

Bem vindo ao
Mundo

Sitzzen



Prepare-se:
O futuro já começou!



...Nós somos o
futuro!



A Tecnologia
Que a Natureza
Exige!

Difusão do uso de Fluidos Alternativos em Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado

Brasília

16 de Junho, 2011

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Utilização do CO₂ em sistemas de refrigeração para supermercados

Brasília

16 de Junho, 2011

Engº Alessandro da Silva

alessandro.silva@bitzer.com.br

Tel.(11) 4617-9138 / Cel.(11) 9196-1808

www.bitzer.com.br

- ❑ Tópico 1: Introdução
- ❑ Tópico 2: Características e Propriedades do R744 (CO₂)
- ❑ Tópico 3: Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 (CO₂)
- ❑ Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744 (CO₂)
- ❑ Tópico 5: Componentes do Sistema com R744 (CO₂)
- ❑ Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744 (CO₂)
- ❑ Tópico 7: Um assunto importante ...



Introdução ao R744 (CO₂)

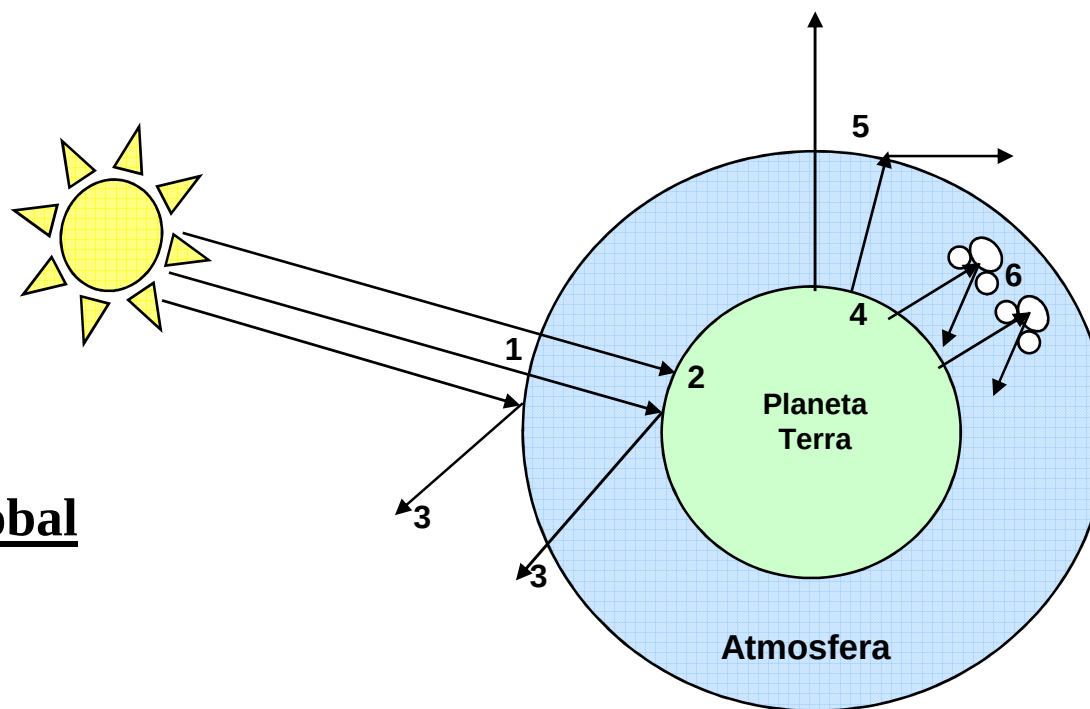
Tópico 1: Introdução



Quais as razões para utilizar os refrigerantes alternativos?

As razões para a substituição dos CFC/HCFC em favor dos refrigerantes ecologicamente correto, especialmente os refrigerantes naturais, são:

- ❑ Eliminar os refrigerantes que destroem a **Camada de Ozônio**
- ❑ Eliminar os refrigerantes que contribuem para o **Aquecimento Global** (Efeito Estufa)



Tópico 1: Introdução



Quais são os refrigerantes CFC's & HCFC's?

➤ CFC : Clorofluorcarbono

Composto químico de alto poder de destruição da Camada de Ozônio (ODP), pois contém Cloro e Fluor e são poderosos Gases Estufa

Exemplo: **R11, R12, R13** (ODP: 1,0; 0,82; e 1,0)

➤ HCFC: Hidroclorofluorcarbono

Composto químico de menor destruição da Camada de Ozônio (ODP), pois contém Cloro, Fluor e Hidrogênio e são poderosos Gases Estufa

Exemplo: **R22, R123** (ODP: 0,05 e 0,014)

Tópico 1: Introdução



Quais são os refrigerantes HFC's?

➤ **HFC: Hidrofluorcarbono**

Livre de cloro, composto químico com zero de ODP, pois possui apenas Hidrogênio e Fluor e são poderosos Gases Estufa

Exemplos: **R134a, R404A, R407C, R410A, R507** (ODP: 0,0)

Tópico 1: Introdução



Quais são os refrigerantes **NATURAIS**?

➤ **NATURAIS: Hidrocarbonetos, Amônia e Dióxido de Carbono**

Livre de Cloro, compostos químicos com Zero ODP, pois possuem somente Hidrogênio, Carbono, Oxigênio e Nitrogênio (ODP: 0,0), com baixo ou nenhum efeito estufa.

Exemplos: **R290, R600a, R717, R744**

Aplicações dos refrigerantes **NATURAIS**

- ❑ **R600a** : Refrigeradores domésticos (no momento)
- ❑ **R290** : Refrigeração comercial menor porte (no momento)
- ❑ **R717** : Refrigeração industrial
- ❑ **R744** : Refrigeração comercial e industrial

Tópico 1: Introdução



Qual é o elemento químico dos CFC's & HCFC's que causa a destuição do Ozônio?

❑ **Cloro (Cl)**

A data para eliminação dos HCFC's em favor dos refrigerantes ecologicamente corretos é:

1974 > 1987 > 1995 > 1996 >>>> 2004 >>>> 2010 >>>> 2015 >>>> 2020

Produção	Reduções na produção em
Congelamento	35% 65% 90% 100%

1 Jan 2004 Eliminação dos equip. com R22 nos países EU

- ❑ Destruição do Ozônio significa aumentar a radiação UV que atinge a Terra!
- ❑ Os gases estufa causam elevação na temperatura média da Terra!

Tópico 1: Introdução



Comparação do Impacto Ambiental dos Refrigerantes

Nº Refrigerante	Nome	Fórmula Química ou Mistura de Refrigerantes	ODP	GWP 100 anos	Grupo de Segurança (Ashrae)
R22	Clorodifluorometano	CHClF_2	0,05	1500	A1
R404A	Mistura HFC	R125/R134a/R143a	0	3260	A1/A1
R507A	Mistura HFC	R125/R143a	0	3300	A1
R290	Propano	C_3H_8	0	3	A3
R717	Amônia	NH_3	0	0	B2
R744	Dióxido de Carbono	CO_2	0	1	A1



Características e Propriedades do Refrigerante R744 (CO₂)

Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Características e Propriedades

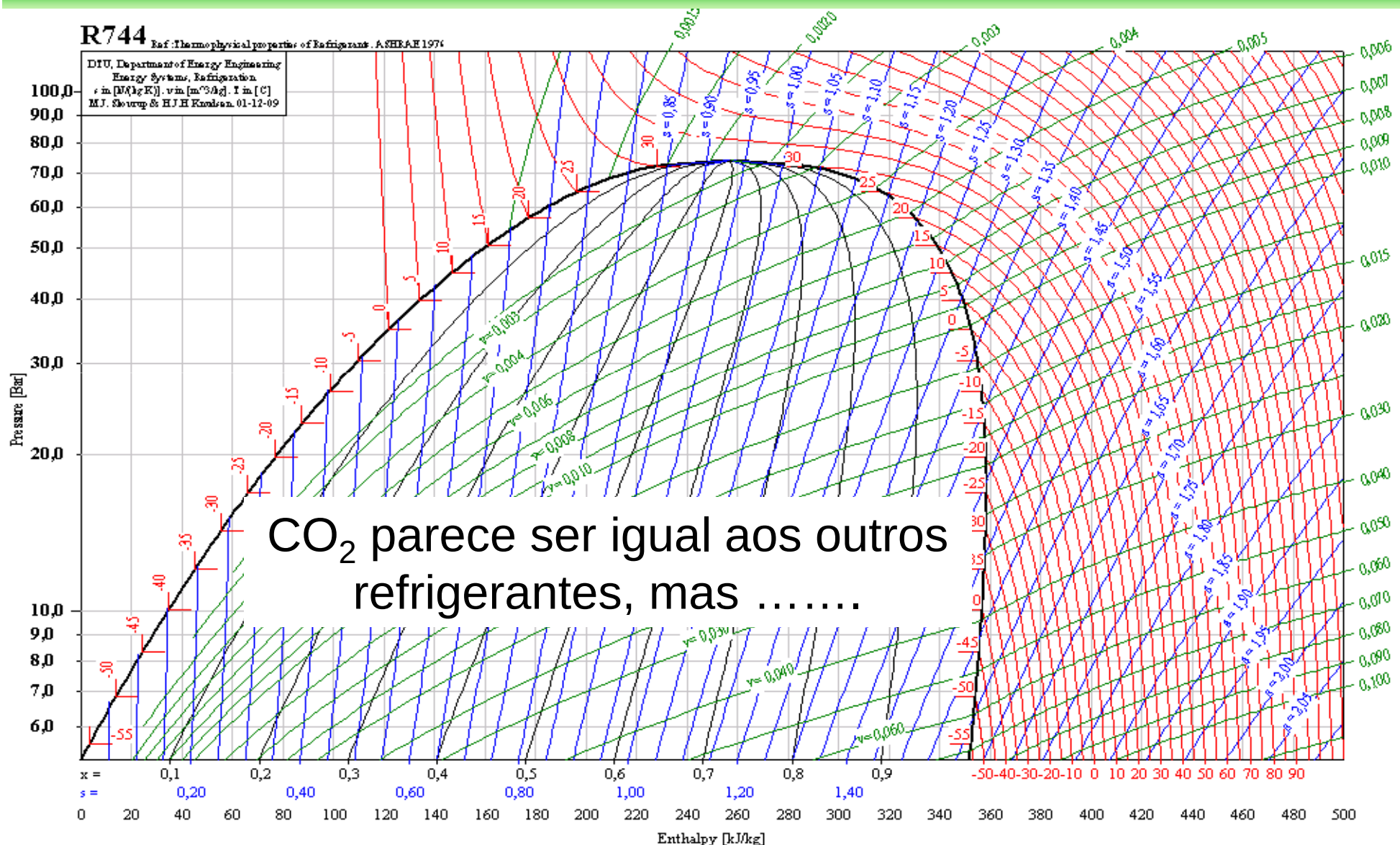


(Dióxido de Carbono - R744)

- ☐ Substância 100% natural
- ☐ Refrigerante classificado como não-tóxico e não- inflamável
- ☐ Fonte disponível na atmosfera
- ☐ Concentração no ar atmosférico é de aprox. 0,04% (volume) = 400ppm
- ☐ Refrigerante puro – não há temperatura glide

Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Diagrama P - H



Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Diagrama P - H

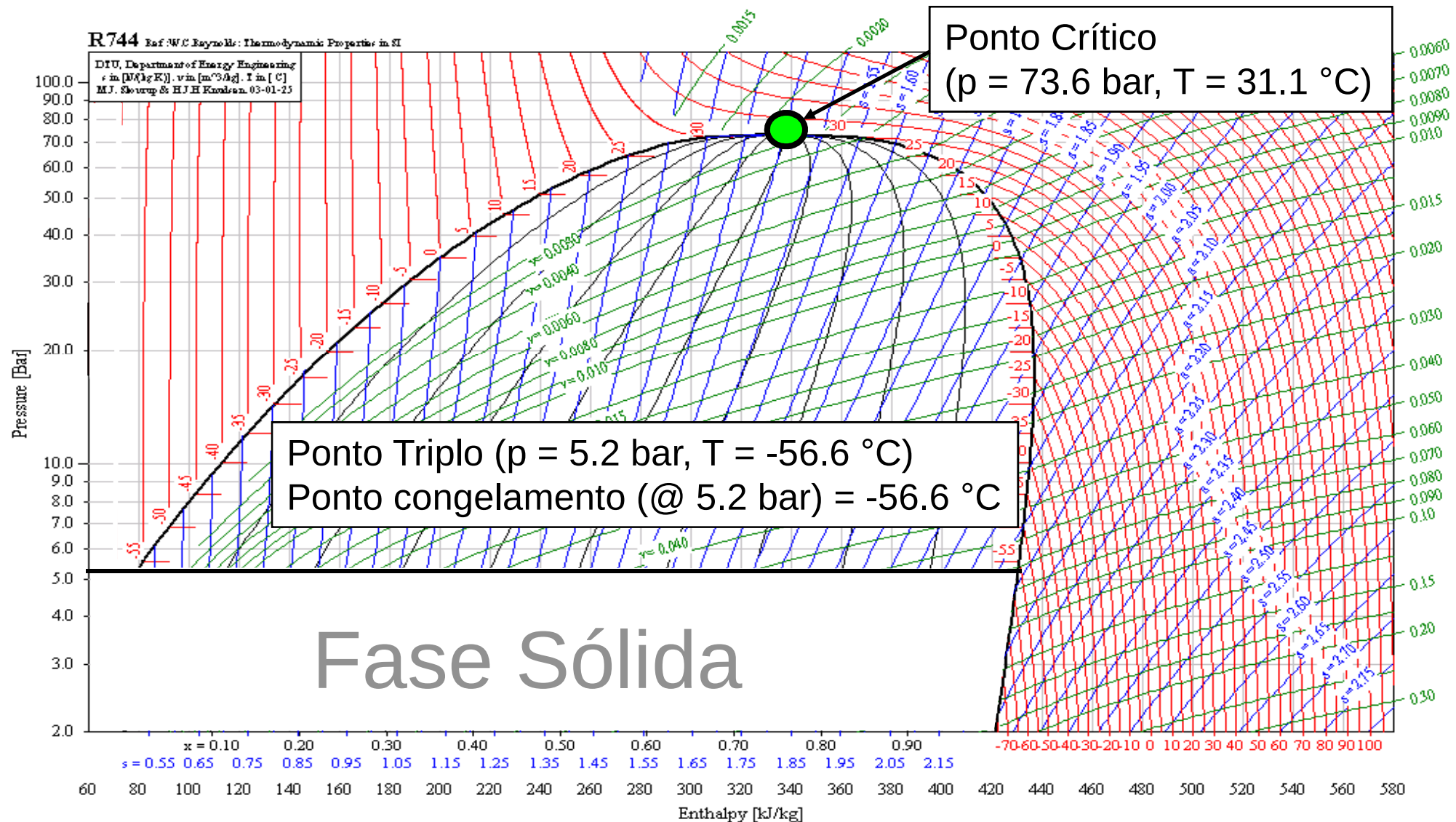
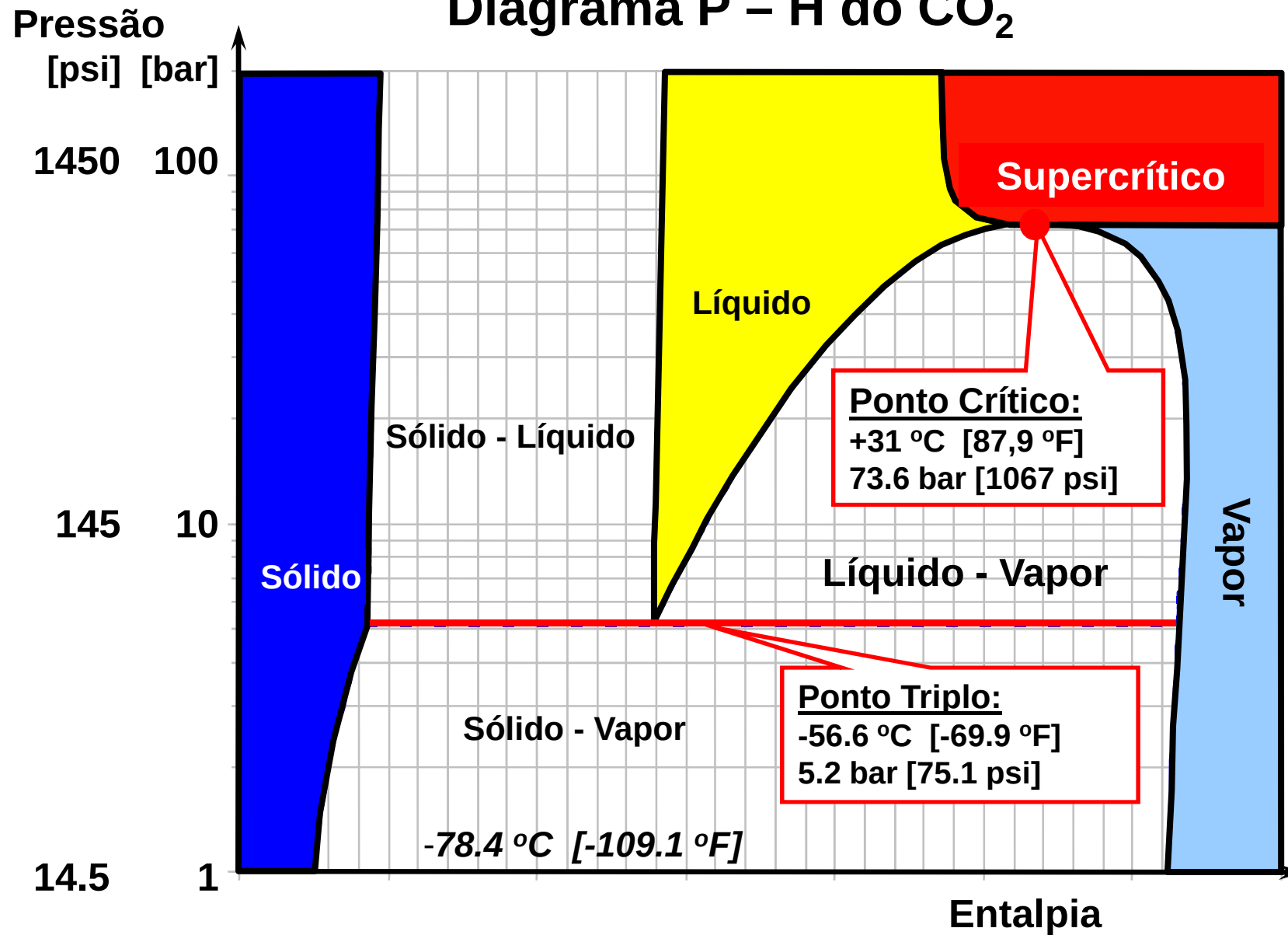


Diagrama P – H do CO₂



Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Definição do Ponto Triplo e Ponto Crítico

