



Elsa Pereira

REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

Projeto de Entrepósito Logístico em Luanda

Dissertação em Refrigeração Industrial submetida
como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre
em Energia**

Dezembro 2013

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos meus pais que foram as pessoas que tornaram possível o início do meu percurso no mundo da Engenharia, ramo da Refrigeração Industrial, mas em especial à minha Mãe, que foi sempre a pessoa que me inculuiu o espírito de lutar e vencer.

Foram eles que me deram força, me incentivaram a estudar, a lutar pelas minhas opções e sempre com humildade, colocar a mim mesma objetivos e alcançá-los.

A etapa seguinte, grau de licenciatura, devo-o principalmente a mim própria, pela minha motivação e carácter, de pessoa que gosta de desafios e não desiste com facilidade, tendo em atenção que atingi este grau já na condição de trabalhadora estudante, em que a força de vontade foi mais que muita para não desistir.

Agora outra etapa se avizinha, o grau de mestre, sendo que esta dedico-a exclusivamente à minha Mãe, que ficaria orgulhosa com as minhas realizações/obtenções pessoais.

Mas não posso deixar de agradecer à minha família, que constituiu um estímulo forte para que eu avançasse para mais este novo desafio.

Finalmente, não posso deixar também de agradecer à H. Seabra, empresa onde atualmente exerço funções e que sempre me incentivou a reforçar a minha formação académica, além de que, com o contributo do seu corpo técnico, ajudou-me a desenvolver competências que agora contribuem para esta nova etapa.

RESUMO

O presente documento refere-se à descrição da atividade profissional da licenciada Elsa Pereira que trabalhando numa empresa multicultural, líder do mercado em Portugal, Angola, Venezuela, Guiné Equatorial e Argélia com forte presença em países como Cabo Verde e Moçambique, entre outros, tem que adaptar as soluções e os equipamentos às exigências de cada país/local.

Pelo que, a minha atividade profissional em refrigeração industrial consiste essencialmente em:

- Levantamento de dados e identificação dos requisitos de clientes, nacionais e internacionais;
- Estudo prévio, procurando as melhores soluções técnicas e que estas sejam competitivas, económica e energeticamente;
- Cálculo das cargas térmicas frigoríficas;
- Escolha da solução frigorífica e do fluido frigorígeno adequado;
- Elaboração da proposta e especificação técnica com apoio de layout;
- Apoio técnico e comercial a clientes.

Após a adjudicação da proposta, fazem parte também das minhas competências:

- Preparação do processo de passagem de obra internamente;
- Lista de quantidades e preços;
- Subempreitadas discriminadas;
- Elaboração de um plano de trabalhos em “Project”.

Perante esta diversidade de projetos e soluções, apresento um projeto em que estudei duas soluções totalmente distintas, mostrando assim como é realizado todo o processo, com apresentações dos programas internos de que a empresa H. Seabra – Frio Industrial desenvolveu internamente.

ABSTRACT

The present document refers to the description of the professional activity of the graduate Elsa Pereira, that working for several years with a multinational company, leader of the refrigeration market in Portugal, but also developing it's plants in multicultural countries, such as Angola, Venezuela, Guinea Equatorial and Algeria (countries in which we have branches), and with strong implantation in other countries, as Cap Verde, Mozambique, among others, I must adapt the refrigeration solutions and equipment to be applied to the specific requests of each client and the demands of the local markets.

My day-to-day professional activity consists in:

- Data survey and identification of the client's needs (either Portuguese or foreign);
- First study, seeking for the best options (technical and economical), for the plants requirements (including the lowest power consumption solutions);
- Calculation of the refrigeration load balance;
- Selection of the best technical solution and refrigerant to be used;
- Presentation to the client of the economical offer, as well as the technical specification of the solution offered (including lay-out if necessary);
- Commercial and technical support to the client's needs.

When the Offer submitted is accepted by the client, I must also perform the following activities:

- Elaboration of the Job-File to be presented to the production department;
- Maps of quantities and prices for purchasing department;
- List of subcontracts to be expected to do;
- Planning of the works, through a "Microsoft Project" map;

According with these very diverse projects and solutions, I thereby submit a project for which I anticipated two totally different technical solutions, helping to demonstrate how I act along the entire process, and including figures with the applied software, that the company H. Seabra – Frio Industrial has developed internally.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
NOMENCLATURA	XII
CAPÍTULO 1 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE PROFISSIONAL	1
CAPÍTULO 2 – DESCRIÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO NO PROJETO DO ENTREPOSTO LOGÍSTICO EM LUANDA	8
2.1. INTRODUÇÃO	8
2.2. PROJETO DE ENTREPOSTO LOGISTICO EM LUANDA	8
2.3. DIMENSÕES DE PROJECTO E CARACTERÍSTICAS	9
2.4. CARACTERÍSTICAS DOS CONSUMIDORES DE FRIO	10
2.4.1. CÂMARA POLIVALENTE (R4)	10
2.4.2. CÂMARA POLIVALENTE (C7)	10
2.4.3. CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE CONGELADOS (C6)	10
2.4.4. ANTECÂMARA DE CONGELADOS (AC)	11

2.4.5.	CAIS DE RECEÇÃO/EXPEDIÇÃO (CE).....	11
2.5.	CARACTERÍSTICAS E DEFINIÇÃO DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS	11
2.6.	ISOLAMENTO TÉRMICO DOS PAVIMENTOS	12
2.7.	PORTAS ISOTÉRMICAS	13
2.7.1.	PORTAS DESLIZANTES AUTOMÁTICAS (R4+C7+C6)	13
2.7.2.	PORTAS ENROLÁVEIS RÁPIDAS (AC)	14
2.7.3.	PORTAS ISOPLANAS DE SERVIÇO (CE)	15
2.7.4.	PORTAS SECCIONADAS AUTOMÁTICAS (CE).....	15
2.7.5.	FOLES DE CAIS (CE).....	16
2.8.	ICESTOP - SISTEMA DE DESUMIDIFICAÇÃO	17
2.9.	COMPLEMENTOS À ISOTERMIA	18
2.10.	METODOLOGIA DE CALCULO DOS BALANÇOS TÉRMICOS FRIGORÍFICOS ..	19
2.10.1.	CARGA TÉRMICA GANHA PELA ENVOLVENTE	19
2.10.2.	CARGA TÉRMICA DOS PRODUTOS	20
2.10.3.	CARGA INTERNA DE ILUMINAÇÃO, OCUPAÇÃO E EQUIPAMENTOS	21
2.10.4.	CARGA TÉRMICA POR INFILTRAÇÕES DE AR.....	22
2.10.5.	CARGA TÉRMICA FRIGORÍFICA TOTAL	22
2.11.	PROGRAMA DE CALCULO DOS BALANÇOS TÉRMICOS FRIGORÍFICOS	22
2.12.	DIAGRAMAS FRIGORÍFICOS E MOLLIER DA INSTALAÇÃO.....	41
	CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DETALHADA DOS EQUIPAMENTOS	47

3.1. EQUIPAMENTOS PARA SOLUÇÃO DE EXPANSÃO DIRETA DE R404A.....	47
3.1.1. CENTRAIS DE COMPRESSORES.....	47
3.1.2. UNIDADE CONDENSADORA.....	51
3.1.3. CONDENSADORES.....	51
3.1.4. RESERVATÓRIOS DE LÍQUIDO.....	53
3.1.5. EVAPORADORES.....	54
3.1.6. EQUIPAMENTOS DE CONTROLO.....	56
3.1.7. FLUIDO FRIGORIGÉNEO.....	57
3.1.8. ÓLEO INCONGELÁVEL.....	60
3.1.9. TUBAGEM DE FLUIDO FRIGORIGÉNEO E GÁS QUENTE.....	61
3.1.10. ISOLAMENTO DA TUBAGEM.....	62
3.1.11. TUBAGEM DE CONDENSADOS DOS EVAPORADORES.....	63
3.1.12. CONTROLO E AUTOMAÇÃO.....	63
3.1.13. QUADRO ELÉCTRICO GERAL DO FRIO.....	64
3.2. EQUIPAMENTOS PARA SOLUÇÃO DE ÁGUA GLICOLADA NO CIRCUITO DE CLIMATIZADOS.....	64
3.2.1. UNIDADE PRODUTORA DE ÁGUA REFRIGERADA PARA CIRCUITO DE CLIMATIZADOS.....	64
3.2.2. FRIGODIFUSORES.....	65
3.2.3. EQUIPAMENTO DE CONTROLO PARA ÁGUA GLICOLADA.....	66
3.2.4. TUBAGEM DE ÁGUA GLICOLADA.....	67
3.2.5. TUBAGEM DE CONDENSADOS DOS FRIGODIFUSORES.....	67
3.2.6. RESTANTE INSTALAÇÃO.....	67
3.3. LAYOUT FINAL.....	67

CONCLUSÕES	67
BIBLIOGRAFIA.....	69
ANEXOS	I

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Isolamento do pavimento. Fonte: H. Seabra.....	12
Figura 2 - Porta deslizante automática. Fonte: H. Seabra.....	13
Figura 3 - Porta enrolável rápida. Fonte: H. Seabra	14
Figura 4 - Porta seccionada automática. Fonte: H. Seabra.....	15
Figura 5 - Fole de cais. Fonte: H. Seabra.....	16
Figura 6 - Esquema de funcionamento do Icestop. Fonte: H. Seabra.....	17
Figura 7 – Menu de dados principais. Fonte: H. Seabra.....	23
Figura 8 – Menu da envolvente. Fonte: H. Seabra	24
Figura 9 – Menu das fontes de calor. Fonte: H. Seabra	25
Figura 10 – Menu da caracterização do produto. Fonte: H. Seabra	26
Figura 11 - Menu da renovação de ar. Fonte: H. Seabra	27
Figura 12 – Menu de seleção evaporadores. Fonte: H. Seabra	28
Figura 13 – Menu do resumo do BTF. Fonte: H. Seabra.....	29
Figura 14 – Menu de cálculo dos equipamentos de controlo associados aos evaporadores de expansão direta a R404A. Fonte: H. Seabra	34
Figura 15 – Menu de cálculo dos equipamentos de controlo associados aos frigidifusores de glicol. Fonte: H. Seabra	36
Figura 16 – Menu da rede de tubagem de expansão direta a R404A. Fonte: H. Seabra.....	37
Figura 17 – Menu do dimensionamento dos diâmetros da tubagem de expansão direta a R404A. Fonte: H. Seabra	38
Figura 18 - Rede de tubagem água glicolada.....	39
Figura 19 – Menu de dimensionamento dos diâmetros da tubagem de água glicolada.....	40
Figura 20 - Seleção de compressor de congelados. Fonte: Software Bitzer.....	44
Figura 21 - Seleção de compressor de climatizados. Fonte: Software Bitzer	46

Figura 22 - Central tipo de compressores a expansão direta de R404A. Fonte: Centauro.....	47
Figura 23 - Unidade condensadora a expansão direta de R404A. Fonte: Centauro.....	51
Figura 24 - Condensador a ar. Fonte: Centauro.....	52
Figura 25 - Evaporador tipo. Fonte: Centauro	54
Figura 26 - Tubo de cobre. Fonte: SoloStocks	61
Figura 27 - Isolamento térmico. Fonte: Metal Maremma	62
Figura 28 - Caraterísticas do Armaflex. Fonte: Armacell	63
Figura 29 - Unidade produtora de água refrigerada. Fonte: Nónio Hiross	64
Figura 30 - Frigodifusor. Fonte: Centauro	65
Figura 31 - Isolamento "Cool Fit". Fonte: H. Seabra.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das potências frigoríficas.....	30
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens das soluções a apresentar.....	32
Tabela 3 – Fatores prejudiciais de alguns fluidos frigoríficos	60

NOMENCLATURA

C4 – Câmara polivalente N.º4

C6 – Câmara polivalente N.º 6

C7 – Câmara de conservação de congelados N.º7

AC – Antecâmara de congelados

RE – Cais de receção e expedição

BTF – Balanço térmico frigorífico

GWP – Global warming potencial (Potencial de aquecimento global)

ODP - Ozone depletion potential (Potencial de eliminação de iões de ozono)

UPS – Uninterrupted power supply

ICESTOP – “Travão” ao gelo

PIR – Poliisocianurato

Δt , DT – Diferença de temperaturas

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

R404A - Fluido frigorígeno (constituído por R125, R134a e R143a).

O3 – Ozono

NaOH – Hidróxido de Sódio

CO₂ – Dióxido de carbono – anidrido carbónico.

CFC – Clorofluorocarbonato.

HFC -Hidrofluorocarbonato

CAPÍTULO 1 – DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

A minha atividade profissional em refrigeração industrial tem consistido no levantamento de dados e identificação dos requisitos de clientes, nacionais e internacionais, abrangendo os seguintes campos principais:

- Estudo prévio, em que procuro combinar as melhores soluções técnico-económicas com a pesquisa das soluções técnicas mais competitivas, económica e energeticamente;
- Cálculo dimensional e orçamental nas vertentes de matérias-primas, mão-de-obra e demais custos de produção inerentes às instalações de frio industrial;
- Apoio técnico e comercial a clientes.

O trabalho por mim desenvolvido ao longo dos anos engloba projetos de diversas dimensões, desde a câmara de um pequeno produtor, unidades de distribuição alimentar (supermercados, cash & carry e hipermercados), até entrepostos de logística, matadouros, unidades industriais de processamento e transformação de alimentos, fábricas de gelo, etc.

Consoante o tipo de projeto, produto e sua finalidade, bem como a dimensão dos consumidores de frio, assim são previstas diferentes soluções frigoríficas e selecionados os fluidos frigoríficos (R134a, R404A, NH3, fluidos secundários com base em soluções de água glicolada, etc.).

Tenho mantido em permanência a minha atividade nestes últimos cinco anos, de forma autónoma dentro da organização para a qual trabalho, nomeadamente recebendo dados ou projetos dos clientes e desenvolvendo o estudo da solução, o lay-out da unidade e executando o orçamento inerente a essa solução, apresentando a respetiva especificação técnica (descrevendo a solução proposta ao cliente, com as vantagens e desvantagens das diferentes soluções) e estudos económicos.

Todo este trabalho tem em conta não só as necessidades específicas da área de atividade do cliente, mas também as características climáticas da zona de implantação do projeto e o grau de tecnologia aplicável perante as particularidades da mesma.

Após o estudo, apresentação da solução e orçamento ao cliente, discussão da proposta e sua adjudicação, fazem parte também das minhas competências a preparação do processo de passagem de obra internamente, que consiste numa lista de quantidades e preços, que inclui todos os equipamentos, materiais, subempreitadas discriminadas e como complemento, a elaboração de um plano de trabalhos em “Project” com as principais datas de necessidades e meios materiais e humanos em obra.

Algumas das instalações mais relevantes em que estive envolvida, nomeadamente na fase de receção de dados, orçamentação e preparação do processo de obra, são:

- Queijo Saloio – Fases 1 e 2 – Unidade de Produção de Queijo
 - Levantamento das instalações frigoríficas existentes, regimes de funcionamento e características dos produtos a conservar.
 - Caracterização dos novos consumidores a considerar no projeto da ampliação das instalações frigoríficas.
 - Verificação da possibilidade de integrar os novos consumidores de frio na instalação frigorífica existente.
 - Dimensionamento de nova instalação a água glicolada com novos regimes de funcionamento.
 - Esta solução foi motivada pelo facto dos produtos transformados nesta ampliação requererem condições diferentes das dos existentes, não sendo possível interligar os novos espaços com a instalação existente.
- Salsicharia Ideal – Unidade de Transformação de Carnes nos Açores
 - Neste projeto existia um caderno de encargos, tendo procedido à reconfirmação dos dados principais e esclarecido os pontos em dúvida diretamente com o projetista.
 - Trata-se de uma unidade industrial de transformação de carnes, composta por câmaras de refrigerados, câmaras de congelados, túnel de congelação e túneis de arrefecimento rápido e salas de trabalho refrigeradas/climatizadas.
 - Procedi ao dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica operando com o fluido frigorigéneo R22.
- Rui Costa & Sousa & Irmão – Unidade de Demolha e Congelação de Bacalhau
 - Unidade industrial de transformação de bacalhau, composta por tanques de demolha com água gelada, túneis de congelação, câmaras de congelados, bacalhau seco, verde e salas de trabalho.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica, tendo em especial atenção o tipo de acabamento dos painéis isotérmicos devido a estar exposto a ambientes salinos e instalação frigorífica a NH3 com dois estágios de compressão no circuito de congelados e através de permutador de placas para o circuito de água glicolada que irá alimentar os circuitos de refrigerados e espaços climatizados.
- Sogenave – Câmaras Frigoríficas de Catering
 - Unidade de catering, composta por câmaras de congelados, câmaras de refrigerados (frutas e legumes e diversos) e cais de receção e expedição refrigerado/climatizado.

- Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica com unidades condensadoras autónomas operando com o fluido frigorigéneo R404A, em cada espaço frigorífico.
- E. Leclerc's do Entroncamento e Algueirão – Instalações de Frio Alimentar
 - Hipermercados compostos por câmaras de congelados, de refrigerados, salas de trabalho e móveis frigoríficos.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A.
 - No Algueirão em particular, os condensadores a ar foram dimensionados com nível baixo de ruído uma vez que este hipermercado foi instalado no rés-do-chão de um edifício habitacional.
- Cateringpor – Unidade de Catering para Aeroporto de Lisboa
 - Esta unidade de catering, é composta por três câmaras de congelados, seis de refrigerados, quatro salas de trabalho e um cais de receção e expedição.
 - Projeto de ampliação das atuais instalações frigoríficas com novas câmaras de congelados, de refrigerados e células de arrefecimento rápido de pratos pré-cozinhados.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R22 e requalificada para o fluido frigorigéneo R422A.
- Parmalat – Câmaras Frigoríficas para Lacticínios
 - Ampliação das instalações existentes com novas de câmaras de lacticínios, nomeadamente: queijo, iogurtes e outros derivados de leite.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica, tendo em especial atenção o tipo de acabamento dos painéis isotérmicos e instalação frigorífica a R22.
- Uniself – Unidade de Catering
 - Unidade industrial de catering, construída de raiz, constituída por seis câmaras de congelados, dezassete câmaras de refrigerados, um túnel de congelação, três células de arrefecimento/congelação rápida, treze salas de trabalho e dois cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A nos circuitos de congelados, túnel e células de arrefecimento e congelação, e a água glicolada no circuito de refrigerados, salas de trabalho e pasteurizadores.
 - Esta instalação representou um desafio adicional pela necessidade de dimensionamento de um banco de gelo para acumulação térmica, permitindo que os principais equipamentos frigoríficos dos circuitos de refrigeração pudessem funcionar apenas fora das “horas de ponta”, estando parados nestes períodos e sendo a alimentação de água gelada efetuada a partir do banco de gelo.
- Tengelman Portugal – Plataforma Logística Alimentar

- Plataforma logística, construída de raiz, constituída por câmaras de armazenagem de produtos congelados, de frutas, de laticínios, de legumes, antecâmaras e cais de receção e expedição.
- Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a NH₃ com dois estágios de compressão no circuito de congelados e através de permutador de placas para o circuito de água glicolada que alimenta os circuitos de refrigerados e espaços climatizados.
- Aitena Portugal – Plataforma Logística Farmacêutica
 - Esta plataforma logística é constituída por câmaras para conservação/armazenagem de produtos farmacêuticos e cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a água glicolada através de chiller autónomo.
- Seara – Industria de Carnes – Matadouro Industrial
 - Matadouro industrial, construído de raiz, constituído por: zona de abate, salas de desmancha/evisceração, câmaras de congelados, câmaras de refrigerados de duplo regime para suínos e bovinos, desperdícios, maturação, túneis de congelação e cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a NH₃ com dois estágios de compressão no circuito de congelados e através de permutador de placas para o circuito de água glicolada que irá alimentar os circuitos de refrigerados e espaços climatizados. Neste projeto a minha intervenção foi ao nível da isotermia e dimensionamento do circuito de água glicolada.
- Lojas Plus – Frio alimentar para Supermercados
 - Supermercados compostos por câmaras de congelados, refrigerados e móveis frigoríficos.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A.
- Brasmar – Unidade Industrial de Transformação de Peixe e Bacalhau
 - Esta unidade de peixe e bacalhau, é composta por câmaras de congelados, bacalhau seco, bacalhau verde, peixe fresco, zona de demolha e salas de trabalho.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica, tendo em especial atenção o tipo de acabamento dos painéis isotérmicos devido a estar exposto a ambientes salinos e instalação frigorífica a NH₃ com dois estágios de compressão no circuito de congelados e através de permutador de placas para o circuito de água glicolada que irá alimentar os circuitos de refrigerados, espaços climatizados e zonas de demolha.

- Aldi discount - Plataforma Logística Alimentar
 - Plataforma logística para apoio a rede de supermercados da mesma insígnia, composta por câmaras de conservação de chocolates, refrigerados diversos e congelados.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica com centrais/condensadores, do tipo carroçado, montadas no exterior e funcionando com o fluido frigorigéneo R404A.
 - Esta solução construtiva deveu-se ao fato de no pavilhão existente não estar previsto qualquer espaço destinado à construção de uma Casa de Máquinas Frigoríficas.
- Docapesca – Fábricas de Gelo e Câmaras Frigoríficas para Lotas
 - Projetos onde o cliente apresenta sempre Caderno de Encargos que é necessário respeitar.
 - Instalações de suporte a pequenas lotas locais, compostas por câmaras de peixe fresco e fábricas de gelo em escamas, integrando máquinas de produção de gelo e espaços (“silos”) para armazenagem do gelo produzido.
 - Dimensionamento e cálculo da construção isotérmica e instalação frigorífica com unidades condensadoras/evaporadores a R404A.
- Frulact – Unidade Industrial de Transformação de Frutas
 - Esta unidade de transformação de fruta, é composta por câmaras de congelados (de matéria-prima e de produto acabado), refrigerados (matéria-prima e de produto acabado), corredores e salas de trabalho.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a NH3 com dois estágios de compressão no circuito de congelados e através de permutador de placas para o circuito de água glicolada que irá alimentar os circuitos de refrigerados e espaços climatizados.
- Teixeira Duarte – Centro de Distribuição e Loja do tipo Alimentar em Angola
 - Neste projeto existia um caderno de encargos que foi verificado e trocada informação com o projetista.
 - Este centro de distribuição aos vários supermercados do mesmo cliente, é composto na maioria por câmaras de congelados, câmaras de refrigerados (em menor número), túnel de congelação, fábrica de gelo em escamas com silo de armazenagem de gelo e cais de receção e expedição. A loja é constituída por câmaras de refrigerados, congelados, cais de receção e expedição e móveis frigoríficos.
 - Foi apresentada uma alternativa ao caderno de encargos em que todo o projeto foi redimensionado de forma a otimizar e rentabilizar toda a operação do cliente, que este aceitou.

- Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A para todos os circuitos, quer do centro de distribuição quer da loja.
- Valinho Carnes - Unidade de Transformação de Carnes em Angola
 - Neste projeto existia um caderno de encargos que foi verificado e trocada informação com o projetista.
 - Esta unidade de transformação, é construída de raiz, é constituída por duas câmaras de congelados, doze câmaras de refrigerados, um túnel de arrefecimento rápido, uma câmara de descongelação, duas câmaras de cura de chouriços e presuntos, um túnel de congelação, vinte salas de trabalho e dois cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A em todos os circuitos.
- Dia Alverca - Plataforma Logística Alimentar
 - Plataforma logística para apoio aos supermercados da mesma insígnia, constituída por câmaras de congelados, câmaras de refrigerados e cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A em todos os circuitos.
- Gialmar – Unidade Industrial de Pescado
 - Ampliação das instalações existentes com novas de câmaras de peixe congelado, peixe fresco e fábrica de gelo em escamas com silo de armazenagem de gelo e cais de receção e expedição;
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A com unidades monoblocos e splits.
- Odebrecht Lobito e Luanda - Plataformas Logísticas Alimentares
 - Plataformas logísticas, construídas de raiz, constituídas por câmaras de congelados, refrigerados, corredores de circulação e cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A nos circuitos de congelados e a água glicolada no circuito de refrigerados, corredor e cais.
- Lotaçor – Lota do Pico, Corvo, Graciosa - Fábricas de Gelo e Câmaras Frigoríficas para Lotas
 - Nestes projetos o cliente elabora sempre um Caderno de Encargos.
 - Unidades de suporte a pequenas lotas locais, compostas por câmaras de peixe fresco e fábricas de produção e armazenagem de gelo em escamas.
 - Dimensionamento e cálculo da construção isotérmica e instalação frigorífica com unidades condensadoras/evaporadores a R404A.

- Rangel - Plataforma Logística Farmacêutica
 - Plataforma logística constituída por câmaras para conservação de produtos farmacêuticos e cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica com unidades condensadoras/evaporadores a R404A dedicadas a cada espaço frigorífico.
 - Tendo em conta o elevado valor do produto a ser conservado, e a exemplo da maior parte dos projetos na área da farmacêutica a câmara frigorífica é equipada com unidades de reserva / “*back up*”.
- Artesanal Pesca em Sesimbra - Unidade de Transformação e Congelação de Pescado
 - Unidade industrial de transformação de peixe, composta por câmaras de congelados, túnel de congelação, câmaras de peixe fresco, salas de trabalho e cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a NH3 com dois estágios de compressão no circuito de congelados e através de permutador de placas para o circuito de água glicolada que irá alimentar os circuitos de refrigerados e espaços climatizados.
- Salvesen Logística - Plataforma Logística Farmacêutica
 - Esta plataforma logística é constituída por câmaras para conservação de produtos farmacêuticos e cais de receção e expedição.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica com unidades condensadoras/evaporadores a R404A dedicadas a cada espaço frigorífico.
 - Neste projeto o cliente exigiu unidades para “*back up*” integral da instalação em caso de avaria das de serviço.
- Valinho – Unidade Industrial de Peixe Congelado em Angola
 - Esta unidade industrial de peixe congelado, construída de raiz, é constituída por seis câmaras de congelados, quatro túneis de congelação e dois cais de receção e expedição.
 - Todo o projeto de implantação e dimensionamento dos espaços foi concebido por mim.
 - Dimensionamento e cálculo de toda a construção isotérmica e instalação frigorífica a R404A para todos os circuitos.

CAPÍTULO 2 – DESCRIÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO NO PROJETO DO ENTREPOSTO LOGÍSTICO EM LUANDA

2.1. INTRODUÇÃO

No presente relatório irei descrever a forma como os projetos são recebidos e a abordagem que é feita para poder responder da forma mais adequada às necessidades e expectativas do cliente.

Como regra geral, considero implícito em todo o desenvolvimento do projeto, o completo cumprimento de todas as condições, recomendações e processos de execução técnica, de acordo com legislação aplicável, as normas regulamentares e as normalmente designadas como “boas regras da arte”.

Numa primeira fase será apresentada a forma de cálculo e atribuição de algumas variáveis que muitas vezes são desconhecidas pelo próprio cliente, cabendo aos engenheiros frigoristas, dentro da sua experiência, fazer a sua atribuição em função de dados estatísticos e do senso comum, mas sendo o cliente sempre confrontado com essas previsões.

2.2. PROJETO DE ENTREPOSTO LOGISTICO EM LUANDA

O projeto frigorífico em causa é a ampliação das instalações frigoríficas de um Entreposto Logístico Alimentar, sito em Luanda, Angola, em que a instalação inicial foi projetada e orçamentada por mim.

