



Aplicação dos Fluidos Naturais na Refrigeração Comercial para Supermercados

28 de Maio/2009
Recife / PE, Brasil

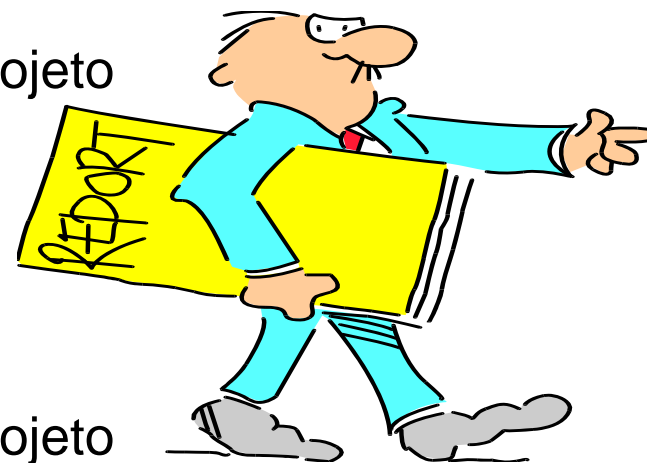
por Alessandro da Silva - Engenheiro de Aplicação
Tel. (11) 4617-9138 / E-mail: alessandro.silva@bitzer.com.br

- ❑ Breve história dos refrigerantes

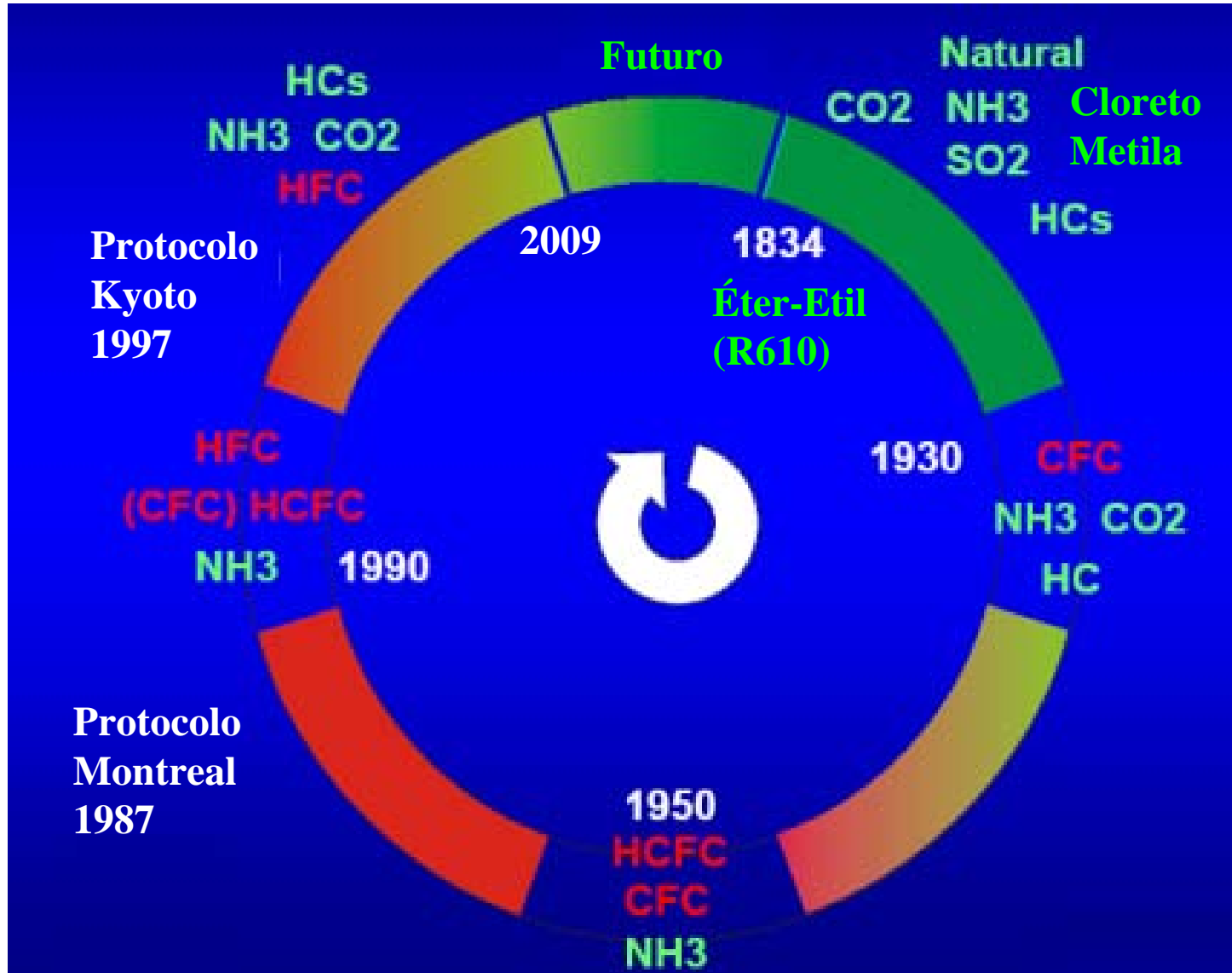
- ❑ Hidrocarbonetos (R290 / R1270)
 - Principais características, limites de aplicação
 - Compressores / óleos lubrificantes
 - Exemplo de aplicação e recomendações de projeto

- ❑ Amônia
 - Principais características, limites de aplicação
 - Compressores / óleos lubrificantes
 - Exemplo de aplicação e recomendações de projeto

- ❑ Dióxido de Carbono (CO₂)
 - Aplicações como refrigerante e fluido secundário (Centro Tecnologia CO2 - case)



Breve história dos refrigerantes



Hidrocarbonetos

R290 (Propano)

R1270 (Propileno)

Hidrocarbonetos – Principais Características

Prós

- ↑ Longa tradição em sistemas de refrigeração petro-químico
- ↑ Não destroem a Camada de Ozônio (ODP = 0)
- ↑ Baixo Potencial de Aquecimento Global (GWP = 3)
- ↑ Quimicamente inativo, baixa toxicidade
- ↑ Compatibilidade favorável com os materiais
- ↑ Boa capacidade de refrigeração e consumo de energia “equivalente” aos refrigerantes halogenados
- ↑ Substâncias simples, não possuem “temperature glide”
- ↑ Ampla faixa de aplicação devido aos:
 - níveis moderados de temperatura & pressão de operação
 - fluxo de massa e densidade do gás favorável
 - boa miscibilidade e transporte com o óleo

Hidrocarbonetos – Principais Características



Contras

- ↓ Alta inflamabilidade e explosividade “Classe de Risco A3”
 - medidas específicas de segurança (requer normas de segurança)
 - maior custo de investimento
 - maior responsabilidade (projeto, instalação, operação & manutenção!!)
 - limitação da carga de refrigerante e localização da planta
 - fluido secundário poderá ser necessário ⇒ maior custo de investimento

- ↓ Elevado grau de solubilidade com os óleos convencionais
 - forte diluição & efeito solvente
 - características de lubrificação desfavoráveis
 - maior desgaste das partes móveis & redução da vida útil
 - medidas adicionais poderão ser necessárias ⇒ maior grau de viscosidade do óleo, bombas e trocadores mais resistentes, etc

Hidrocarbonetos – Principais Características



Propriedades do R290 e R1270 vs. R22

		R290	R1270	R22
Massa Molar	kg/mol	44.1	42.1	86.5
Expoente da compressão isoentrópica		1.14	1.16	1.18
Temperatura de ebulição	°C	-41.6	-47.7	-40.8
Densidade do líquido	kg/dm ³ (40°C)	0.47	0.48	1.13
Pressão do vapor	bar (-10/40°C)	3.42/13.66	4.3/16.52	3.55/15.3
Temperatura crítica	°C	96.8	92.4	96
Pressão crítica	bar	42.6	46.6	49.9
Inflamabilidade	Vol. %	2.1 .. 9.4	2.0 ..11.1	--
Toxicidade	AEL ppm	1000	1000	1000
Destruição Camada de Ozônio	ODP	0	0	0.05
Potencial de Aquecimento Global	GWP	3	3	1500

Hidrocarbonetos – Principais Características



Pressão, Classificação de Segurança e Potencial Aquecimento Global (GWP)

Refrigerante	Pressão Projeto [bar]	Limites Explosão ②		Limite Prático ② [kg/m ³]	GWP [100 anos]
		Limite inferior [% v/v]	Limite superior [% v/v]		
HFCs①③	28 (42)	–	–	0.25...0.44	1300...3300
HCS①	28	1.8...2.5	8.4...11.1	0.008...0.011	3
NH ₃	28	15	28	0.00035	0
CO ₂ ④	42 (...150)	–	–	0.07	1

① válido para os refrigerantes listados na tabela "Faixa de Aplicação"

② de acordo com a norma EN378

③ 42 bar com R410A

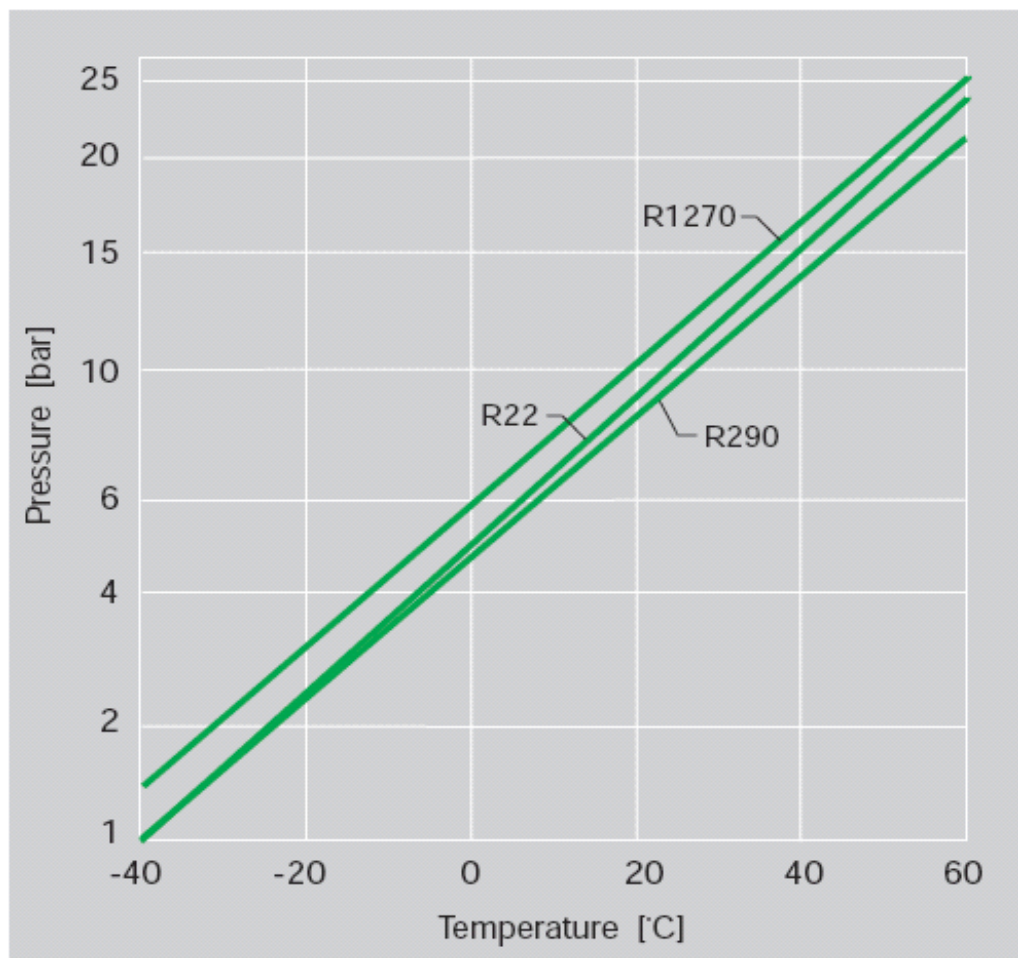
④ 42 bar com subcrítico, até 150 bar com sistemas transcíticos

Limite Prático (EN378) representa o maior nível de concentração que uma pessoa poderia se expor sem apresentar efeitos nocivos à saúde.

Hidrocarbonetos – Principais Características



Níveis de Pressão

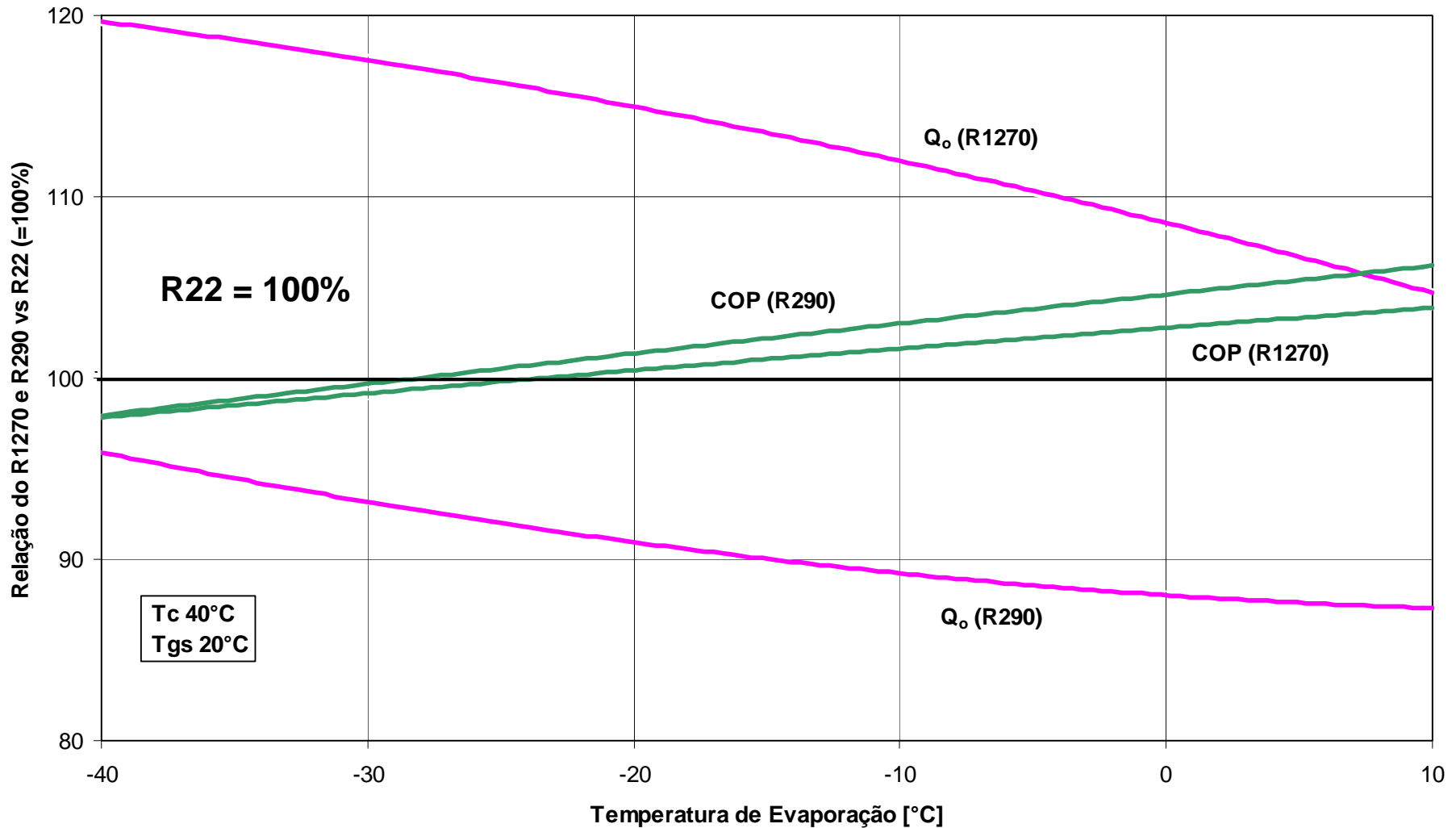


Os níveis de pressão do R290 e R1270 são similares ao do R22

Hidrocarbonetos – Principais Características



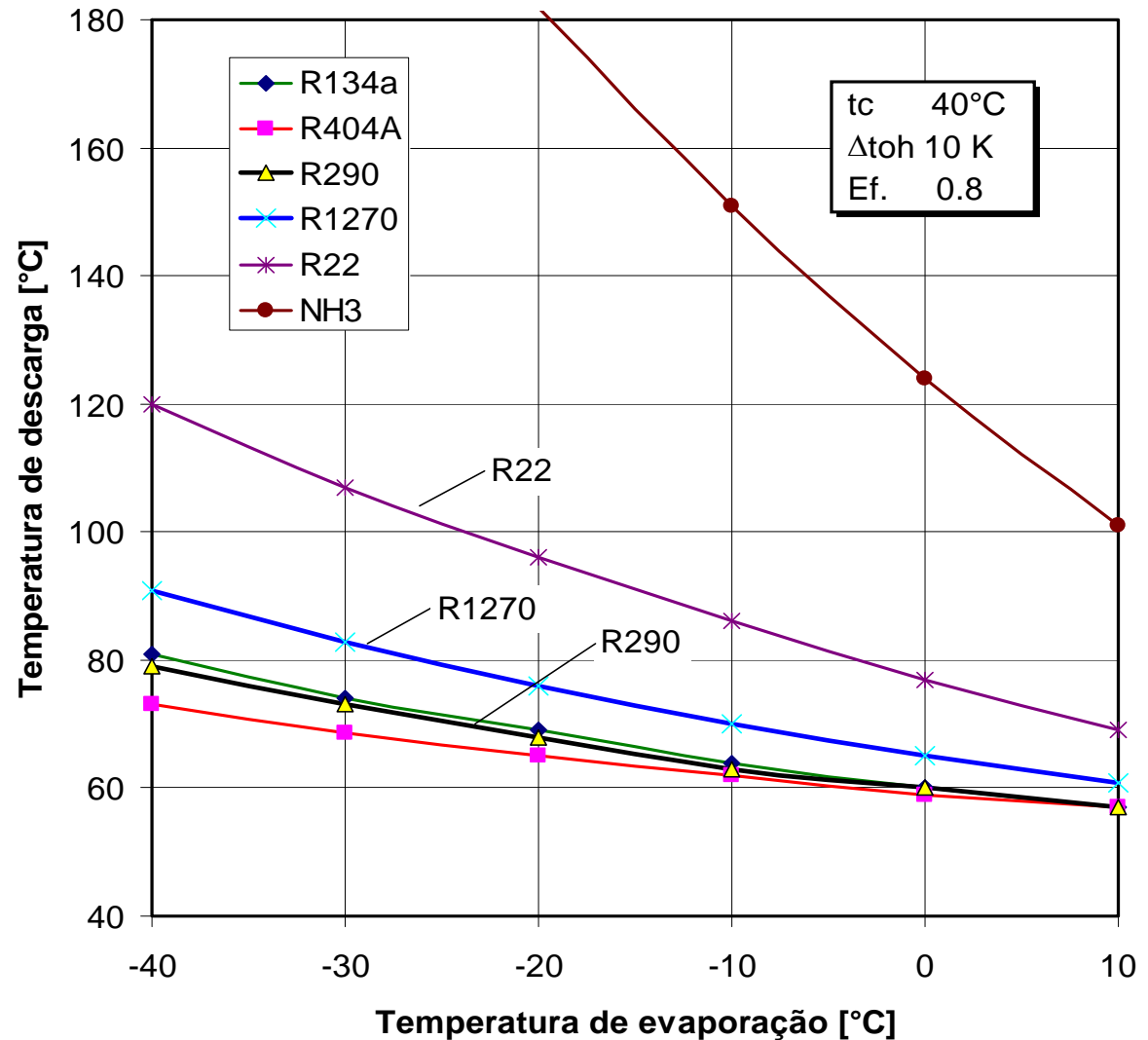
Diferenças significativas das capacidades e COP do R1270 e R290 vs. R22



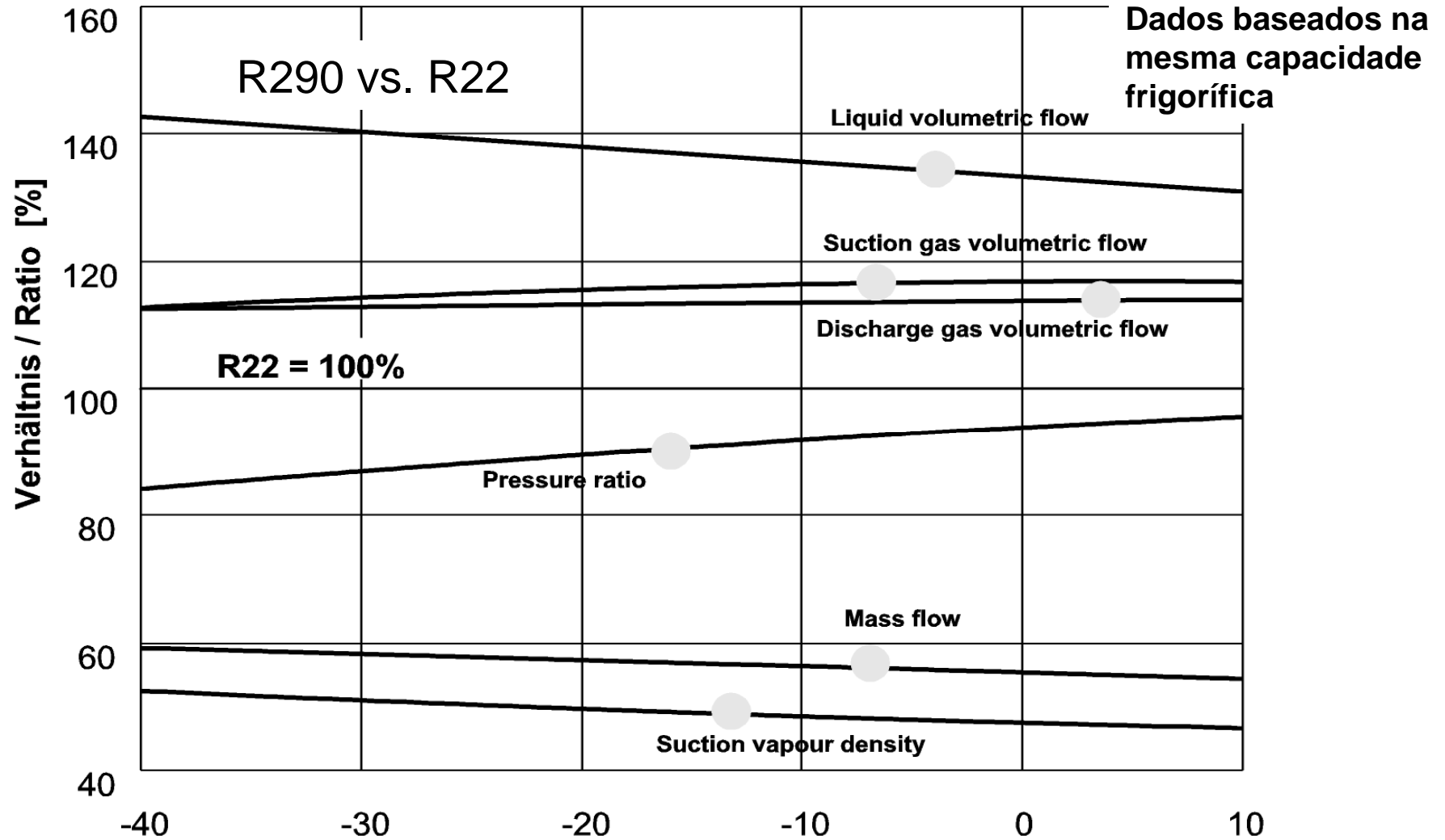
Hidrocarbonetos – Principais Características