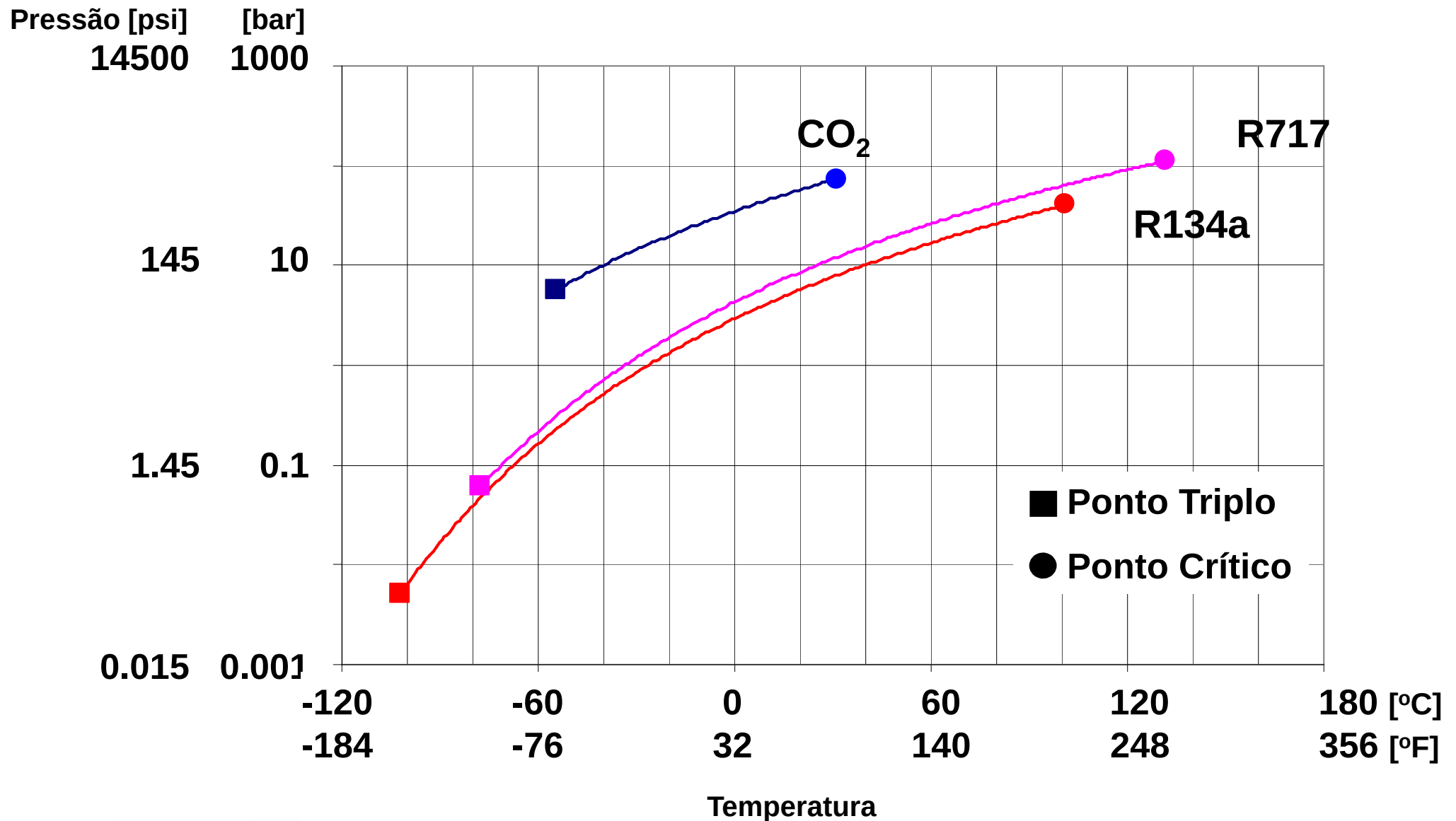


- ❑ **O Ponto Triplo** de uma substância é o valor de pressão e temperatura onde os três estados (sólido, líquido e vapor) co-existem neste ponto.
 - O Ponto Triplo do CO₂ é alto (-56.6°C)
 - Os refrigerantes mais utilizados têm suas temperaturas no Ponto Triplo variando de -77,7°C (R717) e abaixo...

- ❑ **O Ponto Crítico** de um refrigerante é aquela temperatura e/ou pressão acima da qual o mesmo não poderá mais ser liquefeito.
 - A Temperatura Crítica do CO₂ é baixa (31.1°C)
 - Os refrigerantes mais utilizados têm suas Temperaturas Críticas no intervalo de 72°C (R404A) a 132,4°C (R717)

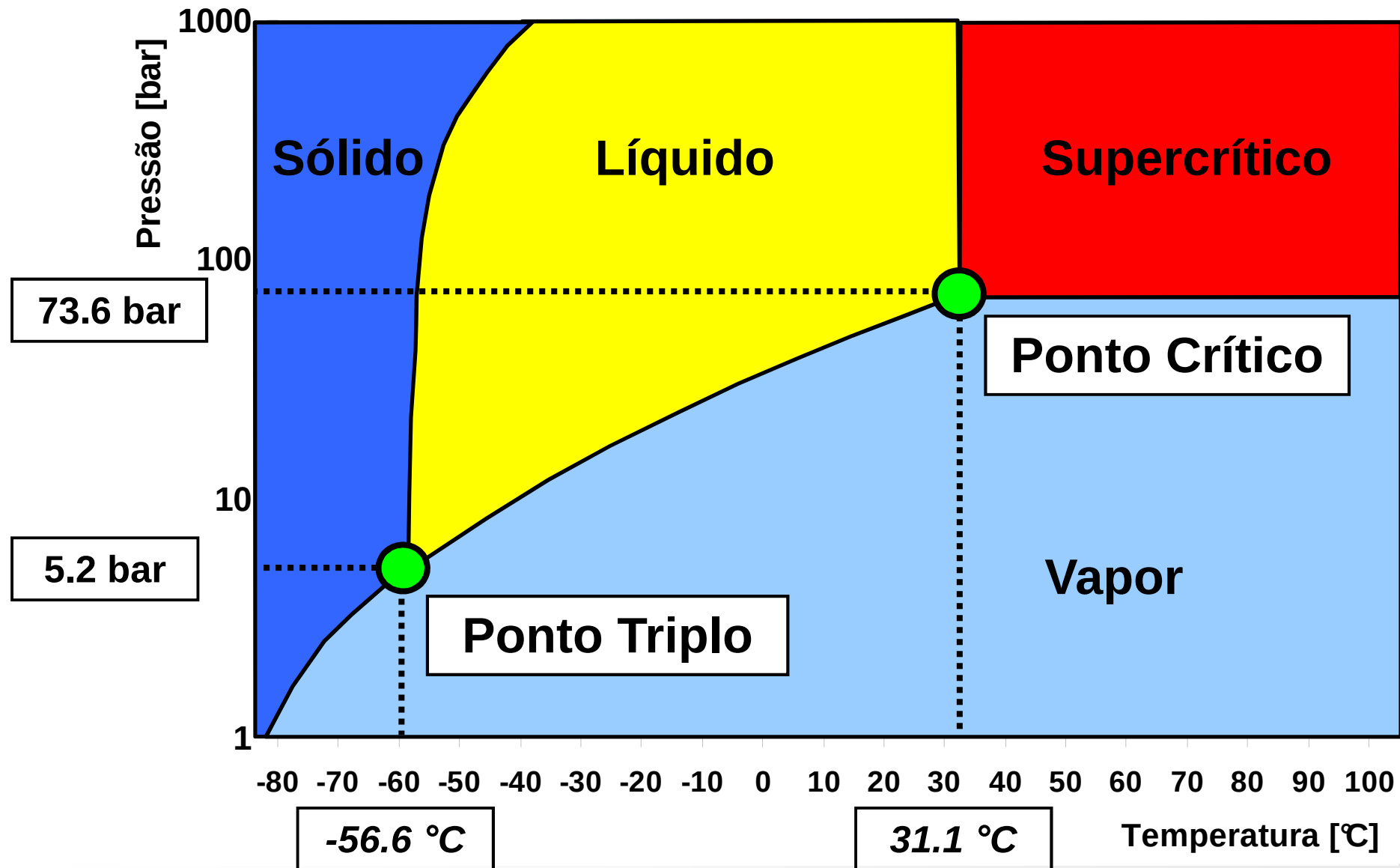
Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Diagrama P - T



Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Diagrama de fases

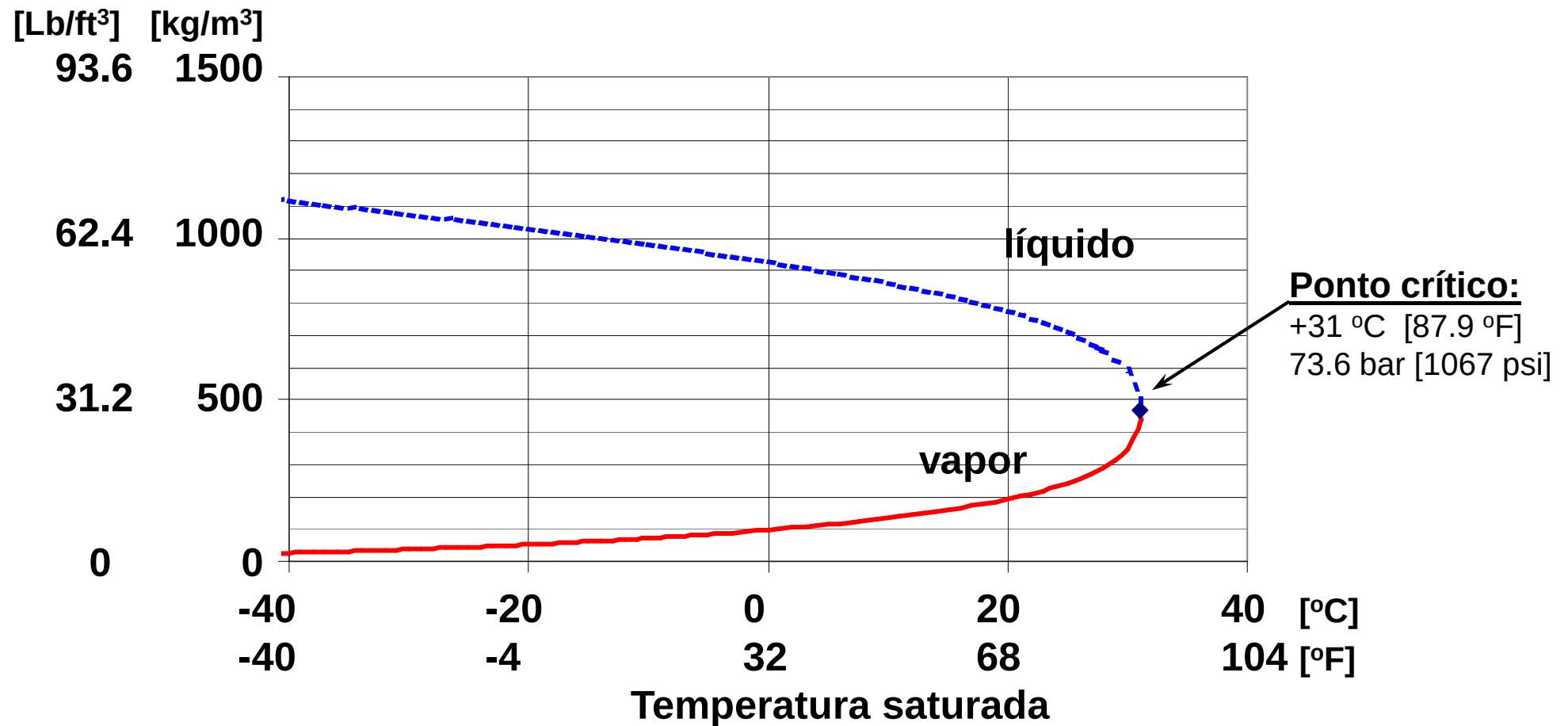


Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Densidade do CO₂ líquido / vapor



Densidade



Tópico 2: Fundamentos do Dióxido de Carbono

Tabela P-T



Exemplo da Relação de compressão: Te= -30°; Tc= -10°C	Ponto Crítico	°C	kPa	PSI	
		-56.57	417	60	
		-50	582	84	
		-45	732	106	
		-40	899	131	
		-35	1102	160	
Pressão Sucção		-30	1327	193	P. manométrica
Pressão Descarga		-25	1582	230	
		-20	1869	271	
		-15	2190	318	
		-10	2548	370	
		-5	2945	427	
		0	3384	491	
		5	3867	561	
		10	4399	638	
		15	4985	723	
		20	5625	816	
		25	6331	919	
		31.06	7281	1057	Temp Crítica

Taxa Compressão =
1,85



Menor desgaste mecânico do compressor e, conseqüentemente maior vida útil!



Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 (CO₂)

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Questões de segurança

Os refrigerantes são divididos em três grupos de acordo com a reação provocada no corpo humano:

☐ Aqueles com cheiro forte e efeito tóxico agudo:

✓ Amônia R717 (NH₃); Dióxido de Enxofre R764 (SO₂); Clorometano R40 (CH₃Cl) (Cloreto de Metila)

☐ Aqueles que não apresentam nenhum cheiro particular ou efeito tóxico a curto prazo:

✓ HFC's, HC's, Nitrogênio (N₂)

☐ Aqueles que estão envolvidos diretamente no processo respiratório:

✓ Ar R729, Dióxido de Carbono R744 (CO₂)

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Questões de segurança

- ☐ O importante é saber que todos estes gases poderão matar uma pessoa pela simples falta de **oxigênio** através do deslocamento do **ar**.
- ☐ Se um gás “**asfixiante**” for introduzido mecanicamente dentro de um ambiente fechado, imediatamente o **ar** será deslocado e forçado a sair na mesma proporção com que este gás está sendo forçado a entrar nesse ambiente.
- ☐ Um sistema de condicionamento de ar com vazamento no evaporador introduziria, por exemplo, o **R22** no ambiente e, conseqüentemente com o aumento da pressão interna, o **ar** também seria forçado a sair desse ambiente através das pequenas aberturas em torno das portas, janelas, etc.

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Efeitos da redução do Oxigênio no corpo humano

- ☐ 21% - atmosfera normal
- ☐ 16% - respiração forçada
- ☐ 14% - locomoção forçada
- ☐ 12% - pensamento confuso
- ☐ 10% - náusea, vomito, colapso
- ☐ 8% - perda da consciência
- ☐ 6% - falha no aparelho respiratório

A atmosfera da Terra, por volume, consiste em aproximadamente **79,1% de Nitrogênio**, **20,9% de Oxigênio**, **0,036% de Dióxido de Carbono (360ppm)** e pequenas quantidades de outros gases.

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Questões de segurança

❑ O Dióxido de Carbono não é somente um gás asfixiante, mas também um agente narcótico; sendo o mais potente vasodilatador cerebral já conhecido.

(**vasodilatador**: é uma substância que aumenta o tamanho dos vasos sanguíneos do corpo humano, alongando suas fibras musculares e, conseqüentemente reduz a pressão sanguínea).

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



A concentração de CO₂ no ar atmosférico que respiramos é de 0,036%, se aumentarmos esse nível de concentração, poderão ocorrer os seguintes fatores:

- ❑ **2%** = 50% de aumento da frequência respiratória
- ❑ **3%** = 100% de aumento no ritmo respiratório, limite de 10min para curta exposição
- ❑ **5%** = 300% de aumento no ritmo respiratório, depois de uma hora pode aparecer dor de cabeça e suor. (É tolerado pela maioria das pessoas, porém representa uma carga física)
- ❑ **8%** = Limite de exposição por curto período de tempo
- ❑ **8-10%** = Dor de cabeça depois de 10 ou 15 minutos. Enjôos, vertigem, zumbido nos ouvidos, elevada taxa de batimentos cardíaco, excitação e vômitos.
- ❑ **10-18%** = Depois de uma exposição curta aparecem ataques epiléticos, perda da consciência e choque (as vítimas se recuperam rapidamente com o ar fresco)
- ❑ **18-20%** = Sintomas similares aos de uma trombose..."coma" seguido de "morte"!

(A trombose é o resultado da formação de coágulos, ou trombos, quando algum fator lesa a parede dos vasos sangüíneos ou faz o sangue estagnar no seu interior.)

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



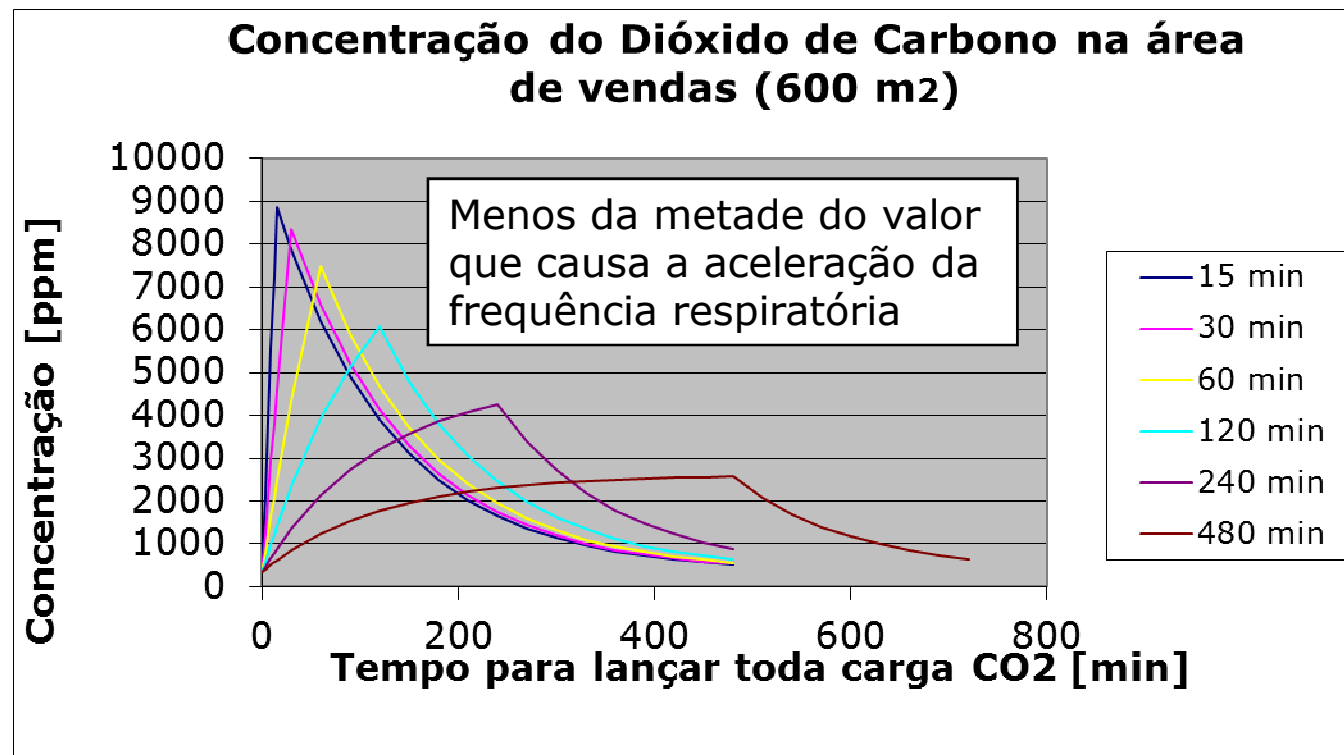
Refrigerante	Código HAZCHEM	Ponto Ebulição (°C)	Código Segurança Ashrae	PERIGO	TLV / TWA (ppm)
R744	2RE	-78,5	A1	Asfixiante	5000
R410A	2RE	-52,2	A1	Asfixiante em altas concentrações	1000
R404A	2RE	-46,8	A1	Asfixiante em altas concentrações	1000
R507	2RE	-46,7	A1	Asfixiante em altas concentrações	1000
R407C	2RE	-43,0	A1	Asfixiante em altas concentrações	1000
R22	2RE	-40,7	A1	Asfixiante em altas concentrações	1000
R134a	2RE	-26,2	A1	Asfixiante em altas concentrações	1000
R717	2RE	-33,4	B2	Tóxico por inalação	25

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



TOXIDADE



- Potencial de risco somente na sala de máquina (detector de vazamento)
- Risco muito baixo na área de vendas

fonte: Epta - ALL - CO₂ SUPERMARKET REFRIGERATION SYSTEMS

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Equipamentos de Proteção Individual

- ❑ Ao trabalhar com equipamento que utiliza o CO₂, devemos ter uma mudança de cultura na maneira pela qual lidamos com os equipamentos de proteção individual.
- ❑ Tem sido por muito tempo uma prática aceita pelo pessoal envolvido com o setor de refrigeração, principalmente os que trabalham no campo, de usar qualquer tipo de roupa durante o trabalho envolvendo os refrigerantes Fluorocarbonos.
- ❑ Para se proteger dos ferimentos graves, devemos então seguir as recomendações da Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional ao trabalhar com os sistemas de refrigeração que utilizam o CO₂ como fluido refrigerante.
- ❑ As queimaduras criogênicas de baixa temperatura ocorrerão na pele em contato com o Dióxido de Carbono líquido.

