

INTRODUÇÃO

Na Grécia antiga eram utilizados escravos para o transporte de neve das montanhas que armazenadas em palha eram utilizadas nos meses quentes de verão. Os egípcios colocavam vasos confeccionados em material poroso, cheio de água fora de suas casas durante a noite. O vento frio do deserto resfriava a água pela evaporação da umidade.

Atualmente dispomos de meios para produzir refrigeração em qualquer estação do ano, mas foi a partir de 1923 que a refrigeração tomou seu grande impulso com o advento da unidade mecânica abrangendo desde a fabricação de sorvetes a conservação do leite e produtos perecíveis.

A refrigeração pode ser produzida de várias maneiras, mas a forma mais simples seria manter em contato duas substâncias uma quente e outra fria. O calor fluindo da mais quente para a mais fria proporcionará em determinado momento, um equilíbrio térmico, isto é, igualará a temperatura de ambas as substâncias. Isso é o que acontece quando colocamos um copo de leite quente para esfriar dentro de um recipiente com água fria. O leite cede calor à água, que por sua vez, irá se aquecendo até que ambos atinjam um mesmo nível de temperatura.

Convém ainda a observação quanto a refrigeração não ser um processo de adição de frio, como normalmente se pensa e sim de remoção de calor. O refrigerador doméstico não adiciona frio no interior do gabinete, e sim, retirar o calor dos alimentos nele armazenados.

Departamento de Produtos
Outubro '97

ÍNDICE

1. Matéria.....	3
1.1 Estados da matéria.....	3
1.2. Mudança do estado da matéria.....	3
2. Calor.....	4
2.1. Transferência de calor.....	5
2.2. Medida de calor.....	7
2.3. Calor específico.....	7
2.4. Calor sensível.....	8
2.5. Calor latente.....	9
2.6. Temperatura.....	10
3. Termômetros.....	10
3.1. Construção de uma escala termométrica.....	10
3.2. Escala Celsius.....	11
3.3. Escala Fahrenheit.....	11
3.4. Escala Kelvin.....	12
3.5. Comparação entre as escalas termométricas.....	12
4. Pressão.....	14
4.1. Pressão atmosférica.....	14
4.2. Unidades de pressão.....	16
4.3. Pressão manométrica.....	17
5. Vácuo.....	18
5.1. Seleção de bomba de vácuo.....	18
5.2. Obtenção de vácuo.....	20
5.3. Umidade no sistema.....	20
6. O que são os CFCs?.....	21
6.1. Gases para refrigeração.....	21
6.2. O que é camada de ozônio?.....	24
6.3. O CFC e o efeito estufa.....	26
6.4. Determinações atuais do protocolo de Montreal.....	27
6.5. Gases.....	27
6.6. Principais modificações nos sistemas com R134a.....	28
7. Circuito frigorífico.....	32
7.1. Compressor.....	32
7.2. Condensadores.....	36
7.3. Evaporadores.....	37
7.4. Filtro secador.....	38
7.5. Tubo capilar.....	38
7.6. Yodder Loop (tubo de aquecimento).....	38
7.7. Separador de líquidos.....	39
7.8. Ciclo básico de refrigeração.....	39
7.9. Circuito elétrico do compressor.....	40
7.10. Relé de partida (Eletromagnético).....	40
7.11. Protetor térmico.....	42
7.12. Capacitor de partida.....	43
8. Diagnósticos de defeitos de campo.....	44
8.1. Orientações para a solução de irregularidades mecânicas.....	44
8.2. Orientações para a solução de irregularidades elétricas.....	47

1. MATÉRIA

Por definição, matéria é qualquer substância ocupa lugar no espaço.

1.1. ESTADOS DA MATÉRIA

A matéria pode ser encontrada na natureza, em três estados distintos: sólido (gelo), líquido (rios e lagoas) e gasoso (vapor de água, gases).

1.2. MUDANÇA DO ESTADO DA MATÉRIA

Dependendo da temperatura e da pressão, uma mesma espécie de matéria pode apresentar-se em qualquer estado físico. Por exemplo: a água pode ser encontrada no estado sólido (gelo), no estado líquido (água) e no estado gasoso (vapor de água).



Figura 1: Exemplo do ciclo

De acordo com o modo como são processadas, as mudanças de estado físico, recebem denominações especiais.

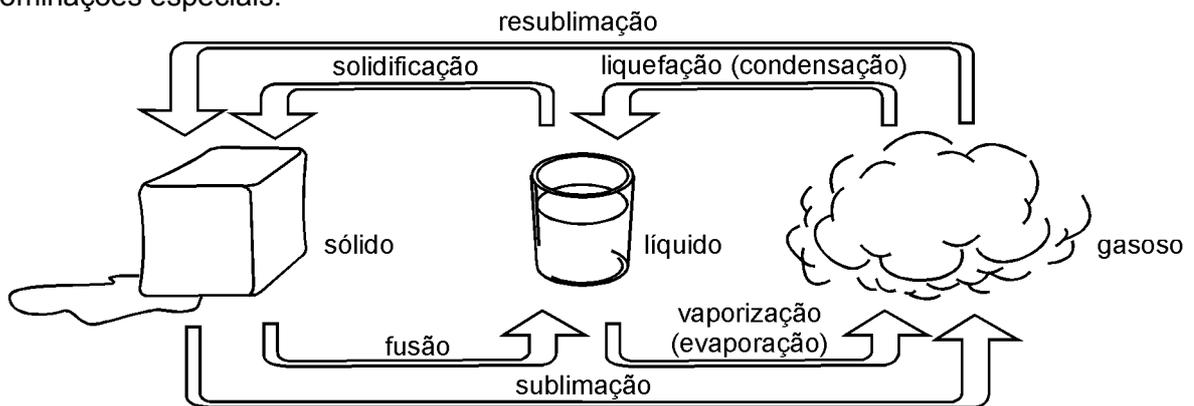


Figura 2: Denominações

Dentre todas as mudanças de estado podemos destacar a condensação e a evaporação, que é a mudança do estado gasoso para o estado líquido e vice-versa. Essa é a mudança que ocorre com o fluido refrigerante dentro da unidade selada.

