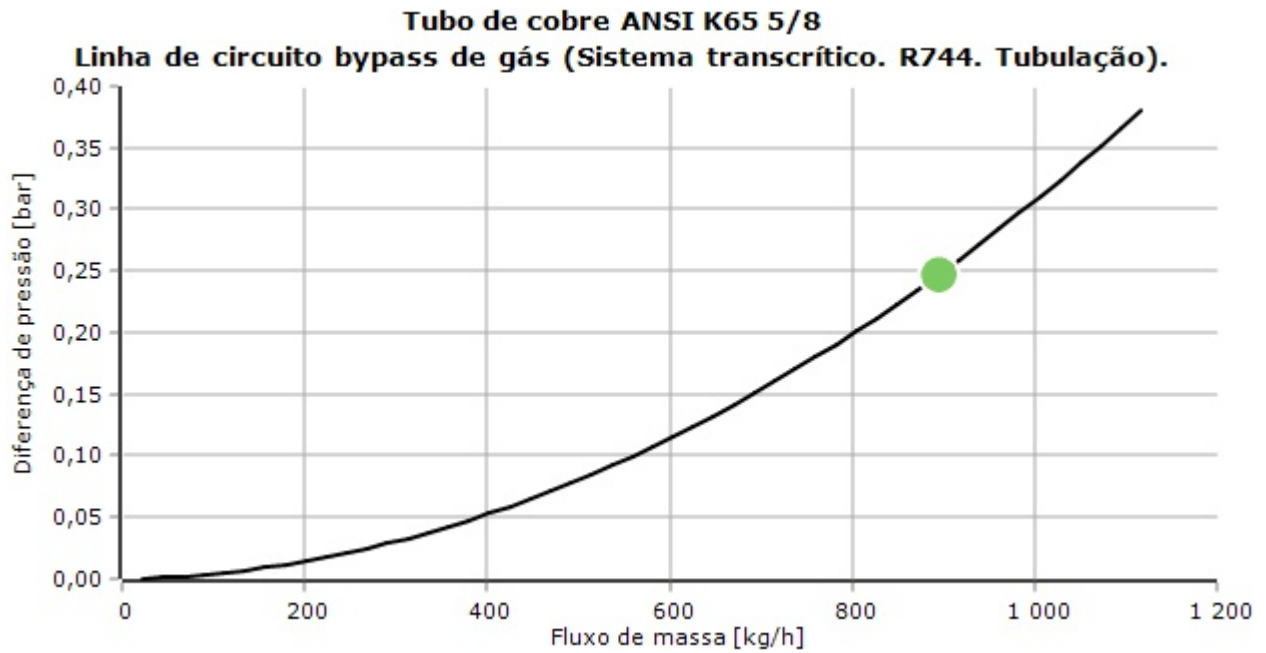


Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 5/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8
NS	9,53	12,7	15,88	19,05	22,23
DP [bar]	3,518	0,779	0,247	0,101	0,046
DT_sat [K]	3,7	0,8	0,3	0,1	0,0
DP [K/m]	1,865	0,402	0,126	0,052	0,024
Velocidade, entrada [m/s]	43,45	24,32	15,50	10,87	7,96
Velocidade, saída [m/s]	48,50	24,90	15,61	10,91	7,97

Coolselector2

Curva de desempenho

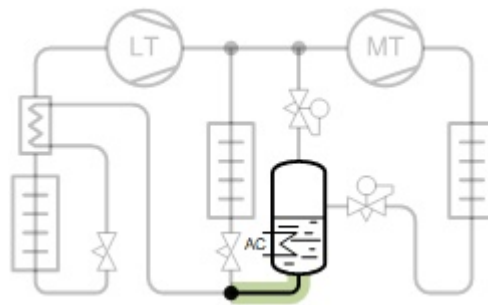


Tubulação: Tubagem 1
Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,00 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	97,7 °C
Capacidade de aquecimento:	56,33 kW	Fluxo de massa na linha:	435,7 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido comum

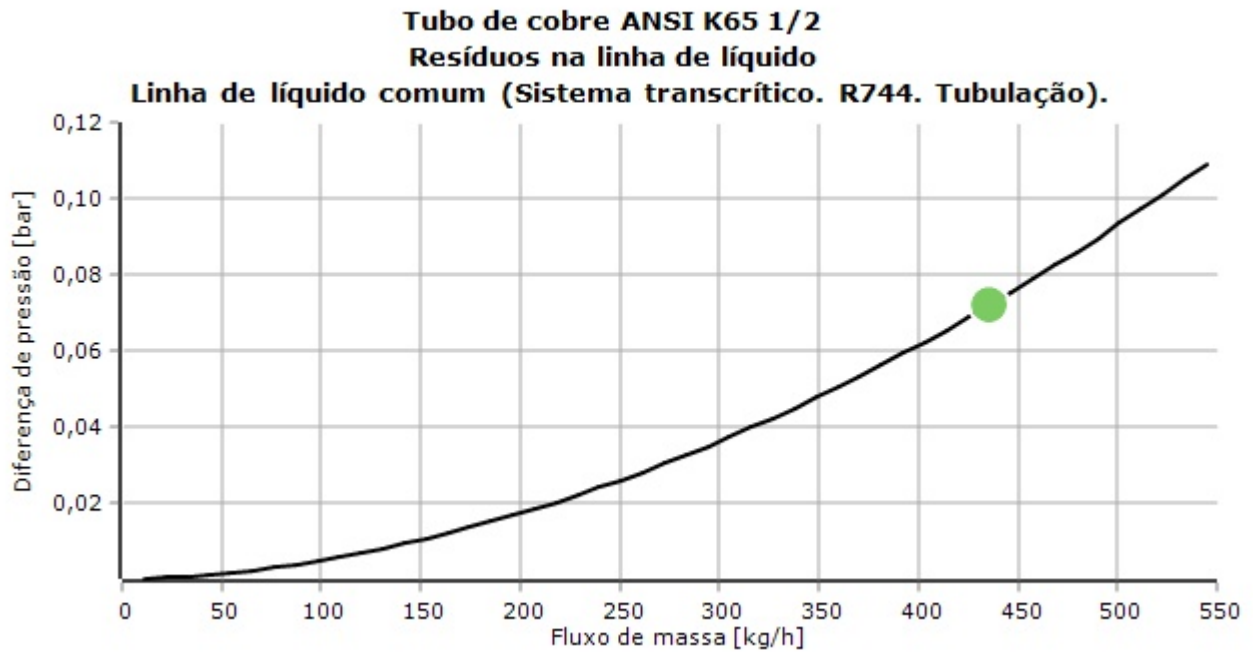
Crítérios de seleção: Velocidade: 1,50. Comprimento: 5,00 m. Ângulo: 0 grau


Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1/2
Resíduos na linha de líquido

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4
NS	9,53	12,7	15,88	19,05
DP [bar]	0,307	0,072	0,024	0,010
DT_sat [K]	0,3	0,1	0,0	0,0
DP [K/m]	0,063	0,015	0,005	0,002
Velocidade, entrada [m/s]	2,50	1,40	0,89	0,63
Velocidade, saída [m/s]	2,56	1,41	0,89	0,63

Coolselector2

Curva de desempenho

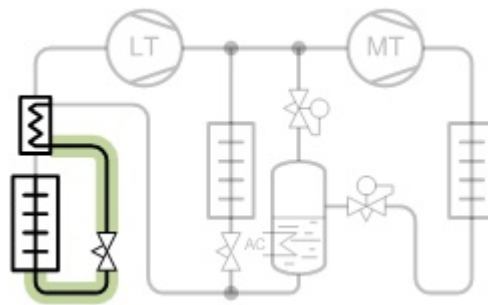


Tubulação: Tubagem 5
Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,00 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	97,7 °C
Capacidade de aquecimento:	56,33 kW	Fluxo de massa na linha:	181,8 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido, LT

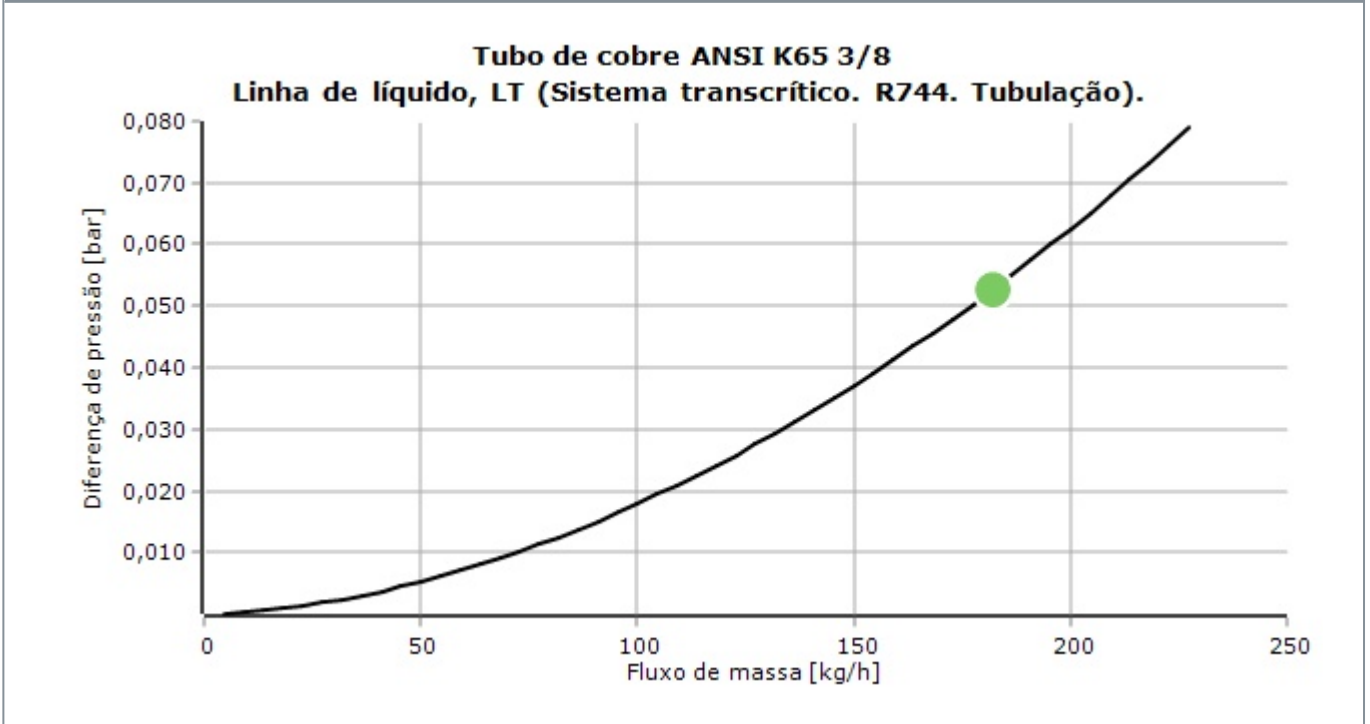
Crítérios de seleção: Velocidade: 1,00. Comprimento: 4,50 m. Ângulo: 0 grau


Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9,53	12,7	15,88
DP [bar]	0,053	0,013	0,004
DT_sat [K]	0,1	0,0	0,0
DP [K/m]	0,012	0,003	0,001
Velocidade, entrada [m/s]	1,02	0,57	0,37
Velocidade, saída [m/s]	1,02	0,57	0,37

Coolselector2

Curva de desempenho

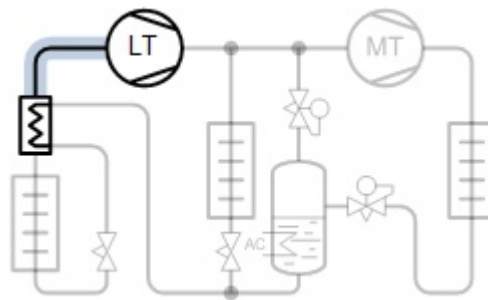


Tubulação: Tubagem 6
Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,00 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	51,9 °C	Temperatura de descarga:	97,7 °C
Capacidade de aquecimento:	56,33 kW	Fluxo de massa na linha:	181,8 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	0 K

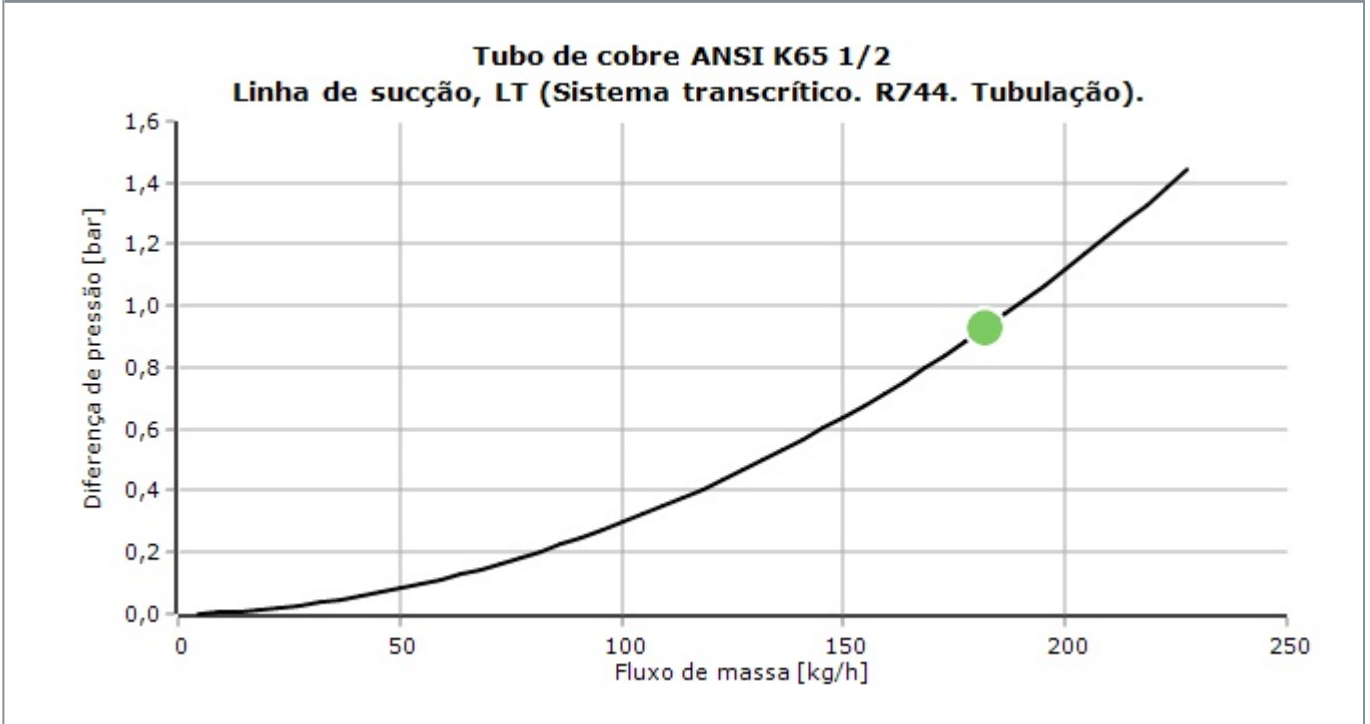
Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de sucção, LT

Crítérios de seleção: Velocidade: 15,00. Comprimento: 15,50 m. Ângulo: 0 grau


Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1/2

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4
NS	9,53	12,7	15,88	19,05
DP [bar]	4,526	0,928	0,297	0,124
DT_sat [K]	10,8	2,0	0,6	0,3
DP [K/m]	0,697	0,128	0,040	0,017
Velocidade, entrada [m/s]	28,60	16,01	10,20	7,16
Velocidade, saída [m/s]	42,22	17,15	10,42	7,22

Curva de desempenho



Coolselector2

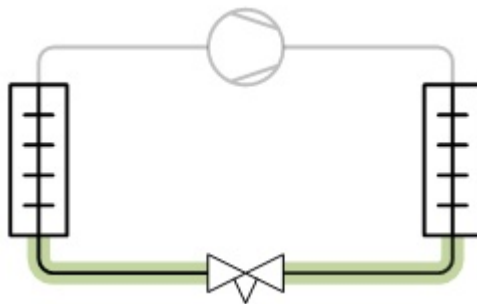
Tubulação: Tubagem 4

Condições de operação

Refrigerante:	R744	Carga térmica:	3,100 kW
Fluxo de massa na linha:	68,74 kg/h	Capacidade de aquecimento:	4,137 kW
Temperatura de evaporação:	-5,0 °C	Temperatura de condensação:	30,9 °C
Pressão de evaporação:	30,46 bar	Pressão de condensação:	73,64 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Sub-resfriamento:	2,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	83,6 °C		

Sistema e linha: Sistema de expansão seco. Linha de líquido

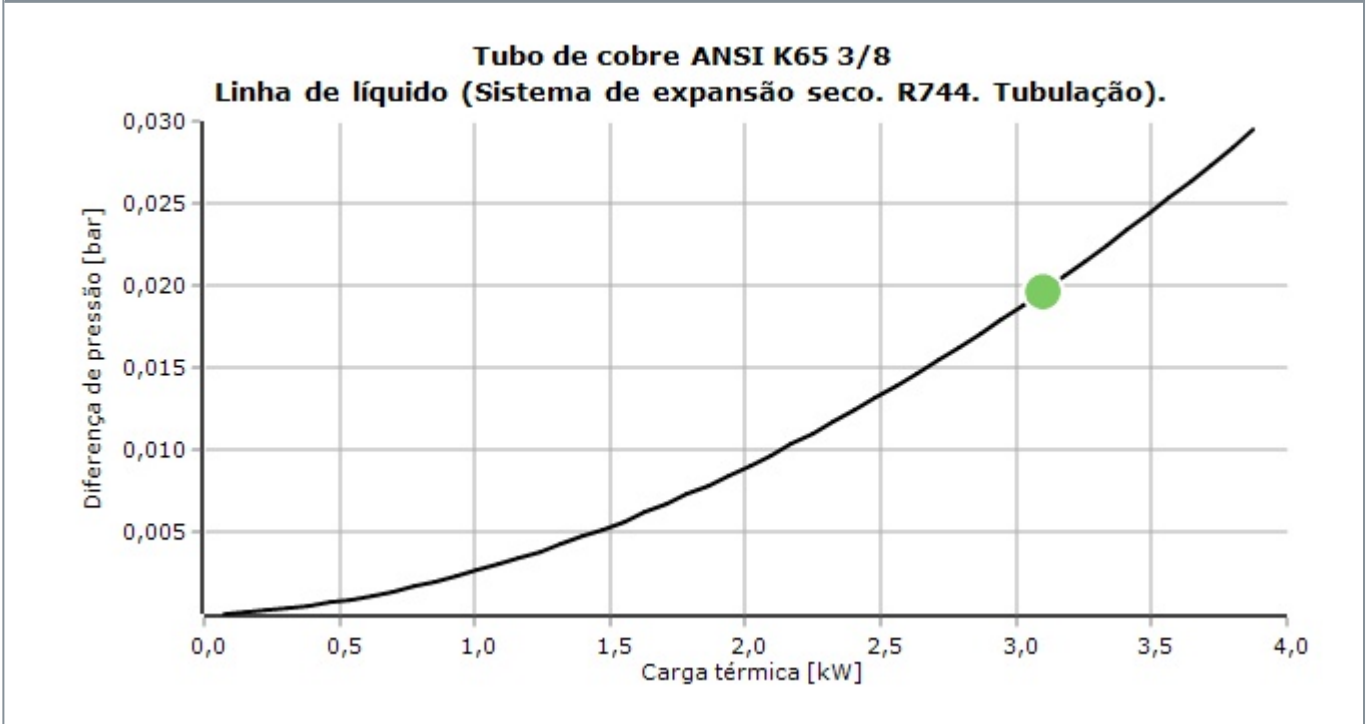
Critérios de seleção: Velocidade: 1,50. Comprimento: 8,30 m. Ângulo: 0 grau



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9,53	12,7	15,88
DP [bar]	0,020	0,005	0,002
DT_sat [K]	0,0	0,0	0,0
DP [K/m]	0,001	0,000	0,000
Velocidade, entrada [m/s]	0,53	0,29	0,19
Velocidade, saída [m/s]	0,53	0,29	0,19

Curva de desempenho



Coolselector2

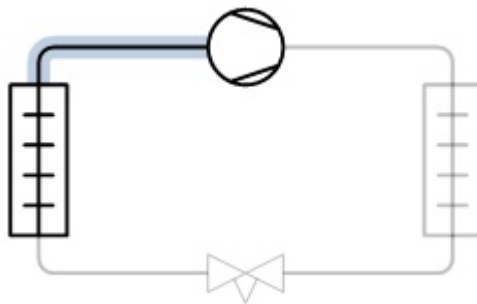
Tubulação: Tubagem 7

Condições de operação

Refrigerante:	R744	Carga térmica:	3,100 kW
Fluxo de massa na linha:	68,74 kg/h	Capacidade de aquecimento:	4,137 kW
Temperatura de evaporação:	-5,0 °C	Temperatura de condensação:	30,9 °C
Pressão de evaporação:	30,46 bar	Pressão de condensação:	73,64 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Sub-resfriamento:	2,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	83,6 °C		