Para esta ampliação recebi do cliente um layout (anexo 1) e numa primeira fase os aspetos relevantes da análise da mesma são os seguintes:

- Finalidades dos espaços;
- Tipo de produto;
- Temperatura no interior de cada espaço;
- Forma de armazenagem do produto;
- Capacidade de armazenagem;
- Tipo de armazenagem: estanterias/racks fixos ou móveis.

Estas informações são importantes para que se possa fazer um estudo coerente e mostrar ao cliente soluções para o melhor aproveitamento e rentabilização dos seus espaços.

Após análise, da planta em causa e das condições necessárias no início de qualquer projeto, são determinadas:

- Espessuras dos isolamentos térmicos de tetos, paredes e pavimento definidos pela temperatura no interior, finalidade, dimensões interiores, nomeadamente a altura e se estes espaços dão para o exterior ou não;
- Dimensões de vão-livre das portas, tendo em conta os meios de movimentação que o cliente prevê utilizar e suas características particulares;
- O tipo de utilização que é dada ao entreposto e qual a sua finalidade;
- Estudo dos balanços térmicos frigoríficos (BTF) de cada espaço, através de programa interno.

O programa interno, desenvolvido pela H. Seabra, contém vários módulos de engenharia, que permite de forma integrada calcular quase toda a instalação frigorífica, conforme passo a descrever:

- Calcular toda a construção isotérmica, painéis e portas (módulo ainda em fase de desenvolvimento);
- Calcular balanços térmicos frigoríficos, onde se identificam todos os dados relevantes para cada espaço frigorífico, tais como: dimensões dos espaços, temperaturas de serviço, tipo de produto, espessuras dos isolamentos, tipo de portas e previsão do seu tempo de abertura, quantidade de operadores para a movimentação do produto, meios de movimentação do mesmo e potência de iluminação;
- Selecionar a quantidade e tipo de evaporadores em função da geometria do espaço;
- Após determinação dos balanços térmicos frigoríficos e seleção de evaporadores, o programa permite selecionar os equipamentos de controlo associados a estes e o dimensionamento das redes de tubagem (com base nas potências atribuídas a cada espaço e das velocidades aconselhadas para a redução das perdas de carga).
- Os módulos de casa de máquinas frigorífica e instalação elétrica ainda se encontram em fase de desenvolvimento.

2.3. DIMENSÕES DE PROJECTO E CARACTERÍSTICAS

A ampliação do entreposto de logística, é constituída pelos novos consumidores de frio:

- Duas câmaras polivalentes.
- Uma câmara de congelados.
- Uma antecâmara refrigerada.

- Um cais de receção e expedição climatizado.

2.4. CARACTERÍSTICAS DOS CONSUMIDORES DE FRIO

Os consumidores de frio têm as seguintes características:

2.4.1. CÂMARA POLIVALENTE (R4)

- Dimensões interiores 23,55 x 14,36 x 10,00 m (C x L x A)
- Área interior útil 338,17 m²
- Volume interior 3.382 m³
- Condições de funcionamento:
 - Temperatura de serviço +5°C/-25°C
 - Tipo de produto armazenado produtos refrig./cong. em paletes

2.4.2. CÂMARA POLIVALENTE (C7)

- Dimensões interiores 23,55 x 15,29 x 10,00 m (C x L x A)
- Área interior útil 360,08 m²
- Volume interior 3.601 m³
- Condições de funcionamento:
 - Temperatura de serviço -25°C/+5°C
 - Tipo de produto armazenado produtos refrig./cong. em paletes

2.4.3. CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE CONGELADOS (C6)

- Dimensões interiores 29,02 x 19,03 x 10,00 m (C x L x A)
- Área interior útil 552,25 m²
- Volume interior 5.523 m³

– Condições de funcionamento:

- Temperatura de serviço -25°C
- Tipo de produto armazenado produtos congelados em paletes

2.4.4. ANTECÂMARA DE CONGELADOS (AC)

- Dimensões interiores 5,55 x 29,90 x 5,00 m (C x L x A)
- Área interior útil 165,95 m²
- Volume interior 829 m³
- Condições de funcionamento:
 - Temperatura de serviço 0°C

2.4.5. CAIS DE RECEÇÃO/EXPEDIÇÃO (CE)

- Dimensões interiores 30,19 x 21,82 x 6,00 m + 41,41 x 11,90 x 6,00 (C x L x A)
- Área interior útil 1.152,00 m²
- Volume interior 6.912 m³
- Condições de funcionamento:
 - Temperatura de serviço +7°C

2.5. CARACTERÍSTICAS E DEFINIÇÃO DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS

Os isolamentos térmicos considerados para os tetos e paredes dos diferentes espaços serão em painéis isotérmicos pré-fabricados do tipo “sandwich”, com núcleo em espuma rígida de polisocianurato (PIR), com revestimento em ambas as faces em chapa metálica e com as seguintes características:

- Massa específica nominal: 40 kg/m³;
- Coeficiente de condutibilidade térmica: 0,0217 W/mK;
- Espessura da chapa: 0,5 mm;
- Tipo de chapa: termolacada;
- Reação ao fogo: Euroclasse B, s1, d0.

A chapa de revestimento é nervurada longitudinalmente, conferindo aos painéis melhor resistência mecânica e uniformidade no aspeto, além de que são de qualidade compatível com as especificações exigidas nas indústrias do ramo alimentar.

Os painéis serão ligados entre si por um sistema de encaixe simples de macho/fêmea do tipo “junta-seca”.

As espessuras de painéis definidas para os diferentes espaços frigoríficos são:

Câmaras frigoríficas de congelados e polyvalentes:

- Paredes 180 mm
- Tetos 180 mm

Antecâmara de congelados e cais de expedição:

- Paredes 100 mm
- Tetos 100 mm

2.6. ISOLAMENTO TÉRMICO DOS PAVIMENTOS

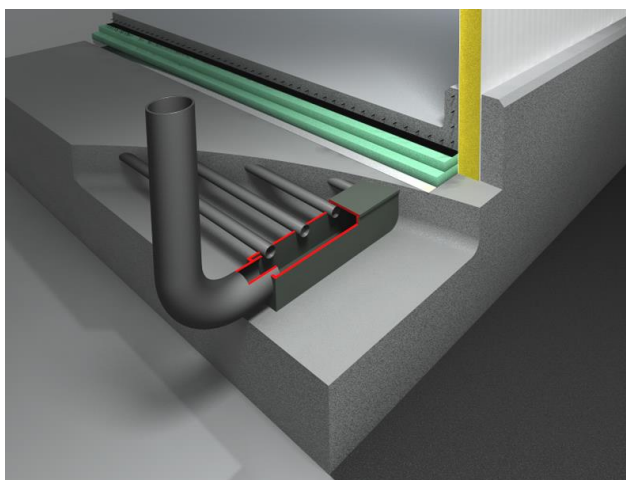


Figura 1 - Isolamento do pavimento. Fonte: H. Seabra

O pavimento interior das câmaras de congelados, polivalentes e antecâmara de congelados, será isolado utilizando-se placas de espuma rígida de poliestireno de alta resistência à compressão, 300 kPa (700 kPa sob a zona dos carris da câmara que levará racks com bases móveis), aplicadas por colagem em duas camadas (80 + 80mm) com juntas desencontradas para evitar pontes térmicas, incluindo a barreira ao vapor com tela asfáltica e laje final.

Na figura 1, é apresentado um exemplo da execução do respetivo vazio sanitário para se evitar a formação de gelo, que normalmente é efetuado pela especialidade de construção civil.

2.7. PORTAS ISOTÉRMICAS

As portas isotérmicas consideradas para o entreposto têm as seguintes características:

2.7.1. PORTAS DESLIZANTES AUTOMÁTICAS (R4+C7+C6)

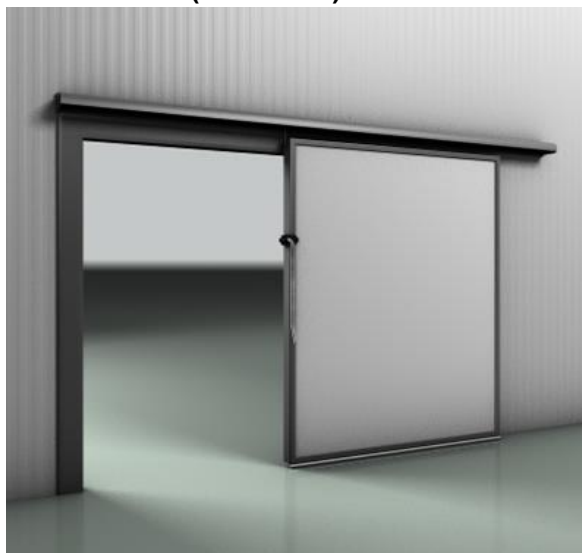


Figura 2 - Porta deslizante automática. Fonte: H. Seabra

Portas isotérmicas de acionamento automático por cordão suspenso, com aro em alumínio lacado para painel, de uma só folha, de construção em “sandwich” idêntica aos painéis, incluindo fecho de segurança pessoal com abertura pelo interior e acabamento da folha em cor azul.

As portas das câmaras de congelados serão complementadas com resistências de aquecimento em todo o perímetro de vedação.

As características das portas deslizantes automáticas são as seguintes:

- Câmaras de congelados e polivalentes

- Quantidade total 3 unidades
- Dimensões de vão útil 2,20 x 3,50 m (L x A)
- Revestimento Chapa termolacada
- Espessura de isolamento 120 mm

2.7.2.PORTAS ENROLÁVEIS RÁPIDAS (AC)



Figura 3 - Porta enrolável rápida. Fonte: H. Seabra

Portas enroláveis rápidas com tambor de enrolamento em alumínio, de lona, com freio de acoplamento direto ao veio e sensor eletrónico de segurança durante o fecho e acabamento em cor azul.

As características das portas enroláveis rápidas são as seguintes:

- Antecâmara de congelados

- Quantidade total 2 unidades
- Dimensões de vão útil 2,20 x 3,50 m (L x A)

2.7.3. PORTAS ISOPLANAS DE SERVIÇO (CE)

Portas isoplanas de serviço, do tipo pivotante, de uma folha, completas com as respetivas ferragens, incluindo manípulo de abertura e fechadura com chave, para as portas que dão para o exterior e acabamento da folha em cor azul.

As características das portas isoplanas de serviço são as seguintes:

- Cais de receção e expedição

- Quantidade total 2 unidades
- Dimensões de vão útil 1,00 x 2,00 mm (L x A)
- Espessura de isolamento 40 mm

2.7.4. PORTAS SECCIONADAS AUTOMÁTICAS (CE)



Figura 4 - Porta seccionada automática. Fonte: H. Seabra

Portas de acionamento automático por sistema eletrónico, constituídas por painéis com isolamento em poliuretano injetado, e revestimento em chapa de aço termolacado, com vedação entre painéis através de junta de poliuretano e vedação periférica com junta de borracha, rails e respetivos acessórios, incluindo um visor em acrílico duplo embutido nos painéis e fecho de culatra pelo interior.

As características das portas seccionadas são as seguintes:

- Cais de receção e expedição

- Quantidade total 4 unidades
- Dimensões de vão útil 2,50 x 2,80 mm (L x A)
- Espessura de isolamento 40 mm
- Acionamento automático

2.7.5.FOLES DE CAIS (CE)

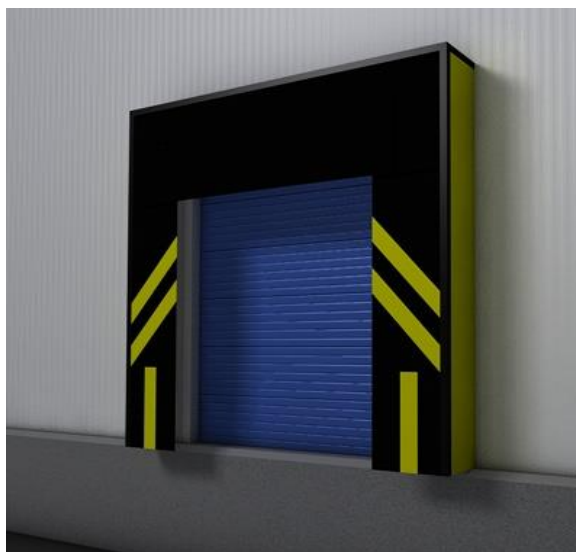


Figura 5 - Fole de cais. Fonte: H. Seabra

Foles de cais do tipo retráctil, próprios para montagem junto às portas seccionais, compostos por duas cortinas verticais e uma horizontal superior em P.V.C. na cor preta, com faixas de aproximação na cor branca. Os componentes metálicos, estrutura, braços retrácteis e chassi, serão em aço galvanizado com união por soldadura.

As características dos foles de cais são as seguintes:

- Cais de receção e expedição

- Quantidade total 4 unidades
- Dimensões de vão útil 3,50 x 3,50 mm (L x A)

2.8. ICESTOP - SISTEMA DE DESUMIDIFICAÇÃO

O sistema de desumidificação considerado para este projeto, foi desenvolvido pela H. Seabra, com base na conjugação de diferentes soluções e equipamentos, como se apresenta na figura 6.

Este sistema tem como principais características:

- Reduz a formação de gelo no interior das câmaras de congelados, resultante da entrada de ar proveniente do ambiente exterior aquando da abertura das portas isotérmicas;
- Melhora a acessibilidade às câmaras de congelados através da redução do gelo formado ao nível do pavimento (com conseqüentes risco de deslizamento);

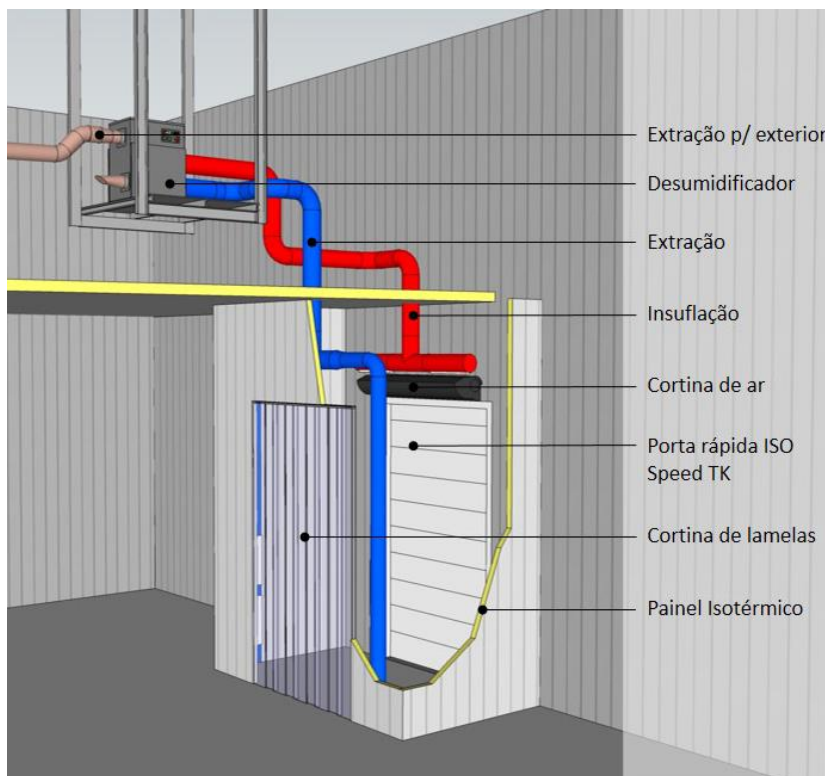


Figura 6 - Esquema de funcionamento do Icestop. Fonte: H. Seabra

- Reduz as condensações, provenientes do interior das câmaras de baixa temperatura, permitindo que os evaporadores acumulem menos gelo, reduzindo os ciclos de descongelação, com consequente redução de consumo energético;
- Este tipo de equipamento apresenta uma baixa potência elétrica instalada, em comparação com outros sistemas que recorrem a resistências elétricas para aquecimento do ar;
- Reduzidos custos de operação e exploração, com grande fiabilidade de funcionamento.

É um sistema de desumidificação constituído por uma unidade central de desumidificação, com rotor em silicagel de alta capacidade de retenção de água, o qual, mediante um conjunto de condutas em aço inoxidável, impulsiona o ar seco na vertical, criando um efeito de cortina de ar na zona da porta de congelados. Um segundo conjunto de condutas liberta o “ar húmido” proveniente da regeneração do rotor de silicagel diretamente para o exterior.

O comando deste sistema será manual, sendo atuado apenas durante os períodos de maior atividade, com as portas das câmaras de congelados abertas, o que permite reduzir o consumo de energia aquando de períodos longos de “porta fechada” (nomeadamente à noite e aos fins-de-semana).

Cada sistema é constituído por:

- Porta vertical rápida isotérmica tipo “*Iso Speed Cold*”;
- Cortina de ar “seco”;
- Sistema de desumidificação;
- Antecâmara em painéis e cortina de lamelas (caso seja necessário).

2.9. COMPLEMENTOS À ISOTERMIA

Em complemento à construção isotérmica e uma vez que o entreposto é constituído na sua maioria por câmaras de congelados, por forma a melhorar o entreposto quer a nível de segurança, qualidade e operacionalidade, serão colocadas:

- Resistências elétricas de pavimento, para evitar a formação de gelo nas soleiras junto às portas das câmaras;
- Dispositivos de segurança pessoal anti-encarceramento de pessoas, a serem colocados junto a cada porta. Estes dispositivos permitem através de um interruptor, que quando acionado emite um sinal luminoso e sonoro, cortando a ventilação do evaporador do espaço frigorífico em causa;

- Válvulas de equilíbrio de pressão atmosférica, sendo o seu objetivo o de prevenir sub ou sobrepressões no interior das câmaras de congelados. Estas válvulas são equipadas com resistência de aquecimento no canhão de passagem de ar.

As válvulas são calculadas pela seguinte equação:

$$N.º \text{ de válvulas} = \frac{1,3.V}{T.(273+t)} \quad (1)$$

V = volume da câmara (m³)

T = tempo de variação em minutos, por 1°C

t = temperatura interior da câmara (°C)

2.10. METODOLOGIA DE CALCULO DOS BALANÇOS TÉRMICOS FRIGORÍFICOS

Para se determinar qual a potência frigorífica a ser instalada, terá que se fazer a seguinte metodologia:

2.10.1. CARGA TÉRMICA GANHA PELA ENVOLVENTE

$$\dot{Q}_p = A_p \cdot U_p \cdot \Delta T_p \text{ (paredes)}$$

$$\dot{Q}_t = A_t \cdot U_t \cdot \Delta T_t \text{ (teto)}$$

$$\dot{Q}_c = A_c \cdot U_c \cdot \Delta T_c \text{ (piso, pavimento)}$$

$$\dot{Q}_{tot} = \dot{Q}_p + \dot{Q}_t + \dot{Q}_c \text{ (total)}$$

\dot{Q}_p - Carga térmica ganha pelas paredes (kW)

\dot{Q}_t - Carga térmica ganha pelo teto (kW)

\dot{Q}_c - Carga térmica ganha pelo chão (kW)

Onde:

$$\dot{Q}_i = A_i \cdot U_i \cdot \Delta T_i \quad (2)$$

\dot{Q}_i - Potência térmica ganha pelo elemento i (kW)

A_i - Área do elemento i (m²)

U_i - Coeficiente global de transmissão de calor do elemento i (kcal/h.m².°C)

ΔT_i - Diferença de temperatura entre o interior e exterior para o elemento i (°C)

Nota: Nas expressões utilizam-se as áreas exteriores.

2.10.2. CARGA TÉRMICA DOS PRODUTOS

Cálculo do calor sensível a retirar ao produto na refrigeração e na congelação:

$$\dot{Q}_{cref} = \dot{m} * C_{pa} * (T_i - T_f) \text{ (refrigeração)}$$

$$\dot{Q}_{cong} = \dot{m} * \{C_{pa} * (T_i - T_c) + h_{sf} + C_{pd} * (T_c - T_f)\} \text{ (congelação)}$$

Em que:

\dot{m} – Caudal mássico de produto que entra por dia (kg/24h)

h_{sf} - Calor latente de solidificação (kcal/kg)

$T_i; T_c; T_f$ - Temp. inicial, congelação e final (°C)

C_{pa}, C_{pd} – Calor específico antes e depois da congelação (kcal/kg°C)

Produtos vegetais refrigerados

$$\dot{Q}_{resp} = \dot{m} E_{resp}$$

E_{resp} – Calor de respiração dos Vegetais (W/ton)

Carga térmica dos produtos

Refrigeração

$$\dot{Q}_{prod} = \dot{Q}_{arref} + \dot{Q}_{resp} \quad (3)$$

Congelação

$$\dot{Q}_{prod} = \dot{Q}_{cong} \quad (4)$$

2.10.3. CARGA INTERNA DE ILUMINAÇÃO, OCUPAÇÃO E EQUIPAMENTOS

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{int} &= \dot{Q}_{ilum} + \dot{Q}_{ocup} + \dot{Q}_{equip} \\ &= (\text{NHO}/24) (\text{NO} \cdot E_{ocup} + \text{A} \cdot E_{ilum} + \text{NE} \cdot P_{mot} \cdot ET_{mot}) \quad (5) \end{aligned}$$

Em que:

\dot{Q}_{int} - Carga interna (kW)

\dot{Q}_{ilum} - Carga interna devido à iluminação (kW)

\dot{Q}_{ocup} - Carga interna devido à ocupação (kW)

\dot{Q}_{equip} - Carga térmica devido ao equipamento (kW)

NHO – Número de horas de ocupação (h/dia)

NO – Número de ocupantes

E_{ocup} - Calor dissipado pelos ocupantes

A - Área da zona de iluminação (m²)

E_{ilum} - Potência de iluminação (W/m²)

NE – Numero de equipamentos

P_{mot} - Potencia dos motores elétricos dos equipamentos (kW)

ET_{mot} - Equivalente térmico dos motores elétricos

2.10.4. CARGA TÉRMICA POR INFILTRAÇÕES DE AR

$$\dot{Q}_{infil} = \dot{V}_{renov} * E_{ar} \quad (6)$$

Em que:

\dot{Q}_{infil} - Carga térmica devido às infiltrações (kW)

\dot{V}_{renov} - Caudal de renovação de ar

E_{ar} - Quantidade de calor devido ao ar infiltrado (kcal/m³)

2.10.5. CARGA TÉRMICA FRIGORÍFICA TOTAL

$$\dot{Q}_{frig} = (24/TFE) * (\dot{Q}_{cond} + \dot{Q}_{prod} + \dot{Q}_{int} + \dot{Q}_{infil}) * CS + \dot{Q}_{equip} \quad (7)$$

Em que:

\dot{Q}_{frig} - Carga térmica frigorífica a instalar (kW)

TFE - Tempo efetivo de funcionamento dos evaporadores (horas)

CS - Coeficiente de segurança

2.11. PROGRAMA DE CÁLCULO DOS BALANÇOS TÉRMICOS FRIGORÍFICOS

Após a receção e análise de todos os elementos recolhidos, estes são reunidos e são transferidos para aplicação no programa que se apresenta da seguinte forma:

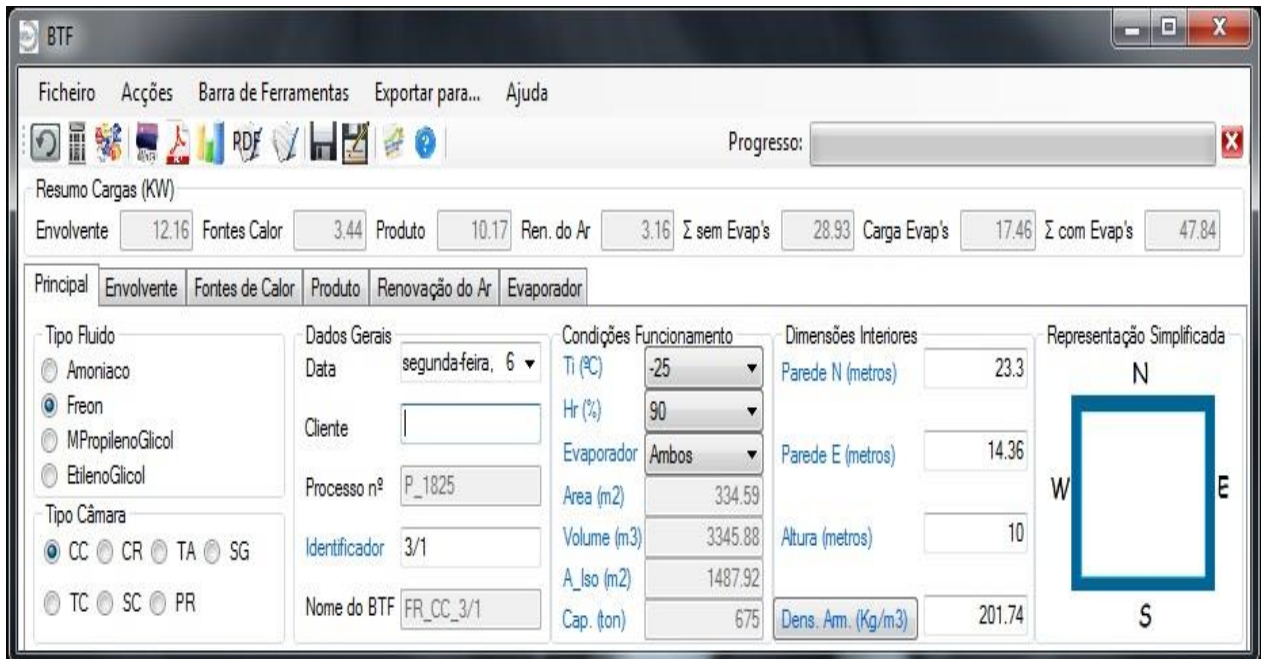


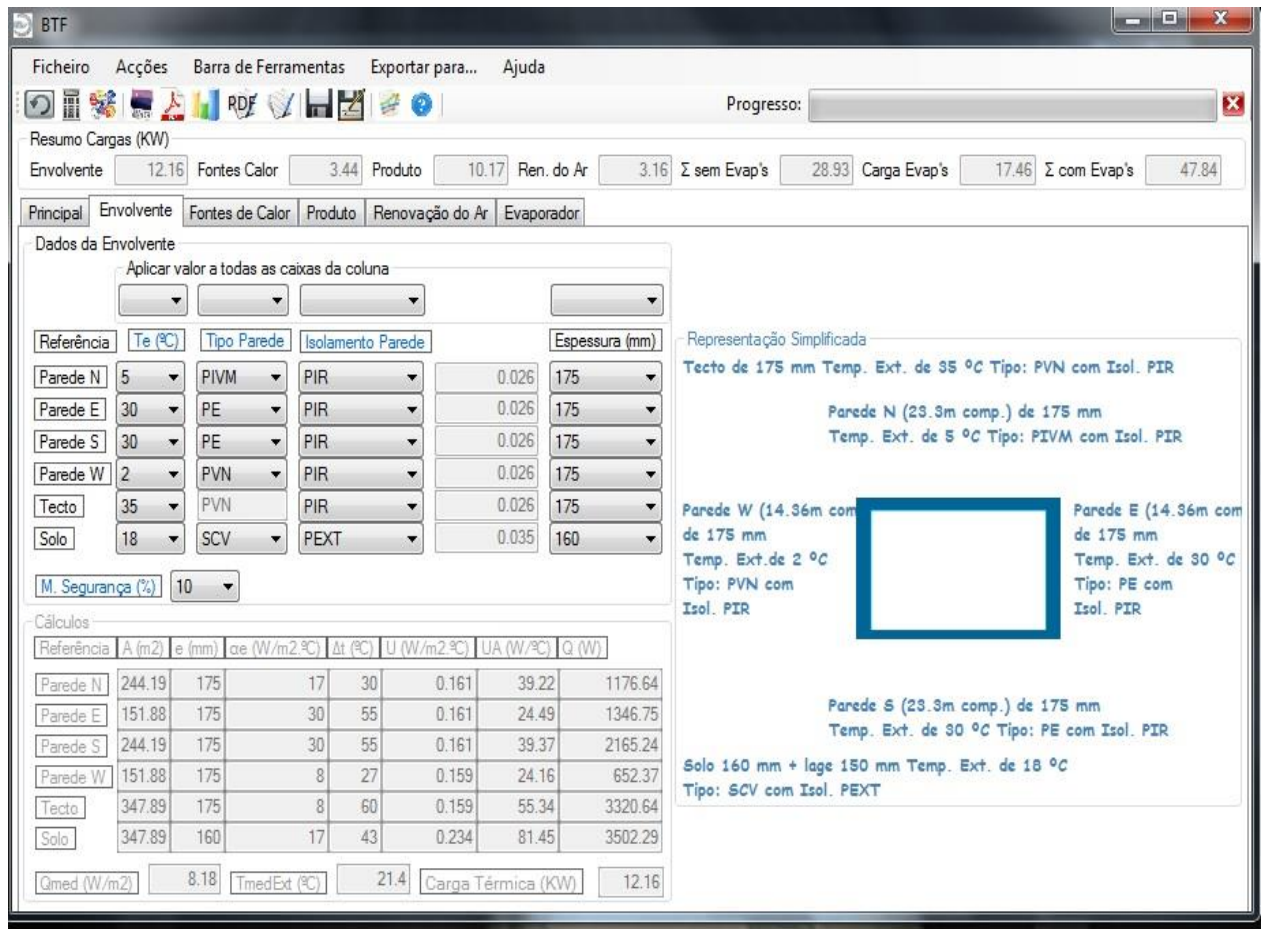
Figura 7 – Menu de dados principais. Fonte: H. Seabra

No menu, apresentado na figura 7, são inseridos os dados principais para o referenciamento da instalação, nomeadamente o tipo de fluido, tipo de câmara, dimensões interiores do espaço, identificação do cliente, condições de temperatura e humidade relativa interior do espaço frigorífico e feita a seleção do tipo de evaporador.

