

1 - INTRODUÇÃO

A destruição da camada de ozônio pelos clorofluorcarbonos (CFC) entre eles CFC 12, CFC 11 e CFC 113 e a importância vital da mesma para o ecossistema terrestre, foram os principais motivos para a assinatura do Protocolo de Montreal em 1987, o qual regulamenta a produção e consumo mundiais destas substâncias. A pergunta a que todos devemos ter uma resposta está fundamentada na alternativa a ser escolhida em relação à disponibilidade futura de CFC, principalmente o CFC 12.

Uma destas alternativas, especialmente na refrigeração doméstica, é o refrigerante alternativo R 134a que foi escolhido por não agredir a camada de ozônio além de apresentar propriedades físico-químicas bastante semelhantes às do CFC 12.

Como parte de nosso atendimento aos clientes, neste período de mudança, preparamos este Informativo Técnico como orientação para ajudá-los a superar dificuldades e surpresas que podem ocorrer por ocasião da introdução do R 134a nos sistemas de refrigeração.

Deve ser observado que as recomendações contidas neste informativo tem o objetivo de complementar quaisquer medidas tomadas pelo fabricante e não encerram qualquer responsabilidade de nossa parte quanto a sua eficiência e aplicabilidade a cada situação particular.

2 - O REFRIGERANTE R 134a

Devido a suas características ecológicas, i. e., a ausência de cloro (agente destruidor do ozônio) e ao fato de apresentar propriedades físicas e termodinâmicas relativamente semelhantes às do refrigerante R 12, o R 134a é uma das opções atuais para substituir o R 12.

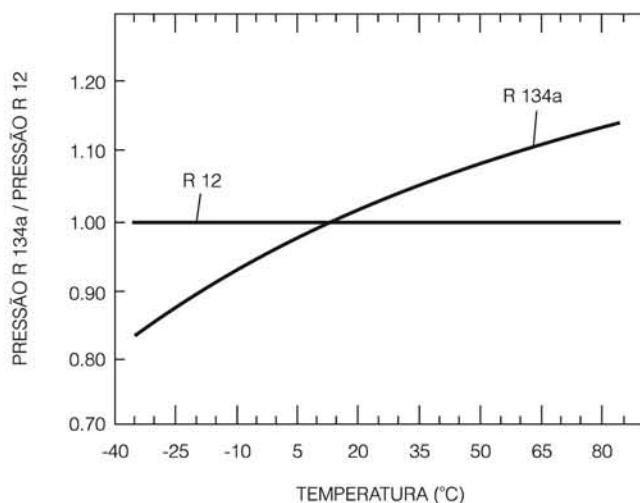


Fig. 1 - Comportamento da pressão do R 134a em relação ao R 12, em função da temperatura.

Conforme pode-se verificar na figura 1, o R 134a apresenta maiores pressões em altas temperaturas e menores em baixas temperaturas, quando comparado ao R 12. Ambos apresentam a mesma pressão em torno de 20°C.

Com o objetivo de observar o impacto da substituição do R 12 pelo R 134a, são apresentadas na tabela 1 as características de funcionamento em calorímetro do compressor modelo EM 55 NP 220-240V/50Hz, operando com os dois refrigerantes e do modelo EM 60 HNP 220-240V/50Hz, apenas com R 134a.

COMPRESSOR		EM 55 NP	EM 55 NP	EM 60 HNP
Volume Deslocado	cm ³	4.99	4.99	5.54

REFRIGERANTE		R 12	R 134a	R 134a
A - Pressão Evaporação (-25 °C)	bar	1.237	1.068	1.068
Pressão Condensação (55 °C)	bar	13.66	14.92	14.92
Entalpia (-25 °C/32 °C)	kJ/kg	375	431	431
Entalpia (55 °C)	kJ/kg	254	279	279
Diferença Entalpia	kJ/kg	121	152	152
B - Capacidade de Refrigeração (C1)	W	102	88	101
Fluxo de Massa	kg/h	3.07	2.08	2.39
Temperatura Gás Saída Cilindro	°C	133	123	
C - Temp. Entrada Disp. Expansão	°C	55	55	55
Volume Específico	dm ³ /kg	0.841	0.927	0.927
Vazão Volumétrica	dm ³ /h	2.58	1.93	2.22
D - Entalpia Líquido (32 °C)	kJ/kg	231	244	
Diferença Entalpia	kJ/kg	144	187	
Capacidade de Refrigeração (C2)	W	121	108	
Relação Capacidade (C2/C1)		1.19	1.23	

Tabela 1 - Comparativo entre R 12 e R 134a.

