

16 ÓLEOS DE REFRIGERAÇÃO

O fato de que o óleo de lubrificação do compressor geralmente entra em contato e muitas vezes mistura-se com o refrigerante do sistema torna necessário que o óleo usado para lubrificar os compressores de refrigeração seja preparado especialmente para este fim.

O óleo deve proporcionar lubrificação adequada, sendo o fabricante do equipamento que recomenda o melhor óleo para cada tipo de compressor, e essa recomendação deve ser sempre seguida.

Mesmo que, às vezes, possam surgir alguns problemas, o tipo de óleo não deve ser trocado sem consulta e consentimento do fabricante do compressor, porém é importante para o engenheiro de manutenção entender a base de seleção de um óleo refrigerante de modo que possa diagnosticar e corrigir problemas gerados pelo uso de um óleo impróprio.

16.1 CLASSIFICAÇÃO GERAL DOS ÓLEOS

Os óleos são classificados em três grupos segundo sua origem: animal; vegetal e mineral.

Os óleos animais e vegetais são chamados óleos fixos porque não podem ser refinados sem decomposição. São instáveis e tendem a formar ácidos e gomas que os fazem inadequados para fins de refrigeração.

Os óleos minerais segundo a sua base são classificados em:

- base parafínica;
- base naftênica;
- base mista.

Quando destilado o óleo de base naftênica, produz um resíduo breu pesado ou asfalto.

Os óleos de base parafínica produzirão uma cera parafínica quando destilados.

Os óleos mistos contêm base de parafínica e naftênica.

Quando obtidos a partir de óleos brutos selecionados e propriamente refinados e tratados as três classes dos óleos minerais podem ser considerados satisfatórios para uso em refrigeração, porém as experiências têm demonstrado que os óleos com base naftênica são mais adequados para os serviços de refrigeração por três razões principais:

- flui melhor a baixas temperaturas;
- os depósitos de carbonos destes óleos são de natureza branda e podem ser facilmente removidos;
- depositam menos cera a baixas temperaturas.

Para satisfazer os requisitos de um sistema de refrigeração, dentro dos limites normais de projeto, um óleo de refrigeração deve apresentar as seguintes características:

- manter consistência a altas temperaturas;
- manter fluidez a baixas temperaturas;
- não carbonizar;
- não depositar ceras;
- não reagir quimicamente;
- separar-se rapidamente do refrigerante;

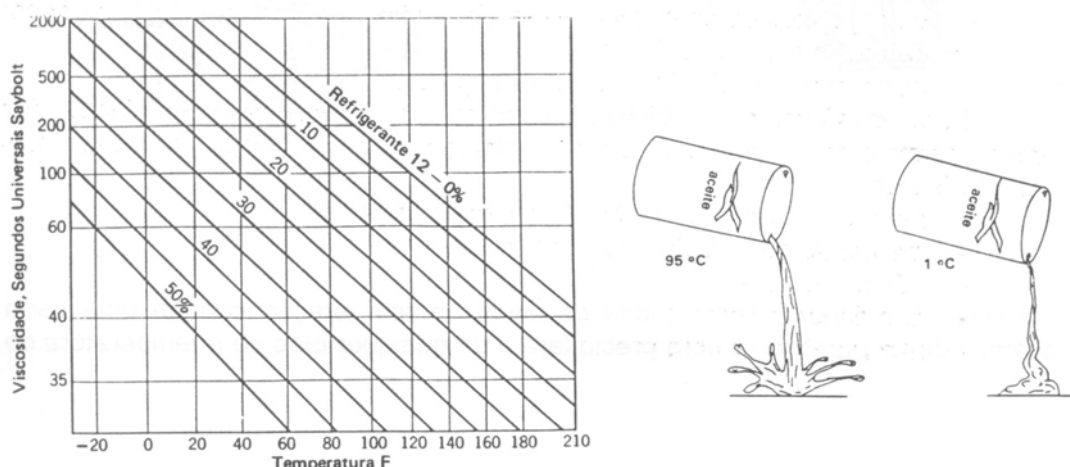
- ser seco;
- ser estável.