Com a introdução destes dados o programa calcula a área de solo e o volume interno do espaço a refrigerar, bem como a área de isolamento e a capacidade média de armazenagem do produto especificado.

Qualquer destes dados automáticos é, no entanto, passível de retificação manual.

Ao longo do preenchimento dos vários menus que constituem o cálculo do balanço térmico frigorífico, os dados introduzidos neste menu inicial serão sucessivamente reutilizados.



Resumo Cargas (KW)
 Envolvente: 12.16 Fontes de Calor: 3.44 Produto: 10.17 Ren. do Ar: 3.16 Σ sem Evap's: 28.93 Carga Evap's: 17.46 Σ com Evap's: 47.84

Dados da Envolvente

Referência	Te (°C)	Tipo Parede	Isolamento Parede	Espessura (mm)
Parede N	5	PIVM	PIR	175
Parede E	30	PE	PIR	175
Parede S	30	PE	PIR	175
Parede W	2	PVN	PIR	175
Tecto	35	PVN	PIR	175
Solo	18	SCV	PEXT	160

M. Segurança (%): 10

Cálculos

Referência	A (m ²)	e (mm)	αe (W/m ² .°C)	Δt (°C)	U (W/m ² .°C)	UA (W/°C)	Q (W)
Parede N	244.19	175	17	30	0.161	39.22	1176.64
Parede E	151.88	175	30	55	0.161	24.49	1346.75
Parede S	244.19	175	30	55	0.161	39.37	2165.24
Parede W	151.88	175	8	27	0.159	24.16	652.37
Tecto	347.89	175	8	60	0.159	55.34	3320.64
Solo	347.89	160	17	43	0.234	81.45	3502.29

Q_{med} (W/m²): 8.18 T_{medExt} (°C): 21.4 Carga Térmica (KW): 12.16

Representação Simplificada

- Tecto de 175 mm Temp. Ext. de 35 °C Tipo: PVN com Isol. PIR
- Parede N (23.3m comp.) de 175 mm Temp. Ext. de 5 °C Tipo: PIVM com Isol. PIR
- Parede W (14.36m comp. de 175 mm Temp. Ext. de 2 °C Tipo: PVN com Isol. PIR
- Parede E (14.36m comp. de 175 mm Temp. Ext. de 30 °C Tipo: PE com Isol. PIR
- Parede S (23.3m comp.) de 175 mm Temp. Ext. de 30 °C Tipo: PE com Isol. PIR
- Solo 160 mm + lage 150 mm Temp. Ext. de 18 °C Tipo: SCV com Isol. PEXT

Figura 8 – Menu da envolvente. Fonte: H. Seabra

No menu da envolvente, figura 8, são inseridas as temperaturas circundantes ao espaço frigorífico em causa, tipo de isolamento térmico, respetivas espessuras, isolamento de pavimento (se se prevê ou não) e finalmente um fator de segurança.

Mediante a inserção dos dados e através da aplicação da equação 2, é-nos apresentada a carga térmica por condução da envolvente ao espaço a refrigerar.

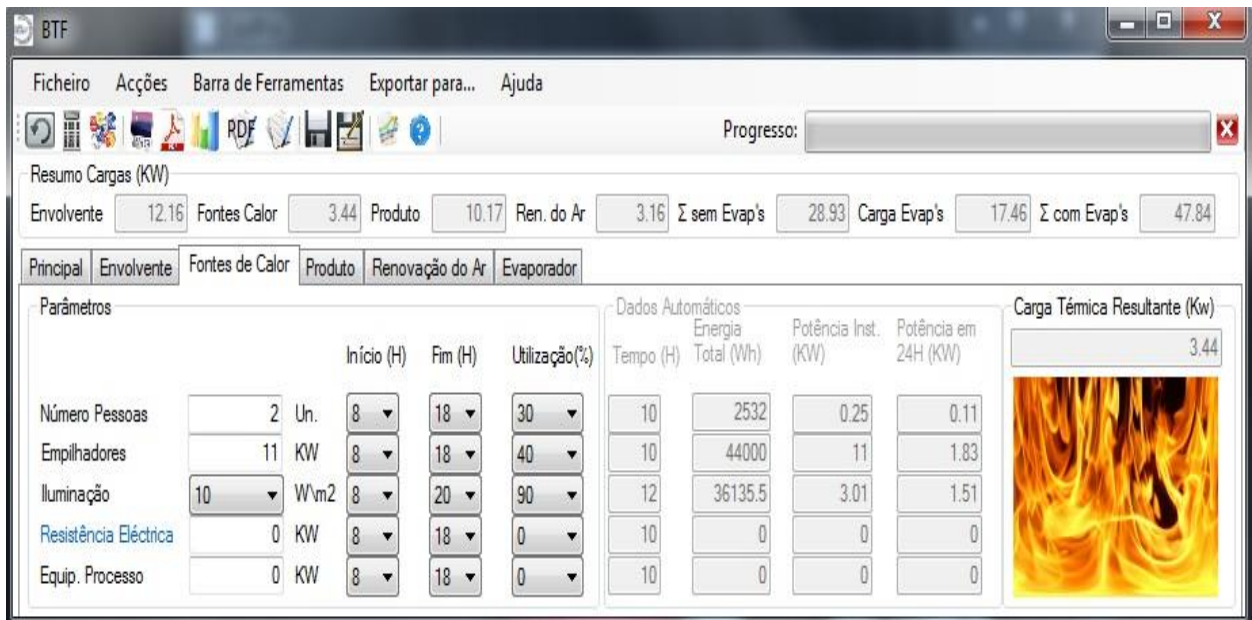
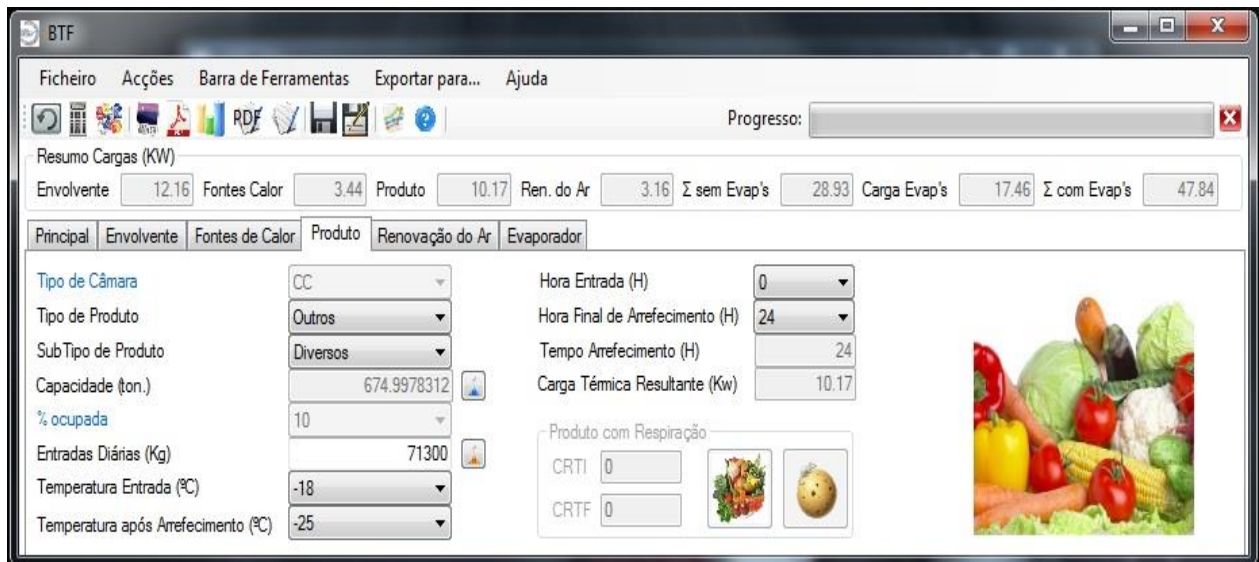


Figura 9 – Menu das fontes de calor. Fonte: H. Seabra

No menu da figura 9, são apresentadas as cargas resultantes das fontes internas de calor, as quais são muito variáveis.

Assim, é necessário admitir o número de pessoas, empilhadores (potência de cada um), iluminação, tempo de permanência e a frequência da utilização na câmara frigorífica.

Desta forma, é-nos calculada a potência dos equipamentos que produzem fontes quentes (equação 5) e que é necessária contabilizar para o cálculo da potência frigorífica total.



BTf


Ficheiro Acções Barra de Ferramentas Exportar para... Ajuda

Progresso:

Resumo Cargas (KW)

Envolvente	12.16	Fontes Calor	3.44	Produto	10.17	Ren. do Ar	3.16	Σ sem Evap's	28.93	Carga Evap's	17.46	Σ com Evap's	47.84
------------	-------	--------------	------	---------	-------	------------	------	--------------	-------	--------------	-------	--------------	-------

Principal | Envolvente | Fontes de Calor | **Produto** | Renovação do Ar | Evaporador

Tipo de Câmara	CC	Hora Entrada (H)	0
Tipo de Produto	Outros	Hora Final de Arrefecimento (H)	24
SubTipo de Produto	Diversos	Tempo Arrefecimento (H)	24
Capacidade (ton.)	674.9978312	Carga Térmica Resultante (Kw)	10.17
% ocupada	10	Produto com Respiração	
Entradas Diárias (Kg)	71300	CRTI	0
Temperatura Entrada (°C)	-18	CRTF	0
Temperatura após Arrefecimento (°C)	-25		




Figura 10 – Menu da caracterização do produto. Fonte: H. Seabra

No menu apresentado na figura 10 a caracterização do produto é muito importante. Seleciona-se o produto que irá estar dentro da câmara frigorífica, que pode ser peixe, carne ou outros, o sub-produto já é mais específico, no caso de ser carne, podemos escolher o tipo de carne.

Tenho também que indicar a capacidade de armazenagem da câmara frigorífica e quais as entradas diárias (ou percentualmente ou valor em kg).

O produto também liberta calor, pelo que tenho que indicar a que temperatura o produto entra e até que temperatura pretendemos arrefecer, bem como o tempo de arrefecimento pretendido em horas.

Com todos estes dados introduzidos é calculada a potência necessária ao arrefecimento do produto (equações 3 e 4).

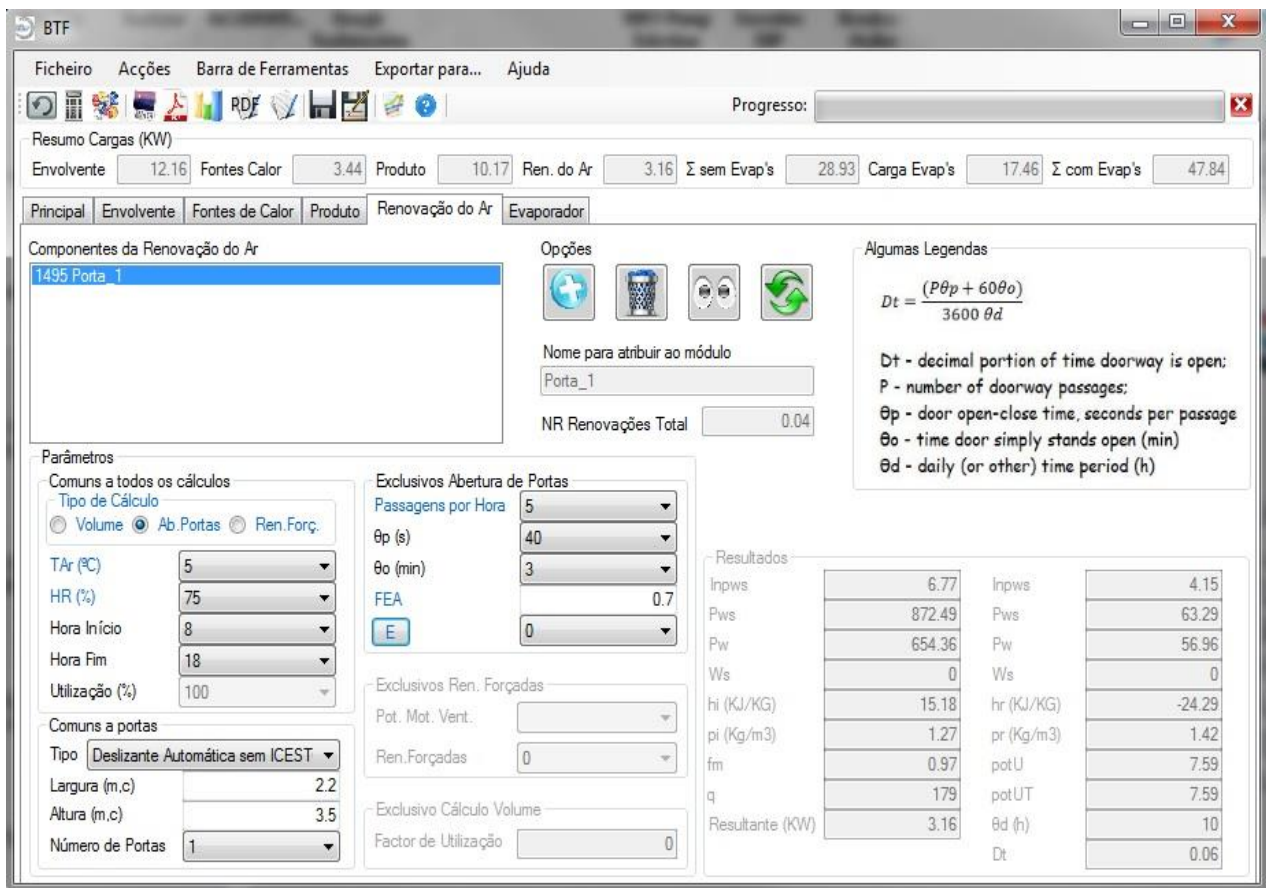
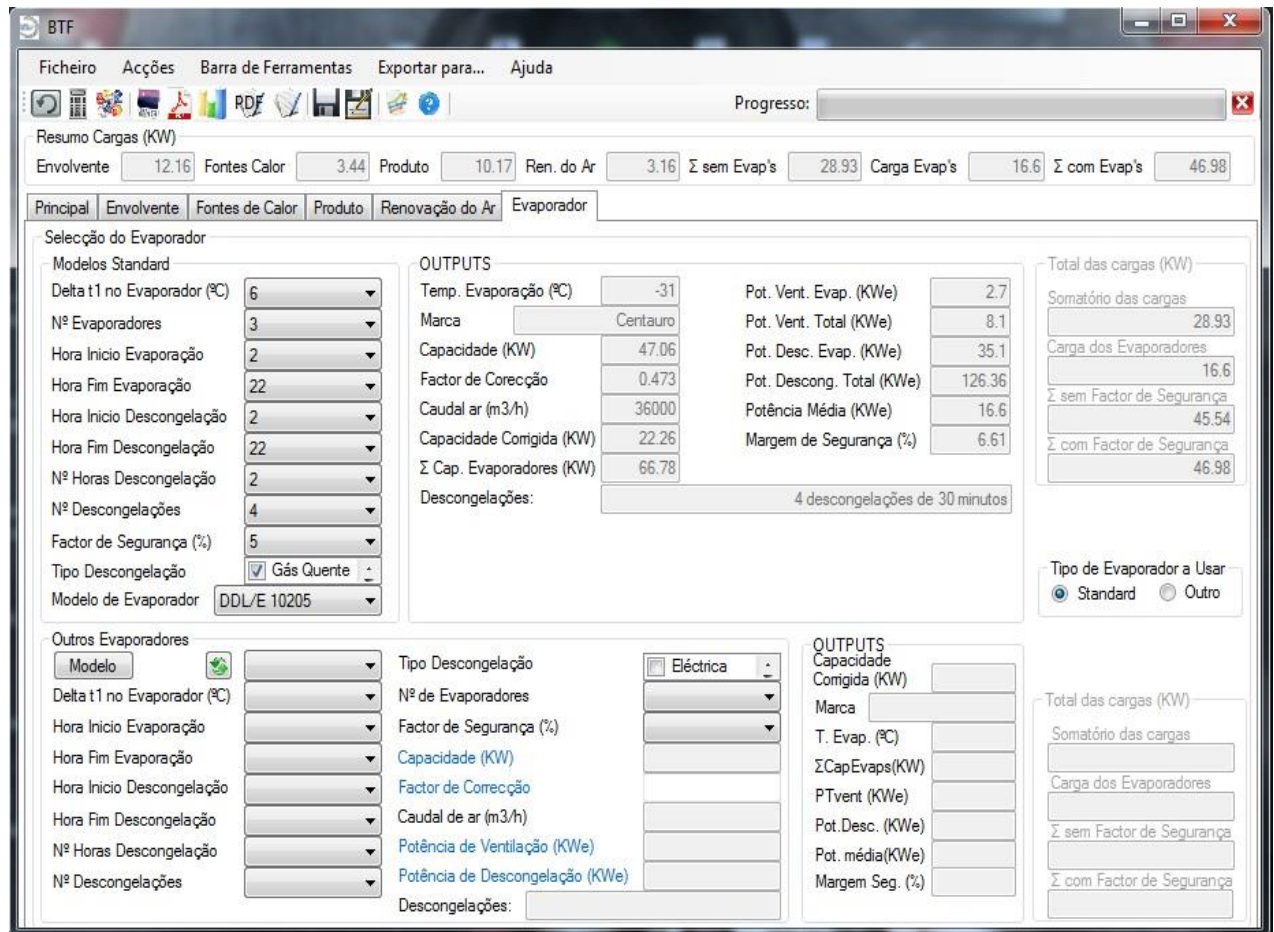


Figura 11 - Menu da renovação de ar. Fonte: H. Seabra

No menu da figura 11, é calculada a renovação de ar através das portas e onde é necessário descrever o tipo de porta, dimensões e quantidades.

Este cálculo pode ser efetuado de duas formas, ou pela introdução da temperatura do ar exterior ao espaço frigorífico e o tempo de utilização, ou então, pelo número de passagens por hora, frequência de abertura, o tempo que permanece aberta, o fator de proteção da porta e o fator de escoamento do ar de quando se abre a porta (equação 6).

Como na maior parte dos casos o cliente desconhece à partida estes dados, os mesmos são admitidos com base na experiência.



BTF

Ficheiro Acções Barra de Ferramentas Exportar para... Ajuda

Progresso:

Resumo Cargas (KW)

Envolvente 12.16 Fontes Calor 3.44 Produto 10.17 Ren. do Ar 3.16 Σ sem Evap's 28.93 Carga Evap's 16.6 Σ com Evap's 46.98

Principal Envolvente Fontes de Calor Produto Renovação do Ar **Evaporador**

Seleção do Evaporador

Modelos Standard

Delta t1 no Evaporador (°C) 6

Nº Evaporadores 3

Hora Inicio Evaporação 2

Hora Fim Evaporação 22

Hora Inicio Descongelação 2

Hora Fim Descongelação 22

Nº Horas Descongelação 2

Nº Descongelações 4

Factor de Segurança (%) 5

Tipo Descongelação Gás Quente

Modelo de Evaporador DDL/E 10205

OUTPUS

Temp. Evaporação (°C) -31

Marca Centauro

Capacidade (KW) 47.06

Factor de Correção 0.473

Caudal ar (m3/h) 36000

Capacidade Corrigida (KW) 22.26

Σ Cap. Evaporadores (KW) 66.78

Descongelações: 4 descongelações de 30 minutos

Pot. Vent. Evap. (KWe) 2.7

Pot. Vent. Total (KWe) 8.1

Pot. Desc. Evap. (KWe) 35.1

Pot. Descong. Total (KWe) 126.36

Potência Média (KWe) 16.6

Margem de Segurança (%) 6.61

Total das cargas (KW)

Somatório das cargas 28.93

Carga dos Evaporadores 16.6

Σ sem Factor de Segurança 45.54

Σ com Factor de Segurança 46.98

Tipo de Evaporador a Usar

Standard Outro

Outros Evaporadores

Modelo

Delta t1 no Evaporador (°C)

Hora Inicio Evaporação

Hora Fim Evaporação

Hora Inicio Descongelação

Hora Fim Descongelação

Nº Horas Descongelação

Nº Descongelações

Tipo Descongelação

Nº de Evaporadores

Factor de Segurança (%)

Capacidade (KW)

Factor de Correção

Caudal de ar (m3/h)

Potência de Ventilação (KWe)

Potência de Descongelação (KWe)

Descongelações:

OUTPUS

Capacidade Corrigida (KW)

Marca

T. Evap. (°C)

Σ CapEvaps(KW)

PTvent (KWe)

Pot. Desc. (KWe)

Pot. média(KWe)

Margem Seg. (%)

Total das cargas (KW)

Somatório das cargas

Carga dos Evaporadores

Σ sem Factor de Segurança

Σ com Factor de Segurança

Figura 12 – Menu de seleção evaporadores. Fonte: H. Seabra

Na figura 12, com quase todo o balanço térmico frigorífico calculado, procede-se então à seleção dos evaporadores, a partir da base de dados do fornecedor “Centauro” inserida no programa, em que se escolhe a quantidade, o ΔT (diferença entre a temperatura do ar à entrada do evaporador e a temperatura de evaporação), o tempo de funcionamento “teórico” em 24 horas, definindo-se o método de descongelação a utilizar (por resistências elétricas, por gás quente ou por ventilação).

Para prevenir eventuais pequenas imprecisões no processo de inserção de dados, é sempre possível utilizar um fator de segurança a aplicar aos mesmos.

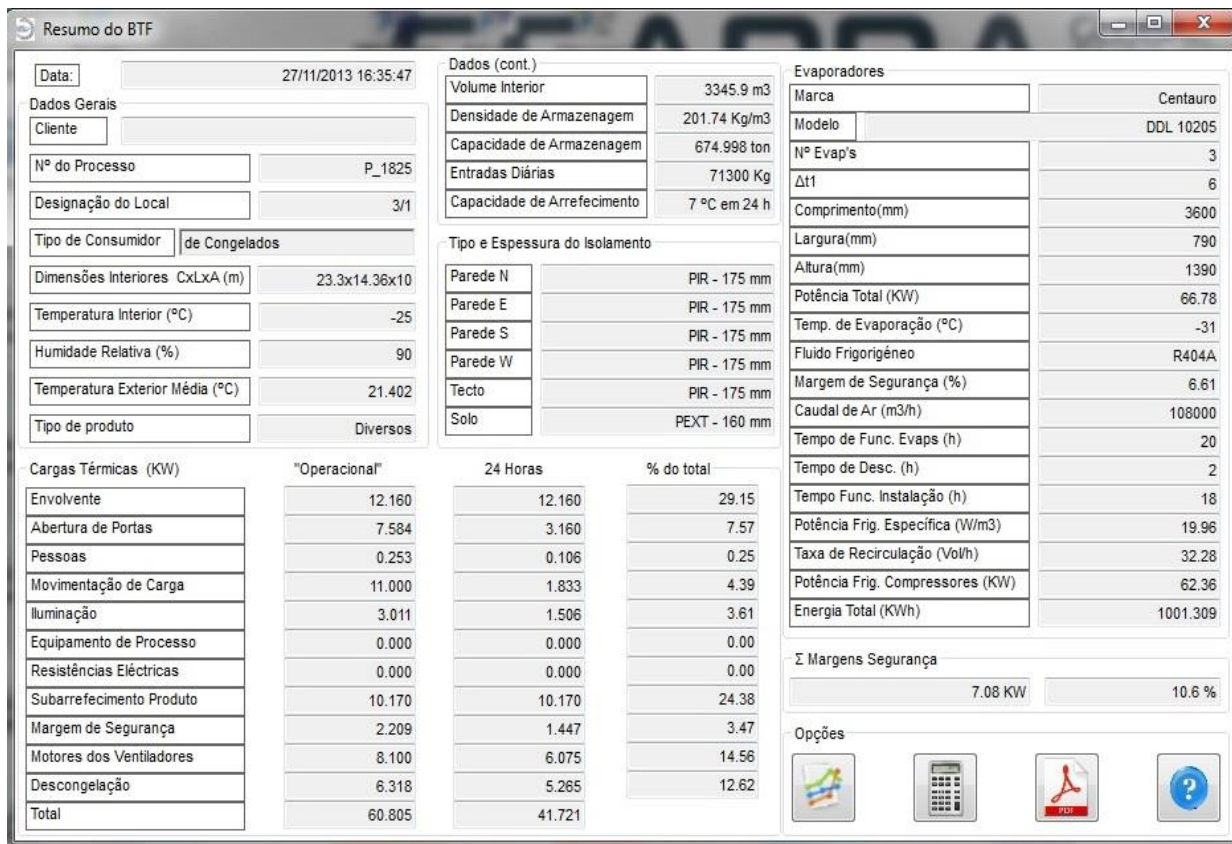


Figura 13 – Menu do resumo do BTF. Fonte: H. Seabra

Na área de “outputs” vão então ser apresentados as características do evaporador selecionado, nomeadamente a capacidade frigorífica nominal do evaporador, o fator de correção, o caudal de ar, a capacidade frigorífica corrigida e outros dados do evaporador. Caso seja necessário, será possível preencher neste menu os dados de evaporadores de outros fabricantes que não a Centauro.