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



EPI's necessários para trabalhar com o CO₂:

☐ Óculos de segurança

- ✓ Óculos de segurança com proteção lateral
- ✓ Utilizar lentes específicas durante o trabalho de solda oxiacetilênica e processos correlatados

☐ Calçados de segurança

- ✓ Botas de segurança de proteção ocupacional (a prova de água)
- ✓ Sapatos de segurança de biqueira de aço para manuseio de cilindros CO₂

☐ Roupas de segurança

- ✓ Calça cumprida de algodão
- ✓ Camisa de manga longa de algodão
- ✓ Macacão com manga longa (opcional)
- ✓ Jaqueta de manga longa para proteção do frio (vazamento de CO₂)

☐ Luvas de proteção

- ✓ Luvas de raspa de couro com palmas reforçadas

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Comparação das Densidades dos refrigerantes

Refrigerante	Nome Comum	Massa Mol g/mol	Densidade Vapor @ 15°C@1atm (101,3kPa.abs) kg/m ³	Densidade Relativa Ar = 1
R717	Amônia – NH ₃	17	0,72	0,595
R729	Ar	29	1,21	1,00
R744	Dióxido de Carbono - CO ₂	44	1,85	1,53
R290	Propano – C ₃ H ₈	44	1,87	1,55
R600a	Isobutano - C ₄ H ₁₀	58	2,5	2,07
R410A	R32/R125	72,6	3,07	2,54
R407C	R32/R125/R134a	86,2	3,66	3,03
R22	Clorodifluorometano - CHClF ₂	86,5	3,67	3,03
R404A	R143a/R125/R134a	97,6	4,15	3,43
R134a	Tetrafluoroetano - CH ₂ FCF ₃	102	4,36	3,61
R12	Diclorodifluorometano - CCl ₂ F ₂	121	5,16	4,27

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Dispositivos e Métodos de Proteção Individual

- ❑ Todas as salas de máquinas e outras áreas de trabalho que contenham gases industriais necessitam ser bem ventiladas, incluindo o ar que também precisa ser renovado regularmente.
- ❑ Devido à densidade do CO₂ e dos possíveis efeitos letais de um vazamento, os monitores de CO₂ deverão ser instalados em todas as áreas onde o vapor de CO₂ poderá acumular em grandes quantidades, ou afetar a equipe de funcionários do estabelecimento ou o público em geral.

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Os monitores de CO₂ deverão ser instalados nas seguintes áreas:

- ✓ Salas de máquinas
- ✓ Câmaras de congelados
- ✓ Câmaras de resfriados
- ✓ Câmaras de “Walk-in cooler”
- ✓ Ilhas de congelados
- ✓ Balcões de laticínios
- ✓ Qualquer gabinete ou balcão refrigerado que utiliza o CO₂ como refrigerante

Os monitores de CO₂ são instalados para acionar o sistema de exaustão de ar e/ou alertar a equipe de funcionários / manutenção / gerência do estabelecimento em caso de vazamento de CO₂, o pessoal de manutenção deverá tomar as ações necessárias para conter o vazamento do sistema.

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Sensores de Detecção de CO₂

❑ O sensor de detecção de CO₂ (monitor) deverá ser instalado o mais próximo possível do piso, pois em caso de vazamento, o CO₂ irá acumular no ponto mais baixo do ambiente.

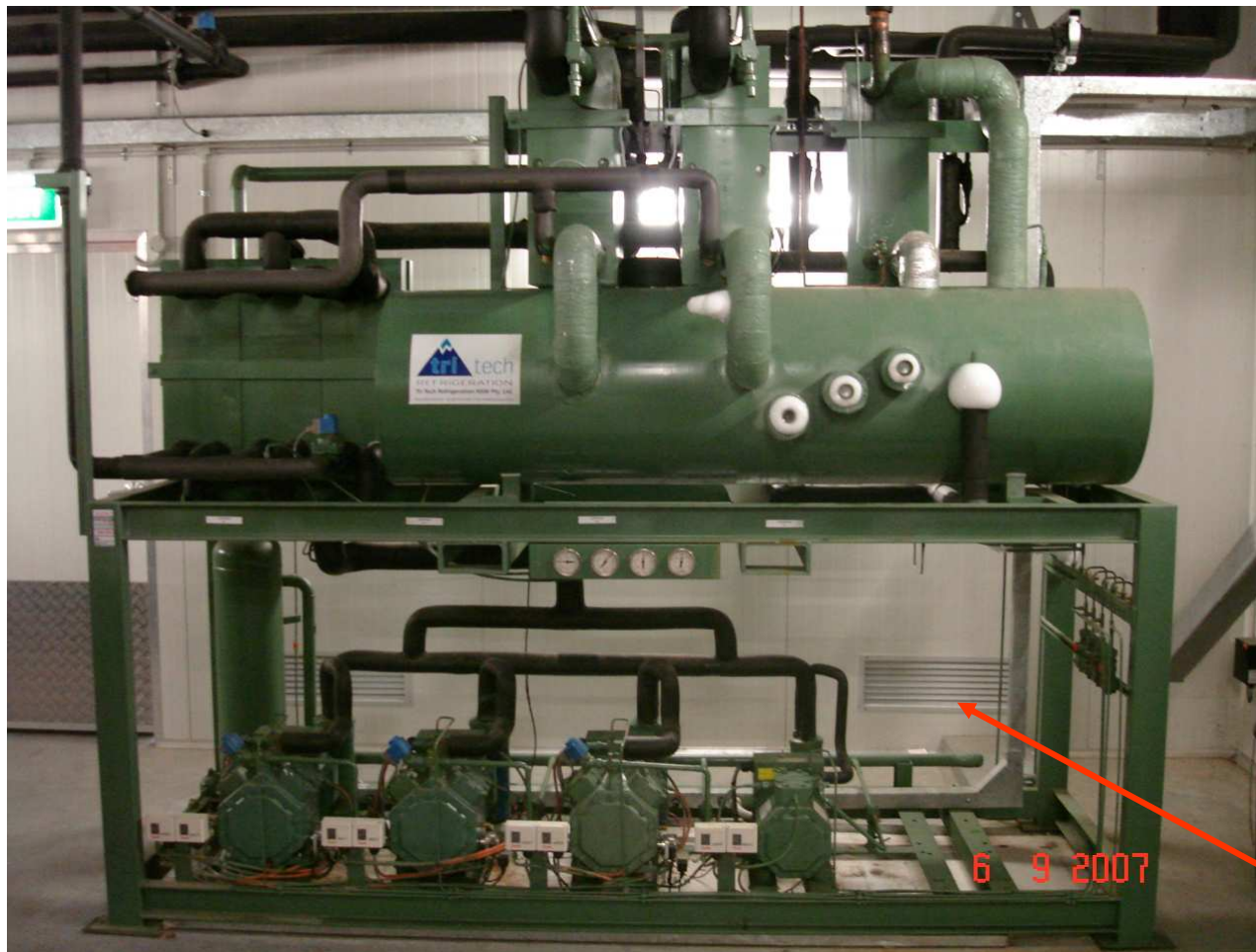
- ✓ O sensor de CO₂ tem uma faixa de 1 – 10.000 ppm
- ✓ O sensor de CO₂ é do tipo infravermelho
- ✓ Os limites de alarme do sensor de CO₂ deverão ser de 500 – 9.000 ppm
- ✓ O tempo de resposta do sensor de CO₂ deverá ser de 0 segundos

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



Exemplo de monitoramento de CO₂



Sensor de CO₂

Sistema de
exaustão de ar

Tópico 3:

Segurança dos Sistemas Aplicados com R744 CO₂



- ❑ Recomenda-se também que o técnico responsável pela manutenção tenha sempre em mãos um detector portátil para monitoramento do nível de CO₂ nos ambientes.

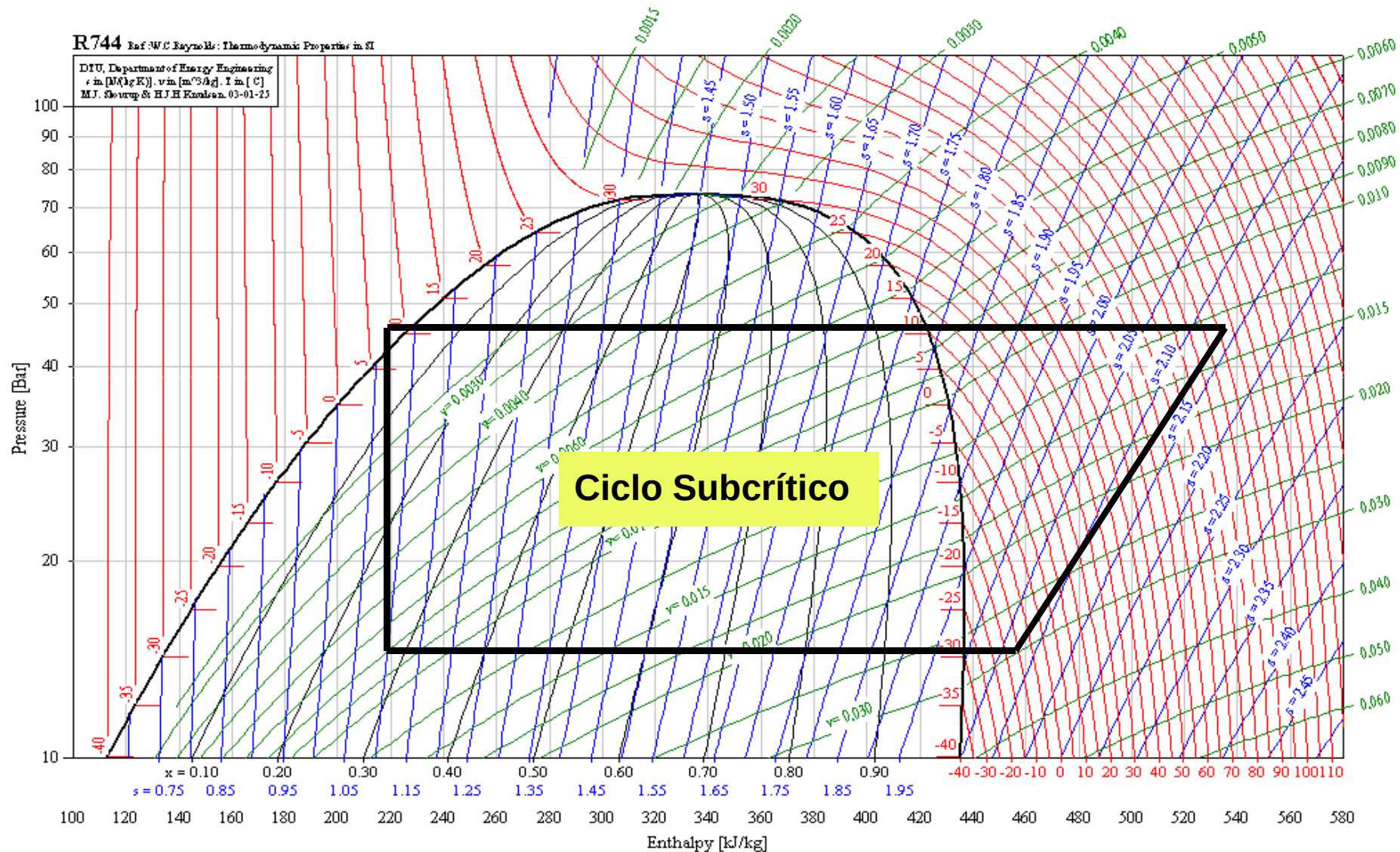




Sistemas de Refrigeração com R744 (CO₂)

Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744

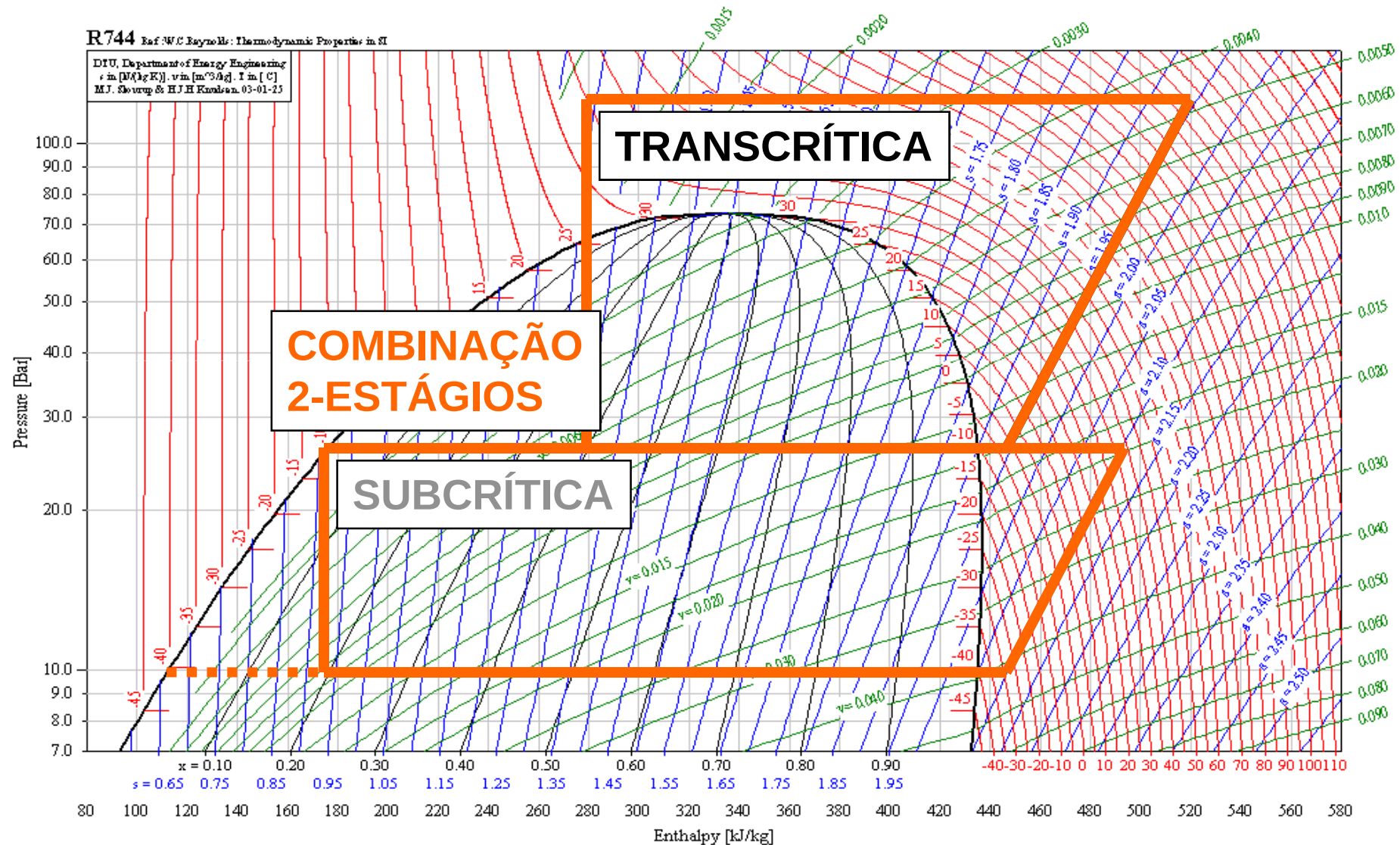
Ciclo subcrítico





Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744

Operação transcritical e subcrítica



Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



A seguir serão apresentados alguns exemplos simplificados de Sistemas com CO₂

Etapa de alta presión
R134a (R404A) -10 / 45°C

Compresores R134a
(R404A)

Condensador a Aire

Intercambiador de calor
CO₂ / R134a (R404A)

CO₂

Etapa de baja presión
R744 -35 / -5°C

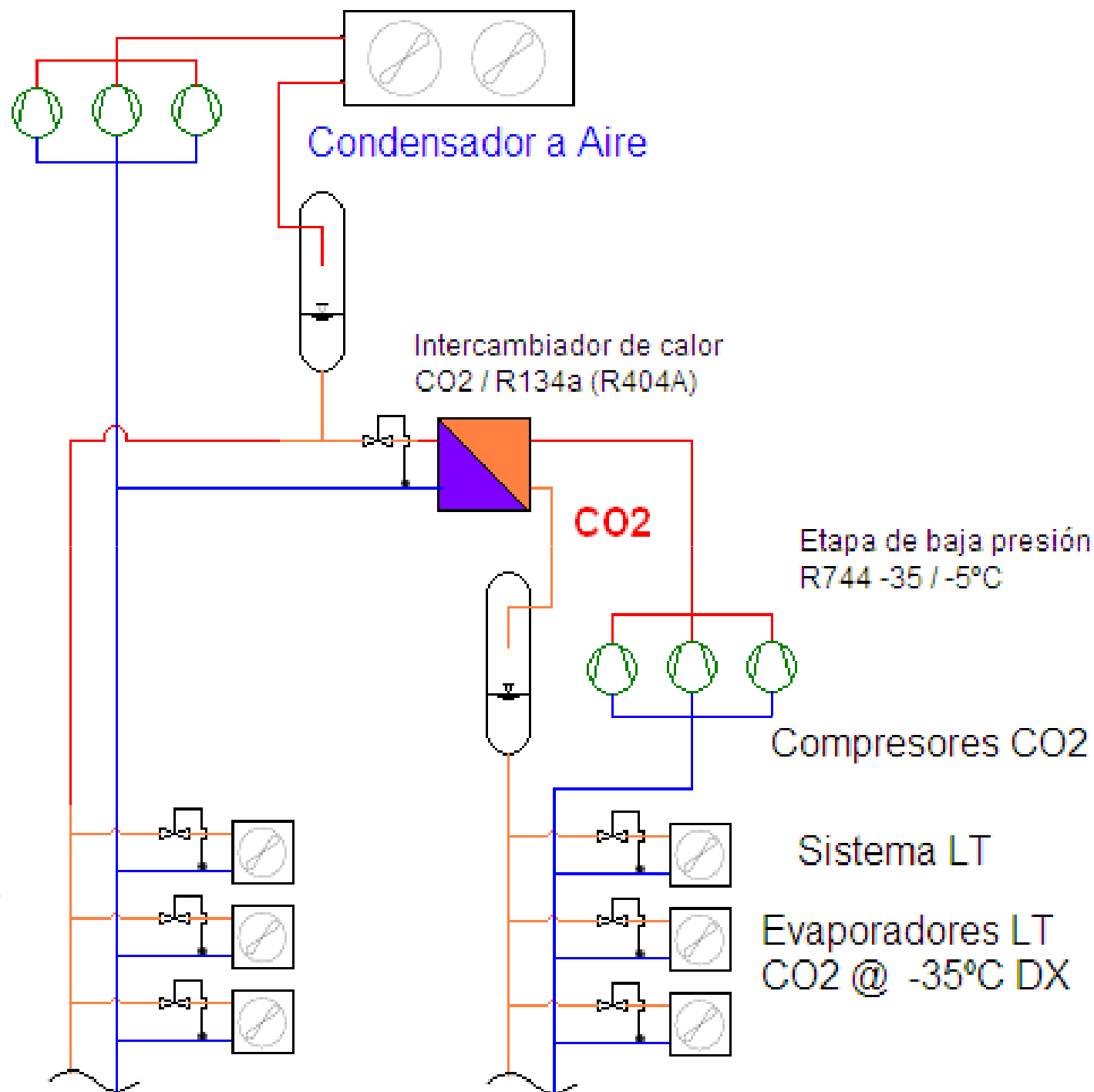
Compresores CO₂

Sistema MT

Evaporadores MT
R134a (R404A)
@ -10°C DX

Sistema LT

Evaporadores LT
CO₂ @ -35°C DX



Etapa de alta presión

R134a (R404A), HC's, ... -15 / 45°C

Compresores R134a
(R404A), HC's, ...