Sistema e linha: Sistema de expansão seco. Linha de sucção

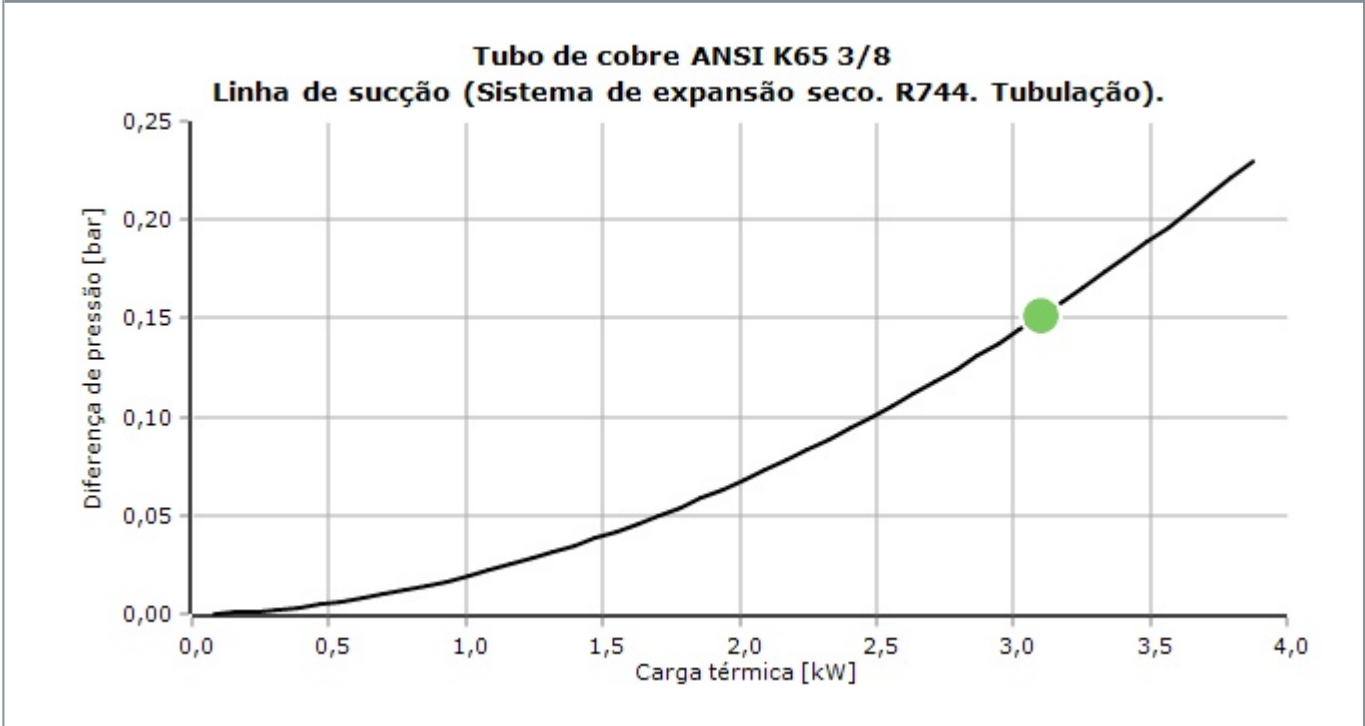
Critérios de seleção: Velocidade: 12,00. Comprimento: 8,60 m. Ângulo: 0 grau



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9,53	12,7	15,88
DP [bar]	0,151	0,036	0,012
DT_sat [K]	0,2	0,0	0,0
DP [K/m]	0,021	0,005	0,002
Velocidade, entrada [m/s]	4,75	2,66	1,70
Velocidade, saída [m/s]	4,78	2,66	1,70

Curva de desempenho



Coolselector2

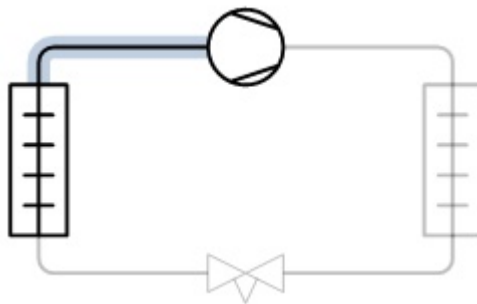
Tubulação: Tubagem 8

Condições de operação

Refrigerante:	R744	Carga térmica:	13,33 kW
Fluxo de massa na linha:	295,6 kg/h	Capacidade de aquecimento:	17,79 kW
Temperatura de evaporação:	-5,0 °C	Temperatura de condensação:	30,9 °C
Pressão de evaporação:	30,46 bar	Pressão de condensação:	73,64 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Sub-resfriamento:	2,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	83,6 °C		

Sistema e linha: Sistema de expansão seco. Linha de sucção

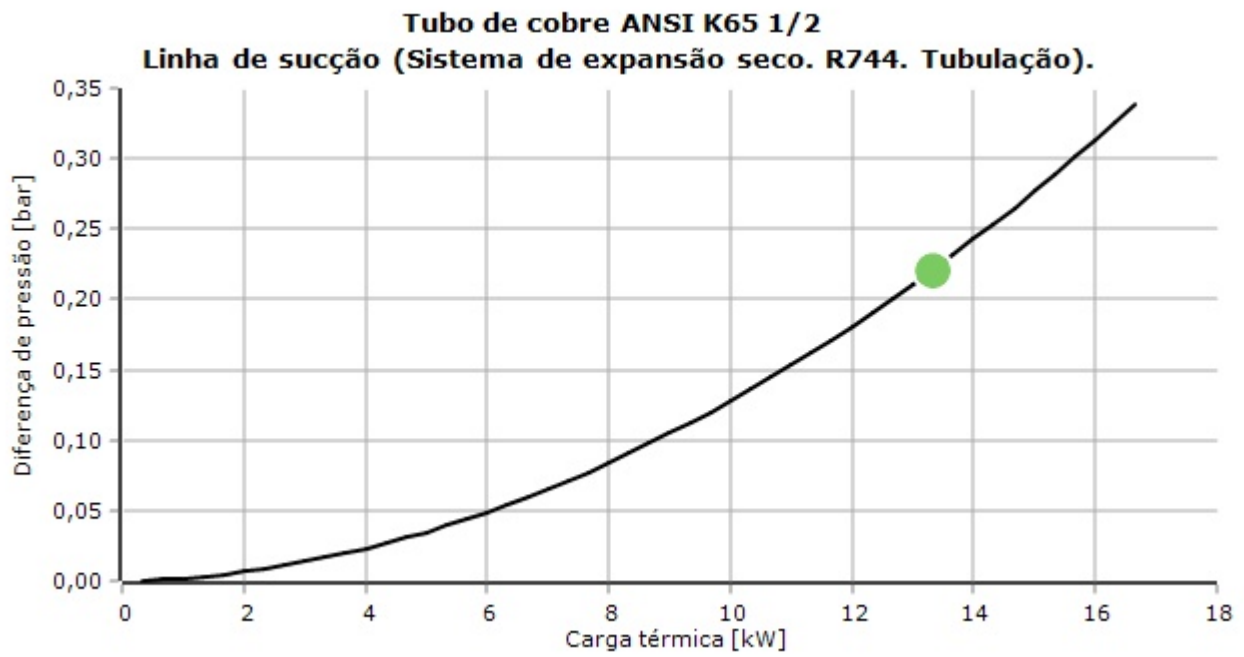
Critérios de seleção: Velocidade: 12,00. Comprimento: 3,40 m. Ângulo: 0 grau



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 1/2

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4
NS	9,53	12,7	15,88	19,05
DP [bar]	0,964	0,221	0,072	0,030
DT_sat [K]	1,2	0,3	0,1	0,0
DP [K/m]	0,343	0,078	0,025	0,010
Velocidade, entrada [m/s]	20,44	11,44	7,29	5,12
Velocidade, saída [m/s]	21,14	11,53	7,31	5,12

Curva de desempenho

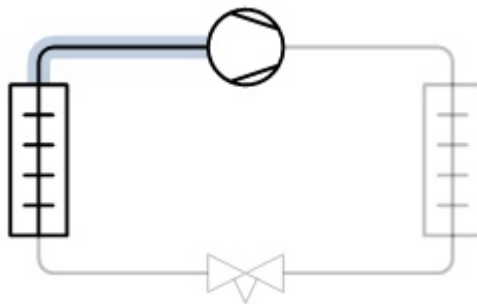


Tubulação: Tubagem 9
Condições de operação

Refrigerante:	R744	Carga térmica:	17,00 kW
Fluxo de massa na linha:	377,0 kg/h	Capacidade de aquecimento:	22,69 kW
Temperatura de evaporação:	-5,0 °C	Temperatura de condensação:	30,9 °C
Pressão de evaporação:	30,46 bar	Pressão de condensação:	73,64 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Sub-resfriamento:	2,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	83,6 °C		

Sistema e linha: Sistema de expansão seco. Linha de sucção

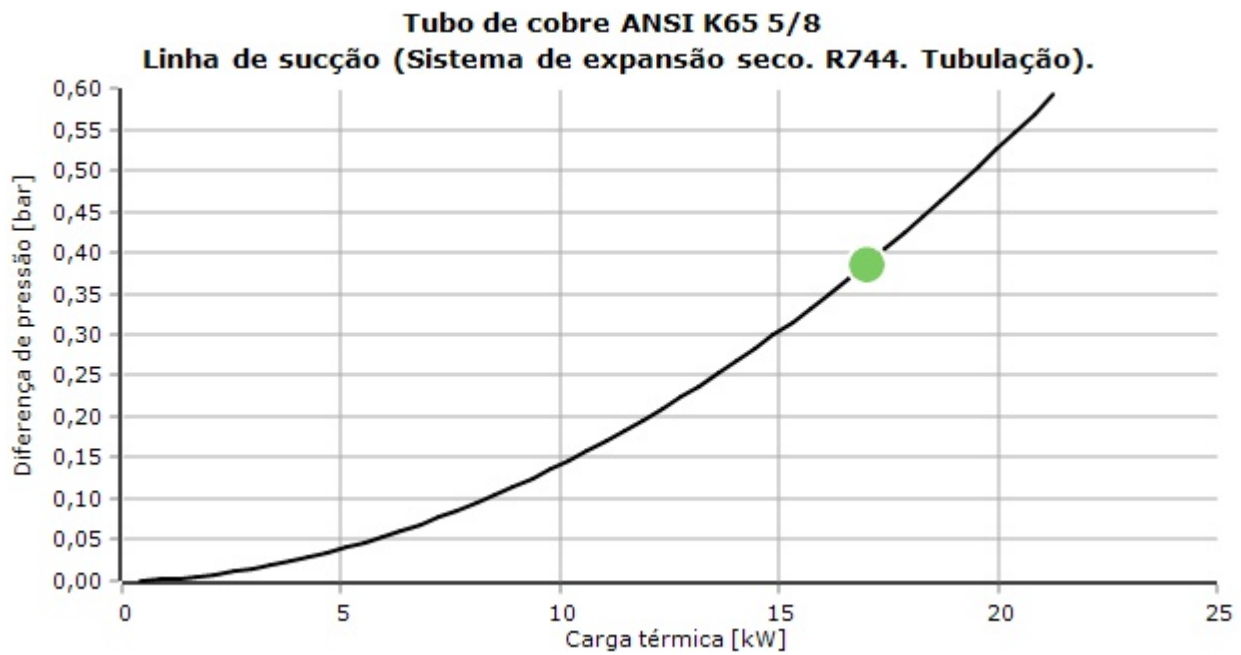
Critérios de seleção: Velocidade: 12,00. Comprimento: 11,50 m. Ângulo: 0 grau


Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 5/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8
NS	9,53	12,7	15,88	19,05	22,23
DP [bar]	5,654	1,210	0,386	0,159	0,074
DT_sat [K]	7,3	1,5	0,5	0,2	0,1
DP [K/m]	0,633	0,128	0,040	0,017	0,008
Velocidade, entrada [m/s]	26,07	14,59	9,30	6,53	4,78
Velocidade, saída [m/s]	32,27	15,22	9,42	6,56	4,79

Coolselector2

Curva de desempenho



Coolselector2

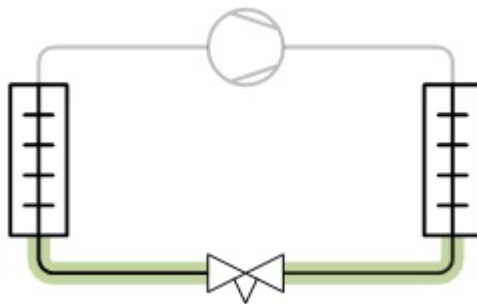
Tubulação: Tubagem 2

Condições de operação

Refrigerante:	R744	Carga térmica:	3,100 kW
Fluxo de massa na linha:	68,74 kg/h	Capacidade de aquecimento:	4,137 kW
Temperatura de evaporação:	-5,0 °C	Temperatura de condensação:	30,9 °C
Pressão de evaporação:	30,46 bar	Pressão de condensação:	73,64 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Sub-resfriamento:	2,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	83,6 °C		

Sistema e linha: Sistema de expansão seco. Linha de líquido

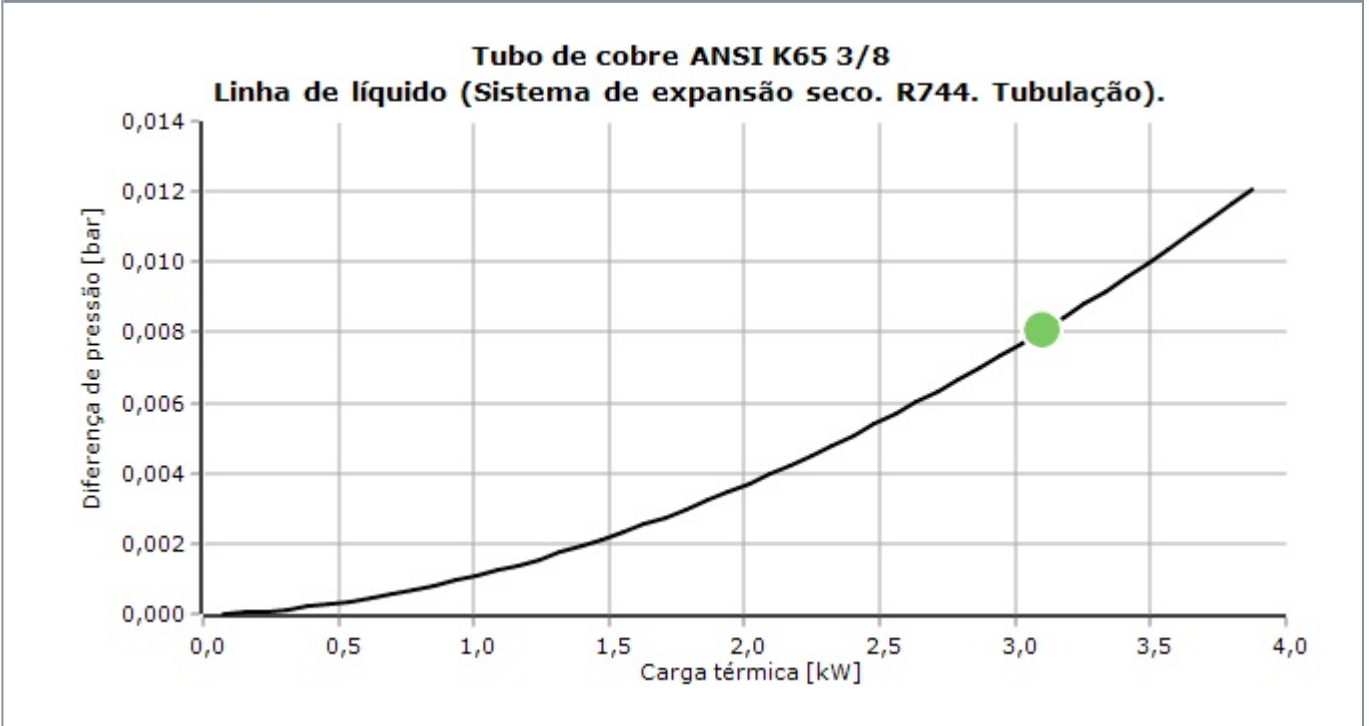
Critérios de seleção: Velocidade: 1,50. Comprimento: 3,40 m. Ângulo: 0 grau



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 3/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8
NS	9,53	12,7	15,88
DP [bar]	0,008	0,002	0,001
DT_sat [K]	0,0	0,0	0,0
DP [K/m]	0,001	0,000	0,000
Velocidade, entrada [m/s]	0,53	0,29	0,19
Velocidade, saída [m/s]	0,53	0,29	0,19

Curva de desempenho



Coolselector2

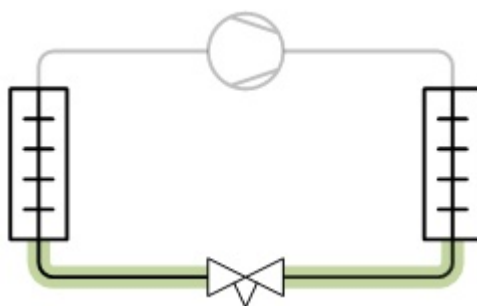
Tubulação: Tubagem 3

Condições de operação

Refrigerante:	R744	Carga térmica:	17,00 kW
Fluxo de massa na linha:	377,0 kg/h	Capacidade de aquecimento:	22,69 kW
Temperatura de evaporação:	-5,0 °C	Temperatura de condensação:	30,9 °C
Pressão de evaporação:	30,46 bar	Pressão de condensação:	73,64 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Sub-resfriamento:	2,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Sub-resfriamento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	83,6 °C		

Sistema e linha: Sistema de expansão seco. Linha de líquido

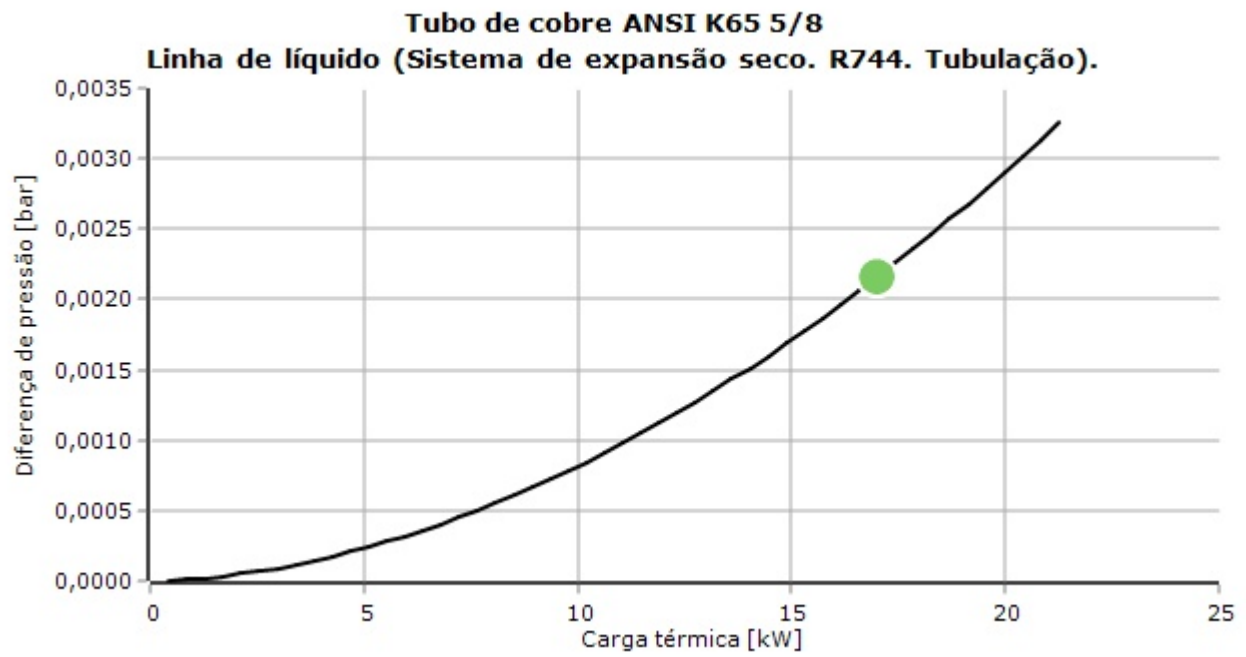
Crítérios de seleção: Velocidade: 1,00. Comprimento: 0,50 m. Ângulo: 0 grau



Seleção: Tubo de cobre ANSI K65 5/8

Tipo	ANSI K65 3/8	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8
NS	9,53	12,7	15,88	19,05	22,23
DP [bar]	0,027	0,007	0,002	0,001	0,000
DT_sat [K]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DP [K/m]	0,032	0,008	0,003	0,001	0,001
Velocidade, entrada [m/s]	2,89	1,62	1,03	0,72	0,53
Velocidade, saída [m/s]	2,89	1,62	1,03	0,72	0,53

Curva de desempenho



**ANEXO B.14 – RESULTADOS DO BALANÇO TÉRMICO OBTIDOS NO
SOFTWARE CALCAM QUIRON- CENTAURO**

Resultados. CalCam -Câmara de Congelados

Menu www centauro.pt

Câmara de Conservação de Congelados

Dados Gerais Dados Específicos **Dados Seleção**

Medições

Interior Exterior

Comprimento (m)
Largura (m)
Altura (m)