Na figura 13, é apresentado o resumo do balanço frigorífico de uma câmara de congelados (equação 7). Estes procedimentos são feitos para todos os espaços a refrigerar e depois faço um resumo das potências a instalar.

Após efetuar estes procedimentos para todos os espaços frigoríficos, faz-se um resumo para os circuitos frigoríficos em causa, em função dos patamares de temperatura existentes. No caso presente são três circuitos: o circuito de climatizados, o de congelados e o de refrigerados, cujo Mapa de Potências apresento na tabela 1.

	<i>Desig. do local</i>	<i>Dimensões interiores (m)</i> (C x L x A)			<i>Área (m²)</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Temp. int. (°C)</i>	<i>Pot. Frig (kW)</i>
Circuito de climatizados	Cais de receção/expedição	30.19	21.82	6	659	3952	+7	138
	Cais de receção/expedição	41.41	11.90	6	493	2957	+7	103
Circuito de congelados	Congelados (CC6)	29.02	19.03	10	552	5523	-25	90
	Polivalente (CC7)	23.30	15.29	10	356	3563	-25/+5	70
	Polivalente (CR4)	23.30	14.36	10	335	3346	-25/+5	75
Circuito de refrigerados	Antecâmara de congelados (AC)	5.55	29.90	5	166	830	0	25

Tabela 1 - Resumo das potências frigoríficas

Com o apuramento das necessidades frigoríficas desde Entrepasto, serão apresentadas duas soluções frigoríficas, uma através da expansão direta de R404A em todos os circuitos frigoríficos e outra utilizando a água glicolada, com monopropileno glicol de qualidade alimentar, apenas no circuito de climatizados.

A comparação destas duas versões, tabela 2, permite mostrar que a solução a água glicolada, para além das suas vantagens em termos de facilidade de instalação e de manutenção, permite aproveitar o espaço que ainda se dispõe de casa de máquinas. Esta solução, em comparação com a de expansão direta, tem um extra custo na empreitada de frio industrial, mas a diferença compensa, se analisarmos o que o cliente teria que gastar nas empreitadas de construção civil e estruturas metálicas na versão de expansão direta (com investimento na empreitada de frio industrial menor, mas custos indiretos superiores).

Para melhor análise do cliente apresento um mapa comparativo das duas soluções frigoríficas, conforme segue:

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	<p>Dispensa casa de máquinas frigorífica – não é necessário pois estes equipamentos “chillers” são colocados à intempérie.</p> <p>Carga de freon reduzida e concentrada no chiller – a carga de freon está concentrada nestes equipamentos, não havendo freon a circular pelas extensões das tubagens até aos frigodifusores. Estes são alimentados por uma solução de água + % propilenoglicol.</p> <p>Fugas de água facilmente detetáveis – detetáveis pelo simples existências de “pingadeira” nos locais das eventuais fugas.</p>	<p>Investimento inicial ligeiramente superior – mais caro devido ao tipo de material que é utilizado, nomeadamente as tubagens.</p> <p>Rendimento energético ligeiramente inferior – devido à existência de um fluido primário que vai arrefecer o secundário.</p>
TIPO DE SOLUÇÃO	<p>Água glicolada (*)</p> <p>Facilidade de instalação/manutenção e operação – facilidade de instalação tendo em atenção que a união das tubagens e acessórios é efetuada por simples colagem (sem ser necessário recorrer a soldadores especializados). Boa parte dos equipamentos são fáceis de manter, não sendo preciso técnicos especializados.</p> <p>Facilidade de ampliação das instalações – é mais fácil ampliar pelo fato de estarmos a trabalhar com água, pois podem-se colocar recirculadores e o que se perde na operação de seccionamento é apenas alguma da mistura. Já nas instalações a freon a operação é mais dispendiosa e requer outros procedimentos.</p> <p>Menor impacto ambiental – menor impacto devido a ser água, contrariamente ao fluido R404A que é um gás com um elevado GWP.</p> <p>Sistemas compactos de refrigeração – compactos no</p>	

	<p>sentido de os compressores, condensador a ar, depósito e restantes controlos, se encontrarem montados dentro de uma única estrutura carroçada.</p>
<p>Expansão direta de R404A</p>	<p>Investimento inicial mais reduzido – é mais reduzido principalmente nas máquinas – uma vez que os tubagens que são de cobre e no equipamentos que constituem a isolamento, na água a tubagem é do tipo G+F e é só unir a tubagem que já tem isolamento de base, e é mais cara.</p>
	<p>Fugas de fluido refrigerante que obrigam a intervenção de técnicos frigoristas – apenas técnicos especializados podem intervir em instalações a freon, a água qualquer pessoa o pode fazer.</p>
	<p>Carga de freon superior e distribuída pela instalação – carga de fluido em toda a instalação e superior á que é utilizada em água glicolada.</p>
	<p>Maior tempo de montagem – o tempo de montagem é superior devido á especificidade da instalação de expansão direta.</p>
	<p>Maior custo em caso de fuga de refrigerante – dado que o freon é inodoro e invisível há maior risco de haver fugas não detetadas por maior período de tempo. Como o freon é mais caro que a solução de água glicolada, o custo de perda de refrigerante em qualquer fuga é maior.</p>

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens das soluções a apresentar

(*) - Economicamente, mesmo que o investimento inicial seja ligeiramente superior nos equipamentos, o risco operacional é muito inferior, bem como os tempos de montagem.

Pela análise dos lay-outs apresentados em anexo, é fácil entender o posicionamento dos equipamentos e o espaço que ocupam.

No anexo 2, representa-se a atual casa de máquinas e os novos equipamentos agora considerados para a ampliação das instalações frigoríficas designada a cor vermelha, tais como: centrais de compressores para os circuitos de congelados e climatizados, unidade condensadora/evaporador para refrigerados e quadro elétrico, os condensadores a ar serão colocados no exterior. Com esta exposição, pretendo mostrar ao cliente que o espaço disponível não tem capacidade para receber os novos equipamentos, pelo que terá que ser aumentada a casa de máquinas e a estrutura no exterior para os condensadores.

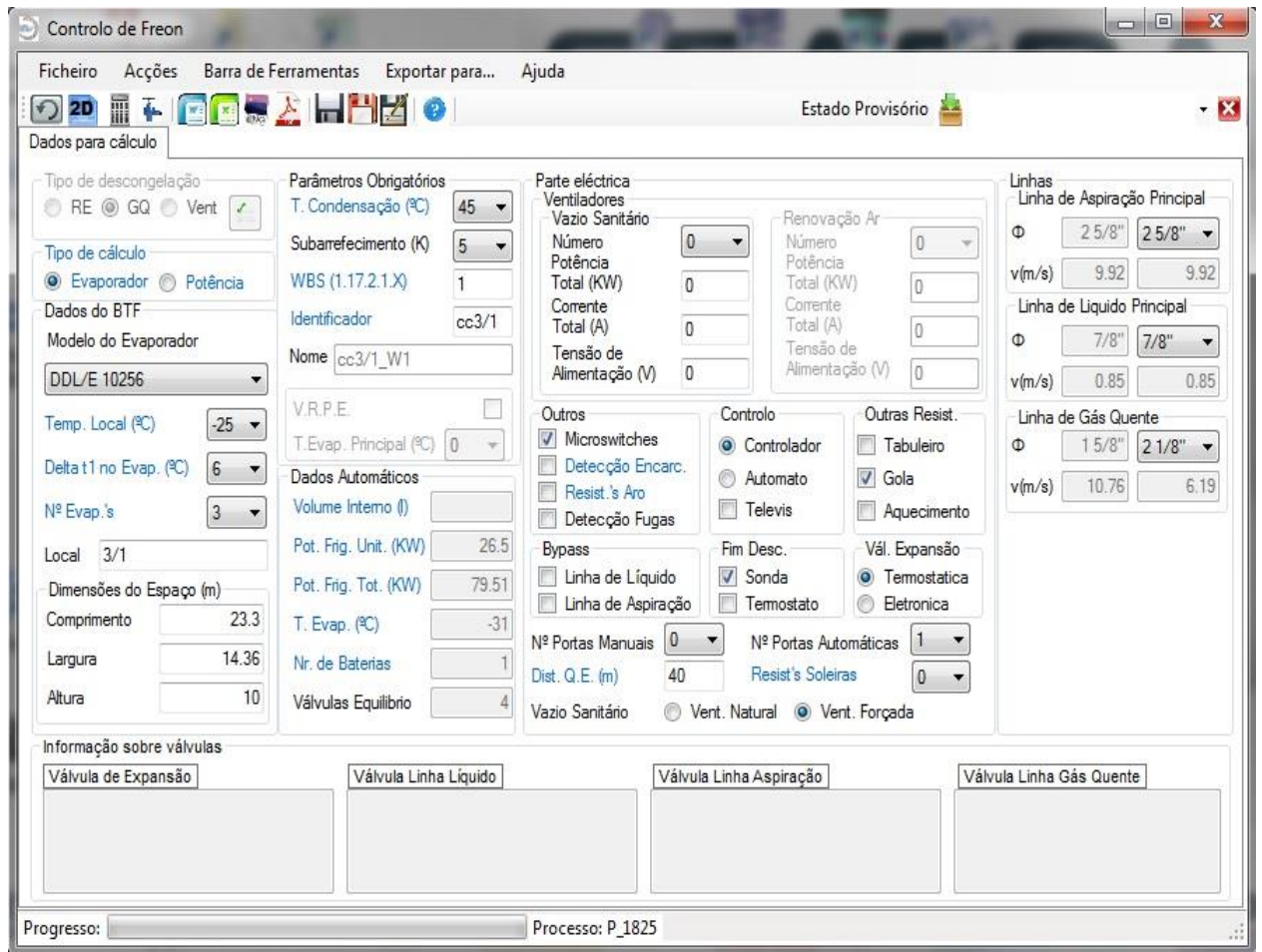
Com esta solução, a expansão direta do fluido frigorífero R404A em toda a instalação, o cliente terá que construir uma nova placa, o que implica um investimento suplementar nas especialidades de construção civil e estruturas.

No anexo 3, é notória a diferença relativamente ao posicionamento dos equipamentos na atual casa de máquinas. É possível aproveitar o pouco espaço existente, pois com a solução a água glicolada os equipamentos podem ser colocados no exterior, à intempérie, os equipamentos a expansão direta de R404A para o circuito de congelados e antecâmara podem ficar dentro da atual casa de máquinas.

Dos dois anexos apresentados 2 e 3, conclui-se que a solução a água glicolada é economicamente mais vantajosa para o cliente, refletindo um menor investimento inicial no conjunto das especialidades envolvidas.

Depois de calculados os balanços térmicos frigoríficos, é possível calcular e dimensionar os equipamentos de controlo inerentes a cada espaço, bem como as respetivas redes de tubagem, quer na solução de expansão direta quer na solução de água glicolada.

No final do balanço térmico é obtida a potência frigorífica requerida para o espaço em questão, passando-se então à fase do dimensionamento dos equipamentos e orçamentação da instalação. O programa permite que se possam utilizar os dados do balanço térmico frigorífico calculado, para o preenchimento de uma boa parte dos dados apresentados na figura 14 que abaixo se apresenta.



The screenshot shows the 'Controlo de Freon' software interface with the following sections and data:

- Dados para cálculo:**
 - Tipo de descongelação: RE (selected), GQ, Vent.
 - Tipo de cálculo: Evaporador (selected), Potência.
 - Dados do BTF: Modelo do Evaporador: DDL/E 10256.
 - Temp. Local (°C): -25.
 - Delta t1 no Evap. (°C): 6.
 - Nº Evap.'s: 3.
 - Local: 3/1.
 - Dimensões do Espaço (m): Comprimento: 23.3, Largura: 14.36, Altura: 10.
- Parâmetros Obrigatórios:**
 - T. Condensação (°C): 45.
 - Subarrefecimento (K): 5.
 - WBS (1.17.2.1.X): 1.
 - Identificador: cc3/1.
 - Nome: cc3/1_W1.
 - V.R.P.E.:
 - T. Evap. Principal (°C): 0.
 - Dados Automáticos:
 - VOLUME Interno (l):
 - Pot. Frig. Unit. (KW): 26.5.
 - Pot. Frig. Tot. (KW): 79.51.
 - T. Evap. (°C): -31.
 - Nr. de Baterias: 1.
 - Válvulas Equilíbrio: 4.
- Parte eléctrica:**
 - Ventiladores Vazio Sanitário:
 - Número: 0.
 - Potência Total (KW): 0.
 - Corrente Total (A): 0.
 - Tensão de Alimentação (V): 0.
 - Renovação Ar:
 - Número: 0.
 - Potência Total (KW): 0.
 - Corrente Total (A): 0.
 - Tensão de Alimentação (V): 0.
- Outros:**
 - Microswitches
 - Detecção Encarc.
 - Resist.'s Aro
 - Detecção Fugas
 - Bypass:
 - Linha de Líquido
 - Linha de Aspiração
 - Nº Portas Manuais: 0.
 - Dist. Q.E. (m): 40.
 - Vazio Sanitário: Vent. Natural, Vent. Forçada.
- Controlo:**
 - Controlador
 - Automato
 - Televis
 - Fim Desc.: Sonda, Termostato.
- Outras Resist.:**
 - Tabuleiro
 - Gola
 - Aquecimento
- Vál. Expansão:**
 - Termostatica
 - Elettronica
- Nº Portas Automáticas:** 1.
- Resist.'s Soleiras:** 0.

- Linhas:**
- Linha de Aspiração Principal:
 - Φ: 2 5/8" (selected), 2 5/8"
 - v(m/s): 9.92 (selected), 9.92
- Linha de Líquido Principal:
 - Φ: 7/8" (selected), 7/8"
 - v(m/s): 0.85 (selected), 0.85
- Linha de Gás Quente:
 - Φ: 1 5/8" (selected), 2 1/8"
 - v(m/s): 10.76 (selected), 6.19
- Informação sobre válvulas:**
- Válvula de Expansão
- Válvula Linha Líquido
- Válvula Linha Aspiração
- Válvula Linha Gás Quente
- Progresso:** Processo: P_1825

Figura 14 – Menu de cálculo dos equipamentos de controlo associados aos evaporadores de expansão direta a R404A. Fonte: H. Seabra

Na figura 14, o menu apresenta os critérios para o dimensionamento dos equipamentos de controlo dos evaporadores, tais como: válvulas de seccionamento, válvulas elétricas, filtros secadores, reduções, sifões, etc, bem como o resultado dessa seleção.

Os dados que não são preenchidos pelo balanço térmico frigorífico são a temperatura de condensação e o subarrefecimento à saída do condensador/entrada do evaporador. Este subarrefecimento evita que vá uma grande percentagem de gás para a válvula de expansão e permite o aumento do efeito frigorífico. Estes valores são sempre inseridos manualmente.

Os dados que são pedidos na parte elétrica ainda se encontram em fase de teste, pelo que temos que os preencher, mas por enquanto não servem para orçamentação.

Esses dados da parte elétrica complementares, são: interruptores de fim de curso (microswitches), deteção de encarceramento, resistências de aro, deteção de fugas, tipo de resistências e sua aplicação.

Nas válvulas de expansão, define-se se estas são termostáticas ou eletrónicas (para efeitos da quantificação e dimensionamento dos eventuais cabos elétricos de alimentação).

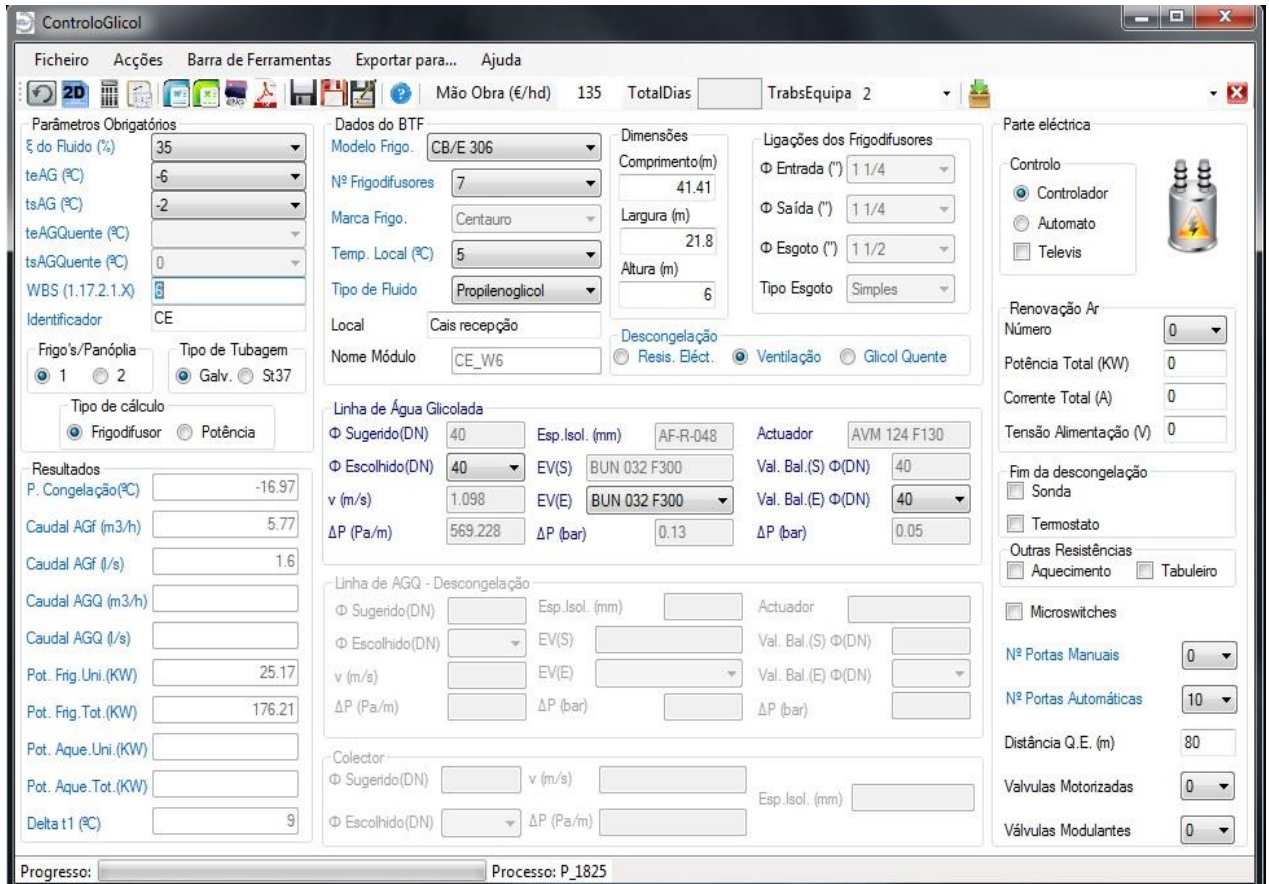
Deve-se indicar também o número de portas com abertura manual ou automáticas, distância ao quadro elétrico, existência ou não de resistências de soleira e quantidade, indicar o número de resistências de soleira e descrever no vazio sanitário como é feita a ventilação.

Depois de todos os dados introduzidos clica-se no botão calcular e é-nos dado/calculado os diâmetros das tubagens, quer do líquido, aspiração e gás quente se a descongelação dos evaporadores for esta.

De seguida aceita-se ou não os valores apresentados, tendo em atenção os valores comumente considerados como aceitáveis em termos de relação perda de carga / velocidade e que são $v_{m\acute{a}x.l\acute{i}quido} \leq 1$ m/s, $v_{m\acute{a}x.aspir\acute{a}\tilde{c}\tilde{a}\tilde{o}} \leq 12$ m/s e $v_{m\acute{a}x.g\acute{a}s\ quente} \leq 14$ m/s.

O dimensionamento das tubagens é feito tendo em vista a menor perda de carga admissível, face às velocidades recomendadas para o fluído e a linha em causa.

Para ser mais facilmente perceptível, os valores são apresentados em velocidades, aferindo-se assim o seu correto dimensionamento.



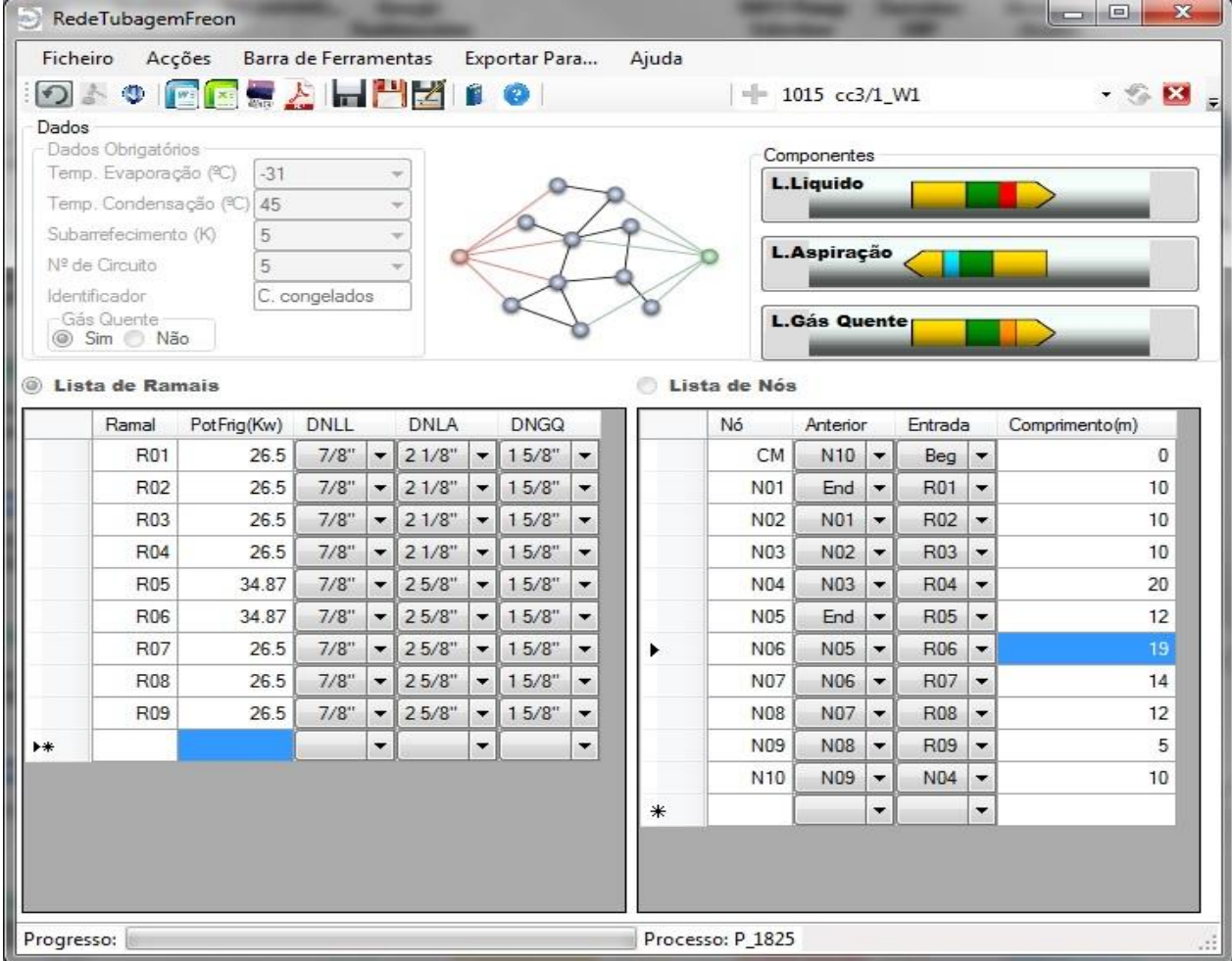
The screenshot shows the 'ControloGlicol' software interface with the following sections and data:

- Parâmetros Obrigatórios:**
 - ξ do Fluido (%): 35
 - teAG (°C): -6
 - tsAG (°C): -2
 - teAGQuente (°C):
 - tsAGQuente (°C): 0
 - WBS (1.17.2.1.X): 5
 - Identificador: CE
- Dados do BTF:**
 - Modelo Frigo: CB/E 306
 - Nº Frigodifusores: 7
 - Marca Frigo: Centauro
 - Temp. Local (°C): 5
 - Tipo de Fluido: Propilenoglicol
 - Local: Cais recepção
 - Nome Módulo: CE_W6
- Dimensões:**
 - Comprimento(m): 41.41
 - Largura (m): 21.8
 - Altura (m): 6
- Ligações dos Frigodifusores:**
 - Φ Entrada ("): 1 1/4
 - Φ Saída ("): 1 1/4
 - Φ Esgoto ("): 1 1/2
 - Tipo Esgoto: Simples
- Parte eléctrica:**
 - Controlo: Controlador, Automato, Televis
 - Renovação Ar: Número 0
 - Potência Total (KW): 0
 - Corrente Total (A): 0
 - Tensão Alimentação (V): 0
 - Fim da descongelação: Sonda, Termostato
 - Outras Resistências: Aquecimento, Tabuleiro
 - Microswitches
 - Nº Portas Manuais: 0
 - Nº Portas Automáticas: 10
 - Distância Q.E. (m): 80
 - Valvulas Motorizadas: 0
 - Valvulas Modulantes: 0
- Descongelação:**
 - Resis. Eléct., Ventilação, Glicol Quente
- Linha de Água Glicolada:**
 - Φ Sugerido(DN): 40, Esp. Isol. (mm): AF-R-048, Actuador: AVM 124 F130
 - Φ Escolhido(DN): 40, EV(S): BUN 032 F300, Val. Bal. (S) Φ(DN): 40
 - v (m/s): 1.098, EV(E): BUN 032 F300, Val. Bal. (E) Φ(DN): 40
 - ΔP (Pa/m): 569.228, ΔP (bar): 0.13, ΔP (bar): 0.05
- Linha de AGQ - Descongelação:**
 - Φ Sugerido(DN):, Esp. Isol. (mm):, Actuador:
 - Φ Escolhido(DN):, EV(S):, Val. Bal. (S) Φ(DN):
 - v (m/s):, EV(E):, Val. Bal. (E) Φ(DN):
 - ΔP (Pa/m):, ΔP (bar):, ΔP (bar):
- Colector:**
 - Φ Sugerido(DN):, v (m/s):, Esp. Isol. (mm):
 - Φ Escolhido(DN):, ΔP (Pa/m):
- Resultados:**
 - P. Congelação(°C): -16.97
 - Caudal AGf (m3/h): 5.77
 - Caudal AGf (l/s): 1.6
 - Caudal AGQ (m3/h):
 - Caudal AGQ (l/s):
 - Pot. Frig. Uni. (KW): 25.17
 - Pot. Frig. Tot. (KW): 176.21
 - Pot. Aque. Uni. (KW):
 - Pot. Aque. Tot. (KW):
 - Delta t1 (°C): 9
- Progresso:** Processo: P_1825

Figura 15 – Menu de cálculo dos equipamentos de controlo associados aos frigodifusores de glicol.
Fonte: H. Seabra

A figura 15, apresenta a quantificação e dimensionamento dos equipamentos de controlo para os frigodifusores do circuito a água glicolada. Este dimensionamento, à semelhança do que foi descrito anteriormente para os equipamentos de controlo de expansão direta a R404A, e é efetuado através dos dados da instalação inicial.