- Diferenças significativas do expoente de compressão isoentrópico dos HCs vs. R22
 - Menores temperaturas de descarga e do óleo
 - Potencial para LT com operação de compressores de simples estágio
 - Temperaturas de descarga e do óleo muito baixas com menores taxas de compressão
 - ⇒ necessário intercambiador de calor entre a linha de sucção e líquido

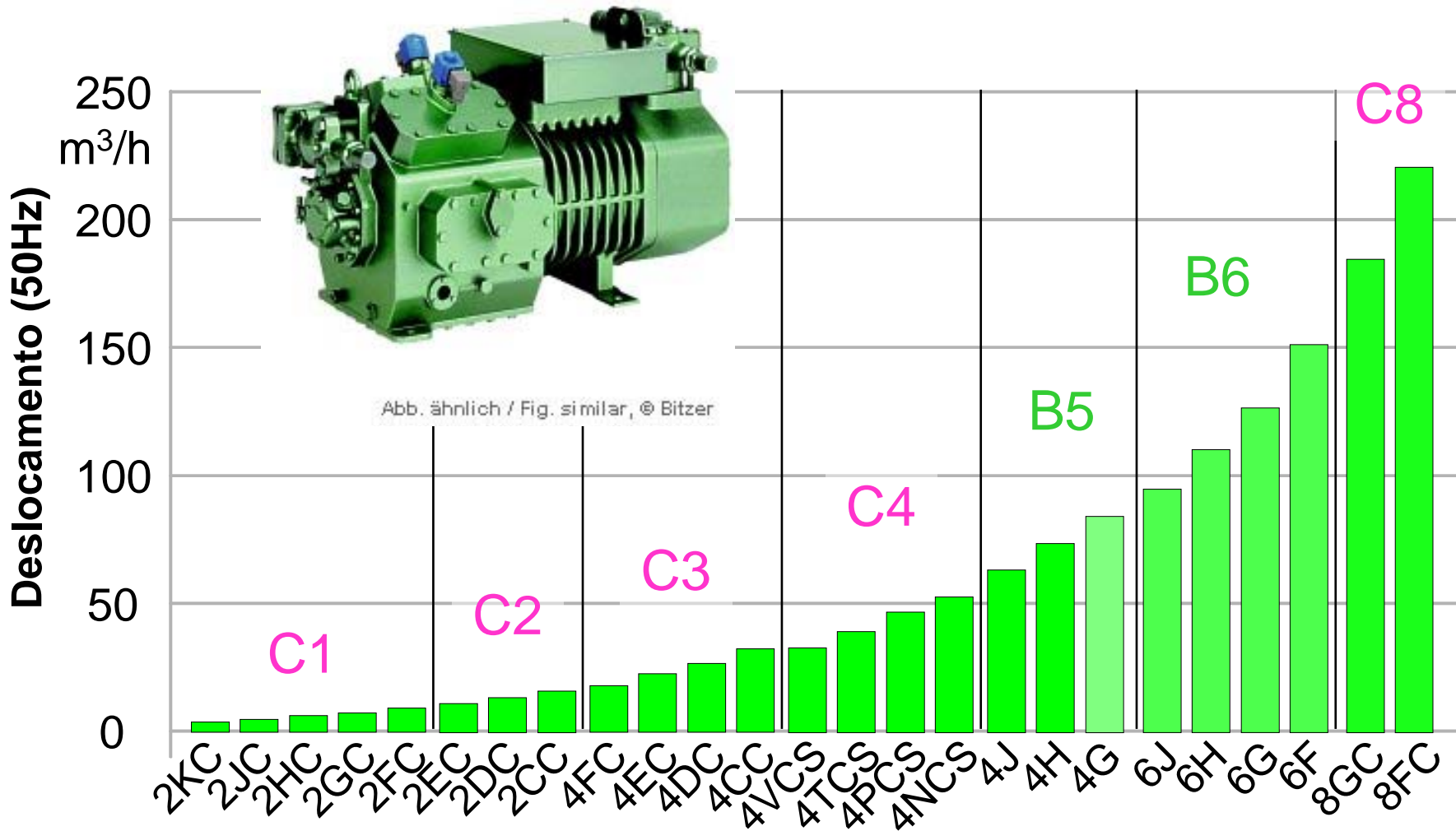


Hidrocarbonetos – Principais Características



Diferença significativa da densidade e fluxo de massa R290 vs. R22

Hidrocarbonetos – Compressores Semi-herméticos



Hidrocarbonetos – Óleos recomendados



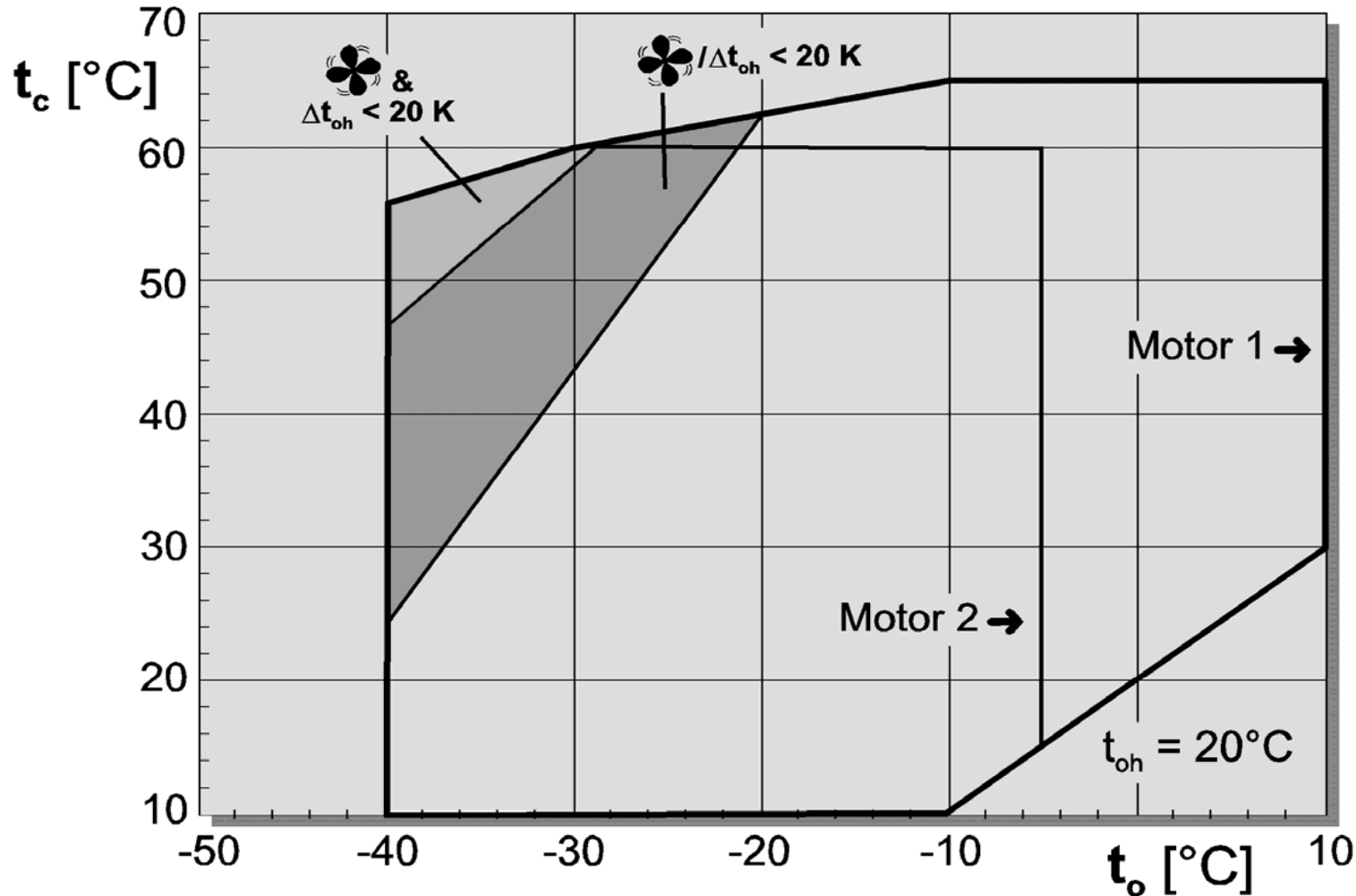
- ❑ Devido à alta solubilidade dos refrigerantes HCs nos óleos lubrificantes
 - Os óleos minerais (MO) deverão ser utilizados em sistemas de MT e LT com suficiente superaquecimento

- ❑ Os óleos Polialfaolifina (PAO) têm menor solubilidade, menor pressão de vapor e viscosidade uniforme sobre a temperatura
 - Obrigatórios em A/C e bombas de calor
 - Os óleos PAO (SHC226E) são standard para a versão “P” dos compressores com HCs

Hidrocarbonetos – Limites de aplicação



R290 (Modo de operação em Plana Carga)

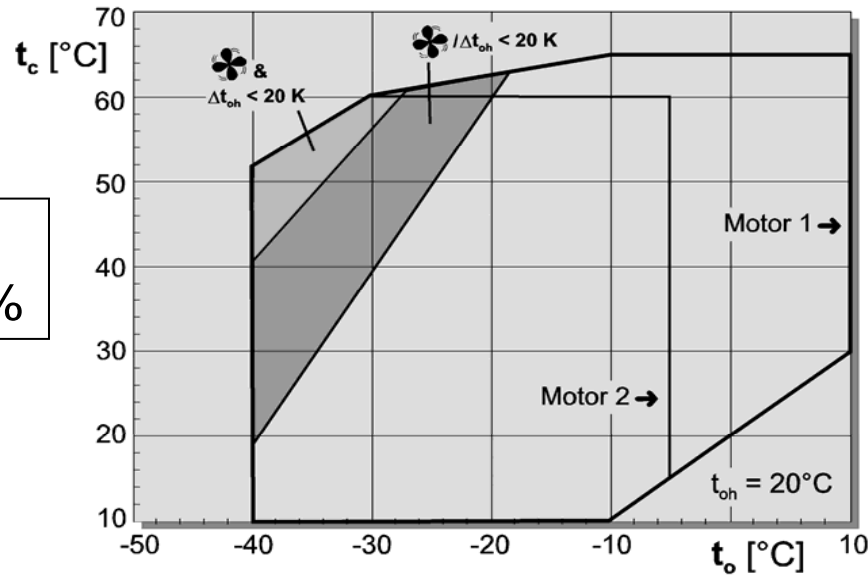


Compressores
pistão

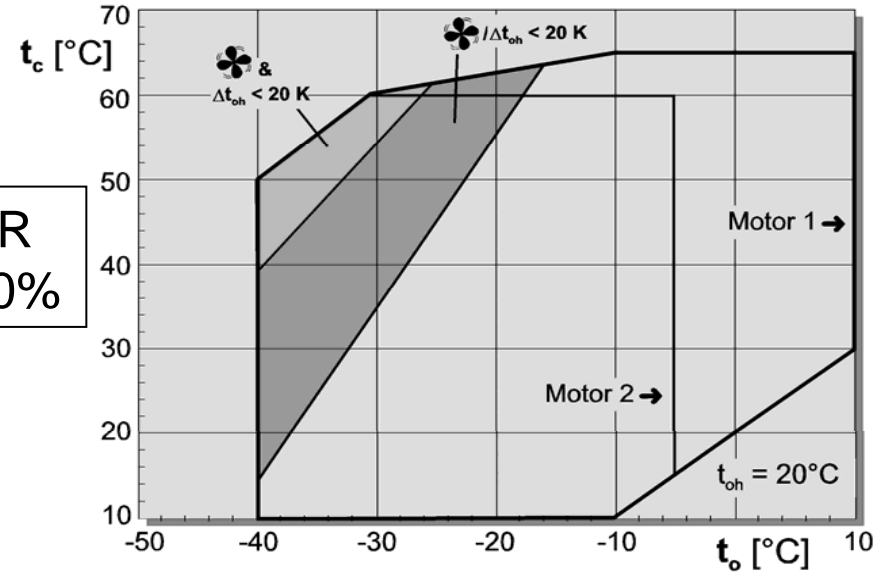
Hidrocarbonetos – Limites de aplicação



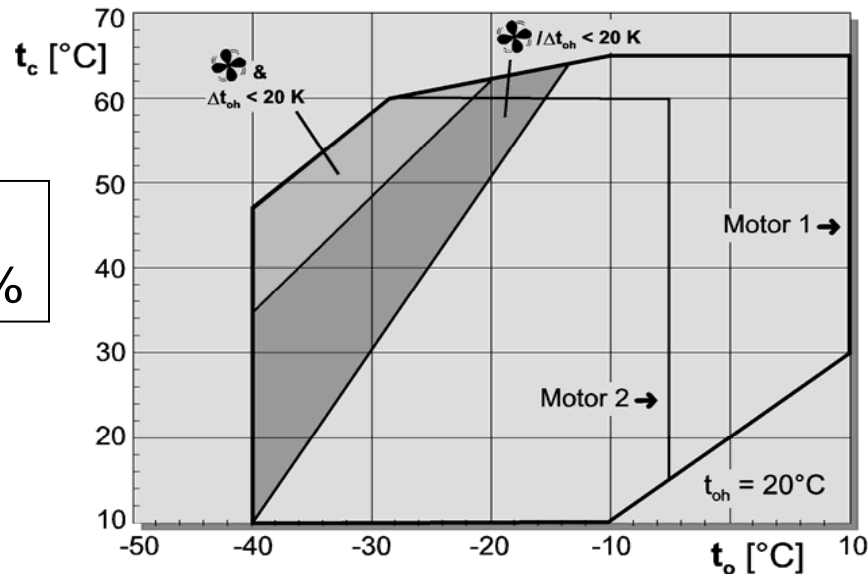
CR
66%



CR
50%



CR
33%



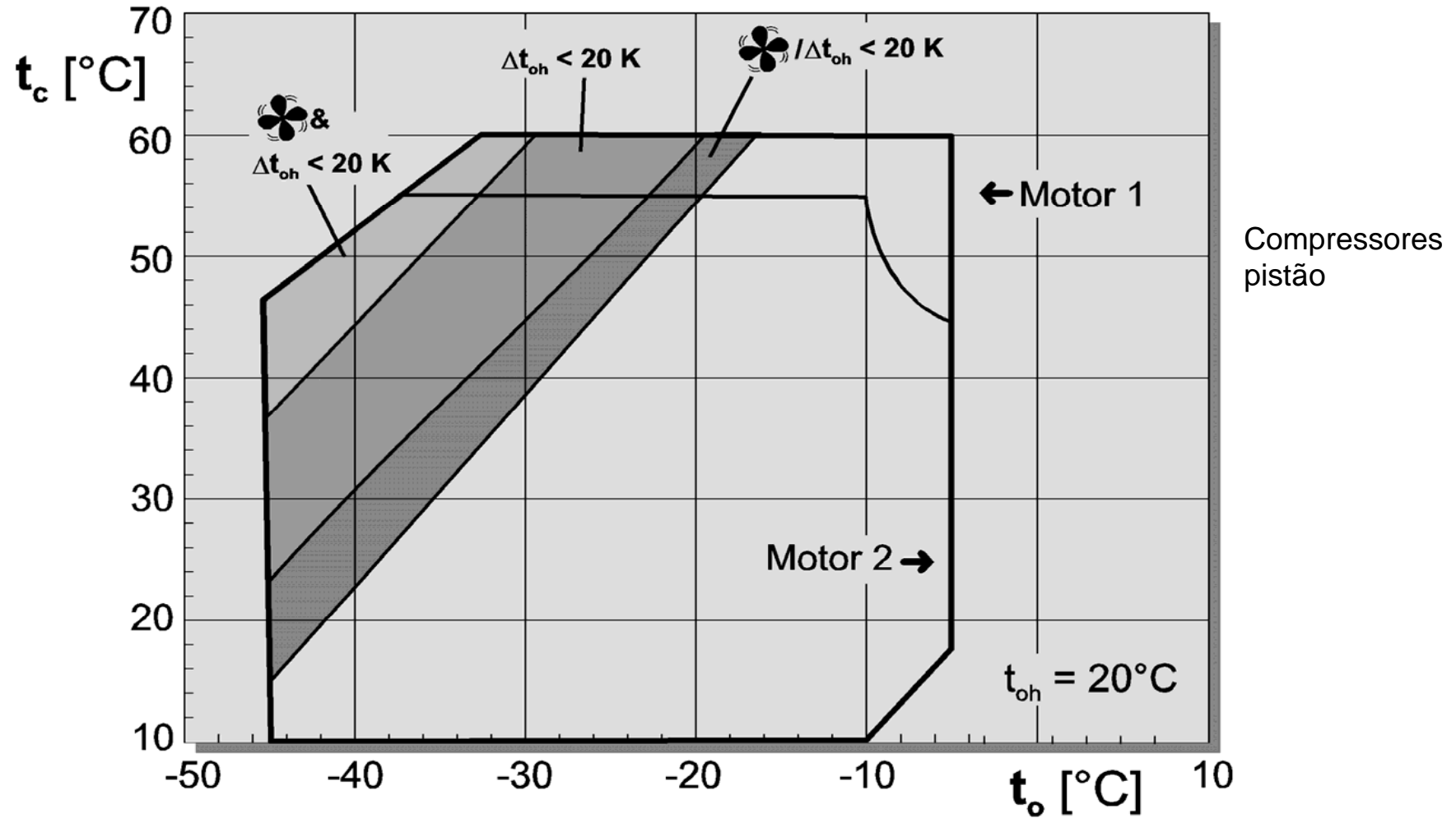
R290 (Modo de operação em Carga Parcial)

Compressores pistão

Hidrocarbonetos – Limites de aplicação



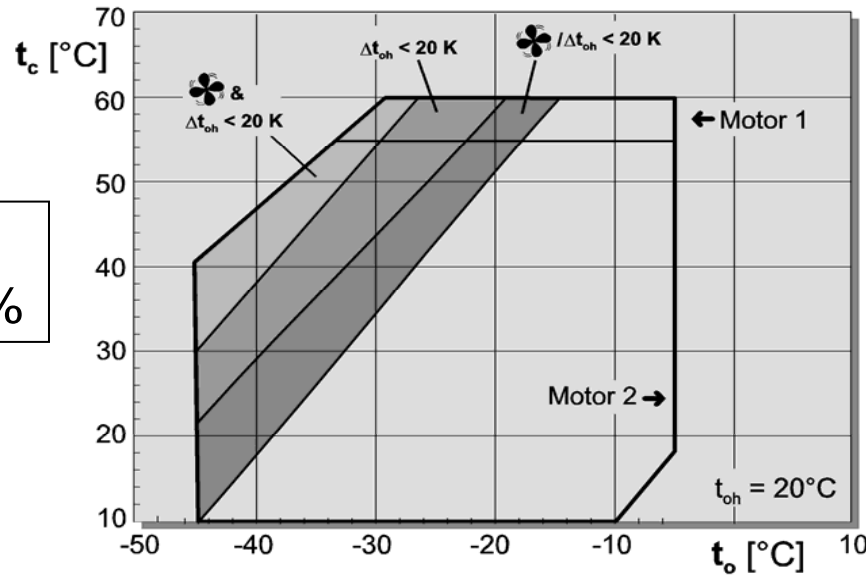
R1270 (Modo de operação em Plana Carga)