16.2 PROPRIEDADES DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

VISCOSIDADE: A viscosidade ou coeficiente de atrito interno é a propriedade de um líquido responsável pela resistência de seu fluxo. A finalidade do óleo é lubrificar os mancais, ou superfícies de atrito. Se o óleo é demasiado fino ele não permanecerá entre as superfícies em atrito sendo forçado para fora não deixando uma película protetora. Se o óleo é demasiado grosso ele causará resistência, perda de potência e não será capaz de fluir entre os mancais ou superfície de atrito. A viscosidade é medida normalmente em termos de Segundos Universais Saybolt (SSU). O óleo sob condições normais de temperatura é deixado fluir através de um orifício cuidadosamente calibrado, até que uma quantidade determinada tenha passado através dele. O número de segundos levados para conseguir-se a quantidade de fluxo de óleo através do orifício é a viscosidade do óleo em Segundos Universais Saybolt. Quanto mais alta é a viscosidade, mais segundos leva para passar através do orifício, significando que quanto mais alta é a viscosidade mais grosso é o óleo.

A viscosidade do óleo de lubrificação muda consideravelmente com a temperatura, aumentando quando a temperatura diminui. Na (fig. 143) é mostrado graficamente o efeito da temperatura sobre a viscosidade de um óleo típico de refrigeração. Observe-se que o óleo a 100°F tem uma viscosidade de aproximadamente 175 SSU, mas aumenta para aproximadamente 1700 SSU quando sua temperatura é reduzida para 40 F. Na mesma figura é mostrado também o efeito da miscibilidade do óleo e refrigerante. Observe-se, por exemplo, que o óleo puro tendo uma viscosidade de 175 SSU a 100°F tem uma viscosidade de cerca de 60 SSU nesta mesma temperatura quando diluído em 15% de R-12 é evidente, que tanto a faixa da temperatura de operação como o efeito de diluição do refrigerante devem ser tomados em consideração na seleção do óleo de viscosidade apropriada.

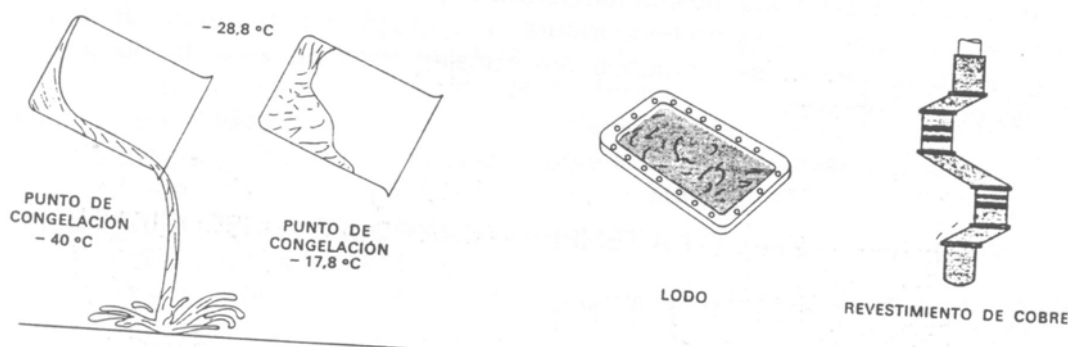
FIGURA 143 - EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A VISCOSIDADE



PONTO DE FLUIDEZ (fig. 144a): É a temperatura mais baixa à qual ele deixa de fluir. Entre dois óleos tendo a mesma viscosidade, um pode ter um ponto mais elevado de fluidez que o outro por causa de um maior conteúdo de cera. O ponto de fluidez é uma consideração importante na seleção de um óleo para sistemas de baixa temperatura. Naturalmente, para ser obtido no evaporador, o ponto de fluidez do óleo deve ser bem abaixo da temperatura menor. Se o ponto de fluidez do óleo é muito elevado, este tende a congelar sobre a superfície dos tubos do evaporador, causando uma perda na eficiência do evaporador. Uma vez que este óleo não retorna ao compressor, pode resultar também a lubrificação inadequada do compressor.

