

Boas Práticas de Refrigeração

Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco
Presidente

Jorge Wicks Côrte Real

Departamento Regional do SENAI de Pernambuco
Diretor Regional

Antônio Carlos Maranhão de Aguiar

Diretor Técnico

Uaci Edvaldo Matias

Diretor Administrativo e Financeiro

Heinz Dieter Loges

Ficha Catalográfica

621.5 SENAI.DR.PE. **Boas Práticas de Refrigeração.**
S474b Recife, DITEC/DET/NRI, 2002.
 1. REFRIGERAÇÃO
 2. COMPRESSORES
 3. CAMADA DE OZÔNIO
 I. Título

Direitos autorais de propriedade exclusiva do SENAI. Proibida a reprodução parcial ou total, fora do Sistema, sem a expressa autorização do Departamento Regional de Pernambuco.

SENAI – Departamento Regional de Pernambuco

Rua Frei Cassimiro, 88 – Santo Amaro

50100-260 - Recife – PE

Tel.: (81) 3416-9300

Fax: (81) 3222-3837

SUMÁRIO

Introdução	05
Esgotamento da Camada de Ozônio	06
Aquecimento Global da Atmosfera	11
Protocolo de Montreal	16
Protocolo de Medição	20
Deteção de Fugas	21
Compressores	32
Diagrama de Pressão / Entalpia	37
Bibliografia	44

INTRODUÇÃO

A eliminação do CFC e a introdução dos diversos refrigerantes alternativos vão apresentar problemas específicos aos técnicos e instrutores do setor da refrigeração e de ar condicionado. Percentualmente falando, este setor é o segundo consumidor de CFC no país. Os instrutores dos diversos institutos de treinamento não estão suficientemente qualificados para lidar com as novas tecnologias. A mudança de instrutores que trabalham nestes institutos é freqüente.

Para alcançar a eliminação efetiva do CFC que pretende o País, é necessário implementar um programa integrado de Boas Práticas em Refrigeração e técnicas de melhorias em manutenção, como por exemplo teste de estanquidade e limpeza do sistema. Os instrutores qualificados por meio deste programa, serão os mesmos capacitados para o treinamento dos técnicos.

O programa se concentrará no setor dos técnicos que trabalham em empresas que fazem manutenção em equipamentos de refrigeração.

Estas companhias representam 90% dos consumidores de refrigerantes que prejudicam a camada de ozônio.

ESGOTAMENTO DA CAMADA DE OZÔNIO

Descrição Geral

A vida na terra tem sido resguardada durante milhões de anos graças a existência de uma camada protetora que possui a atmosfera. Esta camada, composta por ozônio, que como um escudo protege a terra contra as radiações ultravioleta, nocivas, provenientes do sol. Pelo que sabemos esta camada só existe em nosso planeta. Caso desapareça, a radiação ultravioleta do sol poderá esterilizar a superfície da esfera terrestre, exterminando a maior parte da vida na terra.

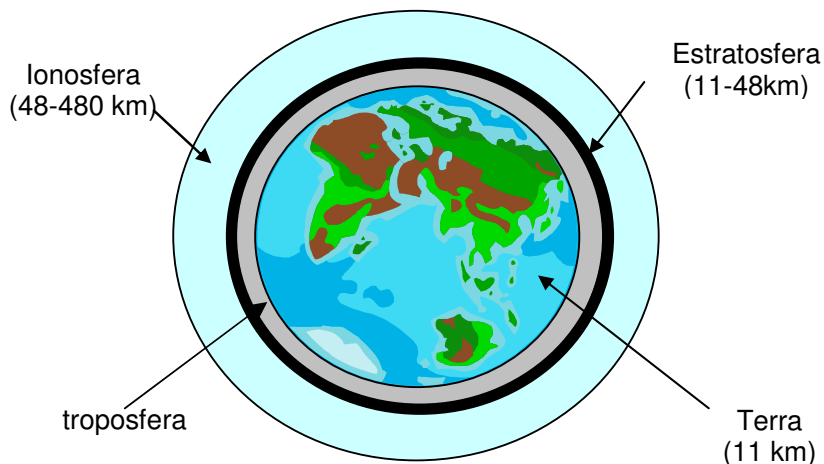
O ozônio é uma forma de oxigênio composta de 3 átomos em lugar de O_2 . O átomo adicional transforma o gás que respiramos em um veneno; ao respirar uma pequena quantidade de ozônio é suficiente para provocar a morte. Mediante processos atmosféricos naturais, as moléculas de ozônio se destroem continuamente.

A radiação ultravioleta proveniente do sol rompe as moléculas de oxigênio deixando átomos livres, que logo se combinam com outras moléculas de oxigênio para formar ozônio. O ozônio não é um gás estável, é vulnerável a destruição, particularmente quando entra em contato com os componentes naturais que contém hidrogênio, nitrogênio e cloro.

Próximo da superfície da terra na troposfera, o ozônio é um contaminante cada vez mais problemático, sendo um dos constituintes do processo fotoquímico das chuvas ácidas.

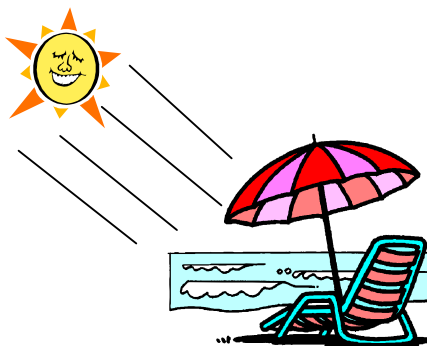
A estratosfera que está cerca de 11 a 48 km a cima da superfície da terra, contém um gás azul e de forte odor, mas tão importante para a vida como o próprio oxigênio. O ozônio forma um escudo frágil curiosamente imaterial notavelmente efetivo. Está tão disperso nos 35 km de espessura da estratosfera que, se o recolhêssemos formaria uma faixa ao redor da terra com espessura não maior que uma sola de sapato (aproximadamente 3mm). A concentração de ozônio estratosférico varia de acordo com a altura, entretanto nunca ocupa mais que a centésima milésima parte da atmosfera que o rodeia.

Regiões atmosféricas



Distância da troposfera, a estratosfera e a ionosfera em relação a terra

De qualquer maneira, o ozônio é o melhor dos filtros, forma uma tela para a maioria dos raios ultravioletas nocivos vindo do sol. A camada de ozônio absorve a maior parte da radiação perigosa UV-B (é uma radiação entre outras UV-A , UV-C que é em grande parte absorvida pelo ozônio). Todo o dano que recebe a camada de ozônio conduzirá a um aumento da radiação UV-B. Aumentos de radiação UV-B foram observados, em período intenso esgotamento da camada de ozônio. Todo o aumento da radiação UV-B que chega à superfície da terra tem o potencial de causar um dano considerável ao ambiente e a vida na terra. De acordo com recentes dados, uma diminuição pequena na camada de ozônio poderia aumentar os casos de **Câncer de pele** significativamente, e poderia levar a uma aceleração de um modo de câncer mais incomum, mais virulento que o maligno melanoma cutâneo. Um aumento da radiação UV-B poderá levar a um aumento dos casos de **Danos Oculares**, inclusive cataratas, deformações do globo ocular. As cataratas são os principais fatores de cegueira no mundo, e é esperado que eles aumentem consideravelmente.



Radiação proveniente do sol

A exposição a uma quantidade crescente de radiação UV-B também poderia suprimir o sistema imunológico do corpo. A imunodeficiência causada pela radiação UV-B não mantém nenhuma relação com a pigmentação da pele. Estes efeitos poderiam prejudicar ainda mais a saúde em muitos dos países em desenvolvimento.

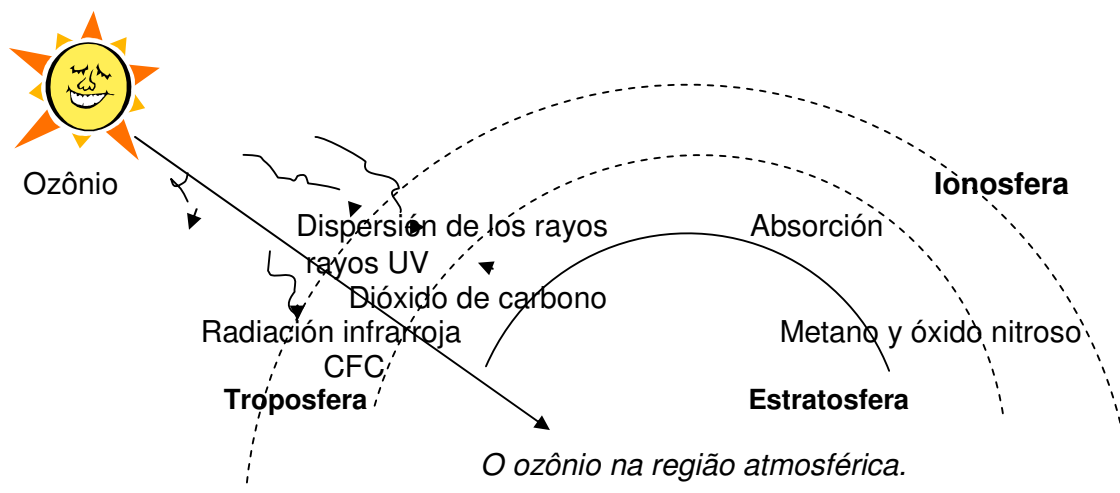
Um aumento da radiação UV-B também poderia causar uma diminuição no rendimento das colheitas nas florestas. Poderia afetar a vida marinha e causar dano aos organismos aquáticos, parte da cadeia alimentícia marinha que poderia produzir uma diminuição na quantidade de peixe e no extremo superior da cadeia alimentícia. Um aumento da radiação UV-B pode afetar a qualidade dos materiais empregados na construção civil, as pinturas, os recipientes de uma quantidade incontável de substâncias.

O esgotamento do ozônio estratosférico pode aumentar a poluição fotoquímica na estratosfera, causando um aumento na quantidade de ozônio presente na superfície da terra onde nós não necessitamos. Por conseguinte a terra e os seus habitantes têm muito em jogo quando se trata de conservar o frágil escudo que representa a camada de ozônio.

O consenso mundial apoia a teoria que diz que os produtos químicos fabricados pelo homem, que contêm cloro e que são liberados na atmosfera, são responsáveis pelo esgotamento do ozônio na estratosfera. A maior parte destas combinações é CFC e halogenios (os agentes de extintores de incêndios) que são muito eficazes para esgotar a camada de ozônio. O CFC foi usado durante muitos anos como refrigerante, solventes ou agentes espumosos.

A estabilidade da estrutura destes produtos químicos tão útil na terra, lhes permite atacar à camada de ozônio. Sem sofrer qualquer mudança, estas combinações ascendem até a estratosfera onde a intensa radiação UV-C quebra as conexões químicas, liberando cloro que rouba um átomo da molécula de ozônio, transformando-a em oxigênio comum e mais um átomo de oxigênio. O cloro age como catalisador, passando pelo processo de destruição sem sofrer qualquer mudança permanente, assim pode continuar repetindo o processo.

O mais perigoso nestes produtos químicos é que eles possuem uma vida longa. O CFC-11 pode permanecer na atmosfera durante uma média de 50 anos, o CFC-12 em torno de 102 anos, e o CFC-113 85 anos. Então, estes produtos químicos quando liberados, influenciam por muito tempo no processo de esgotamento da camada de ozônio.