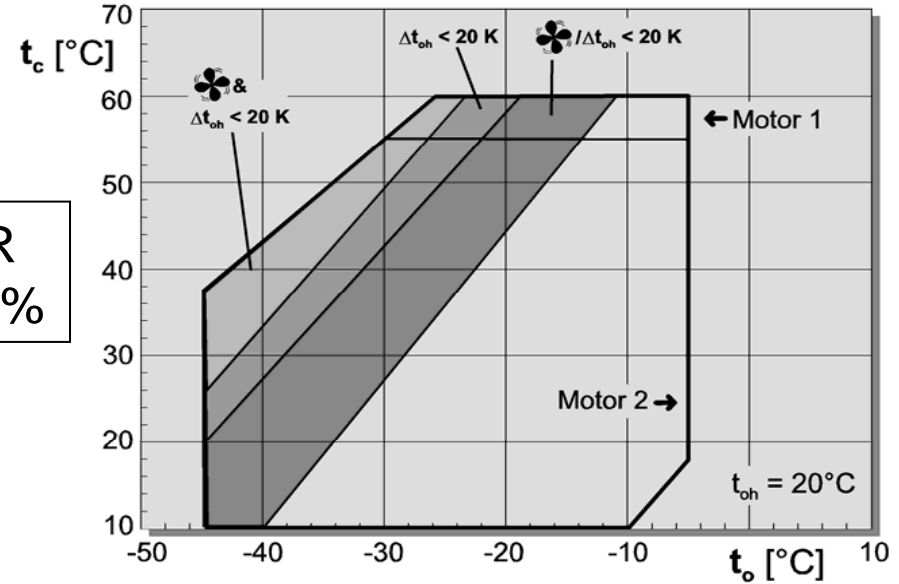
Hidrocarbonetos – Limites de aplicação



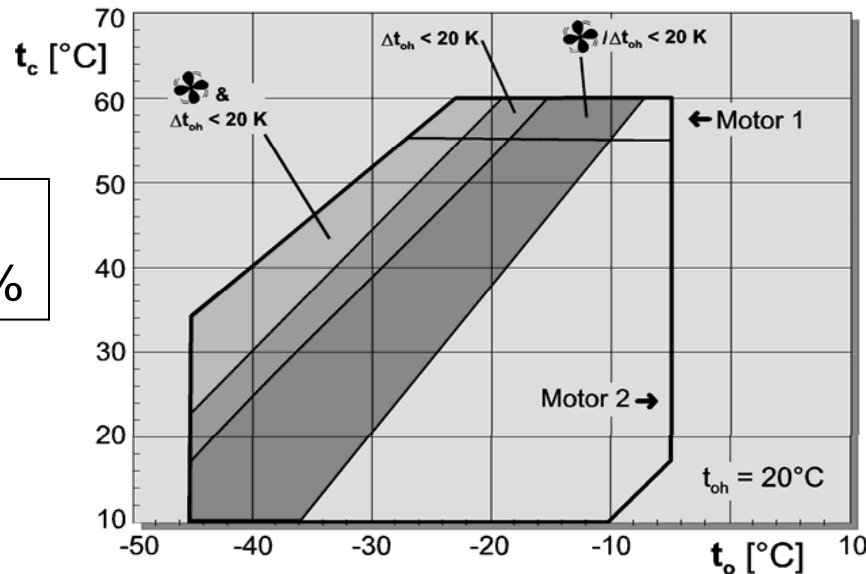
CR
66%



CR
50%



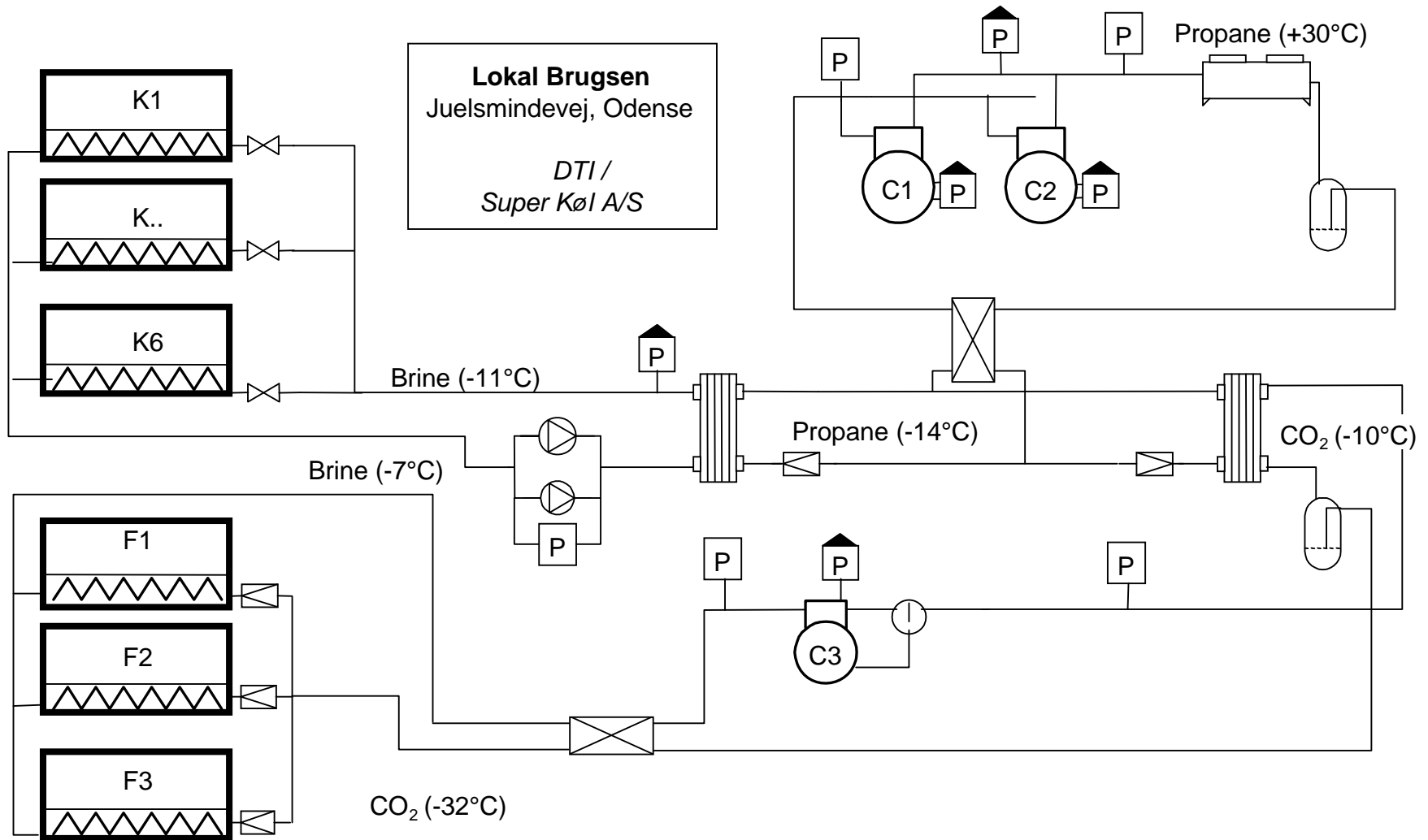
CR
33%



R1270 (Modo de operação em Carga Parcial)

Compressores pistão

Hidrocarbonetos – Exemplo de aplicação (R290/CO2)



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

Hidrocarbonetos – Exemplo de aplicação (R290/CO₂)



Compressores - R290

Compressor - CO₂

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

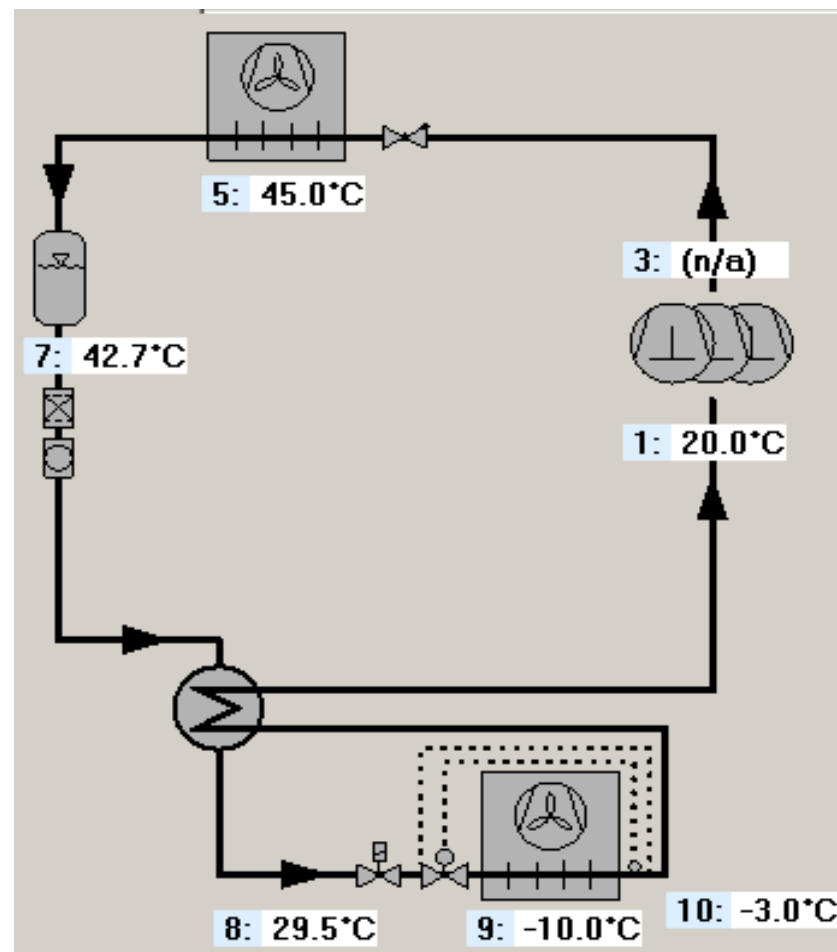
Hidrocarbonetos – Recomendações de projeto



Sistema com intercambiador de calor

Benefício do intercambiador de calor (sucção/líquido)

- Suficiente superaquecimento, temperatura de descarga e óleo
⇒ solubilidade do refrigerante reduzida
⇒ maior vida útil do compressor
- Maior capacidade frigorífica e COP
⇒ maior entalpia de evaporação





❑ Sistemas de refrigeração comercial - supermercados

- Medidas de segurança são necessárias
- Sistema indireto (utilizar fluido secundário)
- Sala de máquina com boa ventilação
- Equipamento compacto a prova de explosão
- Carga de refrigerante (HC) muito reduzida
- Treinamento de todo o pessoal técnico

Amônia

R717 (R73)

Amônia (R717) – Principais Características

Prós

- ↑ Longa tradição em sistemas de refrigeração industrial
- ↑ Não destrói a Camada de Ozônio (ODP = 0)
- ↑ Não contribui para o Aquecimento Global (GWP = 0)
- ↑ Substância 100% natural e de reduzido tempo de vida (menos de 14 dias)
- ↑ Fonte disponível na atmosfera
- ↑ Seu custo de aquisição é baixo
- ↑ Alto calor latente de evaporação (7 vezes mais que o R22 nas condições de 10°C/40°C)
- ↑ Fluxo de massa reduzido (aprox. 14% do R22)
- ↑ Baixa densidade do vapor e do líquido

Amônia (R717) – Principais Características



Prós

- ↑ Requer menores diâmetros de tubulação / bombas de refrigerante / dispositivos de controle
- ↑ Trabalha com baixa perda de carga
- ↑ Fácil separação com o óleo
- ↑ Alto coeficiente de performance, especialmente em alta e média pressão
- ↑ Características excelente na transferência de calor
- ↑ Ebulição intensiva devido a grande mudança de volume
- ↑ Insensível com a umidade no sistema
- ↑ Cheiro forte (simples monitoramento de vazamento)

Amônia (R717) – Principais Características

Contras

- ↑ Alta toxicidade (25 ppm)
- ↑ Explosiva dentro de concentrações de 15 a 28% em volume no ar
- ↑ Temperaturas extremas de descarga / óleo devido ao expoente isentrópico de compressão ($\text{NH}_3 = 1.31$ / $\text{R22} = 1.18$)
- ↑ Diferença de entalpia relativamente pequena na fase de vapor
- ↑ Limitada compatibilidade de materiais (incluindo cobre ou liga de cobre e limitações com plásticos)
- ↑ Insolúvel com óleos minerais e sintéticos
- ↑ Alta condutibilidade elétrica (requisitos especiais são necessários para componentes elétricos dentro do circuito de refrigeração)

Amônia (R717) – Principais Características

Propriedades do R717 vs. R22

		R717	R22
Massa Molar	kg/mol	17.03	86.5
Expoente da compressão isoentrópica		1.31	1.18
Temperatura de ebulição	°C	-33.33	-40.8
Densidade do líquido	kg/dm ³ (40°C)	0.57	1.13
Pressão do vapor	Bar (-10/40°C)	2.90/15.55	3.55/15.3
Temperatura crítica	°C	133	96
Pressão crítica	bar	113.5	49.9
Inflamabilidade	Vol. %	15 .. 28	--
Toxidade	AEL ppm	25	1000
Destruição Camada de Ozônio	ODP	0	0.05
Potencial de Aquecimento Global	GWP	0	1500

Amônia (R717) – Principais Características

Pressão, Classificação de Segurança e Potencial Aquecimento Global (GWP)

Refrigerante	Pressão Projeto [bar]	Limites Explosão ②		Limite Prático ② [kg/m ³]	GWP [100 anos]
		Limite inferior [% v/v]	Limite superior [% v/v]		
HFCs①③	28 (42)	–	–	0.25...0.44	1300...3300
HCs①	28	1.8...2.5	8.4...11.1	0.008...0.011	3
NH ₃	28	15	28	0.00035	0
CO ₂ ④	42 (...150)	–	–	0.07	1

① válido para os refrigerantes listados na tabela "Faixa de Aplicação"

② de acordo com a norma EN378

③ 42 bar com R410A

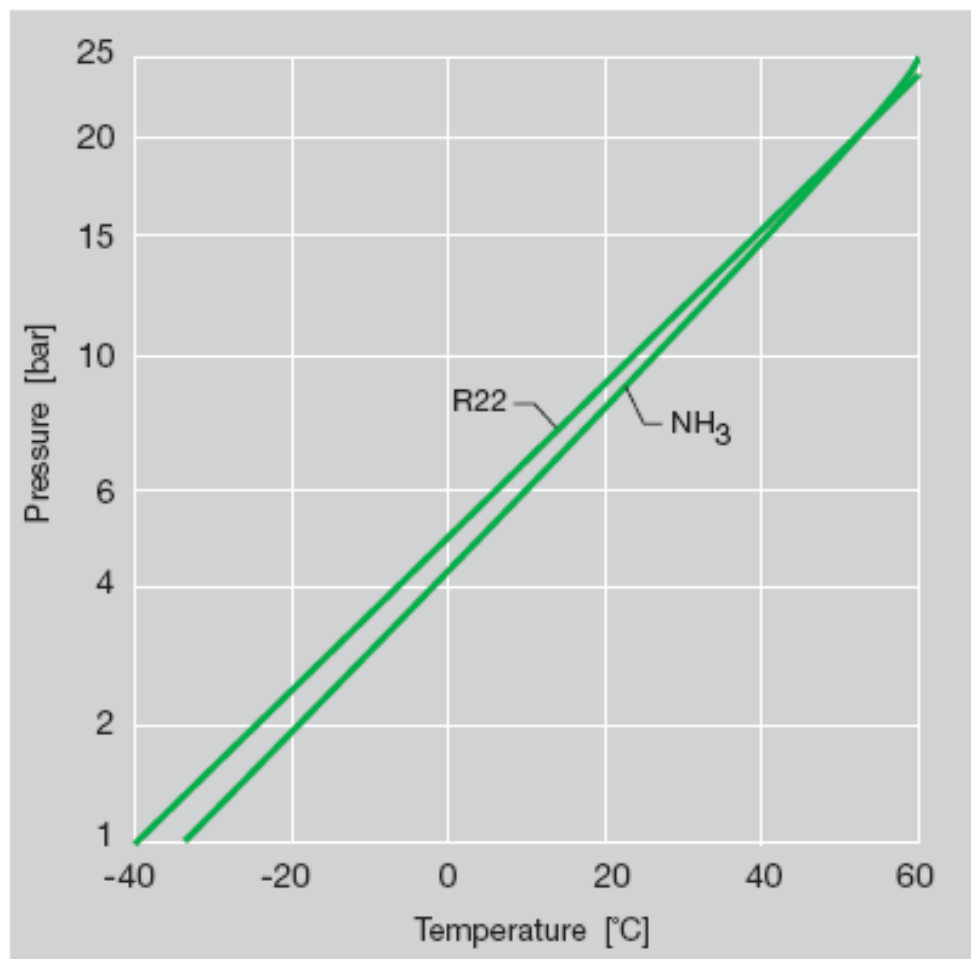
④ 42 bar com subcrítico, até 150 bar com sistemas transcíticos

Limite Prático (EN378) representa o maior nível de concentração que uma pessoa poderia se expor sem apresentar efeitos nocivos à saúde.