A principal diferença é que temos que introduzir a percentagem de glicol a colocar na mistura, as temperaturas de entrada e saída da água glicolada, o tipo de tubagem e as válvulas que queremos nos frigodifusores. A constituição destas válvulas tem a ver se cada conjunto serve apenas um, ou mais do que um frigodifusor. Esta opção é feita pelo utilizador



Dados Obrigatórios

Temp. Evaporação (°C) -31

Temp. Condensação (°C) 45

Subarrefecimento (K) 5

N.º de Circuito 5

Identificador C. congelados

Gás Quente Sim Não

Lista de Ramais

Ramal	PotFrig(Kw)	DNLL	DNLA	DNGQ
R01	26.5	7/8"	2 1/8"	1 5/8"
R02	26.5	7/8"	2 1/8"	1 5/8"
R03	26.5	7/8"	2 1/8"	1 5/8"
R04	26.5	7/8"	2 1/8"	1 5/8"
R05	34.87	7/8"	2 5/8"	1 5/8"
R06	34.87	7/8"	2 5/8"	1 5/8"
R07	26.5	7/8"	2 5/8"	1 5/8"
R08	26.5	7/8"	2 5/8"	1 5/8"
R09	26.5	7/8"	2 5/8"	1 5/8"

Lista de Nós

Nó	Anterior	Entrada	Comprimento(m)
CM	N10	Beg	0
N01	End	R01	10
N02	N01	R02	10
N03	N02	R03	10
N04	N03	R04	20
N05	End	R05	12
N06	N05	R06	19
N07	N06	R07	14
N08	N07	R08	12
N09	N08	R09	5
N10	N09	N04	10

Progresso: Processo: P_1825

Figura 16 – Menu da rede de tubagem de expansão direta a R404A. Fonte: H. Seabra

Para a rede de tubagem de freon, menu apresentado na figura 16, temos que preencher os campos de temperatura de evaporação, temperatura de condensação, “hipotético” subarrefecimento de líquido, identificar o circuito e definir o método de descongelação considerado para o(s) evaporador(es).

Para começar a construir a rede de tubagem, faz-se um desenho em planta onde implanto todos os evaporadores de um dado circuito e faço a sua interligação até à casa de máquinas. Depois de definido o traçado de tubagem, volto ao programa e vou buscar os equipamentos de controlo que calculei em cada espaço e adiciono-os um a um ao circuito em causa, até ter a rede definida anteriormente no papel, agora no programa de cálculo. Após isto, passo para os nós, ou seja, descrever de como são interligados os vários troços até à nossa casa de máquinas.

Nesta fase, e para concluir, é necessário introduzir o comprimento dos diversos troços feitos em planta entre os vários evaporadores até à casa de máquinas, valida-se tudo o que se faz e se estiver tudo bem inserido, posso passar então ao dimensionamento obtido pelos dados introduzidos, quer para as linhas de líquido, aspiração e gás quente. Aqui à semelhança do que resulta nos controlos, temos que analisar as velocidades obtidas.

LinhaLiquidoRedeTubagem

Ficheiro Acções Barra de Ferramentas Exportar para... Ajuda

Rede Acessórios Tudo

Características da Rede

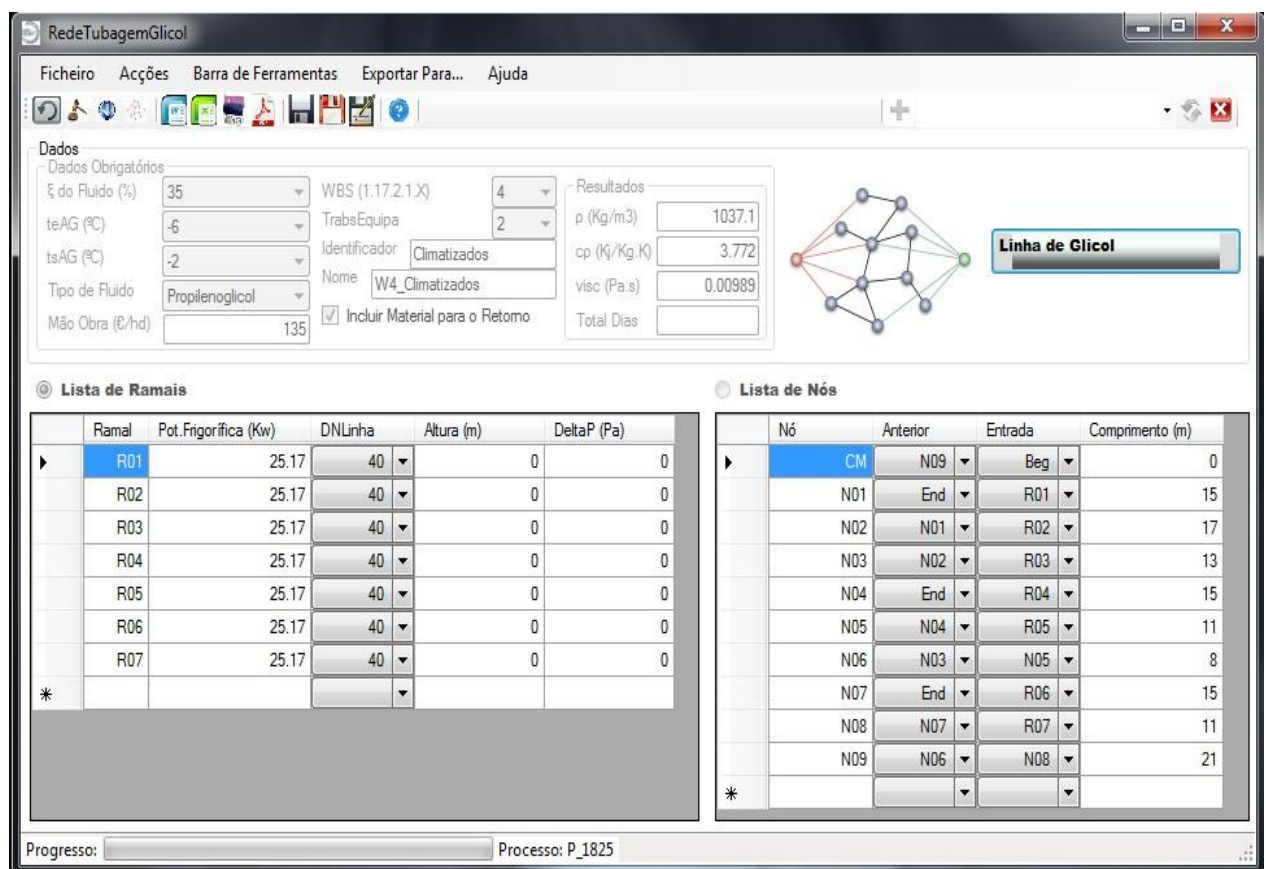
Nó	Pot.Frig. (Kw)	Coef.Simul. (%)	Pot.Real (Kw)	DNColector	Velocidade (m/s)	Nr. Curvas
CM	255.24	100	255.24	2 5/8"	0.86	0
N01	26.5	100	26.5	7/8"	0.85	2
N02	53	100	53	1 3/8"	0.68	2
N03	79.5	100	79.5	1 5/8"	0.71	2
N04	106	100	106	1 5/8"	0.95	3
N05	34.87	100	34.87	1 1/8"	0.68	3
N06	69.74	100	69.74	1 3/8"	0.89	2
N07	96.24	100	96.24	2 1/8"	0.5	1
N08	122.74	100	122.74	2 5/8"	0.41	1
N09	149.24	100	149.24	2 5/8"	0.5	1
N10	255.24	100	255.24	2 5/8"	0.86	3

Diâmetros, Reduções E T's

Nó	DNEntrada	DNAnterior	DNSaída	R1(saída->entrada)	R2(saída->entrada)	R1(saída->anterior)	R2(saída->anterior)	Tsaída
CM	0"	2 5/8"	2 5/8"					
N01	7/8"	0"	7/8"					
N02	7/8"	7/8"	1 3/8"	1 3/8" x 7/8"		1 3/8" x 7/8"		1 3/8"
N03	7/8"	1 3/8"	1 5/8"	1 5/8" x 1 3/8"		1 5/8" x 7/8"		1 5/8"
N04	7/8"	1 5/8"	1 5/8"			1 5/8" x 7/8"		1 5/8"
N05	7/8"	0"	1 1/8"			1 1/8" x 7/8"		
N06	7/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 3/8" x 1 1/8"		1 3/8" x 7/8"		1 3/8"
N07	7/8"	1 3/8"	2 1/8"	2 1/8" x 1 3/8"		1 5/8" x 7/8"	2 1/8" x 1 5/8"	2 1/8"
N08	7/8"	2 1/8"	2 5/8"	2 5/8" x 2 1/8"		1 5/8" x 7/8"	2 5/8" x 1 5/8"	2 5/8"
N09	7/8"	2 5/8"	2 5/8"			1 5/8" x 7/8"	2 5/8" x 1 5/8"	2 5/8"
N10	1 5/8"	2 5/8"	2 5/8"			2 5/8" x 1 5/8"		2 5/8"

Figura 17 – Menu do dimensionamento dos diâmetros da tubagem de expansão direta a R404A.
Fonte: H. Seabra

Anteriormente, na figura 17, são apresentados os diâmetros calculados, tendo em atenção os dados anteriormente inseridos. Aqui irei, dentro dos limites de velocidade aconselhados, aceitar os valores indicados ou escolher outros. Tenho que indicar o número de curvas e restantes acessórios (tês, reduções, etc.), em cada troço de tubagem, de acordo com o traçado que defini em planta. Esta operação é feita para a linha de líquido, linha de aspiração e linha de gás quente. Deste quadro resulta o cálculo da tubagem de um circuito.



Dados Obrigatórios

ξ do Fluido (%) 35 WBS (1.17.2.1.X) 4
 teAG (°C) -6 TrabsEquipa 2
 tsAG (°C) -2 Identificador Climatizados
 Tipo de Fluido Propilenoglicol Nome W4_Climatizados
 Mão Obra (€/hd) 135 Incluir Material para o Retomo

Resultados

ρ (Kg/m³) 1037.1
 cp (Kj/Kg.K) 3.772
 visc (Pa.s) 0.00989
 Total Dias

Lista de Ramais

Ramal	Pot.Frigorífica (Kw)	DNLinha	Altura (m)	DeltaP (Pa)
R01	25.17	40	0	0
R02	25.17	40	0	0
R03	25.17	40	0	0
R04	25.17	40	0	0
R05	25.17	40	0	0
R06	25.17	40	0	0
R07	25.17	40	0	0
*				

Lista de Nós

Nó	Anterior	Entrada	Comprimento (m)
CM	N09	Beg	0
N01	End	R01	15
N02	N01	R02	17
N03	N02	R03	13
N04	End	R04	15
N05	N04	R05	11
N06	N03	N05	8
N07	End	R06	15
N08	N07	R07	11
N09	N06	N08	21
*			

Progresso: Processo: P_1825

Figura 18 - Rede de tubagem água glicolada

A rede de tubagem para o circuito de água glicolada, apresentada na figura 18, é calculada e os procedimentos a seguir são exatamente os mesmos que foram executados para a rede de expansão direta de R404A. Neste caso, tenho que indicar a percentagem de glicol a misturar na água (função da temperatura pretendida para a mistura e da temperatura de evaporação requerida), e as temperaturas de entrada e de saída da água glicolada (ida e retorno).

Características da Rede													
Nó	Pot.Frig. (Kw)	Coef.Simul. (%)	Pot.Real (Kw)	ØColector	Caudal (m3/h)	Si (m2)	Velocidade (m/s)	DeltaP (kPa/m)	Comprimento (m)	DeltaPTot. (kPa)	Nr. Curvas	Nr. Pontos Altos	
CM	176.19	100	176.19	160	40.35	0.0151747	0.74	0.06	21	1.28	0	0	
N01	25.17	100	25.17	63	5.76	0.0024105	0.66	0.17	15	7.01	2	0	
N02	50.34	100	50.34	90	11.53	0.0049265	0.65	0.1	17	4.51	0	0	
N03	75.51	100	75.51	110	17.29	0.0073594	0.65	0.08	13	2.8	0	0	
N04	25.17	100	25.17	50	5.76	0.0015205	1.05	0.49	15	11.8	2	0	
N05	50.34	100	50.34	75	11.53	0.0034005	0.94	0.24	11	4.43	0	0	
N06	125.85	100	125.85	140	28.82	0.0116133	0.69	0.06	8	1.79	0	0	
N07	25.17	100	25.17	50	5.76	0.0015205	1.05	0.49	15	11.29	2	0	
N08	50.34	100	50.34	75	11.53	0.0034005	0.94	0.24	11	3.92	0	0	
N09	176.19	100	176.19	160	40.35	0.0151747	0.74	0.06	21	1.28	4	1	

Acessórios												
Nó	Entrada (Ø)	Entrada (")	Anterior (Ø)	Saída (Ø)	União ABS (fêmea de transição)	Curva	União ABS	Tê	Te->Saída	Te->Entrada	Te->Anterior	
CM	0		160/250	160/250								
N01	40	1 1/2"	0	63/125	Ø 50 mm x 1 1/2"	Ø 63 x 125 mm	Ø 63 mm					
N02	40	1 1/2"	63/125	90/160	Ø 50 mm x 1 1/2"			90 x 63 mm	União ABS di-di - Ø 90 mm	Redução entre Ø63 e Ø50	Redução entre Ø90	
N03	40	1 1/2"	90/160	110/180	Ø 50 mm x 1 1/2"			110 x 50 mm	União ABS di-di - Ø 110 mm	União ABS di-di - Ø 50 mm	Redução entre Ø110	
N04	40	1 1/2"	0	50/110	Ø 50 mm x 1 1/2"	Ø 50 x 110 mm	Ø 50 mm					
N05	40	1 1/2"	50/110	75/140	Ø 50 mm x 1 1/2"			75 x 75 mm	União ABS d-di - Ø 75 mm	Redução entre Ø75 e Ø50	Redução entre Ø75	
N06	75/140		110/180	140/225				140 x 75 mm	União ABS di-di - Ø 140 mm	União ABS di-di - Ø 75 mm	Redução entre Ø140 e	
N07	40	1 1/2"	0	50/110	Ø 50 mm x 1 1/2"	Ø 50 x 110 mm	Ø 50 mm					
N08	40	1 1/2"	50/110	75/140	Ø 50 mm x 1 1/2"			75 x 75 mm	União ABS d-di - Ø 75 mm	Redução entre Ø75 e Ø50	Redução entre Ø75	
N09	75/140		140/225	160/250		Ø 160 x 250 mm	Ø 160 mm	160 x 90 mm	União ABS d-di - Ø 160 mm	Redução entre Ø90 e Ø75	Redução entre Ø160 e	

Figura 19 – Menu de dimensionamento dos diâmetros da tubagem de água glicolada.

Fonte: H. Seabra

A figura 19, apresenta o dimensionamento e quantificação da tubagem do circuito a água glicolada e respetivos acessórios (curvas, tês, etc.), resultante dos dados introduzidos. Aqui, mais uma vez, tenho que aceitar ou não os diâmetros gerados, alterando os que considere inadequados e introduzir o número de acessórios requerido em função do traçado por mim previsto para esse circuito.

Estes cálculos permitem-me obter a maior parte do orçamento da instalação frigorífica, ao qual terei que juntar a parte de casa de máquinas, quadro elétrico, instalação elétrica, entre outros. O programa para o cálculo e orçamentação deste conjunto de equipamentos e materiais encontra-se atualmente em fase de desenvolvimento.

Finalmente e após todos os valores apurados, chego a valores de fornecimento e montagem das instalações, pelo que passo á descrição de todos os equipamentos e materiais selecionados e considerados em orçamento.

2.12. DIAGRAMAS FRIGORÍFICOS E MOLLIER DA INSTALAÇÃO

Os cálculos e dimensionamentos anteriormente discriminados, permitem-me elaborar os diagramas frigoríficos dos circuitos que constituem a instalação frigorífica e diagramas de Mollier (pressão/entalpia), que nos mostram o comportamento dos fluidos frigoríficos no ciclo frigorífico real.

No anexo 4, a casa de máquinas de congelados é constituída por uma central de quatro compressores do tipo de parafuso de duplo rotor, respetivos equipamentos de controlo automáticos (pressostatos, flow-switchs para o circuito do óleo, manómetros, válvulas electromagnéticas para o circuito de óleo, para o controlo de capacidade, etc.), arrefecedor de óleo a ar, condensador arrefecido a ar e depósito de líquido frigorífico.

No anexo 5, apresento o diagrama frigorífico parcial de uma câmara polivalente (regime de dupla temperatura, podendo seleccionar-se o funcionamento para a conservação de produtos congelados, ou para a conservação de produtos refrigerados).

Por se tratar do diagrama de um espaço específico, não é apresentada a central frigorífica, mas apenas os equipamentos do espaço em causa que são por ela alimentados, nomeadamente os evaporadores, respetivos equipamentos de controlo e as tubagens de líquido e aspiração.

Optei pela utilização de uma válvula de regulação de pressão constante, por câmara frigorífica.

Esta válvula é montada na linha de aspiração do conjunto de evaporadores, mantendo a pressão de evaporação constante e conseqüentemente uma temperatura constante na superfície do evaporador.

A regulação é feita por modulação, estrangulando a linha de aspiração, pelo que a quantidade de gás refrigerante adapta-se á carga do evaporador. Esta válvula protege contra uma pressão de evaporação demasiadamente baixa e fecha quando a pressão no evaporador cai abaixo do valor ajustado.

A descongelação é efetuada com gás quente e resulta em ciclos de descongelação bastante curtos, geralmente entre 10 a 20 minutos. Este método utiliza o vapor da descarga do compressor para aplicar calor no interior da bateria evaporadora, descongelando o aparelho de “dentro para fora”.

Esse calor utilizado na descongelação geralmente permite um tempo reduzido de operação. Neste sistema o gás é introduzido no evaporador pela linha de sucção, isto é, pela sua saída. A partir da linha principal de gás quente, cada evaporador é equipado com um conjunto de válvulas electromagnéticas funcionando da seguinte forma:

- Quando um dos ramais entra em descongelação, a válvula electromagnética de gás quente é aberta, e a válvula electromagnética do ramal de sucção é fechada, permitindo a entrada do gás quente pela linha de sucção, ou seja o gás quente entra pela saída do evaporador, depois faz o by-pass na válvula de expansão e na válvula electromagnética através de uma derivação onde se encontra uma válvula de retenção, que só permite a passagem dos “condensados” que fluirá pela linha de líquido.
- O gás quente, “condensado” em líquido, é então conduzido para a linha de líquido onde poderá alimentar outros consumidores ou por diferencial de pressão ou retornar ao depósito de líquido.

O custo inicial da instalação, optando-se pela descongelação por gás quente torna-se elevado em relação às instalações que utilizam do método por resistências elétricas para fazer a descongelação.

Os controlos envolvidos, válvulas reguladoras de pressão, válvulas electromagnéticas, válvulas de retenção, maior quantidade de refrigerante, linhas e coletores adicionais para o gás quente, etc., encarecem também o custo operacional, muitas vezes desencorajando o cliente a fazer o investimento.

Entretanto, como as resistências elétricas não são aplicadas nesse tipo de sistema, a redução do consumo de energia será obtido de forma visível. Além disso, uma vez que o tempo para a descongelação a gás quente é, em média, 15 minutos contra 45 minutos para o elétrico, e ao longo do dia menos vezes, é necessário que ocorra a variação de temperatura nos produtos, que será reduzida, minimizando as hipóteses de ocorrer o fenómeno da recristalização nos produtos congelados, mantendo a qualidade para o consumo.

O diagrama de Mollier (anexo 6) mostra o funcionamento do circuito frigorífico de congelados em que no compressor é comprimido o fluido na fase gasosa. Nesta compressão, devido ao trabalho realizado pelo compressor sobre o fluido, este aumenta a temperatura, pressão e entalpia, mantendo-se o fluido na fase gasosa.

O ponto 1 é a saída do evaporador, desde o ponto 1 até ao ponto 2 no ciclo real, dá-se um sobreaquecimento de 15°C na tubagem, para além do ponto ideal que corresponderia à linha de saturação, em que este ponto corresponde à entrada do compressor, sendo este equipado com um “economizer”.

O sobreaquecimento justifica-se pela necessidade de evitar os chamados golpes de líquido no compressor.

O “economizer” é um permutador que permite arrefecer o fluido frigorígeno proveniente do depósito de líquido a 45°C, em que após a válvula de expansão parte do líquido é subarrefecido e sai para alimentar os evaporadores à temperatura de 8,9°C e a outra parte é gás à temperatura intermédia de -1°C.

Este vapor proveniente do permutador é aspirado pelo compressor e quando misturado com o vapor aspirado pelo lado dos evaporadores a -17°C , permite aumentar a eficiência no compressor. Os compressores de parafuso possuem arrefecedores de óleo que funcionam por diferencial de pressão. O óleo antes de ser injetado no compressor é subarrefecido, pelo que a temperatura de descarga no condensador seja na ordem dos 80°C em vez de $101,1^{\circ}\text{C}$.

O fluido comprimido e a elevada temperatura entra no condensador, ponto 2 a 3, a 80°C . Este não é mais que um conjunto de tubos arrefecidos a ar, em que o fluido condensa a pressão aproximadamente constante, passando pela fase líquido+vapor, até ficar na forma líquida a alta pressão, ponto 3 a 4.

Na realidade verifica-se uma perda de pressão, que tem como principal causa os atritos no escoamento do fluido ao longo dos tubos e órgãos de controlo por onde passa.

Esta é a região de alta pressão do circuito.


Do ponto 4 a 5 ocorre um subarrefecimento de líquido de $36,1^{\circ}\text{C}$ que permite:

- Percentualmente diminui a formação de bolhas de vapor de refrigerante “*flash gás*”, que podem dificultar o escoamento pela válvula de expansão.
- Aumenta o efeito frigorífico do circuito.
- Melhor aproveitamento da potência frigorífica.

O fluido a alta pressão passa por uma válvula expansora e nesta altura o líquido expande bruscamente com entalpia constante, passando por uma curta fase de mistura líquido-gás, ponto 5 a 6. Este abaixamento de pressão, caracterizado por grande rapidez, faz-se a energia interna praticamente constante.

A mistura líquido-gás resultante da expansão, é aspirada pelo compressor e acaba por se evaporar completamente a pressão constante no evaporador. Para vaporizar, o fluido precisa, de absorver energia calorífica do ambiente, alimentando o aumento da sua energia interna, pelo que o meio em que o evaporador se encontra vai arrefecer. É a zona de baixa temperatura e baixa pressão do circuito. O fluido evaporado é novamente aspirado pelo compressor, ponto 6 a 1, repetindo-se novamente o ciclo.

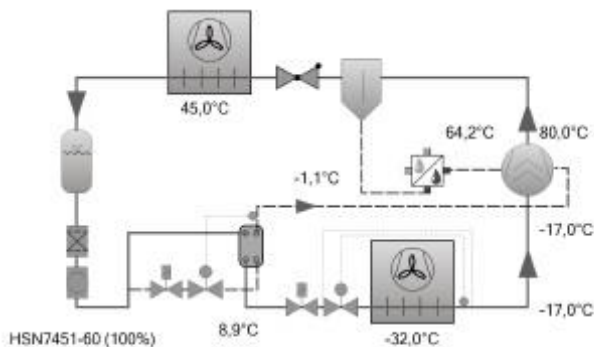
É fácil verificar estes dados através do software de seleção do compressor de congelados, como mostra a figura 20.

		
BITZER Software v6.4.0 rev1076	26-11-2013 / Todos os dados são suscetíveis de mudança	4 / 12

Seleção do compressor: Compressores Parafusos Semi-Herméticos HS

Valores de entrada

Compressor modelo	HSN7451-60
Refrigerante	R404A
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-32,00 °C
Temp. Condensação SDT	45,0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	0 K
Auto. subcooling	Auto
Superaquecimento do gás	15,00 K
Sucção	
Modo de operação	Economizador
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Superaquecimento útil	100%
Resfriamento adicional	Automatico
Máxima temp. de descarga	80,0 °C



Resultado

Compressor	HSN7451-60-40P
Etapas de capacidade	100%
Capac. Frigorífica	60.7 kW
Capac. Frigorífica *	61.9 kW
Capacidade Evaporador	60.7 kW
Potência absorvida	55.3 kW
Corrente (400V)	88.3 A
Faixa de Tensão	380-415V
Capacidade do Condensador	96.2 kW
COP/EER	1.10
COP/EER*	1.11
Vazão em massa LP	1480 kg/h
Vazão em massa HP	2248 kg/h
Modo de operação	Economizador
Temperatura do líquido (sc)	8.94 °C
Vazão em massa ECO	768 kg/h
Carga Térmica Sub-Resfriador	22.8 kW
Temperatura saturada ECO	-1.06 °C
Pressão ECO	5.84 bar(a)
Vazão de óleo	2.07 m³/h
Saída do resfriador de óleo	64.2 °C
Carga Térmica Resfriador de Óleo	16.80 kW
Temp. gás de Descarga não resfriado	101.1 °C

Figura 20 - Seleção de compressor de congelados. Fonte: Software Bitzer

No diagrama frigorífico apresentado no anexo 7, são apresentados os equipamentos constituintes do circuito de climatizados, nomeadamente: central de quatro compressores do tipo alternativo, respetivos equipamentos de controlo automáticos (pressostatos, manómetros, válvulas electromagnéticas e para o controlo de capacidade, etc.), condensador arrefecido a ar, depósito de líquido frigorígeno, evaporadores e respetivos equipamentos de controlo.

O diagrama de Mollier (anexo 8) mostra como funciona o circuito frigorífico de climatizados em que no compressor é comprimido o fluido na fase gasosa. Nesta compressão, devido ao trabalho realizado pelo compressor sobre o fluido, aumenta a temperatura e a pressão, mantendo-se o fluido na fase gasosa.

O ponto 1 é a saída do evaporador, desde o ponto 1 até ao ponto 2 no ciclo real, dá-se um sobreaquecimento de 15°C na tubagem, para além do ponto ideal que corresponderia à linha de saturação, em que este ponto corresponde à entrada do compressor.


O fluido comprimido e a elevada temperatura entra no condensador no ponto 3, a 81,3°C. O fluido passa da fase gasosa para a fase líquida, passando por um estado intermédio em que o líquido se encontra misturado com gás (ponto 3 a 4).

Do ponto 4 a 5 ocorre um subarrefecimento de líquido de 5,3°C.

O fluido expande bruscamente (ponto 5 a 6), passando por uma curta fase de mistura líquido-gás.

A mistura líquido-gás resultante da expansão, é aspirada pelo compressor e acaba por se evaporar completamente a pressão constante no evaporador. Para vaporizar, o fluido precisa, de absorver energia calorífica do ambiente, alimentando o aumento da sua energia interna, pelo que o meio em que o evaporador se encontra vai arrefecer. É a zona de baixa temperatura e baixa pressão do circuito. O fluido evaporado é novamente aspirado pelo compressor (ponto 6 a 1).

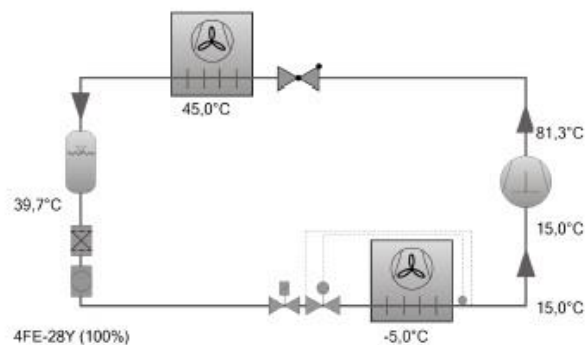
Na figura 21, através do software do fornecedor, facilmente se verifica o que anteriormente se descreve.