Seleção
Tipo de Serviço
Tipo de Tunel Factor Carga

Tipo de Construção
Temp. Exterior (°C) Uniforme Não Uniforme
Temp. Interior (°C)
Temp. Máx. Entrada do Produto (°C)
Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C)
Exposição Solar

Isolamento Uniforme Não Uniforme
Espessura (mm) Uniforme Não Uniforme

Balanco Provisório

10,83 kW	Área	25,5 m ²
9305,72 kcal/h	Volume	127,5 m ³



SELECCIONAR APARELHOS

Menu www centauro.pt

Câmara de Conservação de Congelados

Dados Gerais **Dados Específicos** Dados Seleção

Temperatura do Ar
Densidade de Carga (kg/m³)
Capacidade de armazenagem (kg)
Entrada Diária - 10 %(kg)
Produto
Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg)
Duração do Ciclo (h)
Quantidade a Congelar (kg)
Nº de Renovações Automáticas
Tempo de Funcionamento do Compressor (h)

Nº de Pessoas Tempo por Pessoa (h)
Iluminação (10.8 < kW < 16.2)

Balanco Provisório

10,83 kW	Área	25,5 m ²
9305,72 kcal/h	Volume	127,5 m ³



SELECCIONAR APARELHOS

Resultados. CalCam -Câmara de Refrigerados

Menu Ficheiro About www.centauro.pt

Câmara de Conservação de Frescos

Dados Gerais Dados Específicos Dados Seleção

Medições

Interior Exterior

Comprimento (m) 5
Largura (m) 4
Altura (m) 5

Seleção DTm

Tipo de Serviço Normal

Tipo de Tunel Não Contínuo Factor Carga 1,1

Tipo de Construção Painel com Chão Isolado

Temp. Exterior (°C) 35 Uniforme Não Uniforme

Temp. Interior (°C) 0

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C) 5

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

Exposição Solar

Isolamento Poliuretano - 40 kg/m³ Uniforme Não Uniforme

Espessura (mm) 100 Uniforme Não Uniforme

Balanco Provisório

3,51 kW	Área	20 m ²
3011,79 kcal/h	Volume	100 m ³



SELECCIONAR APARELHOS

Menu Ficheiro About www.centauro.pt

Câmara de Conservação de Frescos

Dados Gerais Dados Específicos Dados Seleção

Temperatura do Ar 15°C/65%HR

Densidade de Carga (kg/m³) 250 Alterar

Capacidade de armazenagem (kg) 25000

Entrada Diária - 10 %(kg) 2500 Alterar

Produto Peixe Peixe Gordo

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg) 0

Duração do Ciclo (h) 0

Quantidade a Congelar (kg) 0

Nº de Renovações Automáticas 0

Tempo de Funcionamento do Compressor (h) 16

Embalagem Máquinas

Nº de Pessoas 2 Tempo por Pessoa (h) 3

Iluminação (10.8 < kW < 16.2) 13,5

Balanco Provisório

3,51 kW	Área	20 m ²
3011,79 kcal/h	Volume	100 m ³



SELECCIONAR APARELHOS

Resultados. CalCam -Câmara de Buffer

Menu www.centauro.pt

Ficheiro About

Câmara de Conservação de Frescos

Dados Gerais | **Dados Específicos** | Dados Selecção

Temperatura do Ar

Densidade de Carga (kg/m³)

Capacidade de armazenagem (kg)

Entrada Diária - 10 %(kg)

Produto

Quantidade a Congelar/Arrefecer por Ciclo (kg)

Duração do Ciclo (h)

Quantidade a Congelar (kg)

Nº de Renovações Automáticas

Tempo de Funcionamento do Compressor (h)

Nº de Pessoas Tempo por Pessoa (h)

Iluminação (10.8 < kW < 16.2)

SELECCIONAR APARELHOS

Balanco Provisório

10,63 kW	Área	36 m ²
9135,64 kcal/h	Volume	180 m ³



Menu www.centauro.pt

Ficheiro About

Câmara de Conservação de Frescos

Dados Gerais | **Dados Específicos** | Dados Selecção

Medições

Comprimento (m)

Largura (m)

Altura (m)

Seleção

Tipo de Serviço

Tipo de Tunel Factor Carga

Tipo de Construção

Temp. Exterior (°C)

Temp. Interior (°C)

Temp. Máx. Entrada do Produto (°C)

Temp. Média Produto Fim de Ciclo (°C)

Exposição Solar

Isolamento

Espessura (mm)

SELECCIONAR APARELHOS

Balanco Provisório

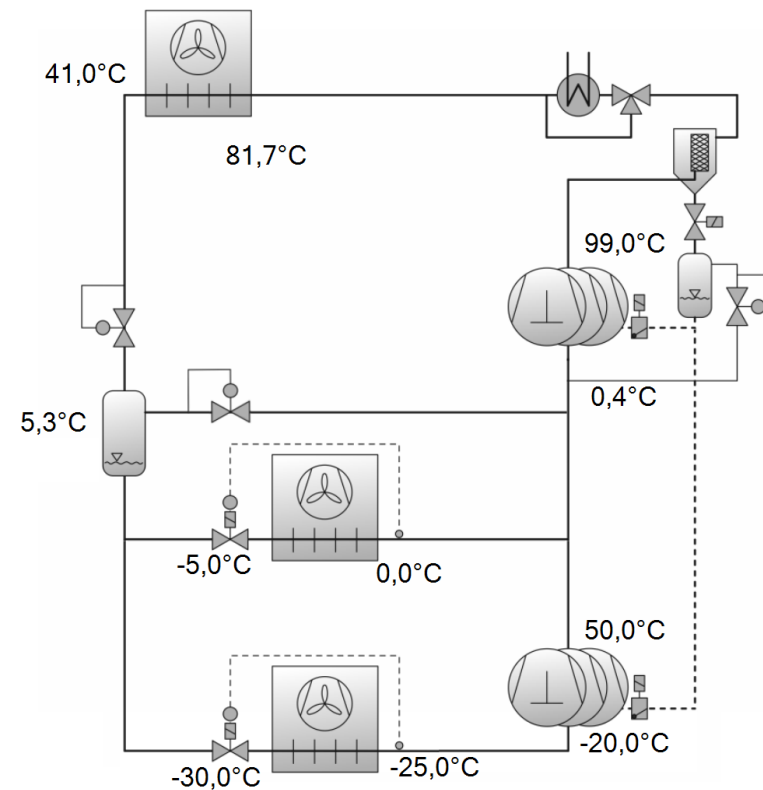
10,63 kW	Área	36 m ²
9135,64 kcal/h	Volume	180 m ³



ANEXO B.15 – COMPRESSORES

**Seleção: CO2 sistema****COP/EER Evaporador: 0,99**

<i>Valores de entrada</i>	BT-estágio	MT-estágio
Sistema		Flashgas
Série	Padrão	Padrão
Modo de operação	subcrítico	Transcrítico
Número de compressores	1	2
Temp. Evaporação SST	-30,00 °C	-5,00 °C
Superaquecimento evaporador	5,00 K	5,00 K
Superaquecimento linha sucção	5,00 K	5,00 K
Alta pressão		90,0 bar(a)
saída resfriador gasoso		41,0 °C
Pressão intermediária		40,0 bar(a) / 5,30 °C
Frequência de alimentação	60Hz	
Tensão de alimentação	460V	
Trocador de Calor	1	
Entrada fluido	20,00 K	
Saída fluido	55,0 K	
Capacidade de aquecimento	10,32 kW	
Cap. Calor Específ.	4,19 kJ/(kg*K)	
Min. Ponto Pinch	2,00 K	



**Resultado**

Compressor	BT-estágio	2GSL-3K
Frequência do compressor	--	65,0 Hz
Capacidade Evaporador	12,55 kW	12,55 kW
Fluxo de massa evaporador	197,2 kg/h	--
Relação	--	100,0 %
Potência absorvida	2,97 kW	2,97 kW
Corrente	5,26 A	5,26 A
Faixa de Tensão	--	440-480V
Vazão em massa	197,2 kg/h	197,2 kg/h
Superaquecimento total	9,90 K	9,90 K
Temp. gás de Descarga não resfriado	50,0 °C	50,0 °C

Compressor	MT-estágio	4KTE-12K	4KTE-10K
Frequência do compressor	--	58,0 Hz	--
Capacidade Evaporador	17,12 kW	8,50 kW	8,62 kW
Fluxo de massa evaporador	270 kg/h	--	--
Relação	--	49,6 %	50,4 %
capacidade do resfriador gasoso	60,4 kW	30,0 kW	30,4 kW
Fluxo de massa gas resfriado	1407 kg/h	--	--
Potência absorvida	26,9 kW	13,22 kW	13,69 kW
Corrente	39,1 A	20,1 A	19,01 A
Faixa de Tensão	--	440-480V	440-480V
Vazão em massa	1407 kg/h	699 kg/h	709 kg/h
fluxo massa flash gás	940 kg/h	--	--
Superaquecimento total	5,40 K	5,40 K	5,40 K
Temp. gás de Descarga não resfriado	99,0 °C	98,5 °C	99,5 °C
alta pressão opcional	101,0 bar(a)	--	--

Recuperador de calor	Trocador de Calor 1
Fluxo de massa	254 kg/h
ΔT Entrada fluido	61,7 K
ΔT Saída fluido	44,0 K
Ponto Pinch	44,0 K
Log. ΔT	52,3 K
CO2 saída	81,7 °C



BT-estágio: Dados Provisórios

BT-estágio: Consumo de energia na entrada do compressor

BT-estágio: Superaquecimento total menor que 10K/18°F

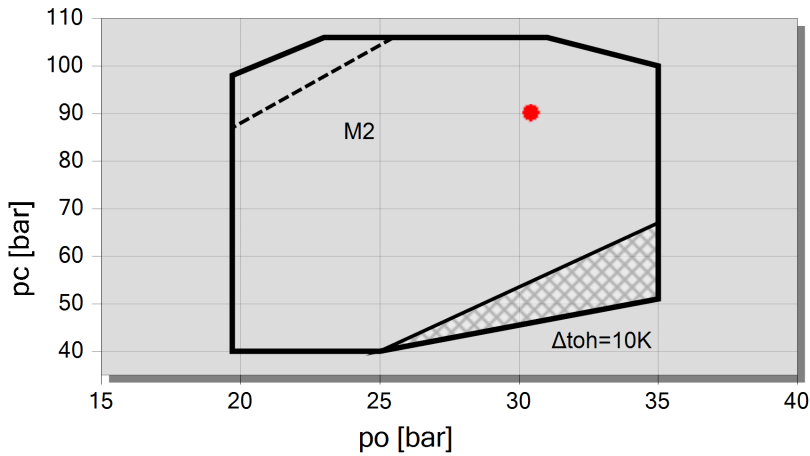
MT-estágio: Dados Provisórios

MT-estágio: Consumo de energia na entrada do compressor

MT-estágio: Superaquecimento total menor que 10K/18°F



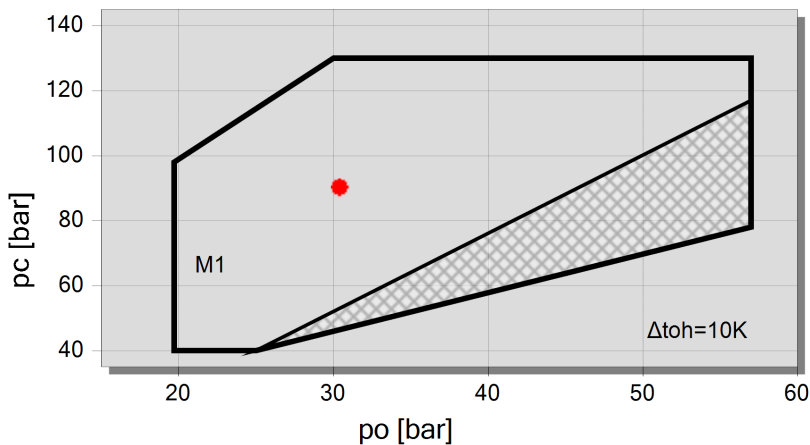
Limites de aplicação 4KTE-10K (MT-estágio)



Legenda

- M2: motor 2
- Operação acima da linha designada não permitida para os seguintes compressores: (%%)
- ▨ depende dos parâmetros de operação
- A

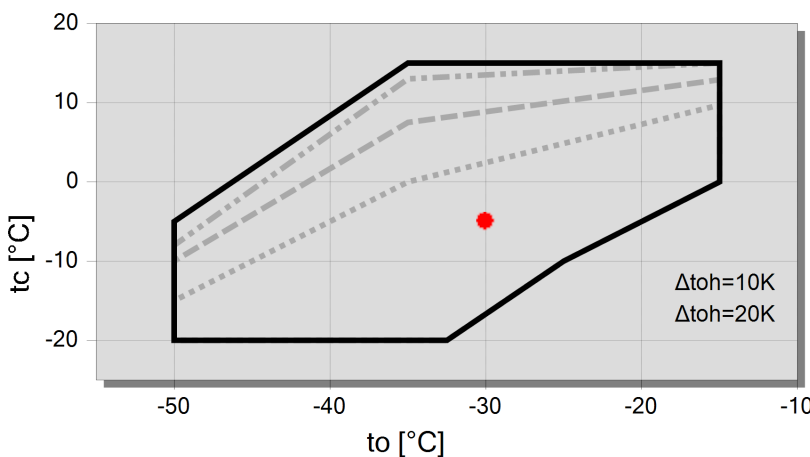
Limites de aplicação 4KTE-12K (MT-estágio)



Legenda

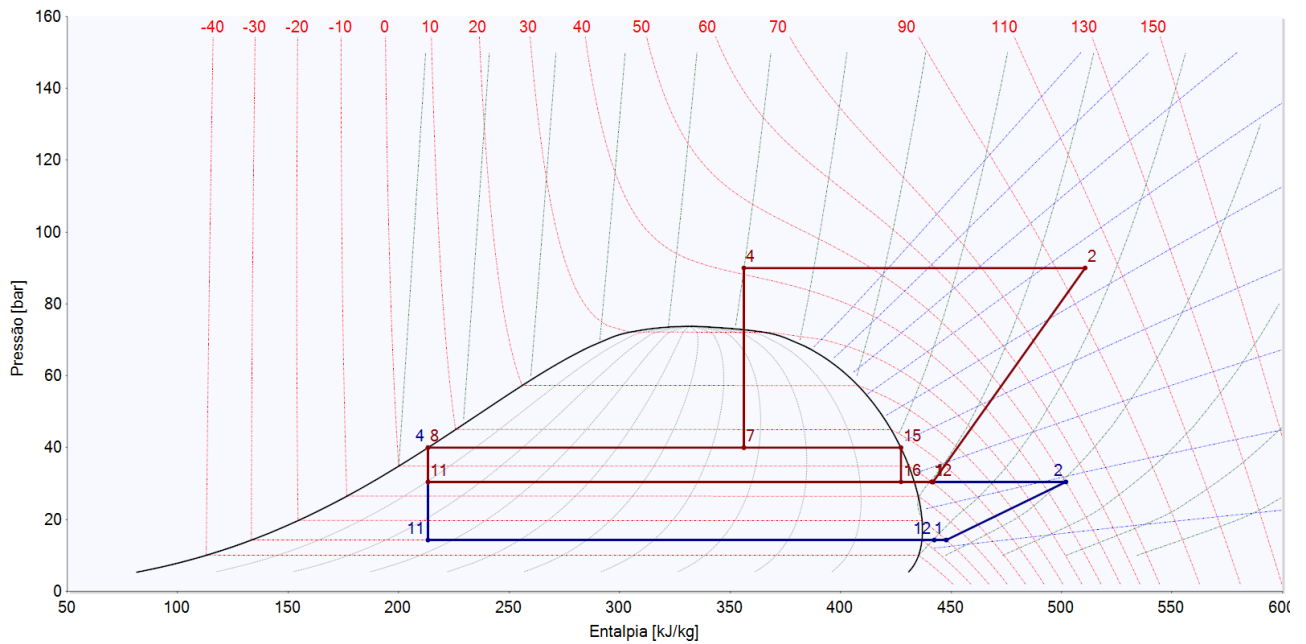
- ▨ depende dos parâmetros de operação
- M1: motor 1
- A

Limites de aplicação 2GSL-3K (BT-estágio)



Legenda

- - - max. tc para frequências = 40Hz
- - - max. tc para frequências = 35Hz
- ⋯ max. tc para frequências = 30Hz
- A

**diagrama p,h****BT-estágio**

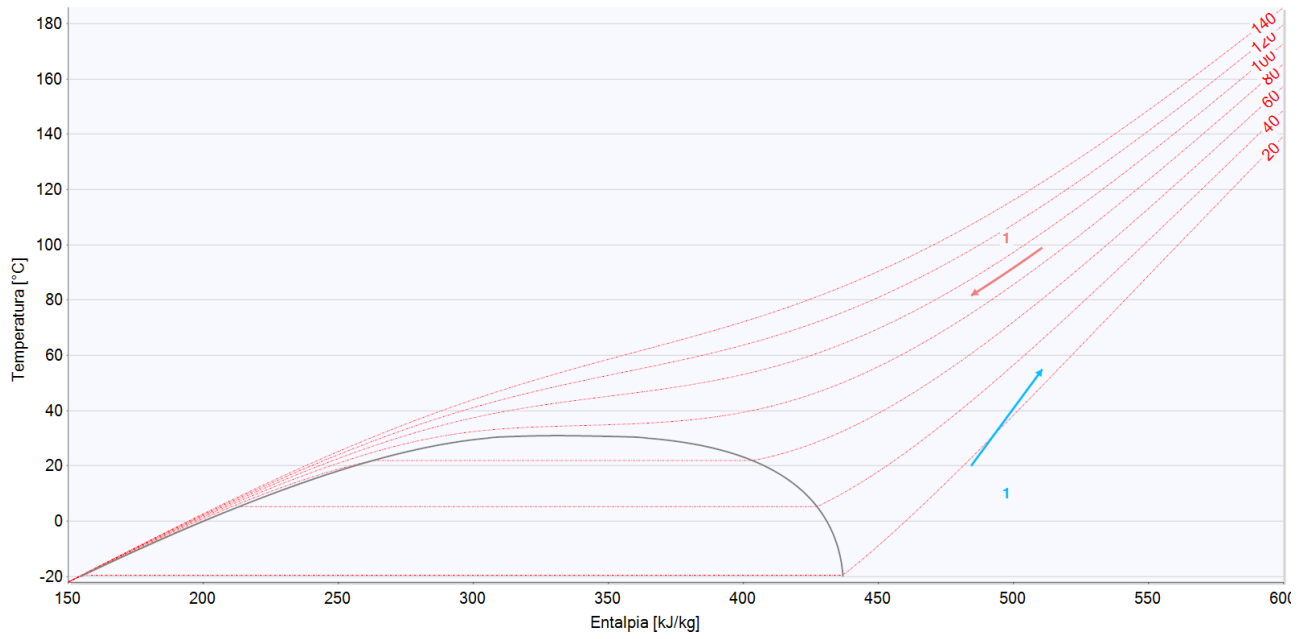
- 1 - 2 Compressão
- 4 - 11 Expansão
- 11-12 Evaporação
- 12 - 1 Superaquecimento na linha de sucção

MT-estágio

- 1 - 2 Compressão
- 2 - 4 Resfriador gasoso / Condensação
- 4 - 7 Expansão p/ pressão intermediária
- 7 - 8 Tanque intermediário : saída de líquido
- 8 - 11 Expansão p/ a pressão evaporação
- 11 - 12 Evaporação
- 12 - 1 Superaquecimento Total
- 7 - 15 Tanque intermediário: saída gás
- 15 - 16 Expansão p/ pressão de evaporação



diagrama t,h





Seleção: VARIPACK

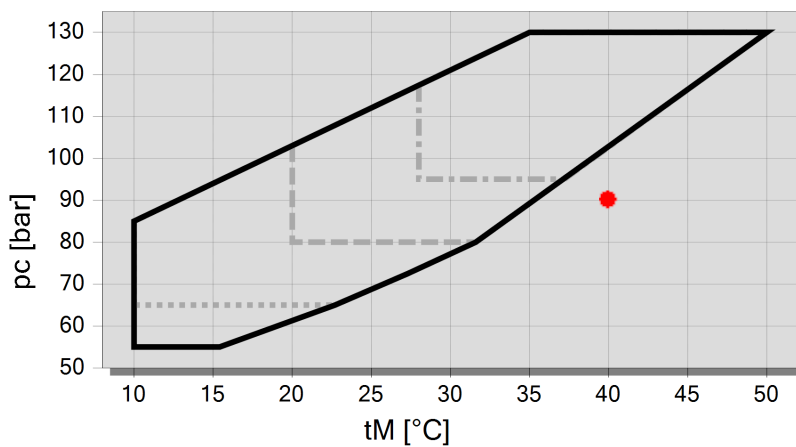
Resultado

Compressor:	4KTE-12K (MT)	2GSL-3K (BT)
Recomendado:	FNY+30-4	FMY+14-4
Seleção Produto	FNY+30-4	FMY+14-4
Frequência do compressor:	58 Hz	65 Hz
Ponto de operação recomendado:	A	A
Ponto de operação selecionado:	A	A
Potência absorvida	13,58 kW	3,02 kW
Corrente (460V)	17,22 A	4,28 A
Máx. corrente	24,13 A	5,54 A
Capacidade mínima de refrigeração	6,30 kW (25 Hz)	6,19 kW (30 Hz)
Capacidade máxima de refrigeração	20,54 kW (70 Hz)	16,49 kW (75 Hz)
Faixa de frequência	25 Hz..70 Hz	30 Hz..75 Hz
Classe da proteção	IP66	IP66

#1: Consumo de energia na entrada do inversor de frequência dos compressores na entrada

#2: Consumo de energia na entrada do inversor de frequência dos compressores na entrada

Limites de aplicação HDV-E30



Legenda

— The HDV can be used as high pressure control valve within the physical limitations described in technical data. The shown application envelope is a recommendation for ejector operation.