RESÍDUO DE CARBONO (fig. 144b): Todos os óleos refrigerantes podem ser decompostos pelo calor. Quando isto acontece, sobra um resíduo de carbono. Algumas vezes, o óleo é decomposto nas superfícies quentes existentes dentro de um sistema de refrigeração. Os resíduos carbonosos tornam-se rijos e adesivos para óleos de base parafínica e formarão lamas com todos os problemas daí decorrentes. Os óleos de base naftênica formam uma ligeira e macia camada de carbono, a qual embora sendo contaminante não é tão danosa como o carvão rijo. Deste modo, nenhum dos tipos de resíduos de carvão são desejáveis uma vez que há indícios da relação entre a decomposição do óleo, carbonização e deposição do cobre.

FIGURA 144 - a) PONTO DE CONGELAMENTO - b) DEPÓSITO DE CARBONO

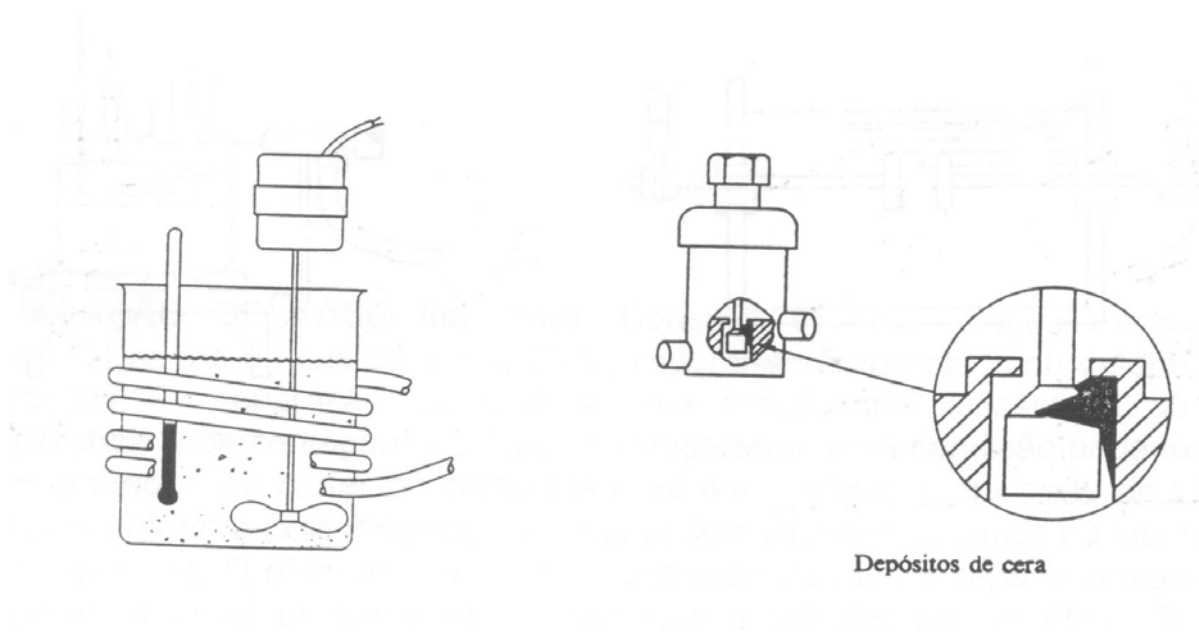


PONTO DE NÉVOA: Como todos os óleos de refrigeração contêm uma certa quantidade de parafina, a cera precipitará de qualquer óleo se a temperatura do óleo for reduzida a um nível suficientemente baixo. Como o óleo se torna floculado neste ponto, a temperatura à qual a cera começa a se precipitar do óleo é chamada o ponto de névoa do óleo. Se o ponto de névoa do óleo for muito alto, a cera se precipitará do óleo no evaporador e no controle do refrigerante. Embora

uma pequena quantidade de cera no evaporador produza pequeno dano, uma pequena quantidade de cera no controle do refrigerante, causará entupimento da peça, resultando na paralisação do sistema.