2. CALOR

Calor é uma forma de energia, assim como também o som, a luz e a eletricidade.

Ela não é uma substância, e portanto, não pode ser medido como a água em litros, mas sim, pela comparação dos efeitos que produz.

Todas as substâncias existentes no universo são compostas de partículas infinitamente pequenas denominadas moléculas.

Estas moléculas estão em constantes movimentos, que tem caráter de vibração.

Cada substância tem diferentes tipos de moléculas com vibrações e características.

Nas substâncias em estado sólido, as moléculas estão bem juntas e se movimentam dentro de um espaço infinitamente limitado.

Nas substâncias em estado líquido, as moléculas não estão juntas como nas substâncias em estado sólido, ao passo que no estado gasoso as moléculas tem movimento bem livre e quase ilimitado.

O movimento de moléculas depende da quantidade de energia que as mesmas contém.

Calor é a energia manifestada pelo movimento dessas moléculas.

O calor é uma forma de energia em transito do corpo mais quente para o mais frio, a aplicação do mesmo, numa substância, afim de reduzir o movimento das moléculas, após o que se verificará queda de temperatura e a substância tornar-se-á mais fria.

A aplicação do calor pode causar uma mudança de estado na matéria, como por exemplo, do estado sólido para o estado gasoso.

O calor é uma forma de energia. O *frio* é somente um termo relativo e se refere ao calor abaixo de um certo ponto do termômetro.

Os termos *resfriamento* e *refrigeração* são utilizados para descrever a extração do calor de qualquer matéria.

2.1. TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Como vimos anteriormente, o calor pode ser transferido de um corpo para outro de três formas distintas: condução, convecção e irradiação.

2.1.1. CONDUÇÃO

É a maneira pela qual o calor se propaga entre as menores partículas dos corpos, sendo própria dos metais. Por exemplo, se a extremidade de uma barra de metal é aquecida a outra extremidade também se torna quente.

Pela figura a seguir, pode-se verificar a condução do calor através de uma barra de metal. Aderimos pequenas esferas de cera sob a barra e aquecemos uma extremidade da mesma.

Observaremos a queda sucessiva das esferas de cera à medida que o calor se propaga ao longo da barra metálica.

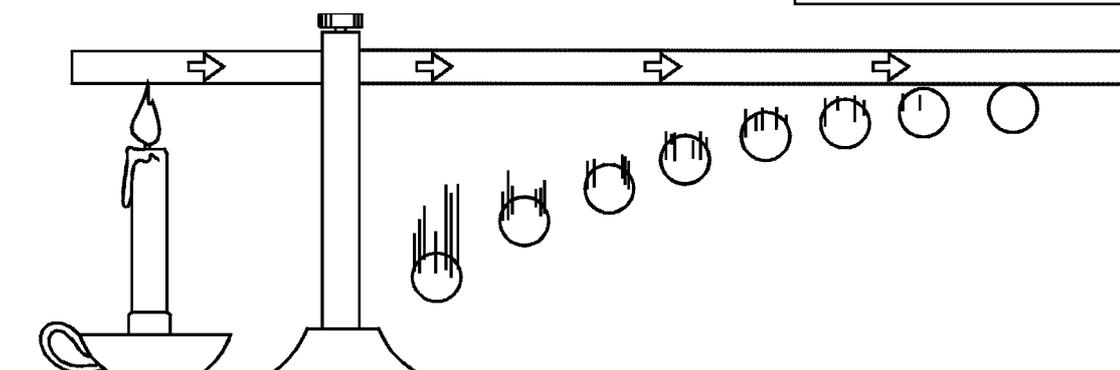
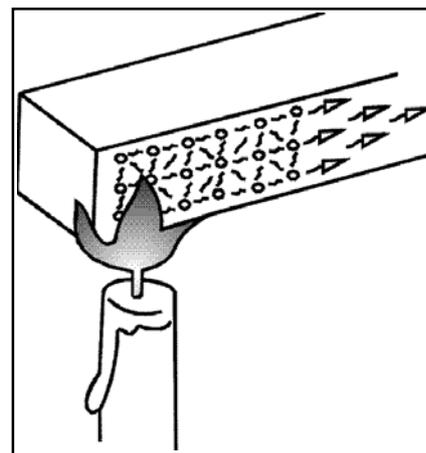


Figura 4: Propagação do calor

As diversas substâncias não conduzem igualmente o calor e sob este aspecto podem ser classificadas em bons ou maus condutores.

Os metais são bons condutores de calor enquanto que os gases, líquidos e alguns sólidos como madeira, vidro, lã de vidro, cortiça, papel, etc, são isolantes.

2.1.2. CONVECÇÃO

A convecção consiste em uma troca de calor motivada pela variação da densidade.

Vamos exemplificar utilizando um Refrigerador. No instante inicial o Refrigerador está desligado. Quando o produto é ligado, o ar que está em volta do evaporador (veremos adiante mais detalhes deste componente) se torna frio e, conseqüentemente, mais denso do que o ar ambiente, o que provocará a *queda* para a parte inferior do produto; porém, o espaço deixado por essa partícula será ocupado por outra que também se tornará fria e *cairá* para a parte inferior do produto, assim sucessivamente.