Amônia (R717) – Principais Características



Níveis de Pressão

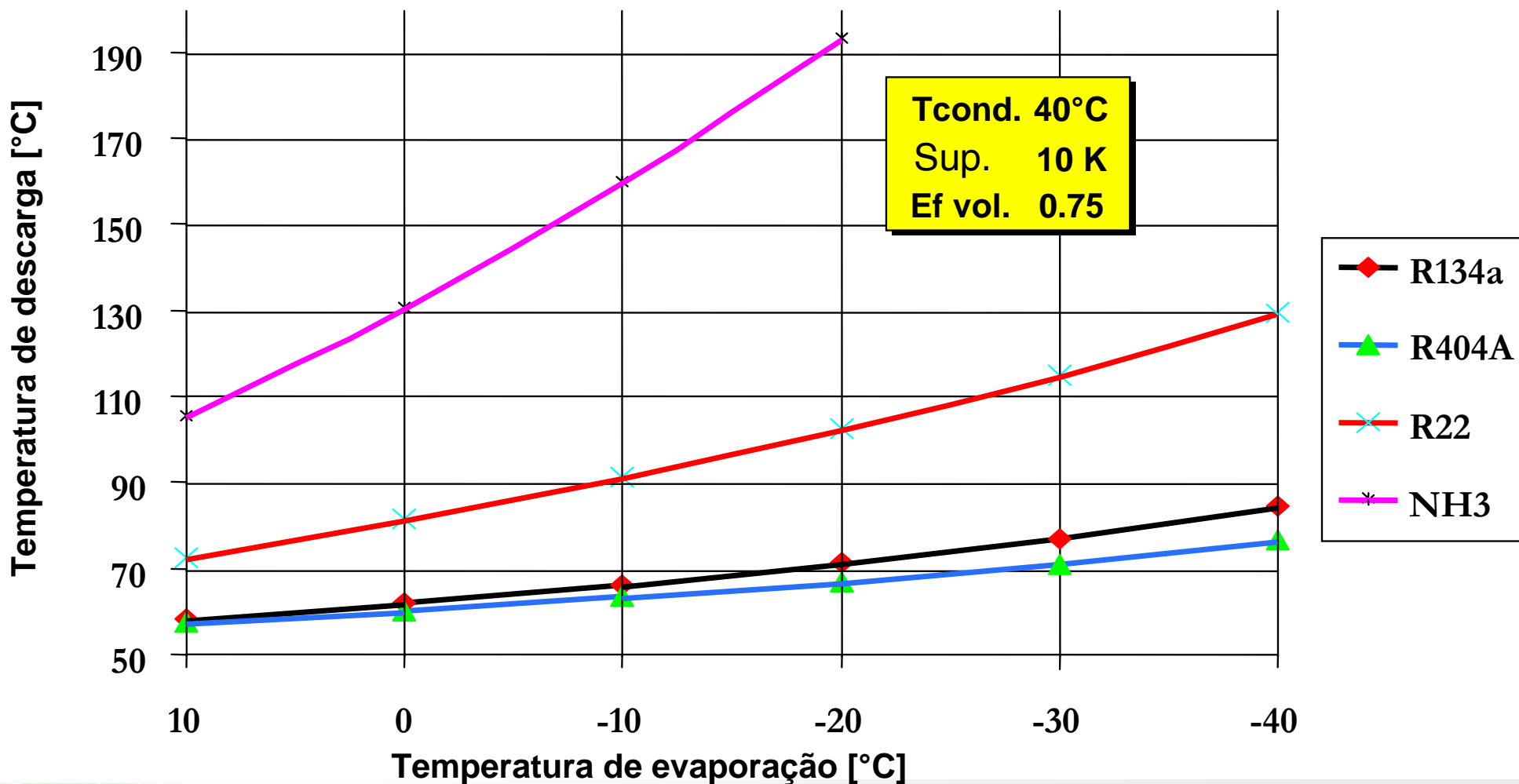


Os níveis de pressão do R717 são similares ao do R22

Amônia (R717) – Principais Características

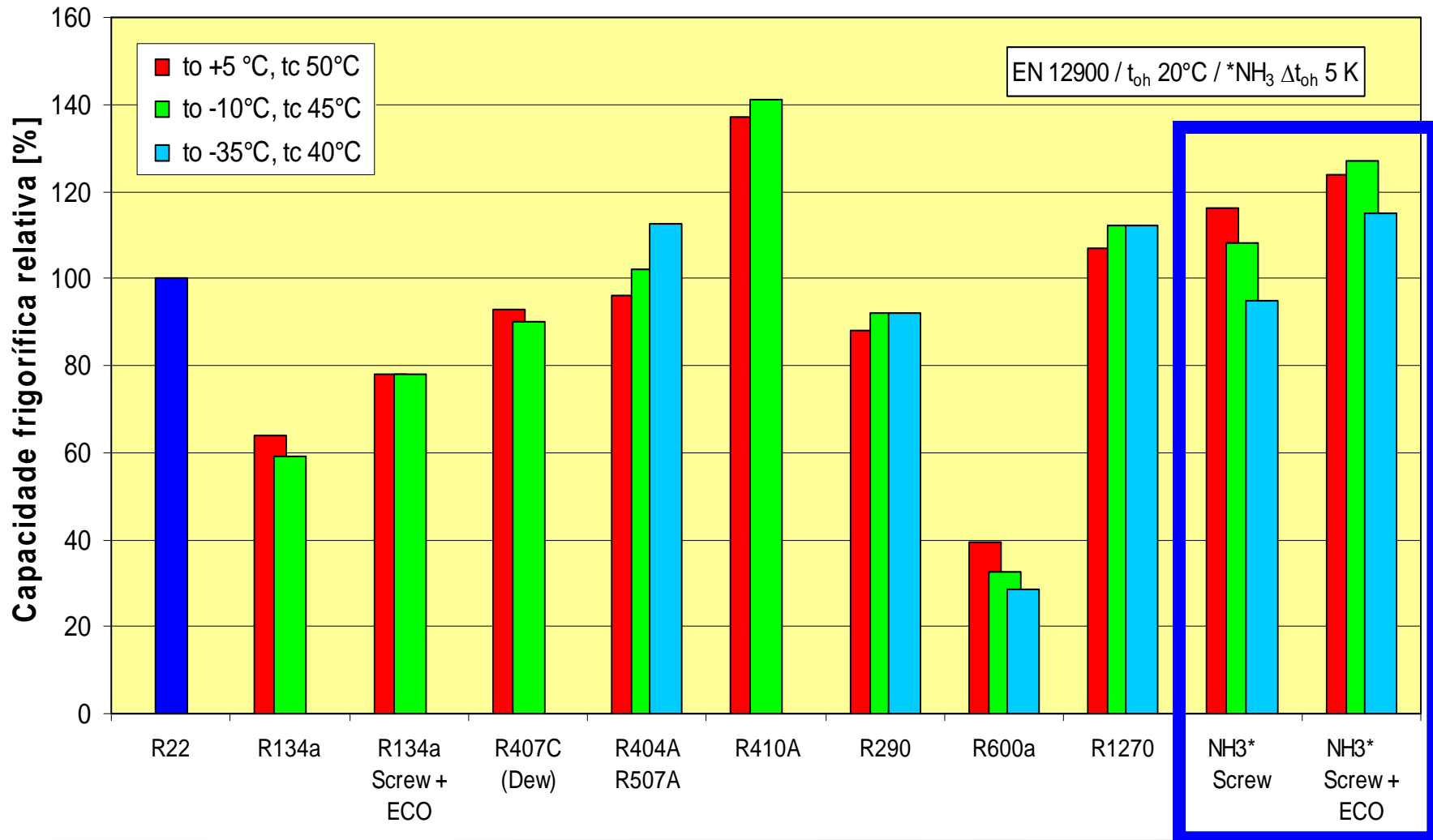


Comportamento da temperatura do gás de descarga do R717 vs. R22



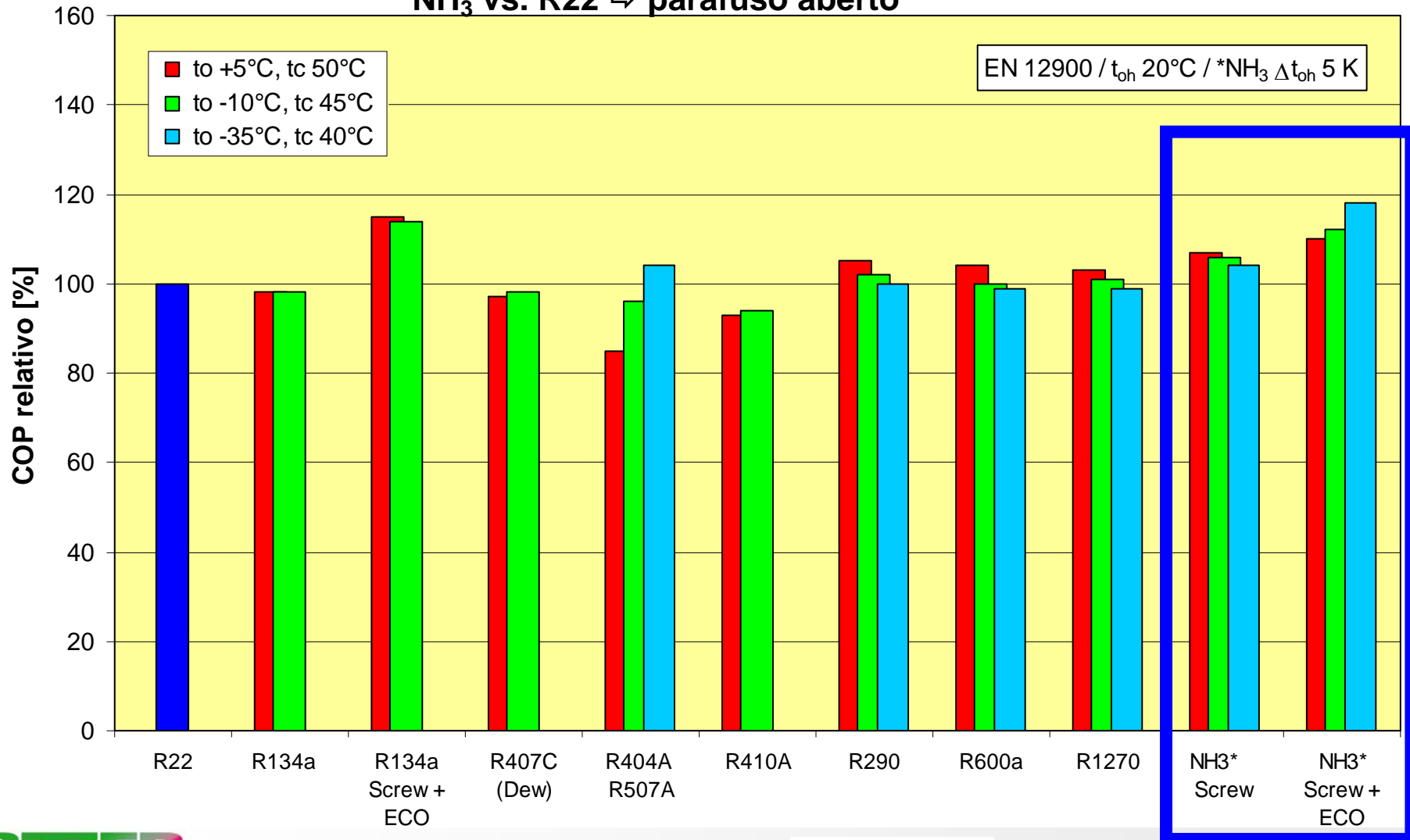
Amônia (R717) – Principais Características

Tipos compressores: HFCs & HCs vs. R22 ⇒ semi-hermético pistão (parafuso)
 NH₃ vs. R22 ⇒ parafuso aberto



Amônia (R717) – Principais Características

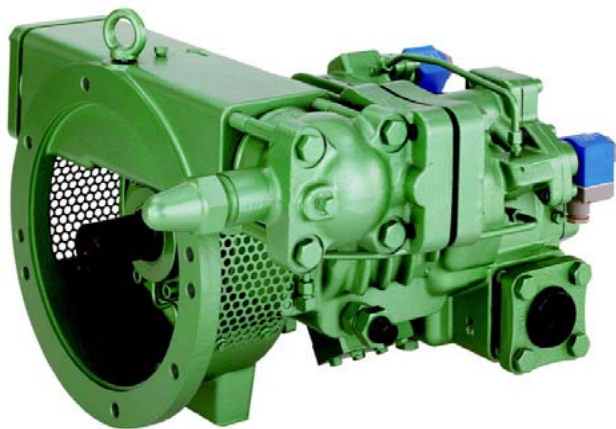
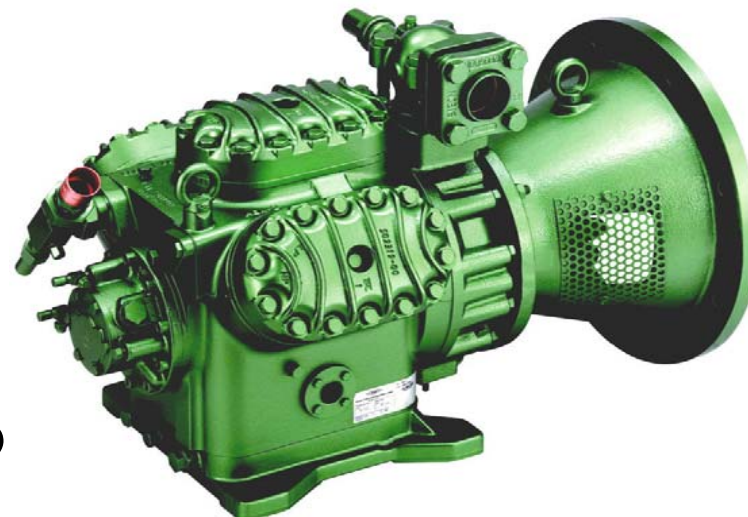
Tipos compressores: HFCs & HCs vs. R22 ⇒ semi-hermético pistão (parafuso)
 NH₃ vs. R22 ⇒ parafuso aberto



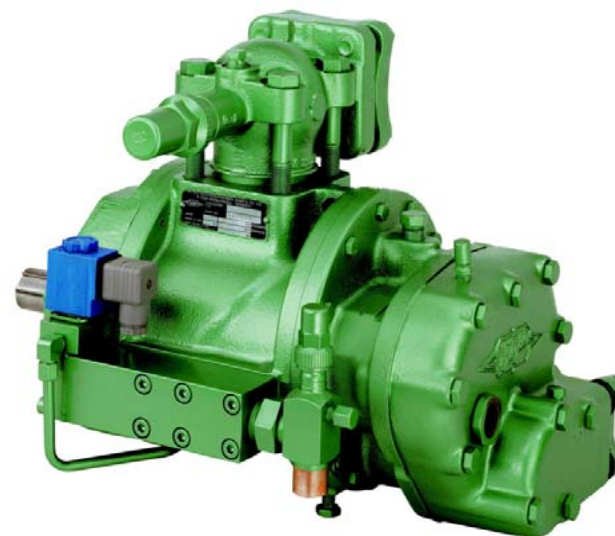
Amônia (R717) – Compressores abertos



Pistão



Parafuso



Amônia (R717) – Óleos recomendados



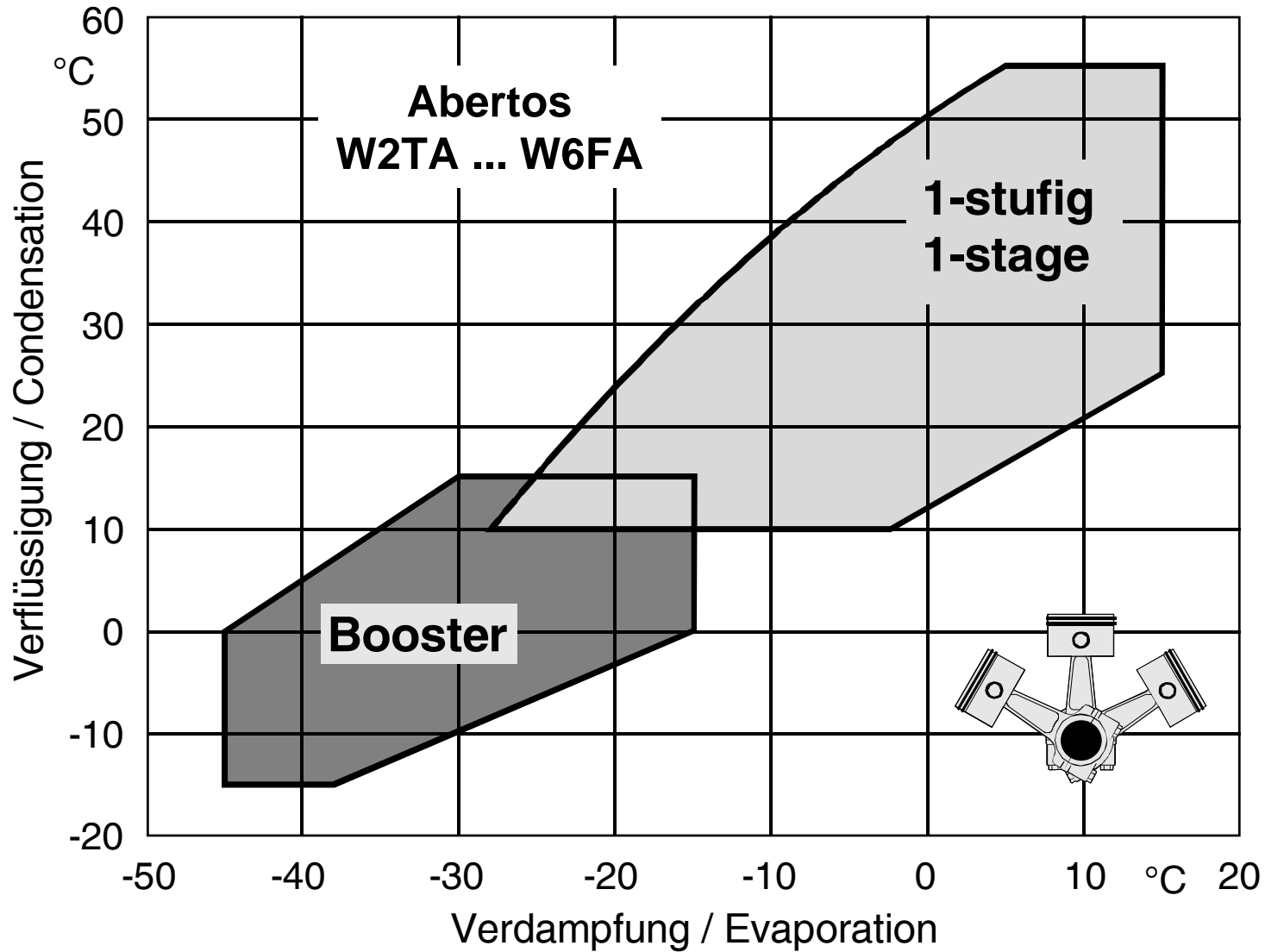
Faixa de aplicação

ÓLEO	FABRICANTE	REFRIGERANTE	CONDENS.	EVAPOR.	TIPO
B100	BITZER	R-22	≤ 45	-5... -50	A
B150 SH	BITZER	R-22	≤ 60	+12,5... -40	A
Capela 68	TEXACO	R-717	≤ 45	-20...+10	M
Clavus G 32	SHELL	R-717	≤ 40	-20... -40	M
Clavus G 46	SHELL	R-717	≤ 45	-10... -35	M
Clavus G 68	SHELL	R-717	≤ 50	+10...-30	M
SHC 224	Mobil	R-717	≤ 50	+10..-40	M
Clavus G 100	SHEL	R-22	≤ 45	-5...-50	M
BSE 170	BITZER	R-134a R 404A/R507A	≤ 70 ≤ 52	+ 20...-20/ +7,5...-50	PE
B 320 SH	BITZER	R-22	≤ 55	+ 12,5...-15	A

Tipos de Óleo:

- M Mineral
- A Alkylbenzeno
- PE Polyolester

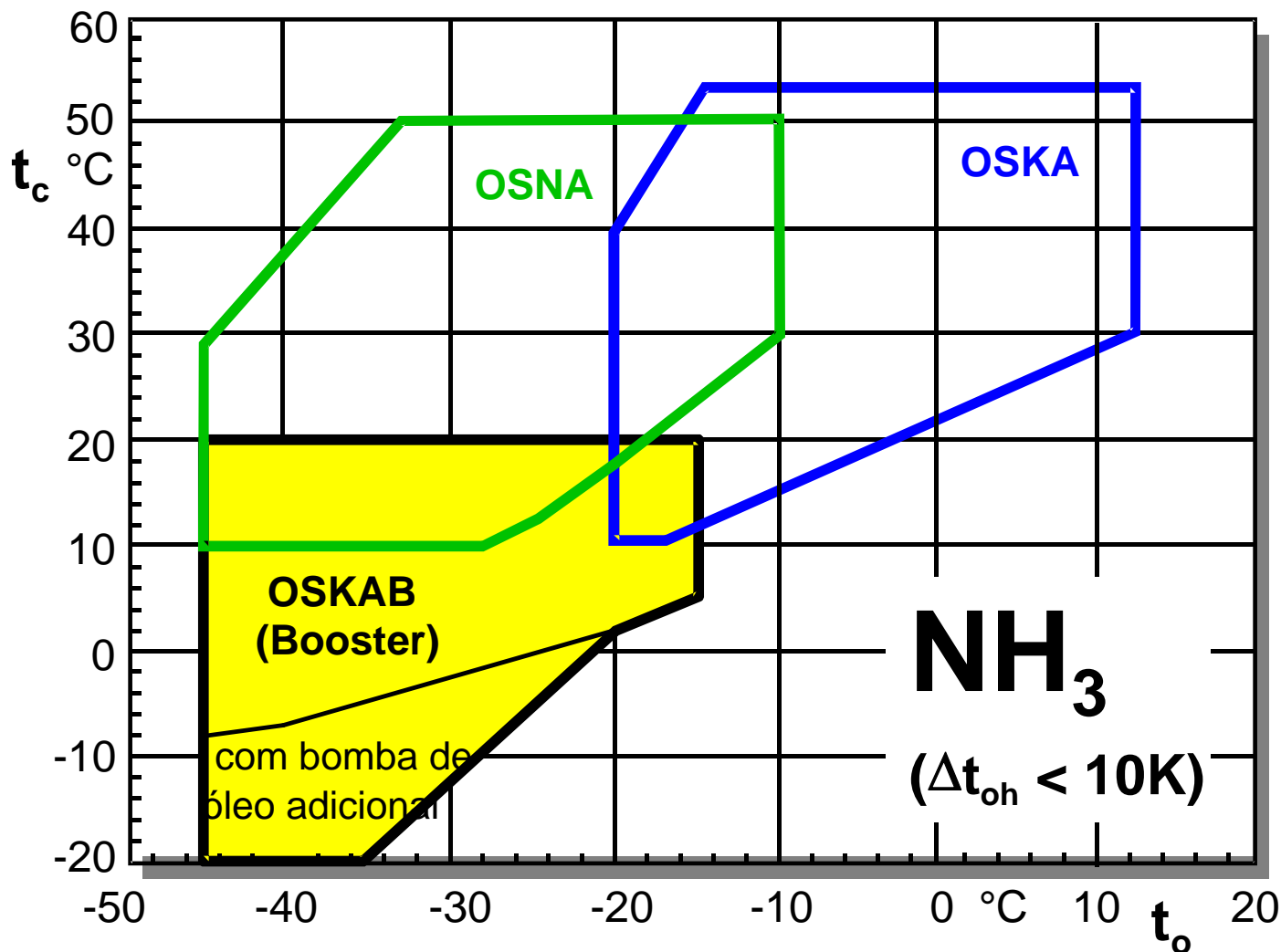
Amônia (R717) – Limites de aplicação (pistão)



Amônia (R717) – Limites de aplicação (parafuso)



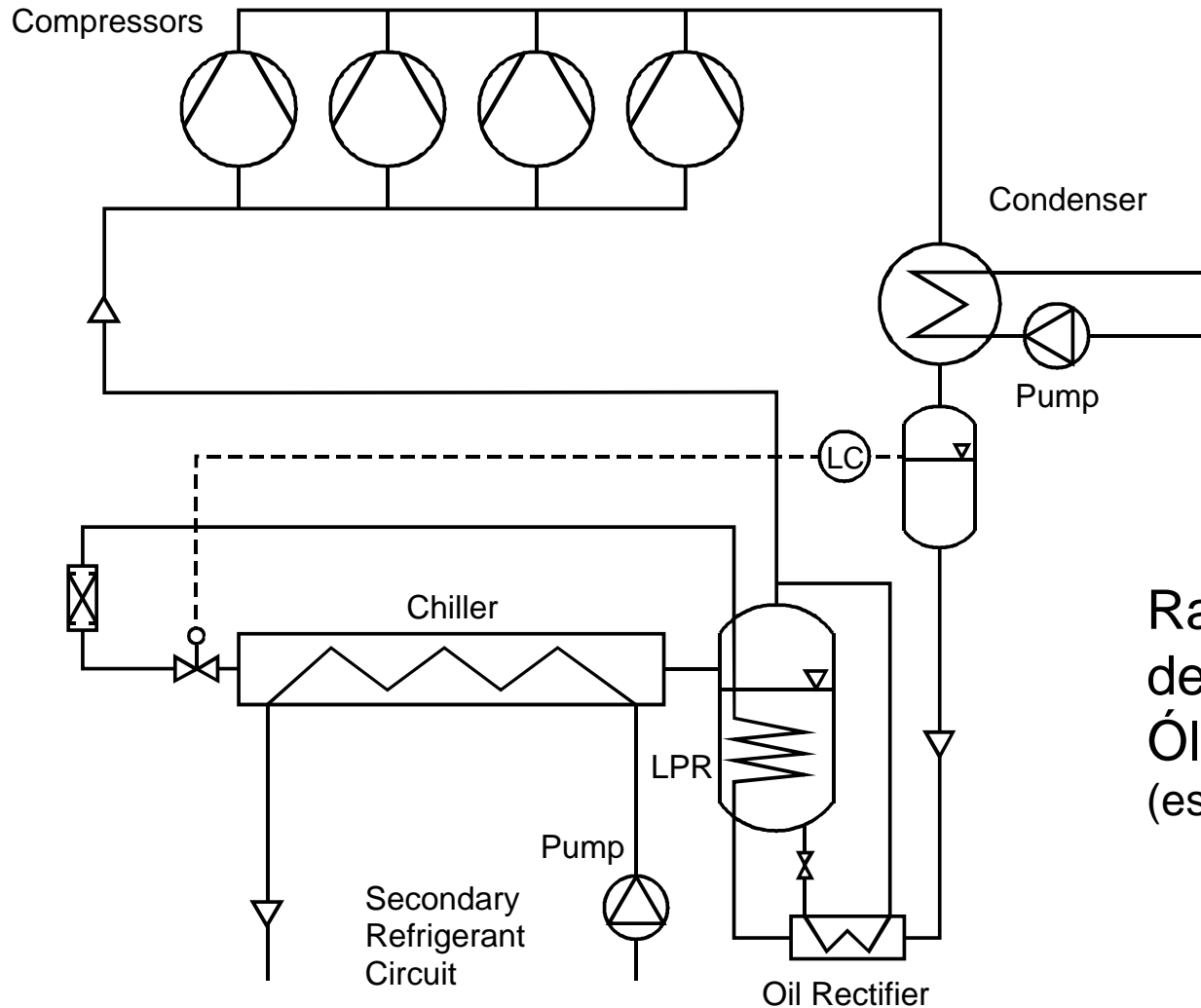
Limites de operação compressores parafuso abertos com NH₃ – vista geral



requer
resfriamento adicional
(resfriamento do óleo)