Condensador a Aire

Intercambiador de calor
CO₂ / R134a (R404A) ...

Etapa de baja presión
R744 (-35 / -10°C)

CO₂
DX

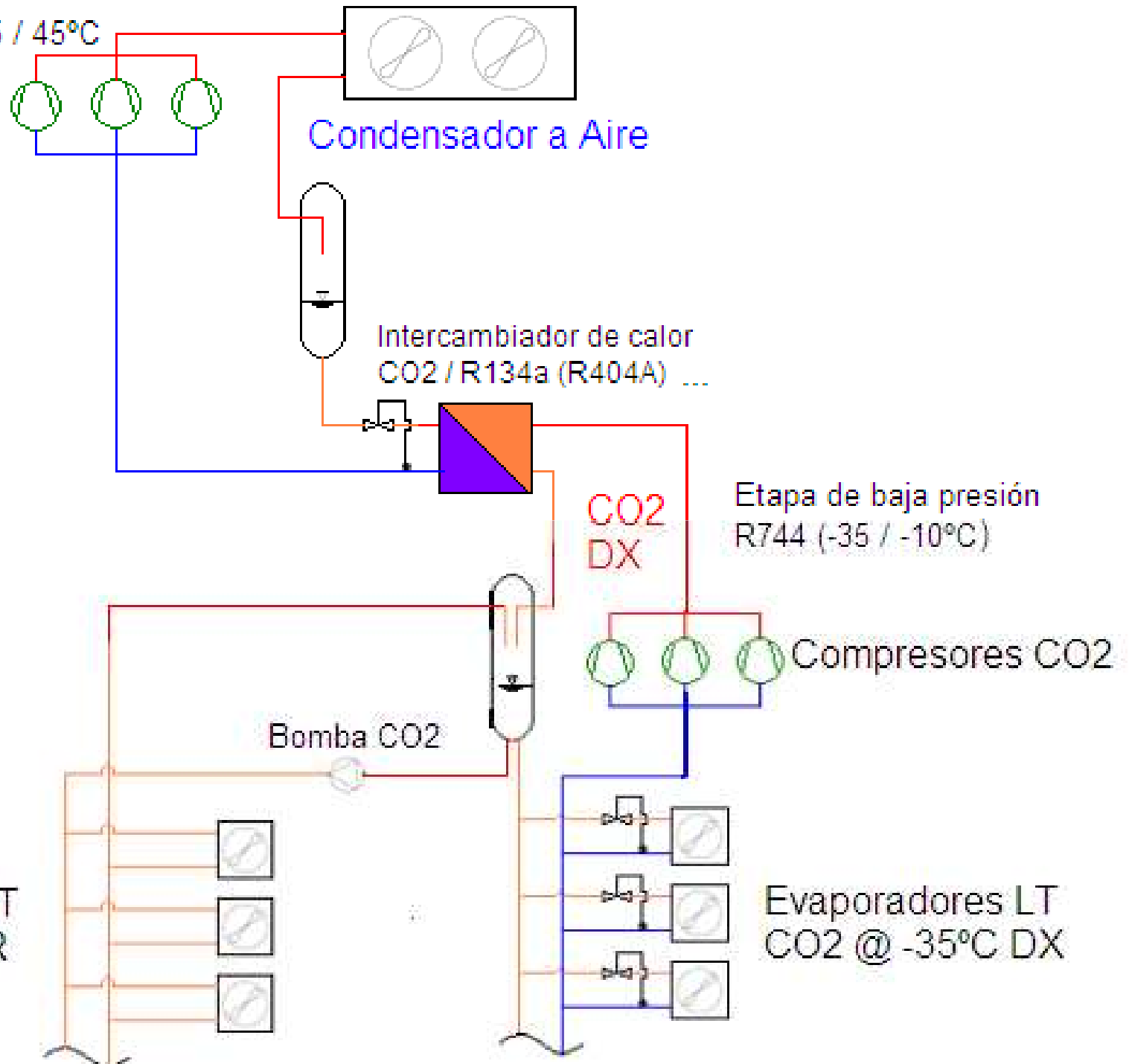
Compresores CO₂

CO₂
Líquido
Recirculado

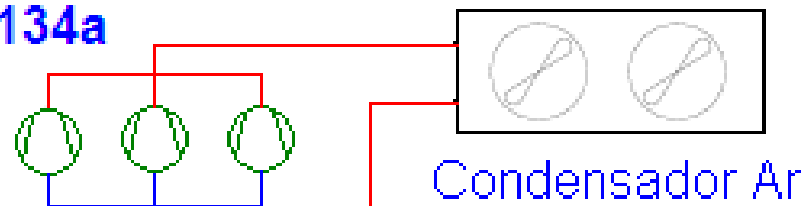
Evaporadores MT
CO₂ @ -10°C LR

Evaporadores LT
CO₂ @ -35°C DX

Bomba CO₂



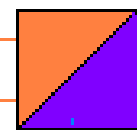
Compressores R134a
-8/40°C



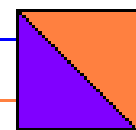
Condensador Ar

Trocador de calor cascata
R134a / Propileno Glicol

Trocador de calor cascata
CO2 / R134a



Bomba
Propileno glicol



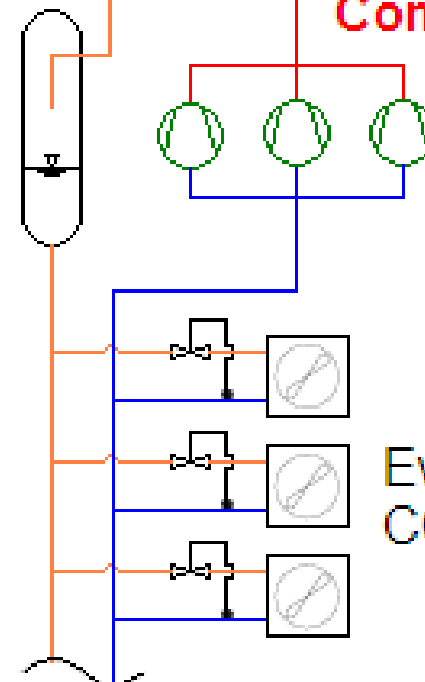
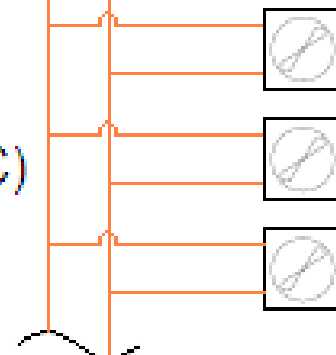
CO2

Compressores CO2
-32/-4°C

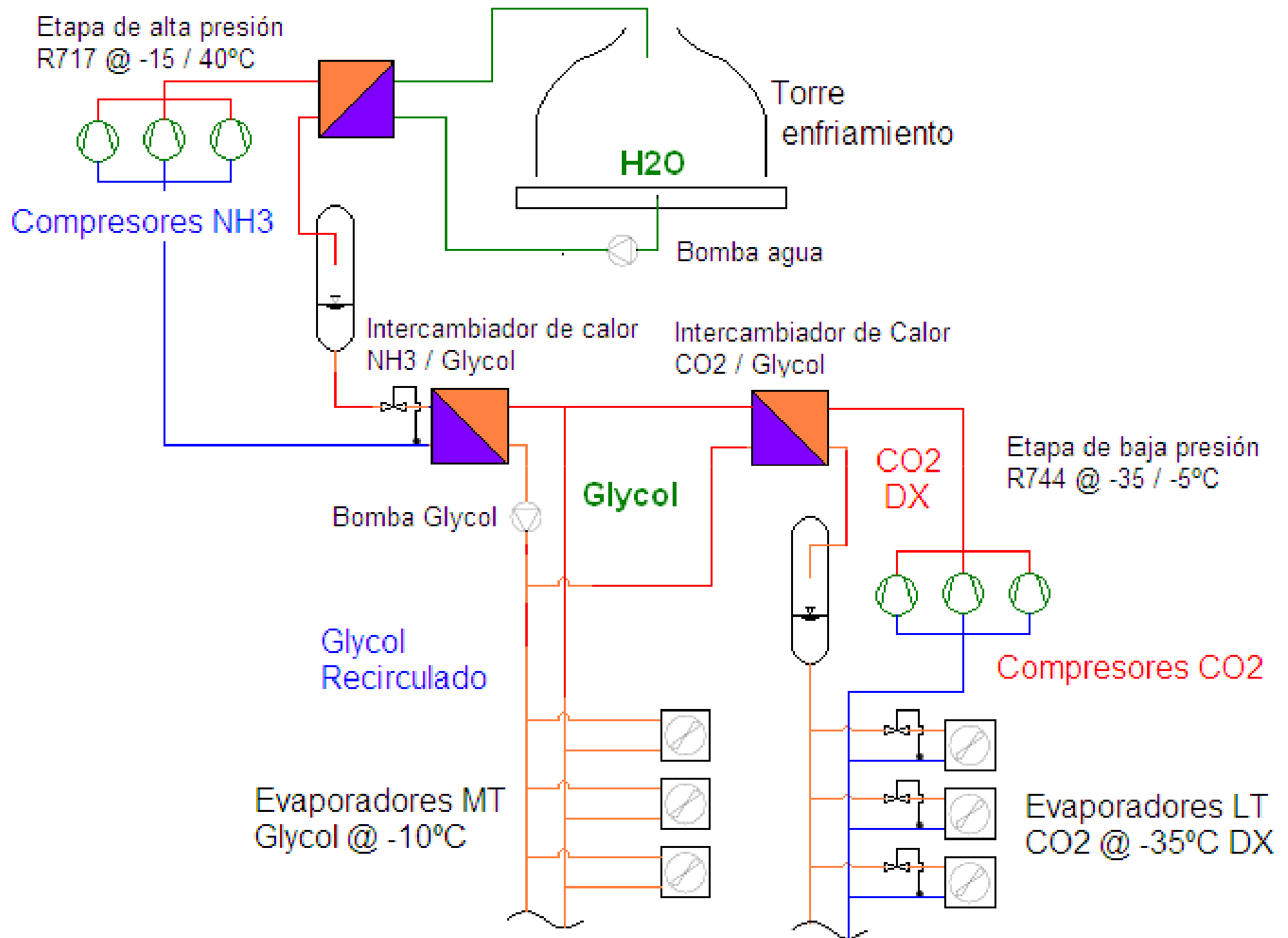
Sistema LT

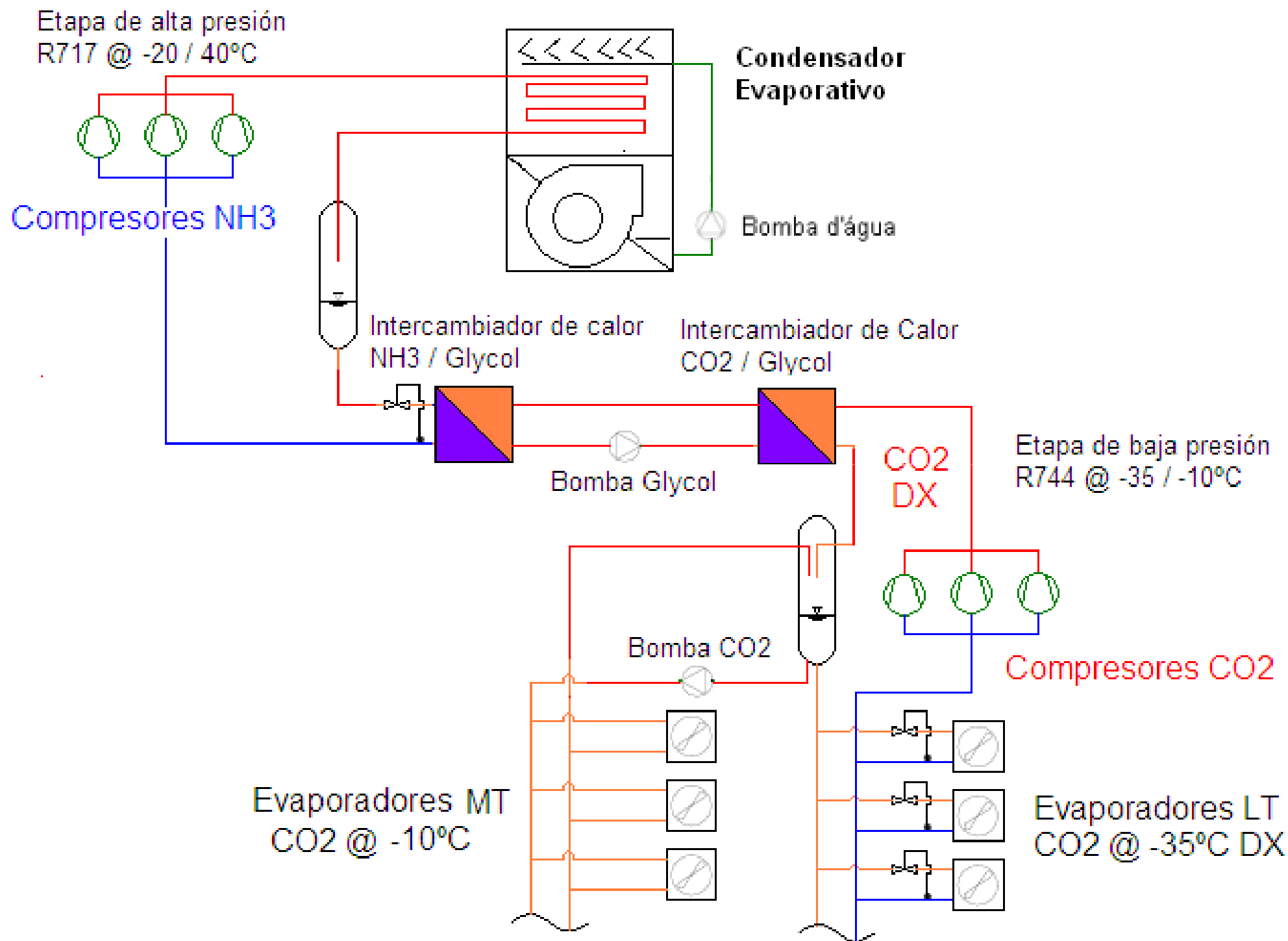
Sistema MT

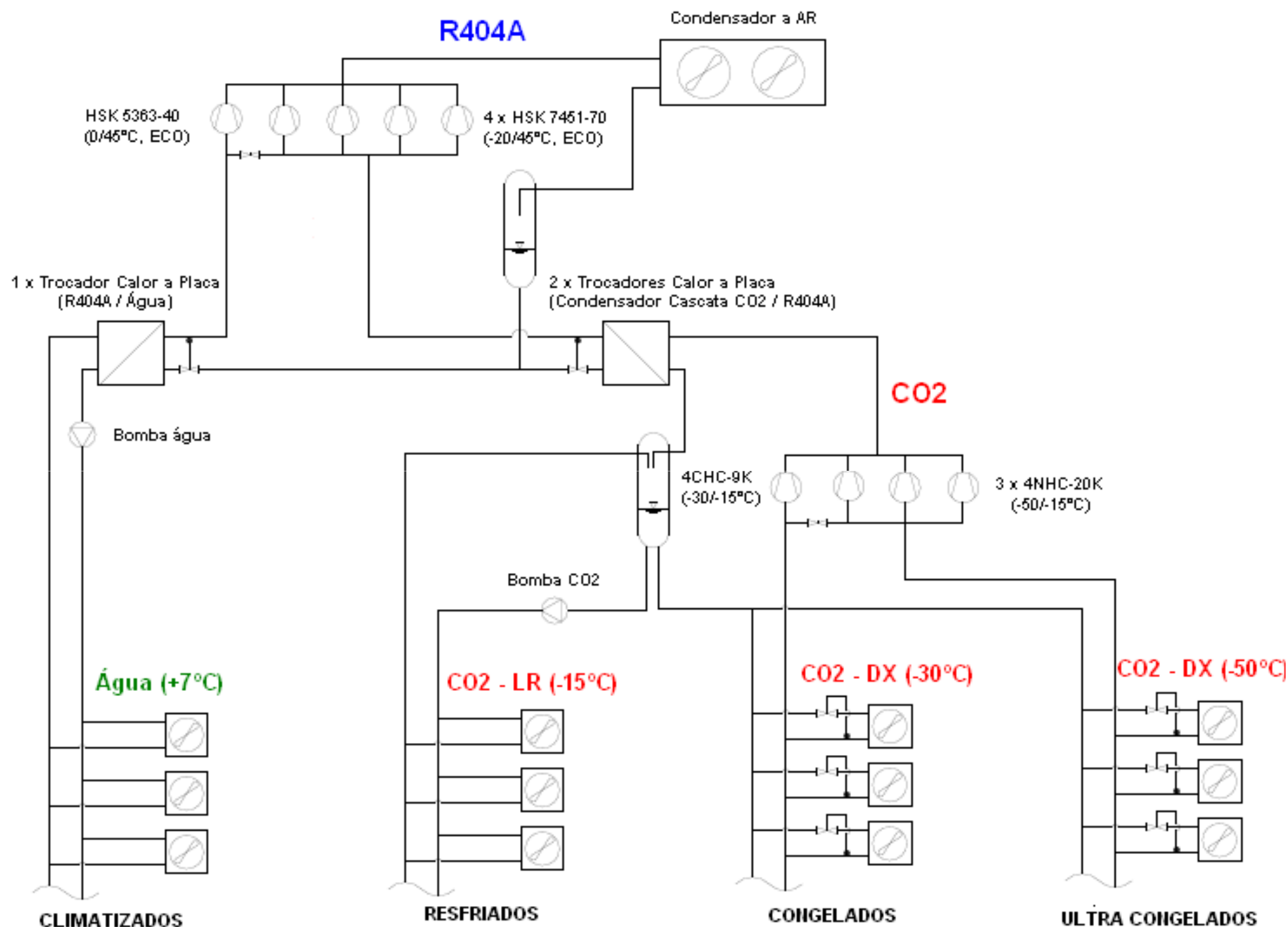
Evaporadores MT
Propileno Glicol (-2°C)