Como pode ser observado na seção A da tabela 1, a diferença de entalpia do R 134a é significativamente maior do que a do R 12. Assim, um menor fluxo de massa de R 134a é necessário para se obter uma determinada capacidade de refrigeração.

Na seção B da tabela acima, observam-se menores temperaturas de descarga com o R 134a avaliadas em medições experimentais. Observa-se também uma redução na capacidade de refrigeração da ordem de 14,5% no compressor EM 55 NP com R 134a.

As condições do refrigerante na entrada do dispositivo de expansão estão representadas na seção C da tabela 1. A vazão volumétrica de R 134a é cerca de 25% inferior a de R 12, quando o mesmo compressor é utilizado. Se um compressor de mesma capacidade de refrigeração fosse selecionado, a redução seria da ordem de 14%, demonstrando assim a necessidade de aumentar a resistência ao escoamento de refrigerante no tubo capilar.

A seção D da tabela 1 mostra a influência do sub-resfriamento na capacidade de refrigeração. Quando a temperatura do líquido na entrada do dispositivo de expansão é alterada de 55°C para 32°C, o R 134a apresenta um aumento de 23% na capacidade de refrigeração, contra 19% do R 12.

Como foi observado na seção B, a capacidade de refrigeração de um compressor é, dependendo da temperatura de evaporação, fortemente influenciada pela substituição do R 12 pelo R 134a. Tal influência pode ser verificada através do efeito refrigerante volúmico (razão entre a diferença de entalpia específica no evaporador e o volume específico do refrigerante na sucção do compressor). Quanto maior for o efeito refrigerante volúmico, maior será a capacidade de refrigeração de um compressor com deslocamento fixo.

A figura 2 mostra o comportamento deste efeito no R 134a, em relação ao R 12, para diferentes temperaturas de evaporação.

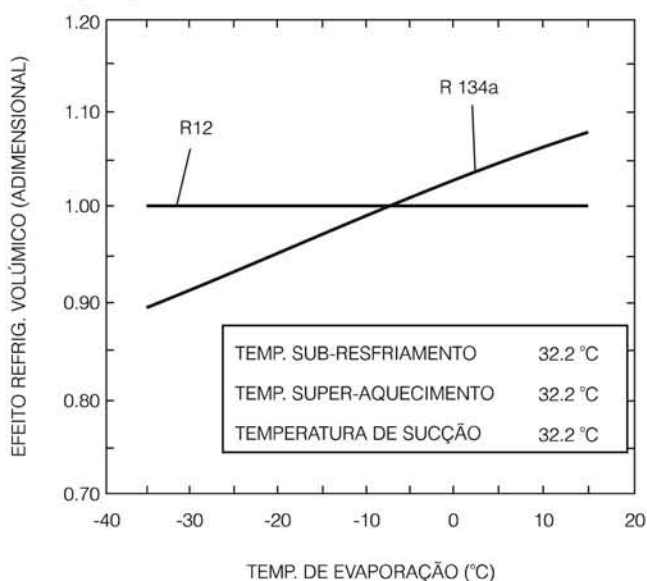


Fig. 2 - Efeito refrig. volúmico x temperaturas de evaporação.

Como pode-se observar na figura 2, o R 134a apresenta maiores capacidades de refrigeração (maior efeito refrig. volúmico), em altas temperaturas de evaporação (condições HBP) e menores capacidades em baixas temperaturas (condições LBP).

3 - DETERMINAÇÃO DE COMPRESSORES PARA R 134a

Os Compressores Embraco para R 134a possuem os mesmos deslocamentos volumétricos dos compressores para R 12.

Em condições LBP, como comentado anteriormente, ocorre redução da capacidade de refrigeração em termos gerais, entre 10-15%, dependendo do deslocamento do compressor. Compressores com menor deslocamento volumétrico, são mais sensíveis à troca do refrigerante.