A convecção pode ser natural ou forçada. Por exemplo, os evaporadores dos Refrigeradores domésticos são colocados na parte superior dos produtos para utilizar as correntes de convecção natural. Já nos Refrigeradores comerciais são colocados no evaporador um ventilador para provocar a circulação de ar, chamando-se assim este tipo de convecção de forçada..

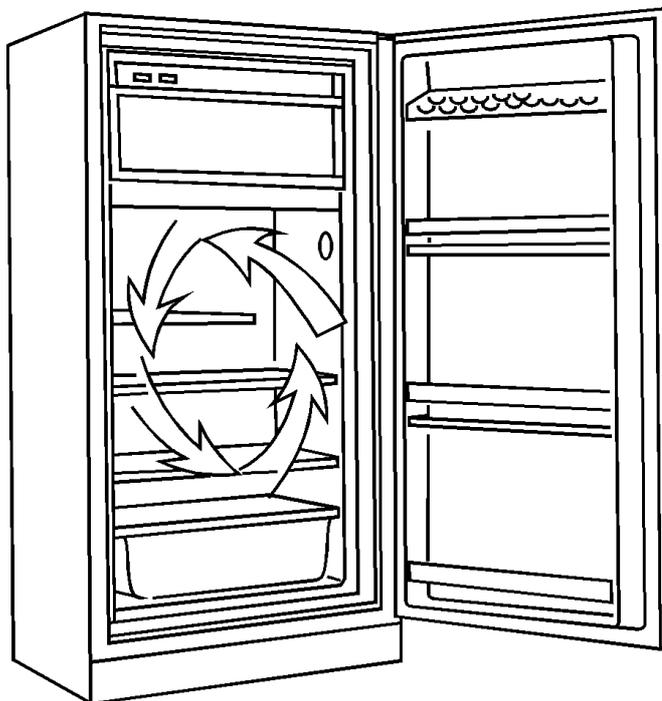


Figura 5: Convecção

2.1.3. IRRADIAÇÃO

É a forma de propagação do calor que permite a um corpo incandescente propagar energia térmica sem contato direto com outro e sem mudar a temperatura do meio intermediário entre ambos.

A irradiação do calor do sol para atingir a terra percorre milhões de quilômetros através do espaço. Os raios do sol atravessam o vidro sem contudo esquentá-lo muito.

Superfícies claras são boas refletoras e irradiadoras de calor.

2.2. MEDIDA DE CALOR

Se em dois recipientes com volumes de água diferentes (mas com a mesma temperatura) e colocarmos a mão simultaneamente, uma em cada recipiente, sentiremos a mesma sensação de calor. Isto quer dizer que a intensidade de calor é a mesma, embora as quantidade de água nos recipientes sejam diferentes. Podemos deduzir então que *quantidade* e *intensidade* são coisas diferentes.

Assim como temos unidades para medir outras formas de energia, a energia térmica possui sua unidade especial. Na Inglaterra e nos Estados Unidos a grandeza usada para medir a energia térmica é a B.T.U. (British Thermal Unit). No Brasil a unidade de calor é expressa em caloria.

Uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar a 1°C (um grau Celsius) a temperatura de uma grama de água. Uma B.T.U. é a quantidade de calor necessária para elevar a 1°F (um grau Fahrenheit) a temperatura de uma libra de água. Para elevarmos a temperatura de uma libra de água de 32°F para 212°F serão necessárias 180 B.T.U.

A caloria por ser uma unidade muito pequena, não tem uso muito prático, sendo por isso empregado um múltiplo seu, a quilocaloria (Kcal). A quantidade de calorias necessária para elevar ou diminuir a temperatura de uma substância pode ser conhecida aplicando-se a seguinte relação:

Caloria = diferença de temperatura x peso x calor específico.

Por exemplo, se quisermos saber quantas calorias devem ser retiradas de 89 kg de carne de galinha cuja temperatura é de 40°C para leva-la a 10°C, utilizamos o seguinte cálculo:
 $(40 - 10) \times 80 \times 0,80 = 1920$ calorias.

Conhecendo-se um valor em Kcal, podemos através de uma simples operação, saber seu correspondente em B.T.U.

Se na plaqueta do condicionador de ar indicar 2.500 kcal para acharmos o correspondente em B.T.U. fazemos a seguinte operação:

$2.500 \times 4 = 10.000$ B.T.U.

Isto porque 1°C, é igual a 1,8°F e 1 kg é igual a 2,2 litros.

$1,8 \times 2,2 = 3,96$ (aproximadamente 4 B.T.U.)

2.3. CALOR ESPECÍFICO

Calor específico é a quantidade de calor necessário para aumentar ou diminuir de 1°C, a temperatura de 1kg de um corpo. O calor específico da água é 1, portanto, para elevarmos ou diminuirmos a temperatura de 1 kg de água de 1°C será necessário uma caloria. No sistema métrico o calor específico é denominado quilocaloria e no sistema inglês de medidas B.T.U.

O calor específico varia com os diferentes materiais. O cobre possui um calor específico menor do que a água, sendo por isso maior sua capacidade de absorver calor. Na tabela a seguir podemos observar o valor do calor específico atribuído a diversos alimentos e materiais.