	Climatizados
BITZER Software v6.4.0 rev1076	03-12-2013 / Todos os dados são suscetíveis de mudança 4 / 10

Seleção do compressor: Semi-Hermeticos Pistões

Valores de entrada

Compressor modelo	4FE-28Y
Modo	Refrigeração e Ar Condicionado
Refrigerante	R404A
Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
Temp. Evaporação SST	-5,00 °C
Temp. Condensação SDT	45,0 °C
Sub resfriamento líquido (após o condensador)	5,00 K
Temperatura do gás sucção	15,00 °C
Modo de operação	Auto
Tensão Elétrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidade	100%
Superaquecimento útil	100%



Resultado

Compressor	4FE-28Y-40P
Etapas de capacidade	100%
Capac. Frigorífica	67,7 kW
Capac. Frigorífica *	64,4 kW
Capacidade Evaporador	67,7 kW
Potência absorvida	25,9 kW
Corrente (400V)	44,7 A
Faixa de Tensão	380-420V
Capacidade do Condensador	93,6 kW
COP/EER	2,61
COP/EER*	2,48
Vazão em massa	1990 kg/h
Modo de operação	Padrão
Temp. gás de Descarga não resfriado	81,3 °C

Figura 21 - Seleção de compressor de climatizados. Fonte: Software Bitzer

No diagrama hidráulico esquematizado no anexo 9, são apresentados os equipamentos constituintes do circuito de água glicolada, unidade de produção de água refrigerada, frigidifusores, controlos hidráulicos, bem como as suas interligações. À semelhança do que foi descrito anteriormente, o circuito de glicol é em tudo semelhante ao do fluido frigorífero R404A, embora na constituição da unidade de produção de água refrigerada, temos um permutador de placas “shell & tube”, onde são efetuadas, as trocas de calor entre o fluido frigorífero R410A e a água glicolada, sendo este fluido secundário o que alimenta os frigidifusores.

Nos frigoríficos, são colocadas válvulas de três vias motorizadas no retorno que permitem que quando a temperatura no interior do espaço é atingida, esta válvula fecha pelo lado do retorno e abre pelo lado da ida de líquido. Na interligação entre a ida e retorno é colocada uma válvula de globo que permite a regulação de fluxo a passar.

A antecâmara de congelados tem um circuito simples, anexo 10, que é constituído por uma unidade condensadora que vem pré montada de fábrica com todos os acessórios necessários ao seu bom funcionamento e em que apenas é necessário dimensionar os controlos e tubagem de cobre para a interligação destes dois equipamentos.

CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DETALHADA DOS EQUIPAMENTOS

3.1. EQUIPAMENTOS PARA SOLUÇÃO DE EXPANSÃO DIRETA DE R404A

3.1.1. CENTRAIS DE COMPRESSORES



**Figura 22 - Central tipo de compressores a expansão direta de R404A.
Fonte: Centauro**

Centrais frigoríficas constituídas por compressores do tipo parafuso ou alternativo da marca alemã “Bitzer”, com as seguintes características:

3.1.1.1. CIRCUITO DE CONGELADOS

- Quantidade 4 compressores
- Modelo HSNE 7451-60

- Tipo Parafuso de duplo rotor
 - Velocidade de rotação 2.950 rpm
 - Economizer Sim
 - Potência frigorífica unitária a -32/+45°C 60,7 kW (*)
 - Potência absorvida unitária no regime acima 55,3 kW
 - Potência nominal do motor elétrico 60 CV/ 400 V/ 50 Hz
- (*) Potência com 15K de sobreaquecimento na aspiração.

Os compressores serão equipados com todos os acessórios necessários ao bom funcionamento das instalações, nomeadamente:

- Controlo de capacidade por compressor é um sistema automático de redução de potência do compressor, através de by-pass entre a pressão na alta e a pressão na baixa. Nos compressores de parafuso este pode ser feito com a utilização de um motor de rotação variável, pois estes tipos de compressores são capazes de funcionar em segurança na faixa de 1800 a 4500rpm. Estes compressores, têm a capacidade de fornecer apenas o gás comprimido que é necessário a uma pressão constante e a poupança de energia. Com este tipo de controlo, o arranque é feito de uma forma "lenta" assegurando assim que as partes mecânicas sofram poucos esforços. Isto permite um aumento do tempo de serviço do compressor.
- Arranque em vazio por compressor, é um sistema automático que coloca o compressor a funcionar em "circuito fechado" até que a pressão seja baixa, reduzindo o impacto do arranque a alta pressão;
- Sistema "economizer", com permutador de placas, isolado, válvula expansora termostática, válvula de seccionamento e visor de líquido;
- Separador de óleo com resistência de aquecimento, controlada por termostato e válvula de segurança, em que a sua função é minimizar a quantidade de óleo presente no gás de descarga, que é arrastada para o sistema frigorífico. O separador de óleo retém a maior parte do óleo e o faz retornar apropriadamente ao carter do compressor;
- Arrefecedor(es) de óleo a ar, com válvula solenoide, visor de líquido, fluxostato e filtro por compressor, em que este tipo de compressor, requer normalmente a injeção de óleo. Este, para além da função de lubrificação, facilita a vedação das folgas entre rotores, evitando assim, a

fuga de gás das regiões de alta pressão para as regiões de menor pressão. O aumento de temperatura da mistura gás-óleo associada ao processo de compressão, quando excessivo, requer cuidados especiais. Assim, e antes de ser novamente injectado no compressor, o óleo deve ser arrefecido. O arrefecimento é assegurado por um ventilador independente acionado por motor. O ar frio passa pelo interior do sistema absorvendo o calor de radiação. Isto permite o funcionamento seguro nas condições mais árduas.

- Filtro de aspiração (1 para a central) permite eliminar partículas sólidas;
- Válvulas de seccionamento na aspiração e descarga são utilizadas para seccionar equipamentos quando é necessário intervenção;
- Pressostato de alta pressão, que desligam, quando a pressão de descarga se torna maior do que um determinado valor;
- Pressostato baixa pressão, que desligam, quando a pressão de sucção se torna menor do que um determinado valor;
- Pressostato de alta e baixa pressão, reúnem os dois anteriores num só aparelho;
- Painel de manómetros servem para medir as pressões de fluidos;
- Separador de líquido na aspiração (1 para a central) utilizado para proteger o compressor contra o retorno de refrigerante na forma líquida;
- Ligações flexíveis anti-vibráteis destinadas a reduzir a transmissão de vibrações às tubagens;
- Apoios anti-vibrações do motocompressor, reduzindo o ruído por vibração.

3.1.1.2. CIRCUITO DE CLIMATIZADOS

- Quantidade 4 compressores
- Modelo 4FE-28.2Y
- Tipo Alternativo
- Velocidade de rotação 1.450 rpm
- Potência frigorífica unitária a -5/+45°C 67,7 kW (*)
- Potência absorvida unitária no regime acima 25,9 kW
- Potência nominal do motor elétrico 28 CV/ 400 V/ 50 Hz

(*) Potência com 15K de sobreaquecimento na aspiração.

Estas unidades serão equipadas com todos os acessórios necessários ao bom funcionamento da instalação, nomeadamente:

- Controlo de capacidade por compressor com dois escalões 50/100%, é um sistema automático de redução de potência do compressor, através de by-pass feito a cada par de cilindros entre a pressão na alta e a pressão na baixa;
- Arranque em vazio por compressor, é um sistema automático que coloca o compressor a funcionar em "circuito fechado" até que a pressão seja baixa, reduzindo o impacto do arranque a alta pressão;
- Válvulas de seccionamento são utilizadas para seccionar equipamentos quando é necessário intervenção;
- Válvulas de retenção utilizadas para impedir o retorno de líquido;
- Painel de pressostatos AP, BP e AP/BP em que a sua função é proteger os componentes do ciclo de refrigeração contra a sobrepressão (pressão mais alta do que a aceitável) ou subpressão (mais baixa do que a aceitável) durante o funcionamento do equipamento;
- Sistema de recuperação de óleo com retorno automático ao "carter", em que a sua função é minimizar a quantidade de óleo presente no gás de descarga, que é arrastada para o sistema frigorífico. O separador de óleo retém a maior parte do óleo e o faz retornar apropriadamente ao carter do compressor;
- Ligações flexíveis anti-vibráteis destinadas a reduzir a transmissão de vibrações às tubagens;
- Apoios anti-vibrações do motocompressor, reduzindo o ruído por vibração.

3.1.2.UNIDADE CONDENSADORA



Figura 23 - Unidade condensadora a expansão direta de R404A.
Fonte: Centauro

Unidade de condensação a ar autónoma, composta por compressor do tipo semi-hermético, alternativo, montados de origem em base comum com o respetivo condensador de arrefecimento por ar e depósito de líquido, com as seguintes características:

3.1.2.1. CIRCUITO DA ANTECÂMARA DE CONGELADOS

- Quantidade 1 unidade condensadora
- Marca “Bitzer”
- Modelo GC 590 V4/4PCS-15.2Y
- Potência frigorífica a -7°C (t.evap)./+35°C (t.amb). 28,80 kW
- Velocidade de rotação 1.450 rpm
- Potência nominal do motor elétrico 15 CV / 400 V / 50 Hz

3.1.3.CONDENSADORES

A condensação do fluido frigorífero dos circuitos será realizada por condensadores, do tipo de arrefecimento por ar, com ventiladores axiais e bateria em tubo de cobre e alhetas em alumínio, com as seguintes características principais:

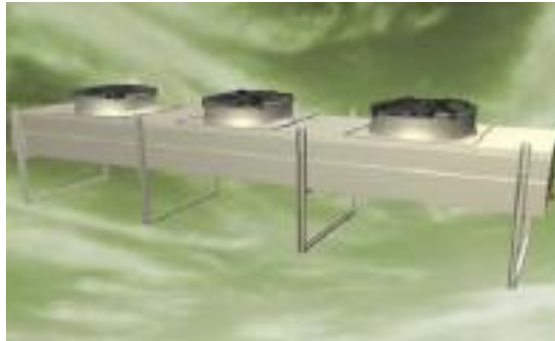


Figura 24 - Condensador a ar. Fonte: Centauro

3.1.3.1. CIRCUITO DE CONGELADOS

- Quantidade 1
- Modelo VACD/M 1291/938T
- Potência de dissipação de calor ($Dt = 8^{\circ}\text{C}$) 500,3 kW
- Nº x diâmetro dos ventiladores / Pot. total 12 x 910 mm / 22.080 W
- Caudal de ar 254.400 m³/h
- Velocidade de rotação..... 920 r.p.m.

3.1.3.2. CIRCUITO DE CLIMATIZADOS

- Quantidade 1
- Modelo ACPD/M 880/623T
- Potência de dissipação de calor ($Dt = 10^{\circ}\text{C}$) 415,10 kW
- Nº x diâmetro dos ventiladores / Pot. total 8 x 800 mm / 16.000 W
- Caudal de ar 157.600 m³/h
- Velocidade de rotação..... 895 r.p.m.

3.1.4. RESERVATÓRIOS DE LÍQUIDO

A acumulação de R404A será efetuada em reservatórios cilíndricos, equipados com todos os acessórios necessários ao seu funcionamento normal, sendo construídos em aço de acordo com os regulamentos e normas de segurança em vigor para recipientes sob pressão, com a capacidade de 700 litros para o circuito de congelados e com 500 litros para o circuito de climatizados.

Os dimensionamentos dos reservatórios são através das seguintes equações:

1º passo – Calcular a quantidade de fluido frigorígeno na instalação

$$Q_{de\ R404A} = v_c + v_{fe} \times 0,25 + \frac{\left(\frac{v_{tl} \times \rho_{liq.}}{1000} + \frac{v_{ta} \times \rho_{asp.}}{1000} \right)}{\rho_{do\ liq.}} \quad (8)$$

$$v_{tl} = (v_i \phi \times \text{comprimento}) \quad (9)$$

$$v_{ta} = (v_i \phi \times \text{comprimento}) \quad (10)$$

Em que:

$Q_{de\ R404A}$ – quantidade de fluido frigorígeno na instalação (dm³)

v_c – Volume no condensador (dm³)

v_{fe} – Volume de freon no evaporador (dm³)

v_{tl} – volume total da tubagem em liquido (dm³)

v_{ta} – Volume total da tubagem na aspiração (dm³)

$\rho_{liq.}$ – Densidade do fluido frigorígeno R404A (kg/m³)

ρ_{asp} – Densidade do fluido frigorígeno R404A (kg/m³)

$v_i \phi$ – Volume interior de cada diâmetro (dm³/ml)

comprimento (ml)

2º passo – Calcular o volume do reservatório de líquido

$$V_{reserv} = Q_{de\ R404A} \times CS \quad (11)$$

Em que:

V_{reserv} – Volume do reservatório (dm³)

Qde R404A – quantidade de fluido frigorigéneo na instalação (dm³)

CS - Coeficiente de segurança (normalmente considera-se 10%)

3.1.5.EVAPORADORES

Unidades cúbicas de circulação forçada de ar, com bateria em tubo de cobre e alhetas em alumínio, com as seguintes características unitárias e distribuição:



Figura 25 - Evaporador tipo. Fonte: Centauro

3.1.5.1. CÂMARA POLIVALENTE (R4)

- Nº de unidades 3
- Modelo DDL/GE 10P3/52
- Tipo cúbico
- Potência frigorífica unit. a Dt1=6°C; Tc=-25°C 25,00 kW
- Espaçamento de alhetas 10 mm
- Caudal de ar unitário 29.100 m³/h
- Nº x diâmetro dos ventiladores 3 x 560 mm
- Potência absorvida pelos ventiladores 3.000 W
- Descongelação por gás quente

3.1.5.2. CÂMARA POLIVALENTE (C7)

- Nº de unidades 2

- Modelo..... DDL/GE 10S3/72
- Tipo..... cúbico
- Potência frigorífica unit. a $Dt_1=6^{\circ}\text{C}$; $T_c=-25^{\circ}\text{C}$ 35,00 kW
- Espaçamento de alheta 10 mm
- Caudal de ar unitário 33.000 m³/h
- Nº x diâmetro dos ventiladores 3 x 710 mm
- Potência absorvida pelos ventiladores 2.820 W
- Descongelação..... por gás quente

3.1.5.3. CÂMARA FRIGORÍFICA DE CONGELADOS (C6)

- Nº de unidades 4
- Modelo..... DDL/GE 10P3/52
- Tipo..... cúbico
- Potência frigorífica unit. a $Dt_1=6^{\circ}\text{C}$; $T_c=-25^{\circ}\text{C}$ 25,00 kW
- Espaçamento de alheta 10 mm
- Caudal de ar unitário 29.100 m³/h
- Nº x diâmetro dos ventiladores 3 x 560 mm
- Potência absorvida pelos ventiladores 3.000 W
- Descongelação..... por gás quente

3.1.5.4. ANTECÂMARA DE CONGELADOS (AC)

- Nº de unidades 2
- Modelo..... CBN/E 4B4/15
- Tipo..... duplo fluxo
- Potência frigorífica unit. a $Dt_1=10^{\circ}\text{C}$; $T_c=+5^{\circ}\text{C}$ 13,50 kW
- Espaçamento de alheta 4,2 mm

- Caudal de ar unitário 5.200 m³/h
- Nº x diâmetro dos ventiladores 4 x 300 mm
- Potência absorvida pelos ventiladores 292 W
- Descongelação..... elétrica
- Reaquecimento sim

3.1.5.5. CAIS DE RECEÇÃO/EXPEDIÇÃO (CE)

- Nº de unidades 7
- Modelo..... CBK 4K3/39R
- Tipo..... duplo fluxo
- Potência frigorífica unit. a Dt1=10°C; Tc=+7°C 38,00 kW
- Espaçamento de alheta 3,2 mm
- Caudal de ar unitário 12.600 m³/h
- Nº x diâmetro dos ventiladores 3 x 500 mm
- Potência absorvida pelos ventiladores 810 W
- Descongelação..... por ventilação

3.1.6. EQUIPAMENTOS DE CONTROLO

Os circuitos frigoríficos serão completados com os seguintes equipamentos de controlo:

- Termostatos de ambiente eletrónicos com mostrador digital, utilizados para controlar a temperatura ambiente mantendo-a o mais estável possível. Ele atua parando ou colocando em funcionamento o compressor, automaticamente.
- Termómetros eletrónicos medem a temperatura real nos circuitos, possibilitando o controlo rígido do processo.
- Válvulas eletromagnéticas, constituídas por uma bobina, que quando sujeita a uma corrente elétrica, cria um campo magnético, que abre ou fecha a válvula. Os termostatos controlam a abertura e fecho destas válvulas.

- Válvulas expansoras termostáticas utilizadas para a regulação infinita, proporcional do fluxo, consoante os parâmetros definidos e a temperatura no sensor, uma vez que estas válvulas ajustam continuamente o fluxo aos requisitos, são particularmente eficientes no controle da temperatura;
- Válvulas de regulação de pressão de evaporação (apenas nas câmaras com duplo regime) utilizadas para manter a pressão de evaporação constante e conseqüentemente uma temperatura constante na superfície do evaporador. A regulação é feita por modulação, estrangulando a linha de aspiração, pelo que a quantidade de gás refrigerante adapta-se á carga do evaporador. Esta válvula protege contra uma pressão de evaporação demasiadamente baixa e fecha quando a pressão no evaporador cai abaixo do valor ajustado
- Válvulas de seccionamento manual, utilizadas para seccionar equipamentos quando é necessário intervenção;
- Válvulas de retenção, utilizadas para impedir o retorno de líquido;
- Filtros desidratadores permitem eliminar a humidade;
- Visores de líquido permitem visualizar a passagem de fluido frigorígeno no sistema e indicam a presença de humidade através da mudança de cor.

3.1.7. FLUIDO FRIGORIGÉNEO

O R404A é uma mistura azeotrópica de hidrofluorcarbonatos- HFC- constituída por:

- R125 - Pentafluoroetano (CF_3CHF_2), 44%;
- R134a – Tetrafluoroetano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$), 4%;
- R143a – Trifluoroetano (CF_3CH_3), 52%

Os fabricantes de equipamentos de frio têm usado, nos últimos tempos, este refrigerante em detrimento do R502. O fluido frigorígeno R404A é uma mistura de três gases refrigerantes liquefeitos do tipo HFC (hidrofluorcarbono) que não causa destruição da camada de Ozono.

Tem como características principais, a sua baixa toxicidade e não inflamabilidade em presença de ar atmosférico. Este é especialmente indicado para aplicações de baixa temperatura e de compressão simples para refrigeração comercial, industrial e transporte.

Com este fluido frigorígeno, há a possibilidade de, não só se usarem compressores de pequeno deslocamento, como também de prolongar a vida destes devido à sua temperatura de descarga baixa. Por isto, pode-se afirmar que a sua aplicação é correta em qualquer tipo de sistema com temperatura de evaporação de -45°C até $+15^\circ\text{C}$.

As características do fluido refrigerante R404A são:

- Ponto Crítico:
 - Temperatura = 72 °C
 - Pressão = 37,2 bar
 - Densidade = 0,484 kg/dm³
- Fase líquida, a 25°C:
 - Densidade = 1,04 kg/dm³
 - Calor específico = 1,64 kJ/kg °C
- Fase gasosa, a 1,013 bar:
 - Temperatura de ebulição = - 46 °C
 - Ponto de ebulição = - 46,4 °C
 - Calor específico = 0,88kJ/kg °C
- Vapor saturado:
 - Densidade = 5,41kg/m³

A análise do impacto ambiental dos fluidos refrigerantes deverá ser baseada no seu ODP e GWP.

Entende-se por ODP - OZONE DEPLETION POTENTIAL- o potencial de eliminação de iões de O₃.

O GWP - GLOBAL WARMING POTENTIAL- classifica o efeito de estufa, devido não só ao CO₂ mas, também, ao vapor de água e aos CFC's.

Tendo em conta as principais restrições para utilização deste fluido e de outros, segundo o protocolo de Quioto e regulamentos europeus, mas como neste caso é um projeto em Angola estas restrições não se aplicam.

Na tabela 3, são apresentados os fatores prejudiciais presentes em alguns fluidos refrigerantes os quais podem contribuir de futuro à sua substituição, tais como o R404A, que se prevê a sua substituição em 2020.

Refrigerante	Ozone Depletion Potential (ODP)	Global Warming Potential (GWP)
R-11 Trichlorofluoromethane	1.0	4000
R-12 Dichlorodifluoromethane	1.0	2400
R-13 B1 Bromotrifluoromethane	10	
R-22 Chlorodifluoromethane	0.05	1700
R-134a Tetrafluoroethane	0	1300
R-401A (53% R-22, 34% R-124, 13% R-152a)	0.37	1100
R-401B (61% R-22, 28% R-124, 11% R-152a)	0.04	1200
R-402A (38% R-22, 60% R-125, 2% R-290)	0.02	2600
R-404A (44% R-125, 52% R-143a, R-134a)	0	3300
R-407A (20% R-32, 40% R-125, 40% R-134a)	0	2000
R-407C (23% R-32, 25% R-125, 52% R-134a)	0	1600
R-502 (48.8% R-22, 51.2% R-115)	0.283	4.1

Refrigerante	Ozone Depletion Potential (ODP)	Global Warming Potential (GWP)
R-507 (45% R-125, 55% R-143)	0	3300
R-717 Ammonia - NH ₃	0	0
R-718 Water - H ₂ O	0	
R-744 Carbon Dioxide - CO ₂		1*

Tabela 3 – Fatores prejudiciais de alguns fluidos frigorigéneos

* CO₂ é a referência GWP = 1

3.1.8. ÓLEO INCONGELÁVEL

A função básica dos óleos lubrificantes em compressores é diminuir o atrito entre as partes móveis e as fixas, evitando o desgaste prematuro das peças e um aquecimento excessivo. A lubrificação permanecerá satisfatória por um longo período desde que a temperatura de operação, pressão e ausências de substâncias contaminantes esteja assegurada.

O óleo deve ter as seguintes características:

- Baixo ponto de congelação (<-40°C);
- Acidez mineral nula;
- Teor em água nulo;
- Viscosidade apreciável a alta temperatura;
- Teor em parafina nulo ou muito fraco;
- Ponto de rutura superior a 140°C;
- Ponto de combustão: cerca de 200°C.

É importante lembrar que o óleo se mistura ao gás refrigerante, circulando pelos componentes do ciclo de refrigeração. Um bom projeto de aparelho deve permitir o retorno da mesma quantidade de óleo para o compressor da que está saindo. Essa característica é tão típica que uma forma comum de detetar onde está uma fuga no circuito é identificar onde existe óleo.

3.1.9.TUBAGEM DE FLUIDO FRIGORIGÉNEO E GÁS QUENTE



Figura 26 - Tubo de cobre. Fonte: SoloStocks

No anexo 11, é apresentado o traçado da rede de tubagem de circulação do fluido frigorigéneo e gás quente considerado. Esta tubagem é executada em cobre desidratado e polido, próprio para refrigeração, com ligações por soldadura oxiacetilénica com liga de cobre/prata nos diâmetros abaixo de 54 mm e em tubo de aço sem costura para diâmetros acima de 54 mm.

O traçado da tubagem será executado de forma a reduzir ao máximo as perdas de carga em linha, bem como facilitar o retorno do óleo aos compressores, conseguindo-se deste modo uma melhor eficácia e durabilidade dos equipamentos.

As velocidades recomendadas são para o líquido ≤ 1 m/s, aspiração ≤ 12 m/s e gás quente ≤ 14 m/s.

3.1.10. ISOLAMENTO DA TUBAGEM



Figura 27 - Isolamento térmico. Fonte: Metal Marmma

O isolamento da tubagem sujeita a baixa temperatura (linha de aspiração) a utilizar é o de espuma flexível de neopreno do tipo “Armaflex” da Armstrong, nas espessuras recomendadas para a temperatura do fluido em causa, com uniões por colagem colmatadas com fita do tipo autoadesiva.

O AF/Armaflex é um isolante térmico flexível profissional eficiente no controle da condensação. A sua alta resistência à difusão de vapor de água torna desnecessária a aplicação de barreiras de vapor adicionais ao isolamento e garante prolongada duração dos benefícios proporcionados pela sua aplicação, além de reduzir o risco de corrosão sob o isolamento.

- Longa durabilidade das características técnicas;
- Barreira de vapor incorporada - instalação rápida e limpa;
- Reduz o risco de corrosão sob o isolamento;
- Atenuação de ruídos em até 30dB(A);
- Espessuras técnico crescentes que proporcionam um controle de condensação mais efetivo;
- Baixa propagação de chamas e densidade ótica da fumaça durante a queima;
- Não desprende gases tóxicos.

Na seguinte figura 28 podemos ver os dados técnicos do Armaflex

Temperatura de trabalho	de -50°C a +105°C (mantas e cintas +85°C) Obs: para temperaturas inferiores a -50°C, consultar departamento técnico	
Conductividade Térmica (λ)	T=-10°C	0,034 W/(m-K)
	T=0°C	0,035 W/(m-K)
	T=+10°C	0,036 W/(m-K)
	T=+20°C	0,037 W/(m-K)
	T=+40°C	0,039 W/(m-K)
Resistência à difusão de vapor d'água	μ médio = 10.000 $\mu \geq 7.000$	
Comportamento em caso de incêndio	M-1 (não propaga chama)	
Proteção acústica (DIN 4109)	Redução de ruído de até 30 dB (A)	
Aspectos de salubridade	cor	preto
	odor	neutro
	composição	não contém abestos
Particularidades	Não contém CFC e HCFC	
Comportamento biológico e químico	Borracha elastomérica flexível resistente ao ozônio com células fechadas Resistente a envelhecimento Resistente à putrefação Resistente a óleo e água	
Resistência à intempérie	AF/Armaflex®, quando exposto à intempérie, deverá ser protegido depois de passadas 36 horas e antes de 4 dias com um revestimento resistente à radiação ultravioleta. Para tal aplicação recomenda-se o sistema Arma-Chek®.	

Figura 28 - Características do Armaflex. Fonte: Armacell

3.1.11. TUBAGEM DE CONDENSADOS DOS EVAPORADORES

A ligação entre os tabuleiros de recolha de condensados e os pontos de esgoto que deverão existir próximos aos evaporadores, será executada em tubo de PVC e galvanizado nas câmaras de baixa temperatura.

No interior das câmaras de congelados a tubagem de condensados será munida com resistências elétricas de aquecimento.

3.1.12. CONTROLO E AUTOMAÇÃO

O sistema de comando e controlo compreenderá um autómato central localizado no quadro elétrico da casa de máquinas, equipado com entradas e saídas dimensionadas para responder adequadamente a toda a instalação.

O autómato encarregar-se-á de controlar e comandar o funcionamento de todos os equipamentos, nomeadamente central de compressores, condensadores, ventiladores, etc. Todos os órgãos de segurança dos equipamentos serão ligados ao autómato de forma a garantir permanentemente o seu correto funcionamento.

3.1.13. QUADRO ELÉCTRICO GERAL DO FRIO

O quadro elétrico de alimentação, proteção, comando e sinalização da instalação frigorífica será do tipo capsulado, com caixa metálica em chapa de 2 mm de espessura, com pintura em esmalte após aplicação de primário anticorrosivo.

Encontra-se incluída uma UPS para proteção aos controladores eletrónicos, para que, em caso de falha de alimentação elétrica, a programação não seja afetada.