PONTO DE FLOCULAÇÃO (fig. 145): É a temperatura a qual a cera começará a se precipitar de uma mistura de 90% de R-12 e 10% de óleo por volume. Uma vez que o uso de um refrigerante solúvel ao óleo diminui a viscosidade do óleo e afeta tanto o ponto de fluidez quanto o de floco, onde são empregados refrigerantes miscíveis ao óleo, o ponto de floco do óleo é uma característica mais importante do que o ponto de fluidez e de névoa. O uso de 10% de óleo numa mistura refrigerante-óleo para determinar o ponto de floco parece completamente real, dado que a mistura refrigerante-óleo para separar a cera aumenta quando a quantidade de óleo circulando com o refrigerante raras vezes excede 10 % e é geralmente muito menor. Como o ponto de floco do óleo é uma medida da tendência relativa do óleo para separar a cera quando misturada com um refrigerante solúvel ao óleo, ele é uma consideração importante quando da seleção de um óleo para o uso com um refrigerante miscível ao óleo em temperaturas de evaporação abaixo de -20°C . Porém, o ponto de floco não significa nada quando é usado um refrigerante não miscível.

FIGURA 145 - ENSAIO DE FLOCULAÇÃO



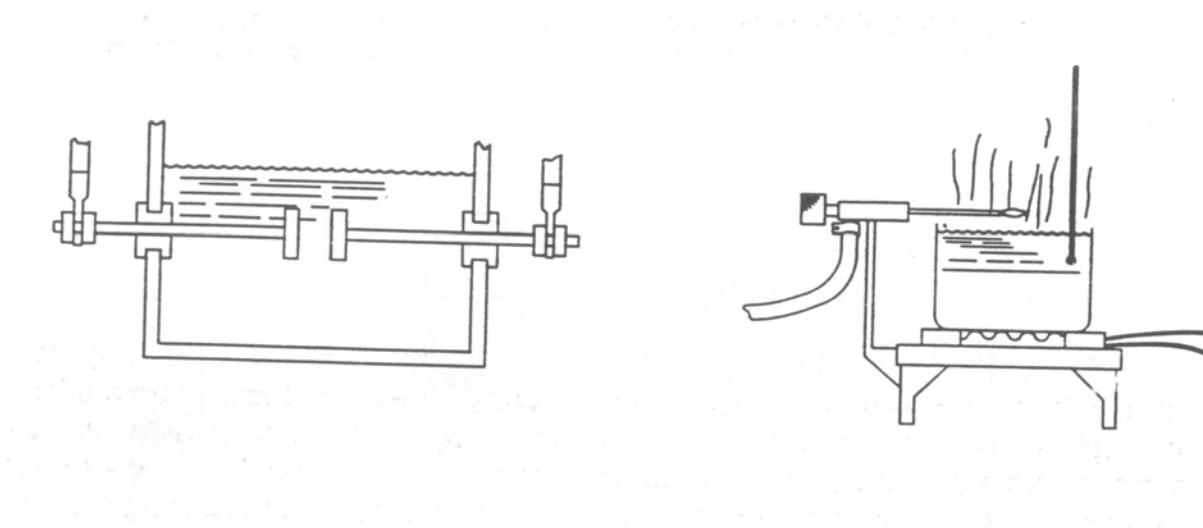
NÚMERO DE NEUTRALIZAÇÃO: É uma medida de quantidade de ácidos minerais.

RESISTÊNCIA DIELÉTRICA (fig. 146a): É uma medida da resistência que o óleo oferece ao fluxo de corrente elétrica. Ela é expressa em termos da voltagem

requerida para provocar uma corrente elétrica para um arco através de um décimo de espaço com a largura de uma polegada entre dois pólos imersos no óleo. Uma vez que qualquer umidade, metais diluídos, ou outras impurezas contidas no óleo diminuirão sua resistência dielétrica, uma alta resistência dielétrica é uma indicação de que o óleo está relativamente livre de contaminantes. Isto é especialmente importante em óleos usados com unidades de compressor hermético, dado que um óleo com baixa resistência dielétrica pode contribuir para ligação a terra ou formação de curtos nos enrolamentos do motor.

PONTO DE FULGOR (fig. 146b): É a menor temperatura na qual o vapor do óleo se inflama quando exposto a uma chama. O ponto de combustão é a temperatura qual eles continuam a arder.