Substância	Calor Específico	Substância	Calor Específico
Água	1,00	Queijo	0,70
Gelo	0,50	Carne de Porco	0,50
Cobre	0,09	Carne de Galinha	0,80
Ferro	0,11	Carne de Vaca	0,77
Aço	0,12	Peixe	0,84
Alumínio	0,22	Presunto	0,70
Madeira	0,60	Tomate	0,97
Vidro	0,76	Batata	0,78
Manteiga	0,60	Mel	0,36
Ovos	0,76	Ar	0,24
Laranja	0,89	Sorvete	0,70
Leite	0,94	Vapor d'água	0,45

2.4. CALOR SENSÍVEL

Quando o calor é adicionado ou extraído de uma substância sem que haja mudança de estado físico, a temperatura é aumentada ou diminuída.

O calor assim adicionado ou extraído é conhecido como calor sensível, uma vez que a transferência de calor pode ser sentida ou medida por um termômetro.

Exemplos deste fato são comuns na vida cotidiana. Se 1 kg de água a 60°C é aquecida até 90°C, a mudança de temperatura pode ser medida com um termômetro ou sentida pela mão. Neste exemplo 30 Kcal foram adicionadas e a diferença resultante em temperatura pode ser sentida.

Isso representa uma mudança no calor sensível.

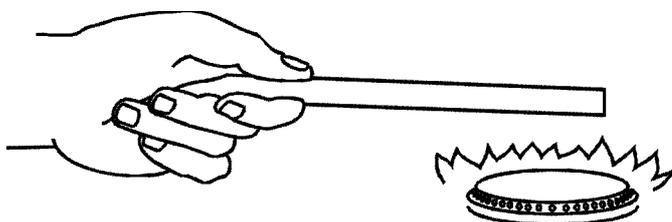


Figura 6: Calor sensível

2.5. CALOR LATENTE

Como vimos anteriormente, calor sensível é a adição ou extração de calor em uma determinada substância sem que haja mudança de estado, mas que pode ser medida. **Quando adicionamos ou extraímos calor de uma substância onde ocorre mudança de estado, damos o nome de calor latente.**

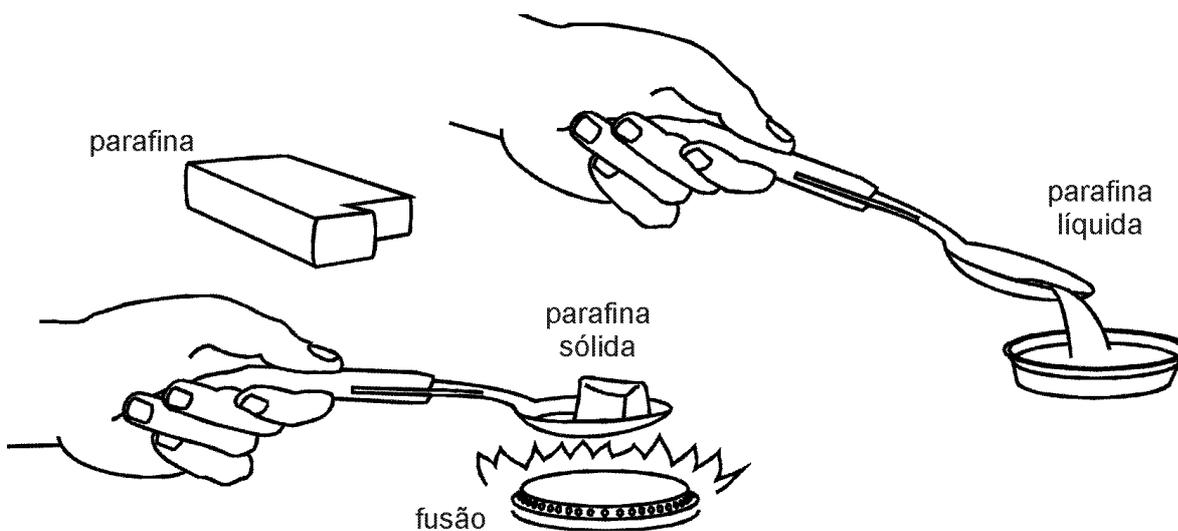


Figura 7: Calor latente

2.5.1. CALOR LATENTE DE FUSÃO

É o calor adicionado a uma substância, de modo a alterar seu estado físico, sem entretanto modificar sua temperatura.

Para transformar gelo em água são necessárias 144 B.T.U. de calor. O valor 144 B.T.U. representa o calor latente de fusão da água.

2.5.2. CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO

É o calor usado para transformar 1kg de água em vapor sem que haja mudança de temperatura. Isto é o que acontece no condensador do refrigerador. O gás refrigerante cede o seu calor latente de vaporização ao meio ambiente.

2.6. TEMPERATURA

A temperatura de uma substância é simplesmente uma indicação da quantidade de calor existente na mesma. Podemos exemplificar tomando duas vasilhas de águas contendo uma delas 1 litro de água, outra 100 litros, temos porém mesma temperatura. Isto indica que ambas tem a mesma intensidade de calor, porém, a segunda vasilha tem uma quantidade de calor cem vezes maior.

3. TERMÔMETROS

O instrumento usado para medir a intensidade de calor, ou seja, a temperatura de um corpo, é chamado termômetro. Em princípio qualquer substância pode servir para construção de termômetros.

Geralmente estes instrumentos baseiam-se no fenômeno da dilatação sofrida pelos corpos quando submetidas ao aquecimento. Como os sólidos são os que menos se dilatam, são usados para medidas de altas temperaturas; os gases dilatam-se relativamente mais e são usados para medidas de pequenas variações de temperatura; os líquidos são usados nas aplicações gerais destacando-se o álcool e o mercúrio.