As funções destes quadros serão as seguintes:

- Alimentação, proteção, corte geral e seccionamento dos equipamentos elétricos da instalação, sendo o poder de corte previsto para os equipamentos de proteção instalados no nosso Quadro Elétrico de 10 kA;
- Controlo automático dos compressores e do arranque e paragem de todos os equipamentos envolvidos (bombas, ventiladores, válvulas elétricas, etc.). O controlo e a sinalização serão de acordo com as necessidades especificadas para a instalação;
- Alimentação, comando e proteção (termomagnética e diferencial) de todo o equipamento.

As principais informações de estado, serão processadas para atuar em conformidade com os requisitos necessários a cada circuito frigorífico.

3.2. EQUIPAMENTOS PARA SOLUÇÃO DE ÁGUA GLICOLADA NO CIRCUITO DE CLIMATIZADOS

3.2.1. UNIDADE PRODUTORA DE ÁGUA REFRIGERADA PARA CIRCUITO DE CLIMATIZADOS



Figura 29 - Unidade produtora de água refrigerada. Fonte: Nónio Hiross

Unidade produtora de água refrigerada, própria para montagem no exterior (à intempérie), com dois circuitos frigoríficos independentes, constituída por quatro compressores herméticos e um condensador a ar com seis ventiladores axiais, quadro elétrico de potência e controlo e módulo hidráulico com depósito/tampão de 700 litros e bomba dupla, com todos os acessórios necessários ao seu normal funcionamento.

- Nº de unidades 1
- Modelo NECS/B 1614
- Fluido frigorígeno R410A
- Potência frigorífica 253,1 kW
- Potência absorvida pela unidade 125,6 kW
- Temperatura ambiente (projecto) +35°C
- Temperatura de saída/retorno de água -5/-2°C
- Concentração de monopropilenoglicol 30%
- Perda de carga no evaporador 97,0 kPa
- Caudal de água glicolada 76,4 m³/h

3.2.2.FRIGODIFUSORES



Figura 30 - Frigodifusor. Fonte: Centauro

3.2.2.1. CAIS DE RECEÇÃO/EXPEDIÇÃO (CE)

- Nº de unidades 7
- Modelo CBK 4H4/42R AG

- Tipo..... duplo fluxo
- Potência frigorífica unit. a $Dt_1=10^{\circ}\text{C}$; $T_c=+7^{\circ}\text{C}$ 38,00 kW
- Espaçamento de alheta 3,2 mm
- Caudal de ar unitário 14.000 m³/h
- Nº x diâmetro dos ventiladores 4 x 450 mm
- Potência absorvida pelos ventiladores 660 W
- Descongelação..... por ventilação

3.2.3.EQUIPAMENTO DE CONTROLO PARA ÁGUA GLICOLADA

Cada frigodifusor será equipado com os seguintes órgãos de controlo:

Linha de entrada:

- Válvulas de seccionamento são utilizadas para seccionar equipamentos quando é necessário intervenção;
- Válvula de regulação de fluxo, regulam o fluxo que se pretende;
- Válvula de purga de ar são utilizadas para “purgar” ar que exista na tubagem;
- Filtro, serve para eliminar partículas sólidas.

Linha de retorno:

- Válvula de regulação de fluxo ou globo;
- Válvulas de 3 vias on/off motorizadas constituídas por uma bobina, que quando sujeitas a uma corrente elétrica, criam um campo magnético, que abre ou fecha a válvula permitindo fluxos diferentes;
- Válvulas de seccionamento;
- Válvula de purga de ar.

3.2.4. TUBAGEM DE ÁGUA GLICOLADA

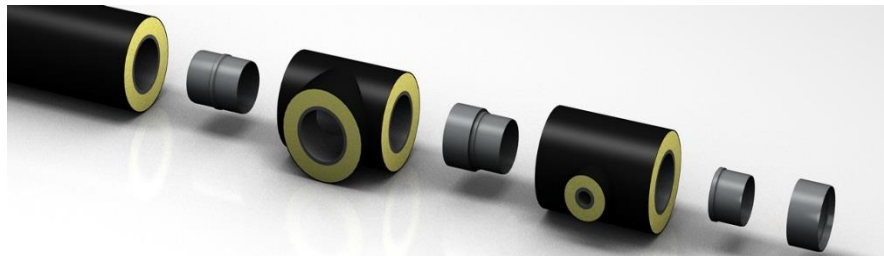


Figura 31 - Isolamento "Cool Fit". Fonte: H. Seabra

A tubagem de circulação de água glicolada e respetivos acessórios será em tubo de síntese ABS, com isolamento em poliuretano injetado e revestimento em tubo de PVC, tipo "Cool Fit", da marca "Georg Fischer".

3.2.5. TUBAGEM DE CONDENSADOS DOS FRIGODIFUSORES

A ligação entre os tabuleiros de recolha de condensados dos frigidifusores e os pontos de esgoto que deverão existir próximo, será executada em tubo de P.V.C. sifonado.

3.2.6. RESTANTE INSTALAÇÃO

A restante instalação frigorífica, mantém-se a descrita na solução de expansão direta do fluido frigorígeno R404A, ou seja, todo o circuito de congelados e circuito da antecâmara de congelados.

3.3. LAYOUT FINAL

Tendo em atenção todos os pressupostos anteriormente referidos, elaborou-se o layout final da unidade logística (anexo 12).

CONCLUSÕES

Apresentei anteriormente de uma forma detalhada, mas que mesmo assim, pode ter deixado de lado alguns pormenores de uma especialidade onde as variáveis são muitas, a minha atividade profissional.

Independentemente de um maior automatismo que a tecnologia atual permite no dimensionamento e seleção dos equipamentos, a atuação do engenheiro responsável continua a ser fundamental, não só na tomada de decisões iniciais relativamente ao tipo de instalação a desenvolver, como também na aferição/verificação dos valores resultantes dos cálculos.

Não posso, no entanto, deixar de referir, que é para mim uma enorme realização pessoal e profissional, o fato de com a experiência por mim acumulada na área da refrigeração industrial, ter o privilégio de gerir os projetos que me são atribuídos.

Tendo em conta o grau de autonomia de que usufruo no departamento onde exerço funções, derivado igualmente da experiência adquirida ao longo de vários anos, procuro desempenhar o meu papel com base nos seguintes objetivos principais:

- Saber ouvir o cliente e saber aconselhá-lo para a solução que melhor se adapta à sua atividade;
- Estudar, calcular, dimensionar e orçamentar a melhor solução frigorífica, que vá de encontro às pretensões do cliente.

Adoro a minha profissão, não me arrependo de ter enveredado pelo mundo da refrigeração, pois cada instalação é um caso diferente, não existem instalações iguais, há sempre pormenores que as tornam diferentes, o que torna o meu dia-a-dia aliciante e desafiante!

Nem todos os projetos são interessantes e complexos, pode suceder que uma instalação mais pequena, com apenas uma ou duas câmaras seja mais complexa do que uma instalação industrial a NH3.

Prefiro ter um projeto com determinada dimensão, em que a potência frigorífica a instalar já começa a ser interessante, o que me permite cogitar de qual será a “solução” a ter em consideração, face a um leque mais alargado de possibilidades que tenho.

A atualização dos conhecimentos é uma constante na minha profissão, o que faz de mim uma profissional responsável, autónoma, competitiva, dedicada e atenta às inovações. Todos os dias aprendo e vou complementando os meus conhecimentos para ser “perfeita” no que faço.

O projeto que apresentei deu para mostrar uma boa parte do trabalho que desenvolvo e os conhecimentos que tenho apreendido ao longo dos anos, como engenheira licenciada no ramo.

Para além dos programas de cálculo desenvolvidos internamente que me possibilitam uma maior rapidez na resposta ao cliente, todos os cálculos efetuados, no balanço térmico, seleção de equipamentos, dimensionamento de tubagem, são sempre alvo de crítica perante os valores obtidos, sendo se necessário aferidos termodinamicamente.

Procuro manter-me atualizada numa área onde é constante a inovação e desenvolvimento, recorrendo para isso às “bíblias” da engenharia da refrigeração, nomeadamente os handbooks da ASHRAE, W. F. STOECKER, IAR, catálogos de novos equipamentos, artigos de revistas, literatura e textos disponíveis na Internet.

Estes elementos têm que estar sempre presentes, permitindo-me tomar de forma avalizada as melhores decisões na escolha das soluções frigoríficas e dos equipamentos a afetar à solução preconizada.

No meu dia-a-dia profissional tomo permanentemente este tipo de decisões, nas mais variadas áreas da engenharia, nomeadamente:

- Soluções termodinâmicas adotadas;
- Escolha técnica dos equipamentos tendo em consideração a fiabilidade, facilidade de manutenção e consumos energéticos;
- Dimensionamento e implantação dos equipamentos nos locais adequados, assegurando os espaços mínimos de manutenção requeridos e a operacionalidade dos espaços.

BIBLIOGRAFIA

Stoecker, Wilbert F., “Industrial Refrigeration Handbook”, Volumes I e II;

2010 ASHRAE Handbook (SI), Thermodynamics and Refrigeration Cycles, Atlanta;

2001 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Refrigeration, Atlanta;

1998 ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), Refrigeration, Atlanta;

http://www.engineeringtoolbox.com/Refrigerants-Environment-Properties-d_1220.html

ANEXOS

Anexo 1 – Layout inicial

Anexo 2 – Layout 1: Casa de máquinas a expansão direta a R404A

Anexo 3 – Layout 2: Casa de máquinas a água glicolada

Anexo 4 – Diagrama frigorífico do circuito de congelados a R404A

Anexo 5 – Diagrama frigorífico da câmara polivalente a R404A

Anexo 6 – Diagrama de Mollier – circuito de congelados a R404A

Anexo 7 – Diagrama frigorífico do circuito de climatizados a R404A

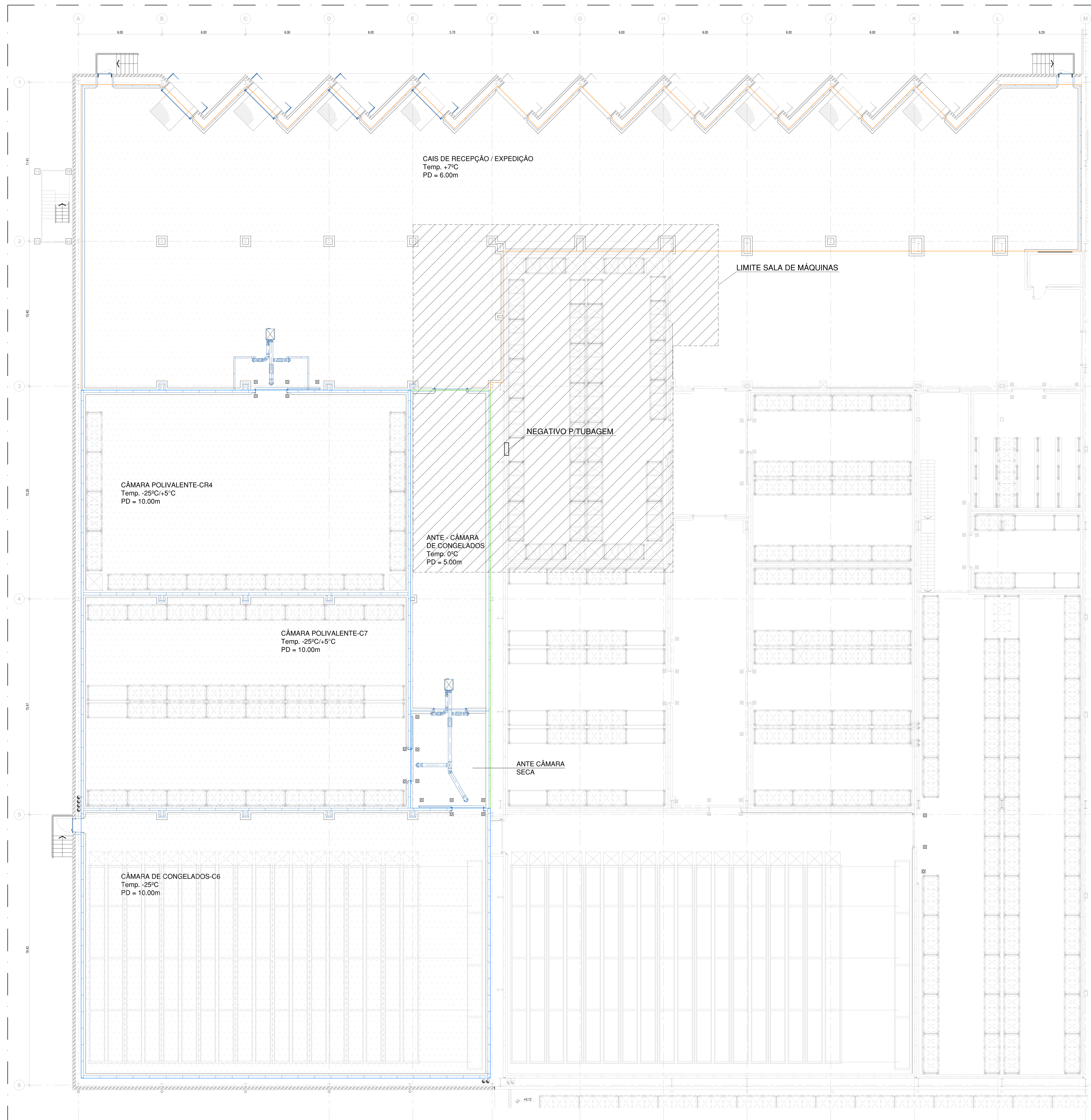
Anexo 8 – Diagrama de Mollier – circuito de climatizados a R404A

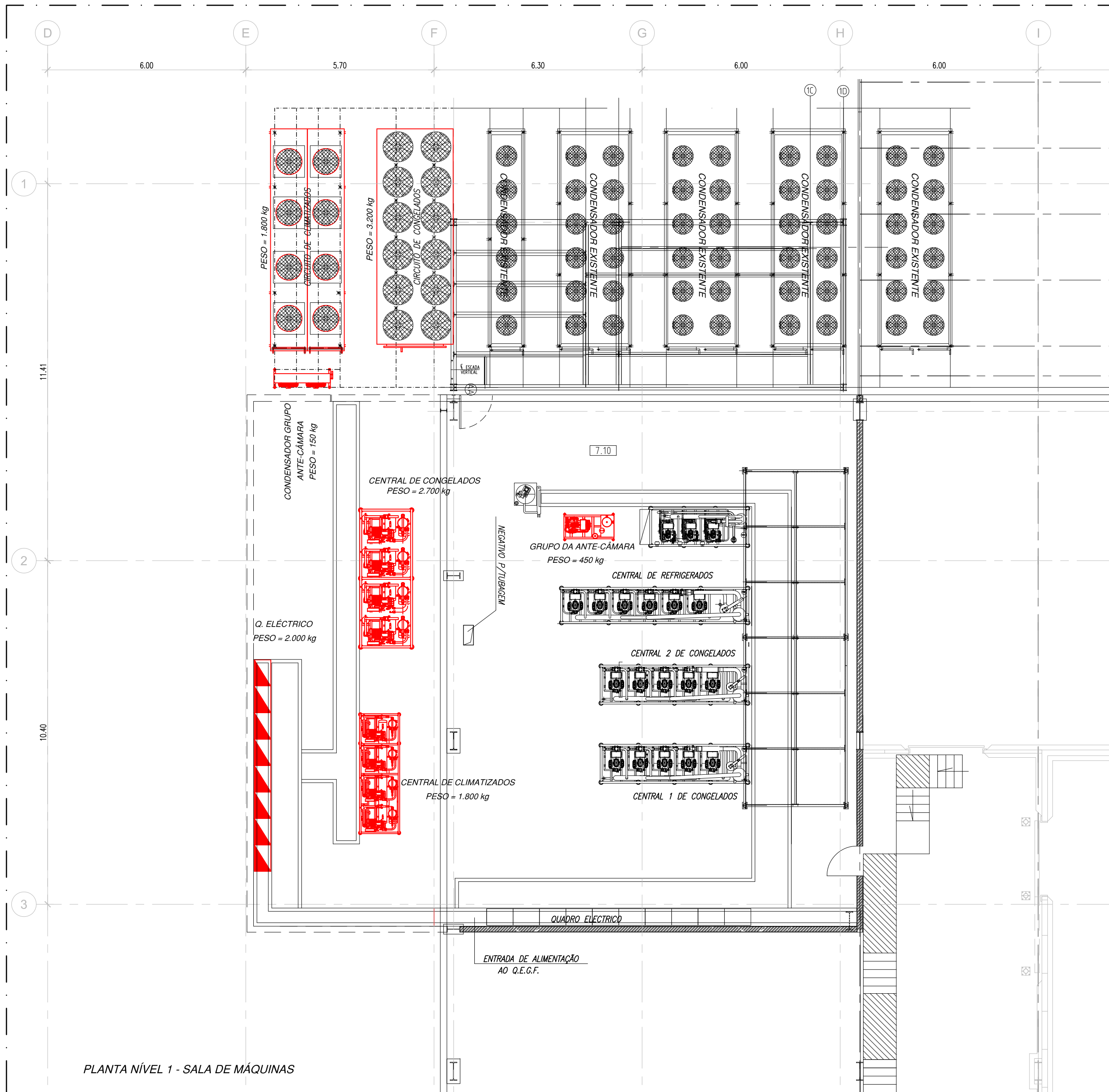
Anexo 9 – Diagrama frigorífico do circuito de climatizados a glicol

Anexo 10 – Diagrama frigorífico do circuito de refrigerados a R404A

Anexo 11 – Layout da rede de tubagem



Anexo 12 - Layout final





PLANTA NÍVEL 1 - SALA DE MÁQUINAS

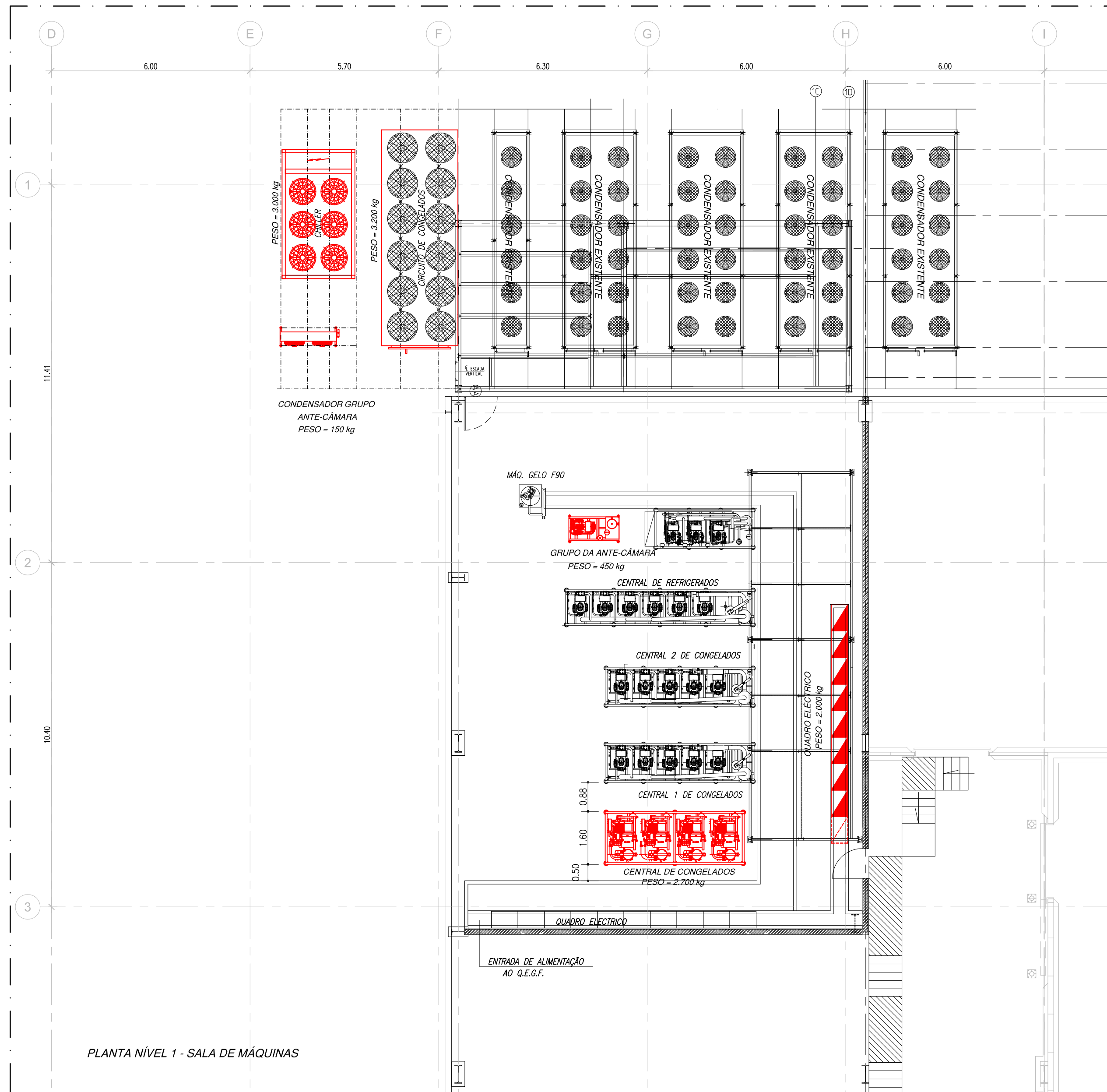
SIMBOLOGIA

	Equipamento Existente
	Equipamento NOVO





CLIENTE:			
ASSUNTO:	Projeto de Entrepósito Logístico em Luanda		
DESIGNAÇÃO:	ANEXO 2	DATA:	2013.11.29
	Layout 1: Casa de máquinas a expansão direta a R404A	ESC:	1:200
VERIFICOU:	DESENHO:	SUBST. O:	SUBST. P/:
Elsa Pereira			

Este desenho é propriedade do Grupo SEABRAGLOBAL e não pode ser reproduzido ou comunicado sem a sua autorização escrita - As cotas indicadas deverão ser devidamente verificadas em obra



PLANTA NÍVEL 1 - SALA DE MÁQUINAS

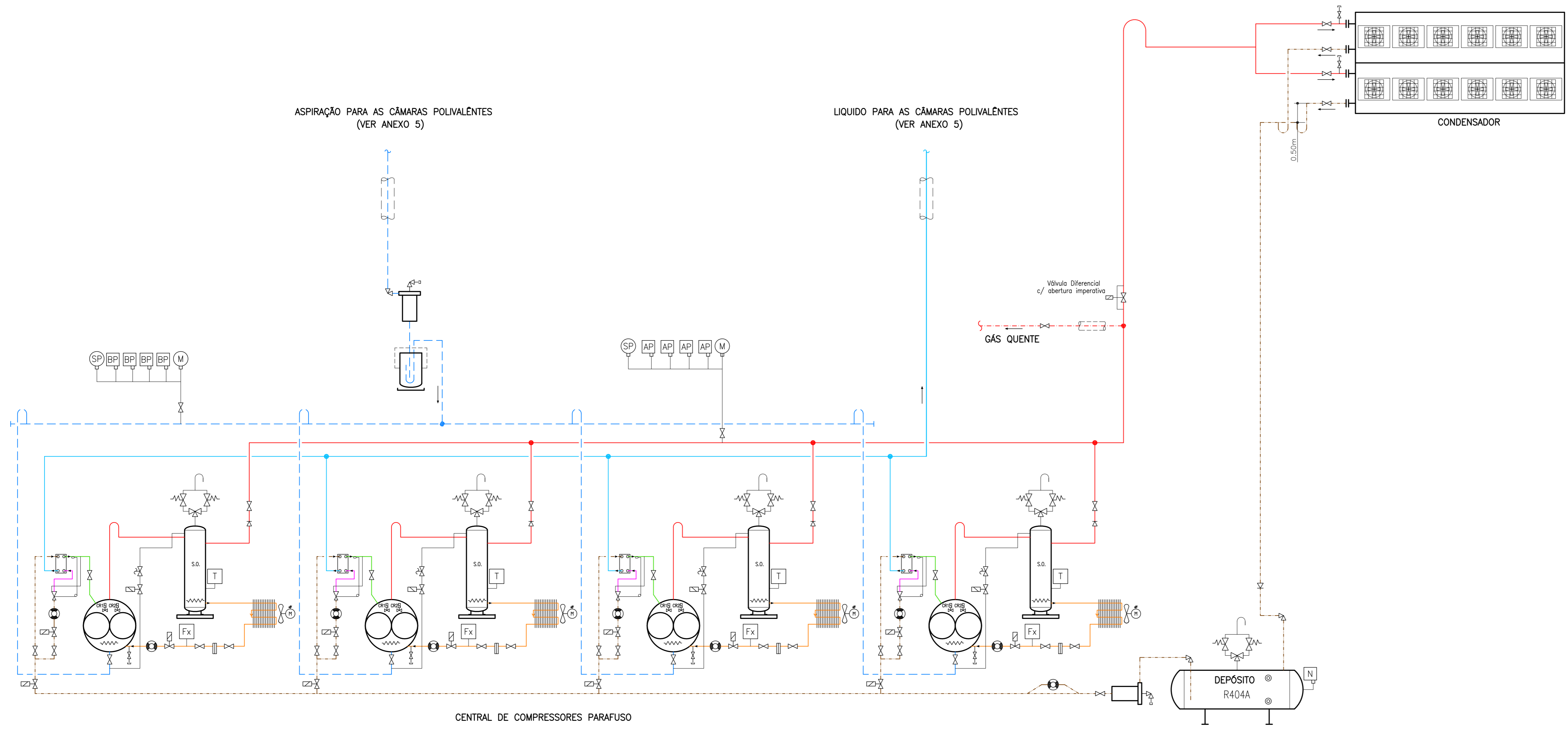
SIMBOLOGIA

	Equipamento Existente
	Equipamento NOVO



CLIENTE:			
ASSUNTO:	Projeto de Entrepósito Logístico em Luanda		
DESIGNAÇÃO:	ANEXO 3	DATA:	2013.11.29
	Layout 2: Casa de máquinas a água glicolada	ESC:	1:200
VERIFICOU:	DESENHOU:	SUBST. O:	SUBST. P/:
Elsa Pereira			
		Nº DES:	REV:

Este desenho é propriedade do Grupo SEABRAGLOBAL e não pode ser reproduzido ou comunicado sem a sua autorização escrita - As cotas indicadas deverão ser devidamente verificadas em obra



SIMBOLOGIA	
	Válvula de Seccionamento em Linha
	Válvula de Retenção
	Filtro Secador
	Redução Concêntrica
	Filtro Secador de cargas substituíveis
	Visor de Líquido
	Válvula Eletromagnética
	Válvula de Expansão Termostática
	Válvula Diferencial c/ abertura imperativa
	Válvula de Segurança
	Válvula 3 Vias
	Compressor de Parafuso
	Arranque em Vazio SU ("Start Unloading")
	Controlo de Capacidade CR ("Capacity Regulation")
	Permutador de Placas
	Arrefecedor de Óleo
	Separador de Aspiração
	Separador de Óleo
	Sonda de Temperatura, Humidade ou Pressão
	Pressostato Baixa ou Alta Pressão
	Termómetro, Higrómetro ou Manómetro
	Pressostato Baixa Pressão
	Termostato, Histerestato ou Fluxostato

SIMBOLOGIA DE TUBAGEM	
	Linha de Aspiração
	Linha de Líquido AP sub-arrefecido
	Linha de Gás Quente
	Linha de Descarga AP
	Linha de Líquido à temp. de condensação
	Linha de Óleo
	Linha de Gás Pressão Intermédia
	Linha de Líquido Subarrefecido Pressão Intermédia