A radiação ultravioleta que vem do sol quebra as moléculas de oxigênio que dão átomos que então combinam com outras moléculas de oxigênio para formar ozônio. O cloro que é liberado das moléculas que contêm este átomo, pôr efeito da radiação, pode roubar um átomo de oxigênio da molécula de ozônio, dando como produtos ClO (hipocloroso de anidrido) e oxigênio normal. Por meio da reação com um átomo de oxigênio, o cloro que pode ser liberado novamente, enquanto dando como produto uma molécula de oxigênio normal. Deste modo, o cloro age como catalisador, passando por esta transformação sem sofrer qualquer mudança permanente. As moléculas de CFC podem destruir milhares e milhares de moléculas de ozônio, influenciando de forma contundente o equilíbrio natural.

O CFC (cloro) também tem demonstrado ser o causador principal da evidência mais dramática no esgotamento da camada de ozônio descoberta há tempos. Todas as primaveras no hemisfério sul surge um "buraco" na camada de ozônio sobre Antártida, tão grande quanto a superfície dos Estados Unidos. Este "buraco" não é na realidade um buraco, mas uma região que contém uma extraordinariamente baixa concentração de ozônio.

No inverno, a atmosfera sobre a Antártida se mantém isolada do resto do mundo por causa de uma circulação natural de ventos que se chama vórtice polar. Durante o inverno, quando está frio e escuro, formam-se na estratosfera as nuvens estratosféricas polares (PSC). Na superfície destas nuvens o cloro inativo converte-se em formas que podem esgotar a camada de ozônio por meio de reações químicas mesmo sem a presença da luz do sol. O resultado é que todas as primaveras quando o sol volta à estratosfera da Antártica, aquece o suficiente para dispersar as nuvens (PSC) e romper os ventos que a mantêm isolada do resto do mundo. Então o ar rico em ozônio flui para encher a camada de ozônio localizada a cima da Antártida. Os padrões de

circulação também levam o ar esgotado de ozônio para o norte, misturando e diluindo as concentrações em outras partes; isto, por conseguinte, pode afetar partes mais extensas do hemisfério sul.

Em 1992 e 1993 (o maior "buraco" visto), o ozônio havia sido esgotado em mais que 60% comparado com observações prévias. O esgotamento ocorre particularmente entre as alturas de 15 e 30 km onde normalmente está a maior concentração de ozônio. Devemos dar ênfase ao fato que os efeitos que o CFC causam à camada de ozônio pareceram aumentar pela massa de ar que cerca o polo Sul.

As reduções na camada de ozônio que são observadas no hemisfério norte não são menos angustiantes que essas que são observados na região da Antártica, embora qualquer buraco não tenha sido desenvolvido, principalmente devido a fatores meteorológicos. Não obstante, em janeiro de 1993, foi verificado que a quantidade de ozônio na região do norte da latitude 45/65 estava entre 12% e 15% abaixo do normal. Durante o período compreendido entre fevereiro e junho de 1993, uma média de redução de 15% da camada de ozônio foi verificado na América do Norte e Europa, e a redução máxima medida foi de 25%, a qual ocorreu tanto no hemisfério norte como no sul. Este verdadeiramente é um problema mundial que requer soluções globais.

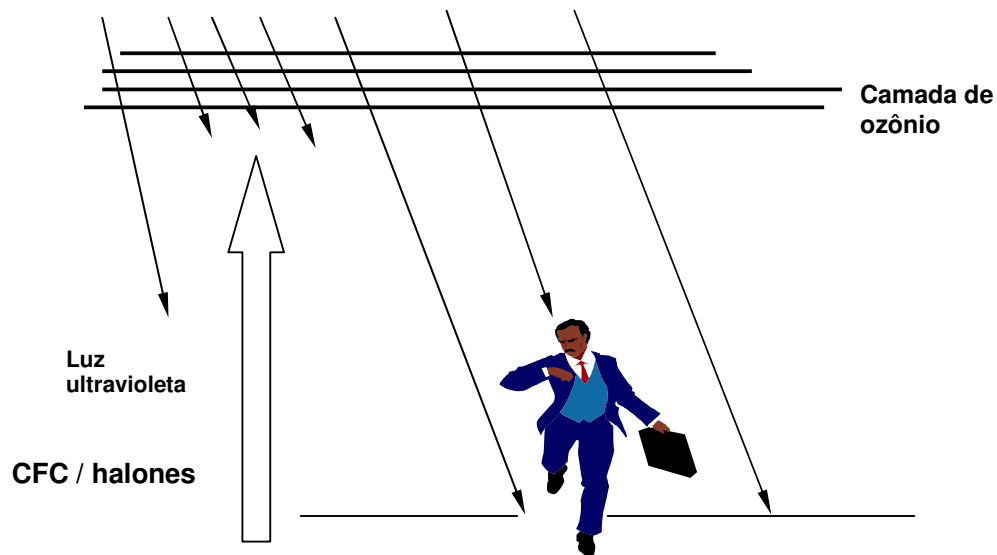
Efeitos no Ambiente

Com a perda da proteção produzida pela radiação ultravioleta, podem acontecer danos sérios em todos os organismos vivos. A severidade da situação é aumentada pelo fato que toda vez que a camada de ozônio diminui um por cento, a exibição para a radiação ultravioleta quase aumenta dois por cento.

As plantas e a vida marinha poderiam ser gravemente afetadas pelo aumento na exibição para a radiação ultravioleta que causa o esgotamento da camada de ozônio. Testes realizados sobre a produção de soja demonstraram reduções de até as 20% com níveis de esgotamento do ozônio abaixo de 25%. O ecossistema sensível dos oceanos seria terrivelmente afetado. O fitoplankton e as larvas de muitas espécies que vivem da superfície do oceano até vários metros de profundidade poderiam ser sensíveis a um aumento na exibição da radiação ultravioleta. Um aumento na exibição produz como resultado uma redução na produtividade, o que significa uma quantidade menor de vida vegetal e uma quantidade menor de peixe retirados do mar.

Efeitos na Saúde dos Seres Humanos

O aumento no número de casos de câncer de pele, cataratas, e o debilitamento do sistema imunológico são efeitos resultantes sérios do esgotamento do ozônio e do aumento dos níveis de radiação ultravioleta. Um estudo atual descobriu que as pessoas que vivem mais perto do equador, e que estão expostas mais aos raios diretos do sol, estão sofrendo um aumento na quantidade de casos que são apresentados destes três tipos de problemas de saúde.



Efeitos da a redução da camda de ozônio na saúde dos sêres humanos.

AQUECIMENTO GLOBAL DA ATMOSFERA

O ozônio estratosférico quando se decompõe pela luz solar, gera calor. O esgotamento do ozônio levará em termos gerais a um resfriamento estratosférico e poderá ocorrer uma mudança no padrão dos ventos influenciando no clima global e nos habitantes. O mesmo ozônio tem uma força radioativa, quer dizer que é um gás de efeito estufa, a diminuição nos níveis de ozônio resultarão por conseguinte na redução do aquecimento global da atmosfera, desbalanceando outros gases tais como os CFC.

A temperatura da terra se mantém graças ao equilíbrio que existe entre o aquecimento causado pela radiação solar que flui do espaço, e o esfriamento que se produz pela radiação infravermelha que emite na superfície quente da

terra e da atmosfera, que escapa novamente para o espaço. O sol é a única fonte externa de calor que possui a terra. Quando a radiação solar, em forma de luz visível, chega para a terra, uma parte é absorvida pela atmosfera que refletiu pelas nuvens para a terra (especialmente para os desertos e as neves). O resto é absorvido pela superfície que esquenta e que em troca aquece a atmosfera. A superfície e a atmosfera aquecem emitem radiação infravermelha invisível.

Embora a atmosfera é relativamente transparente à radiação solar, a radiação infravermelha é absorvida na atmosfera por vários gases menos abundantes. Eles estão presentes em quantidades pequenas, estes gases agem como uma manta, prevenindo a radiação infravermelha, escapa diretamente ao espaço. Ao reduzir a velocidade de liberação da radiação refrescante, estes gases aquecem a superfície da terra.

Em uma estufa, o vidro permite que a luz do sol entre, mas impede que uma parte da radiação infravermelha escape. Os gases na atmosfera da terra que exercem um efeito semelhante se chamam "gases de efeito estufa". Estes são: nitrogênio e oxigênio (o grosso da atmosfera), mas gases que estão em quantidades pequenas, inclusive vapor de água, dióxido de carbono e ozônio por exemplo. O vapor de água é o gás de efeito estufa natural consideravelmente mais importante na atmosfera. Dos gases conhecidos pelo homem, os mais importantes são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (NO_2), e os halogenados de hidrocarboneto do qual o chlorfluorocarbonos são os mais críticos. O ozônio (O_3), apresenta-se principalmente na atmosfera inferior e de qual concentração é afetada pelas atividades do homem, também é um gás de efeito estufa importante. Com exceção do CFC, também se formam naturalmente.

O vapor de água está intimamente relacionado com o problema do efeito estufa, porque sua concentração é ligada a outros gases por um mecanismo de retroalimentação. O aquecimento produzido por outros gases de efeito estufa aumenta a evaporação e permite que a atmosfera mantenha uma quantidade maior de vapor de água, por conseguinte aquecendo-se.

Gases diferentes absorvem e pegam quantidades diferentes de radiação infravermelha. Eles também permanecem na atmosfera por períodos diferentes de tempo e influenciam na química atmosférica (especialmente o ozônio) de modos diferentes. Por exemplo, uma molécula de CFC-12 produz o mesmo efeito aproximadamente na radiação de 16.000 moléculas de CO_2 , uma molécula de metano produz um efeito aproximadamente 21 vezes que o CO_2 , mas sua duração é muito mais curta.

O Potencial de Aquecimento Global da atmosfera (GWP) é um índice que compara o efeito do aquecimento que produzem gases diferentes ao longo do tempo, em relação a quantidades semelhantes de CO₂ (em peso).

Contribuição Direta dos CFC

Como a duração dos gases são diferentes a do CO₂, poderíamos calcular os diferentes GWP, como a duração dos gases dependem da longitude do horizonte temporário considerado. A duração do CO₂ se encontra na ordem de 200 anos na atmosfera. Comparando com um gás de duração muito curta como o CO₂ ao longo de um período de tempo curto, enfatiza o potencial de aquecimento deste gás e subestima o potencial de aquecimento do CO₂. Tomando um horizonte temporal de 500 anos o efeito do CO₂ é subestimado a influência do gás de baixa duração durante os primeiros 20-50 anos. Por isto, a pessoa pode achar na literatura diferente GWP, enquanto dependendo do horizonte temporário considerado.

GWP	CO₂	CH₄	CFC-11	CFC-12	HFC-22	HFC-134a
20 anos	1	63	4 500	7 100	4 100	3 200
100 anos	1	21	3 500	7 300	1 500	1 200
500 anos	1	9	1 500	4 500	510	420

Diferenciais nos GWP para diferentes horizontes de tempo

(GWP = Potencial de aquecimento global)

Normalmente se toma um horizonte temporal de 100 anos. A substituição de CFC-12 com HFC-134 reduziria em 6 vezes o aquecimento global, se o gás fosse liberado. O uso do GWP dos gases, junto com as concentrações que se esperam no futuro, terão como resultado mudanças climáticas ao longo do próximo século, período que recebe cada vez mais atenção por parte de cientistas e dos formadores de políticas no mundo inteiro.

A contribuição direta já está diminuindo graças à limitação nas emissões e a redução de fugas nos sistemas de refrigeração e a recuperação do CFC.

Como interage o CFC com o ozônio para causar uma mudança atmosférica?

O ozônio protege a superfície da terra da radiação ultravioleta (UV) absorvendo quantidades grandes destes raios nocivos (ver diagrama 1). Igual pode ver no diagrama 2, quando o ozônio entra em contato com um átomo de cloro livre,

experimenta mudanças que fazem perder suas propriedades protetoras de filtro de radiação UV.