3.1. CONSTRUÇÃO DE UMA ESCALA TERMOMÉTRICA

Para a construção de uma escala termométrica é necessário estabelecer dois pontos fixos atribuir valor a esses pontos e dividir em partes iguais o intervalo entre eles.

Como exemplo de pontos fixos temos a temperatura na qual o gelo funde (1º ponto fixo), e a temperatura na qual a água entra em ebulição (2º ponto fixo), nas condições normais de pressão (ao nível do mar).

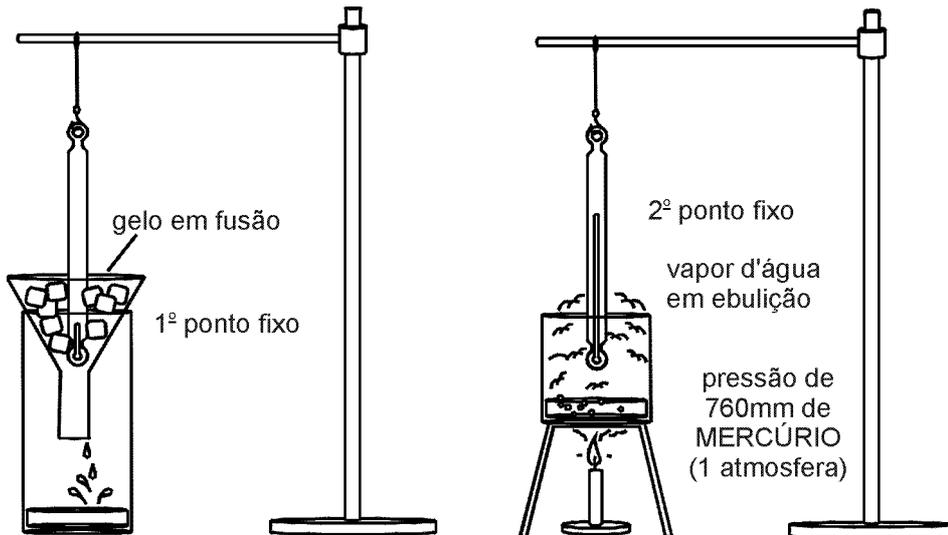


Figura 8: Construção de uma escala termométrica

Das infinitas escalas que se podem criar, três consagram-se pelo uso: a escala **Celsius**, a **Fahrenheit** e a **Kelvin**.

3.2. ESCALA CELSIUS

Esta escala foi estabelecida pelo físico sueco Anders Celsius. Ele atribui o valor zero (0) ao ponto correspondente a temperatura na qual o gelo se funde, e o valor 100 ao ponto correspondente a temperatura na qual a água entra em ebulição ao nível do mar. Em seguida, dividiu o intervalo entre dois pontos fixos em 100 partes iguais. Cada uma dessas partes corresponde a variação de um grau Celsius (1°C).

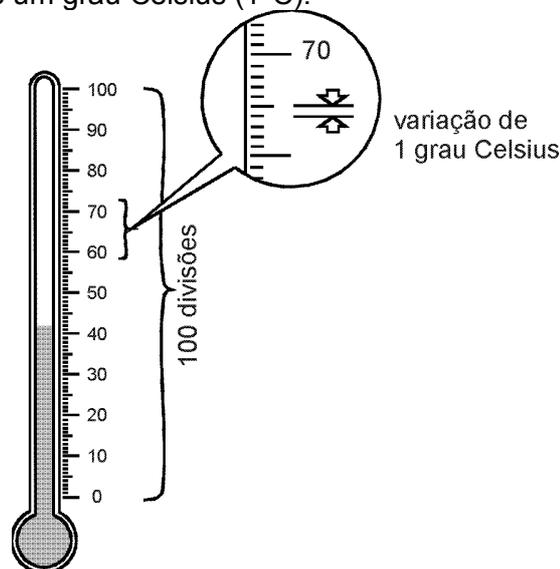


Figura 9: Escala Celsius

3.3. ESCALA FAHRENHEIT

Estabelecida pelo físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit, esta escala é muito utilizada nos países de língua inglesa. Na escala Fahrenheit o ponto de fusão do gelo corresponde a ($+32^{\circ}\text{F}$), e o ponto de ebulição da água ao nível do mar ($+212^{\circ}\text{F}$) divididas em 180 partes iguais.

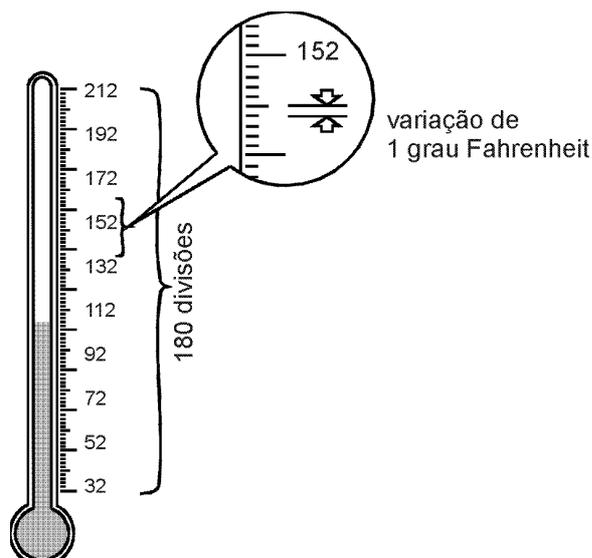


Figura 10: Escala Fahrenheit

3.4. ESCALA KELVIN

Na escala Kelvin o ponto de fusão do gelo correspondente ao número 273 e o ponto de ebulição da água, ao nível do mar, ao número 373. Entre esses dois pontos existem 100 divisões, o zero da escala Kelvin é chamado zero absoluto e é inatingível na prática. O zero absoluto corresponde a temperatura de aproximadamente -273°C .