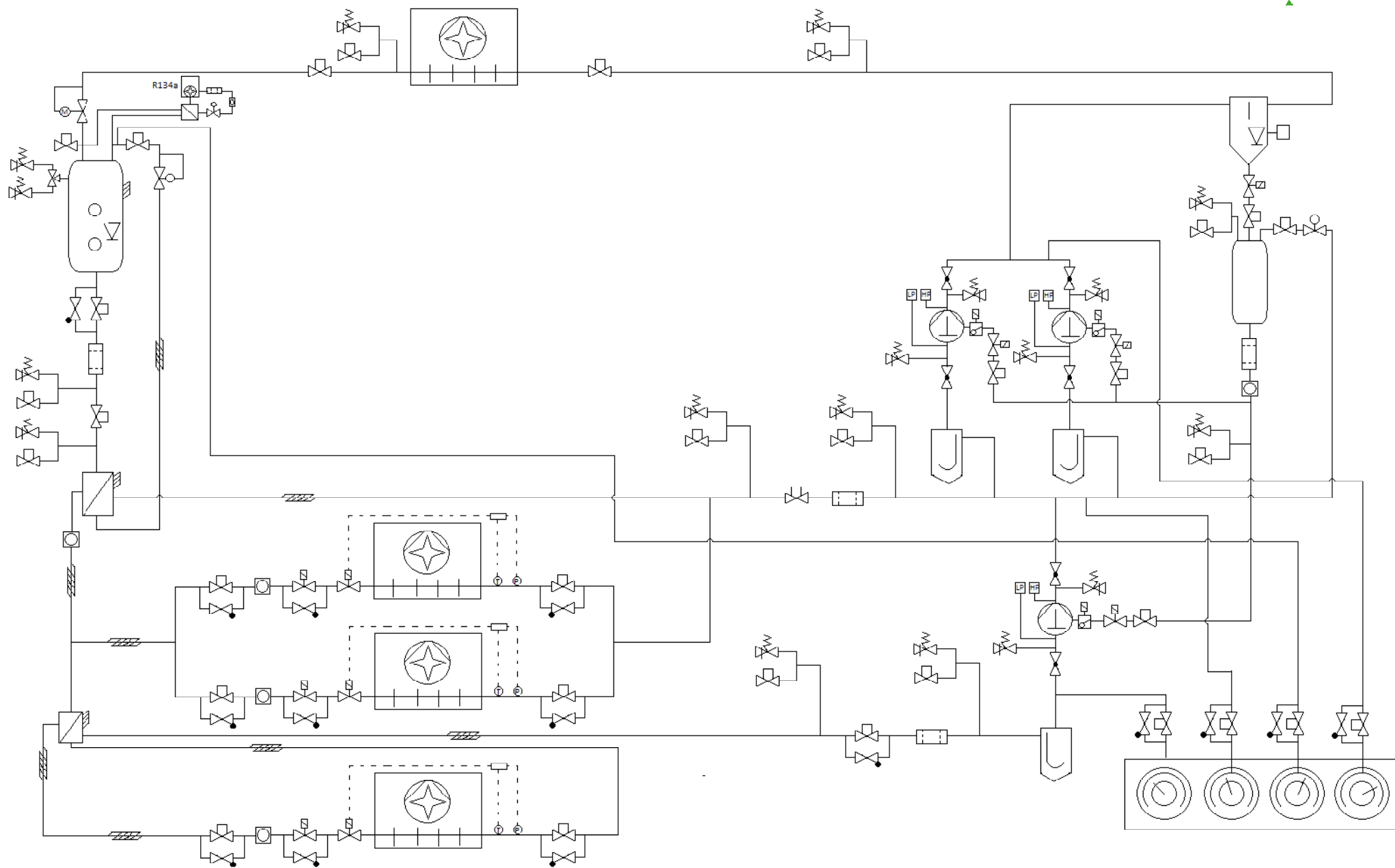


Evaporadores LT
CO2 - DX (-32°C)









Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



A seguir serão apresentados alguns exemplos de
Racks de Refrigeração com CO₂

Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



Indústria de alimentos



120 kW LT
Etapa baixa CO₂
Etapa alta NH₃

Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



Supermercado



Compressores - R290

Compressor - CO₂

© Danish Technological Institute, Teknologiparken, DK-8000 Aarhus C, www.teknologisk.dk

Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



Rack CO₂
3 x 2EC-6.2K



Rack R404A
3 x 4NC-12.2Y



Indústria de alimentos



Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



Supermercado



CO₂: 4 x 2KHC-05.2K @ -30 / -5°C(Q_{LT}= 20Kw; Q_{MT}= 100Kw)

R404A: 4 x 4NC – 20.2Y @ -10 / 40°C

Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



Lab. CO₂ BITZER Brasil

R744 – CO₂



Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744

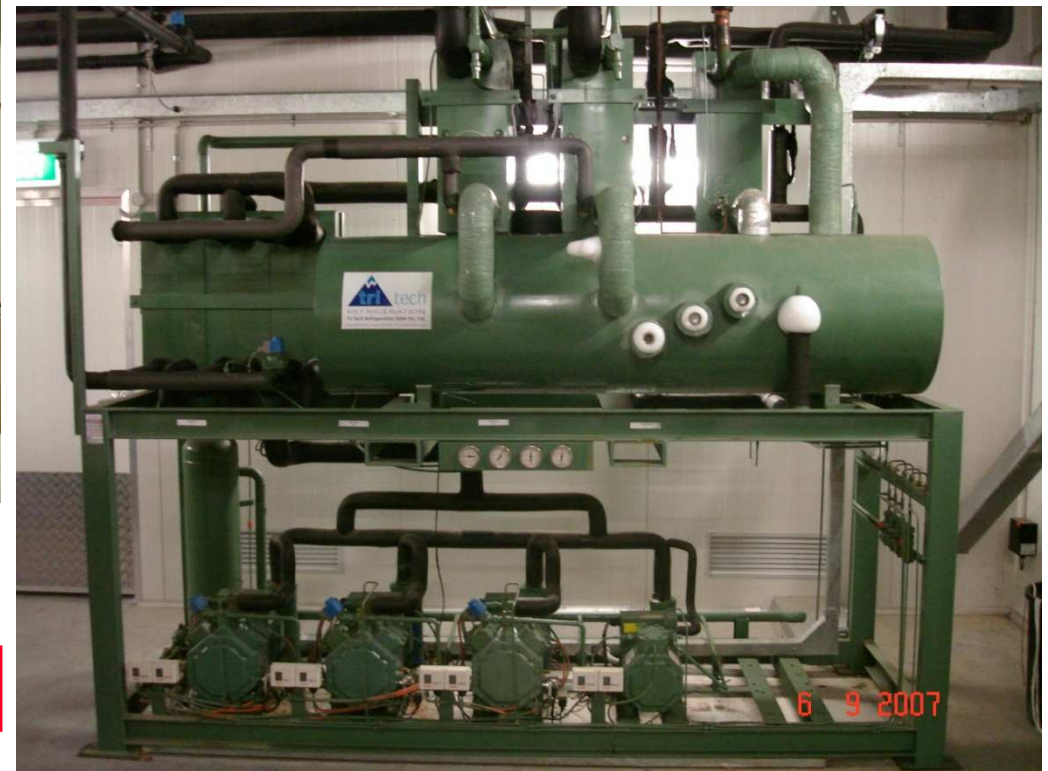


Centro de distribuição de alimentos



Rack compressores parafusos (R134a)

Rack compressores Octagon (CO₂)



Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



Supermercado



Rack compressores parafusos (NH₃)

Rack compressores Octagon (CO₂)



Tópico 4: Sistemas de Refrigeração com R744



Supermercado



compressores Octagon (CO₂)

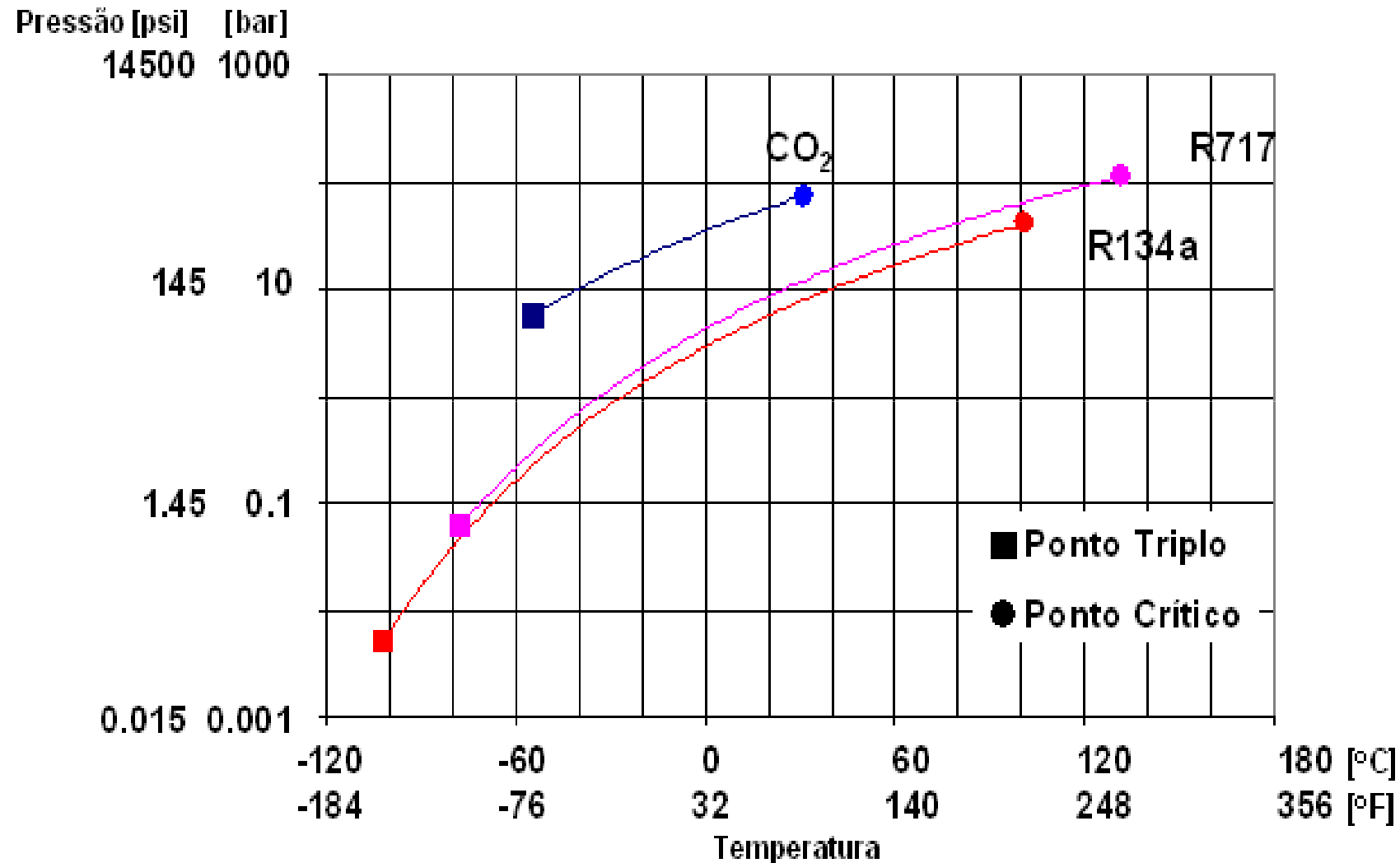


Compressores R134a



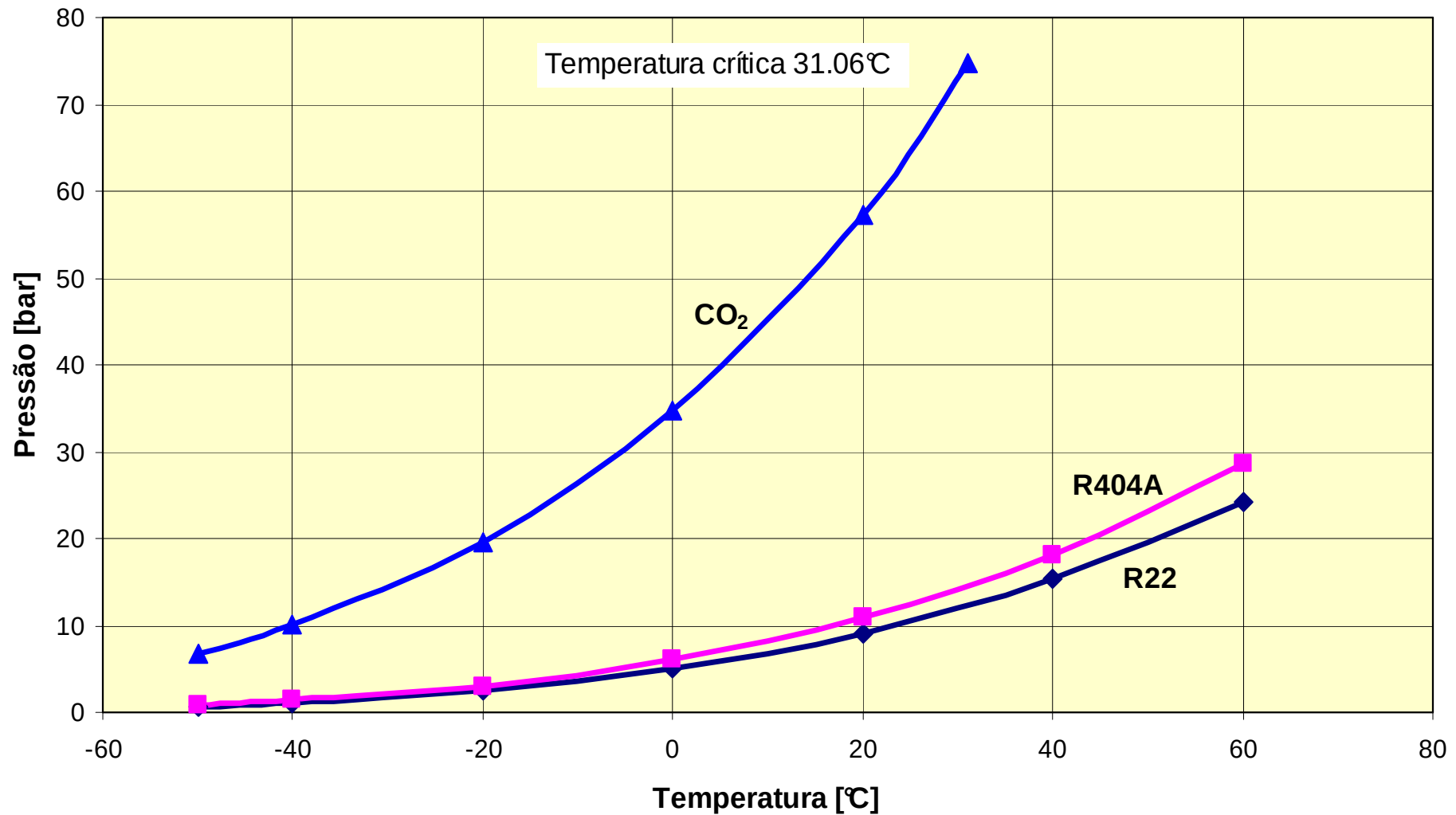
Componentes do Sistema de Refrigeração com R744 (CO₂)

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



Comparação da pressão e temperatura dos refrigerantes

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744

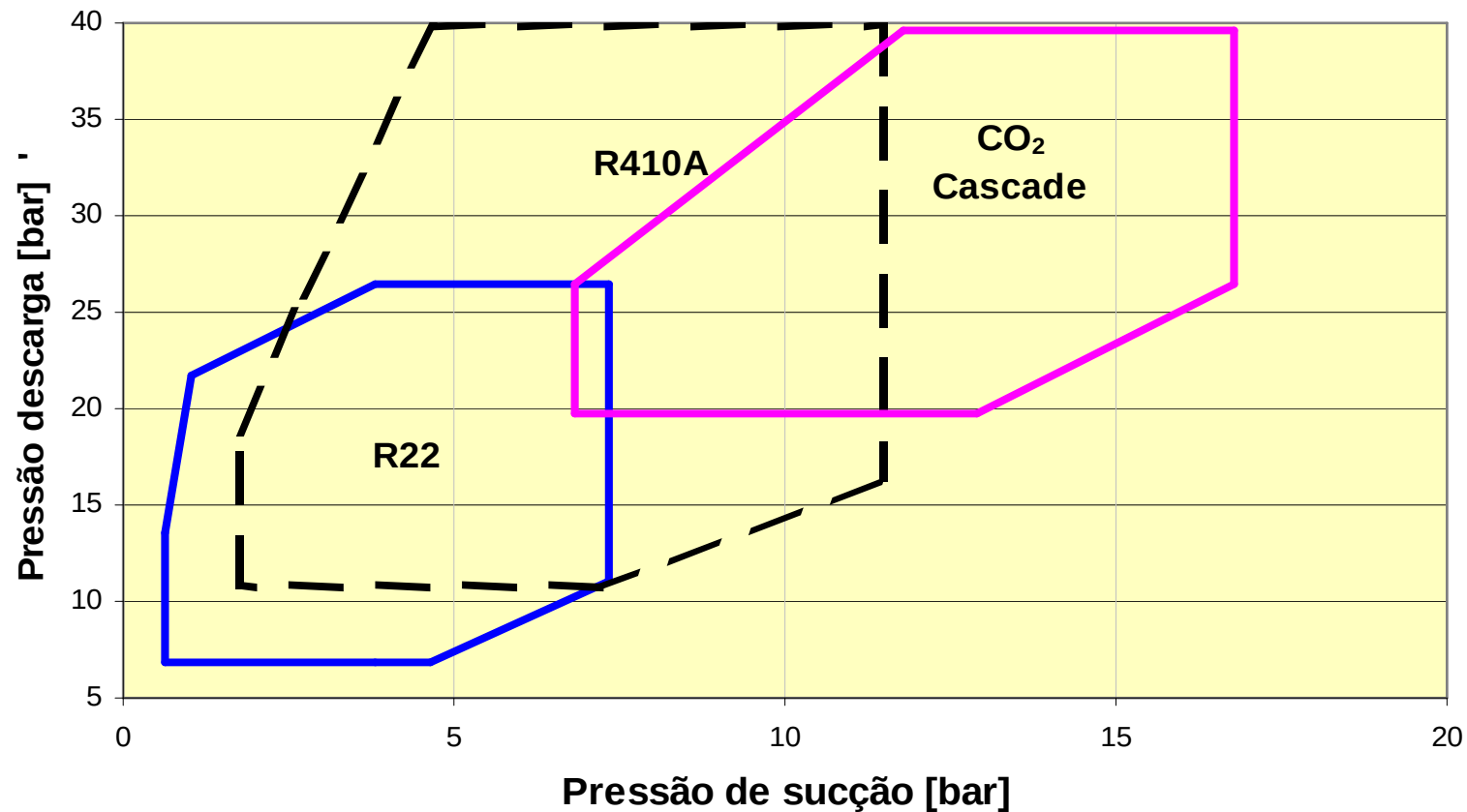


Nível de pressão do CO₂ vs. R22 e 404A

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



Comparação dos níveis de pressão CO₂ & R410A vs. R22



Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ VÁLVULAS SOLENÓIDE

- Necessário **maior MOPD**
- Pode ser usada como bloqueio ou como Válvula Expansão pulsante



Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ VISORES DE LÍQUIDO

- Necessário **maior Pressão Trabalho**
- Pode ser usado com pastilha higroscópica para indicação de umidade

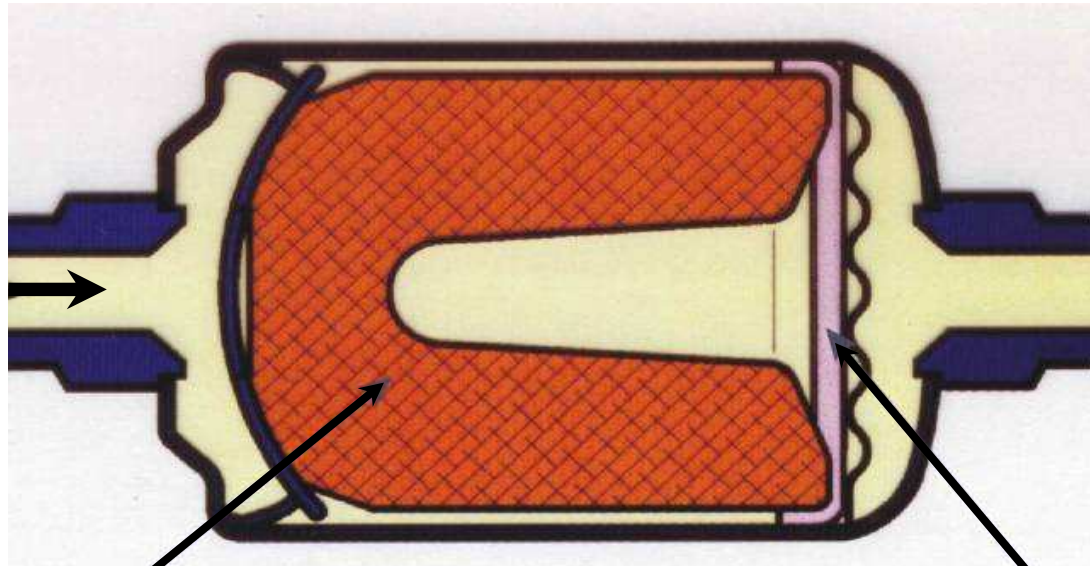


Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ FILTROS SECADORES

- Necessário **maior Pressão Trabalho**



O elemento
dissecante absorve a
água do refrigerante
(Molecular Sieves)

Molecular Sieves nos
sistemas CO₂

A tela retém as
partículas
sólidas

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ FILTROS SECADORES



Evitar o aprisionamento CO₂, utilizar válvula de retenção paralela à válvula de bloqueio.