Dependendo das características de projeto dos sistemas de refrigeração, pode-se utilizar um compressor para R 134a com o mesmo deslocamento volumétrico usado para R 12. Porém, para se obter a mesma capacidade de refrigeração em condições LBP, é necessário selecionar um compressor para R 134a com deslocamento imediatamente superior àquele utilizado para R 12.

4 - ÓLEO LUBRIFICANTE

Uma das principais características desejáveis de um óleo lubrificante para refrigeração, além das características lubrificantes, é a miscibilidade com o gás refrigerante. Tal característica garante a circulação do óleo no sistema de refrigeração e o seu retorno para o compressor, sem produzir bolhas de óleo no evaporador e no condensador.

Os óleos minerais e sintéticos atualmente utilizados, são completamente miscíveis com o R 12 em todas as faixas de temperatura e concentrações. Porém, devido a sua alta polaridade, o R 134a é totalmente imiscível com estes óleos tornando necessária a utilização de novos tipos de óleos.

Assim, foram desenvolvidos especialmente óleos sintéticos de alta polaridade, do tipo éster para o uso com R 134a. Este tipo de óleo é miscível com o R 134a, porém a mistura óleo éster/R 134a não é tão miscível quanto a mistura óleo mineral/R 12. Esta característica, associada ao comportamento da pressão em função da temperatura do R 134a, desloca a curva característica do sistema de refrigeração para níveis mais elevados, como mostra a figura 3.

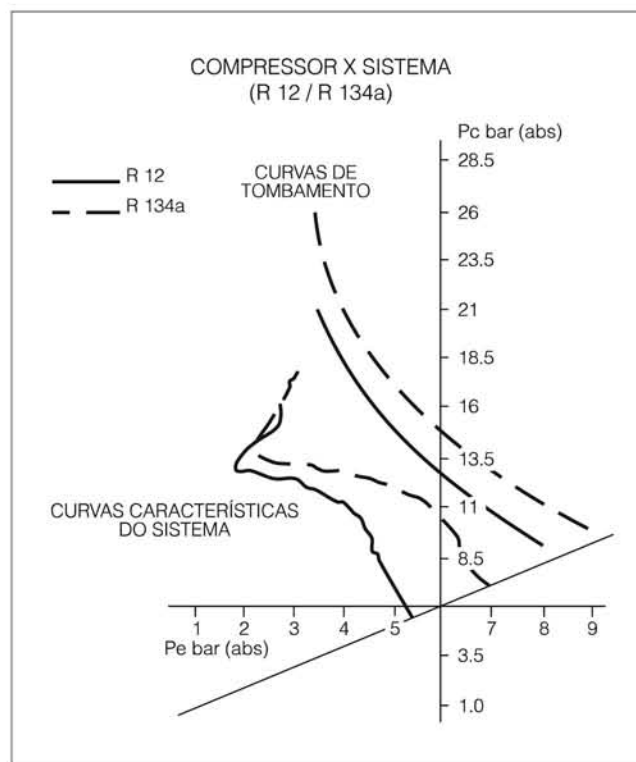


Fig. 3 - Curvas características do sistema x curvas de tombamento do compressor considerando mesmo sistema com R 12 e R 134a.

Como pode-se observar na figura 3, os compressores para R 134a trabalham sob condições de sistema mais críticas, tornando-se necessária a utilização de motores

elétricos mais fortes que, devido aos maiores torques, deslocam a curva de tombamento (máxima carga de operação do compressor) para níveis mais elevados.

Espera-se que os sistemas com R 12 que possuem pressões regulares igualadas não apresentem problemas de arranque.

Uma outra característica distinta dos óleos do tipo éster de grande importância, além da miscibilidade com refrigerantes, quando comparados com óleos minerais, diz respeito à absorção de umidade (higroscopicidade), como mostra a figura 4.