--- Recommended maximum pressure lift: 12 bar

--- Recommended maximum pressure lift: 9 bar

..... Recommended maximum pressure lift: 6 bar

● A

ANEXO B.16 – FILTRO SECADOR

Coolselector2

Informação de projeto

Nome do projeto:
 Comentários:
 Criado por:
 Coolselector2 versão: 5.3.1. Banco de dados: 102
 Impresso: 1 de Setembro de 2023
 Preferências usadas: Todas as aplicações

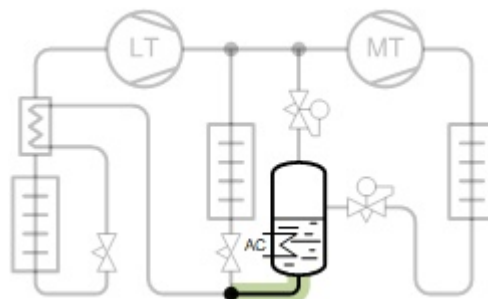
Filtro secador: Filtro secador 1

Condições de operação

Capacidade de refrigeração, LT:	12,50 kW	Capacidade de refrigeração, MT:	17,50 kW
Eficiência, Interna HX:	0,30 -	Capacidade de refrigeração, AC:	0 kW
Temperatura de evaporação:	-30,0 °C	Temperatura de evaporação:	-5,0 °C
Pressão de evaporação:	14,28 bar	Pressão de evaporação:	30,46 bar
Superaquecimento útil:	10,0 K	Superaquecimento útil:	10,0 K
Superaquecimento adicional:	0 K	Superaquecimento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	50,1 °C	Temperatura de descarga:	97,4 °C
Capacidade de aquecimento:	54,41 kW	Fluxo de massa na linha:	422,3 kg/h
Pressão ideal do gás cooler	False	Temperatura do tanque:	3,0 °C
Pressão:	90,00 bar	Pressão do tanque:	37,70 bar
Temperatura da saída:	41,0 °C	Subsresfriamento do tanque:	5,0 K

Sistema e linha: Sistema transcrito. Linha de líquido comum

Crterios de seleção: Velocidade: 2,00

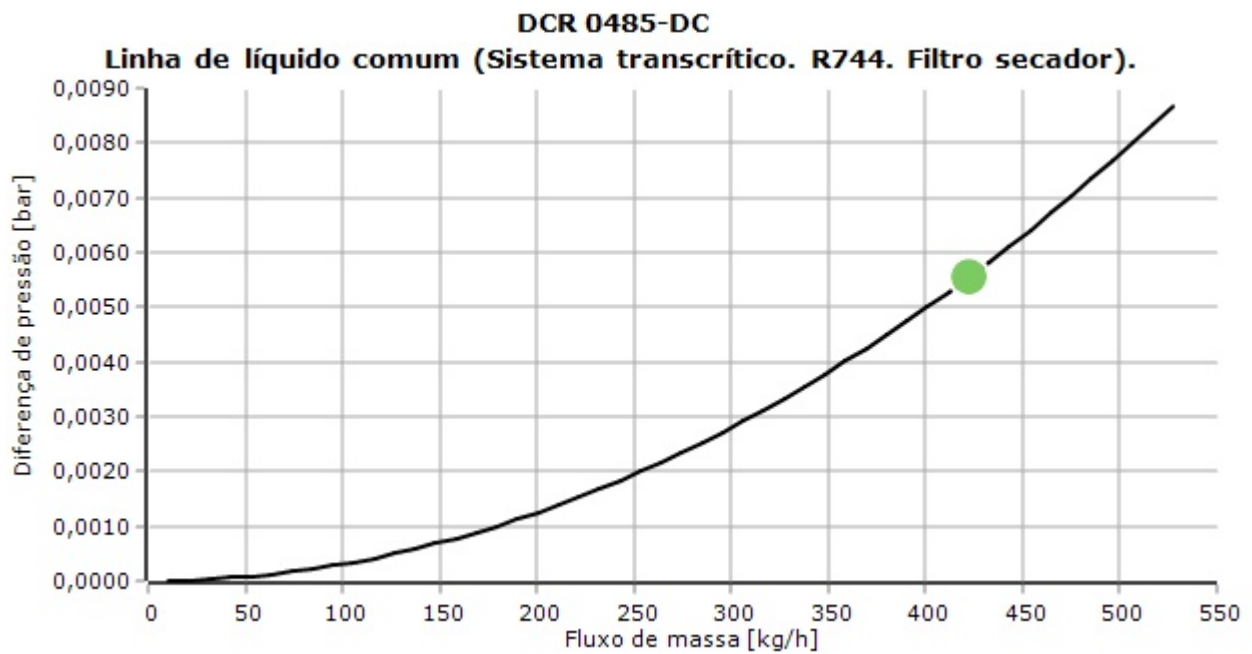


Seleção: DCR 0485-DC



Tipo	DCR 0485-DC	DCR 0487-DC	DCR 0489-DC
NS	15	20	25
Núcleos	1	1	1
Kv [m ³ /h]	5,84	11,1	14,8
Kv_calc [m ³ /h]	5,84	11,1	14,8
DP [bar]	0,006	0,002	0,001
DT_sat [K]	0,0	0,0	0,0
Velocidade, entrada [m/s]	0,57	0,32	0,20
Capacidade de secagem em -6,6 °C [kg]	49,31	49,31	49,31
PS/MWP [bar]	46,00	46,00	46,00
Carga [kg]	1,405	1,405	1,405

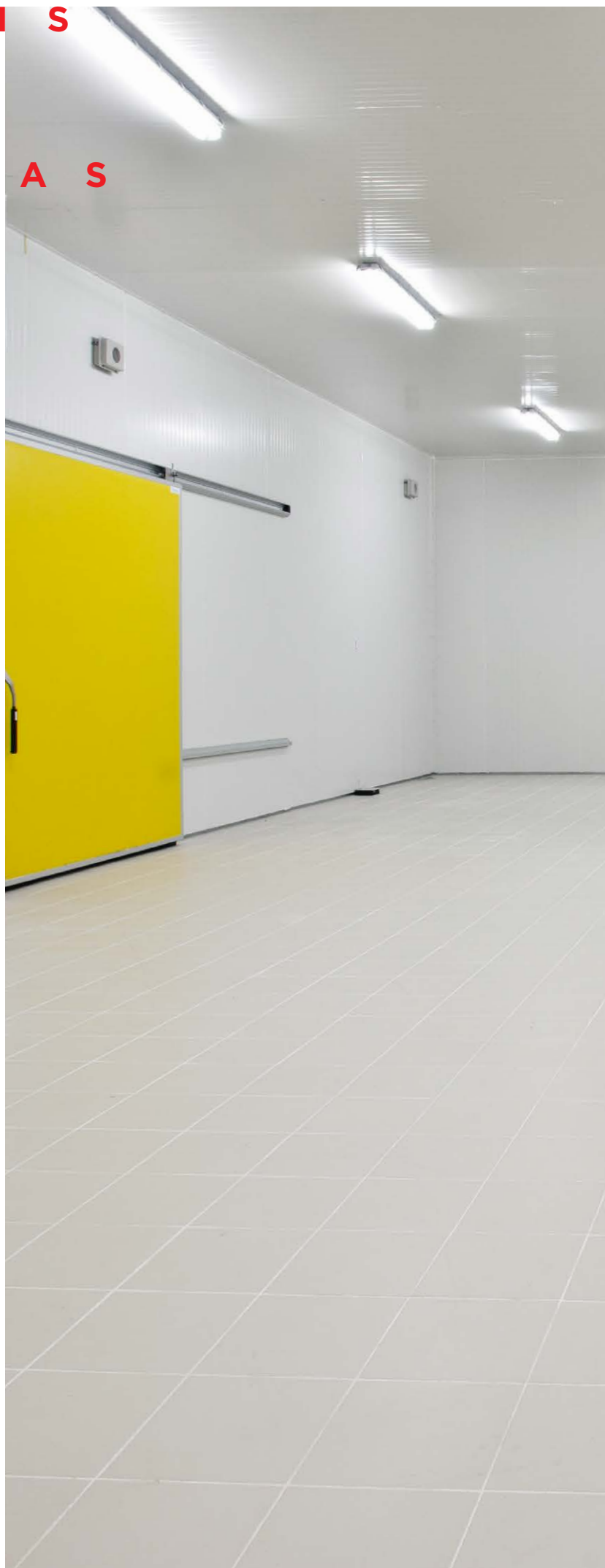
Curva de desempenho



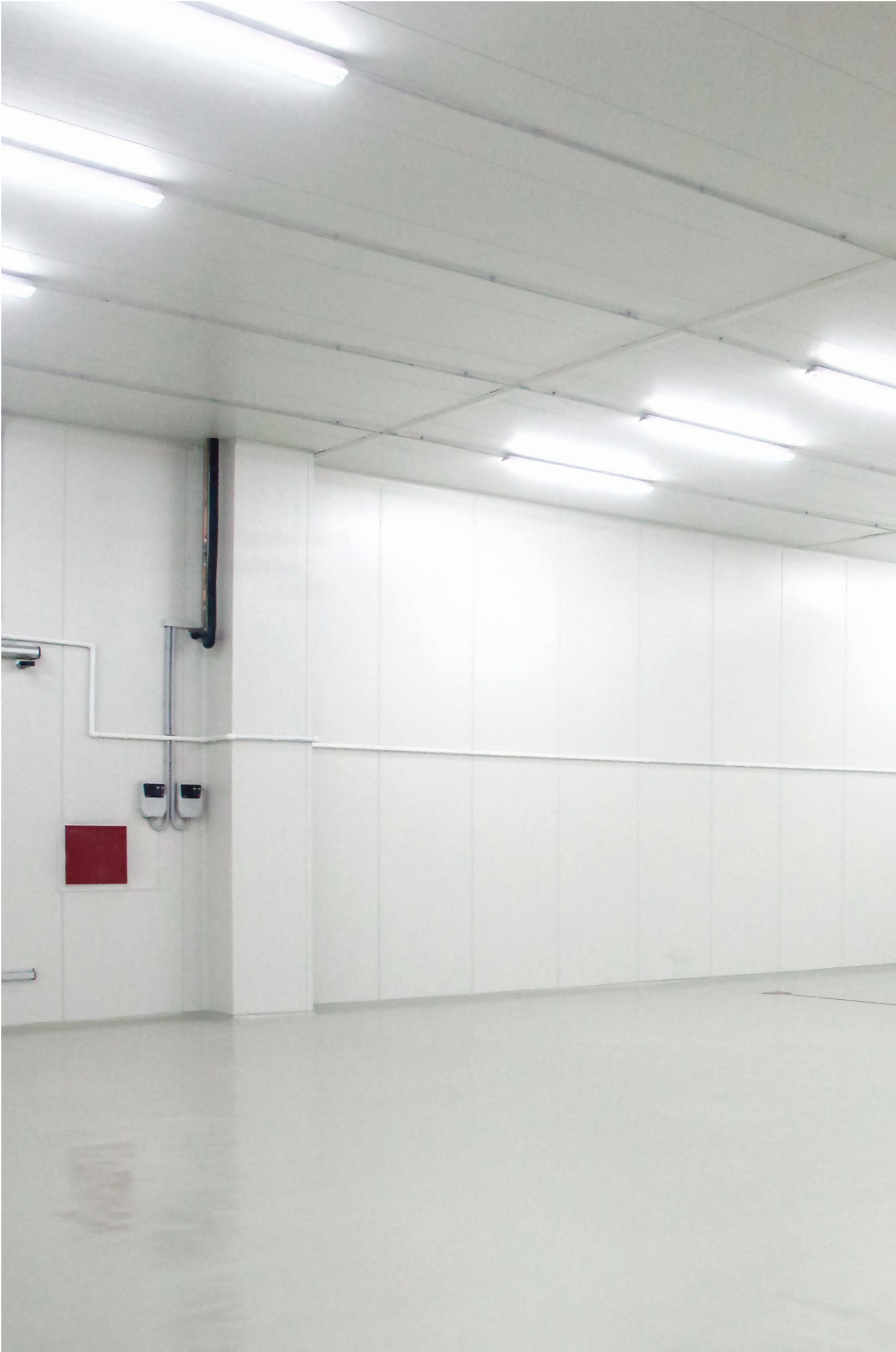
ANEXO B.17 – PAINEL ISOTÉRMICO

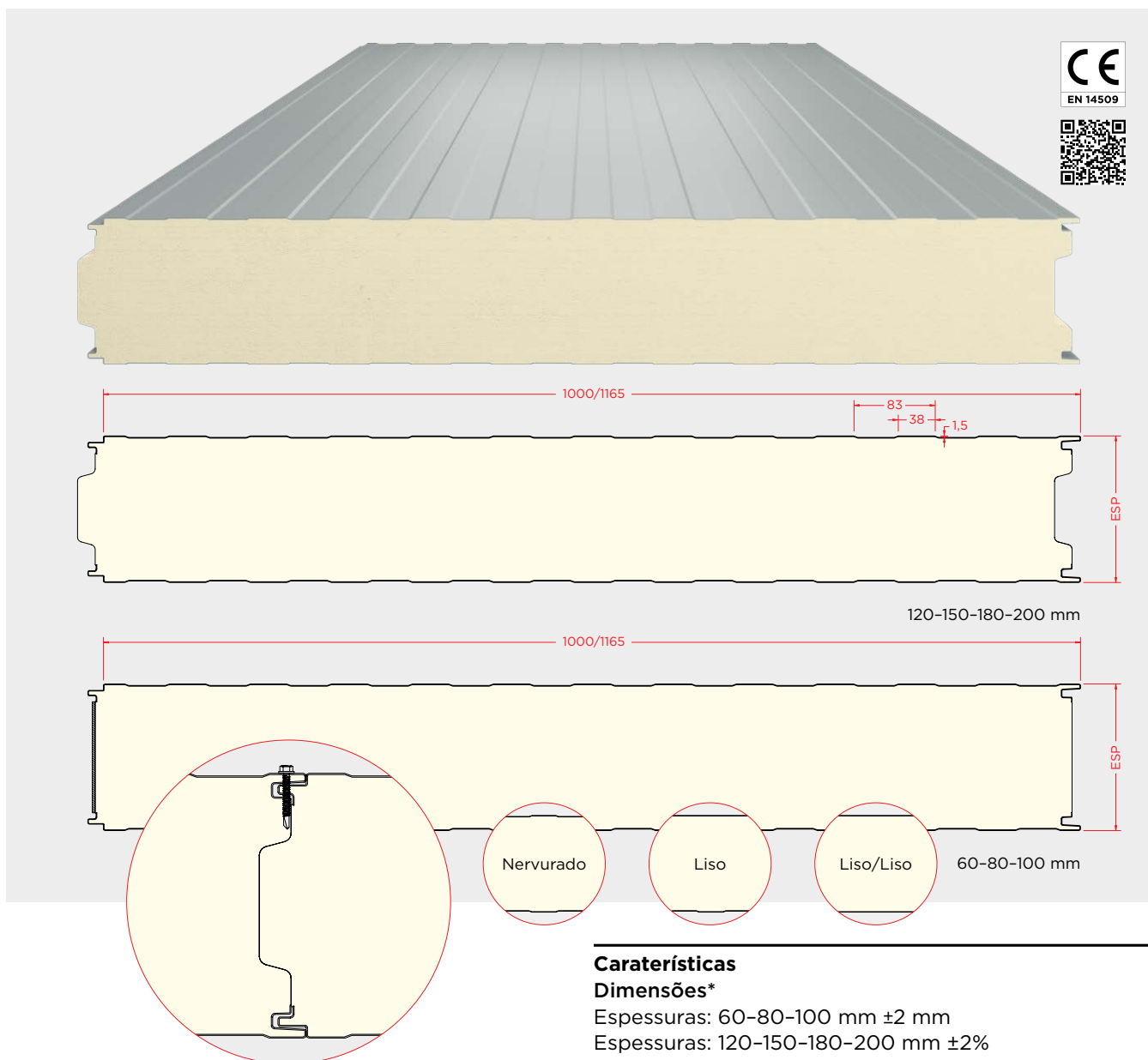
P A I N É I S
P A R A
C Â M A R A S
D E
F R I O

Icewall®









Descrição/Aplicação

Painel isolante composto por duas chapas metálicas perfiladas, unidas por um núcleo de espuma rígida de poliuretano (PUR) ou polisocianurato (PIR).

Painel autoportante de alta espessura para câmaras de frio industrial. Solução de grande versatilidade e facilidade de montagem, para ambientes com temperatura controlada.

Painel produzido de acordo com a EN 14509 e sujeito a avaliação e verificação da regularidade de desempenho de acordo com o sistema 1.

Caraterísticas

Dimensões*

Espessuras: 60-80-100 mm ± 2 mm
 Espessuras: 120-150-180-200 mm $\pm 2\%$
 Largura: 1000 – 1165 mm ± 2 mm
 Comprimento: 4,00 – 16,00 m ± 10 mm

Suporte metálico

Núcleo em chapa de aço qualidade S250GD: EN 10346
 Bobinas lacadas de revestimento orgânico: EN 10169+A1
 Espessuras: 0,5 mm

Núcleo isolante

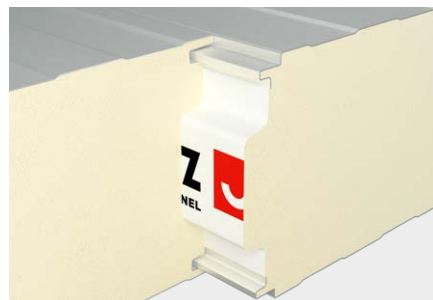
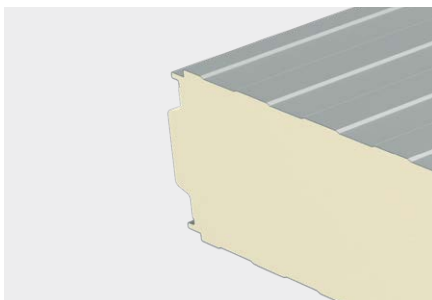
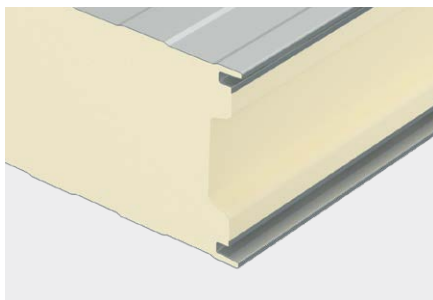
Poliuretano (PUR) | Polisocianurato (PIR)
 Condutividade térmica:
 PUR 0,0207 W/mK
 PIR 0,0207 W/mK
 Densidade: 40 kg/m³
 Reação ao fogo: EN 13501-1
 PUR B-s2,d0
 PIR B-s2,d0
 HPIR B-s1,d0

Revestimento

Standard: Pintura poliéster 25 μ m
 Especiais: Granite HDX 55 μ m | PVC *food-safe*

*Tolerâncias ao abrigo da Norma EN 14509

Pormenores



Gama de Cores

As cores exibidas no catálogo obedecem aos nossos padrões com a maior precisão possível. Contudo, são inevitáveis pequenas alterações, razão que nos leva a recomendar que faça sempre um exame de cor com uma amostra real.