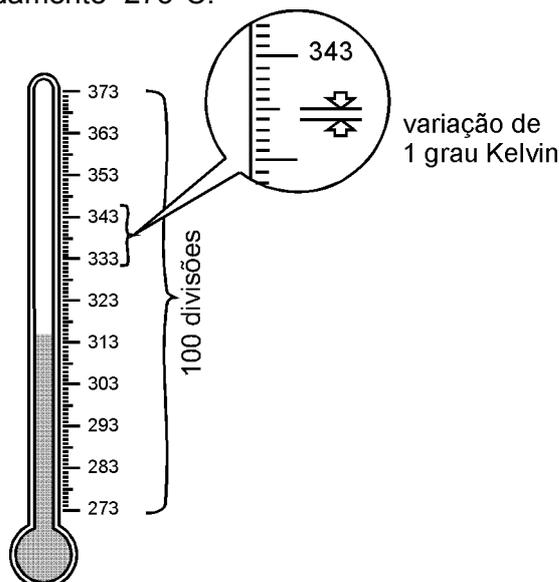
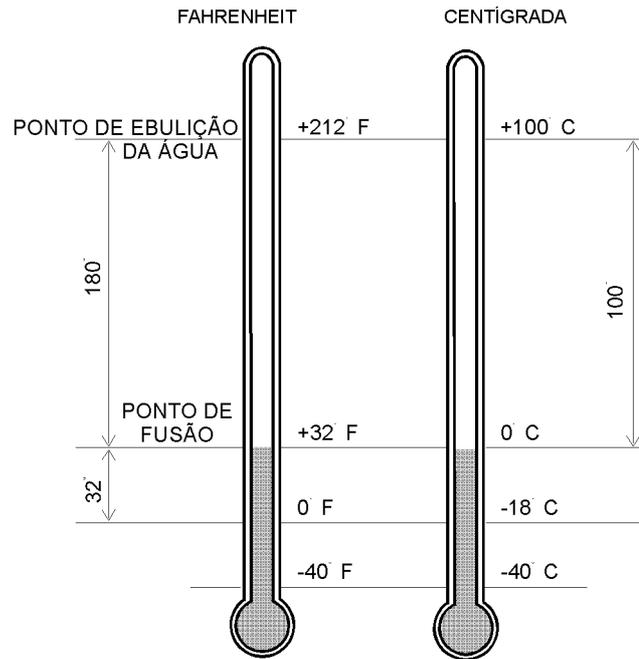


Figura 11: Escala Kelvin

3.5. COMPARAÇÃO ENTRE AS ESCALAS TERMOMÉTRICAS



$C = \frac{F - 32}{1,8}$	$F = 1,8 C + 32$	$K = C + 273$
--------------------------	------------------	---------------

Nota: C = Grau Celsius F = Grau Fahrenheit K = Kelvin

Figura 12: Comparação entre as escalas termométricas

Podemos converter uma temperatura em °C para °F ou vice-versa. Com a utilização da fórmula abaixo:

$$C = (F - 32) \div 1,8$$

$$F = (C \times 1,8) + 32$$

Ex.: Converter 30 °C em °F

$$F = (C \times 1,8) + 32$$

$$F = (30 \times 1,8) + 32$$

$$F = 54 + 32$$

$$F = 86 \text{ °F}$$

TABELA DE CONVERSÃO DE TEMPERATURAS

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
-44.4	-48	-26.7	-16	- 8.9	16	8.9	48	26.7	80	44.4	112
-43.9	-47	-26.1	-15	- 8.3	17	9.4	49	27.2	81	45.0	113
-43.3	-46	-25.6	-14	- 7.8	18	10.0	50	27.8	82	45.6	114
-42.8	-45	-25.0	-13	- 7.2	19	10.6	51	28.3	83	46.1	115
-42.2	-44	-24.4	-12	- 6.7	20	11.1	52	28.9	84	46.7	116
-41.7	-43	-23.9	-11	- 6.1	21	11.7	53	29.4	85	47.2	117
-41.1	-42	-23.3	-10	- 5.6	22	12.2	54	30.0	86	47.8	118
-40.6	-41	-22.8	- 9	- 5.0	23	12.8	55	30.6	87	48.3	119
-40.0	-40	-22.2	- 8	- 4.4	24	13.3	56	31.1	88	48.9	120
-39.9	-39	-21.7	- 7	- 3.9	25	13.9	57	31.7	89	49.4	121
-38.9	-38	-21.1	- 6	- 3.3	26	14.4	58	32.2	90	50.0	122
-38.3	-37	-20.6	- 5	- 2.8	27	15.0	59	32.8	91	50.6	123
-37.8	-36	-20.0	- 4	- 2.2	28	15.6	60	33.3	92	51.1	124
-37.2	-35	-19.4	- 3	- 1.7	29	16.1	61	33.9	93	51.7	125
-36.7	-34	-18.9	- 2	- 1.1	30	16.7	62	34.4	94	52.2	126
-36.1	-33	-18.3	- 1	- 0.6	31	17.2	63	35.0	95	52.8	127
-35.6	-32	-17.8	00	0.0	32	17.8	64	35.6	96	53.3	128