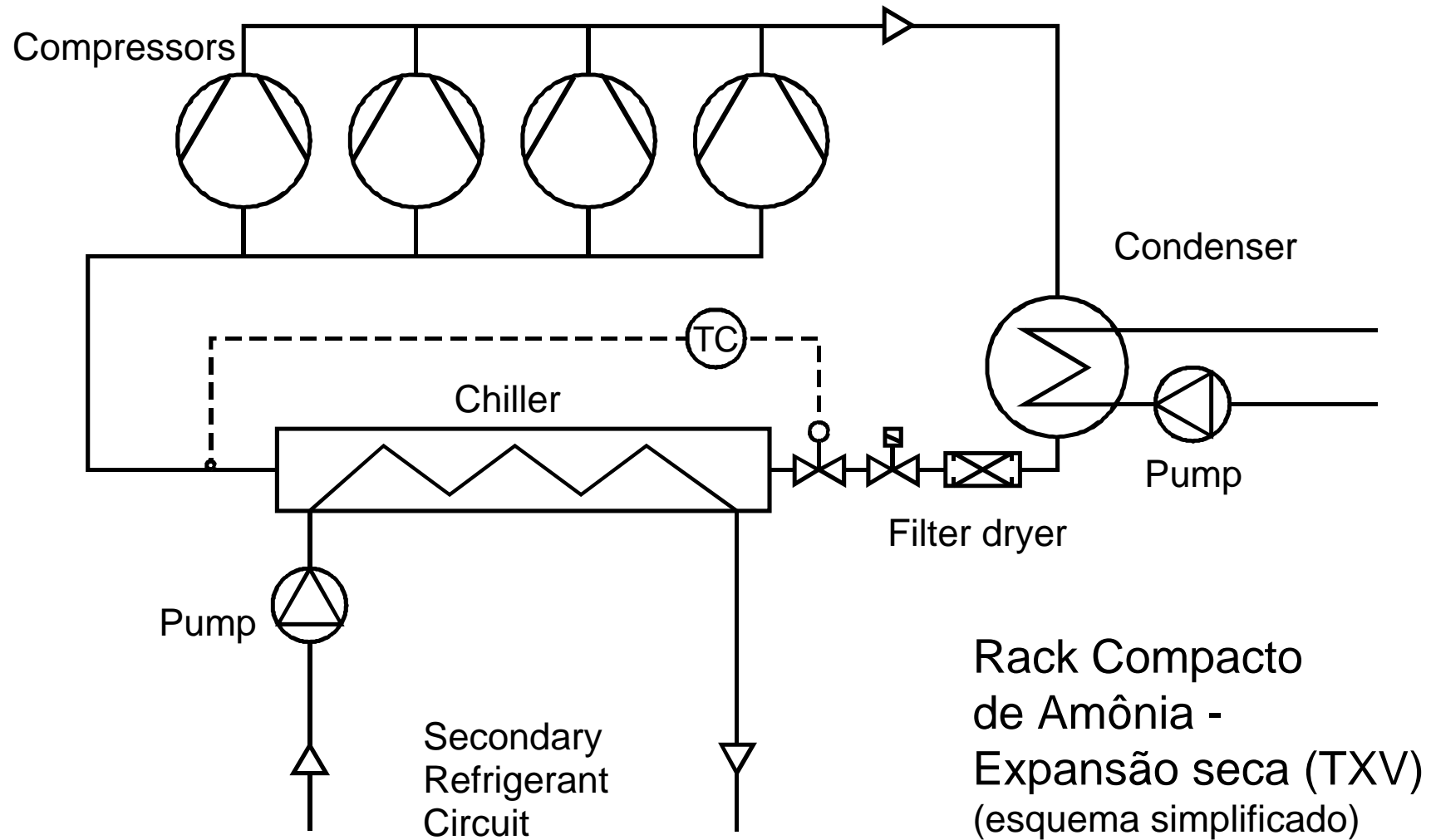
limites de operação
restritos no caso de
operação em carga parcial:
Vejam no Manual
de Aplicação
SH-500 ou no
Software de Bitzer)

Amônia (R717) – Exemplo de aplicação

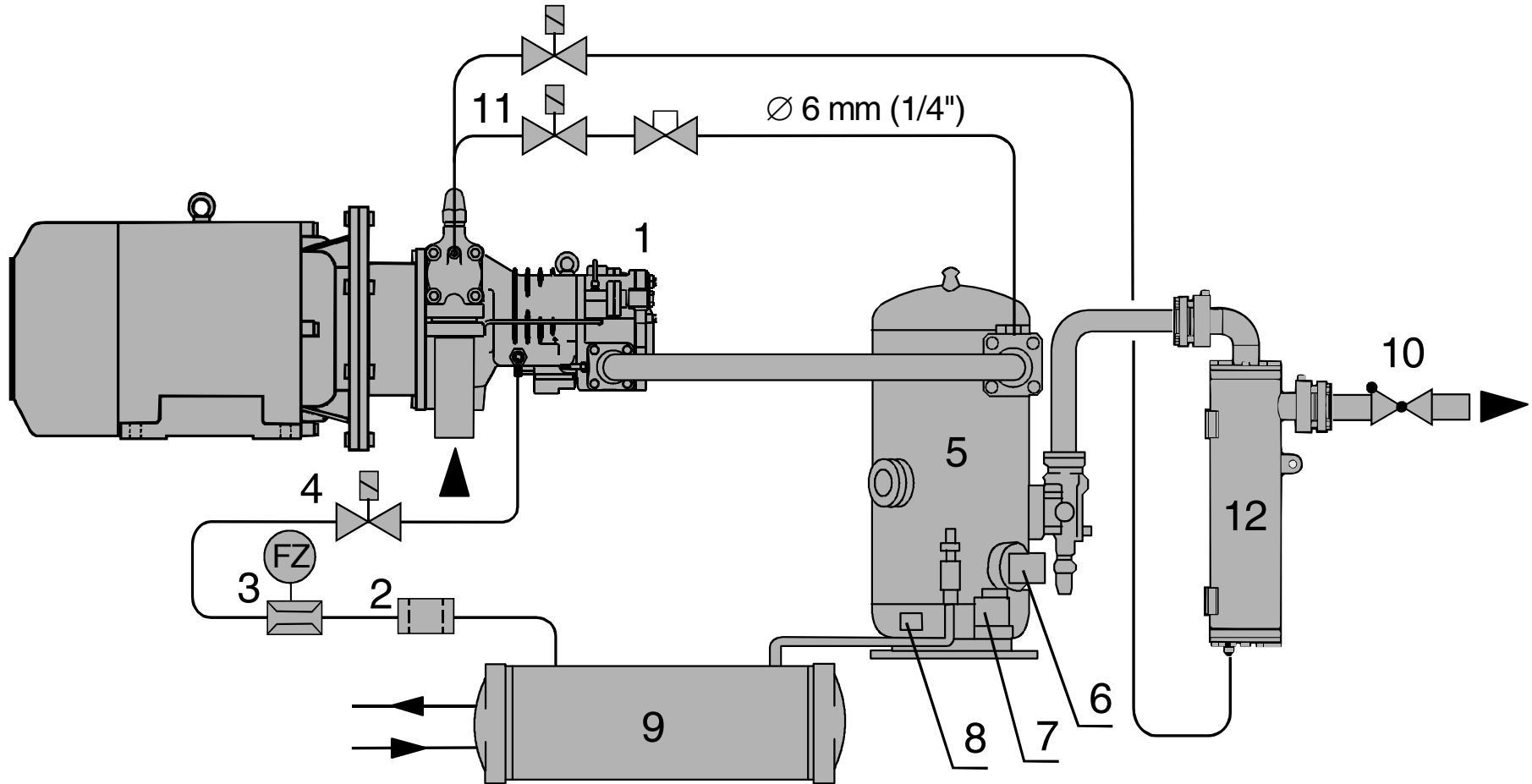


Rack Compacto
de Amônia com
Óleo insolúvel
(esquema simplificado)

Amônia (R717) – Exemplo de aplicação

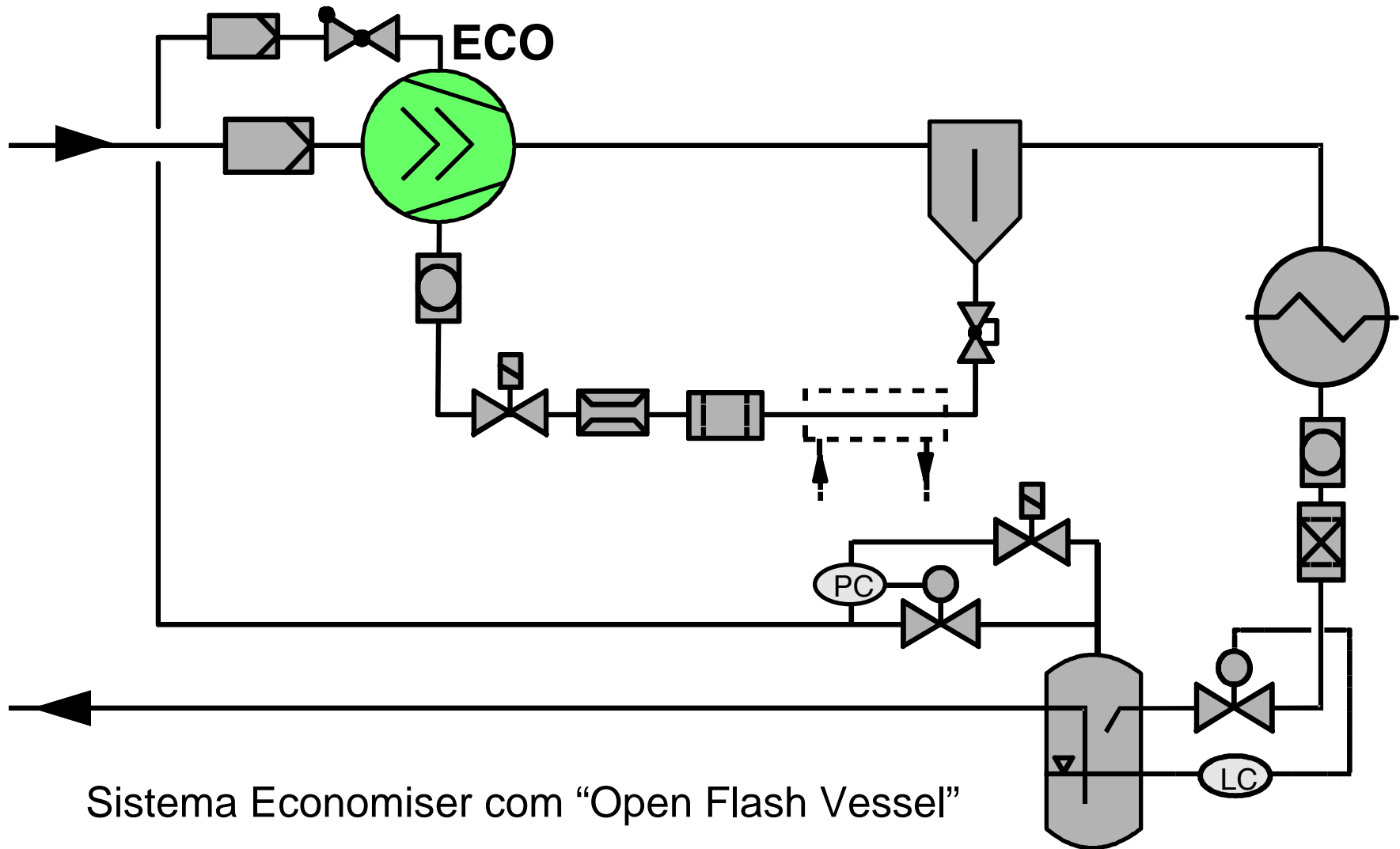


Amônia (R717) – Exemplo de aplicação



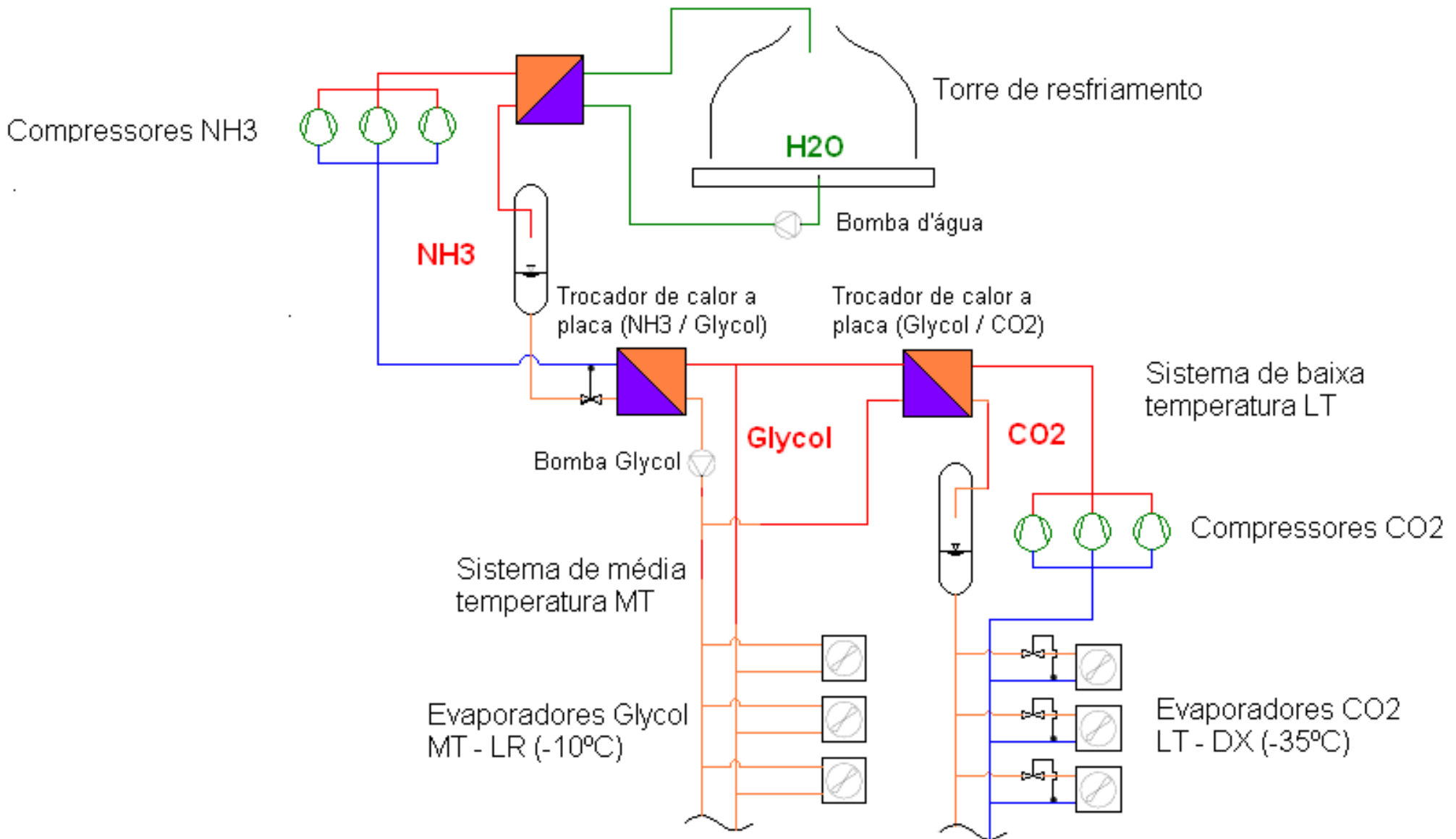
Compressor aberto + separador de óleo primário e secundário (sistema inundado)

Amônia (R717) – Exemplo de aplicação

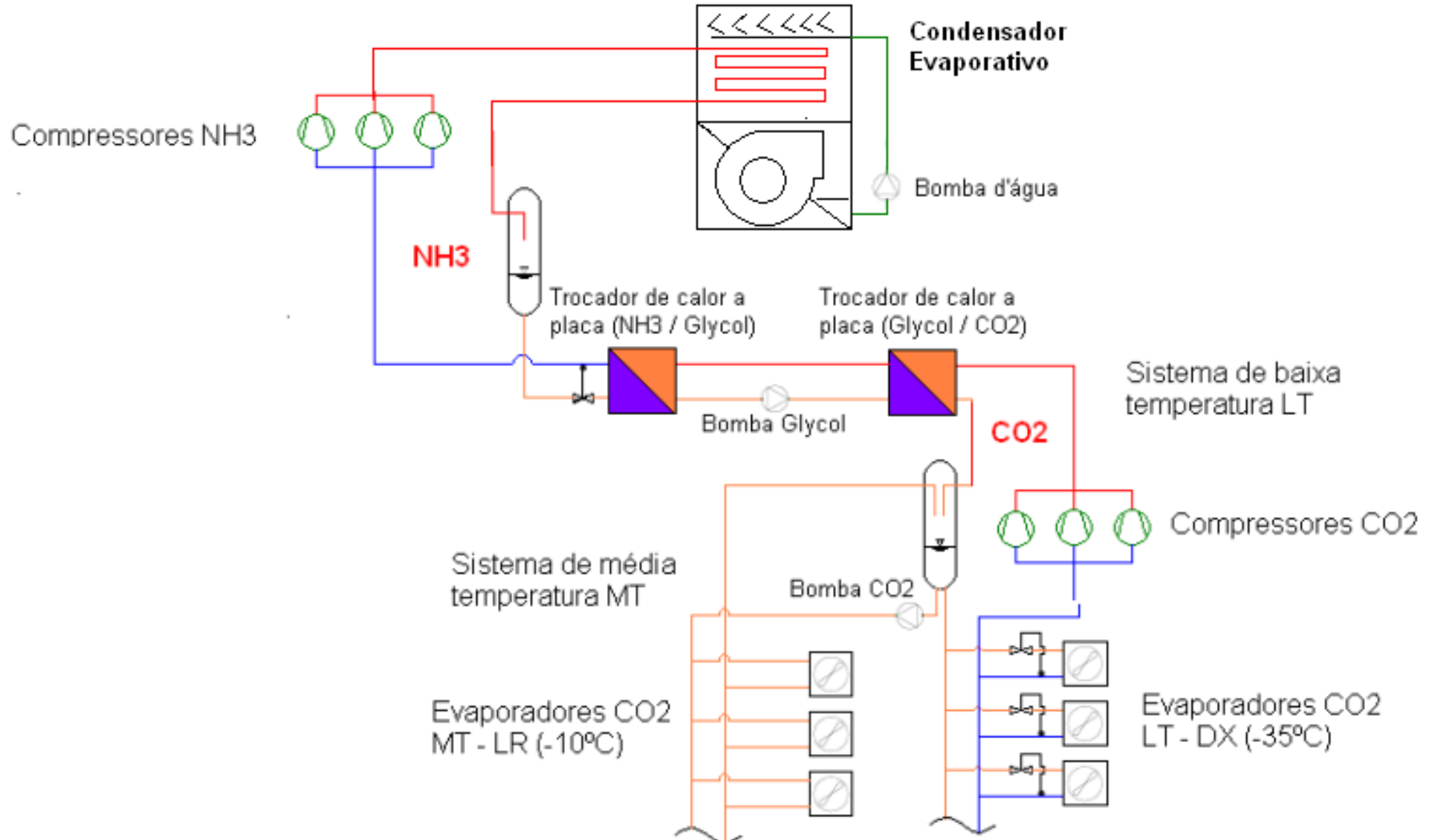


Sistema Economiser com "Open Flash Vessel"