RAL 9010 Branco Puro



RAL 9006 Branco Alumínio



RAL 9004 Preto Sinal



RAL 7022 Cinzento Sombra



RAL 7016 Cinzento Antracite



RAL 7012 Cinzento Basalto



RAL 6005 Verde Musgo



RAL 5010 Azul Genciana



RAL 3009 Vermelho Óxido



RAL 1015 Marfim Claro



Comportamento Térmico e Pesos

Espessura	mm	60	80	100	120	150	180	200
Transmissão Térmica, U (EN 14509 A.10)	W/m²K	0,34	0,25	0,20	0,17	0,13	0,11	0,10
Peso (Chapa Aço Espessura 0,5/0,5)	Kg/m²	9,9	10,7	11,5	12,3	13,5	14,7	15,5

Tabelas de Cálculo Direto

Chapa Aço | Espessuras 0,5/0,5 | Aplicação em Paredes

Condição de apoio simples

Espessura	Carga	Cargas uniformemente distribuídas [kN/m²] Vão L [m]															
		1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
60	◀ ▶	3,09	2,43	1,94	1,56	1,27	1,04	0,85	0,70	0,55	0,41	0,30					
	▶	3,09	2,43	1,94	1,56	1,27	1,04	0,85	0,70	0,55	0,41	0,30					
80	◀ ▶	4,59	3,69	3,01	2,48	2,07	1,73	1,46	1,24	1,05	0,90	0,77	0,66	0,57	0,46	0,37	
	▶	4,59	3,69	3,01	2,48	2,07	1,73	1,46	1,24	1,05	0,90	0,77	0,66	0,57	0,46	0,37	
100	◀ ▶	6,11	4,97	4,11	3,45	2,91	2,48	2,12	1,82	1,58	1,37	1,19	1,04	0,91	0,79	0,70	
	▶	6,11	4,97	4,11	3,45	2,91	2,48	2,12	1,82	1,58	1,37	1,19	1,04	0,91	0,79	0,70	
120	◀ ▶	7,62	6,28	5,24	4,43	3,78	3,25	2,81	2,44	2,13	1,87	1,64	1,45	1,28	1,13	1,01	
	▶	7,62	6,28	5,24	4,43	3,78	3,25	2,81	2,44	2,13	1,87	1,64	1,45	1,28	1,13	1,01	
150	◀ ▶	8,26	7,08	6,20	5,51	4,96	4,44	3,85	3,28	2,83	2,47	2,17	1,92	1,71	1,54	1,39	
	▶	8,26	7,08	6,20	5,51	4,96	4,44	3,85	3,28	2,83	2,47	2,17	1,92	1,71	1,54	1,39	
180	◀ ▶	8,90	7,63	6,68	5,94	5,34	4,86	4,45	3,95	3,41	2,97	2,61	2,31	2,06	1,85	1,67	
	▶	8,90	7,63	6,68	5,94	5,34	4,86	4,45	3,95	3,41	2,97	2,61	2,31	2,06	1,85	1,67	
200	◀ ▶	9,33	8,00	7,00	6,22	5,60	5,09	4,67	4,31	3,79	3,30	2,90	2,57	2,29	2,06	1,86	
	▶	9,33	8,00	7,00	6,22	5,60	5,09	4,67	4,31	3,79	3,30	2,90	2,57	2,29	2,06	1,86	

◀ Sucção exterior ▶ Pressão exterior

Condição de apoio múltiplo

Espessura	Carga	Cargas uniformemente distribuídas [kN/m²] Vão L [m]															
		1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
60	◀ ▶	3,36	2,75	2,30	1,96	1,68	1,46	1,28	1,13	1,00	0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,53	
	▶	3,36	2,75	2,30	1,96	1,68	1,46	1,28	1,13	1,00	0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,53	
80	◀ ▶	4,21	3,61	3,16	2,81	2,49	2,18	1,93	1,71	1,49	1,29	1,14	1,01	0,90	0,81	0,73	
	▶	4,21	3,61	3,16	2,81	2,49	2,18	1,93	1,71	1,49	1,29	1,14	1,01	0,90	0,81	0,73	
100	◀ ▶	4,64	3,98	3,48	3,09	2,78	2,53	2,32	2,14	1,87	1,63	1,43	1,27	1,13	1,02	0,92	
	▶	4,64	3,98	3,48	3,09	2,78	2,53	2,32	2,14	1,87	1,63	1,43	1,27	1,13	1,02	0,92	
120	◀ ▶	5,06	4,34	3,80	3,38	3,04	2,76	2,53	2,34	2,17	1,96	1,73	1,53	1,36	1,22	1,10	
	▶	5,06	4,34	3,80	3,38	3,04	2,76	2,53	2,34	2,17	1,96	1,73	1,53	1,36	1,22	1,10	
150	◀ ▶	5,70	4,89	4,28	3,80	3,42	3,11	2,85	2,63	2,44	2,28	2,14	1,92	1,71	1,54	1,39	
	▶	5,70	4,89	4,28	3,80	3,42	3,11	2,85	2,63	2,44	2,28	2,14	1,92	1,71	1,54	1,39	
180	◀ ▶	6,34	5,44	4,76	4,23	3,81	3,46	3,17	2,93	2,72	2,54	2,38	2,24	2,06	1,85	1,67	
	▶	6,34	5,44	4,76	4,23	3,81	3,46	3,17	2,93	2,72	2,54	2,38	2,24	2,06	1,85	1,67	
200	◀ ▶	6,77	5,80	5,08	4,51	4,06	3,69	3,39	3,13	2,90	2,71	2,54	2,39	2,26	2,06	1,86	
	▶	6,77	5,80	5,08	4,51	4,06	3,69	3,39	3,13	2,90	2,71	2,54	2,39	2,26	2,06	1,86	

Chapa Aço | Espessuras 0,5/0,5 | Aplicação em Coberturas

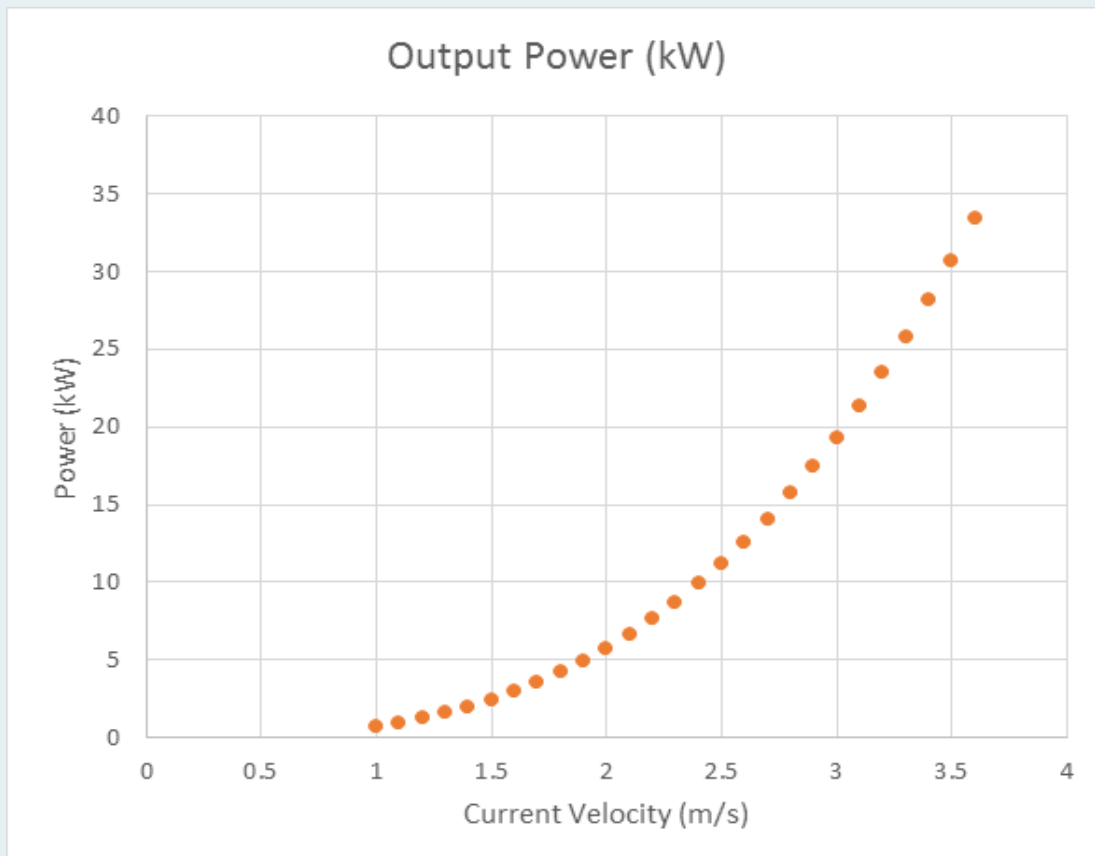
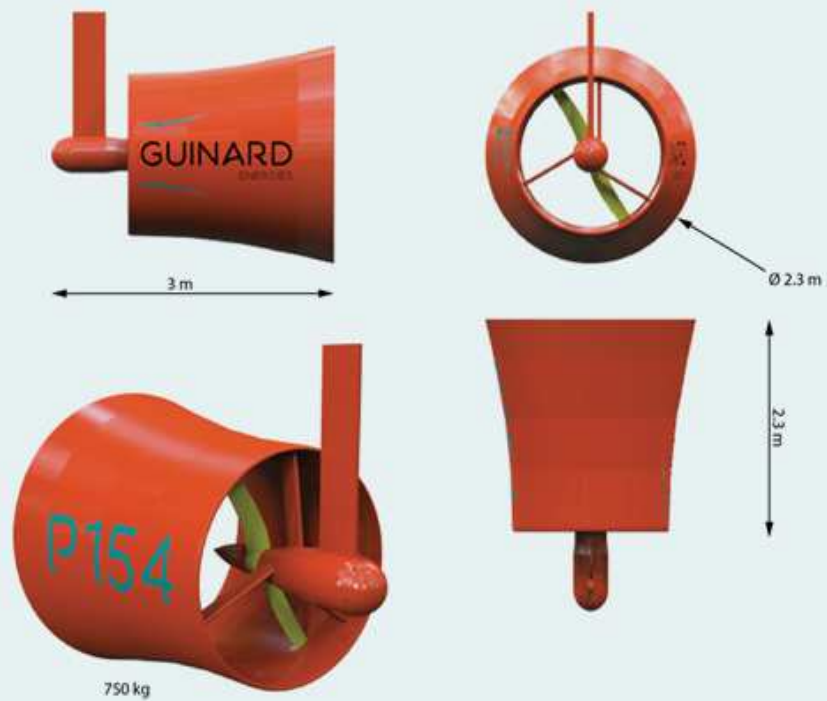
Condição de apoio simples

Espessura	Cargas uniformemente distribuídas [kN/m²] Vão L [m]															
	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
60	3,29	2,61	2,11	1,71	1,41	1,16	0,96	0,80	0,67	0,56	0,47	0,39	0,33	0,27	0,22	
80	4,79	3,88	3,19	2,65	2,22	1,88	1,59	1,36	1,16	1,00	0,86	0,74	0,63	0,55	0,47	
100	6,13	4,99	4,13	3,46	2,92	2,48	2,12	1,82	1,57	1,35	1,17	1,01	0,88	0,77	0,67	
120	7,53	6,29	5,25	4,44	3,79	3,25	2,81	2,44	2,12	1,86	1,63	1,43	1,25	1,11	0,98	
150	8,16	6,98	6,10	5,41	4,68	4,02	3,47	3,01	2,62	2,28	2,00	1,75	1,54	1,35	1,19	
180	8,79	7,52	6,57	5,83	5,23	4,75	4,34	3,84	3,30	2,86	2,50	2,20	1,95	1,74	1,56	
200	9,18	7,85	6,85	6,07	5,45	4,94	4,52	4,16	3,64	3,15	2,75	2,42	2,14	1,91	1,71	

Espessura	Cargas uniformemente distribuídas [kN/m²] Vão L [m]															
	5,25	5,5	5,75	6	6,25	6,5	6,75	7	7,25	7,5	7,75	8	8,25	8,5	8,75	9
60																
80	0,41	0,35	0,30	0,26	0,22											
100	0,58	0,50	0,44	0,38	0,33	0,29	0,25	0,20								
120	0,86	0,76	0,67	0,60	0,53	0,47	0,41	0,36	0,32	0,28	0,25	0,22				
150	1,04	0,92	0,78	0,64	0,52	0,42	0,33	0,25								
180	1,40	1,27	1,15	1,05	0,96	0,86	0,77	0,65	0,55	0,46	0,38	0,31	0,24			
200	1,53	1,38	1,25	1,14	1,04	0,95	0,87	0,80	0,73	0,67	0,58	0,49	0,41	0,34	0,28	0,22

ANEXO C – TURBINA DE CORRENTES MARÍTIMAS

POSEIDE 154 - RIVER AND MARINE CURRENT TURBINE



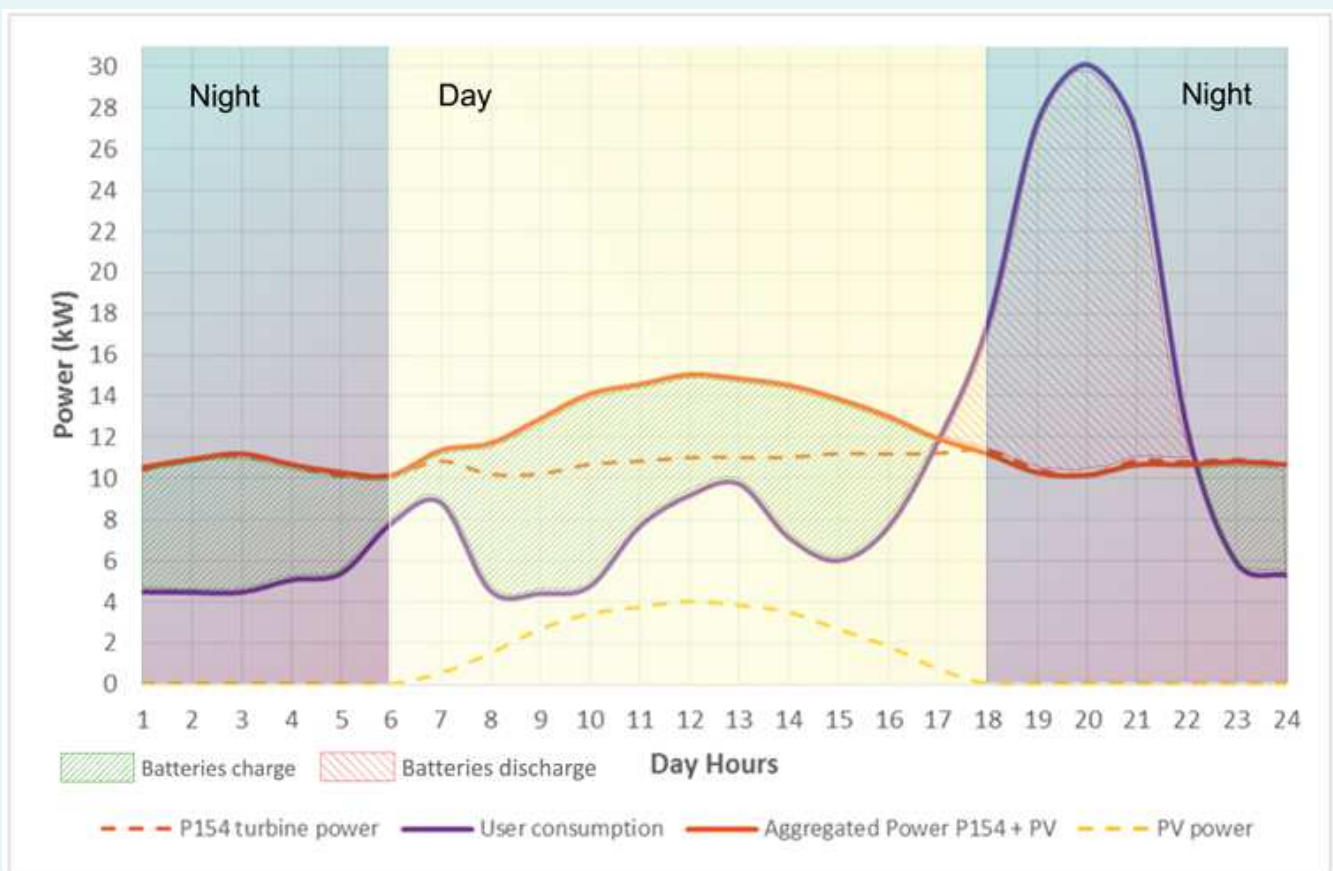
HYBRID POWER SOLUTION



***P154 TURBINE @ 2.5 M/S : 12 KW CONTINUOUS OUTPUT ;
+ 5 KW PEAK OF PV PANELS ;
+ 100 KWH OF BATTERIES ;
+ 30 KW INVERTER***

***= 30 KW PEAK AC/DC DELIVERY
&
300 KWH DAILY***

Common user consumption Vs Hybrid power solution



***AN EASY-TO-INSTALL HYBRID POWER GENERATION SOLUTION
ABLE TO PROVIDE 30 KW FOR NON-INTERCONNECTED AREA.***

**ANEXO D.1 – IRRADIAÇÃO SOLAR OBSERVADO NA CIDADE DO
TARRAFAL DE SANTIAGO**

Report generated on

PVGIS-5 geo-temporal irradiation database

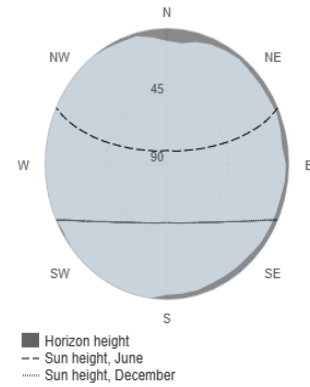
Provided inputs

Latitude/Longitude: 15.268,-23.754
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 Start year: 2020
 End year: 2020

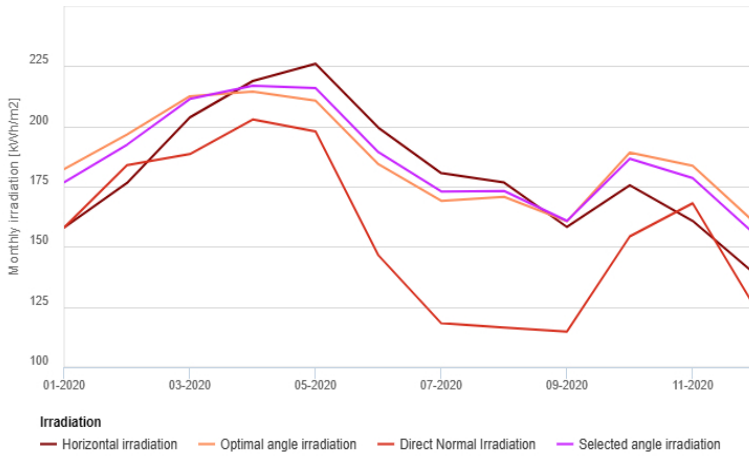
Variables included in this report:

Global horizontal irradiation: Yes
 Direct Normal Irradiation: Yes
 Global irradiation optimum angle: Yes
 Global irradiation at angle 12°: Yes
 Diffuse/global ratio: No
 Average temperature: No

Outline of horizon at chosen location:



Monthly solar irradiation estimates



Global horizontal irradiation		Direct Normal Irradiation		Global irradiation optimum angle		Global irradiation at angle	
Month	2020	Month	2020	Month	2020	Month	2020
January	158.01	January	158.01	January	182.29	January	176.81
February	176.5	February	183.84	February	196.64	February	192.4
March	203.73	March	188.46	March	212.54	March	211.38
April	218.83	April	202.84	April	214.42	April	216.84
May	225.99	May	197.93	May	210.64	May	215.95
June	199.44	June	146.44	June	184.28	June	189.3
July	180.56	July	118.21	July	169.09	July	172.99
August	176.65	August	116.45	August	170.74	August	173.18
September	158.21	September	114.78	September	160.57	September	160.77
October	175.56	October	154.31	October	189.16	October	186.56
November	160.72	November	168.05	November	183.65	November	178.56
December	138.53	December	124.47	December	159.73	December	154.9

ANEXO D.2 – PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO



RT8I-M

144 Cells

Mono-crystalline 10BB

535-560W

Power output

21.66%

The Highest Efficiency

0~+5W

Tolerance

WWW.RESTARSOLAR.COM

RT8I-M HALF-CELL series is produced with high efficiency multi-busbar cells, which can reduce the module internal power loss to improve its conversion efficiency, as well as lower the failure risk caused by cracks and broken busbar to enhance the module reliability. Combined with half-cell technology, the module is highly resistant to hot-spot crisis caused by shadow effect.