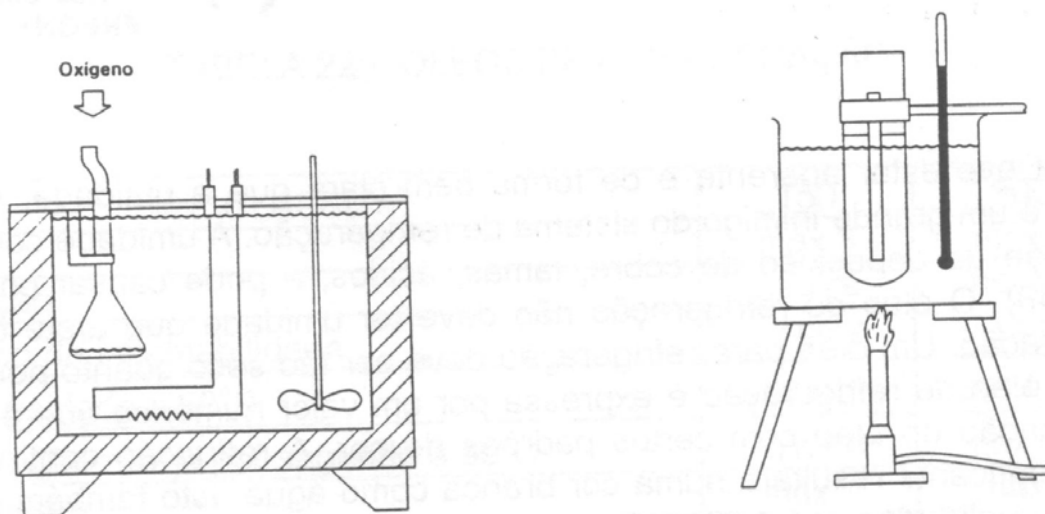
FIGURA 146 - a) ENSAIO DIELÉTRICO - b) ENSAIOS DOS PONTOS DE INFLAMAÇÃO E COMBUSTÃO



RESISTÊNCIA A OXIDAÇÃO (fig. 147a): É a propriedade do óleo de refrigeração de se manter estável na presença do oxigênio. Quando o ar entra no sistema, geralmente é acompanhado por alguma umidade. A combinação de umidade, ar, óleo de refrigeração e temperaturas de descarga, certamente produzem ácidos, os quais criam lamas.

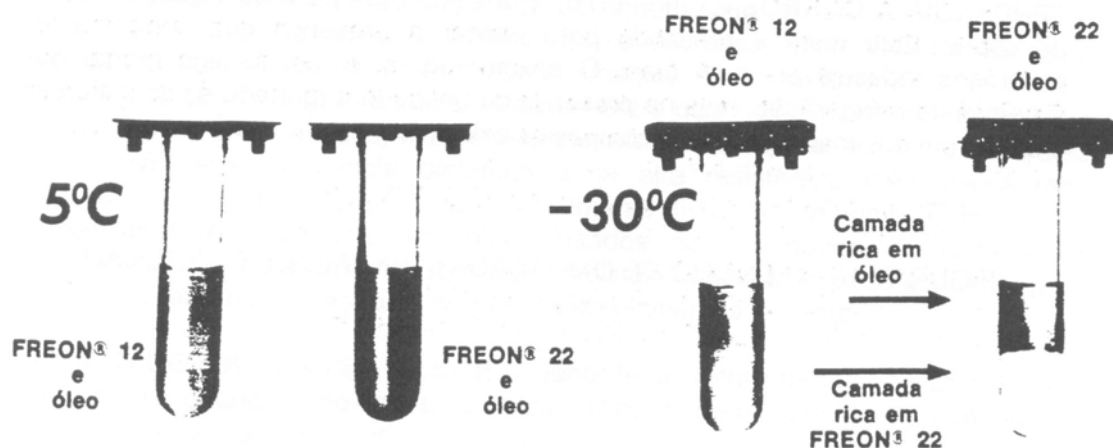
TENDÊNCIA A CORROSÃO (fig. 147b): É medida pelo teste de corrosão da tira de cobre. Este teste é realizado para indicar a presença dos componentes sulfurosos indesejáveis num óleo. O enxofre por si é, um inimigo mortal dos sistemas de refrigeração, mas na presença da umidade é formado ácido sulfuroso o qual é um dos mais corrosivos compostos existentes.