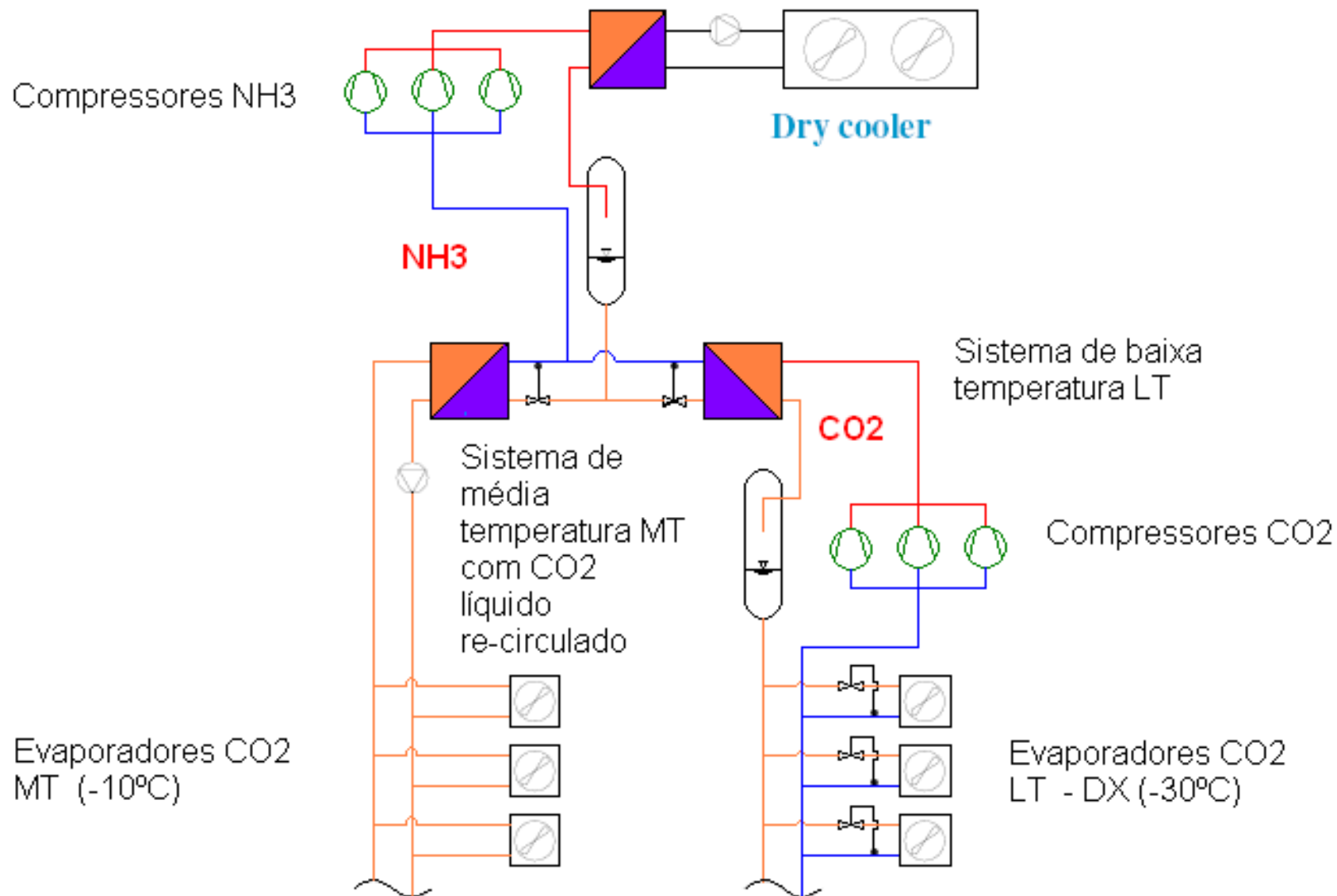
Amônia (R717) – Exemplo de aplicação



Amônia (R717) – Exemplo de aplicação



Amônia (R717) – Exemplo de aplicação

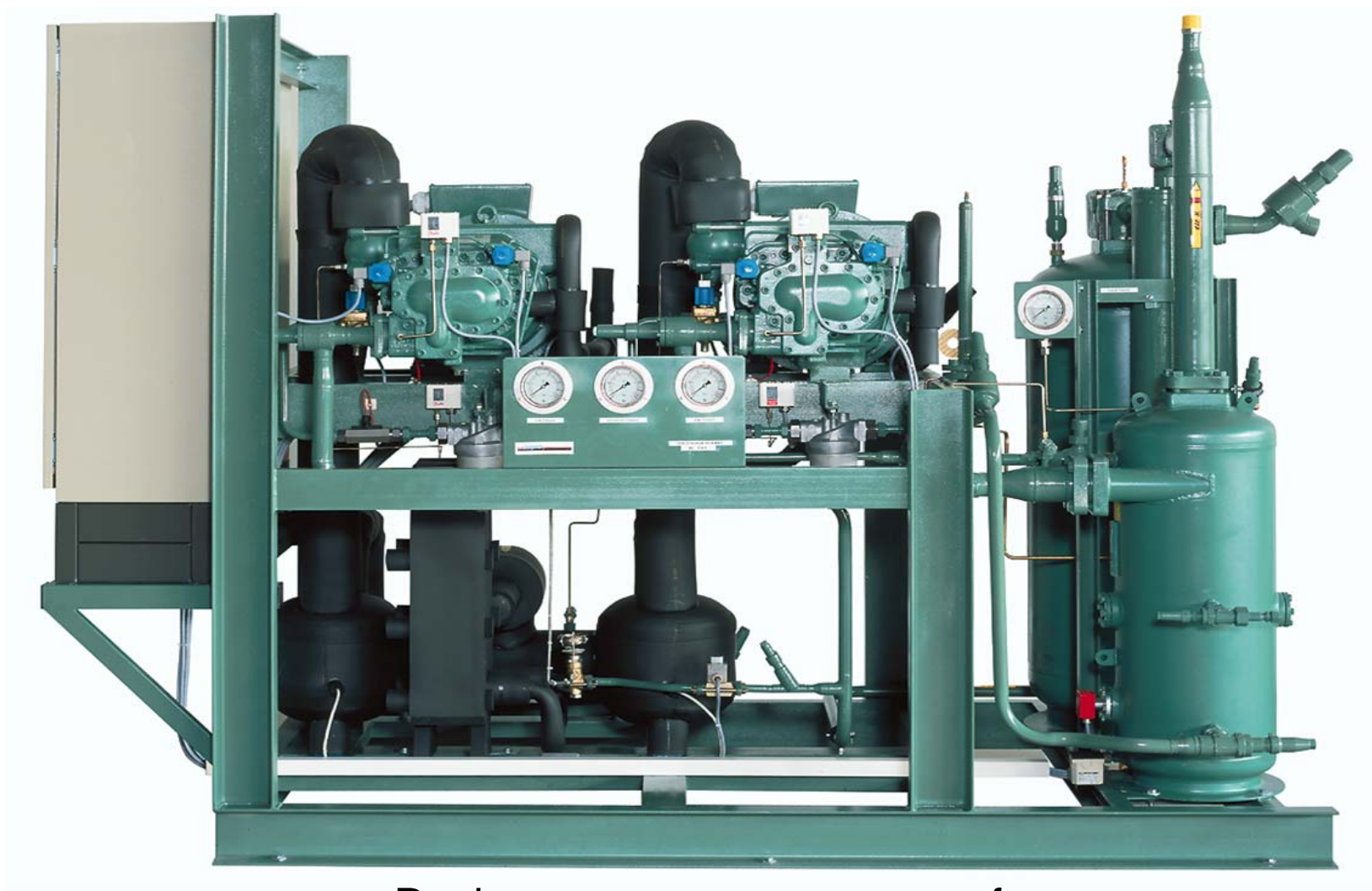


Amônia (R717) – Exemplo de aplicação



Rack com compressores parafuso

Amônia (R717) – Exemplo de aplicação



Rack com compressores parafuso

Amônia (R717) – Exemplo de aplicação

Supermercado com NH3 / CO2




Rack com compressores parafuso (NH3)

Rack com compressores Octagon (CO2)



Amônia (R717) – Recomendações de projeto



- Respeitar as normas de segurança “Classe de Risco B2” 
- Dependendo da carga de refrigerante, necessário condições específicas para localização e proteção do sistema
- Evitar instalações em áreas com acesso público
- Tais casos requerem instalações afastadas e circuito de refrigerante secundário (CO2, Glycol, etc)

Amônia (R717) – Recomendações de projeto



- Faixa de aplicação dos compressores bastante limitada (altas temperaturas de operação)
 - Tendências para taxas de pressão baixas e superaquecimento baixo
 - Taxas de pressão altas requerem operação com duplo estágio ou o uso de compressores parafuso com resfriador de óleo
- Uso de compressores do tipo aberto devido à
 - compatibilidade de material
 - mais favorável devido às temperaturas de operação para este projeto de compressor

Amônia (R717) – Recomendações de projeto

- Manutenção periódica no caso de retorno de óleo não automático
- Evaporadores inundados com alta carga de refrigerante
 - termo sifão
 - bomba de circulação
 - tanque de baixa pressão
- Necessidade de tubos de aço e soldagem de acordo com as normas de segurança
- Uso de separador de óleo devido aos
 - insolubilidade dos lubrificantes
 - problemas com retorno automático de óleo

Dióxido de Carbono R744 (CO₂)

Centro de Tecnologia CO₂



- Desenvolver um amplo programa de capacitação e aprimoramento técnico da aplicação do Dióxido de Carbono (CO₂).
- Abordar temas como segurança, projeto, instalação, operação e manutenção dos equipamentos com CO₂, através de aulas práticas e teóricas.
- Realizar comparações energéticas entre o CO₂ e os refrigerantes R22 e R404A

Concluída no final de 2008, a primeira etapa do projeto do Centro de Tecnologia CO₂ conta com:

- A instalação de 03 racks de capacidades frigoríficas similares, que utilizam os modernos compressores semi-herméticos alternativos da série Octagon® montados em paralelo, aplicados em média e baixa temperatura de evaporação.
- Cada rack utiliza um fluido refrigerante diferente, sendo o CO₂ na condição subcrítica (CO₂/R404A), R404A e R22.

Características dos equipamentos

A segunda etapa do projeto do Centro de Tecnologia CO₂ está prevista acontecer ainda este ano de 2009, o que incluirá :

- A instalação de mais 02 racks, sendo um rack com CO₂ na condição transcítica e outro utilizando CO₂ e Amônia (R717) na condição subcrítica.
- Além disso, haverá um resfriador de líquido (chiller) com R1270 (Propileno) que será utilizado para climatizar o centro e manter constante a temperatura da água de condensação dos condensadores dos racks.

Características dos equipamentos



R22

R404A

R744 – CO2

Características dos equipamentos

- O Centro de Tecnologia CO₂ também possui 03 câmaras frigoríficas, sendo 02 de média temperatura (resfriados e walk-in cooler) e 01 de baixa temperatura (congelados).
- Em cada câmara estão instalados os evaporadores (forçadores de ar) de seus respectivos racks (CO₂, R404A e R22).
- Além disso, também estão instaladas 02 ilhas de congelados conectadas somente no rack de CO₂.

Características dos equipamentos



Ilhas de congeladas

Lay out cada câmara frigorífica



Sistema de Controle e Supervisão

- Todas as condições de operação dos equipamentos frigoríficos são controladas e monitoradas através dos gerenciadores eletrônicos Pco's – Carel instalados em cada rack.
- O sistema de supervisão PlantVisorPRO - Carel de altíssima precisão e confiabilidade controla todo o sistema frigorífico.

Sistema de Controle e Supervisão



□ CONTROLADORES PCO RACK



- ✓ Sistema de prevenção contra alarme de alta e baixa pressão
- ✓ Modo de serviço (Acionamento manual das saídas)
- ✓ Variação automática de setpoint de acordo com a faixa horária
- ✓ Controle de alarme via modem GSM (mensagem SMS)
- ✓ Controle de inversor de frequência para sucção e descarga

Sistema de Controle e Supervisão



□ CONTROLADORES PCO RACK

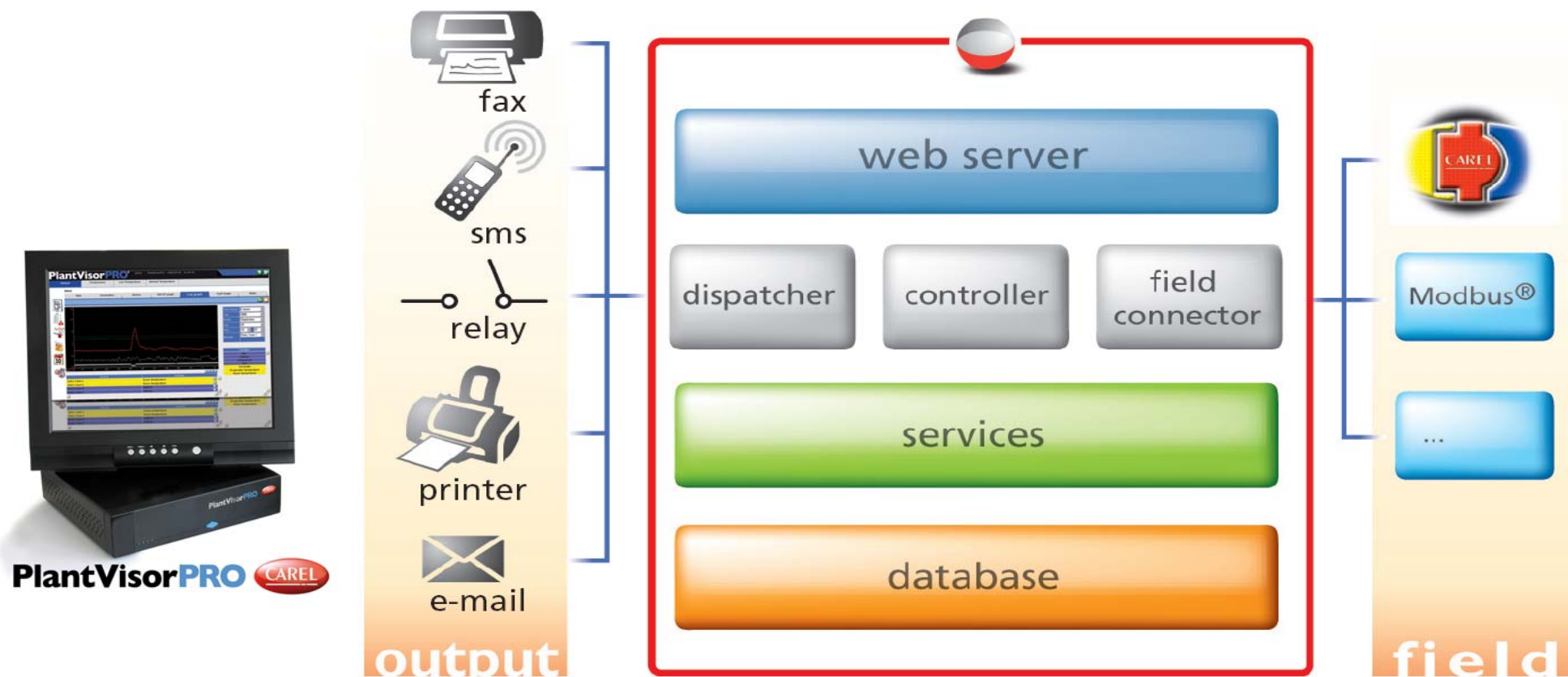


- ✓ Até 6 compressores com até 3 parcializações cada
- ✓ Até 12 ventiladores
- ✓ 2 saídas analógicas 0/10 V para inversores (compressor / ventilador)
- ✓ Máximo 18 entradas digitais para monitoramento das proteções externas
- ✓ 2 ou 3 sondas de pressão

Sistema de Controle e Supervisão



□ PLANTVISORPRO



□ PLANTVISORPRO



- ✓ Acesso a todos os controladores e variáveis do sistema
- ✓ PC industrial
- ✓ Sistema de supervisão da instalação via RS 485 Carel ou MODBUS
- ✓ Acesso remoto via LAN ou Internet
- ✓ Envio de alarmes via fax
- ✓ Envio de alarmes via SMS
- ✓ Histórico gráfico de todas as variáveis

Opção de operação cada Rack

□ COMPRESSORES

Opção de operação com:

- ✓ Variador de frequência Carel
- ✓ Controle de capacidade de cabeçote



A frequência dos compressores OCTAGON® varia de 30 a 70Hz.

Opção de operação cada Rack

□ CONDENSADORES

Opção de operação com:

- ✓ Condensação a ar (on/off e V.F)
- ✓ Condensação a água (shell and tube)



Opção de operação cada Rack

□ EVAPORADORES

Opção de operação com:

- ✓ Válvula Expansão Termostática
- ✓ Válvula Eletrônica Carel E2V



Opção de operação cada Rack



❑ MPXPRO – VÁLVULAS DE EXPANSÃO ELETRÔNICA CAREL



Evaporador de CO2:

- ✓ MT = Re-circulação líquido
- ✓ LT = Expansão Seca (Vál. Eletrônica)

Opção de operação cada Rack

□ MPXPRO – VÁLVULAS DE EXPANSÃO ELETRÔNICA CAREL



E2V

- ✓ Compatível com qualquer balcão ou câmara
- ✓ Instalação extremamente simples e rápida
- ✓ 480 posições de aberturas diferentes
- ✓ Vida útil superior as válvulas termostáticas normais
- ✓ **Ótima performance na utilização com CO2**

Opção de operação cada Rack

□ MPXPRO – CARACTERÍSTICAS DO HARDWARE (I)



- ✓ Monitoramento das temperaturas de ambiente e degelo
- ✓ Monitoramento e controle do superaquecimento
- ✓ Controle da válvula solenóide
- ✓ Rotinas do ventilador
- ✓ Rotinas de degelo - tempo real
- ✓ Algoritmo com PID para o controle da válvula

Opção de operação cada Rack

□ MPXPRO – CARACTERÍSTICAS DO HARDWARE (II)



- ✓ O controlador recebe as informações de temperatura e pressão na saída do evaporador
- ✓ Calcula o superaquecimento
- ✓ Comanda a abertura e fechamento de acordo com o superaquecimento, utilizando algoritmo de controle PID garante a estabilização da temperatura

Opção de operação cada Rack

□ MPXPRO – CARACTERÍSTICAS DO HARDWARE (III)



- ✓ Através de análise gráfica, é possível reduzir a quantidade de degelos diários
- ✓ Conexão remota via internet
- ✓ Envio de alarmes via fax ou sms (através do PlantVisor)

Degelo dos evaporadores

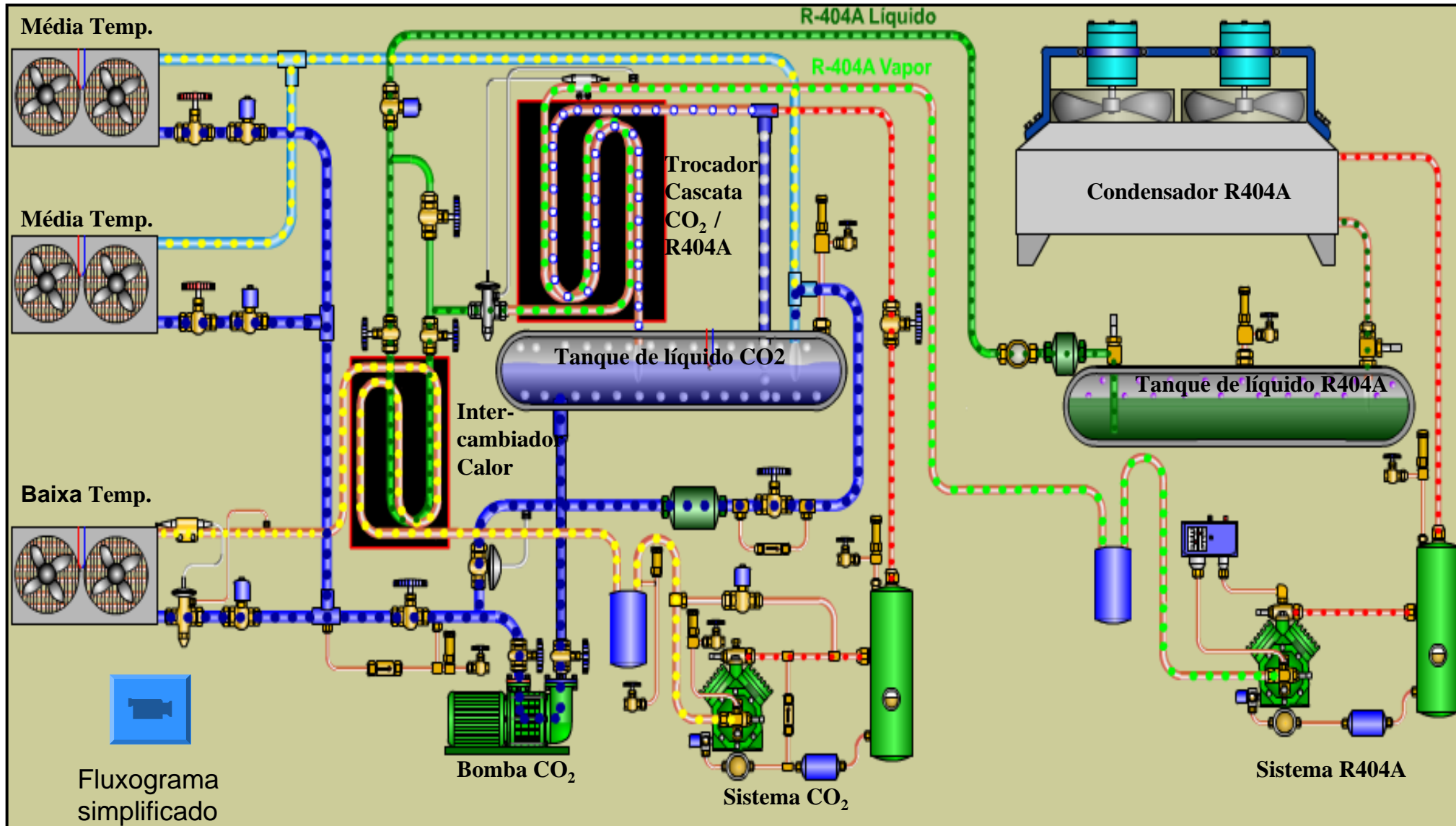


Evaporadores Bitzer
(Buffalo Trident)
Exclusivo para CO₂



O degelo dos evaporadores de MT é do tipo natural e os de LT é com resistência elétrica, inclusive para os evaporadores de congelados com CO₂ (câmara e ilhas).

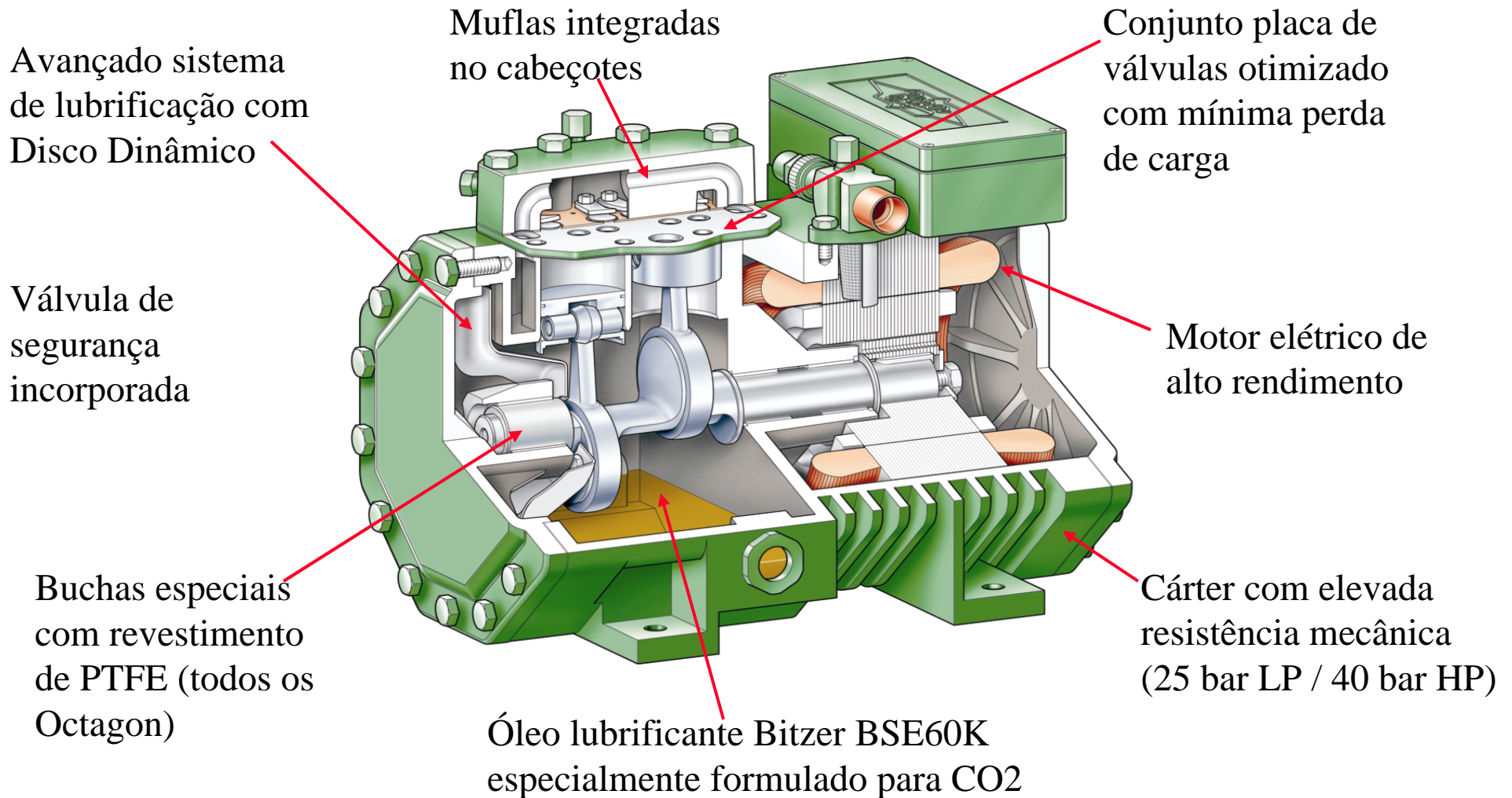
Princípio de operação sistema CO₂



Componentes do sistema CO₂



❑ Características construtivas compressores **OCTAGON® CO₂**



Componentes do sistema CO₂

❑ COMPRESSORES

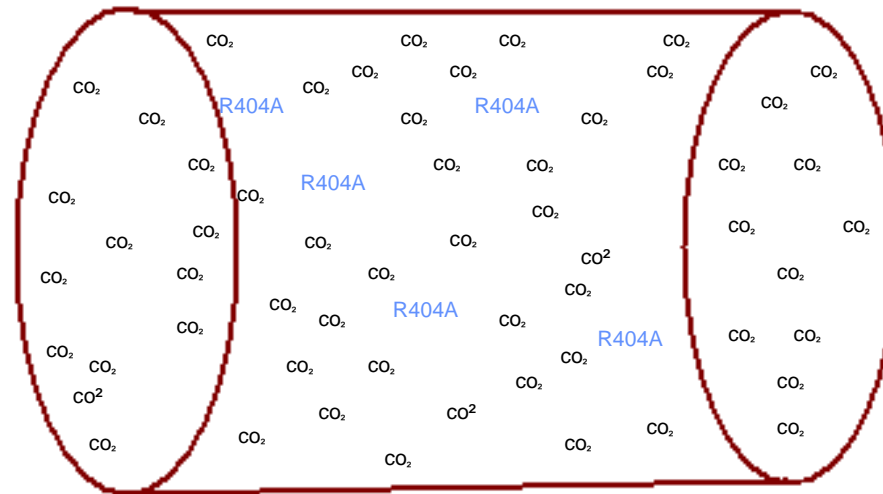
Há 4 fatores principais que determinam o tamanho relativo dos compressores de CO₂:

- A densidade do vapor (volume específico, L/kg) do R744 é mais elevada do que a do R404A e R22
- O R744 permite que os compressores operem com taxas menores de compressão
- Os compressores CO₂ comprimem somente até o estágio intermediário
- O CO₂ é mantido sub-resfriado no tanque a -10°C

Componentes do sistema CO₂



Alta densidade do vapor / volume específico = haverá mais vapor circulado pelo compressor



Quanto maior a pressão, maior será a quantidade de refrigerante comprimida pelos pistões!