Vejamos agora um CFC . Por exemplo, o CFC - 11 está composto por um átomo de carbono (C), um átomo de flúor (F) e três átomos de cloro (Cl). Estes átomos estão todos juntos para formar CFCl_3 que é a molécula de CFC - 11.

O CFC - 11 é uma substância química usada como refrigerante líquido em refrigeradores e em sistemas comerciais de ar condicionado, como propulsor nos aerossóis e como agente espumoso. Ao nível do mar é um gás quase perfeito; não é tóxico, não é inflamável e não é corrosivo. Devido a estas propriedades benéficas para a sociedade é muito usado no mundo. O CFC – 11 é liberado ao ar, por exemplo durante a produção de espumas ou quando nós usarmos um aerosol, esta combinação ascende eventualmente e chega à parte superior da atmosfera que chamamos de estratosfera. Este movimento ascendente pode levar até cinco anos ou mais.

Quando o CFC – 11 finalmente se põe em contato com os raios ultravioleta do sol na estratosfera, o enlace que mantém unida a molécula de CFC se rompe. Durante este processo, se libera um átomo de cloro que pode logo interagir com o ozônio. Quando o cloro entra em contato com o ozônio se podem produzir várias reações químicas.

O resultado final destas reações é que o ozônio é substituído com duas moléculas novas, oxigênio (O_2) e o átomo de cloro não é afetado, nenhum deles tem as propriedades protetoras contra a radiação UV que possui o ozônio. Como o átomo de cloro deixa as reações sem sofrer qualquer mudança, os cientistas acreditam que um átomo de cloro só pode reagir com uma quantidade de até 100.000 moléculas de ozônio antes de extinguir. Os cientistas também predizem que o CFC pode sobreviver na estratosfera aproximadamente 70 a 100 anos.

Diante dessas informações, é fácil de ver a razão dos fabricantes passar com urgência a todas as nações novas informações científicas com seriedade e apressar a implementação dos acordos relacionados com a proteção do ozônio, como o Protocolo de Montreal, e agir para considerar limitações globais adicionais às emissões de CFC imediatamente.

Diagram 1:

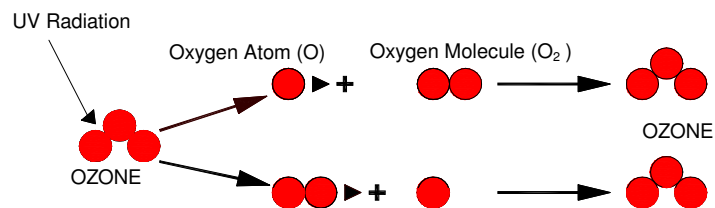
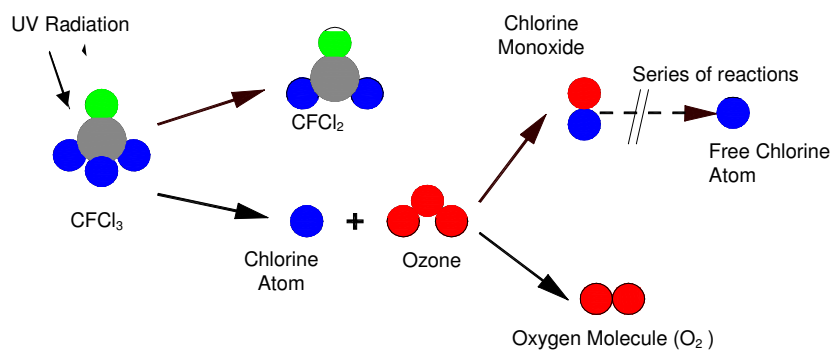


Diagram 2:



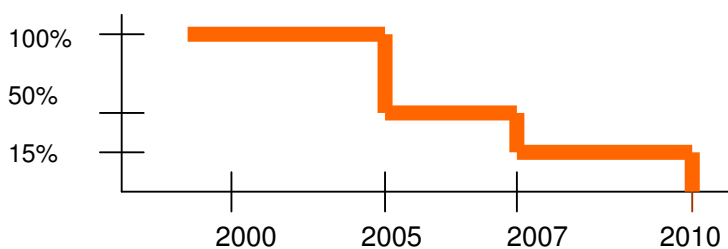
Reações química correspondente ao esgotamento de ozônio

PROTOCOLO DE MONTREAL

A Convenção previu alterações futuras e especificou os procedimentos para efetuar emendas e fixar controvérsias. Em setembro de 1987, chegou-se a um acordo nas medidas específicas e o Protocolo de Montreal foi assinado, relativo às substâncias que agredem a camada de ozônio. De acordo com o Protocolo, o primeiro passo concreto efetivado para proteger a camada de ozônio, foi uma redução de 50% na produção e no consumo de CFC específico durante o ano 1999.

Ainda quando as nações adotaram o Protocolo em 1987, as novas investigações científicas indicavam que o controle disposto no Protocolo era inadequado para restabelecer a camada de ozônio. Também, os países em desenvolvimento expressaram inquietude em relação a indefinição da forma como seria feita a transferência de tecnologia como também em relação à ajuda financeira.

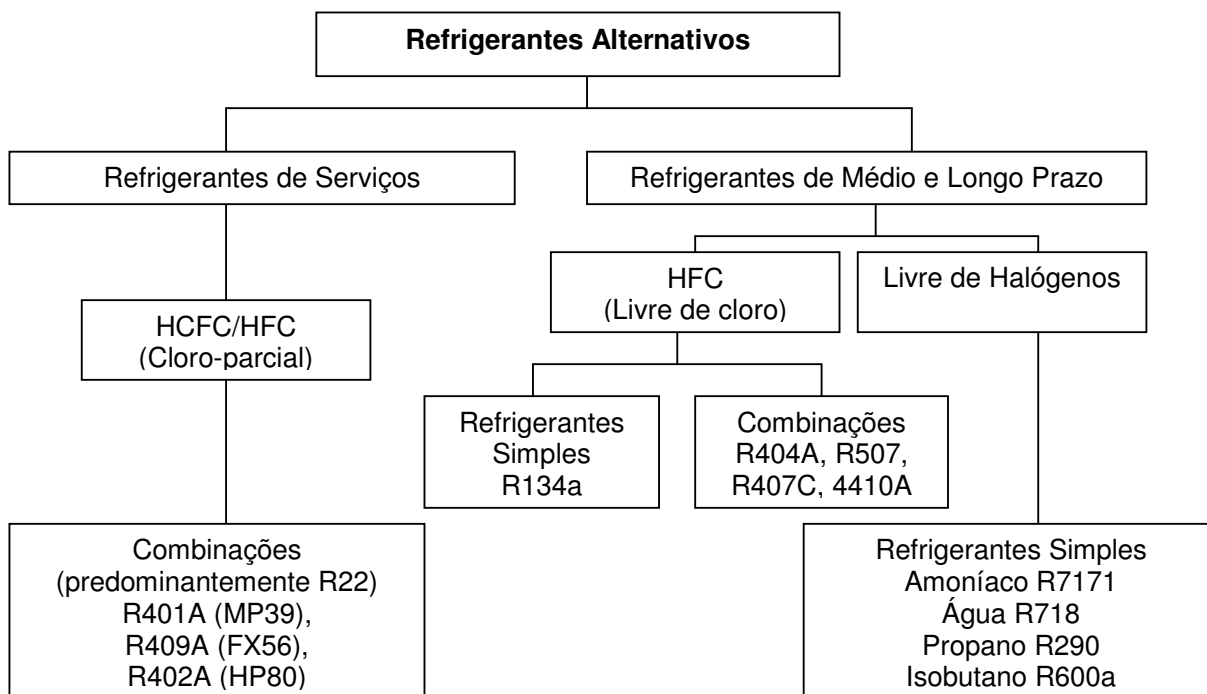
Como resultado da Segunda Reunião que foi realizada em Londres (1990), foram feitas correções ao cronograma de Montreal. Assim os cinco CFCs (CFC-11, -12, -113, -114 e -115) seriam eliminados durante o ano 2000.



Cronogramas de eliminação dos CFC de acordo com o Protocolo de Montreal

Em Londres, foram editadas providências especiais no Protocolo relacionadas com a transferência de tecnologia aos países em desenvolvimento e com a criação de um Fundo Multilateral (assumir a responsabilidade pelos custos necessários para a implementação do Protocolo).

NOVOS REFRIGERANTES



REFRIGERANTES ALTERNATIVOS

Refrigerantes Previstos	Classificação ASHRAE	Nome Comercial	Composição
R12	R401A	MP39 DuPont	R22/152a/124
	R409A	FX56 Atochem	R22/124/142b
	R413A	Isceon 49 Rhone Poulenc	R134a/218/600a
R502	R402A	HP80 DuPont	R22/125/290
	R403B	Isceon 69L Rhone Poulenc	R22/218/290
	R408A	FX10 Atochem	R22/143a/125

ALTERNATIVAS A MÉDIO E LONGO PRAZO

Refrigerantes Previstos	Classificação ASHRAE	Nome Comercial	Composição	Comentário
R12	R134a	R134a	-	Comercial
	R600a	Butano	-	Aplicação dos Refrigerantes
	R717	Amoníaco	-	Aplicação Industrial
	R290	Propano	-	Aplicação Comercial
R22	R407C	vários	R32/125/134a	A/C
	R410A	SUVA 9100 DuPont	R32/125	A/C
	R404A	HP62 DuPont	R143a/125/134a	Aplicação Comercial
	R507	AZ50 Allied Signal	R143a/125	-
	R717	Amoníaco	-	Aplicação Industrial
	R290	Propano	-	Aplicação Comercial
R502	R404A	HP62 DuPont	R143a/125/134a	Aplicação Comercial
	R507	AZ50 Allied Signal	R143a/125	Aplicação Comercial
	R717	Amoníaco	-	Aplicação Industrial

NOVOS LUBRIFICANTES

	Traditional oils				New lubricants			
	Mineral oil (MO)	Alkyl benzene (AB)	Mineral oil + alkyl benzene	Poly-alpha-olefin (PAO)	Polyol ester (POE)	Polyvinyl ether (PVE)	Poly-glycol (PAG)	Hydro treated mineral oil
(H)CFC					△ VG			
Service blends					△ VG			
HFC + blends						Ⓣ	△	
Hydrocarbons	VG	VG	VG	VG	VG		△	
NH ₃							△	

Good suitability
 Application with limitations
 Not suitable

Especially critical with moisture
 VG Possible correction of basic viscosity
 Ⓣ Extended test program

English	Português
Traditional oils	Óleos tradicionais
Mineral oil (MO)	Óleo mineral (MO)
Alkyl benzene (AB)	Benzeno de Alkyl (AB)
Mineral oil + alkyl benzene	Óleo mineral + benzeno de alkyl
Poly-alpha-olefin (PAO)	Poly-alfa-olefin (PAO)
New lubricants	Lubrificantes novos
Polyol ester (POE)	Ester de Polyol (POE)
Polyvinyl ether (PVE)	Éter de Polyvinyl (PVE)
Poly-glycol (PAG)	Poly-glycol (PAG)
Hydro treated mineral oil	óleo mineral Hidro tratado
(H)CFC	(H)CFC
Service blends	Misturas de serviço
HFC + blends	HFC + misturas
Hydrocarbons	Hidrocarboneto
NH ₃	NH3
Good suitability	Boa Conveniência
Application with limitations	Aplicação com limitações
Not suitable	Não satisfatório
Especially critical with moisture	Especialmente crítico com umidade
Possible correction of basic viscosity	Possível correção de viscosidade básica
Extended test program	Programa de teste extenso

PROTOCOLO DE MEDIÇÃO

Refrigerante

Grandeza	Simbologia	Unidade
Carga	$m =$	Kg
Temperatura ambiente	$t_{amb} =$	°C
Pressão de evaporação	$p_o =$	bar
Temperatura de evaporação	$t_o =$	°C
Pressão de condensação	$P_C =$	bar
Temperatura de condensação	$t_c =$	°C
Temperatura de saída do evaporador	$t_{oh} =$	°C
Superaquecimento (diferença de temperatura entre t_{oh} y t_o)	$\Delta T =$	K
Temperatura de entrada do compressor	$t_1 =$	°C
Temperatura de saída do compressor	$t_2 =$	°C
Temperatura de entrada da válvula de expansão	$t_3 =$	°C
Voltagem	$U =$	V
Corrente	$I =$	A

DETECÇÃO DE FUGAS

Quando se suspeita que um sistema tem um ponto de fuga, deve-se revisar o sistema completamente, e as fugas detectadas devem ser identificadas para corrigi-las. Nunca deve supor que o sistema apresenta um único ponto de fuga.