High module conversion efficiency (up to 21.66%), through superior manufacturing technology



Guaranteed 0~+5W positive power output tolerance ensures high reliability



Anti-reflective, hydrophobic coating improves light absorption and reduces surface dust

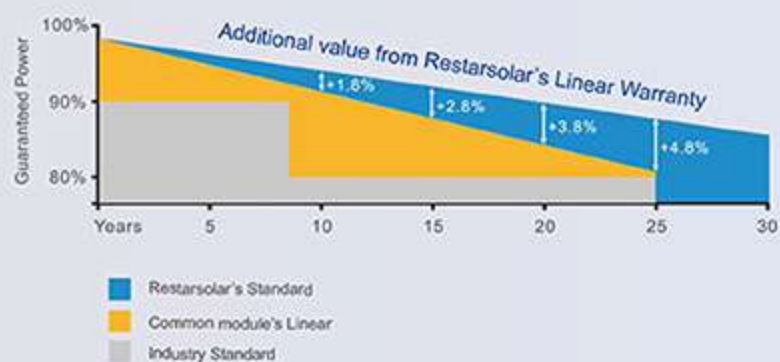


Excellent performance under low light environments (mornings, evenings and cloudy days)



Suitable for harsh environments, such as coasts, deserts and lakes. Withstand high level of wind loads (2400pa) and snow loads (5400pa)

0.5% Annual Degradation over 30 years



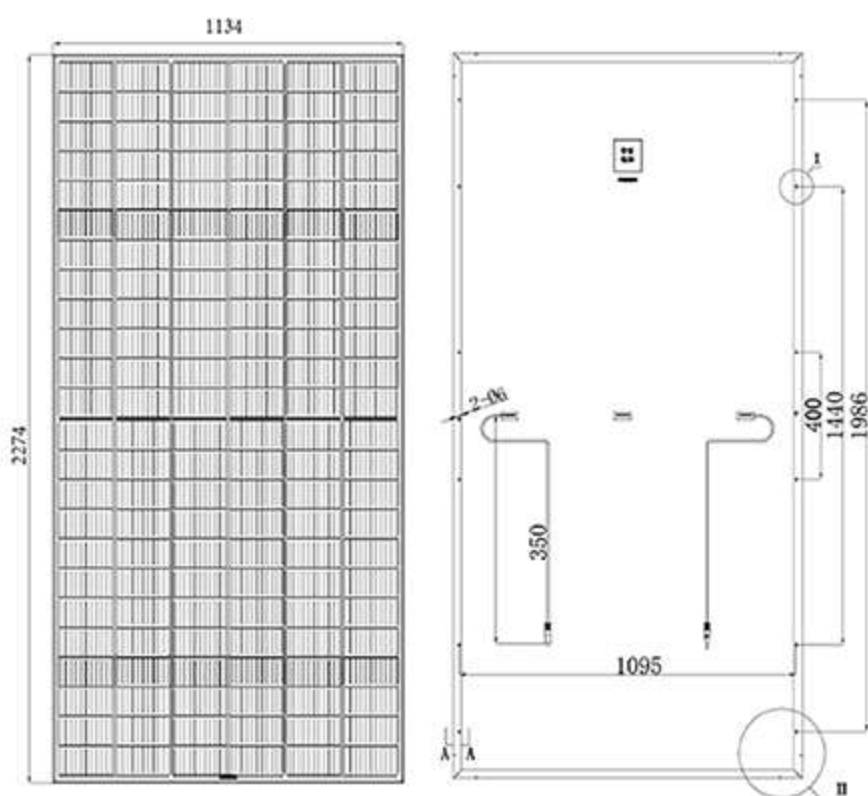
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
12 year Product Warranty / 30 year Linear Power Warranty

Full range of products and certification systems

ISO 9001 TUV PID-FREE CE IEC61215/61730/61701/62716



Dimension of PV Modules Unit: mm



ELECTRICAL DATA(STC)

Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	535W	540W	545W	550W	555W	560W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	49.06V	49.80V	50.00V	50.02V	50.40V	50.60V
Short Circuit Current-Isc(A)	13.69A	13.75A	13.81A	13.87A	13.93A	13.99A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	41.01V	41.60V	41.80V	42.00V	42.20V	42.40V
Maximum Power Current-Imp(A)	12.93A	12.99A	13.04A	13.10A	13.16A	13.21A
Module Efficiency (%)	20.69%	20.89%	21.08%	21.27%	21.47%	21.66%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power-Pmax (Wp)	405W	408W	412W	416W	420W	424W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	47.40V	47.60V	47.80V	48.0V	48.20V	48.40V
Short Circuit Current-Isc (A)	11.04A	11.09A	11.13A	11.18A	11.23A	11.28A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	38.80V	39.00V	39.20V	39.40V	39.60V	39.80V
Maximum Power Current-Imp(A)	10.42A	10.47A	10.51A	10.56A	10.61A	10.65A

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

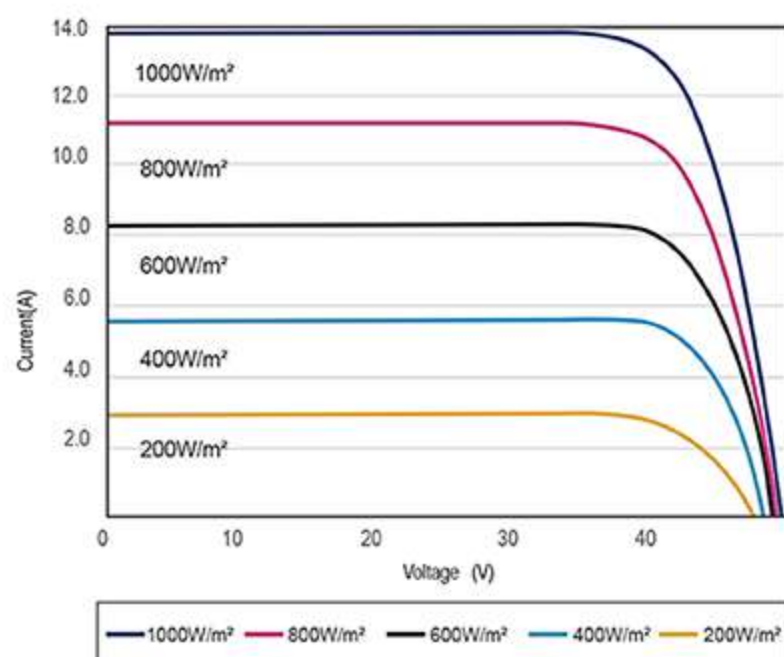
Solar cells	Mono-crystalline 182x91mm, 9 or 10 bus bars
Cell configuration	144cells(6x24)
Module dimensions	2279x1134x35mm
Weight	29KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP68, 3 Diodes
Cable	4mm ² (IEC)/12A WG(UL),900mm or customized
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	31pcs/Pallet

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

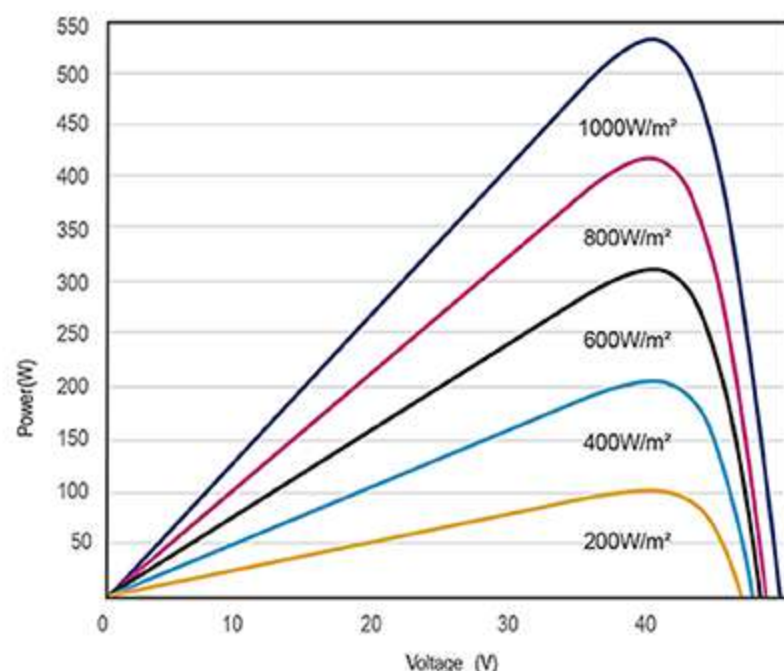
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V(IEC)
Max Series Fuse Rating	25A

PACKAGING CONFIGURATION

Packing Type	40HQ
Piece/Pallet	31
Pallet/Container	20
Piece/Container	620



I-V CURVES OF PV MODULE(540W)



P-V CURVES OF PV MODULE(540W)

ANEXO D.3 – CONTROLADOR DE CARGA

SmartSolar MPPT RS 450|100 & 450|200 - Isolated

5.76 kW & 11.52 kW Solar Charge Controller with 450 V PV input

www.victronenergy.com



SmartSolar MPPT RS 450|100

Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT) Solar Charge Controller

The MPPT RS SmartSolar is a 48 V Solar charge controller with up to 450 VDC PV input and either 100 A, or 200 A output. It is used in on-grid and off-grid solar applications where maximum battery charging power is required.

Multiple independent MPPT tracking inputs

With multiple MPPT trackers, you can optimize your solar panel design for maximum performance for your specific location.

Isolated PV connections for additional safety

Full galvanic isolation between PV and battery connections provide additional overall system safety.

Wide MPPT voltage range

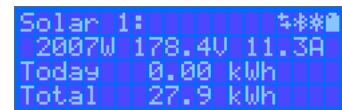
80 – 450 VDC PV operating range, with a 120 VDC PV startup voltage.

Light weight, efficient and quiet

Thanks to high frequency technology and a new design this powerful charger weighs only 7.9 kg for the 100 A model. In addition to this it has an excellent efficiency, low standby power, and a very quiet operation.

Display and Bluetooth

The display reads battery, and controller parameters. The parameters can be accessed with a smartphone or other Bluetooth enabled device. In addition, Bluetooth can be used to set up the system and to change settings with VictronConnect.



PV Isolation resistance monitoring for peace of mind at higher voltages

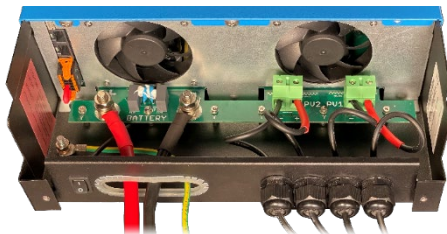
The MPPT RS continuously monitors the PV array and can detect if there are faults that reduce the isolation of the panels to unsafe levels.

VE.Can and VE.Direct port

For connection to a GX device for system monitoring, data logging, and remote firmware updates. VE.Can allows for up to 25 units to be connected together in parallel and synchronize their charging.

I/O Connections

Programmable Relay, temperature sensor, auxiliary, digital input and voltage sensor connections. The remote input can accept the Victron smallBMS, and other BMS with allow-to-charge signal.



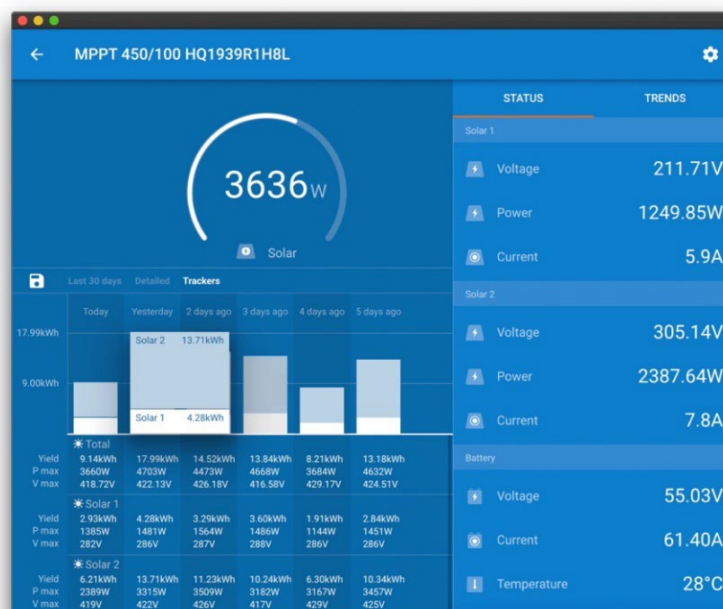
Inside the SmartSolar MPPT RS 450|100

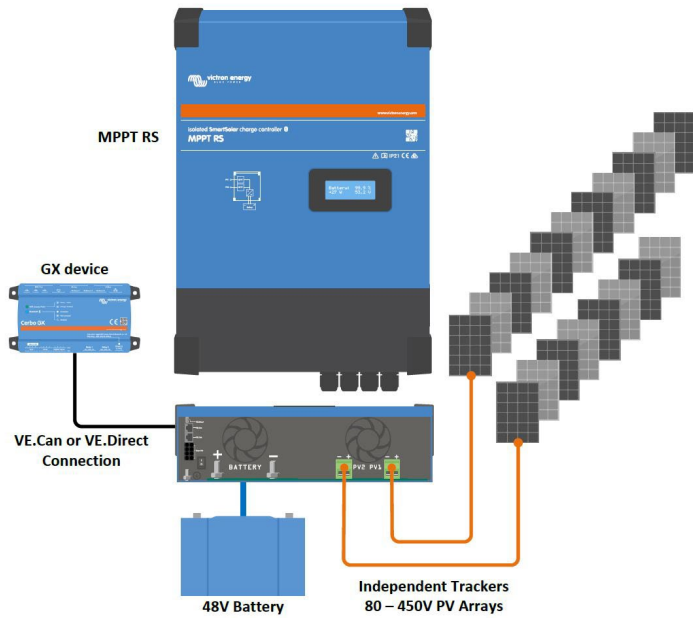
Configure and monitor with VictronConnect →

The built-in Bluetooth Smart connection allows for quick monitoring and settings adjustment.

The built-in 30-day history shows individual performance of the separate MPPT trackers.

Try the VictronConnect demo to see the full range of configuration and display options with sample data.



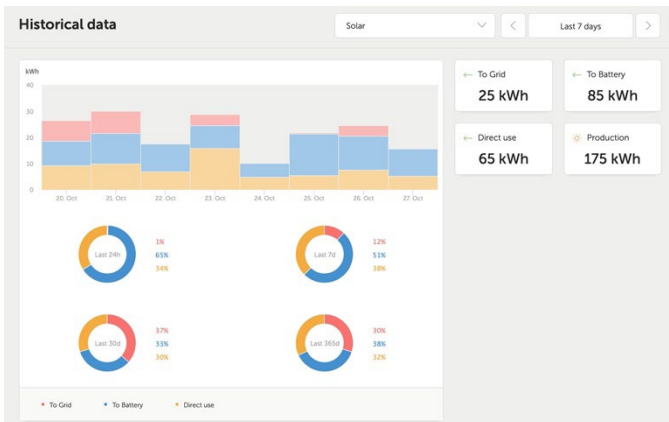
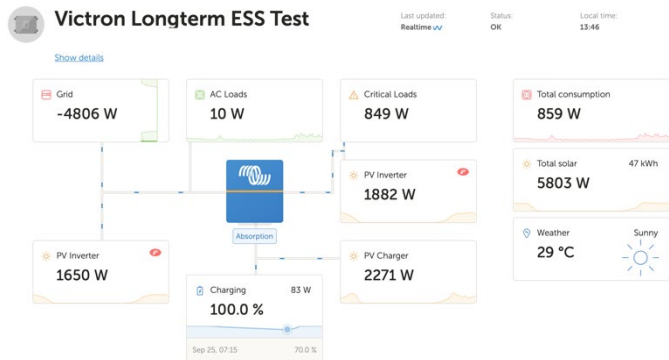


System example diagram

The 100 A MPPT RS combined with a GX device, charging a 48 V battery with 2 separate solar PV strings.

VRM Portal

When the MPPT RS is connected to a GX device with internet connection, or the GlobalLink 520 with built in 4G connectivity, you can access our free remote monitoring website (VRM). This will display all your system data in a comprehensive graphical format. Alarms can be received by e-mail.



Isolated SmartSolar MPPT RS	450 100	450 200
CHARGER		
Battery voltage	48 V	
Rated charge current	100 A	200 A
Maximum charge power	5,8 kW at 57,6 V	11,5 kW at 57,6 V
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 57,6 V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 55,2 V (adjustable)	
Programmable voltage range	Minimum: 36 V Maximum: 60 V ⁽⁷⁾	
Charge algorithm	Multi-stage adaptive (adjustable)	
Battery temperature sensor	Included	
Maximum efficiency	96 %	
Self-consumption	15 mA	
SOLAR		
Maximum DC PV voltage	450 V	
Start-up voltage	120 V	
MPPT operating voltage range	80 – 450 V ⁽¹⁾	
Number of trackers	2	4
Max. PV operational input current	18 A per tracker	
Max. PV short circuit current ⁽²⁾	20 A per tracker	
Max. DC output charging power	4000 W per tracker 5760 W total	4000 W per tracker 11520 W total
Maximum PV array size per tracker ⁽³⁾	7200 Wp (450 V x 20 A) ⁽³⁾	
PV Isolation fail level ⁽⁴⁾	100 kΩ	
GENERAL		
Synchronised Parallel Operation	Yes, up to 25 units with VE.Can	
Programmable relay ⁽⁵⁾	Yes	
Protection	PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Data communication	VE.Direct port, VE.Can port & Bluetooth ⁽⁶⁾	
Bluetooth frequency	2402 – 2480 MHz	
Bluetooth power	4dBm	
General purpose analogue/digital in port	Yes, 2x	
Remote on-off	Yes	
Operating temperature range	-40 to +60 °C (fan assisted cooling)	
Humidity (non-condensing)	max 95 %	
ENCLOSURE		
Material & Colour	steel, blue RAL 5012	
Protection category	IP21	
Battery-connection	M8 bolts	
Power terminals PV input	2	16 mm ²
Weight	7.9 kg	13.7 kg
Dimensions (h x w x d) in mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
STANDARDS		
Safety	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
Country of Origin	Designed in The Netherlands, made in India	
<p>1) MPPT operating voltage range is constrained by battery voltage - PV VOC should not exceed 8 x battery float voltage. For example, a 52,8 V float voltage results in a maximum PV VOC of 422,4 V. See product manual for further information.</p> <p>2) A higher short circuit current may damage the controller if PV array is connected in reverse polarity.</p> <p>3) Max. 450 VOC result in appr. 360 Vmpp, therefore the maximum PV array is appr. 360 V x 20 A = 7200 Wp.</p> <p>4) The MPPT RS will test for sufficient resistive isolation between PV+ and GND, and PV- and GND. In the event of a resistance below the threshold, the unit will stop charging, display the error, and send the error signal to the GX device (if connected) for audible and email notification.</p> <p>5) Programmable relay which can be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function. DC rating: 4 A up to 35 VDC and 1 A up to 70 VDC</p> <p>6) The MPPT RS is currently not compatible with VE.Smart Networks.</p> <p>7) The Charger set-point (float and absorption) can be set to max 60 V. The output voltage at the charger terminals can be higher, due to temperature compensation as well as compensation for voltage drop over the battery cables. The maximum output current is reduced on a linear basis from full current at 60 V to 5A at 62 V. The equalization voltage can be set to max 62V, the equalization current percentage can be set to max 6%.</p>		

ANEXO D.4 – BATERIA

OPzV solar.power

Valve regulated lead-acid batteries for cyclic applications



Motive Power Systems

Reserve Power Systems

Special Power Systems

Service

Your benefits with HOPPECKE OPzV solar.power

- **Maintenance-free regarding water refilling** - due to innovative Gel-technology
- **Very high cycle stability during PSoC¹ operation** - due to tubular plate design with efficient charge current acceptance
- **Maximum compatibility** - dimensions according to DIN 40742
- **Optimal space utilization** - due to possibility of horizontal arrangement²
- **Higher short-circuit safety even during the installation** - based on HOPPECKE system connectors



Typical applications of HOPPECKE OPzV solar.power

- **Solar-/Off-grid applications**
Power supply for remote off-grid applications and isolated power networks, drinking water supply systems, healthcare facilities
- **Telecommunications**
Mobile phone stations
BTS-stations
Off-grid/on-grid solutions
- **Traffic systems**
Signalling systems
Lighting

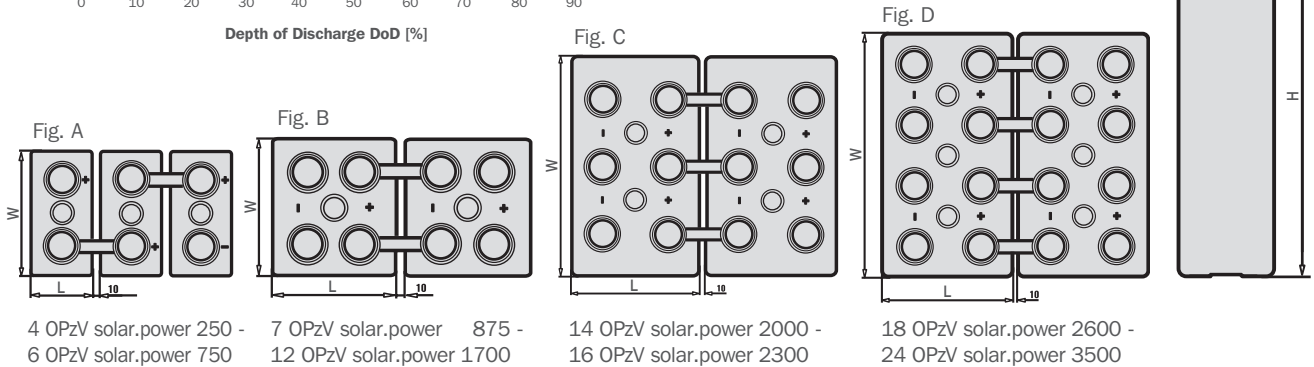
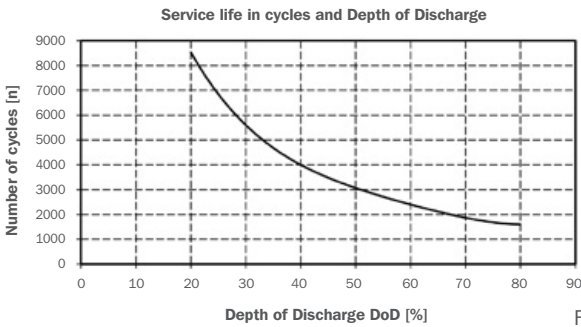
Type overview

Capacities, dimensions and weights

Type	C ₁₀₀ /1.85 V Ah	C ₅₀ /1.85 V Ah	C ₂₄ /1.83 V Ah	C ₁₀ /1.80 V Ah	C ₅ /1.77 V Ah	max.* Weight kg	max.* Length L mm	max.* Width W mm	max.* Height H mm	Fig.
4 OPzV solar.power 250	287	264	243	204	189	18.3	105	208	420	A
5 OPzV solar.power 310	359	329	304	255	236	22.3	126	208	420	A
6 OPzV solar.power 370	430	395	365	306	283	26.5	147	208	420	A
5 OPzV solar.power 420	478	453	428	391	346	29.9	126	208	535	A
6 OPzV solar.power 520	574	543	513	470	415	35.1	147	208	535	A
7 OPzV solar.power 620	670	634	599	548	485	42.1	168	208	535	A
6 OPzV solar.power 750	847	802	762	682	595	48.7	147	208	710	A
7 OPzV solar.power 875	990	935	888	796	694	61.3	215	193	710	B
8 OPzV solar.power 1000	1130	1070	1016	909	793	65.9	215	193	710	B
9 OPzV solar.power 1125	1271	1203	1143	1023	893	75.6	215	235	710	B
10 OPzV solar.power 1250	1412	1337	1270	1137	992	80.5	215	235	710	B
11 OPzV solar.power 1375	1553	1471	1397	1250	1091	89.3	215	277	710	B
12 OPzV solar.power 1500	1695	1604	1524	1364	1190	94.6	215	277	710	B
12 OPzV solar.power 1700	1955	1870	1785	1545	1372	110.0	215	277	855	B
14 OPzV solar.power 2000	2281	2182	2082	1802	1601	136.5	215	400	815	C
16 OPzV solar.power 2300	2607	2493	2380	2060	1829	152.9	215	400	815	C
18 OPzV solar.power 2600	2933	2805	2677	2317	2058	173.0	215	490	815	D
20 OPzV solar.power 2900	3258	3117	2975	2574	2287	186.5	215	490	815	D
22 OPzV solar.power 3200	3584	3428	3272	2832	2515	214.7	215	580	815	D
24 OPzV solar.power 3500	3910	3740	3570	3089	2744	222.3	215	580	815	D

C₁₀ and C₁₀₀ = Capacity at 10 h and 100 h discharge

* according to DIN 40742 data to be understood as maximum values



Optimal environmental compatibility - closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

IEC 60896-21
IEC 61427

¹ Partial State of Charge

² Operating in a horizontal position is only possible with special OPzV variant. Please consider when ordering!