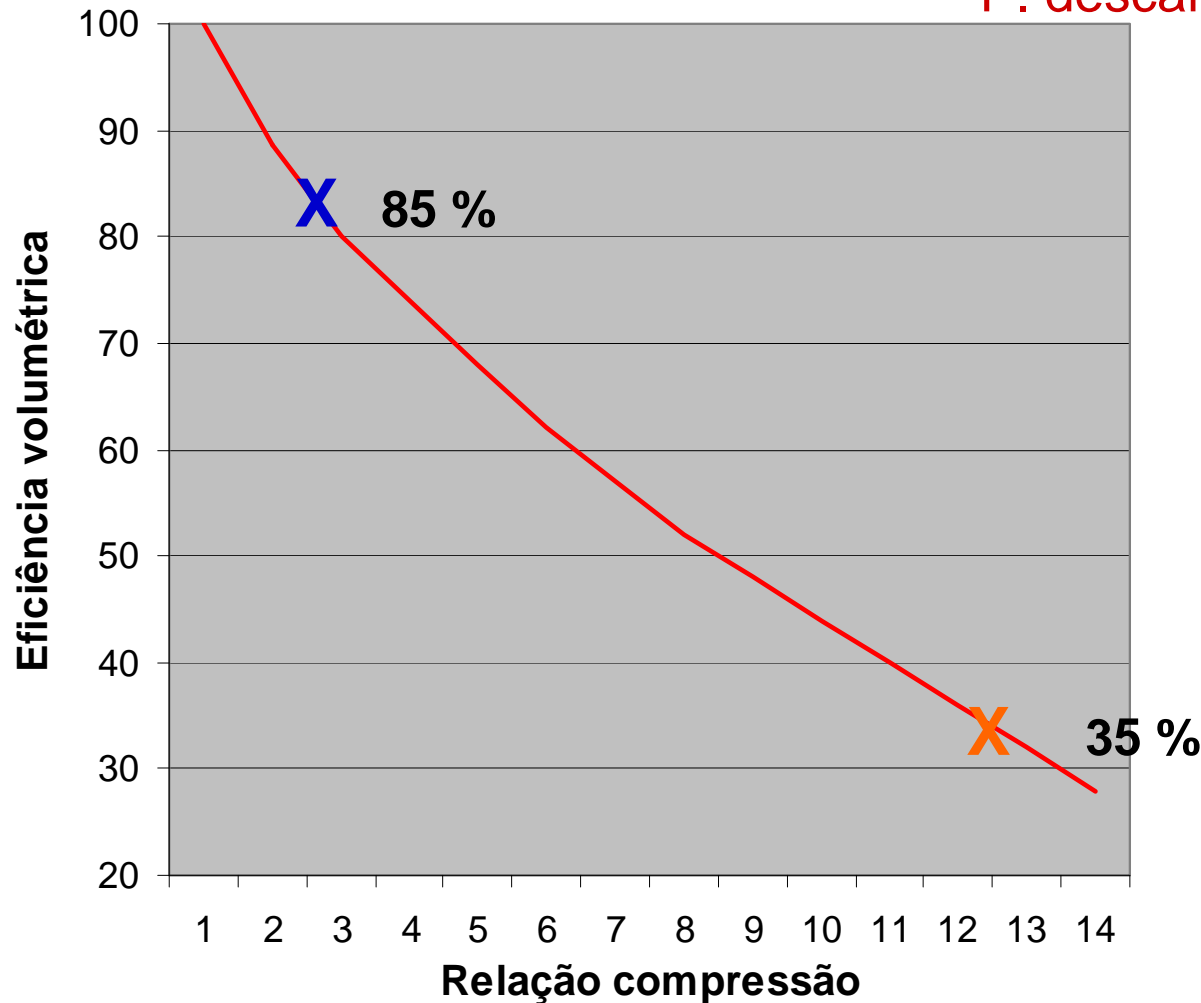
Componentes do sistema CO₂



Performance compressor

Relação de Compressão

$$P. \text{ descarga abs} \div P. \text{ sucção abs} = ? : 1$$



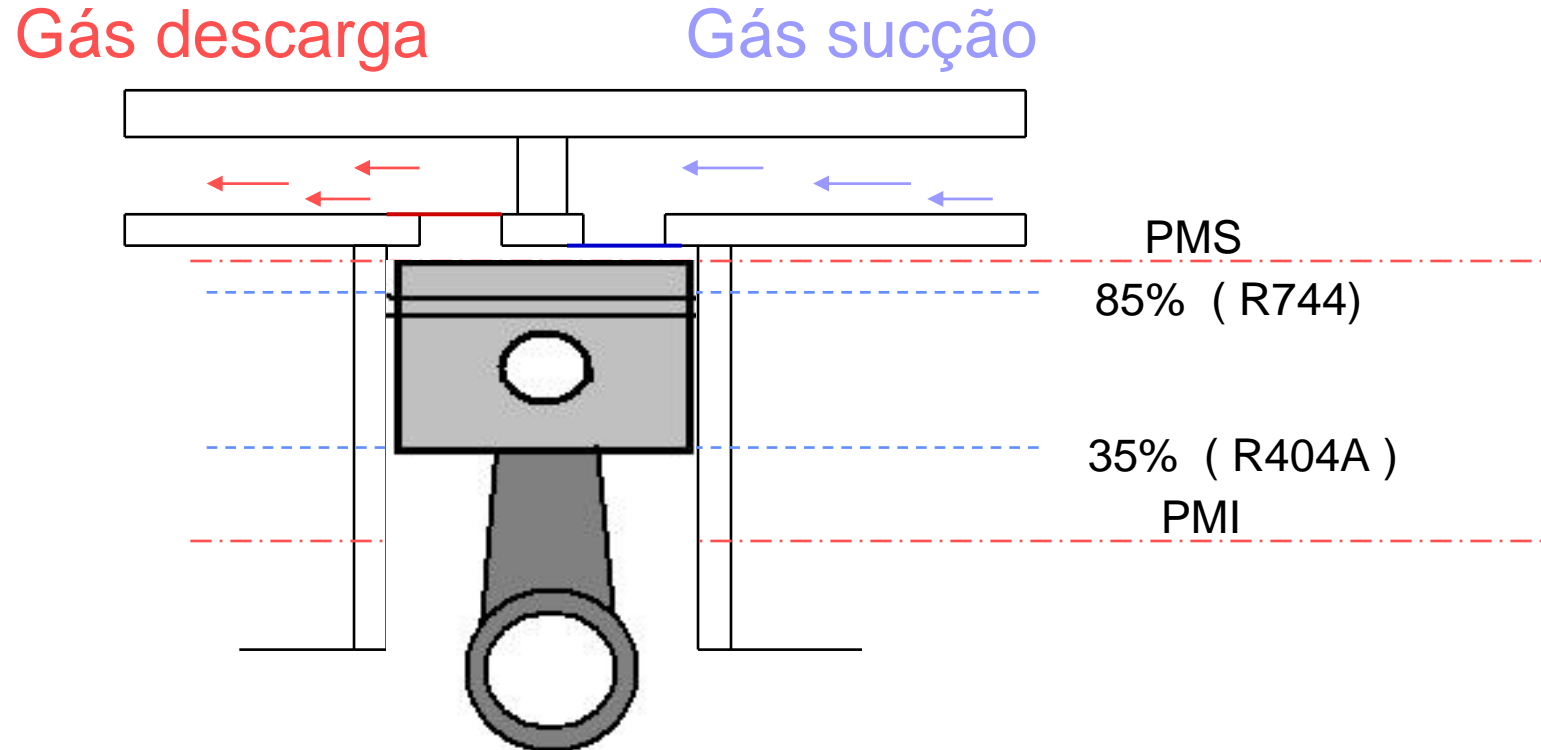
R744 -35/ -10°C

RC = 2 : 1

R404A -35/ 40°C

RC = 12 : 1

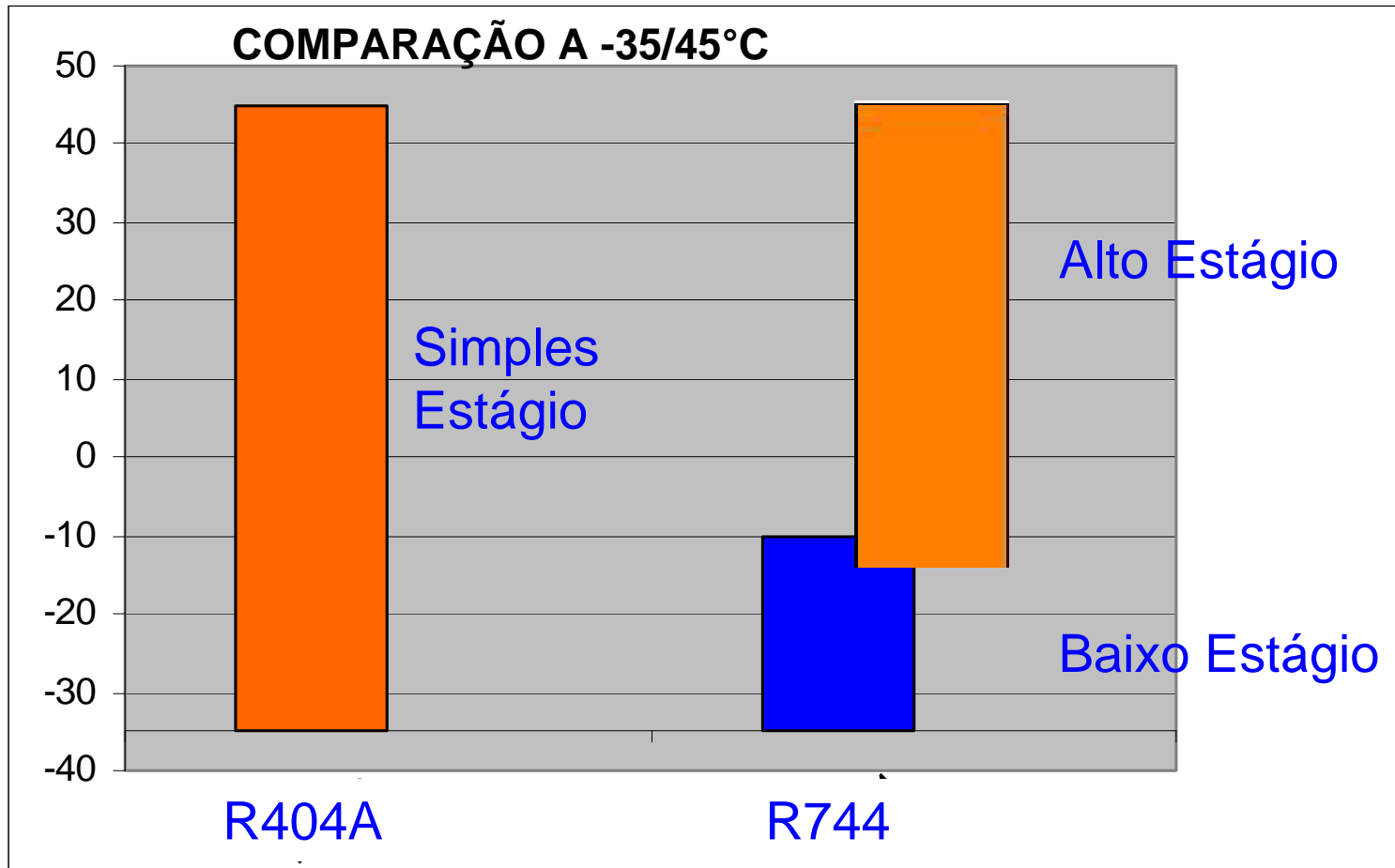
Componentes do sistema CO₂



Componentes do sistema CO₂



Os compressores CO₂ comprimem somente até o estágio intermediário



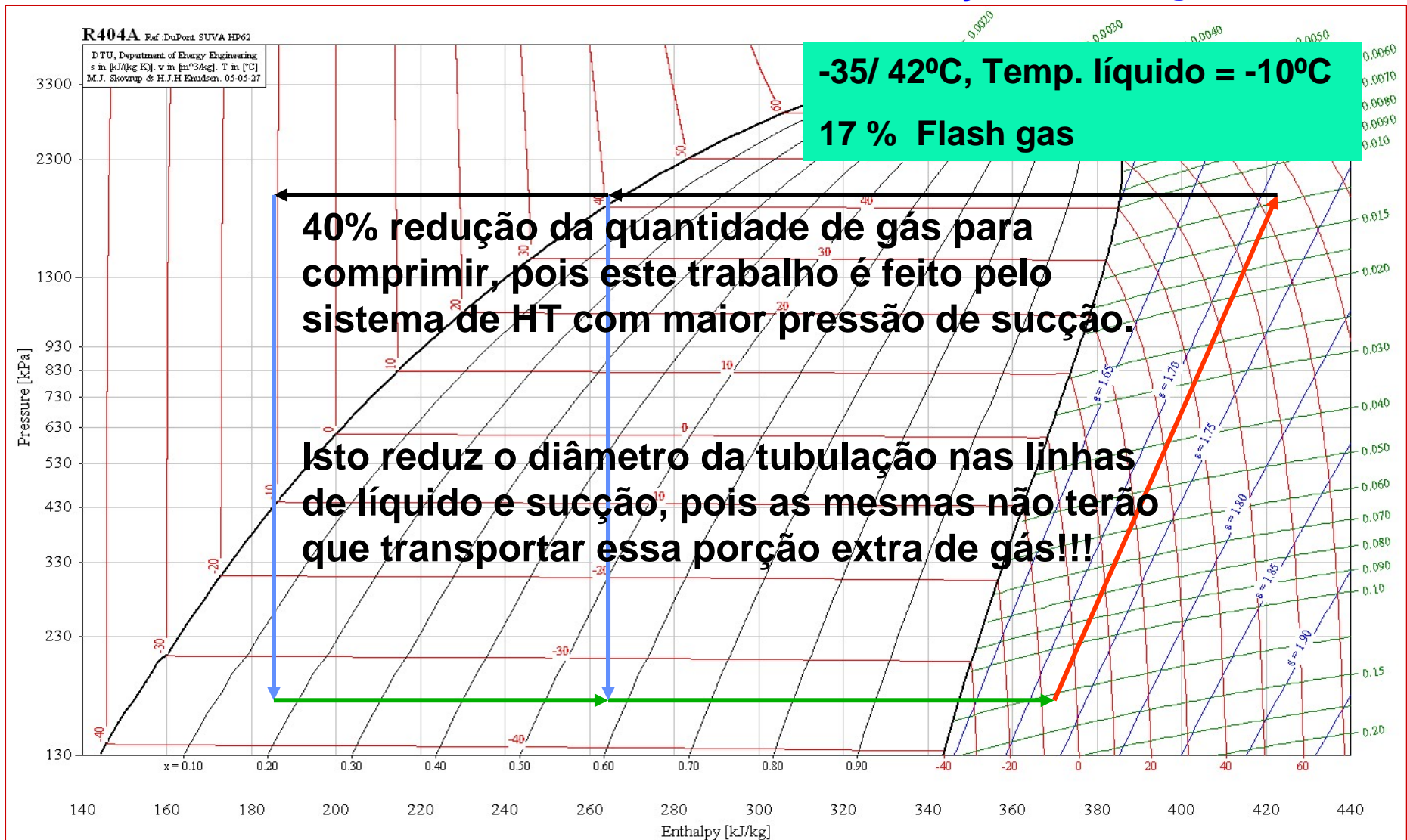
Componentes do sistema CO₂

R404A -35/ 42°C, 0K sub-resfriamento

57% flash gas



40% redução do flash gas





Componentes do sistema CO₂

	triple piont	Deg.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
		-25	1582	230	
		-20	1869	271	
		-15	2190	318	
Pressão Descarga		-10	2548	370	P. manométrica
		-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	critical temp

**Taxa Compressão =
1,85**

Componentes do sistema CO₂



SEPARADORES DE ÓLEO BITZER

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)



Componentes do sistema CO₂

❑ ÓLEOS LUBRIFICANTES PARA CO₂

- Aplicação subcrítica: **BSE60K**
- Aplicação transcritical: **BSE85K**

Ótima estabilidade térmica, miscível com o R7444, compatível com os materiais do sistema.

Ambos os óleos são do tipo POLIOLÉSTER!

No futuro os compressores Bitzer serão carregado com o óleo Polioléster BSE85K como standard e, conseqüentemente o óleo BSE60K será apenas opcional. Estes dois óleos são completamente miscíveis.

Componentes do sistema CO₂



□ TEMPERATURA DO ÓLEO & CÁRTER DO COMPRESSOR CO₂

- O vapor de sucção do CO₂ tem uma capacidade de resfriamento maior do que outros refrigerantes, por essa razão torna-se difícil manter um “aquecimento” necessário no compressor.