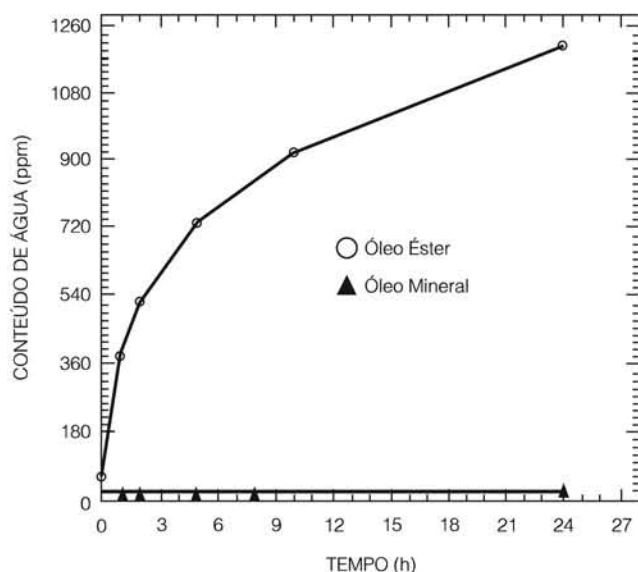


Fig. 4 - Absorção de umidade pelos óleos do tipo éster e mineral em função do tempo (beaker aberto).

Observa-se na figura 4 que os óleos do tipo éster são muito mais higroscópicos que os óleos minerais. Apesar da absorção de umidade pelo óleo demorar mais quando este se encontra dentro da carcaça do compressor. Esta característica torna-se preocupante no instante em que a concentração de umidade em níveis muito elevados provoca a decomposição (hidrólise) do tipo óleo éster em ácido e álcool.

A presença de tais componentes químicos é altamente nociva aos componentes dos compressores, notadamente na isolação do fio esmaltado do estator, nos materiais isolantes usados nas ranhuras do estator e na bobinagem, tornando-os frágeis e por consequência, conduzindo-o à queima prematura do motor.

Apesar da maior higroscopicidade dos óleos éster, as regras aplicadas a compressores com tubos abertos na linha de montagem podem não causar grande impacto no processo desde que se observem os seguintes parâmetros:

- 1 - Os componentes inclusive o compressor, não devem ficar abertos mais de 15 minutos.
- 2 - O R 134a não poderá sofrer qualquer tipo de mistura.

5 - SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO PARA R 134a

A substituição do R 12 pelo R 134a em sistemas herméticos de refrigeração não se restringe pura e simplesmente à troca do refrigerante. Os componentes do sistema de refrigeração devem ser adequados ao uso do R 134a, conforme é descrito na seqüência.

É importante enfatizar que a limpeza do sistema é de extrema importância para o uso do R 134a.

Mais detalhes são descritos adiante no item 7.

5.1 - TUBULAÇÕES

Os materiais metálicos atualmente utilizados nos sistemas de refrigeração como aço, cobre, latão e alumínio, são totalmente compatíveis com o R 134a.

Elastômeros como CAF, Nylon e Neoprene também são adequados para o uso com R 134a. Outros, como borracha natural, Butyl e Vitons, formam bolhas e incham na presença de R 134a. Desta forma, não é recomendada a sua utilização.

5.2 - TROCADORES DE CALOR

Os condensadores e evaporadores que não apresentam problemas de funcionamento em sistemas com R 12, podem também ser utilizados em sistemas para R 134a.

A utilização de um condensador com maior área pode ser necessária se o compressor selecionado para R 134a, devido ao maior deslocamento volumétrico possuir uma capacidade de refrigeração superior para a qual o sistema foi inicialmente projetado.

5.3 - TUBO CAPILAR

Resultados teóricos e experimentais como os apresentados na tabela 1, têm mostrado que devido às diferentes condições de funcionamento com R 134a, o tubo capilar em sistemas de refrigeração LBP deverá sofrer alterações no sentido de aumentar a resistência ao escoamento de refrigerante.

Se um compressor da mesma capacidade de refrigeração for selecionado, tal modificação pode ser resumida como uma redução de 10-15% no escoamento de nitrogênio para uma pressão de 10 bar na entrada do tubo capilar.

5.4 - FILTRO SECADOR

Os dessecantes comumente utilizados em filtros secadores de sistemas para R 12, não são compatíveis com o R 134a. Dessecantes similares ao tipo XH7 ou XH9 (3Å) são os recomendados.