- Necessário maior range de pressão
- Necessário alta confiabilidade
- Necessário alta grau de precisão

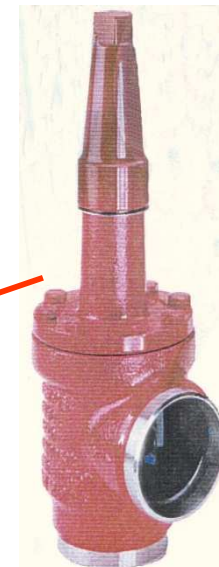
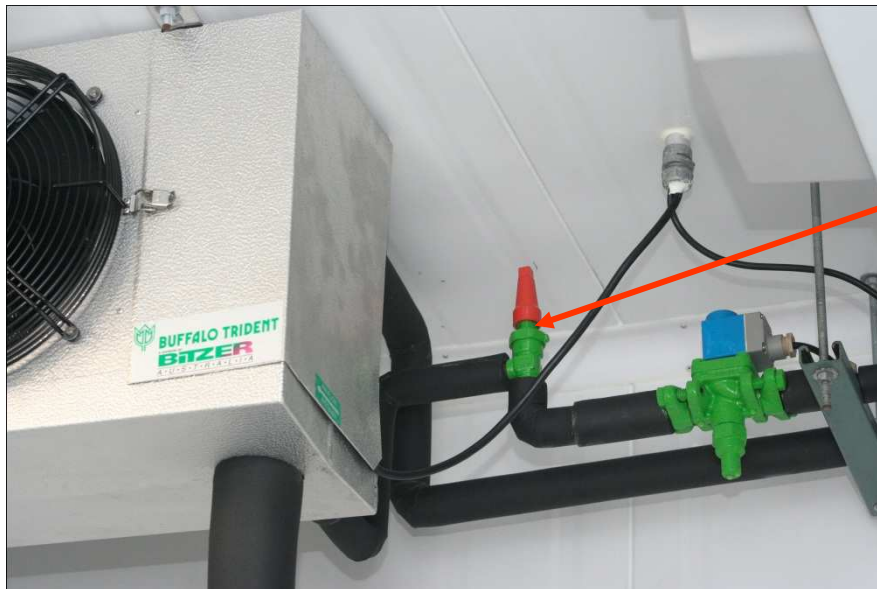


Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ VÁLVULA DE EXPANSÃO MANUAL

- Válvula de expansão manual



Válvula expansão manual Danfoss para CO2



Válvula de expansão manual Hansen para CO2

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744

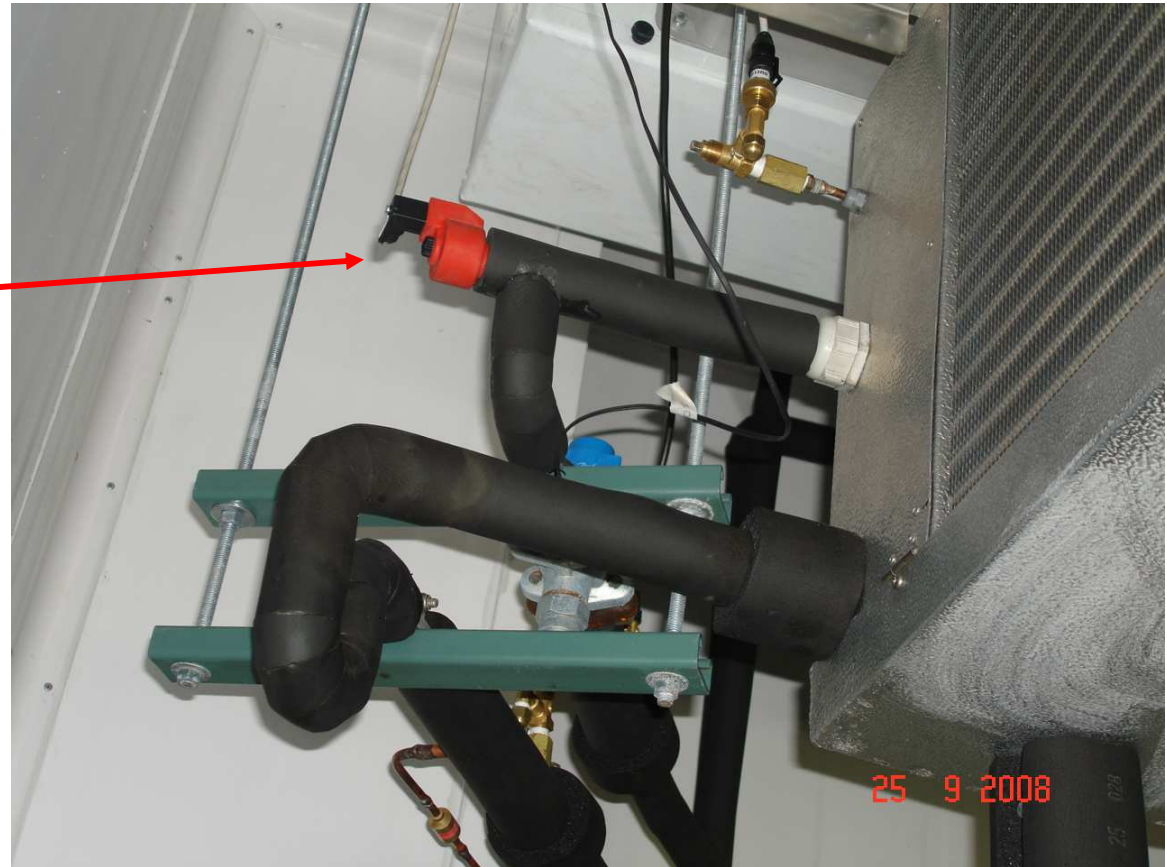


❑ VÁLVULAS DE EXPANSÃO ELETRÔNICA

- Válvulas de expansão eletrônica
- Válvulas de expansão pulsantes



Válvula de expansão eletrônica Carel



Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ MPXPRO – VÁLVULAS DE EXPANSÃO ELETRÔNICA CAREL

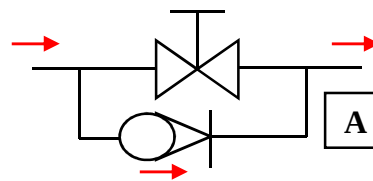
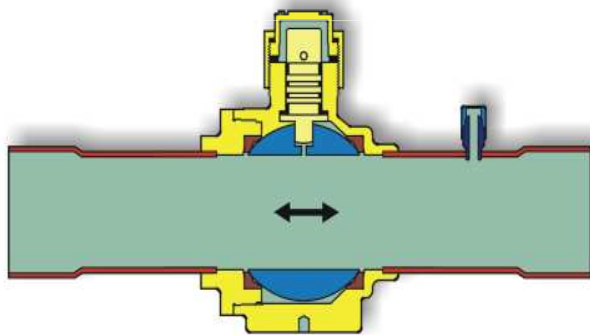


Tópico 5: Componentes do Sistema com R744

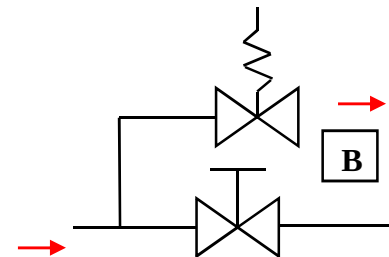


❑ VÁLVULAS DE BLOQUEIO

- Remover a válvula schrader, se houver
- Para evitar o aprisionamento do CO2 em qualquer ponto do sistema, recomenda-se instalar uma válvula de retenção paralelo a válvula.



(A) Válvula de bloqueio + Válvula de retenção.



(B) Válvula de bloqueio + Válvula de segurança.

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ CONTROLES DE PRESSÃO E CONEXÕES

Os controles poderão ser do mesmo material utilizado com o R22, R404A, etc.



Tubo cobre 1/4

Mangueira

Conexões de cobre

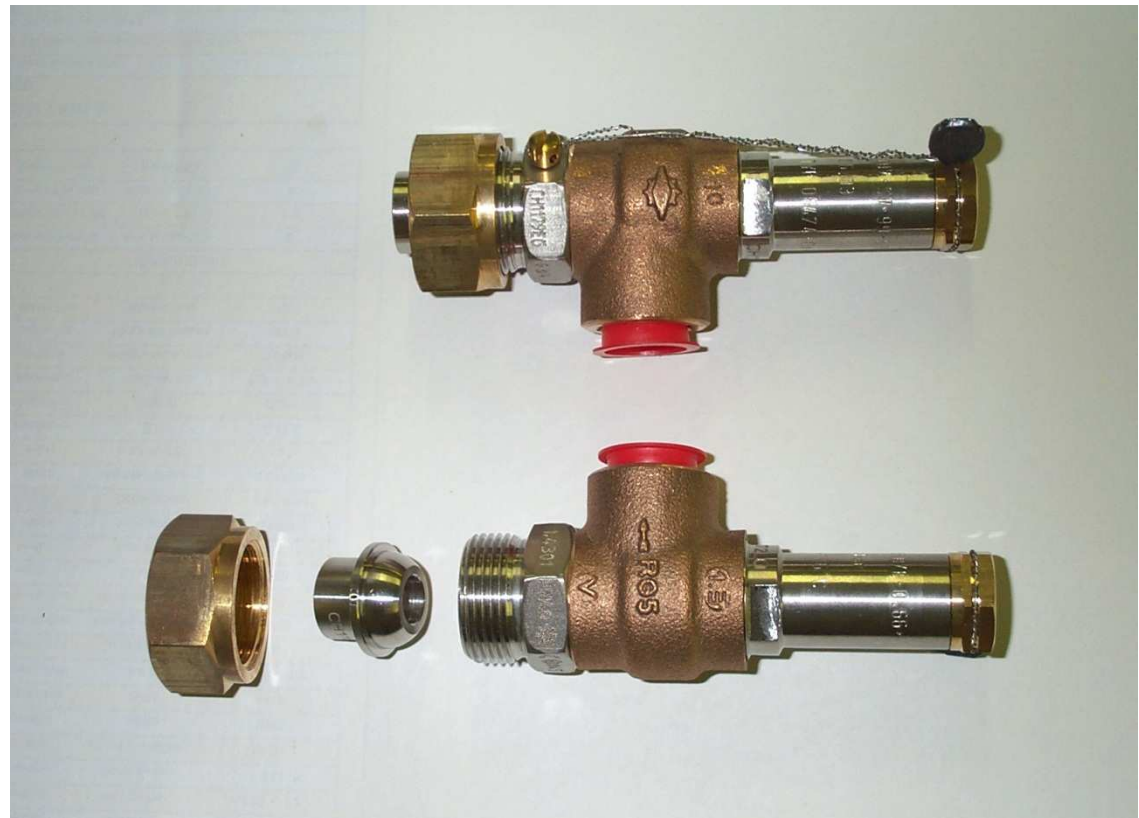
Sem válvulas Schrader

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ VÁLVULAS DE SEGURANÇA

- Nunca instalar nenhuma tubulação após a válvula de segurança, perigo de congelamento (gelo seco – CO2) no interior do tubo!
- Deverá ser válvulas para gases criogênicos
- Deverá proteger o lado de alta e baixa pressão do sistema



Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ VÁLVULAS DE SEGURANÇA

Aliviar a pressão nos possíveis pontos onde poderão aprisionar o CO2



A válvula de segurança deverá ser montada “firmemente”



Não usar válvulas schrader !!!

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ VÁLVULAS DE SEGURANÇA



Válvulas segurança CO₂ instaladas no Rack

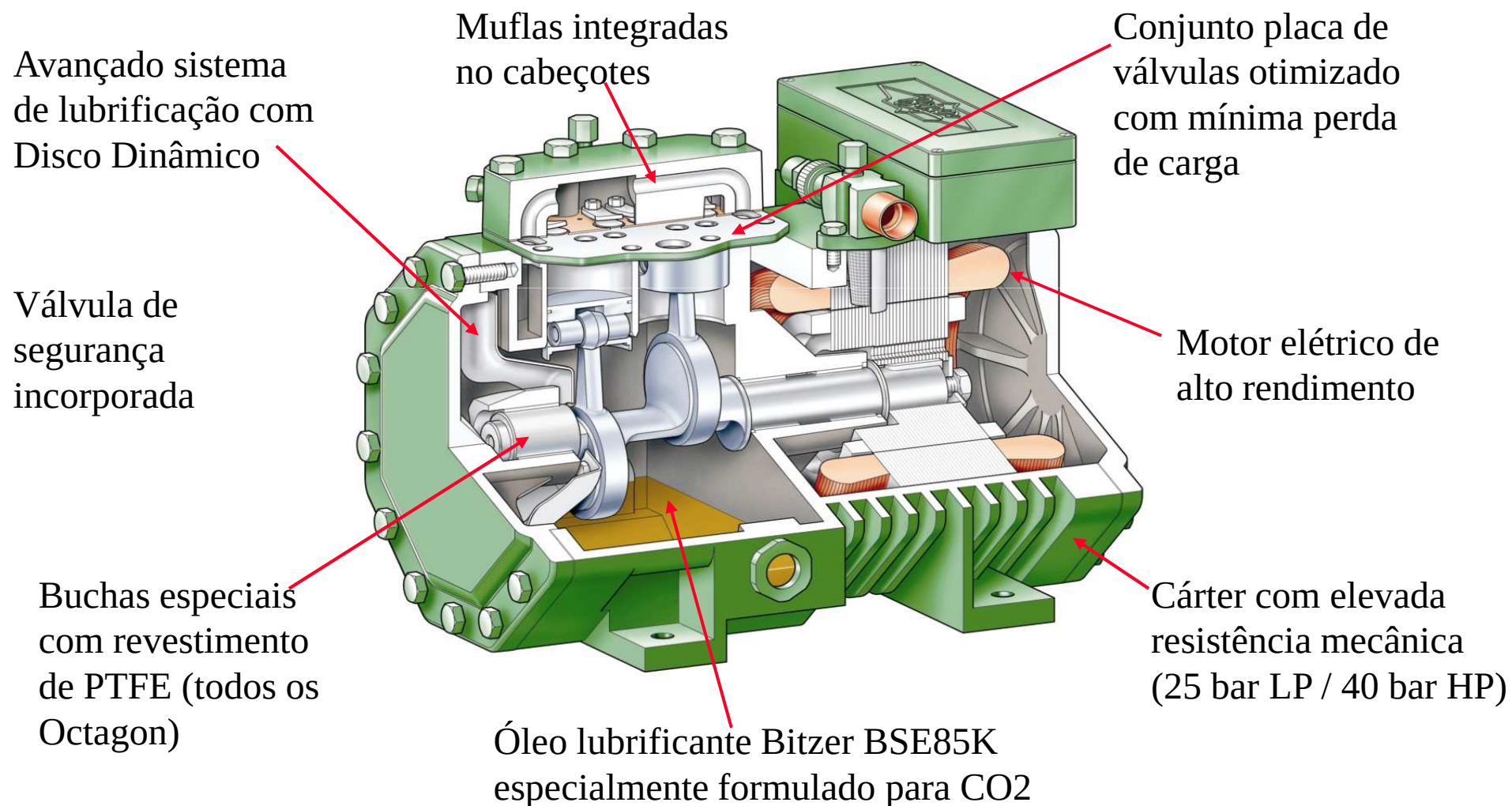


Válvulas instaladas no lado de fora da sala de máquina

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ COMPRESSORES OCTAGON® CO₂



Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ SEPARADORES DE ÓLEO

Separadores Centrífugos série COS:
(separador + pulmão de óleo)

Para selecionar os separadores de óleo,
precisamos saber os seguintes dados:

- Capacidade frigorífica (kW)
- Temperatura de evaporação (°C)



Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ SISTEMAS DE CONTROLE DE NÍVEL DE ÓLEO DO COMPRESSOR CO₂

Para controlar o nível de óleo do cárter do compressor, recomenda-se utilizar controle de nível de óleo ELETRÔNICO



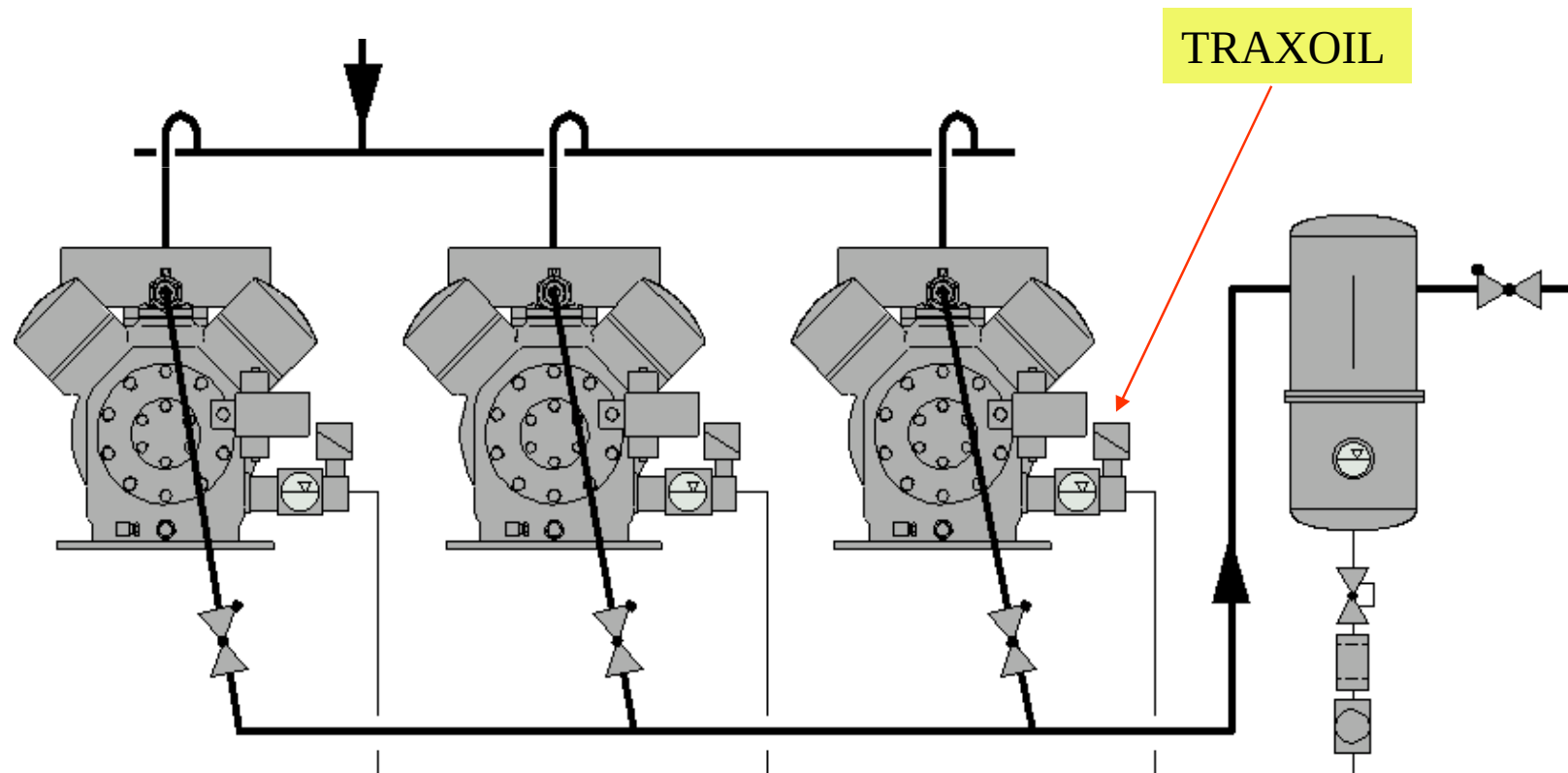
TRAXOIL BITZER
MODELO TR3

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ SISTEMAS DE CONTROLE DE NÍVEL DE ÓLEO DO COMPRESSOR CO₂

Exemplo simplificado de equalização de óleo nos cárteres utilizando TRAXOIL BITZER.