As tradicionais “lâmparinas detectoras de vazamento” não devem ser usadas com os HFCs tais como o R-134a, porque estas necessitam da presença de cloro para produzir uma chama colorida (verde). A detecção pode ser feita eletronicamente. Muitos sensores são utilizados no método de detecção de gases tais como: “Diodo Quente” (Heated diode) ou de “Descarga de coroa” (Corona Discharge). Estes sensores são calibrados para medir o conteúdo de cloro. Com a introdução dos HFC à base de flúor, o conteúdo de cloro tem sido eliminado completamente. Para igualar 1 parte de cloro precisamos aproximadamente de 120 partes de flúor. Portanto é necessário uma amplificação considerável para produzir um sinal de alarme seguro.

Muitos dos detectores de fugas fabricados hoje em dia não contam com a sensibilidade suficiente para detectar fugas de HFC. Por outro lado existem outros detectores eletrônicos de fugas especiais que podemos utilizar.

Fugas de refrigerante

O refrigerante em um sistema de refrigeração não se esgota nunca. Se é constatado que um sistema tem uma baixa quantidade de refrigerante, devemos revisar todo o sistema para detectar a existência de fugas, e logo em seguida reparar e recarregar. São vários os problemas que podem apresentar um sistema de ar condicionado e que mostram os mesmos sintomas que uma fuga de refrigerante. Por exemplo: o ventilador, o compressor e vários controles podem estar funcionando mas o sistema não esfria. Determine sempre as possíveis causas antes de aplicar a carga de refrigerante. Uma carga baixa de refrigerante indica uma probabilidade de fuga no sistema. Colocar refrigerante sem primeiro localizar e reparar a fuga é uma solução temporária, custosa (e que os preços continuam subindo), e ambientalmente desacertada. A colocação de refrigerante não vai corrigir o problema de maneira permanente.

A presença de óleo ao redor de uma conexão geralmente indica a existência de fuga, mas não deve ser este o fator determinante. Verifique sempre a presença de fugas utilizando um detector.

As Causas das Fugas de Refrigeração

Todas as fugas de refrigerante são provocadas por uma falha no material. O mecanismo que causa a falha do material se atribui normalmente a um dos seguintes fatores:

Vibração – A vibração é um fator importante na falha de materiais e é responsável pelo “endurecimento” do cobre, dos vazamentos nas conexões, das folgas nas abraçadeiras

Mudança de pressão – Para funcionar, os sistemas de refrigeração dependem da mudança de pressão. O processo de mudança de pressão provoca diferentes efeitos nos diversos componentes do sistema, o que ocasiona fadiga nos materiais, expansão e contração diferenciadas.

Troca de temperatura – Os sistemas de refrigeração estão compostos frequentemente por diferentes materiais de diversas espessuras. As mudanças rápidas de temperatura ocasionam fadiga nos materiais (expansão e contração diferenciadas).

Desgaste produzido pela fricção – Há muitos casos de desgaste por fricção que provocam falhas nos materiais, e eles variam desde arranjos inadequados nos tubos até nas junções por solda.

Seleção incorreta de material – Em muitos casos os materiais selecionados são inadequados, por exemplo, se escolhem certos tipos de mangueiras flexíveis que têm um índice de fugas conhecido ou o uso de materiais que sabem que falham quando são submetidos a constante vibração, aumentos repentinos de pressão e mudanças de temperatura.

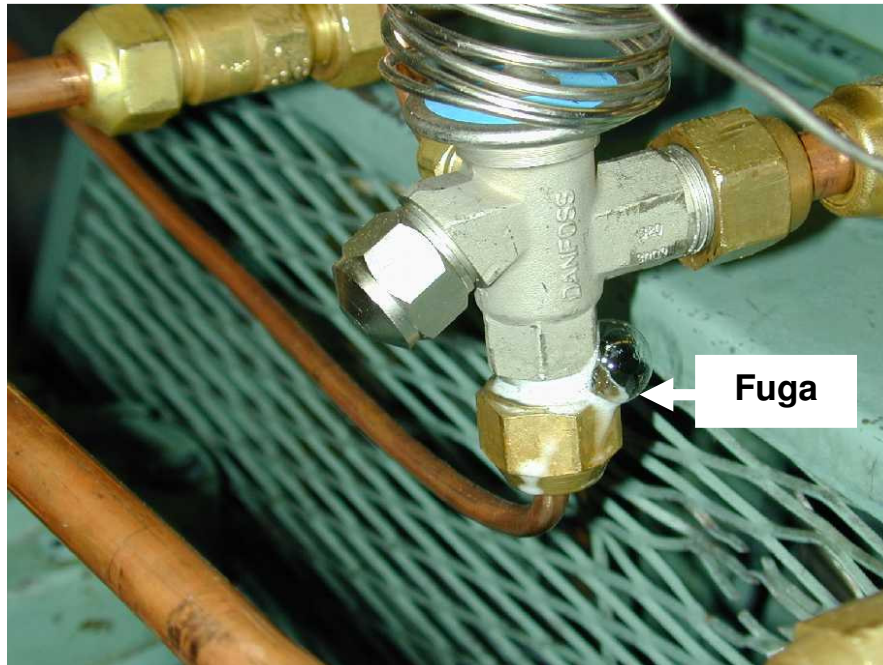
Controle de qualidade deficiente – A menos que os materiais empregados nos sistemas de refrigeração sejam de alta qualidade e resistentes, a mudança de pressão e temperatura, e vibração não causarão falhas.

Danos acidentais – Isto ocorre em raras ocasiões, devemos ter cuidado de dotar os sistemas pressurizados com dispositivos de proteção, para que não sofram danos acidentais.

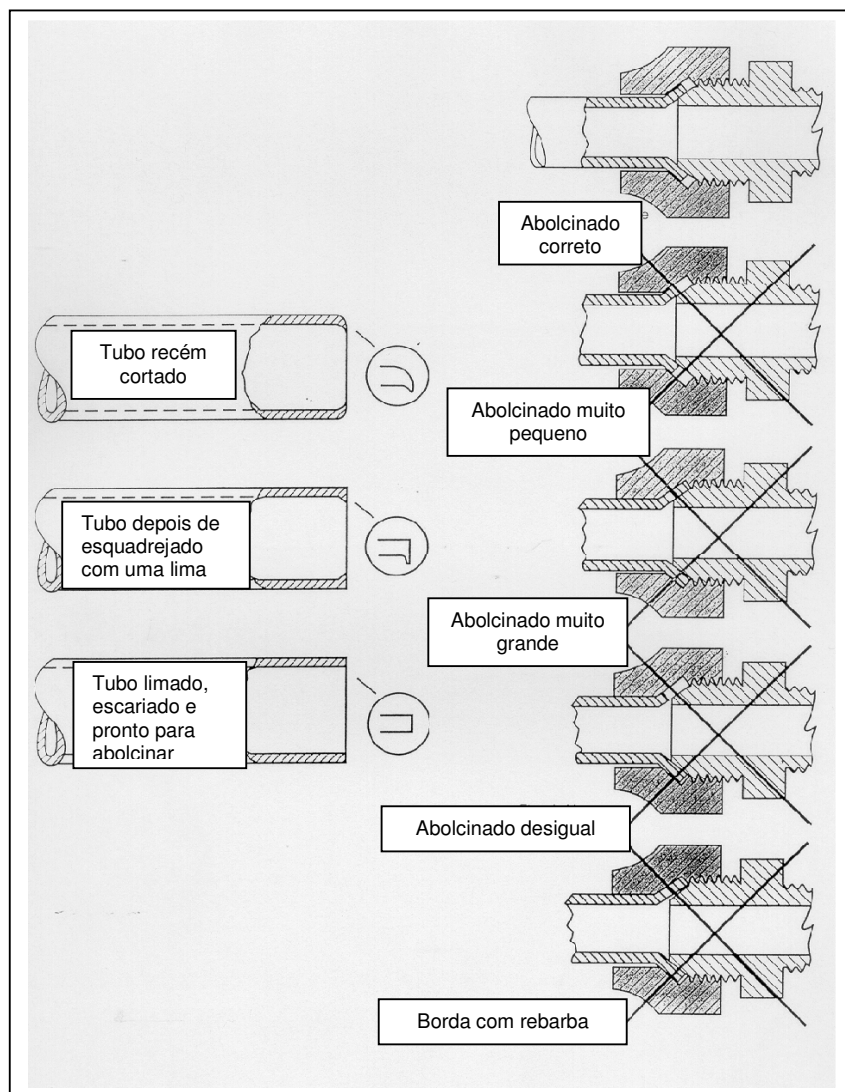
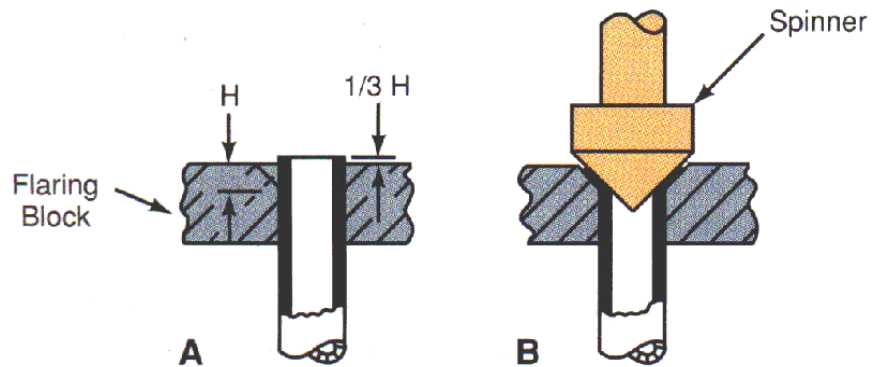
As principais causas das fugas de refrigerantes mais comuns são:

- Vibração
- Mudança de temperatura
- Mudança de pressão

Como todas estas características encontram-se presentes nos sistemas de refrigeração, sempre está presente a possibilidade de fugas de refrigerante devido a falhas no material. A fonte mais provável de fuga encontra nas junções mecânicas.



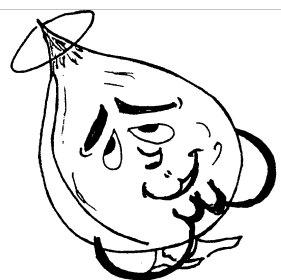
FLANGEAMENTO ADEQUADO



Umidade e Ácido

A umidade é responsável por uma série de problemas na operação dos sistemas de compressão de vapor, e é importante compreender o princípio básico destes problemas. Basicamente, a humidade pode ser visível ou invisível. A umidade “visível” é uma alta concentração de água que pode ser verificada a olho nú(água). Ocasionalmente encontra-se na forma líquida, porém isto não é usual.