A quantidade necessária de dessecante nos filtros secadores para R 134a é cerca de 20% maior. Este aumento é devido à menor capacidade de absorção de água do XH7/XH9 e ao fato de que o nível de umidade em sistemas para R 134a pode ser mais elevado, pois os óleos do tipo éster como mostrado anteriormente são altamente higroscópicos.

5.5 - CARGA DE REFRIGERANTE

Os mesmos procedimentos empregados na determinação da carga de refrigerante em sistemas para R 12 devem ser utilizados para determinar a carga de R 134a.

Em sistemas de refrigeração que não sofrem alterações nos seus componentes, a carga de R 134a poderá ser 5-10% menor.

6 - IMPACTO DA SUBSTITUIÇÃO DO R 12 PELO R 134a NAS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DOMÉSTICO

Quando o R 12 é substituído em um refrigerador doméstico pelo R 134a, certas tendências no comportamento das pressões e temperaturas de funcionamento do sistema tornam-se evidentes, como mostram as figuras 5, 6, 7 e 8.

Convém observar que neste exemplo, as alterações no refrigerador para o uso com R 134a resumiram-se à utilização de um compressor para R 134a de mesma capacidade de refrigeração, troca do filtro secador XH7 e a uma redução da ordem de 5% na carga de refrigerante. O condensador, evaporador e tubo capilar não sofreram modificações.

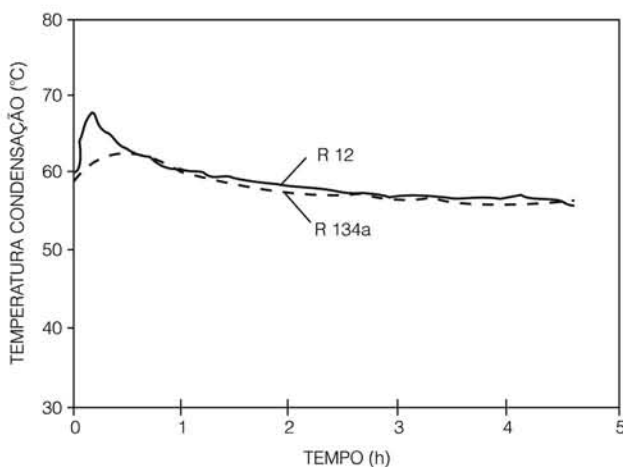


Fig. 5 - Comportamento da temperatura de condensação do sistema com R 12 e R 134a.

Como pode ser observado na figura 5, a temperatura de condensação do sistema não sofreu alterações quando o

R 134a foi utilizado. Isto deve-se ao fato de que, em muitos equipamentos domésticos de refrigeração como o utilizado neste exemplo, as trocas de calor no lado externo do condensador são preponderantes, não sendo desta forma influenciadas pela troca do refrigerante.

Porém, como mostra a figura 6, a pressão de condensação do sistema com R 134a é superior à do sistema com R 12, fato este já esperado, considerando as mesmas temperaturas de condensação para ambos os refrigerantes (veja figura 1).

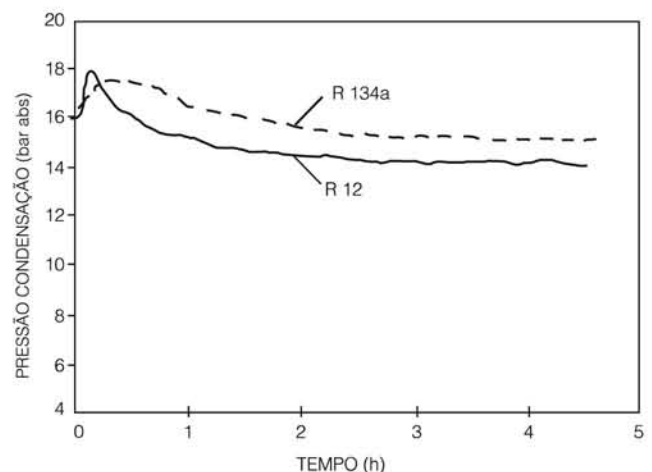


Fig. 6 - Comportamento da pressão de condensação do sistema com R 12 e R 134a.