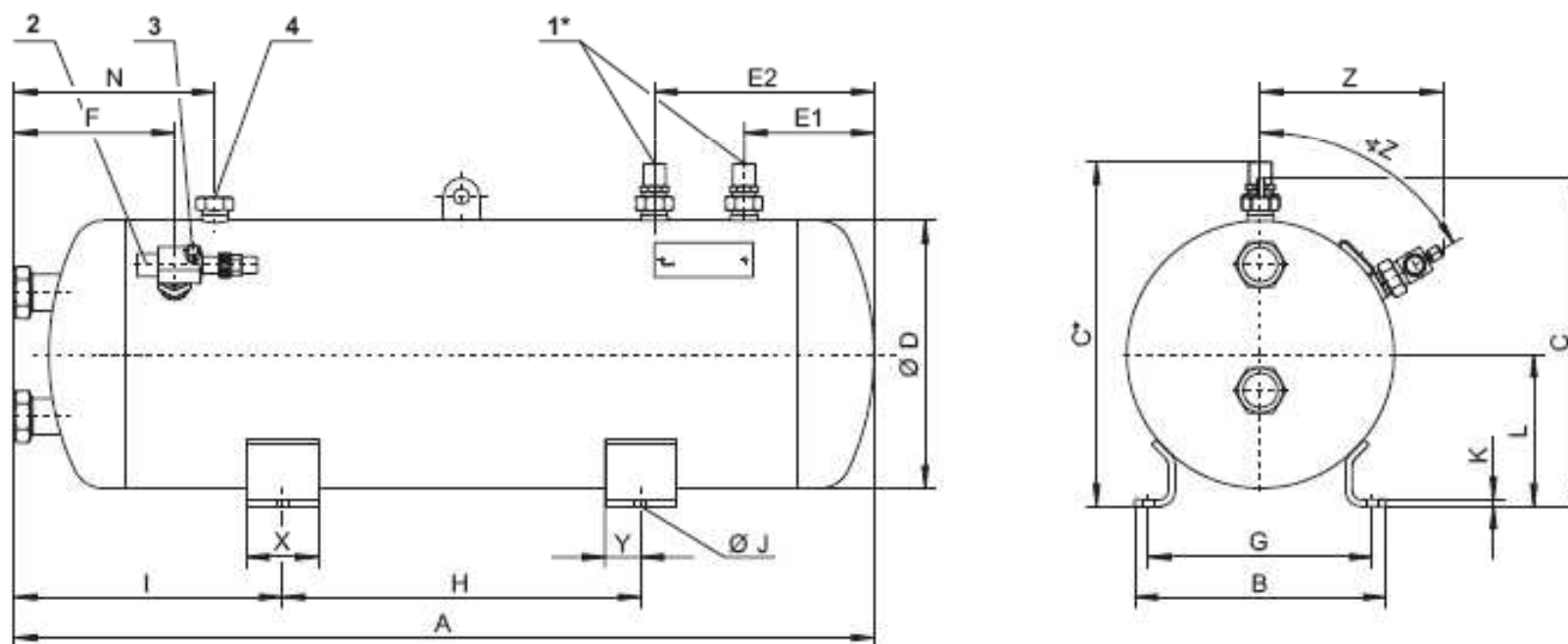


Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ VASOS DE PRESSÃO PARA SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO COM R744

Tanque de líquido horizontal para CO2 subcrítico Bitzer série K :



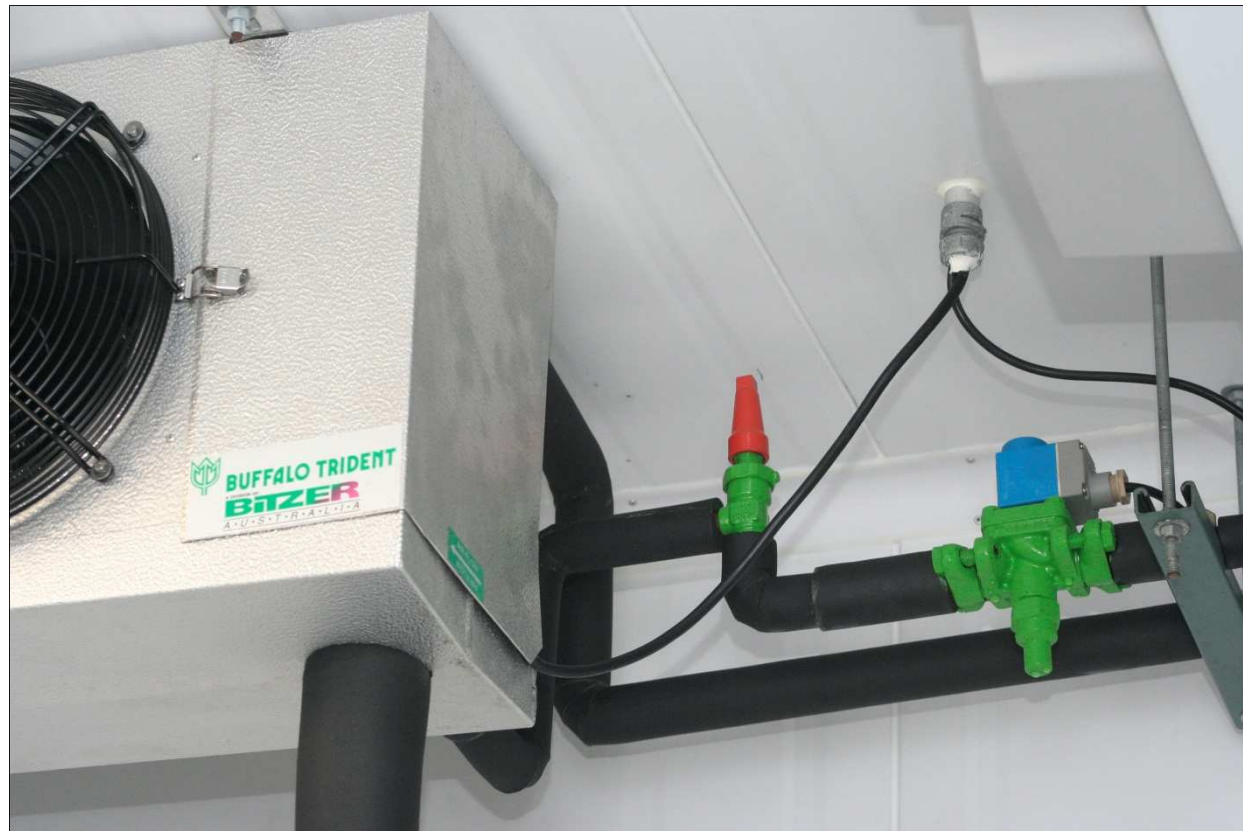
Maiores informações ver catálogo DP-321-1

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



❑ TROCADORES DE CALOR

Exemplo de aplicação com RL para média temperatura com CO2



Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



O processo de soldagem (brasagem) da tubulação deve ser realizado sempre com a passagem de nitrogênio através do tubo com uma pressão de aprox. 1 a 2psig. Assim evitaremos a formação dos resíduos (óxidos) de cobre indesejáveis ao sistema.



O regulador de pressão é um aparelho pneumático projetado para reduzir a pressão do cilindro para uma pressão definida de uso e mantê-la constante, mesmo com grande variação na pressão de entrada e na vazão de saída do gás.

Tópico 5: Componentes do Sistema com R744



Soldagem com fluxo de N₂



Soldagem resistente; isenta de vazamentos.
Interior dos tubos isento de óxidos de cobre.

Soldagem sem fluxo de N₂



Soldagem “fraca”; possibilidade de vazamentos.
Interior dos tubos com muito óxidos de cobre.

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



Procedimentos de Comissionamento,
Serviço e Manutenção com R744 (CO₂)

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

- ☐ Conjunto Manômetros igual para o R410A
- ☐ Mangueiras que suportam pressões acima de (25Bar lado de baixa pressão, 40Bar lado de alta pressão)
- ☐ Bomba de vácuo de duplo estágio
- ☐ Vacuômetro eletrônico (para medir nível de vácuo de 500 microns)
- ☐ Termômetro, Sensor de CO2 portátil, Multímetro (amperímetro, voltímetro, etc.)

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

MANIFOLD

O MESMO PARA R410A

Lado Alta = 5500 kPa

Lado Baixa = 3500kPa



Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

- ❑ Mangueiras de serviço
 - SWP – 5500 kPa (800 psi)
 - Ruptura – 27,5 MPa (27500 kPa, 3900 psi)
- ❑ Maior pressão de segurança e ruptura



Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

BOMBA DE VÁCUO

- ❑ O poder higroscópico dos óleos POE exige boas técnicas de evacuação
- ❑ Desidratação & evacuação nos níveis necessários é essencial – 1000 μ – muitos fabricantes recomendam um nível menor que 500 μ .

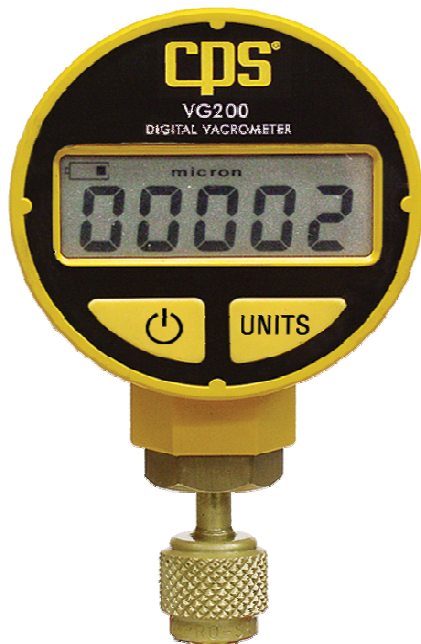


Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

VACUÔMETRO ELETRÔNICO



Unidades de vácuo					Temperatura de Ebulição de água	
Pol. de Hg	mm de Hg	Lb./pol ²	Torr	μ Hg	°C	°F
0,000	0	14,7000	760,000	-	100	212
15,000	380	7,4000	380,000	-	82	179
26,000	660	1,9000	100,000	-	52	125
27,000	684	1,4000	76,000	-	46	115
28,000	711	0,9500	76,000	-	46	115
28,000	711	0,9500	50,800	50800	38	100
29,000	735	0,4900	25,400	25400	26	79
29,200	740	0,4000	20,800	20800	22	72
29,800	755	0,0900	4,579	4579	0	32
29,990	-	0,0050	0,250	250	-31	-25
29,996	-	0,0020	0,097	97	-40	-40
29,999	-	0,0005	0,025	25	-51	-60

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

TERMÔMETROS



Termômetro digital



Termômetro laser

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

SENSOR CO₂ PORTÁTIL



Sensor de CO₂ portátil

- ☐ Recomenda-se que o técnico responsável pela manutenção tenha sempre disponível um detector portátil para monitorar o nível de CO₂ nos ambientes.
- ✓ O sensor de CO₂ deverá ter uma faixa de 1 – 10.000 ppm

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

ALICATE AMPERÍMETRO E MULTÍMETRO



Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744

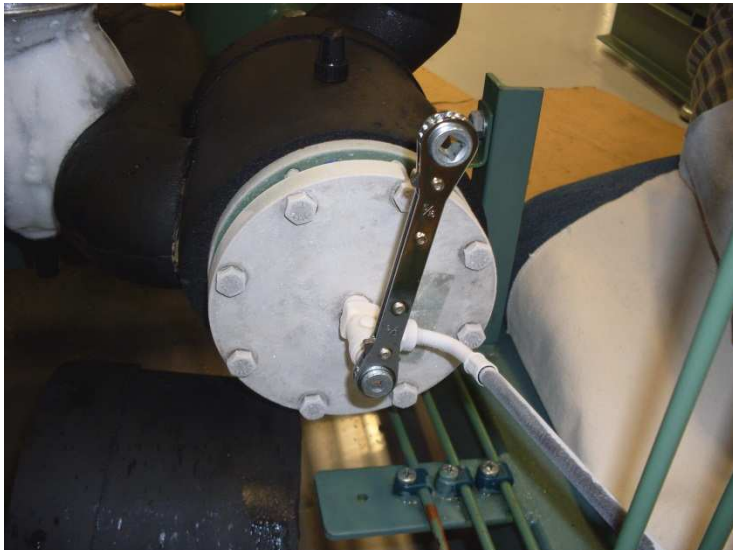


FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

AQUECEDOR INDUSTRIAL

Exemplo de aplicação:

Esquentar as tampas e carcaças dos filtros de sucção, filtros da linha de líquido, etc..para evitar a condensação da água (umidade dentro do sistema) durante os serviços & manutenção do sistema..



Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



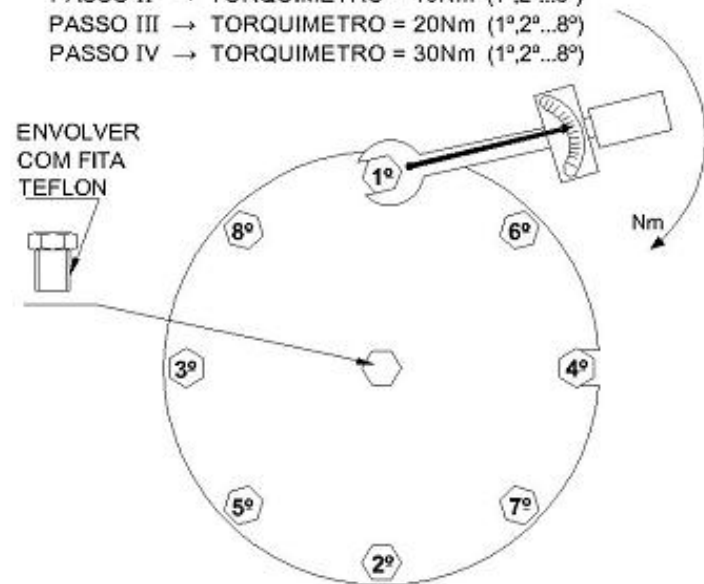
FERRAMENTAS PARA TRABALHAR COM O REFRIGERANTE R744

TORQUÍMETRO

Exemplo de aplicação:

Troca do filtro da linha de líquido, sucção, etc..

PASSO I → POSICIONAR TODOS OS PARAFUSOS
OS PARAFUSOS DEVEM SER APERTADOS EM CRUZ
PASSO II → TORQUÍMETRO = 10Nm (1ª, 2ª...8ª)
PASSO III → TORQUÍMETRO = 20Nm (1ª, 2ª...8ª)
PASSO IV → TORQUÍMETRO = 30Nm (1ª, 2ª...8ª)



Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



TÉCNICAS DE TESTE DE PRESSÃO NO SISTEMA

- ❑ Pressões maiores são necessárias para o R744 do que para sistemas com R22.
 - ✓ R22: 2250 - 2500 kPa.
 - ✓ R744: 2500 kPa LT & 4000 kPa HP
- ❑ Utilizar um regulador de 2-estágios no cilindro de Nitrogênio (seco).

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



TÉCNICAS PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTO DE REFRIGERANTE

- ❑ O R744 é um refrigerante natural, portanto utilizar bolhas de sabão ou um detector eletrônico sensível de CO₂.
- ❑ O R744 tem um tamanho molecular muito pequeno, sua fuga do sistema será mais fácil comparada com outros refrigerantes como R22, R404A, etc.