A umidade “invisível” é uma baixa concentração de água e não pode ser vista a olho nú(vapor). Esta forma de humidade encontra-se em todos os sólidos, em todos os líquidos e em todos os gases. O conteúdo contido no ar se expressa em termos de umidade relativa. Esta é geralmente a fonte de problemas nos sistemas de refrigeração.



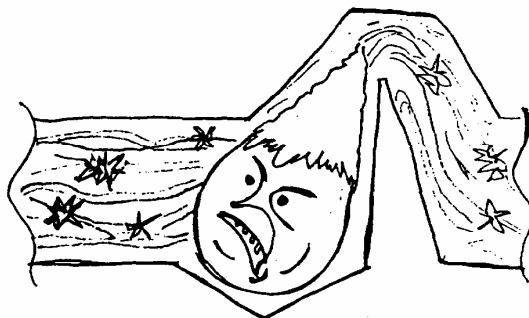
Uma inocente gota de água.

Uma gota de água pode parecer inofensiva, mas para um sistema de refrigeração é um monstro, o inimigo número um, que os especialistas devem combater na manutenção dos sistemas de refrigeração. O que faz de uma gota de água um grande inimigo é o fato de que a umidade pode entrar em um sistema com muita facilidade, provocar sérios problemas e é difícil de ser retirada.

O Que pode fazer a umidade a um sistema ?

1. A umidade dentro de um sistema de refrigeração pode formar gelo e impedir a passagem do fluxo de refrigerante. A umidade geralmente se mistura com o fluxo de refrigerante e pode causar problemas no dispositivo de expansão causando a restrição parcial ou até mesmo o bloqueio do fluxo por completo.
2. A umidade no sistema provoca um fluxo de refrigerante intermitente no evaporador causando baixo rendimento .

3. A umidade no sistema de refrigeração pode provocar vários problemas (reação química com o refrigerante, e degradação do óleo lubrificante)



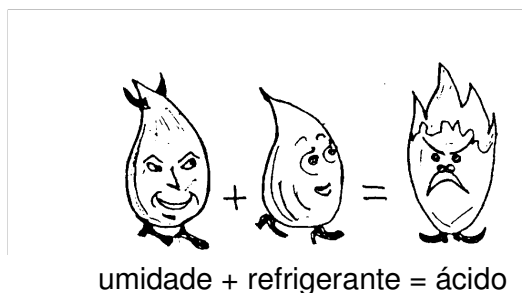
de umidade a cristais de gelo.

Corrosão

A umidade também pode induzir corrosão que pode causar sérios problemas, porque freqüentemente os efeitos da corrosão nos sistemas de refrigeração não são identificados até que um dano mais sério aconteça. Por exemplo, umidade na forma de água só pode causar ferrugem depois de um período de tempo.



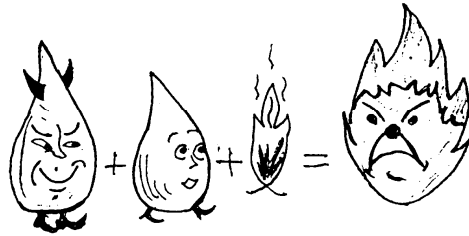
umidade à corrosão.



De Umidade a Ácido

O calor aumenta o índice de corrosão, porque acelera o processo de formação de ácidos em função das altas temperaturas. Este ácido, certamente, ataca todos os materiais com que entra em contato. O índice de corrosão pode ser determinado, tendo como base a resistência à corrosão do material em particular. O aço geralmente sofre corrosão a baixos níveis de umidade que o cobre e o bronze. O lubrificante que é usado nos sistemas de refrigeração pode apresentar outros problemas, causados pela umidade.

O calor aumenta a quantidade de ácido



umidade + refrigerante + calor = Maior quantidade de ácido.

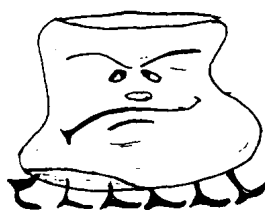


Aço - cobre - bronze.

4. Refrigerante e lubrificante podem apresenta outros problemas causados por umidade. O Polyol ester, lubrificante usado com o refrigerante R134a é altamente higroscópico, portanto não deve permanecer em contato com o ar. Lubrificantes de origem mineral não se misturam com água na mesma proporção que os lubrificante polyol-ester.
5. Água transformada em ácido forma uma mistura de ácido, óleo e refrigerante, reduzindo consideravelmente as propriedades lubrificantes do óleo.

A corrosão pode gera séria consequências nos sistemas de refrigeração. Como consequência deste processo podem surgir substâncias estranhas ao sistema. Estas substâncias podem apresentar-se como líquido pegajoso, um pó fino, sólidos granulares ou sólidos pegajosos que causam vários problemas.

Pode atacar os filtros, as válvulas de expanssão e os tubos capilares. E como geralmente contém ácidos, promove a corrosão.



De umidade a substâncias nocivas

Para eliminar a umidade é necessário tomar precauções e efetuar ações que assegurem um sistema livre de umidade. A maneira mais eficaz de eliminar a umidade de um sistema é mediante o uso de uma bomba de alto vácuo, e o ponto chave é o nível de vácuo. Para acabar com a umidade, o nível de evacuação recomendado é de 1 milibar absoluto(100pa). Este nível de vácuo deve ser mantido durante 30 minutos no mínimo.

Sintomas que indicam a presença de umidade no sistema

- A umidade no sistema de refrigeração afeta o óleo e pode causar mal funcionamento do compressor hermético e uma possível queima. As principais fontes de umidade que entram no sistema são:
- Quando existe uma fuga para o ambiente;
- Durante os serviços de manutenção do sistema.

A umidade forma gelo no dispositivo de expansão. O gelo fecha o dispositivo, bloqueando o fluxo até o evaporador. Este problema vai se repetir várias vezes.

1. O sistema descongelará completamente, o calor gerado derrete o gelo. Então, como o gelo que causou o bloqueio desapareceu, a unidade volta a trabalhar corretamente. Mas só durante algum tempo até formar gelo novamente no dispositivo de expansão do refrigerante.
2. Outro sintoma é a pressão de sucção no manômetro de baixa, que pós várias horas de funcionamento cai rapidamente entrando em vácuo. Após um certo período volta a normalidade, indicando a pressão de operação. Este ciclo anormal continuará se repetindo.

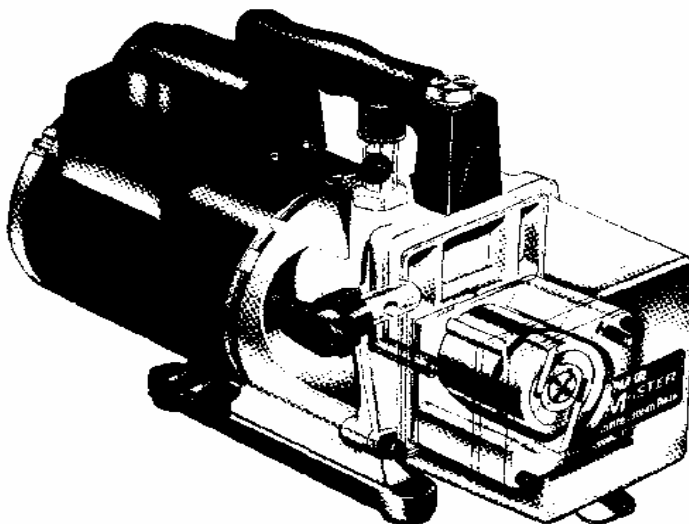
Evacuação

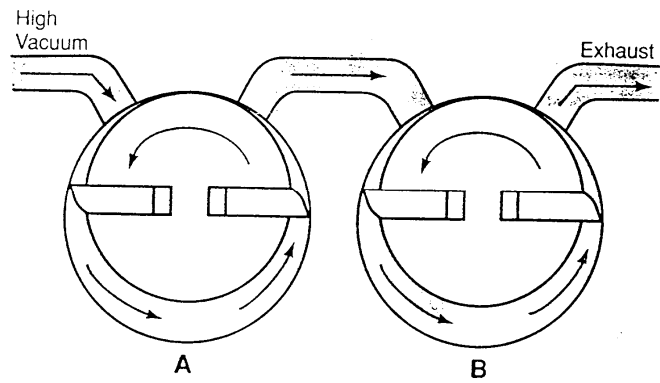
Um sistema de refrigeração deve conter somente o refrigerante, em estado líquido ou vapor, e óleo seco. Todos os outros vapores, gases, e fluídos devem ser extraídos. Estas substâncias podem ser extraídas quando utilizamos uma bomba de vácuo de boa qualidade, e permitindo que a bomba funcione continuamente por um determinado tempo até formar um grande vácuo no sistema. Há vários tipos de bombas de vácuo, dependendo da aplicação.

As unidades residenciais utilizam bombas menores que as empregadas em sistemas comerciais.

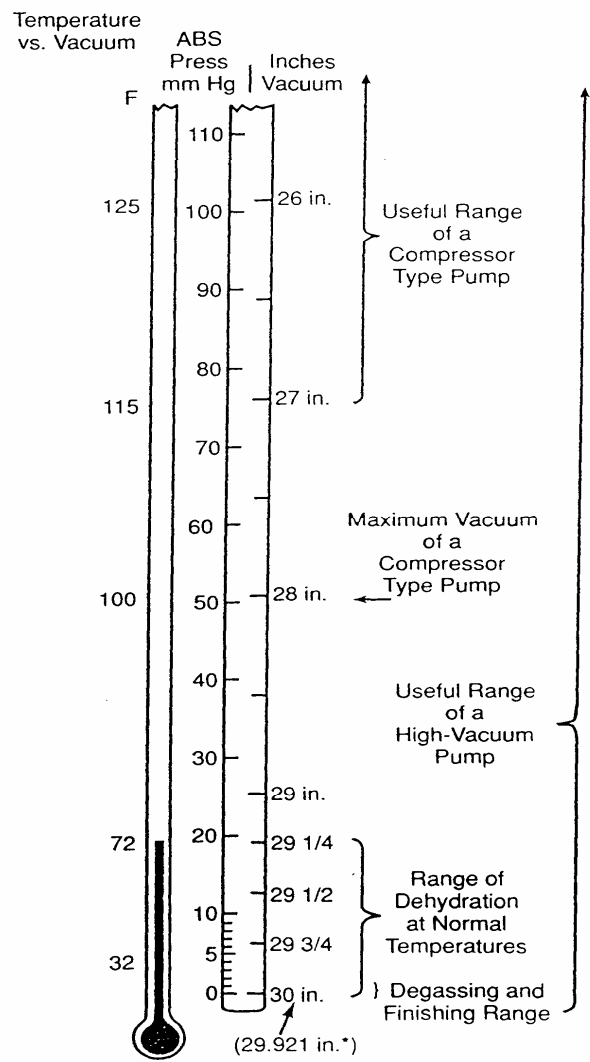
As vezes é necessário aquecer os componentes até uma temperatura de 49 °C (120 °F) enquanto efetuamos o vácuo, até retirar toda umidade. Os componentes devem ser aquecidos utilizando ar quente, lâmpadas de calor ou estufas. Nunca utilize uma chama (fogo).

Observe a figura de uma Bomba de vácuo portátil. Note que as palhetas giratórias externas são usadas para a compressão. A unidade pode produzir um vácuo de 20 microns, e é usado nos sistemas de climatização e refrigeração que operam com refrigerante CFC, HCFC, e HFC, juntamente com óleo Mineral, óleo Polyol Ester, óleo PAG como lubrificante. (Robinair Divisão, SPX Corporation).