Nas figuras 7 e 8 observa-se que o sistema de refrigeração operando com R 134a apresenta uma elevação na temperatura de evaporação, considerando em funcionamento iguais pressões de evaporação. Assim, fica mais uma vez evidenciado que para se obter uma mesma temperatura de evaporação, o tubo capilar deve ser alterado no sentido de aumentar a resistência ao escoamento de refrigerante, o que implica em menores pressões de evaporação.

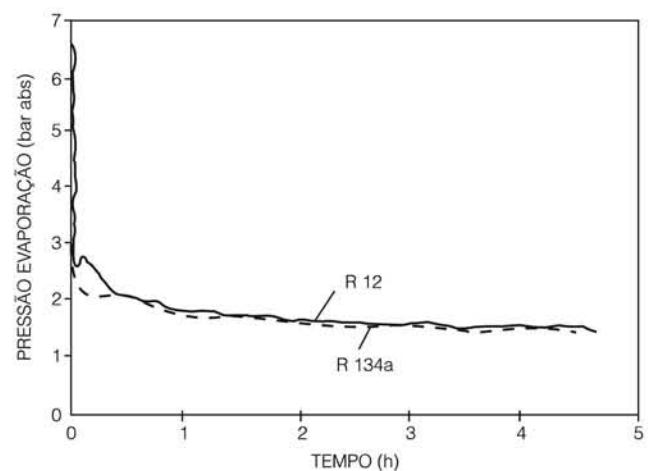


Fig. 7 - Comportamento da pressão de evaporação do sistema com R 12 e R 134a.

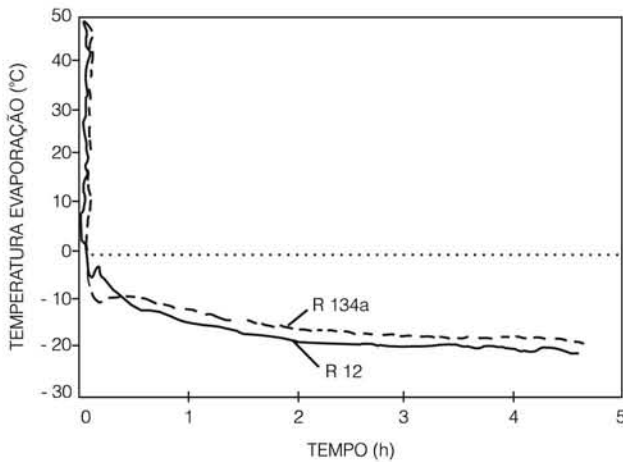


Fig. 8 - Comportamento da temperatura de evaporação do sistema com R 12 e R 134a.

7 - LIMPEZA DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA R 134a

Desde o início da utilização do CFC em sistemas herméticos de refrigeração, cuidados especiais têm sido observados, referentes à limpeza das superfícies internas dos componentes antes de ser dada a carga de refrigerante. Tais cuidados, procuram evitar a presença de resíduos gordurosos e oleosos provenientes dos processos de fabricação dos componentes do sistema de refrigeração.

A solubilidade com o refrigerante ou óleo lubrificante faz com que estes resíduos circulem através do sistema, podendo ocasionar o bloqueio do fluxo de refrigerante no capilar.

Um dos principais motivos, é a baixa solubilidade do R 134a e dos óleos éster com ceras, como a parafina encontrada nos fios do motor elétrico dos compressores, com os óleos protetivos usados nos componentes de compressores e com gorduras e graxas utilizadas no processo de fabricação de tubos, evaporadores e condensadores.

O uso de compostos fortemente alcalinos, como os agentes protetivos utilizados na fabricação dos componentes de compressores, também podem provocar a obstrução do capilar. Tais compostos reagem com o óleo éster formando sais que se depositarão no tubo capilar.

Outros tipos de impurezas como resíduos clorados provenientes de processos de limpeza de componentes devem ser evitados. Este tipo de resíduo pode reagir com o óleo éster e formar ácidos do tipo HCl ou HF que irão corroer superfícies metálicas, provocando a deterioração do dessecante e do óleo lubrificante. Também devem ser evitados resíduos de óleo mineral, pois estes reduzem a miscibilidade do R 134a com o óleo éster, ocasionando problemas de retorno de óleo para o compressor.

É essencial que todos os outros componentes do sistema de refrigeração estejam completamente livres deste tipo de resíduos.