FIGURA 147 - a) ENSAIO DE OXIDAÇÃO - b) ENSAIO DE CORROSÃO



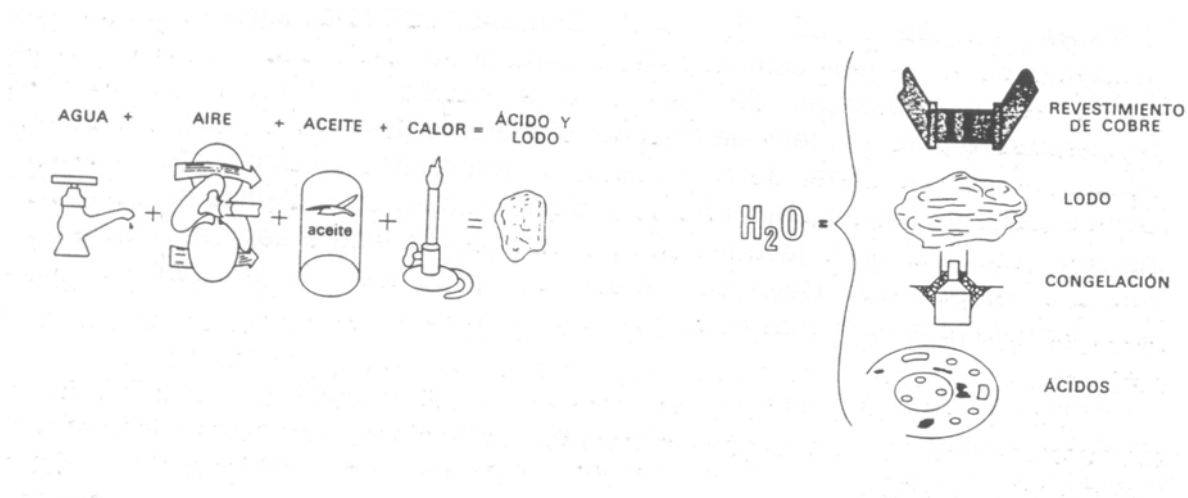
SEPARAÇÃO DE FASE (fig. 148): Consiste em que alguns refrigerantes miscíveis, sendo o mais comum o R-22, separar-se-ão do óleo sob determinadas condições. A separação de fase é uma função da viscosidade do óleo, temperatura e percentagens de óleo no refrigerante. Esta condição pode ter lugar no evaporador, no carter do compressor ou em qualquer outra parte do sistema onde encontrem baixas temperaturas que podem causar problemas na lubrificação do compressor. O óleo deve resistir à separação de fase e separar a mais baixa temperatura possível. Deve ser notado que a seleção de um óleo não pode eliminar este problema, mas pode auxiliar no seu controle.

FIGURA 148 - SEPARAÇÃO DE FASE, R-12 E R-22



Deve estar aparente e de forma bem clara que a umidade, sob qualquer forma, é um grande inimigo do sistema de refrigeração. A umidade contribui para a formação da deposição de cobre, lamas, ácidos, e pode causar congelamentos (fig. 149). O óleo de refrigeração não deve ter umidade que afete o sistema de refrigeração. Um óleo para refrigeração deve ser tão seco quanto possível. A cor de um óleo de refrigeração é expressa por um valor numérico que é baseado na comparação do óleo com certos padrões de cor. A refinação continuada de um óleo lubrificante resultará numa cor branca como água. Isto também resultará em pobres qualidades de lubrificação.

FIGURA 149 - DECOMPOSIÇÃO DO ÓLEO PELA PRESENÇA DA UMIDADE E AR NO SISTEMA



Os fatores que influem na seleção do óleo são:

- projeto do compressor;
- tipo de refrigerante;
- tipo de serviço.

As características importantes do óleo são a conservação da viscosidade com o aumento da temperatura, o ponto de coagulação e o ponto de inflamabilidade. Após a aquisição, o óleo deve ser guardado com máximo cuidado para evitar sua contaminação por impurezas como água ou pó. Isto causaria o desgaste anormal ou a corrosão do compressor.

Normalmente usam-se óleos da classe nº 300 (tab. 22).

- TEXACO (CAPELLA-C).
- SHELL (CLAVUS-33).
- MOBIL OIL (GARGOYLE ARTIC HEAVY).
- PETROBRÁS (LUBRAX INDUSTRIAL CP -46 RF).