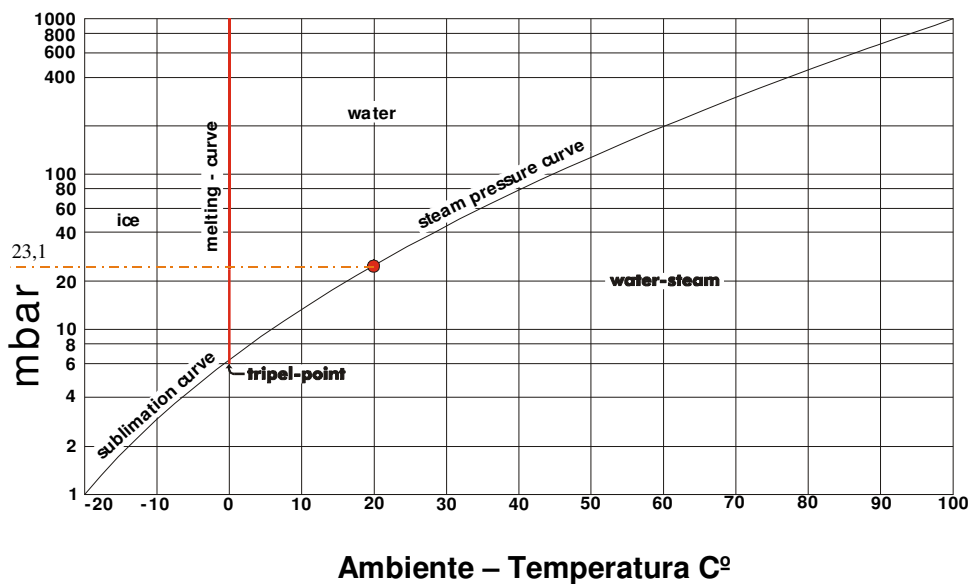


English	Português
High Vacuum	Alto vácuo
Exhaust	Escape



English	Português
Temperature vs. Vacuum	Temperatura vs. Vácuo
ABS press mm Hg	Pressão absoluta em mm Hg
Inches vacuum	Polegadas de vácuo
Useful range of a compressor type pump	Gama útil de uma bomba tipo compressor
Useful range of a High-vacuum pump	Gama útil de uma bomba de alto vácuo
Range of dehydration at Normal Temperatures	Gama de desidratação a temp. normal.
Degassing and finishing range	Gama de degasado e terminação
26 in.	26 polegadas
27 in.	27 polegadas
28 in.	28 polegadas
29 in.	29 polegadas
29 1/4	29 1/4
29 1/2	29 1/2
29 3/4	29 3/4
30 in.	30 polegadas
29.921 in.*	29,921 polegadas *

Diagrama de Pressão e Temperatura da Água



Portanto, quando efetuamos vácuo devemos fazê-lo a uma pressão de pelo menos 10 mbar. Porém, um compressor de refrigeração faz um vácuo com pressão de 200 mbar, quando muito:

- as bombas de vácuo modernas alcançam um vácuo de 0,3 mbar.
- as bombas modernas de duplo estágio alcançam um vácuo de 0,05 mbar.

Os refrigerantes novos requerem uma bomba de vácuo de duplo estágio.

Antes de fazer a evacuação do sistema, devemos pressurizar o sistema para assegurar que não há fugas.

Se for possível, use nitrogênio para pressurizar o sistema e uma solução de água e sabão nos pontos de verificação, para identificar as fugas.

OBS.: Todas as pessoas que trabalham na área de refrigeração têm a obrigação de evitar as emissões de CFC para proteger o ambiente.

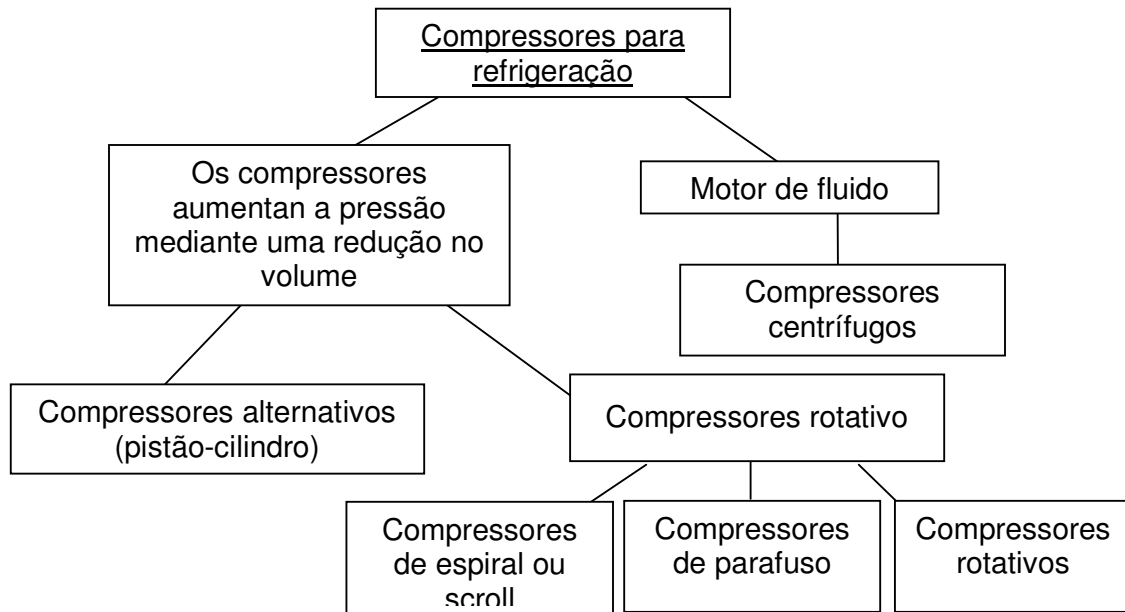
Todos os possíveis esforços devem ser feitos neste sentido.

COMPRESSORES

O compressor aumenta a pressão desde a pressão de evaporação até a pressão de condensação.

Princípio de classificação

A classificação mais comum dos compressores que se empregam na indústria de refrigeração mostramos no esquema a baixo:



Classificação dos Compressores Alternativos

Os compressores alternativos geralmente pertencem a um dos seguintes grupos:

- Compressor de tipo aberto
- Compressor semi-hermético
- Compressor hermético

Os compressores de tipo aberto sempre têm um selo no eixo, de maneira que a peça mecânica é separada do motor. O motor não tem contato com o refrigerante. Os compressores do tipo aberto podem ser impulsionados mediante uma correia, podem ter um acoplamento direto, ou um único eixo.

O compressor semi-hermético encontra-se diretamente acoplado a um motor elétrico em uma carcaça que permite efetuar reparos na parte elétrica ou mecânica.

O compressor hermético encontra-se diretamente acoplado a um motor elétrico dentro de uma carcaça hermeticamente fechada.

Evite a Fuga de Refrigerantes

Prevenção da emissão desnecessária de refrigerantes

Todas as pessoas que atuam na indústria da refrigeração têm a obrigação de evitar a emissão de CFC para proteger o ambiente. Todos os possíveis esforços devem ser feitos para prevenir as emissões do CFC dos sistemas de refrigeração que ainda operam com estes refrigerantes. A redução a curto prazo da contaminação da atmosfera pelo CFC será viabilizada mediante a redução das perdas dos refrigerantes contidos nos sistemas existentes.

As principais causas da contaminação da atmosfera e pelos gases CFC são as perdas do refrigerante, que podemos dividir em 3 categorias:

- 1 - Fugas intrínsecas
- 2 - Fugas acidentais
- 3 - Emissões devido o emprego de más práticas.

Os engenheiros consenciosos já deveriam aplicar muitos dos métodos que existem para prevenir a liberação de refrigerante CFC. Outros métodos podem requerer uma mudança nas práticas comuns.

- O hábito de soprar os condensadores e sistemas em geral com refrigerante devem parar imediatamente. Nunca foi um hábito bom.
- Quando uma fuga é descoberta em um sistema, o conserto deve ser feito antes de carregar o sistema com o gás refrigerante.
- Se houve fuga de toda a carga do refrigerante do sistema, devemos pressuriza-lo com nitrogênio identificar e corrigir o defeito, efetuar vácuo e carregar o sistema.
- Devemos revisar periodicamente os sistemas, afim de identificar falhas e possíveis fugas.
- Nunca suponha que um sistema possui apenas um único ponto de fuga.

Procedimentos mais adequado para trabalhar

1. O técnico deve sempre usar óculos de segurança e luvas de proteção quando ele estiver trabalhando com um sistema de refrigeração.
2. Assegure-se de que o local onde está trabalhando é ventilado, especialmente se há suspeita de fuga. Os vapores de refrigerante são perigosos para a saúde e eles podem causar a morte.
3. Pense antes de proceder. A confiança leva ao descuido e o descuido pode ser nocivo a sua saúde, ou pior pode causar a morte. É estritamente proibido fumar quando se trabalha com refrigerantes.
4. Leia as Planilhas de Dados sobre Segurança de Materiais (PDSM) de todos os compostos com os que provavelmente irão ter contato. Leia as Planilhas de Dados sobre Segurança de Materiais do refrigerante e do óleo para refrigeração. Obtenha o PDSM do seu fornecedor de refrigerante.
5. Nunca use oxigênio quando estiver tentando descobrir uma fuga. Qualquer óleo em contato com o oxigênio poderá formar uma mistura explosiva.
6. Os sistemas de refrigeração geralmente são impulsioneados e controlados por meio de energia elétrica. Assegure-se de que a unidade esta desconectada da fonte de energia antes de começar a trabalhar.

7. NÃO deixe de observar se os cilindros de refrigerantes estão armazenados em um lugar arejado e seco. Tenha cuidado ao transportar cilindros de refrigerantes em um automóvel (a temperatura ambiente pode ser muito alta).
8. Abra sempre lentamente as válvulas de serviço dos cilindros. Isto permite um controle rápido do fluxo de gases caso seja necessário. Quando dectar que não há risco, pode abrir as válvulas completamente.
9. Não misture os refrigerantes em um sistema, nem em um cilindro. Cada tipo de refrigerante deve ter seu próprio cilindro, filtro, etc.
10. Se deixar umidade no sistema, é muito provável que cause danos consideráveis!! Mantenha tudo que está relacionado com o sistema de refrigeração completamente seco e limpo.
11. Todas as máquinas eléctricas devem estar em local com uma ventilação mecânica que ofereça pelo menos quatro trocas de ar por hora. Os equipamentos devem estar localizados pelo menos a 45 cm do piso. Não utilize estes equipamentos próximos de recipientes de gasolina que se encontrem abertos, nem qualquer outro líquido inflamável.

Recuperação e Contenção de Gases Refrigerantes

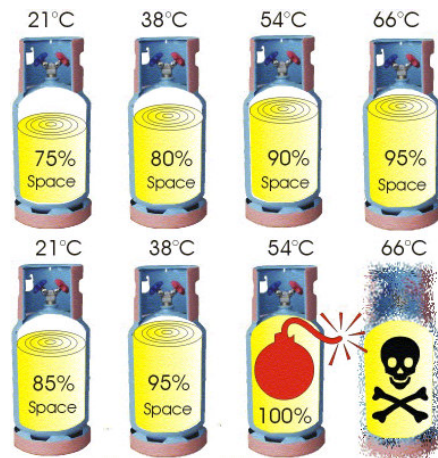
A primeira coisa é a segurança. Leia todas as informações referentes a segurança na manipulação de refrigerantes, inclusive a Planilha de Dados sobre Segurança de Materiais dos refrigerantes. Nunca trabalhe num local com risco de explosão, use sempre óculos de segurança e luvas de proteção. A área de trabalho deve estar sempre bem arejada.