CLIENTE: _____

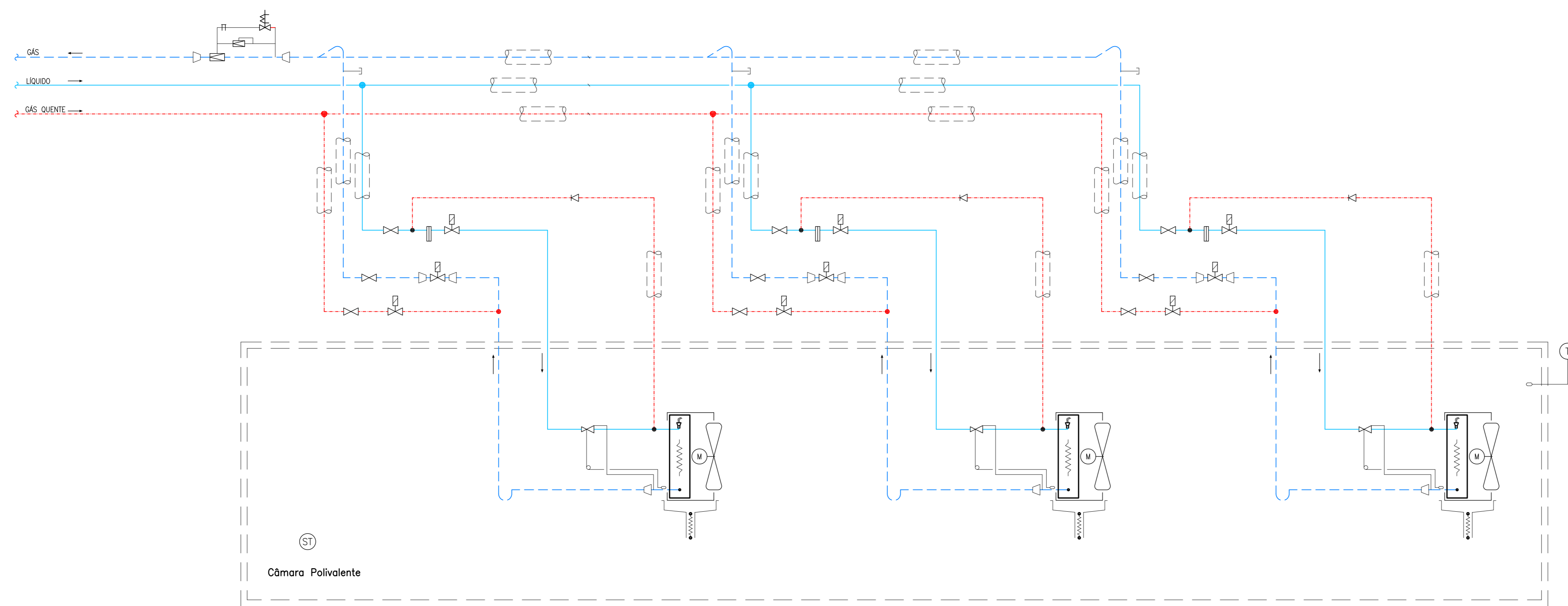
ASSUNTO: **Projeto de Entrepósito Logístico em Luanda**

DESIGNAÇÃO: **ANEXO 4** DATA: 2013.11.29

Diagrama Frigorífico do Circuito de Congelados (R404a) ESC: sl/e

VERIFICOU: _____ DESENHO: _____ SUBST. D: _____ SUBST. F.: _____ Nº DES: _____ REV: _____

Este desenho é propriedade do Grupo SEABRAGLONAL e não pode ser reproduzido ou comunicado sem a sua autorização escrita - As cotações indicadas deverão ser devidamente verificadas em obra



ST
Câmara Polivalente

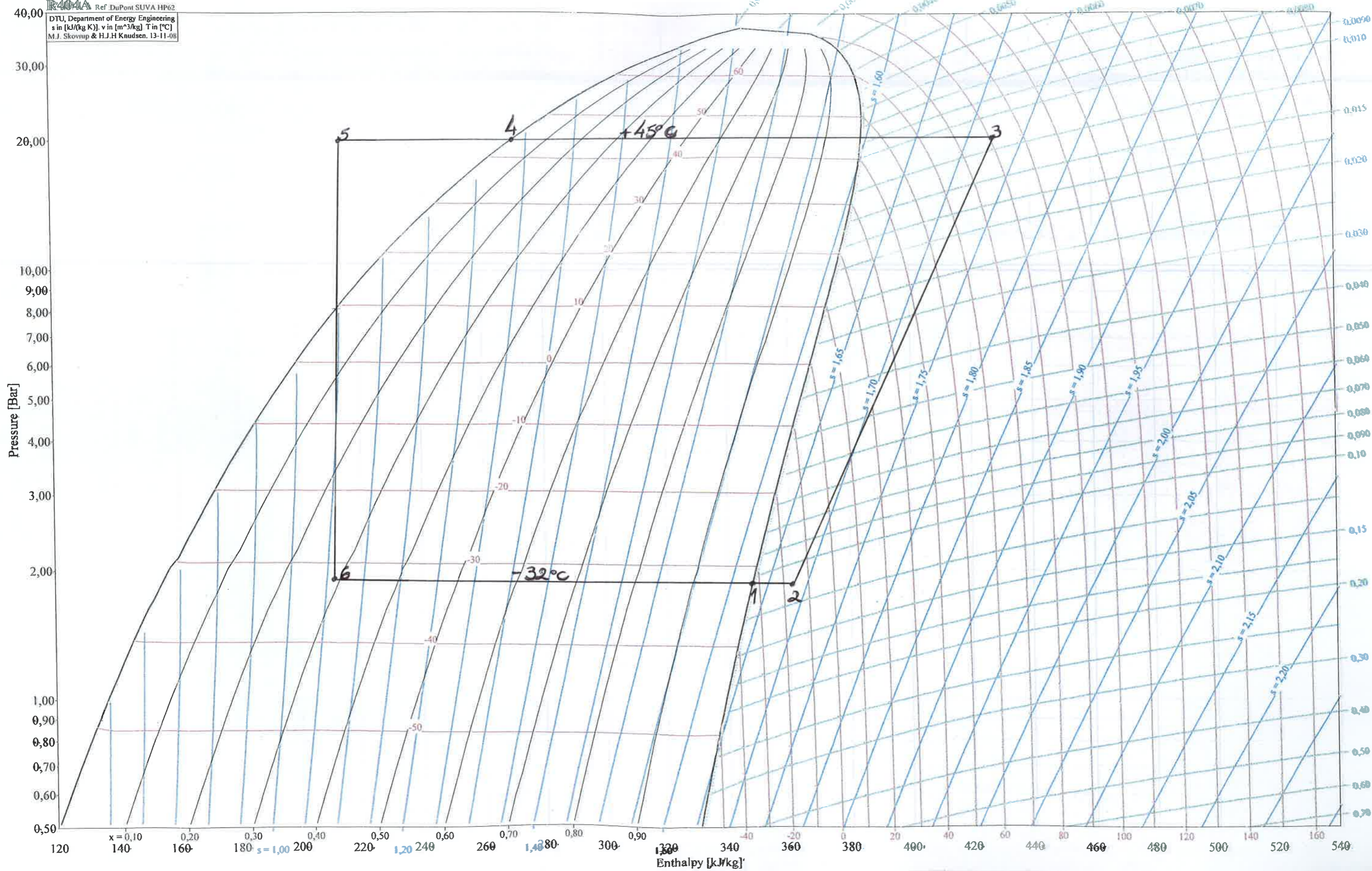
SIMBOLOGIA	
	Válvula de Seccionamento em Linha
	Válvula de Retenção
	Filtro Secador
	Redução Concêntrica
<hr/>	
	Válvula Eletromagnética
	Válvula de Expansão Termostática
	Ligação para manómetro
	Isolamento de tubagem
<hr/>	
	Válvula Regulação de Pressão de Evaporação com Abertura Irregular
<hr/>	
	Sonda de Temperatura, Humidade ou Pressão
<hr/>	
	Termómetro, Higrómetro ou Manómetro
<hr/>	
SIMBOLOGIA DE TUBAGEM	
	Linha de Aspiração
	Linha de Líquido AP
	Linha de Gás Quente



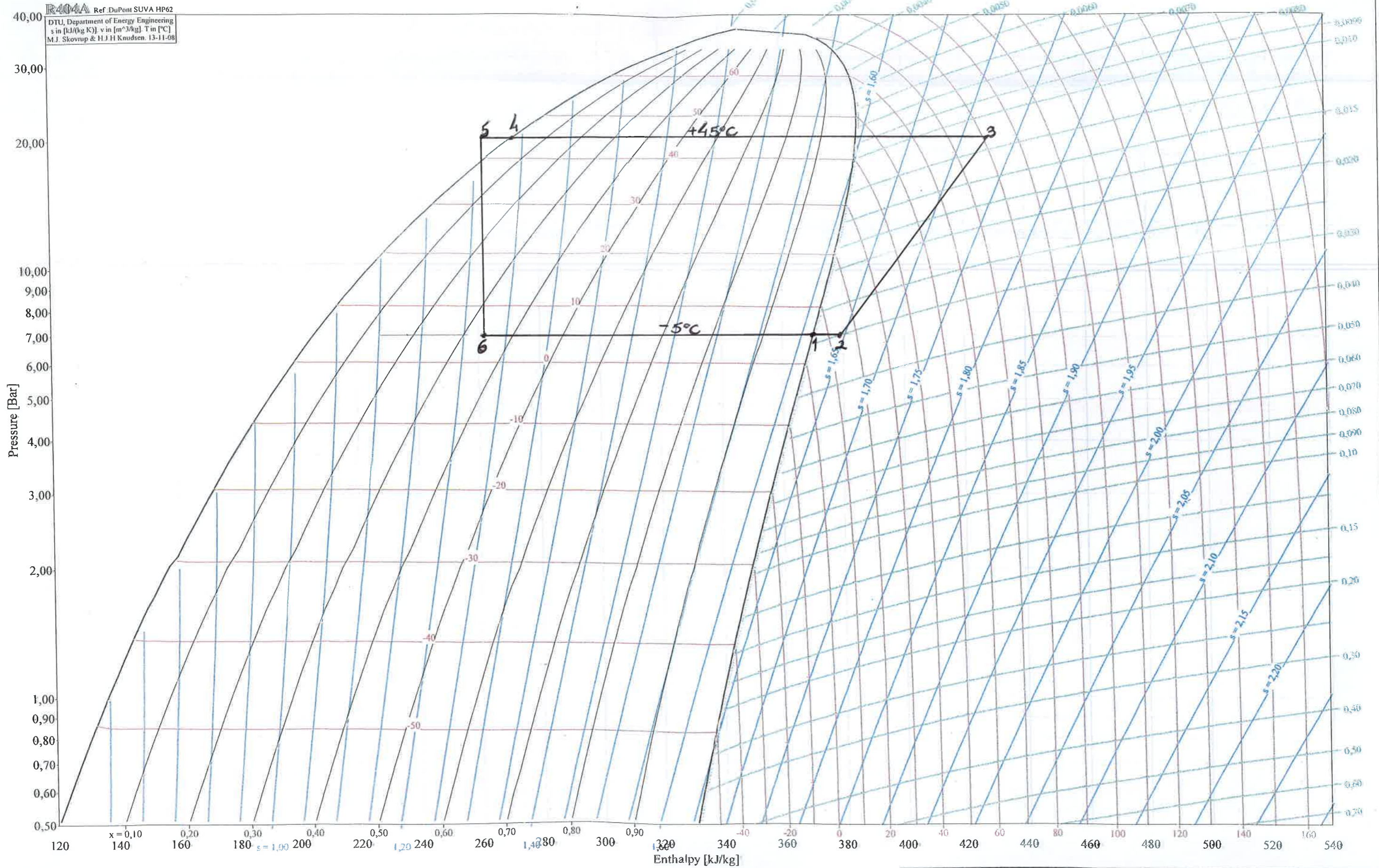
CLIENTE:			
ASSUNTO:		Projeto de Entrepósito Logístico em Luanda	
DESIGNAÇÃO:	ANEXO 5	DATA:	2013.11.29
Diagrama Frigorífico da Câmara Polivalente		ESC:	s/e
VERIFICADO:	DESENHO:	SUBST. D:	SUBST. P./:
Elsa Pereira			Nº DES:
REV.:			

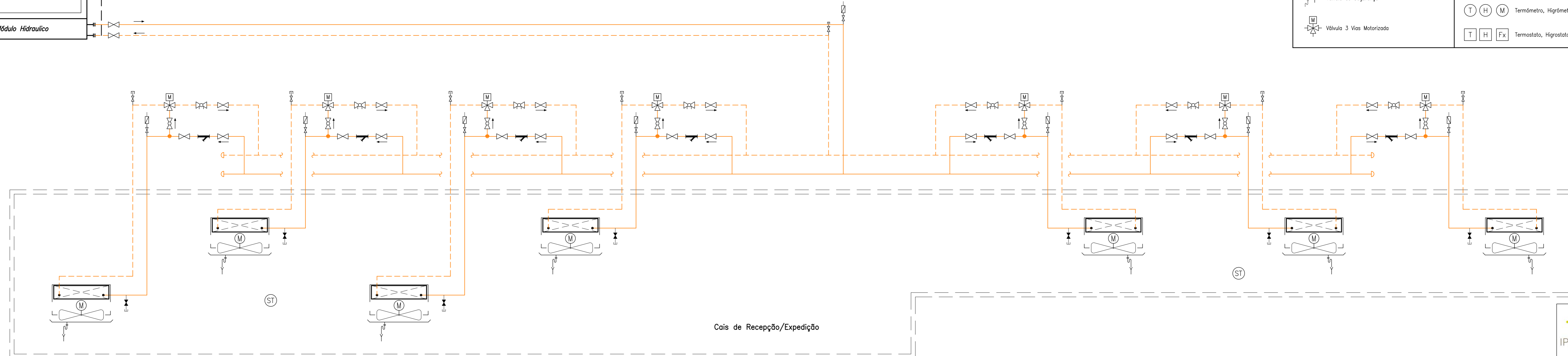
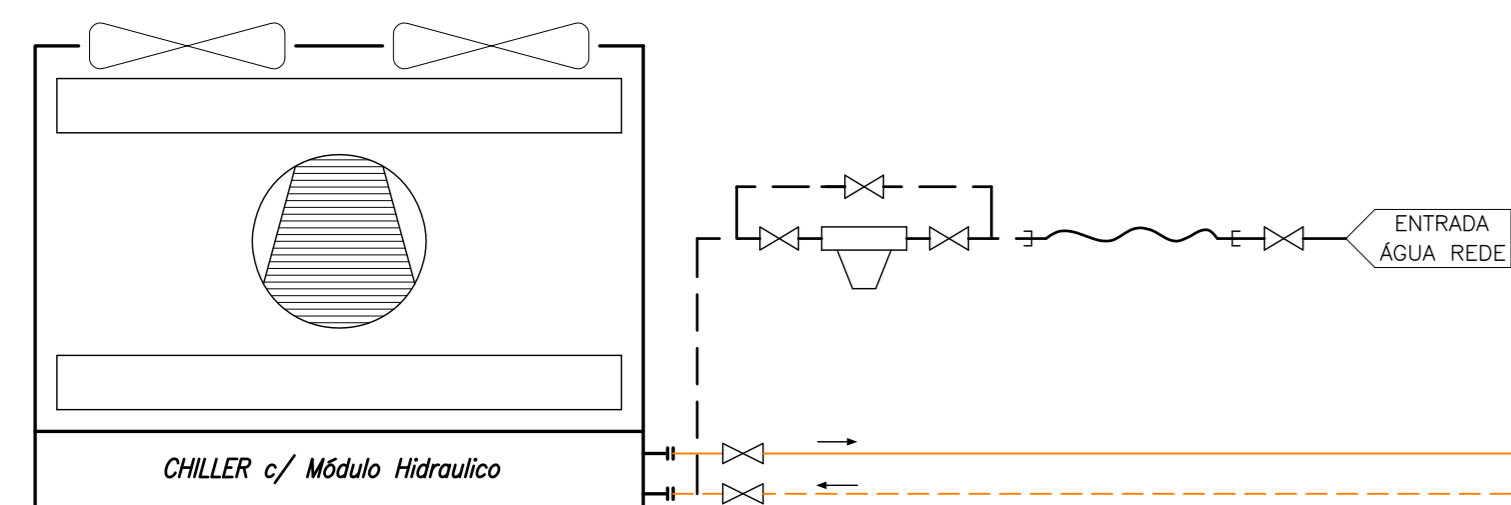
Este desenho é propriedade do Grupo SEABRAGLOBAL e não pode ser reproduzido ou comunicado sem a sua autorização escrita - As cotações deverão ser devidamente verificadas em obra

R404A Ref. DuPont SUVA HP62
 DTU, Department of Energy Engineering
 s in [kJ/(kg K)], v in [m³/kg] T in [°C]
 M.J. Skovrup & H.J.H. Knudsen, 13-11-08



R404A Ref. DuPont SUVA HP62
 DTU, Department of Energy Engineering
 s in [kJ/(kg K)], v in [m³/kg], T in [°C]
 M.J. Skovrup & H.J.H. Knudsen, 13-11-08





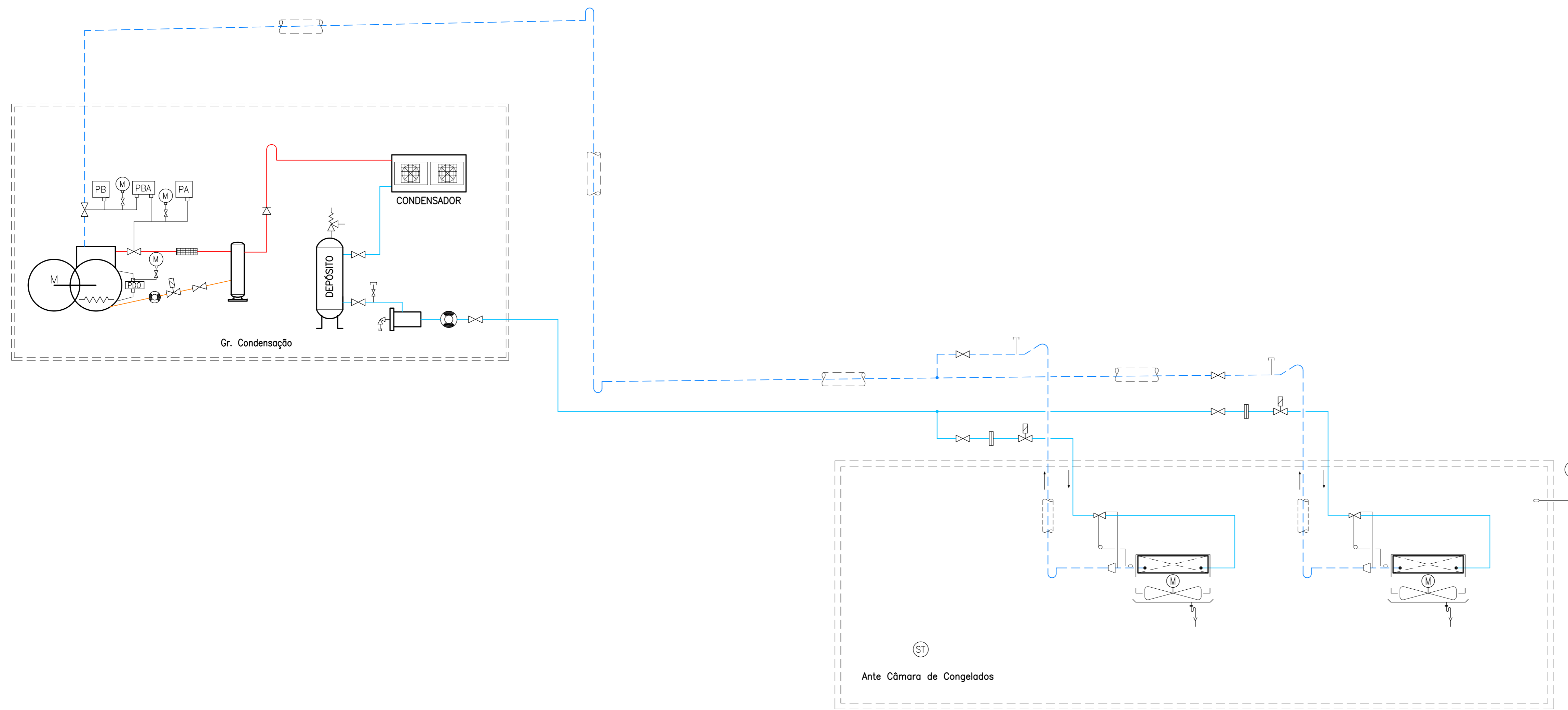
SIMBOLOGIA	
	Válvula M. Esférico < ou = a DN65
	Válvula de Globo > ou = a DN80
	Válvula Dupla Regulação
	Filtro c/ Crivo
	Redução Concêntrica
	Válvula de Segurança
	Válvula 3 Vias Motorizada
	Purgador Aut. Ar com Válv. M/Ext. tipo SPIROTOP da SPIROTECH
	Tratamento de Água
	Evaporador Duplo Fluxo
	Sonda de Temperatura, Humidade ou Pressão
	Termómetro, Higrómetro ou Manómetro
	Termostato, Higróstico ou Fluxostato

SIMBOLOGIA DE TUBAGEM	
	Retorno do Circuito de Glicol
	Ida do Circuito de Glicol

CLIENTE:	Projeto de Entrepósito Logístico em Luanda		
ASSUNTO:	ANEXO 9	DATA:	2013.11.29
VERIFICOU:	DESENHOU:	SUBST. O.:	ESC.: s/e
		SUBST. P.:	Nº DES.:
			REV.:

Este desenho é propriedade do Grupo SEABRASIL, e não pode ser reproduzido ou comunicado sem a sua autorização escrita - As cotações deverão ser devidamente verificadas em obra





SIMBOLOGIA

	Válvula de Seccionamento em Linha		Válvula Eletromagnética
	Válvula de Retenção		Válvula de Expansão Termostática
	Filtro Secador		Ligação para manómetro
	Redução Concentrica		Isolamento de tubagem
	Filtro Secador de cargas substituíveis		
	Visor de Líquido		

	Compressor Alternativo		Evaporador Duplo Fluxo
	Arranque em Vazio SU ("Start Unloading")		Separador de Óleo
	Controlo de Capacidade CR ("Capacity Regulation")		

	Sonda de Temperatura, Humidade ou Pressão		Pressostato Baixa ou Alta Pressão
	Termómetro, Higrómetro ou Manómetro		

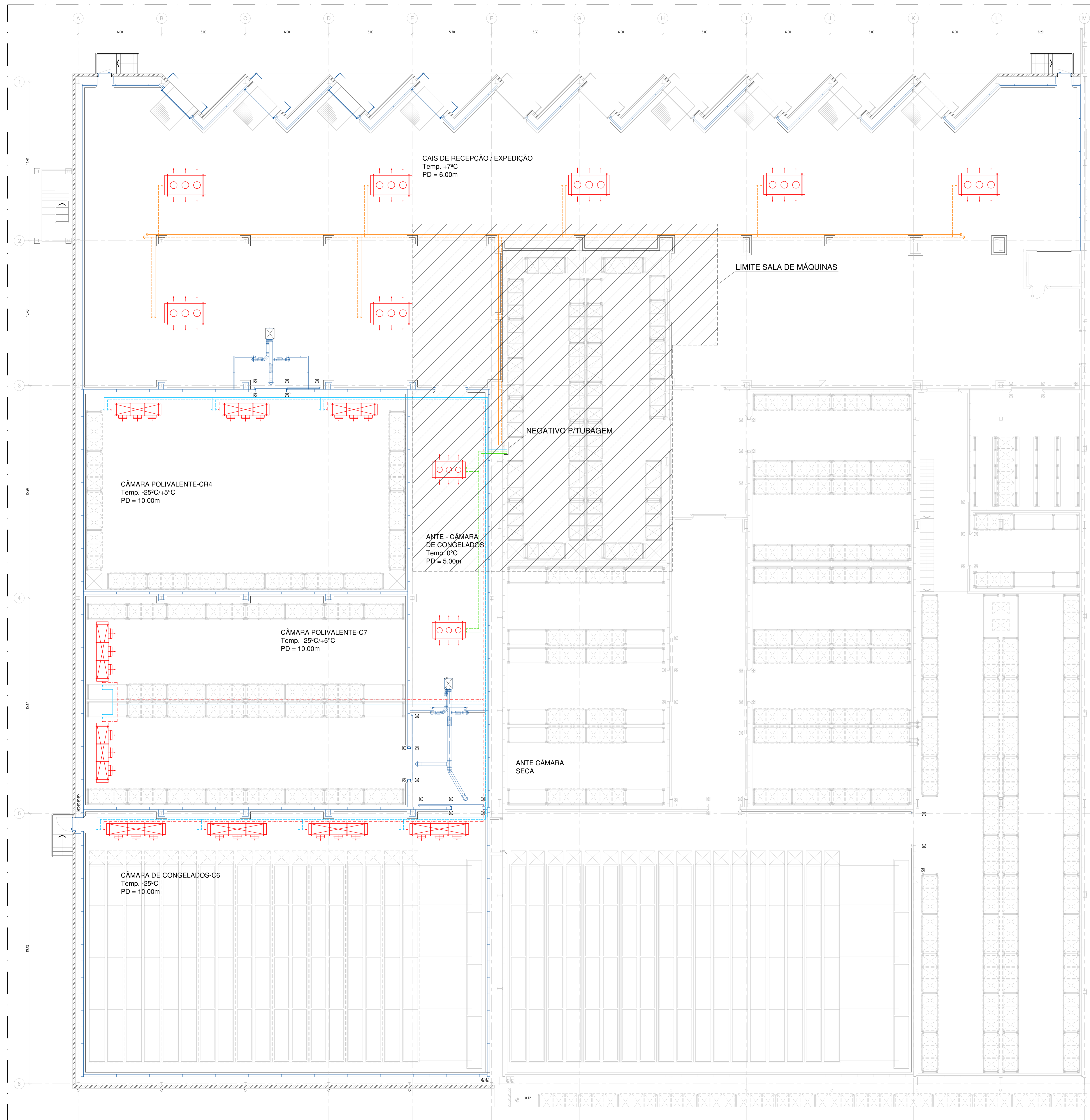
SIMBOLOGIA DE TUBAGEM

	Linha de Aspiração
	Linha de Líquido AP
	Linha de Descarga AP
	Linha de Óleo



CLIENTE:	Projeto de Entrepósito Logístico em Luanda		
ASSUNTO:	ANEXO 10	DATA:	2013.11.29
	Diagrama Frigorífico do Circuito de Refrigeração (R404a)	ESC:	s/e
VERIFICOU:	DESENHOU:	SUBST. O:	SUBST. P. J:
		Nº DES:	REV.:

Este desenho é propriedade do Grupo SEABRASIL, e não pode ser reproduzido ou comunicado sem a sua autorização escrita - As cotas indicadas deverão ser devidamente verificadas em obra



SIMBOLOGIA DE TUBAGEM

	Aspiração do Circuito de Polivalentes e Congelados
	Líquido do Circuito de Polivalentes e Congelados
	Gás Quente do Circuito de Polivalentes e Congelados
	Aspiração do Circuito de Refrigerados
	Líquido do Circuito de Refrigerados
	Aspiração do Circuito de Glicol
	Líquido do Circuito de Glicol