Intercambiador de calor

Vapor R744 = -30°C

Linha Líquido R404A = 40°C
(TC=45°C)

TRANSFORMA-SE EM:

Vapor R744 = 0°C

Linha Líquido R404A = 5°C



Componentes do sistema CO₂

❑ SISTEMA 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

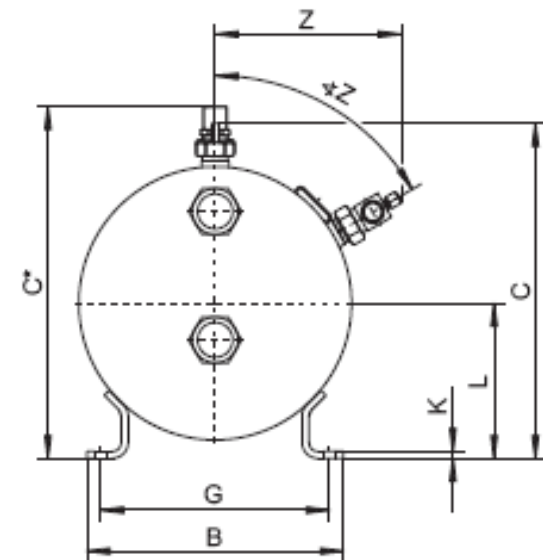
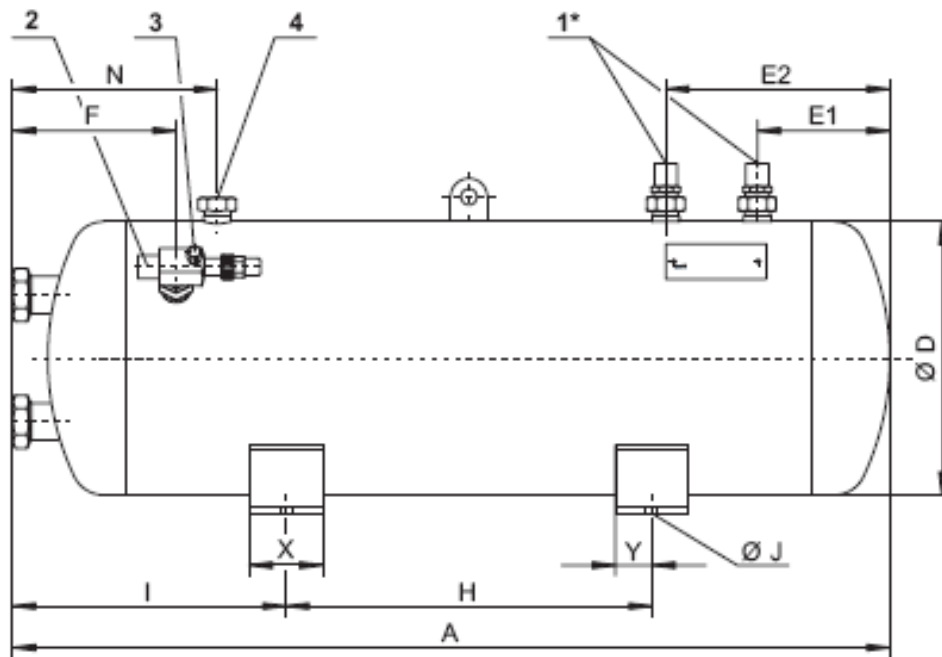


TRAXOIL BITZER
MODELO TR3

Componentes do sistema CO₂

- VASOS DE PRESSÃO PARA SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO COM R744

Tanque de líquido horizontal para CO₂ subcrítico Bitzer série K :

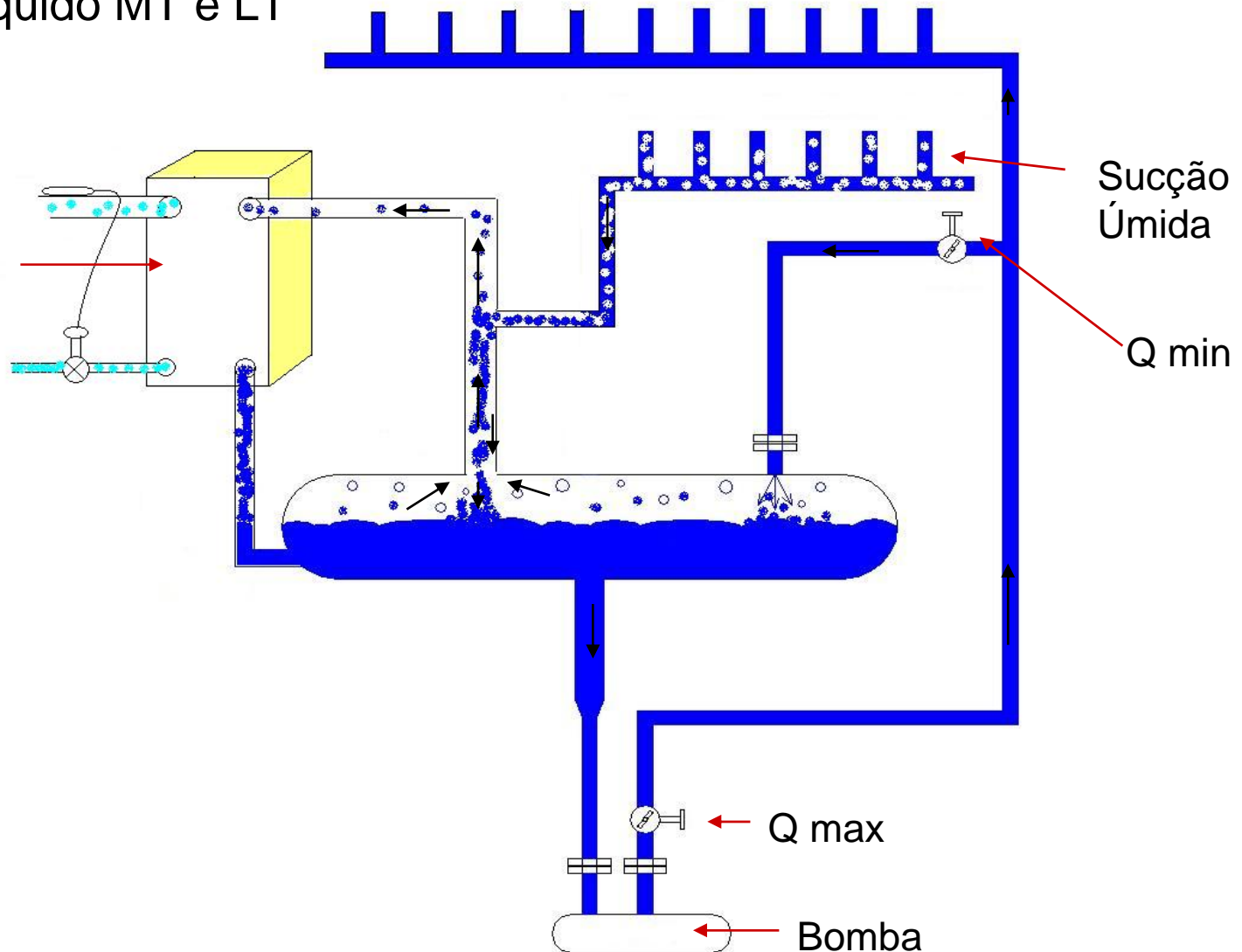


Componentes do sistema CO₂

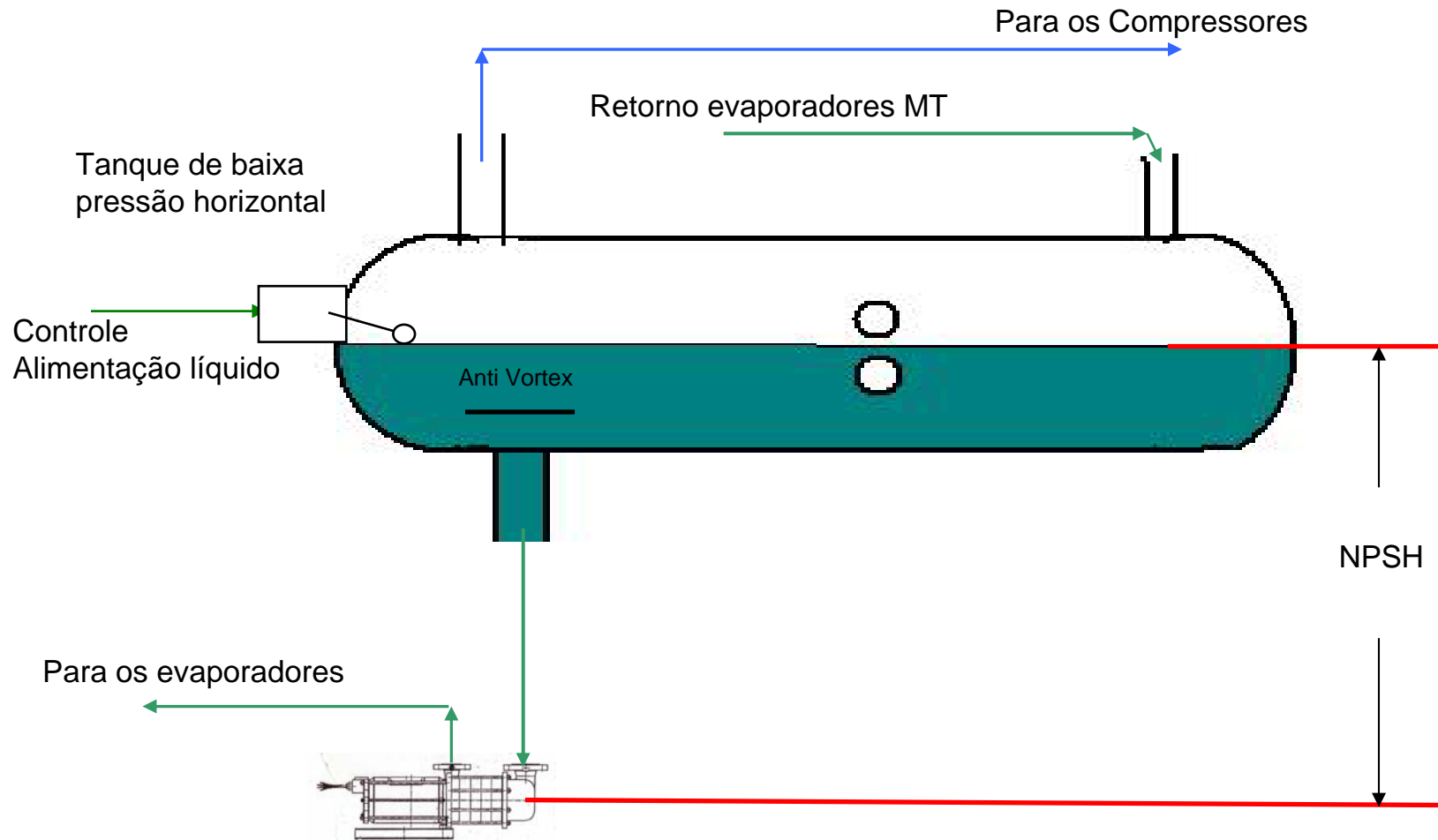


Alimentação líquido MT e LT

Condensador cascata



Componentes do sistema CO₂



Recirculação de Líquido CO₂ – exemplo simplificado

Componentes do sistema CO₂



TANQUE DE LÍQUIDO

SUCÇÃO BOMBA

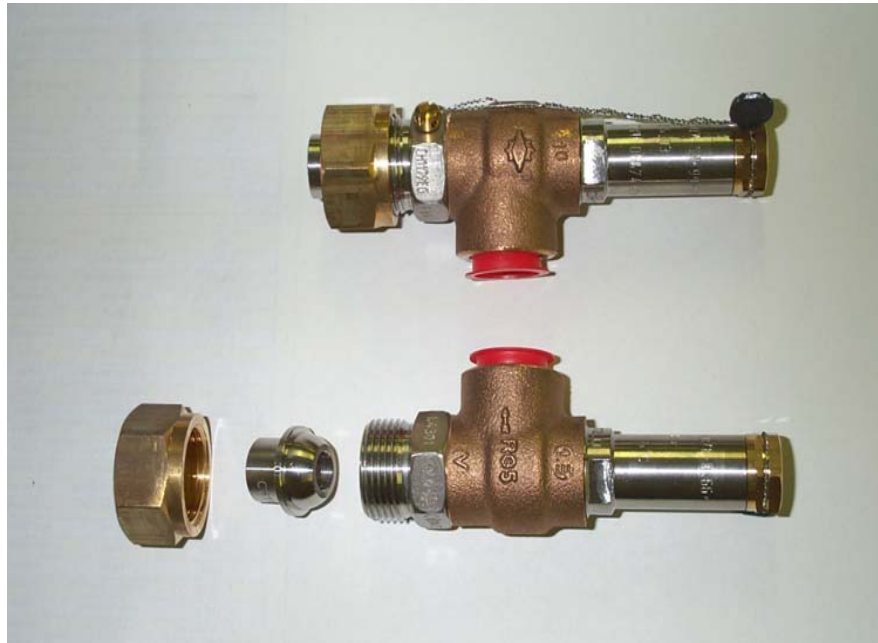
DESCARGA BOMBA

BOMBA CO2

Componentes do sistema CO₂



❑ VÁLVULAS DE SEGURANÇA



- Nunca instalar nenhuma tubulação após a válvula de segurança, perigo de congelamento (gelo seco – CO₂) no interior do tubo!
- Deverá utilizar válvulas para gases criogênicos (CO₂)
- Deverá proteger o lado de alta e baixa pressão do sistema, 25 / 40 bar respec.

Componentes do sistema CO₂



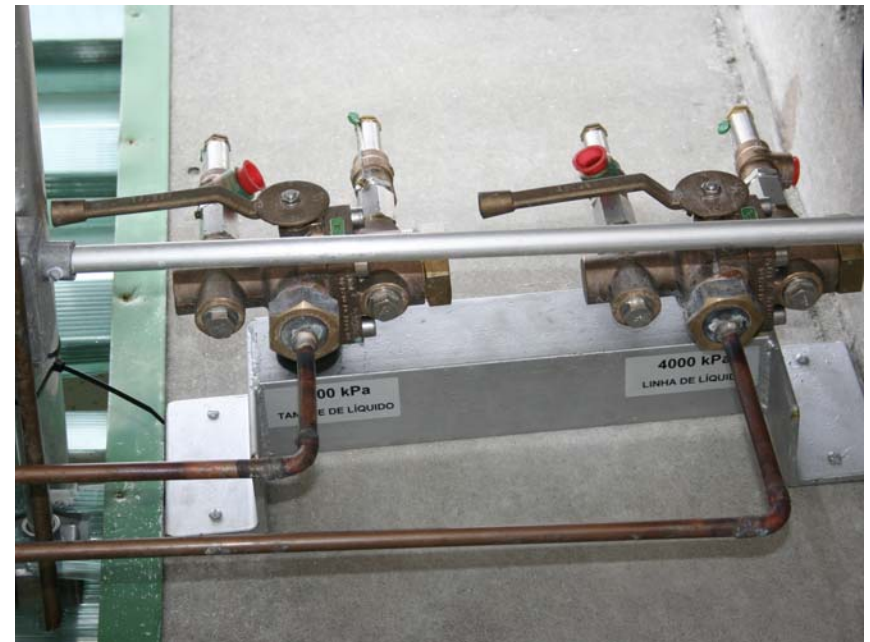
❑ VÁLVULAS DE SEGURANÇA

Aliviar a pressão nos possíveis pontos onde poderão aprisionar o CO₂



Não usar válvulas schrader !!!

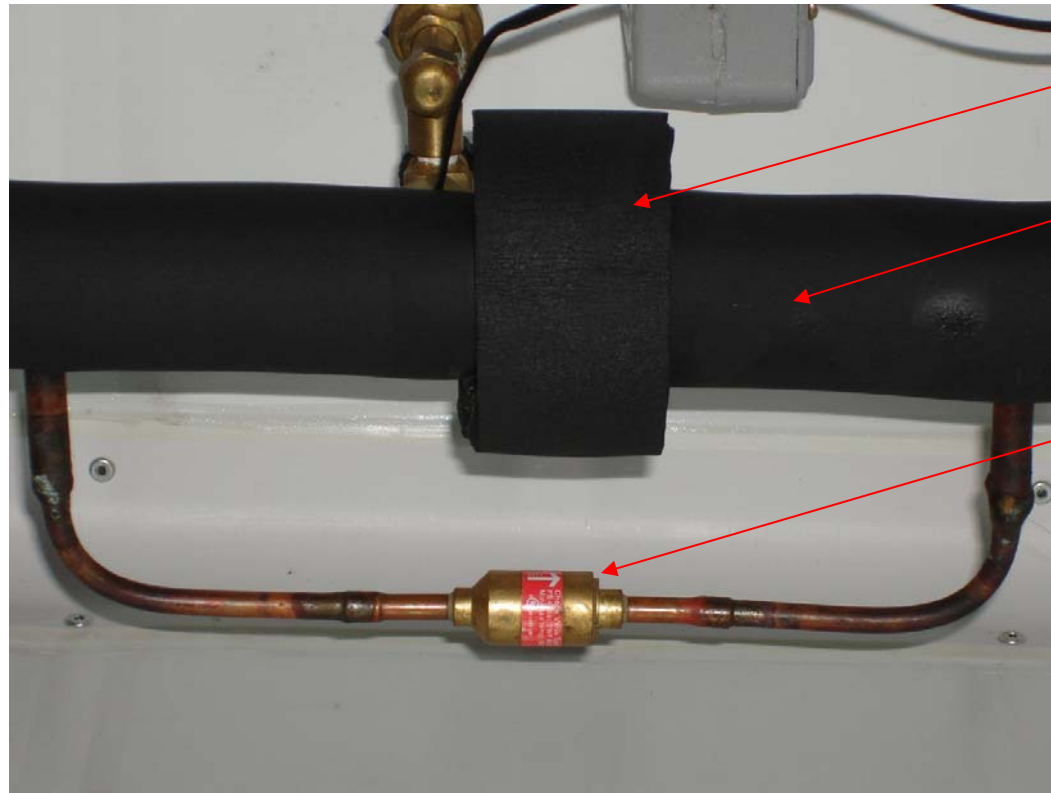
A válvula de segurança deverá ser montada “firmemente”



Componentes do sistema CO₂

□ VÁLVULAS DE ALÍVIO

By-pass com válvula de alívio em uma válvula de bloqueio



Válvula de Bloqueio

Linha de sucção
revestida com isolamento
térmico.

Válvula de Retenção
(Check valve) atuando como
válvula de alívio para evitar o
aprisionamento do CO₂ em
determinados pontos do
sistema.

Sistema de monitoramento de vazamento CO₂



Acionamento do alarme com 5.000 ppm CO₂



Exaustores de Ar

Alarme CO₂



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)?



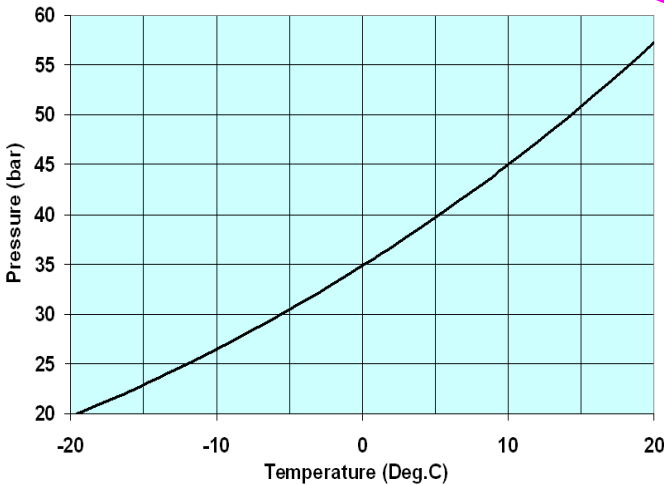
Unidade de emergência do sistema CO₂

Válvula de expansão eletrônica Carel do Estágio de Alta Pressão

Válvula de expansão eletrônica Carel da Unidade de Emergência



Trocador calor cascata CO₂





Eficiência Energética CO₂ vs. R404A e R22

	Rack CO ₂ Subcrítico (CO ₂ /R404A)	Rack R404A	Rack R22
Condição de projeto MT	T _C = -5°C (CO ₂ – recirc. líq.) T _O = -10°C (estágio alta) T _C = 40°C (estágio alta)	T _O = -10°C T _C = 40°C	T _O = -10°C T _C = 40°C
Condição de projeto LT	T _O = -30°C (CO ₂ - DX) T _C = -5°C (CO ₂)	T _O = -30°C T _C = 40°C	T _O = -30°C T _C = 40°C
Compressores	01 x 2KC-3.2K (CO ₂) 01 x 4CC-9.2Y (R404A)	01 x 4CC-9.2Y (MT) 01 x 4TCS-8.2Y (LT)	01 x 4CC-9.2 (MT) 01 x 4TCS-8.2 (LT)
Capacidade sistema MT	21,0 kW	21,0 kW	19,82 kW
Capacidade sistema LT	9,81 kW	10,66 kW	9,9 kW
Carga de refrigerante total	32 Kg	125 Kg	115 Kg
Tubulação cobre utilizada	62 Kg	196 Kg	187 Kg
Carga de óleo total	3 litros	20 litros	18 litros
Tipo óleo	BSE60K (Polioléster)	BSE32 (Polioléster)	B5.2 (semi-sintético)
Potência nominal instalada dos Compressores de MT e LT	3 Hp (CO ₂) 9 Hp (R404A) Total = 12 Hp	9 Hp (MT) 7,5 Hp (LT) Total = 16,5 Hp	9 Hp (MT) 7,5 Hp (LT) Total = 16,5 Hp
Potência consumida comp. MT	8,66 kW (estágio alta R404A)	8,66 kW	7,49 kW
Potência consumida comp. LT	2,26 kW (estágio baixa CO ₂)	6,72 kW	6,11 kW
Potência consumida do Rack	10,92 kW (compressores) 0,5 kW (bomba CO ₂) Total = 11,42 kW	Total = 15,38 kW	Total = 13,6 kW

Por que utilizar CO₂ como fluido refrigerante?



Vantagens da utilização do CO₂ como fluido refrigerante (II)

- Economia de energia (aprox. 20 a 35%) em relação ao R22 e R404A
- Baixo custo do refrigerante (50 Centavos/Kg)
- Baixa relação de compressão & Aumento vida útil compressores
- Alta densidade do vapor & Menor superaquecimento
- Redução da carga de refrigerante
- Redução dos diâmetros da tubulação
- Redução custo tubulação & instalação
- Atóxico e não inflamável

Por que utilizar CO₂ como fluido refrigerante?



Vantagens da utilização do CO₂ como fluido refrigerante (III)

- Fonte disponível na natureza, 100% natural
- Não destrói a Camada de Ozônio (ODP=0)
- Baixo Potencial Aquecimento Global (GWP=1, referência para outros gases)
- Elevada entalpia de evaporação (alto sub-resfriamento)
- Rápido “pull down” da instalação (CO₂ = Criogênico)
- Menor volume deslocado dos compressores CO₂
- Rack & instalação mais compacta & Menor número compressores
- Baixo custo de manutenção

Por que utilizar CO₂ como fluido refrigerante?



“Pontos Fracos CO₂”

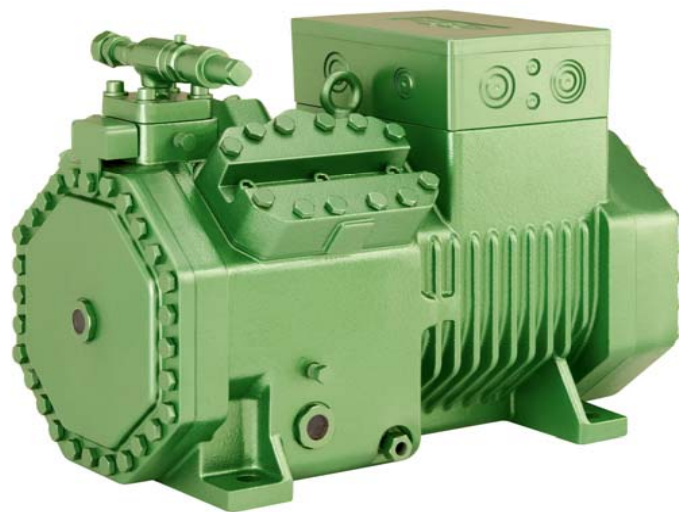
- Necessário um nível técnico mais elevado para realização do serviço de instalação, manutenção e operação do sistema
- Perda potencial da eficiência do sistema em caso de uma elevação na temperatura do estágio de alta
- Aumento da pressão CO₂ em caso da parada total da instalação, podendo provocar perda refrigerante
- Necessário utilizar controles extra de segurança (válvulas segurança, sensores CO₂, etc.)

Conclusão



- Todos os sistemas existentes com **FLUIDOS NATURAIS** até agora tiveram uma performance superior aos refrigerantes halogenados (R22, R404A, etc), principalmente na questão energética
- Através da tecnologia atualmente disponível, a Bitzer não enxerga qualquer questão técnica que impeça a aplicação dos **FLUIDOS NATURAIS** no campo da refrigeração comercial para supermercados
- Para que a aplicação dos **FLUIDOS NATURAIS** sejam viáveis, é preciso treinar todos os envolvidos com as questões de segurança, projeto, instalação, operação e manutenção do sistema
- Além disso, é preciso seguir todas as normas de segurança e recomendações dos fabricantes para que o sistema possa ser projetado, instalado e operado de maneira segura e confiável com a satisfação de todos





Obrigado pela sua Atenção!

Perguntas ?