Use somente cilindros aprovados. Não exceda a pressão de trabalho de qualquer cilindro. Os códigos de segurança recomendam que os tanques fechados não estejam carregados com líquido mais que 75% do volume = máx. 9,3 kg. Nunca transporte um cilindro que contém sobrecarga.

O refrigerante expande quando é aquecido e isto pode causar a explosão do cilindro se estiver sobrecarregado.

Temperatura do cilindro

Começando com um cilindro que esteve carregado até 75% da capacidade volumétrica.

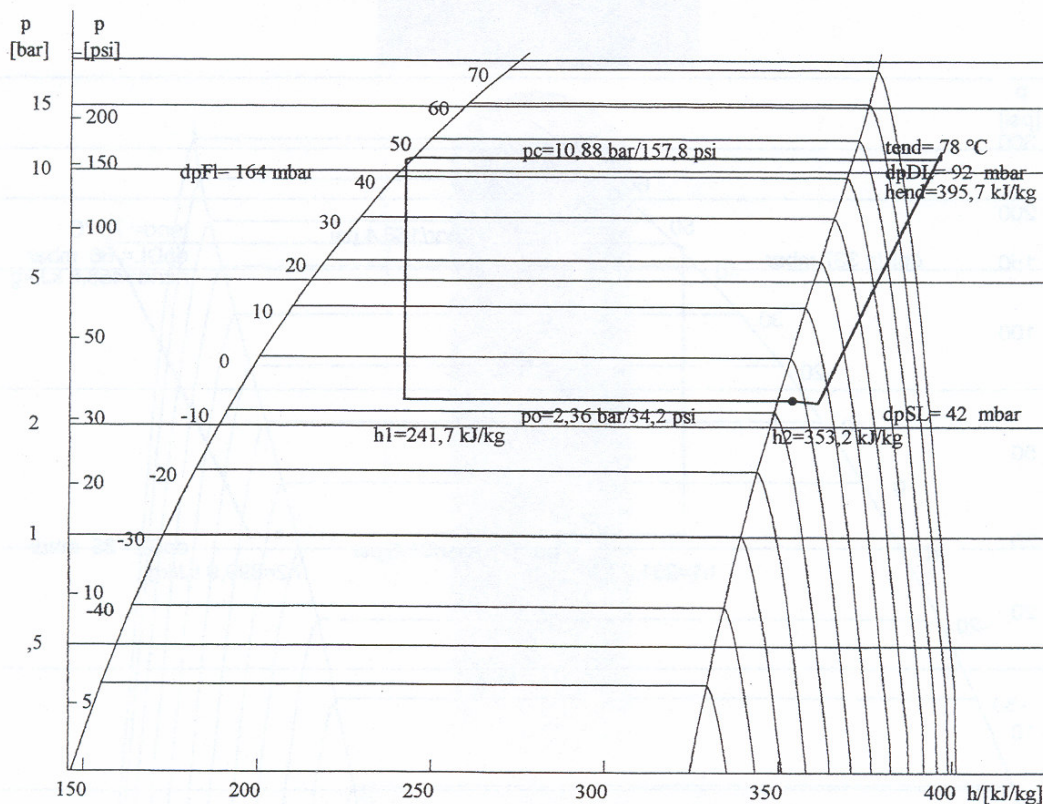


Temperatura do cilindro

Começando com um cilindro que esteve carregado até 85% da capacidade volumétrica.



DIAGRAMA DE PRESSÃO / ENTALPIA : Refrigerante R12



Temperatura Evaporacao $t_o = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura Condensacao $t_c = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Entalpia Evaporacao $h_o = 111.5\text{ kJ/kg}$

pressao Condensacao / pressao Evaporacao $p_c / p_o = 4.6$

Subresfriamento Tubo liquido $t_u = 2\text{ K}$

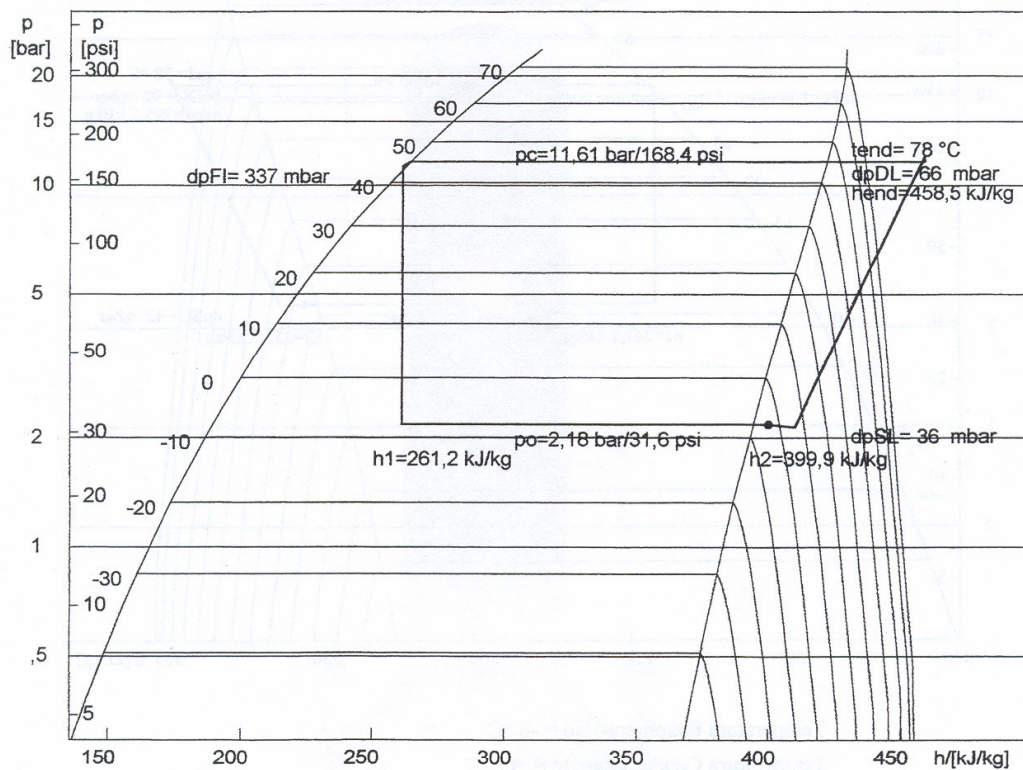
Superaquecimento Evaporador $t_{oh} = 7\text{ K}$

Temperatura Tubo succao $t_{SL} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$

Capacidade / Capacidade DIN $Q_o / Q_{DIN} = 92.7\%$

Conteudo de vapor Evaporador $x_d = .31$

DIAGRAMA DE PRESSÃO / ENTALPIA : Refrigerante R134a



Temperatura Evaporacao $t_o = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura Condensacao $t_c = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Entalpia Evaporacao $dho = 138.7\text{ kJ/kg}$

pressao Condensacao / pressao Evaporacao $p_c / p_o = 5.3$

Subresfriamento Tubo liquido $t_u = 2\text{ K}$

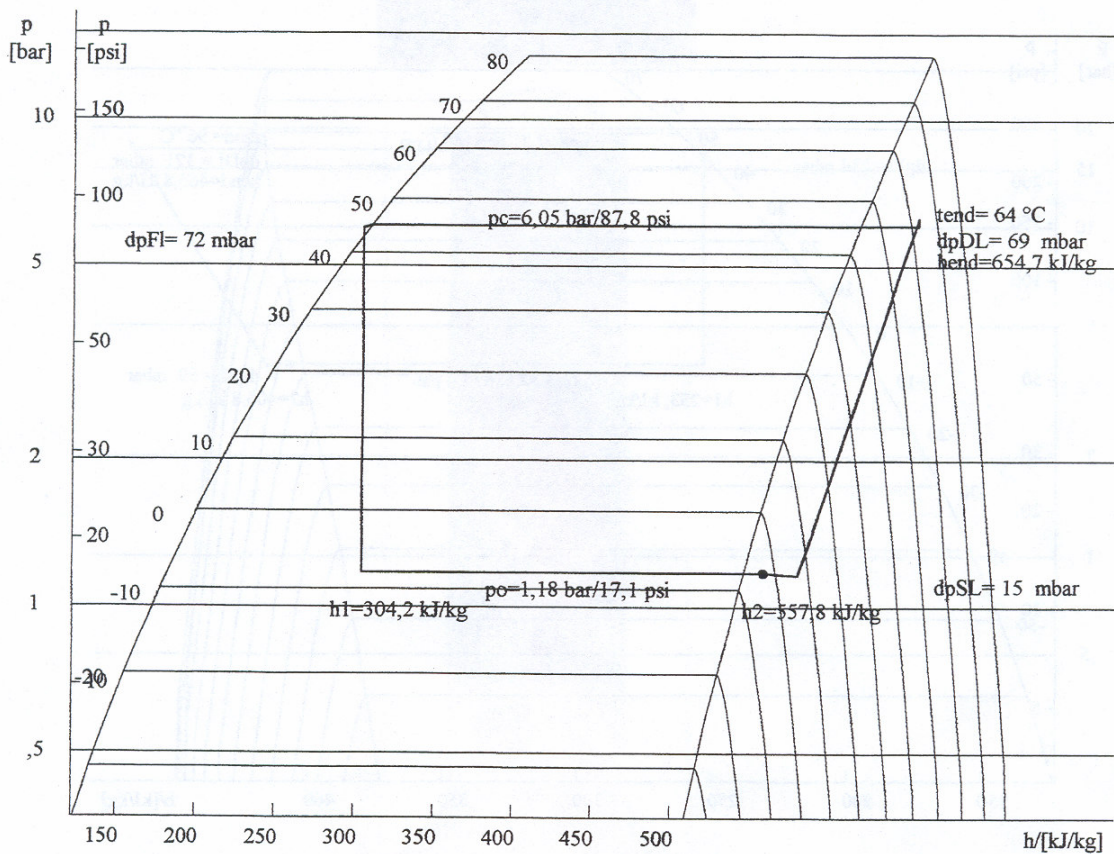
Superaquecimento Evaporador $t_{oh} = 7\text{ K}$

Temperatura Tubo succao $t_{SL} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$