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



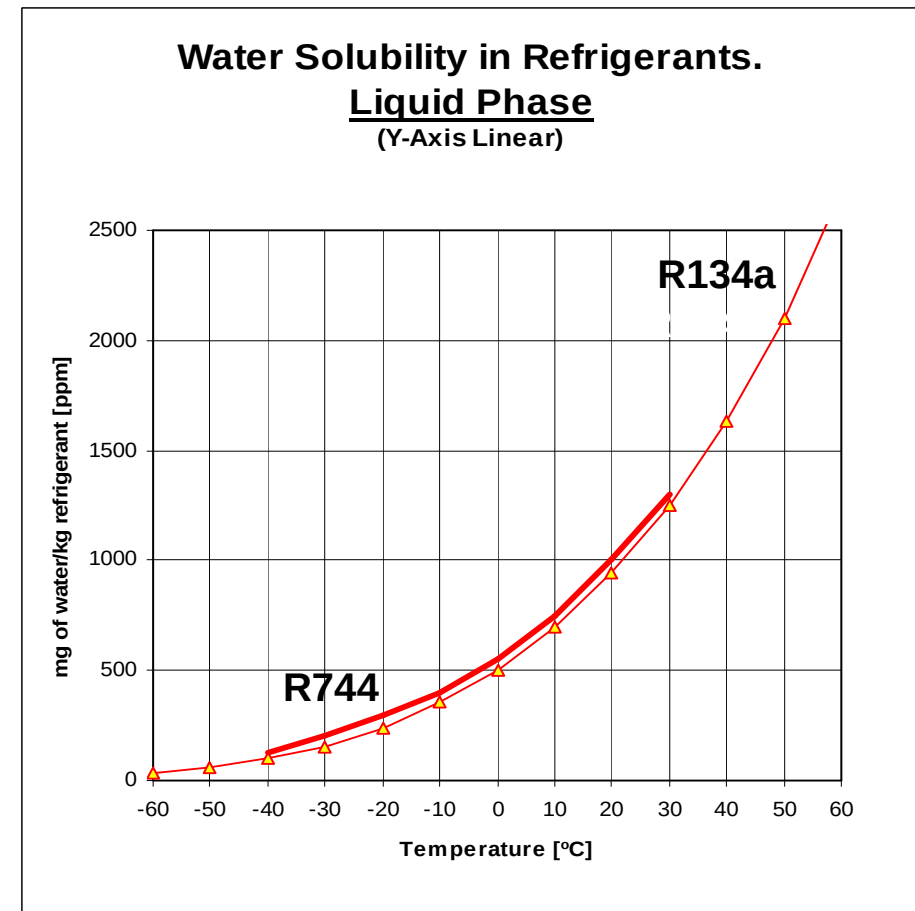
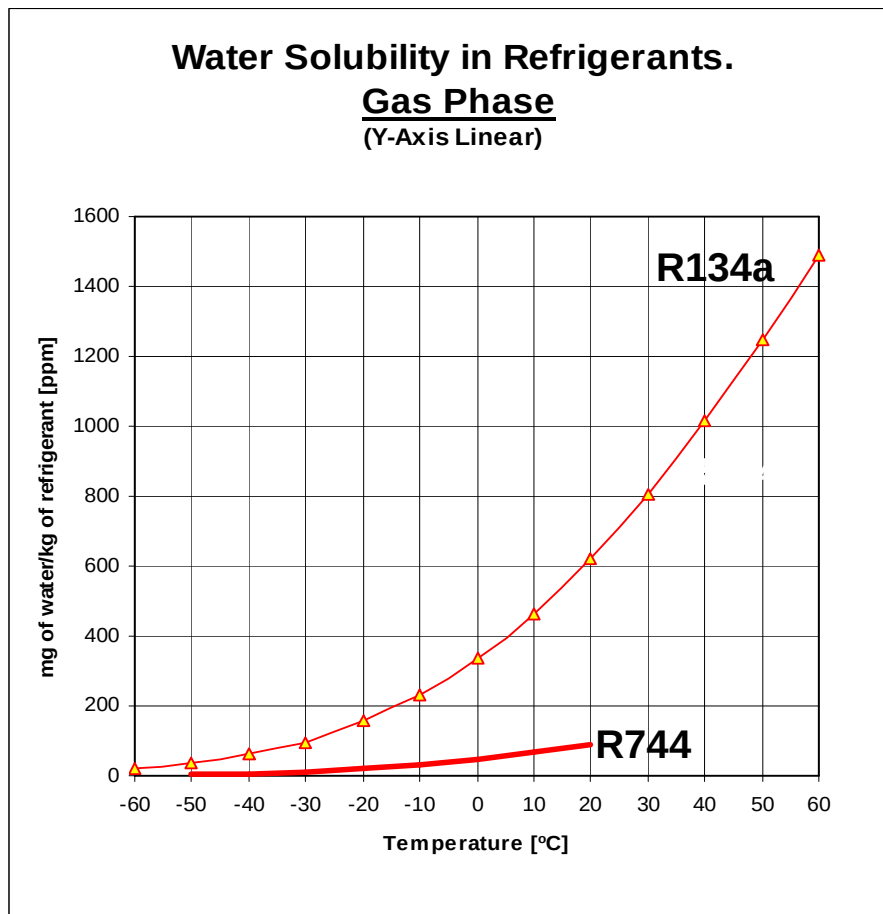
TÉCNICAS DE EVACUAÇÃO & DESIDRATAÇÃO

- ❑ Utilizar uma bomba de vácuo de duplo-estágio e vacuômetro eletrônico de boa qualidade.
- ❑ Retirar as válvulas Schraeder para uma evacuação mais rápida.
- ❑ Evacuar o sistema ao nível recomendado, através de técnicas tripla ou profundas de evacuação.
- ❑ Alcançar o nível de vácuo correto, os fabricantes recomendam 500 μ para os refrigerantes HFCs & óleos POE.

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



TÉCNICAS DE EVACUAÇÃO & DESIDRATAÇÃO



Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



TÉCNICAS DE EVACUAÇÃO & DESIDRATAÇÃO

- O CO₂ é um refrigerante relativamente não reativo
- O conteúdo de água aceitável nos sistemas de refrigeração com CO₂ é muito menor que em outros sistemas com refrigerantes sintéticos
- “Todas” as reações com CO₂ necessitam da água para ocorrer
- Controlar o conteúdo de água nos sistemas com CO₂ é muito importante e necessário para evitar as reações químicas
- Em qualquer refrigerante, a água, oxigênio, óleo, óxidos, contaminantes e metais do sistema são os reagentes químicos mais importantes e, portanto, devemos ter muito cuidado!

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



CARGA DE REFRIGERANTE NO SISTEMA



O CO₂ é fornecido em cilindro como o da foto ao lado, de 25 a 45 Kg.

Para grandes quantidades o CO₂ também poderá ser fornecido em mini tanques equipados com bombas de líquido que pode ser conectada diretamente ao sistema. Porém, nesse caso a pressão do sistema deverá estar abaixo da pressão do tanque.

Tópico 6: Procedimentos de Comissionamento, Serviço e Manutenção com R744



CARGA DE REFRIGERANTE NO SISTEMA

A mangueira de carga de refrigerante com CO₂ ficará bem fria e mais frágil em baixas temperaturas



Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Um assunto muito importante...

...Parada do sistema com R744 (CO₂) por longo período de tempo

Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Vamos olhar mais de perto o que acontecerá se a instalação ficar fora de operação por um longo período de tempo devido à falta de energia elétrica / parada do sistema com R744 (CO₂)!

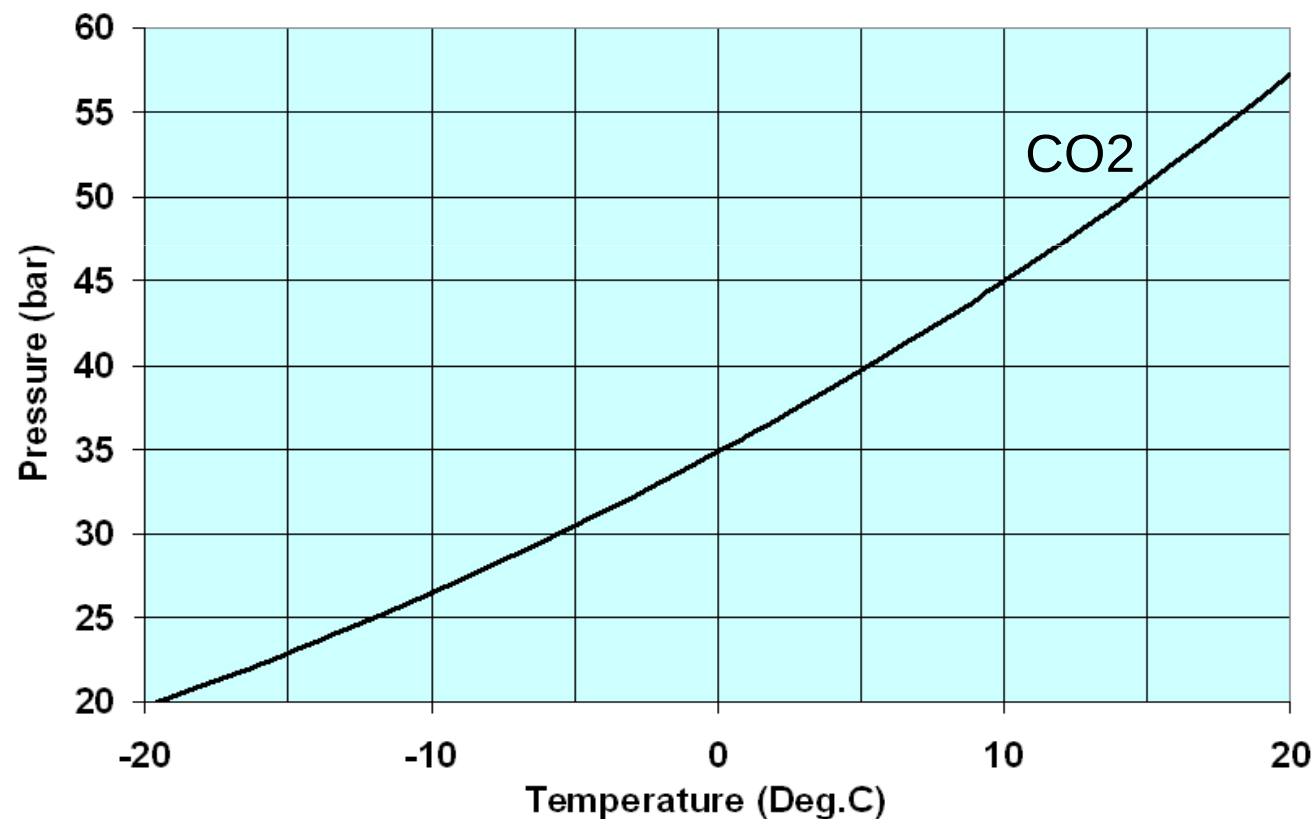


Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Devemos pensar na proteção do sistema contra eventuais problemas relacionados com a falta de energia elétrica ou falha no estágio de alta pressão.



Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Métodos aplicados para manter o CO2 “frio” dentro do tanque de líquido:

- ☐ Unidade de emergência (Unidade Condensadora) conectada a uma serpentina instalada para refrigerar o tanque de líquido – acionada por um gerador elétrico
- ☐ Unidade de emergência conectada a um trocador a placa independente para refrigerar o tanque de líquido – acionada por um gerador elétrico
- ☐ Unidade de emergência conectada no trocador “cascata” para refrigerar o tanque de líquido – acionada por um gerador elétrico
- ☐ Conectar o gerador somente no estágio de alta pressão para refrigerar o tanque de líquido.
- ☐ Instalar o tanque de líquido dentro de uma câmara de congelados.
- ☐ Acionar todo o sistema (estágio de alta e baixa pressão) caso o gerador tenha capacidade suficiente.

Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Serpentina para resfriamento do tanque



Depois executar a isolação

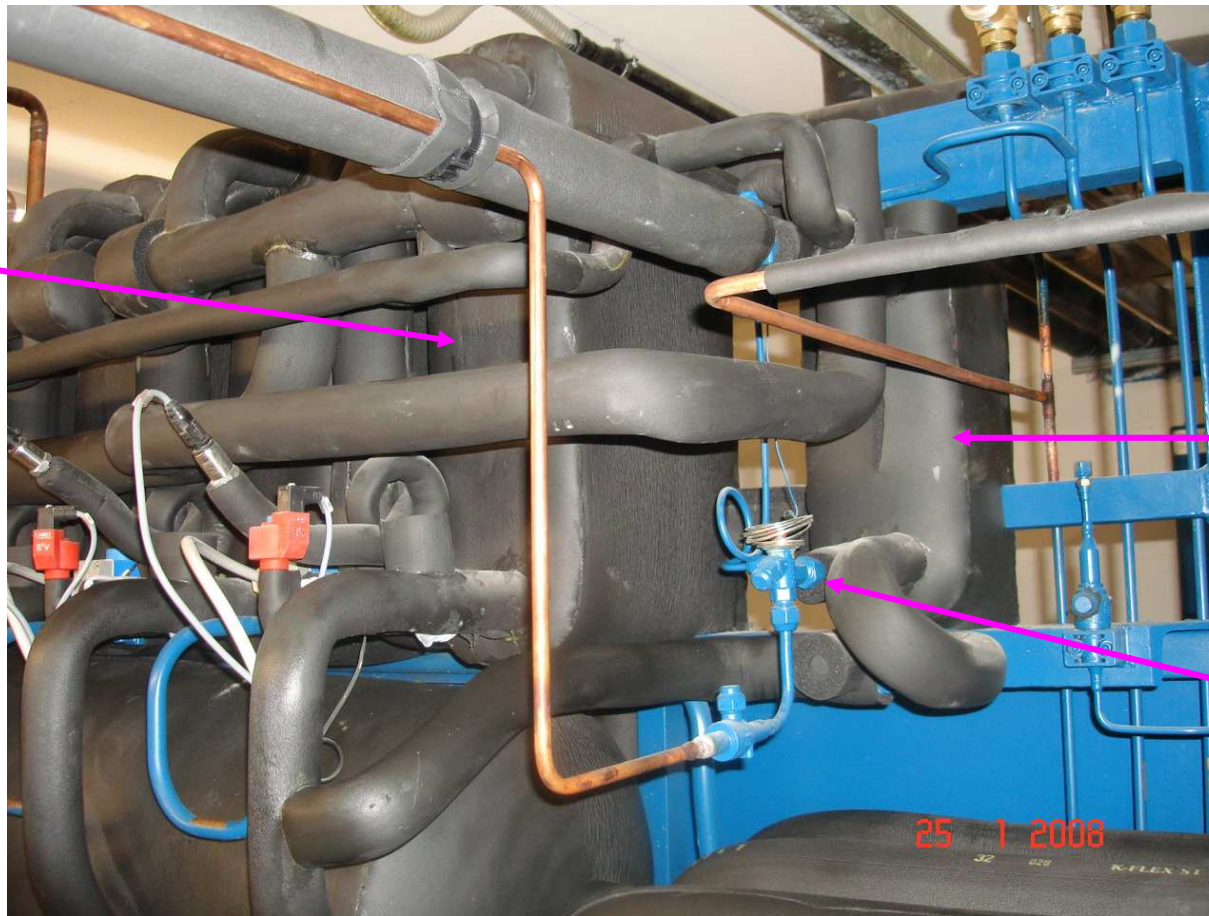
Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Detalhes dos trocadores de calor cascata – tipo placa

Trocador
calor
cascata



Trocador calor
adicional –
conectado na
UC

VET

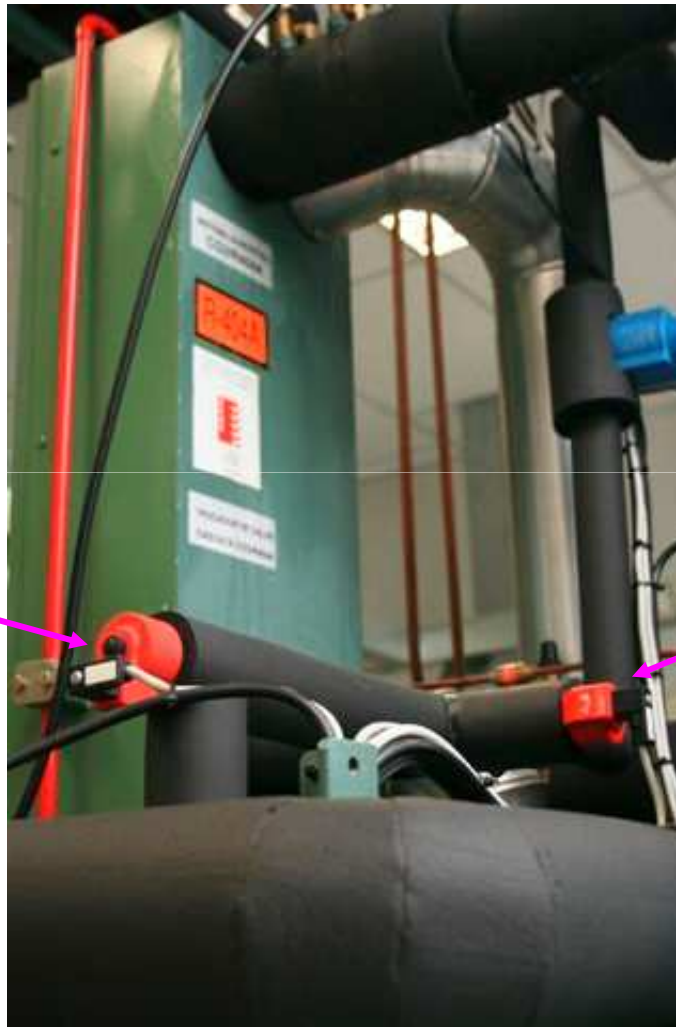
Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Válvula de expansão eletrônica Carel do Estágio de Alta Pressão

Válvula de expansão eletrônica Carel da Unidade de Emergência



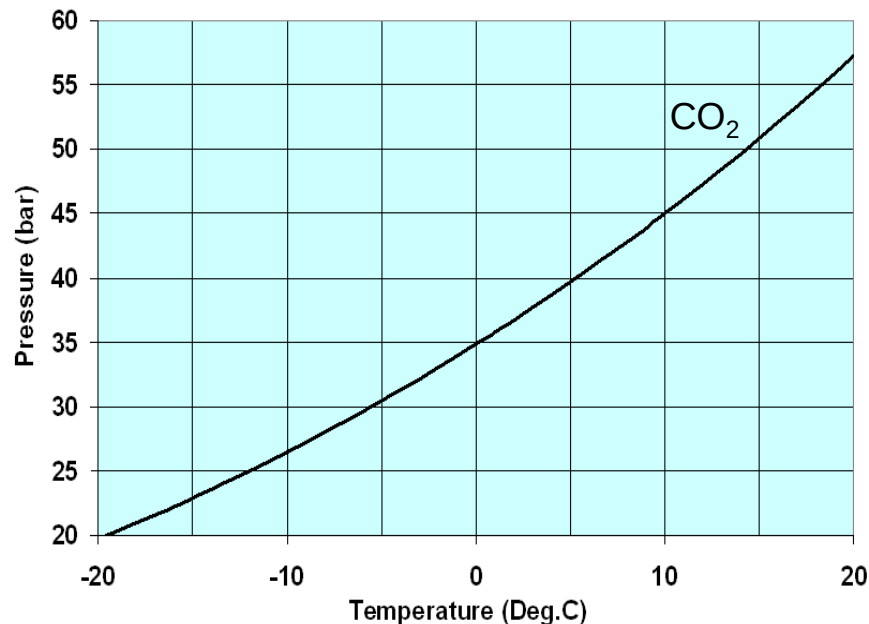
Trocador calor cascata do Centro de Treinamento & Tecnologia CO2 - Bitzer

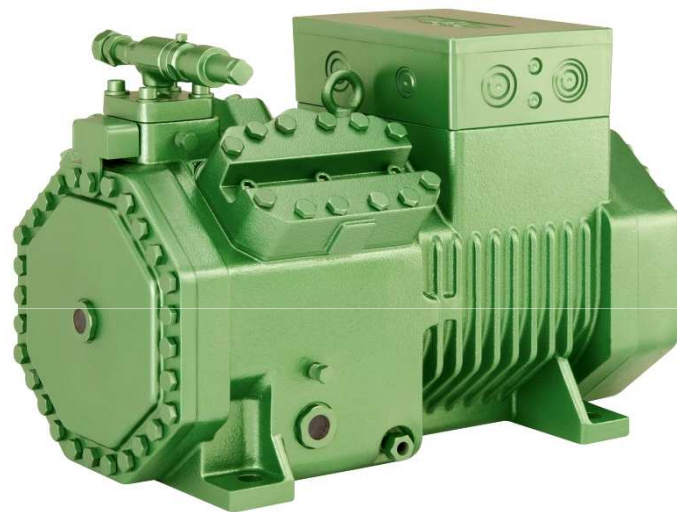
Tópico 7: Um Assunto Importante...

Parada do sistema por longo período de tempo



Tanque líquido CO₂ instalado dentro câmara congelados:
Evitará o aumento da pressão do sistema, pois o tanque estará frio no interior da câmara.





Muito obrigado pela sua atenção

BITZER

Soluções Sustentáveis