-35.0	-31	-17.2	01	0.6	33	18.3	65	36.1	97	53.9	129
-34.4	-30	-16.7	02	1.1	34	18.9	66	36.7	98	54.4	130
-33.9	-29	-16.1	03	1.7	35	19.4	67	37.2	99	55.0	131
-33.3	-28	-15.6	04	2.2	36	20.0	68	37.8	100	55.6	132
-32.8	-27	-15.0	05	2.8	37	20.6	69	38.3	101	56.1	133
-32.2	-26	-14.4	06	3.3	38	21.1	70	38.9	102	56.7	134
-31.7	-25	-13.9	07	3.9	39	21.7	71	39.4	103	57.2	135
-31.1	-24	-13.3	08	4.4	40	22.2	72	40.0	104	57.8	136
-30.6	-23	-12.8	09	5.0	41	22.8	73	40.6	105	58.3	137
-30.0	-22	-12.2	10	5.6	42	23.3	74	41.1	106	58.9	138
-29.4	-21	-11.7	11	6.1	43	23.9	75	41.7	107	59.4	139
-28.9	-20	-11.1	12	6.7	44	24.4	76	42.2	108	60.0	140
-28.3	-19	-10.6	13	7.2	45	25.0	77	42.8	109	60.6	141
-27.8	-18	-10.0	14	7.8	46	25.6	78	43.3	110	61.1	142
-27.2	-17	- 9.4	15	8.3	47	26.1	79	43.9	111	61.7	143

4. PRESSÃO

Pressão é a quantidade de força por unidade de superfície. Em outras palavras, **pressão é a força total aplicada numa área.**

A pressão pode ser expressa por kg/cm^2 , Lb/pol^2 ou ATM (atmosfera).

4.1. PRESSÃO ATMOSFÉRICA

É fato conhecido que a Terra está envolta por uma camada gasosa denominada atmosfera.

A atmosfera exerce sobre qualquer ponto da superfície terrestre uma pressão conhecida pelo nome de pressão atmosférica.

O primeiro a medir a pressão atmosférica foi o físico italiano Evangelista Torricelli e sua experiência foi efetuada ao nível do mar.

Torricelli usou um vidro graduado com cerca de 1 m de comprimento, fechado em um dos extremos. Encheu o tubo de mercúrio e tapou a extremidade aberta com o dedo. Em seguida, inverteu o tubo e mergulhou-o em um recipiente contendo mercúrio. Só então retirou o dedo. Torricelli verificou que o mercúrio contido no tubo desceu até atingir uma altura de 76 cm acima do nível do mercúrio contido no vaso aberto.

Por que todo o mercúrio do tubo não desceu para o recipiente? Simplesmente porque a pressão atmosférica, agindo sobre a superfície livre do mercúrio contido no recipiente, equilibrou a pressão exercida pela coluna de mercúrio contida no tubo.

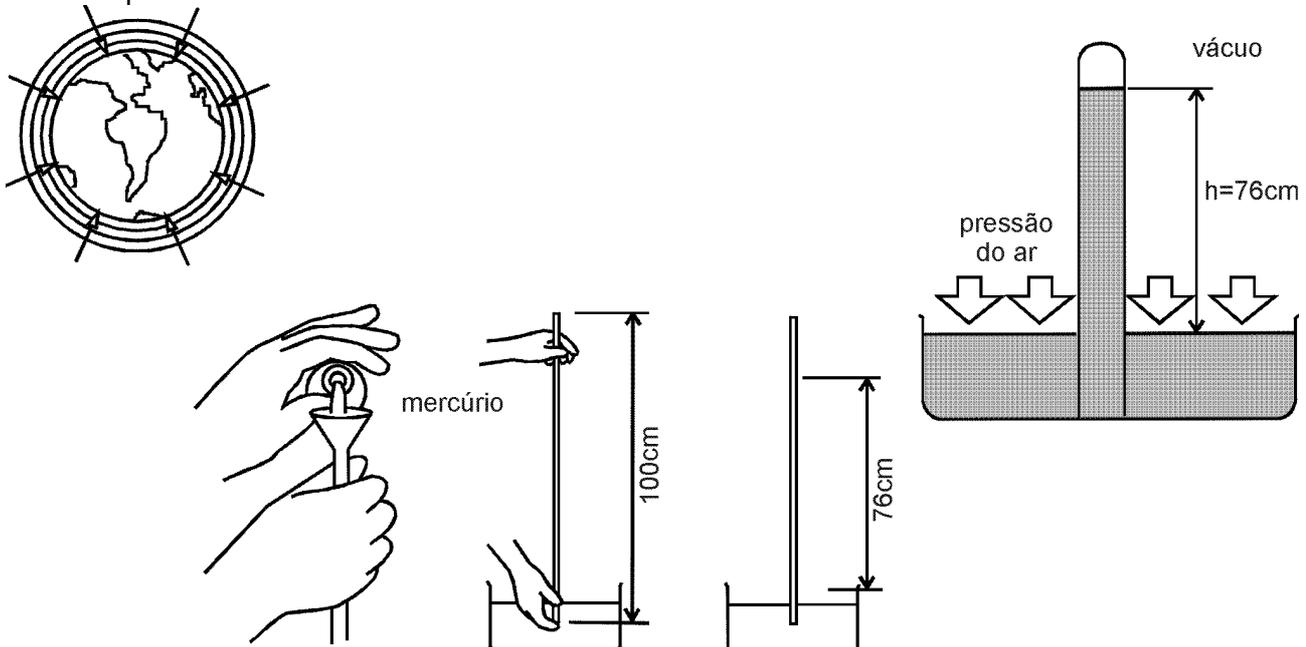


Figura 13: Pressão atmosférica

Torricelli concluiu que a pressão atmosférica equivale à pressão exercida por uma coluna de mercúrio (Hg) de 76 cm de altura (ao nível do mar) e para esse valor deu o nome de atmosfera (atm.).