Capacidade / Capacidade DIN $Q_o / Q_{DIN} = 91.9\text{ \%}$

Conteudo de vapor Evaporador $x_d = .35$

DIAGRAMA DE PRESSÃO / ENTALPIA : Refrigerante R600a



Temperatura Evaporacao $t_o = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura Condensacao $t_c = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Entalpia Evaporacao $h_o = 253.5\text{ kJ/kg}$

pressao Condensacao / pressao Evaporacao $p_c / p_o = 5.1$

Subresfriamento Tubo liquido $t_u = 2\text{ K}$

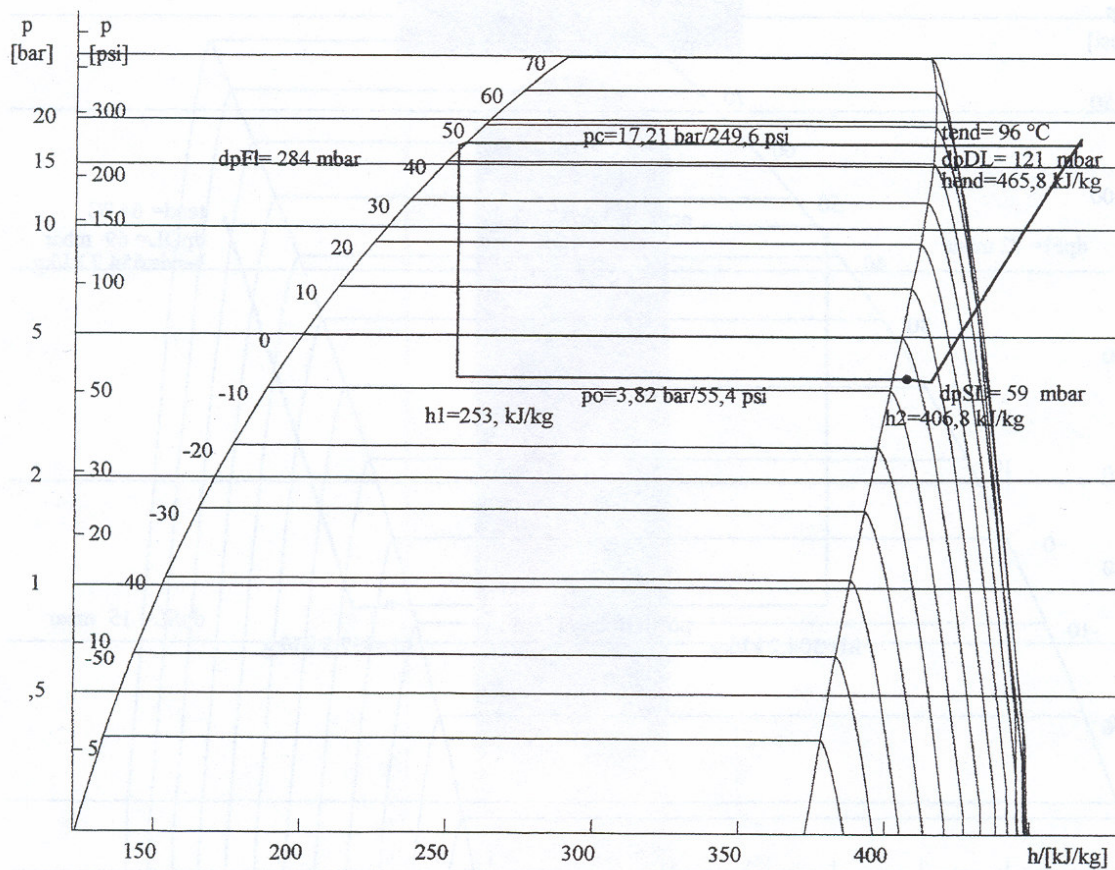
Superaquecimento Evaporador $t_{oh} = 7\text{ K}$

Temperatura Tubo succao $t_{SL} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$

Capacidade / Capacidade DIN $Q_o / Q_{DIN} = 89.3\text{ \%}$

Conteudo de vapor Evaporador $x_d = .33$

DIAGRAMA DE PRESSÃO / ENTALPIA : Refrigerante R22



Temperatura Evaporacao $t_o = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura Condensacao $t_c = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Entalpia Evaporacao $h_o = 153.7\text{ kJ/kg}$

pressao Condensacao / pressao Evaporacao $p_c / p_o = 4.5$

Subresfriamento Tubo liquido $t_u = 2\text{ K}$

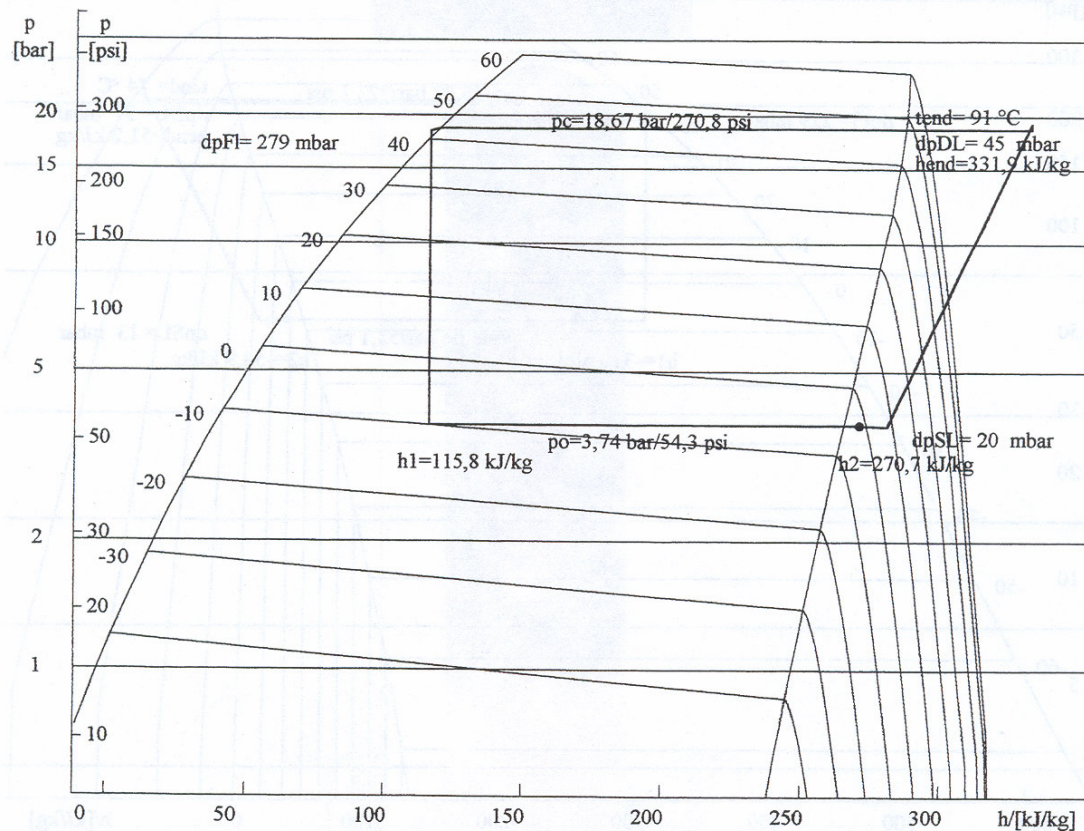
Superaquecimento Evaporador $t_{oh} = 7\text{ K}$

Temperatura Tubo succao $t_{SL} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$

Capacidade / Capacidade DIN $Q_o / Q_{DIN} = 95\text{ \%}$

Conteudo de vapor Evaporador $x_d = .29$

DIAGRAMA DE PRESSÃO / ENTALPIA : Refrigerante R407C



Temperatura Evaporacao $t_o = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura Condensacao $t_c = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Entalpia Evaporacao $h_o = 154.9\text{ kJ/kg}$

pressao Condensacao / pressao Evaporacao $p_c / p_o = 4.9$

Subresfriamento Tubo liquido $t_u = 2\text{ K}$

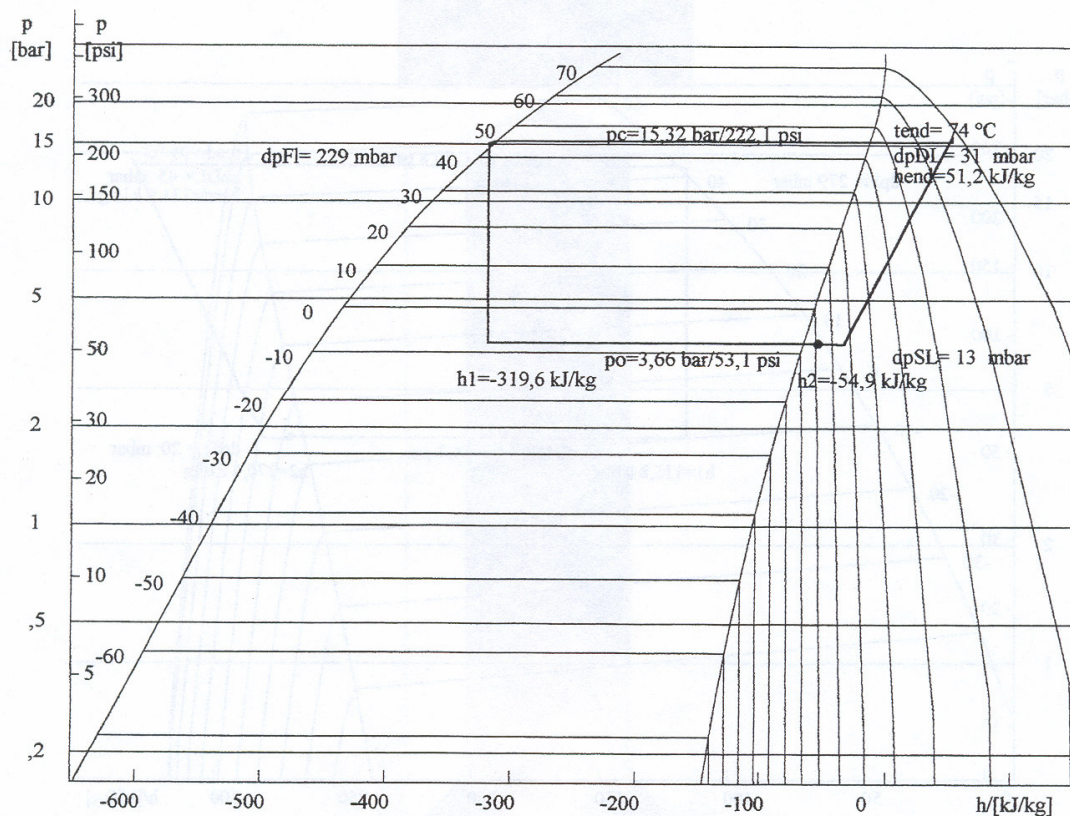
Superaquecimento Evaporador $t_{oh} = 7\text{ K}$

Temperatura Tubo succao $t_{SL} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$

Capacidade / Capacidade DIN $Q_o / Q_{DIN} = 93.6\%$

Conteudo de vapor Evaporador $x_d = 0.32$

DIAGRAMA DE PRESSÃO / ENTALPIA : Refrigerante PROPANO



Temperatura Evaporacao $t_o = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$

Temperatura Condensacao $t_c = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Entalpia Evaporacao $h_o = 264.7\text{ kJ/kg}$

pressao Condensacao / pressao Evaporacao $p_c / p_o = 4.1$

Subresfriamento Tubo liquido $t_u = 2\text{ K}$

Superaquecimento Evaporador $t_{oh} = 7\text{ K}$

Temperatura Tubo succao $t_{SL} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$

Capacidade / Capacidade DIN $Q_o / Q_{DIN} = 91\text{ \%}$

Conteudo de vapor Evaporador $x_d = .34$

NOTA

Apesar dos R600a e o R290, apresentarem fatores favoráveis para o seu uso, por não destruir a camada de ozônio, nem provocar aquecimento global, além do bom coeficiente de performance e redução no custo de operação; o uso destes refrigerantes não estão regulamentados. Sendo necessário aguardar a licença para uso pelas autoridades competentes.

Projeto Proklima SENAI/GTZ

Visa capacitar os técnicos, em Boas Práticas em Refrigeração e também em técnicas de melhorias de manutenção com o propósito de reduzir as emissões de CFC; Introduzir alternativa de refrigerantes e as práticas de recuperação e reciclagem, provendo novas tecnologias e recursos regionais.

BIBLIOGRAFIA

Protocolo de Informações Técnicas GTZ/Proklima.

Elaboração

Clébio Francisnaldo L. Nunes
José Pereira da Silva
José Rogério da Silva Jr
Roberto Cesar Cabral

Diagramação

Anna Daniella C. Teixeira

Editoração

Divisão de Educação e Tecnologia – DET