ANEXO D.5 – INVERSOR

SolarEdge Home Hub Inverter Three Phase with Backup, for Europe

SE5K-RWB48, SE8K-RWB48, SE10K-RWB48



Three phase inverter for storage and backup applications

- Simple installation with single inverter for managing both PV production, battery storage, and operation during power outage for full house backup applications⁽¹⁾
- More energy using DC coupled solution architecture that stores PV power directly to the battery without AC conversion losses
- Quick and easy inverter commissioning directly from a smartphone using the SolarEdge SetApp
- Designed to eliminate high voltage during installation, maintenance or firefighting for enhanced safety
- Enables module-level monitoring and full visibility of battery status, PV production, and self-consumption data
- Allows connection of batteries from SolarEdge and other vendors⁽²⁾ to provide greater flexibility

⁽¹⁾ Requires additional hardware and firmware version upgrade

⁽²⁾ Pending firmware support

/ SolarEdge Home Hub Inverter

Three Phase with Backup, for Europe

SE5K-RWB48, SE8K-RWB48, SE10K-RWB48

	SE5K-RWB48	SE8K-RWB48	SE10K-RWB48	UNITS
OUTPUT - AC ON GRID				
Rated AC Power Output	5000	8000	10000	VA
Maximum AC Power Output	5000	8000	10000	VA
AC Output Voltage — Line to Line / Line to Neutral (Nominal)	380/220 ; 400/230			Vac
AC Output Voltage — Line to Neutral Range	184 - 264.5			Vac
AC Frequency	50/60 ± 5			Hz
Maximum Continuous Output Current (per Phase)	8	13	16	A
Residual Current Detector / Residual Current Step Detector	300 / 30			mA
Grids Supported	3 / N / PE Three Phase (WYE with Neutral)			
Utility Monitoring, Islanding Protection, Configurable Power Factor, Country Configurable Thresholds	Yes			
OUTPUT - AC BACKUP				
Maximum AC Power Output	4500	7200	9000	VA
AC Output Voltage — Line to Line / Line to Neutral (Nominal)	380/220 ; 400/230			Vac
AC Output Voltage — Line to Neutral Range	184 - 264.5			Vac
AC Frequency	50/60 ± 5			Hz
Maximum Continuous Output Current (per Phase)	7.2	11.7	14.4	A
Residual Current Detector / Residual Current Step Detector	300 / 30			mA
Grids Supported	3 / N / PE Three Phase (WYE with Neutral)			
Transformer-less, Ungrounded	Yes			
Utility Monitoring, Ensure Safe Disconnection from Utility Grid in Backup Operation, Configurable Power Factor, Country Configurable Thresholds	Yes			
Automatic Switchover Time	<3			Sec
Max Allowed Imbalanced Between Phases	3000			W
INPUT PV				
Maximum DC Power (Module STC)	10000	13000	15000	W
Maximum Input Voltage	900			Vdc
Nominal DC Input Voltage	750			Vdc
Maximum Input Current	8.5	13.5	16.5	Adc
Reverse-Polarity Protection	Yes			
Ground-Fault Isolation Detection	700kΩ Sensitivity			
Peak Inverter Efficiency	98			%
European Weighted Efficiency	97.3	97.6		%
INPUT/OUTPUT BATTERY				
Supported Battery Types ¹	SolarEdge BAT-05K48 (1-5 battery modules)			
	Pending firmware support: LG Chem RESU3.3, RESU6.5, RESU10, RESU12, RESU13			
	Pending firmware support: BYD Battery-Box Premium LVS 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0, 24.0			
Maximum Charge/Discharge Power	5000			W
Input Voltage Range	40-62			Vdc
Maximum Continuous Input/Output Current	125			Adc
Peak Battery to Grid Discharge Efficiency	96.1			%
Battery to Inverter Communication	CAN			
ADDITIONAL FEATURES				
Supported Communication Interfaces	Built in: 2 x RS485, Ethernet, SolarEdge Home Energy Network			

¹ Each battery may have different number of modules connected in parallel for excess storage capacity, pending vendor's support and inverter firmware. For the current list of modules support, please refer to the firmware release note

/ SolarEdge Home Hub Inverter

Three Phase with Backup, for Europe

SE5K-RWB48, SE8K-RWB48, SE10K-RWB48

	SE5K-RWB48	SE8K-RWB48	SE10K-RWB48	UNITS
STANDARD COMPLIANCE				
Safety	IEC62109			
Grid Connection (Standards)	VDE-AR-N 4105, Tor Erzeuger Typ A, EN 50549-1, CEI 0-21, G98 Type A, G98 NI Type A, RD1699 / RD413 / NTS, VDE-V 0126-1-1, VFR 2019, EN 50438			
Emissions	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12, EN55011			
RoHS	Yes			
INSTALLATION SPECIFICATIONS				
AC Output – Cable Gland Diameter	15 - 21			mm
Battery DC – Cable Gland Outer Diameter	2 x 11-16.5			mm
PV DC Input	2 x MC4 pair			
Dimensions (H x W x D)	907 x 317 x 192			mm
Weight	37			kg
Operating Temperature Range	-40 to +60			°C
Cooling	Internal and external fans			
Noise	< 50			dBA
Protection Rating	IP65 — outdoor and indoor			
Mounting	Brackets provided			

SOLAREEDGE HOME HUB INVERTER - ACCESSORIES (PURCHASED SEPARATELY)

SUPPORTED COMMUNICATION INTERFACES

Wi-Fi (requires Wireless Gateway)

Cellular

ANEXO E – TURBINA EÓLICA



E-3120 50kW Wind Turbine

The Endurance E-3120 wind turbine is designed to produce renewable energy efficiently, reliably, safely, and quietly. This turbine is ideal for larger farms, schools, hospitals, and commercial/industrial sites, and will produce 100,000 - 250,000 kWh per year in appropriate winds.

green energy that works



www.endurancewindpower.co.uk

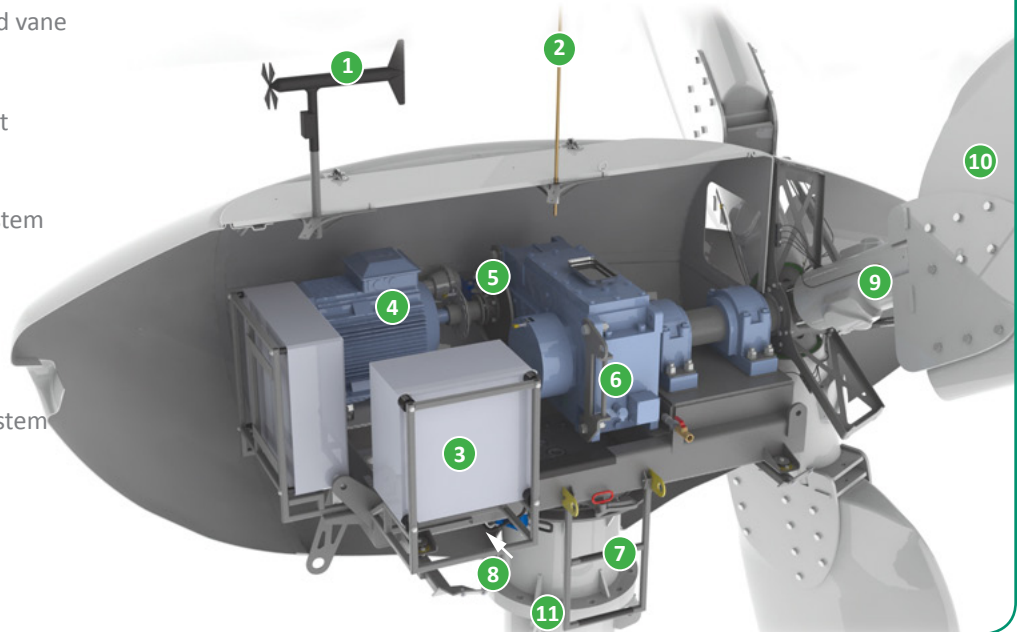
E-3120 Benefits

- ✦ Contributes to the national renewable energy and carbon emission reduction targets
- ✦ Promotes community sustainability values
- ✦ Eligible for renewable energy credits
- ✦ Provide an additional revenue stream with the government's Feed-In-Tariff program
- ✦ Provides energy independence



E-3120 50kW Wind Turbine

- 1 Anemometer and wind vane
- 2 Lightning rod
- 3 Nacelle control cabinet
- 4 Induction generator
- 5 Fail-safe disk brake system
- 6 Gearbox
- 7 Access ladder
- 8 Yaw damper
- 9 Pitch control safety system
- 10 Fiberglass blade
- 11 Tower



1 Anemometer and wind vane

Measures wind speed and direction to control starting, stopping, and orientation of the turbine to maximize power production.

2 Lightning rod

Guides lightning to the ground, protecting the turbine.

3 Nacelle control cabinet

Houses the tower-top electronics in a weather-protected environment for maximum reliability. The main turbine control panel is located at the base of the tower for easy access.

4 Induction generator

Delivers grid-compatible power and eliminates the need for an inverter or other power electronics. This improves efficiency and reliability, and reduces up-front costs.

5 Fail-safe disk brake system

Safely stops the wind turbine using twin brake calipers in situations such as extreme wind or grid failure.

6 Gearbox

Drives the generator at full speed while the rotor turns slowly. The gearbox uses rugged, conventional design for long life and high reliability.

7 Access ladder

Allows easy and safe access to the nacelle for maintenance. Safety is a top design priority.

8 Yaw damper

While the turbine is aerodynamically oriented by the wind, the yaw damper smooths the movement to ease tower and rotor loads.

9 Pitch control safety system

Provides backup protection against rotor over speed. If the rotor turns too fast for any reason, the blades are pitched by a spring mechanism to control the speed.

10 Fiberglass blade

Designed to quietly and efficiently produce energy, particularly in light winds.

11 Tower

Attractive monopole towers are available in 24 and 36.5m (80 and 120 ft) to comply with height restrictions or reach the best winds at your site.

Cornerstones of Endurance Design

Production Efficiency

Most distributed wind customers did not select their site for wind resources, but look to generate power from the wind available to them. Endurance wind turbines are designed specifically for less-than-perfect wind conditions.

218,000 **KWH**
@7M/S **E-3120 50kW**
ANNUAL ENERGY PRODUCTION

Swept Area

The blades capture the energy of the wind. The larger the rotor diameter, the more wind energy the turbine captures. The Endurance E-3120 has a 19m (63 ft) rotor diameter- one of the largest rotor diameters per rated kW in its class- to capture the most wind energy.

Motoring

Motoring starts the blades spinning so the turbine operates in lighter wind conditions than if it relied solely on the wind to start.

Generator Type

The induction generator produces electricity that can be transferred to the power grid without inverters. This provides lower equipment and maintenance costs and increases overall power production.

Reliability

All Endurance turbines have been extensively tested to ensure customers receive dependable energy production. They are built with proven commercial components for durability and easy support in the future.

Five Year Warranty

Endurance offers one of the best warranties in the wind industry, covering all defective components and labor for five years.

Safe Operation

When the turbine control system detects any fault, such as high wind or a grid power loss, the dual caliper disc brake system activates, safely stopping the turbine until the condition is cleared.

Passive Stall Rotor Design

The fixed-speed rotor aerodynamically stalls the blades as the first layer of protection for the turbine during high winds.

Control and Remote Interface Software

Each Endurance wind turbine is operated safely by an onboard computer system with advance control logic. This system also records data including energy production, average power, wind speed and event history. Turbine controls and data are also remotely available from a web browser.

Quiet Operation

Quiet operation is essential for a wind turbine in a community environment. Endurance turbines use slowly turning blades and high-quality manufactured components to make them the quietest turbines in their class.

Clean Aesthetics

A wind turbine makes a powerful statement about your commitment to the environment and clean energy. Endurance wind turbines have clean lines and make an attractive addition to any landscape.

Turbine

Configuration	3 blades, horizontal axis, downwind
Rated power @ 9.5 m/s	50kW
Applications	Direct grid-tie
Rotor speed	43 rpm
Cut-in wind speed	3.5 m/s (7.8 mph)
Cut-out wind speed	25 m/s (56 mph)
Survival wind speed	52 m/s (116 mph)
Overall weight	3 990 kg (8 800 lbs)

Rotor

Rotor diameter	19.2 m (63.0 ft)
Swept area	290 m ² (3120 ft ²)
Blade length	9.00 m (29.5 ft)
Blade material	Fiberglass/Polyester
Power regulation	Stall control (constant speed)

Generator

Type	Induction generator
Configurations	3φ, 400 VAC @ 50 Hz

Brake & Safety Systems

Main brake system	Rapid fail-safe dual mechanical brakes
Secondary safety	Pitch control system (for over-speed regulation) using passive, spring-loaded mechanism

Automatic shut down triggered by :	<ul style="list-style-type: none"> - High wind speed - Grid failure - Over-speed - All other fault conditions
------------------------------------	---

Controls

Control System	Programmable logic controller (PLC)
User interface	Wireless or wired network software interface for remote monitoring and control

Warranty

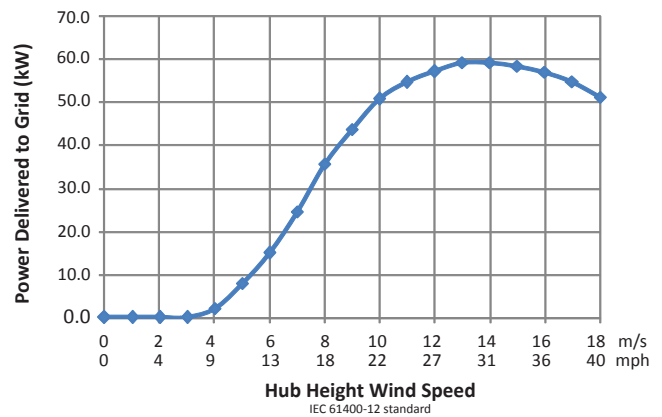
Turbine & controls	5 years parts and labour
--------------------	--------------------------

Towers

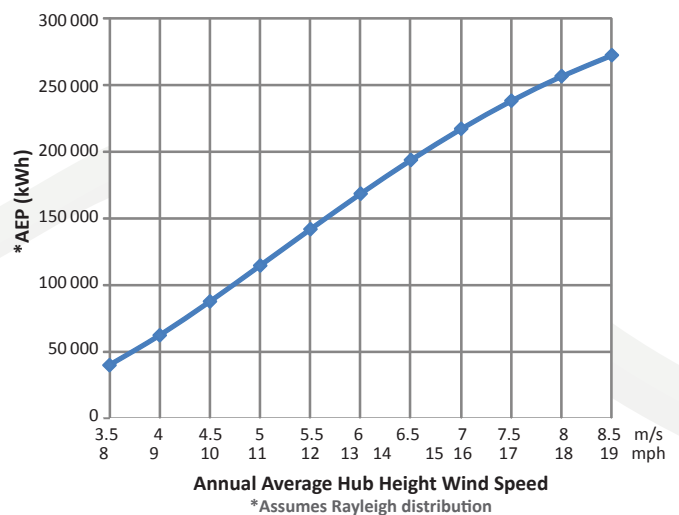
Types	Free-standing monopole: 24m (80ft), 36.5 m (120 ft)
-------	---

Maintenance access	Safe climbing system Working space inside the nacelle Tower-top work platform
--------------------	---

Power Curve



Annual Energy Production (AEP)



Annual Average Hub Height Wind Speed (m/s)	Annual Energy Production (kWh)
3.5	40 100
4.0	62 500
4.5	88 000
5.0	114 900
5.5	142 200
6.0	168 900
6.5	194 300
7.0	217 700
7.5	238 800
8.0	257 200
8.5	273 000

Wind Speed Conversion Table

m/s	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
km/h	14	18	22	25	29	32	36	40	43	50
mph	9	11	13	16	18	20	22	25	27	31

www.endurancewindpower.co.uk
info@endurancewindpower.com



Endurance Wind Power uses 100% renewable energy at its head office and manufacturing plant

ANEXO F – GERADOR DE APOIO

GERADOR GE 45 YSX

Imagem apenas para referência



ESPECIFICAÇÕES

- Versão também disponível com motor Stage 3A
- Regulação de voltagem automática AVR com detecção trifásica
- Os cantos arredondados da canópia permitem o escoamento da água da chuva
- A base estanque é adequada para conter quaisquer fugas de líquidos do motor, evitando a poluição ambiental
- Tampas externas para escoamento de óleo e água
- Portas grandes para uma melhor e mais fácil manutenção
- Olhal de elevação central
- Predisposto para conexão com unidade EAS (AMF+ATS)
- De acordo com as normas CE para ruído e segurança



Refrigeração a água



Gasóleo



Trifásico



Elétrico



Super silencioso

CLASSIFICAÇÕES DE POTÊNCIA	
* Stand-By Potência trifásica	46 kVA (36.8 kW) / 400V / 66.4 A
* PRP Potência trifásica	42 kVA (33.6 kW) / 400V / 60.6 A
* COP Potência trifásica	/
Frequência	50 Hz
Cos φ	0.8

* Valores apontados de acordo com a ISO 8528-1

DEFINIÇÃO

Potências declaradas válidas até as seguintes condições ambientais: temperatura 25°C, altitude 100 metros acima do nível do mar.

Potência LTP: potência em stand-by; Potência máxima disponível para utilização com cargas variáveis durante um número anual de horas limitado a 500 h. Nenhuma sobrecarga é admitida.

Potência PRP: potência contínua com cargas variáveis. Potência máxima para uso com cargas variáveis por um número ilimitado de horas por ano.

Potência COP: potência contínua com carga constante. Potência máxima para uso com cargas constantes por um número ilimitado de horas por ano.