O conhecimento adquirido nos últimos anos, apoiando e acompanhando a experiência dos maiores líderes mundiais das indústrias de refrigeração, demonstra que uma mudança bem-sucedida assim como um processo fabril relativamente simples podem ser alcançados.

A presença destes tipos de resíduos (clorados, gordurosos ou de óleo mineral) nos sistemas de refrigeração, anula a garantia dos compressores Embraco para R 134a.

Assim, deve ser enfatizado que a limpeza do sistema de refrigeração, antes de ser dada a carga de refrigerante, é muito mais importante para os sistemas com R 134a do que para aqueles com o R 12.

A Embraco tendo ciência deste tipo de problema, desenvolveu alternativas e produz compressores para R 134a completamente livres destes tipos de resíduos.

8 - MONTAGEM DE SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO PARA R 134a

Embora os aspectos abaixo sejam aplicáveis a qualquer tipo de gás refrigerante, o grau de sensibilidade dos sistemas com R 134a e óleos do tipo éster propõe que estas recomendações sejam cuidadosamente observadas:

- 8.1 - Acople apenas um único sistema a cada bomba de vácuo.
- 8.2 - Faça vácuo em ambos os lados do sistema com um nível de vácuo inferior a 0,6 mbar.
- 8.3 - Instale a bomba de vácuo em um nível igual ou inferior ao do compressor.
- 8.4 - Utilize mangueiras curtas sempre que possível.
- 8.5 - Meça o grau de vácuo no sistema e não na bomba.
- 8.6 - Faça o vácuo final na estação de carga de gás.
- 8.7 - Faça um teste de vazamento preliminar na estação de carga. Não abasteça com gás em caso de ser constatado qualquer vazamento.
- 8.8 - Limite o teor de gases não condensáveis a 1%.
- 8.9 - Utilize o R 134a como agente de limpeza para o sistema.
- 8.10 - Os equipamentos de carga e evacuação devem ser reservados com exclusividade para o R 134a, a fim de evitar a contaminação por resíduos clorados.

8.11 - Os detetores de vazamento para gases clorados, atualmente usados em sistemas R 12, não são eficientes com o R 134a. Este tipo de detetor de vazamentos reage com o cloro, um halogênio que não se encontra no R 134a. Por isto recomenda-se o uso de equipamentos com detetores à base de hélio para rastrear vazamentos nas linhas de montagem de sistemas com R 134a.

Para a manutenção de sistemas no campo, há detetores eletrônicos de vazamento, compactos, disponíveis no mercado e compatíveis com este gás refrigerante.

8.12 - A fim de evitar a entrada excessiva de umidade no compressor, os tubos devem ser mantidos

vedados. Os tampões de borracha só deverão ser removidos por ocasião da brasagem dos tubos ao sistema (máximo tempo de abertura dos componentes deve ser inferior a 15 minutos).

Com base na experiência da Embraco até a presente data, recomendamos aos nossos clientes algumas orientações quanto à utilização de sistemas com HFC 134a e óleos lubrificantes do tipo éster. O objetivo deste informativo não foi aprovar ou rejeitar os procedimentos em curso, nem dar soluções definitivas a não-conformidades. Contudo, a intenção da Embraco é dar assistência e orientação para alcançar o máximo desempenho e satisfação do cliente.

Caso haja necessidade de alguma informação adicional no projeto de seu sistema de refrigeração para o gás R 134a, contate nossa equipe de vendas através do telefone e telefax de nossa empresa, conforme abaixo:

embraco

Rua Rui Barbosa, 1020 - Cx. Postal 91
89219-901 - Joinville - SC - Brasil
Fone: + 55 47 441-2430
Fax: +55 47 441-2870

Embraco North America, Inc.
2232 Northmont Parkway
Duluth, Georgia - EUA 30096
Fone: + 1 770 814 8004
+ 1 800 548 9498
Fax: +1 770 622 4620
+1 800 462 1038

Embraco Europe S.r.l.
Via Buttiglieria 6
10020 - Riva Presso Chieri (Torino) - Itália
P.O. Box 151 - 10023 - Chieri (TO)
Fone: +390 11 943-7111
Fax: +390 11 946-8377
+390 11 946-9950