TABELA 22 - ÓLEOS DE REFRIGERAÇÃO

CLASSE nº	150	300
cor	máx 3	máx 4
reação	neutra	neutra
ponto de inflamabilidade	> 155°C	> 165°C
viscosidade a 30°C	152+-20	301+-20
graus Redwood por segundo a 50°C	min 60	máx 90
corrosão	máx 1	máx 1
ponto de coagulação	< 27,5°C	< 22,5°C
razão de emulsificação por evap por seg	máx 200	máx 200

16.3 LUBRIFICANTES SINTÉTICOS

Os lubrificantes sintéticos foram desenvolvidos originalmente para superar os problemas de miscibilidade parciais de óleos minerais usadas em sistemas de R-22 e R-502. Com o desenvolvimento dos refrigerantes não clorados, foi intensificada a procura por óleos sintéticos novos porque estes refrigerantes têm características de miscibilidade, muito baixas, com óleos minerais. Óleos sintéticos são fabricados combinando os átomos e moléculas dos componentes constituintes deles na presença de um catalisador em lugar do fracionamento e destilação do óleo cru. Estes óleos superam alguns dos problemas associados com óleos minerais, incluindo a precipitação de cera, a limitada miscibilidade com alguns refrigerantes, carbonização e degradação dos elastômeros, gaxetas e selos.

Os lubrificantes sintéticos também melhoraram a estabilidade a temperatura alta, a lubrificação e apresentam melhores atributos viscosidade-temperatura quando eles são diluídos através dos refrigerantes. Estas características reduzem as exigências de potência dos compressores frios quando eles partem porque os óleos têm viscosidades menores a temperaturas mais baixas. Embora eles tenham

viscosidades menores quando frios, os óleos sintéticos também mantêm o nível de viscosidade alta para compressores operando a temperaturas normais e provê um melhor selo hidrodinâmico. Eles também têm melhores características selantes e melhoram a eficiência volumétrica dos compressores.

Alguns dos lubrificantes sintéticos mais populares, selecionados para refrigeração são:

POLIALFAOLEOFINAS (PAOs): foram os lubrificantes escolhidos para uso em compressores rotativos de parafuso com R-12 e R-114 e aplicações de bomba de calor. Eles melhoram a eficiência mecânica e de compressão destes sistemas porque eles mantêm uma viscosidade alta com estes refrigerantes miscíveis abaixo de condições diluídas. A fluidez a baixa temperatura dos PAOs faz estes óleos sintéticos desejáveis para uso com R-13 e R-503 operando em sistemas de expansão direta e evaporador seco a temperaturas abaixo de $-73,3^{\circ}\text{C}$. Eles também são usados como óleos imiscíveis em sistemas de amônia, é a fluência deles a baixa temperatura e índice de viscosidade alto que permite temperaturas do evaporador abaixo de $-45,6^{\circ}\text{C}$ enquanto retêm viscosidade suficiente para boa lubrificação às temperaturas mais altas do compressor associadas com estes sistemas.

POLIALQUILENO GLICÓIS (PAGs): São comumente usados em sistemas de refrigeração automotivos que usam R-134a. Eles têm maiores características lubrificantes e mais baixos pontos de névoa que os óleos minerais, tornando-os boas alternativas para estas aplicações. Outra característica importante dos PAGs é que eles não reagem adversamente com os selos de elastômeros usados nestes sistemas. Óleos minerais têm a tendência de causar o aumento ou a decomposição dos elastômeros, conduzindo a vazamentos no sistema hermético.

POLIOL ÉSTER: São lubrificantes primários empregados com os refrigerantes emergentes de HFC, notavelmente o R-134a e as misturas de R-32 (R-507 e R-407c).

ALQUILBENZENOS: São sintetizados em reta ou cadeias ramificadas semelhantes estes aos óleos minerais parafínicos. Eles tendem a apresentar um menor custo do que outros lubrificantes sintéticos e é empregado principalmente com R-22 e R-502. Os óleos alquilbenzenos têm solubilidade melhor, a alta temperatura e melhor estabilidade química que os óleos minerais que eles substituem.