MOTOR 1500 RPM

4 TEMPOS, INJEÇÃO DIRETA, TURBOALIMENTADO		
Modelo	YANMAR 4TNV98T-Z Stage 3A	YANMAR 4TNV98T
* Potência em Stand-By	41.9 kW (57 hp)	
* Potência PRP	37.9 kW (51.5 hp)	
* Potência COP	/	
Cilindros / Deslocamento	4 / 3.3. lit.	
Diâmetro / Curso	98 / 110 (mm)	
Rácio de Compressão	18.5 : 1	
BMEP (Brake Mean Effective Pressure : LTP - PRP)	/	
Tipo de regulador de velocidade	Eletrónico	Mecânico
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		
110 % (Potência Stand-by)	11 lit./h	
100 % to PRP	9.8 lit./h	
75 % to PRP	7.4 lit./h	
50 % to PRP	5.1 lit./h	
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO		
Cobertura total - só motor	9 lit. - 4.2 lit.	
Fluxo de ar	70 m ³ /min	
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO		
Capacidade total de óleo	/	
Capacidade de óleo no cárter	4.5 lit. (min) - 11.2 lit. (max)	
Consumo de óleo em carga	/	

* Valores apontados de acordo com a ISO 3046-1

SISTEMA DE EXAUSTÃO	
Máximo fluxo de gás	/
Máxima temperatura gás de escape.	620 °C
Máxima contrapressão	9.8 kPa (0.1 bar)
Diâmetro externo do tubo de escape	/
SISTEMA ELÉTRICO	
Potência de motor de ignição	2.3 kW
Capacidade do alternador carga bateria	40 A
Arranque a frio	- 15 °C
Com dispositivo auxiliar de arranque a frio	/
FILTRO DE AR	
Fluxo filtro de combustível	3.2 m ³ /min
CALOR A MÁXIMA CARGA	
De gás de escape	/
Para água e óleo	/
Saída para o ambiente	/
Para carregar o arrefecedor	/

ALTERNADOR

SÍNCRONO, TRIFÁSICO, AUTO-EXCITADO, AUTO-REGULADO, SEM ESCOVAS	
Potência Contínua	47 kVA
Potência em Stand-by	42 kVA
Voltagem Trifásica	380-415 Vac
Frequência	50 Hz
Cos φ	0.8
Modelo A.V.R.	HVR-30 (Detecção 3ph)
Regulação voltagem acc.	± 1.0 %
Sustentador de curto-circuito	3 In
Transitório (100% carga)	10 %
Tempo de descanso	≤ 3 sec.
Eficiência a 100% carga	89.3 % (400V - Cos φ 0.8)
Isolamento	Classe H
Conexão - Terminais	Stella - N°12
Compatibilidade eletromagnética (R.F.I. suppr.)	EN 55011
Distorção harmónica - THD	< 3 %
Interferência telefónica - THF	< 2 %

REACTANCES (20 kVA - 400V)	
Reatância síncrona de eixo direto	253 %
Reatância transitória de eixo direto	20 %
Transitório do eixo subdireto - X"d	8 %
Reatância síncrona - Xq	141 %
Reatância subtransitória- X"q	/
Sequência negativa- X2	/
Sequência zero- X0	/
CONSTANTES DE TEMPO	
Transitório- T'd	0.014 sec
Subtransitório - T" d	0.008 sec
Circuito aberto- T'do	0.180 sec
Unidirecional TA / Armature - Ta	/
Rácio curto-circuito Kcc	0.60
Fluxo de ar de arrefecimento	0.13 m³/sec.
Acoplamento Rolamento	Diretto SAE 3 - 11.5 ½ - N°1

ESPECIFICAÇÕES GERAIS

Capacidade do depósito combustível	100 Lt.
Tempo em carga (75% to PRP)	13.5 h
Arranque elétrico	12 Vdc - 100Ah
IP Grau de proteção	IP 44

* Potência acústica medida LwA (pressão LpA)	90 dB(A) (65 dB(A) @ 7m)	
* Potência acústica garantida LwA (pressão LpA)	91 dB(A) (66 dB(A) @ 7m)	
Classe de performance (ISO 8528)	G3	G2

* Potência acústica de acordo com as normas diretivas 2000/14/CE

PAINEL DE CONTROLO

- Controlador EP6
- Indicador de nível de combustível
- Sirene
- Botão de emergência STOP
- Interruptor Local-Remote Start
- Ligação EAS
- Ligação controlo remoto TCM 35
- Interruptor de voltímetro 0 - RS - ST - TR
- Disjuntor de quatro pólos
- ELCB-GFI (Interruptor diferencial) 30 mA
- Tomadas de saída: 1x 230V 16A 2P+T SCHUKO
- Disjuntores e ELCB-GFI para tomadas 230V 16A 30 mA
- Terminal terra (PE)

PAINEL DE CONTROLO VERSÃO COM TOMADAS DE SAÍDA

TOMADAS	1x 400V 63A 3P+N+T CEE
Cada tomada 16A e 32A é protegida pelo próprio disjuntor	1x 400V 32A 3P+N+T CEE
GFI 30mA	1x 400V 16A 3P+N+T CEE
	2x 230V 16A 2P+T CEE o SCHUKO

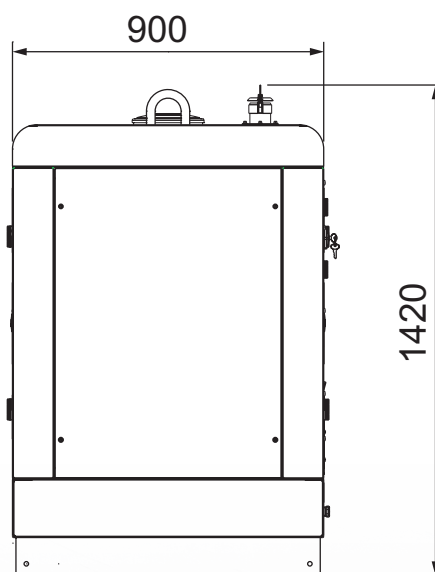
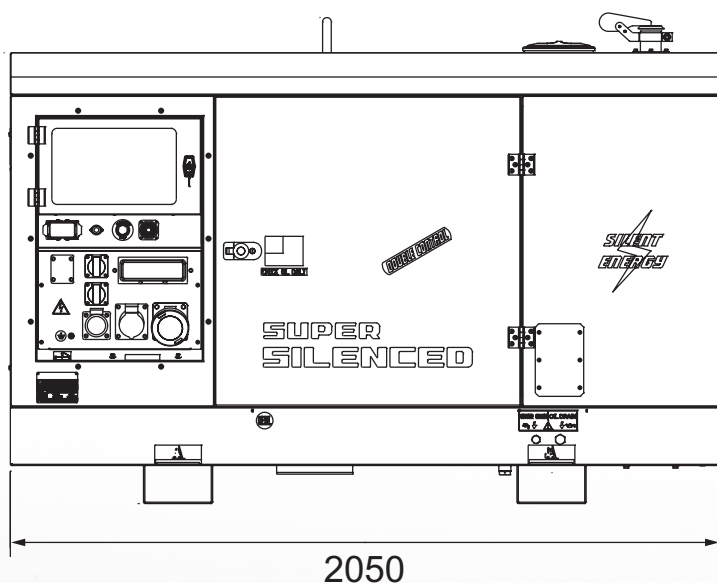
CARACTERÍSTICAS DO CONTROLADOR EP6

Modo operativo	OFF - MAN - AUTO
Mostrador	4-digits display
LEDs	Engine is running AUTO mode
Botões	Starter key AUTO button N° 5 buttons for controller programming
Medidas do Motor	Voltagem Corrente Frequência Velocidade do motor Voltagem da bateria Conta-horas
Proteção do motor	Baixa pressão de óleo Elevada temperatura Ruptura de correia Baixo nível de combustível Botão de emergência STOP Sobretensão do gerador
Funções	Arranque remoto (apenas versão AUTO) Ajuda no arranque a frio Período automático de teste (apenas versão AUTO)

PESO - DIMENSÕES E ACESSÓRIOS

- PESO SECO DA MÁQUINA:**
- 1020 Kg (Versão do tanque de 100 lt)
 - 1210 Kg (Versão do tanque de 350 lt)
- O gerador ilustrado pode incluir acessórios.

- DIMENSÕES (MM):**
- 2050 x 900 x 1730 mm (Versão tanque de 350 lt)
 - Para versão com tanque de 100 lt, ver ilustração a baixo.



ACESSÓRIOS A PEDIDO

- Uni. automática EAS 42 - 809 (60 A)
- Control remoto TCM35
- Reboque local CTL20
- KIT terra
- Quadro de proteção galvanizada
- Reboque de estrada CTV1/O
- Reboque de estrada CTV1/S

VERSÕES A PEDIDO

- Versão com paineleletrico com 5 EC tomadas:
 - 1x400V 63A 3P+N+T CEE
 - 1x400V 32A 3P+N+T CEE
 - 1x400V 16A 3P+N+T CEE
 - 2x230V 16A 2P+T CEE
- Versão com painel elétrico com 5 EC tomadas SCHUKO:
 - 1x400V 63A 3P+N+T CEE
 - 1x400V 32A 3P+N+T CEE
 - 1x400V 16A 3P+N+T CEE
 - 2x230V 16A 2P+T SCHUKO

OPÇÕES DE INSTALAÇÃO

- Aquecimento de água do motor
- Indicadores-temperatura da água e pressão de óleo
- Para faíscas
- Tanque interno 350 litros
- Interruptor principal de bateria
- Relay eletrónico
- Controlo de rádio

INFORMAÇÃO GERAL

GRUPOS GERADORES EM CONFORMIDADE COM AS DIRETIVAS DA CE
 2006/42 / CE (Diretiva Máquinas)
 2014/35 / UE (Diretiva Baixa Tensão)
 2014/30 / UE (Diretiva EMC)
 2000/14 / CE (Directiva Emissões acústicas para máquinas de uso exterior)
 ISO 8528 (Grupos geradores de corrente alternada acionados por motores de combustão interna alternativos)



ISO 9001:2015 - Cert. 0192

GARANTIA

Todos os componentes estão garantidos pela garantia do fabricante.

A companhia reserva-se ao direito de modificar estas especificações sem aviso prévio. Para mais informações, por favor, contactar o departamento comercial.
 © MOSA - BCS PORTUGAL, Estrada Nacional 118, KM 45.5 - Benavente - Portugal. Chamada para a rede fixa nacional:(00351) 263509090 E-mail: geral@mosaenergia.com Web site: www.mosaenergia.com



ANEXO G – CARGAS TÉRMICAS

Cargas térmicas da câmara congelados	Conserva de atum
--------------------------------------	------------------

Cargas térmicas exteriores

Carga térmica por condução exterior (W)	Parede Norte	Parede sul	Parede oeste	Parede este	Parede este	Teto	Solo	Total
Área (m²)	20,2785	25,5000	25,5000	13,0000		25,5000	25,5000	
Fluxo de calor admitido (W/m²)	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000		8,0000	8,0000	
Temperatura de conservação	-25,0000	-25,0000	-25,0000	-25,0000		-25,0000	-25,0000	
Temperatura de exterior	15,0000	35,0000	0,0000	24,0000		35,0000	20,0000	
Constante de condutividade térmica	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207		0,0207	0,0207	
Coefficiente de convecção interno	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000		8,0000	8,0000	
Coefficiente de convecção externo	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000		25,0000	-	
Espessura obida	0,0983	0,1501	0,0595	0,1216		0,1648	0,1139	
Espessura Normalizada	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000		0,1000	0,1000	
Fluxo de calor real (W/m²)	7,8726	11,8089	4,9204	9,6439		13,0106	9,0801	56,3365
Carga térmica por condução exterior (kW)	159,6444	301,1267	125,4695	125,3710		331,7709	231,5414	1,2749

	Volume da câmara	Temperatura exterior	Temperatura interior	Densidade média	Número de renovações
	127,5000	15,0000	-25,0000	1,4240	9,1000
Carga térmica devido a infiltrações através das portas (kW)	Caudal volumétrico de renovação	Caudal mássico de renovação	Quantidade de calor por infiltração (kJ)		
1,6063	1160,2500	1652,1960	84,0000		

Cargas térmicas internas

Carga térmica de ocupação (kW)	Carga térmica de ocupação/pessoa	Nº de pessoas
0,1050	420,0000	2,0000

Carga térmica de iluminação interior (kW)	Potência das lâmpadas	Nº de lâmpadas
0,0160	64,0000	2,0000

Carga térmica de equipamentos (kW)	Nº de equipamentos	Potência do equipamento	Equivalente térmico do motor elétrico
0,3495	1,0000	1,4500	1,9280

Carga térmica interna (kW)	0,4705
-----------------------------------	---------------

Carga do produto (kW)	Temperatura de entrada do produto	Temperatura de conservação	Calor específico depois da congelação(kJ/kgK)	Caudal do produto (kg/24)	Densidade de carga (Kg/m³)	Capacidade de armazenamento
2,1774	-15,0000	-25,0000	2,2700	8287,5000	650,0000	82875

Carga térmica total câmara (kW)	8,2936
Carga térmica total câmara (W)	8293,5940

Potência frigorífica a instalar (kW)	9,1230
---	---------------

Considerando mais 10% devido ao calor dissipado pelos motores dos ventiladores e também eventuais falhas no cálculo

Cargas térmicas da câmara Refrigerados	Conserva de atum
--	------------------

Cargas térmica exteriores

Carga térmica por condução exterior (W)	Parede Norte	Parede sul	Parede oeste	Parede este	Teto	Solo	Total
Área (m²)	15,2500	20,0000	25,0000	25,0000	20,0000	20,0000	
Fluxo de calor admitido (W/m²)	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	
Temperatura de conservação	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Temperatura de exterior	15,0000	35,0000	-25,0000	35,0000	35,0000	20,0000	
Constante de condutividade térmica	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	
Coefficiente de convecção interno	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	
Coefficiente de convecção externo	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	25,0000	-	
Espessura obida	0,0336	0,0854	-0,0699	0,0932	0,1001	0,0492	
Espessura Normalizada	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	
Fluxo de calor real (W/m²)	2,9522	6,8885	-4,9204	6,8885	8,0065	4,0356	23,8510
Carga térmica por condução exterior (kW)	45,0214	137,7704	-123,0093	172,2130	160,1307	80,7116	0,4728

	Volume da câmara	Temperatura exterior	Temperatura interior	Densidade média	Número de renovações
	100,0000	15,0000	0,0000	1,2257	4,0000
Carga térmica devido a infiltrações através das portas (kW)	Caudal volumético de renovação	Caudal mássico de renovação	Quantidade de calor por infiltração (kJ)		
0,1923	400,0000	490,2800	33,8900		

Cargas térmica internas

Carga térmica de ocupação (kW)	Carga térmica de ocupação/pessoa	Nº de pessoas
0,0675	270,0000	2,0000

Carga térmica de iluminação interior (kW)	Potência das lâmpadas	Nº de lâmpadas
0,0160	64,0000	2,0000

Carga térmica de equipamentos (kW)	Nº de equipamentos	Potência do equipamento	Equivalente térmico do motor elétrico
0,3495	1,0000	1,4500	1,9280

Carga térmica interna (kW)	0,4330
----------------------------	--------

Carga do produto (kW)	Temperatura de entrada do produto	Temperatura de conservação	Calor específico antes da congelação(kj/Kgk)	Caudal do produto (kg/24)	Densidade de carga (kg/m3)	Capacidade de armazenamento (Kg)
0,7656	5,0000	0,0000	3,7800	3500,0000	350,0000	35000

Carga térmica total câmara (KW)	2,7956
Carga térmica total câmara (W)	2795,5843

Considerando mais 10% devido ao calor dissipado pelos motores dos ventiladores e também eventuais falhas no cálculo

Potência frigorífica a instalar (kW)	3,0751
--------------------------------------	--------

Cargas térmicas da câmara Buffer	Conserva de atum
----------------------------------	------------------

Cargas térmica exteriores

Carga térmica por condução exterior (W)	Parede Norte	Parede sul	Parede oeste	Parede este	Teto	Solo	Total
Área (m²)	45,0000	22,5000	20,0000	20,0000	36,0000	36,0000	
Fluxo de calor admitido (W/m²)	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	
Temperatura de conservação	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	
Temperatura de exterior	35,0000	15,0000	35,0000	35,0000	35,0000	20,0000	
Constante de condutividade térmica	0,0207	0,1900	0,0207	0,0207	0,0207	0,0207	
Coefficiente de convecção interno	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	
Coefficiente de convecção externo	8,0000	8,0000	8,0000	8,0000	25,0000	-	
Espessura obida	0,0802	0,2613	0,0802	0,0880	0,0949	0,0440	
Espessura Normalizada	0,1000	0,0020	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	
Fluxo de calor real (W/m²)	6,4949	49,8990	6,4949	6,4949	7,6062	3,6320	80,6219
Carga térmica por condução exterior (kW)	292,2700	1122,7273	129,8978	129,8978	273,8236	130,7528	2,0794

	Volumé da câmara	Temperatura exterior	Temperatura interior	Densidade média	Número de renovações	Cp médio
	180,0000	35,0000	2,0000	1,1459	2,0000	1,0067
Carga térmica devido a infiltrações através das portas (kW)	Caudal volumético de renovação	Caudal mássico de renovação	Quantidade de calor por infiltração			
1,0313	360,0000	412,5240	108,0000			

Cargas térmica internas

Carga térmica de ocupação (kW)	Carga térmica de ocupação/pessoa	Nº de pessoas
0,1013	270,0000	3,0000

Carga térmica de iluminação interior (kW)	Potência das lâmpadas	Nº de lâmpadas
0,0320	64,0000	4,0000

Carga térmica de equipamentos (kW)	Nº de equipamentos	Potência do equipamento	Equivalente térmico do motor elétrico
0,6989	2,0000	1,4500	1,9280

Carga térmica interna (kW)	0,8322
----------------------------	--------

Carga do produto (kW)	Temperatura de entrada do produto	Temperatura de conservação	Calor específico antes da congelação(kJ/KgK)	Caudal do produto (kg/24)	Densidade de carga (Kg/m³)	Capacidade de armazenamento (Kg)
4,1344	8,0000	2,0000	3,7800	15750,0000	350,0000	315000

Carga térmica total câmara (kW)	12,1158
Carga térmica total câmara (W)	12115,8063

Potência frigorífica a instalar (kW)	13,3274
--------------------------------------	---------

Balanço térmico			
Câmara	Programa desenvolvido (kW)	Centauro (kW)	Erro (%)
Congelados 1	9,12	10,83	16%
Refrigerados 1	3,08	3,51	12%
Buffer	13,33	11,73	14%

Nota: O espaço frigorífico buffer foi simulado no CalCam como sendo uma câmara com quatro paredes de poliuretano , porém ela possui apenas 3 paredes , o que fará com que a carga térmica seja ligeiramente inferior ao seu valor verdadeiro , em aproximadamente 1,1 kW. Neste sentido foi acrescentado 1,1kW ao valor da simulação obtida no programa CalCam

ANEXO H – MAPA DE QUANTIDADE E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

Nome	Quantidade	Preço Unitário	Total
Detetor de R744 DGS-IR CO2	4	€ 600,00	€ 2 400,00
Gás Cooler alfa blue junior xg	1	€ 11 000,00	€ 11 000,00
Trocador de calor Alfa Laval AXP14	1	€ 2 000,00	€ 2 000,00
Tubagem Cobre K65	75	90,28	€ 6 771,00
Unidade de condensadora auxiliar OP-M2ZC030MTA02E	1	€ 2 230,00	€ 2 230,00
Válvula de alta pressão CCMT 4	1	€ 2 034,00	€ 2 034,00
Válvula de alta pressão CCMT 8	1	€ 2 034,00	€ 2 034,00
válvula de alívio e segurança sfa 10H + DSV 10	1	€ 990,00	€ 990,00
Válvula de retenção NRVT 20	1	€ 180,00	€ 180,00
Válvula de retenção NRVT 10sH	1	€ 125,00	€ 125,00
Válvula solenoide ICMTS 80-A	1	€ 190,00	€ 190,00
Válvula solenoide EVRS 15	1	€ 820,00	€ 820,00
Válvula de expansão eletrónica AKV 10PS6	2	€ 1 500,00	€ 3 000,00
Válvula de expansão eletrónica AKV 10P4	1	€ 400,00	€ 400,00
Visor de líquido SGP 12s	1	€ 71,00	€ 71,00
Reservatório de óleo OSA-CDH	1	€ 900,00	€ 900,00
Separador de óleo BOS3-CDH	1	€ 300,00	€ 300,00
Filtro secador DCR 0485-DC	1	€ 110,00	€ 110,00
Reservatório de líquidos RV-90-130 bar-TR/AX/MDL/D (2) /V.SG/EX	1	€ 5 500,00	€ 5 500,00
Compressor frigorífico 2GSL-3K	1	€ 2 125,00	€ 2 125,00
Compressor frigorífico 4KTE-12K	1	€ 6 000,00	€ 6 000,00
Compressor frigorífico 4KTE-10K	1	€ 6 000,00	€ 6 000,00
Evaporador DD 7J3/25	1	€ 5 500,00	€ 5 500,00
Evaporador 22 ECT/26	1	€ 1 100,00	€ 1 100,00
Evaporador CBN 4B4/15	1	€ 1 794,00	€ 1 794,00
Instalação frigorífica		€ 63 574,00	
Painel fotovoltaico RT8I-M560 Restarsolar	51	€ 203,00	€ 10 353,00
Regulador de Carga SmartSolar MPPT RS 450 200 - Isolated	1	€ 2 990,00	€ 2 990,00
Bateria 6 OPzV solarpower 520	9	€ 3 695,00	€ 33 255,00
Inversor SE10K-RWB48 SolarEdge	1	€ 2 900,00	€ 2 900,00
Instalação solar fotovoltaico		€ 49 498,00	
Turbina eólica e-3120	2	€ 80 000,00	€ 160 000,00
Regulador de Carga SmartSolar MPPT RS 450 200 - Isolated	10	€ 2 990,00	€ 29 900,00
Bateria 6 OPzV solarpower 520	100	€ 3 695,00	€ 369 500,00
Inversor SE10K-RWB48 SolarEdge	10	€ 2 900,00	€ 29 000,00
Instalação eólica		€ 588 400,00	
Turbina POSEIDE 154	1	€ 55 000,00	€ 55 000,00
Instalação Correntes marítimas		€ 55 000,00	
Gerador GE 35 KSC	1	€ 12 700,00	€ 12 700,00
Custo total do sistema integrado		€ 769 172,00	