Assim:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm de mercúrio} = 760 \text{ mm de mercúrio}$$

O aparelho inventado por Torricelli recebeu o nome de **barômetro**.

Depois que Torricelli inventou o barômetro foram realizadas muitas experiências para medir a pressão atmosférica em diferentes altitudes e chegou-se à conclusão de que a pressão atmosférica varia com a altitude. De fato, a cada 100 m de variação na altitude a pressão atmosférica varia de 1 cm de mercúrio.

Quando subimos, a pressão diminui; quando descemos, a pressão aumenta.

Se, em vez de medirmos a pressão atmosférica em centímetros de mercúrio o fizermos em milímetros de mercúrio teremos a unidade chamada Torr (Torricelli).

$$1 \text{ mm de mercúrio} = 1 \text{ Torr}$$

Logo:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm de mercúrio} = 760 \text{ Torr}$$

Pascal repetiu a experiência de Torricelli usando água em lugar do mercúrio e verificou que a pressão atmosférica equilibra uma coluna de água de 10,33 m de altura.

Assim :

$$1 \text{ atm} = 10,33 \text{ m de água}$$

Nota: A pressão atmosférica de 76 cm de mercúrio corresponde à pressão ao nível do mar.

Embora vivamos no fundo de um “oceano de ar” não sentimos a pressão atmosférica, porque a pressão é aproximadamente igual em todas as direções.

4.2. UNIDADES DE PRESSÃO

Segundo o sistema internacional de medidas (S.I.) a unidade de força é o NEWTON (N) e a unidade de área é o metro quadrado (m²).

Como pressão é a força exercida $P = F/A$ segundo o S.I. é N/m² que recebe o nome de Pascal (PA).

Exemplo: 1 N/m² = 1PA

No antigo sistema C.G.s. a unidade de força é o dina (DYN) e a unidade de área é o centímetro quadrado (cm²). A unidade de pressão nesse sistema é o DYN/cm² que recebe o nome de Bária (BA).

No sistema MK*S (técnico), a unidade é o quilograma força (kgf), e a unidade de área é o (m²). A unidade de pressão nesse sistema é o kgf/m².

Ainda, nesse sistema, se tivermos 1 kgf/cm² essa unidade recebe o nome de atmosfera técnica absoluta (ATA).

Há outras unidades de pressão que, apesar de não pertencerem a nenhum sistema de unidades são usadas na prática: atmosfera (ATM) metro da coluna de água (m H₂O), milímetro de mercúrio (mm Hg), Torricelli (Torr), etc.

A seguir você encontrará uma tabela de equivalência entre as várias unidades de pressão que são utilizadas em vários ramos de atividades, especialmente em refrigeração.

TABELA DE EQUIVALÊNCIA ENTRE AS UNIDADES DE PRESSÃO

PRESSÃO	BA (DYN/cm ²)	PA (N/m ²)	ATM	BAR	ATA (Kgf/cm ²)	TORR (mm de Hg)	m de COLUNA H ₂ O	PSI
1 ba (dyn/cm ²)	1	0,1	0,987 x 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	0,102 x 10 ⁻⁵	7,5 x 10 ⁻⁵	10,2 x 10 ⁻⁶	1,45 x 10 ⁻⁵
1 Pa (N/m ²)	10	1	9,87 x 10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	0,102 x 10 ⁻⁴	7,5 x 10 ⁻³	10,2 x 10 ⁻⁵	1,45 x 10 ⁻⁴
1 atm	1,013 x 10 ⁶	1,013 x 10 ⁵	1	1,013	1,033	760	10,33	14,69
1 bar	10 ⁶	10 ⁵	0,987	1	1,02	750	10,2	14,5
1 ata (Kgf/cm ²)	9,81 x 10 ⁵	9,81 x 10 ⁴	0,968	0,981	1	736	10	14,22
1 Torr (mm de Hg)	1,33 x 10 ³	133	1,31 x 10 ⁻³	1,33 x 10 ⁻³	1,36 x 10 ⁻¹	1	13,6 x 10 ⁻³	0,01934
1 m de col. H ₂ O	9,81 x 10 ⁴	9,81 x 10 ³	9,68 x 10 ⁻²	9,81 x 10 ⁻²	0,1	73,6	1	1,425
1 psi	68,96 x 10 ²	6,895	6,807 x 10 ⁻²	6,896 x 10 ⁻²	0,0703	51,7	70,17 x 10 ⁻²	1

Observação:

psi = libra - força por polegada quadrada (pounds per square inch)

4.3. PRESSÃO MANOMÉTRICA

Também conhecida como pressão efetiva, é determinada através de manômetros e indica a pressão que está sendo exercida acima ou abaixo da pressão atmosférica. A pressão manométrica é bastante empregada na prática, sendo considerada positiva quando registra valores acima da pressão atmosférica. Quando a pressão registrada for inferior a pressão atmosférica diz-se que é VÁCUO.

Existem três tipos de classificação para os instrumentos que medem a pressão atmosférica:

- MANÔMETROS: medem pressões acima da pressão atmosférica.
- VACUÔMETROS: medem pressões abaixo da pressão atmosférica.
- MANOVACUÔMETROS: medem as pressões tanto acima quanto abaixo da pressão atmosférica.

A figura abaixo mostra um tipo muito comum de manômetro, o “BOURBOM”. O indicador é movido pela mudança de pressão dentro do tubo “bourbom” que é um tubo côncavo de bronze com uma área transversal elíptica.

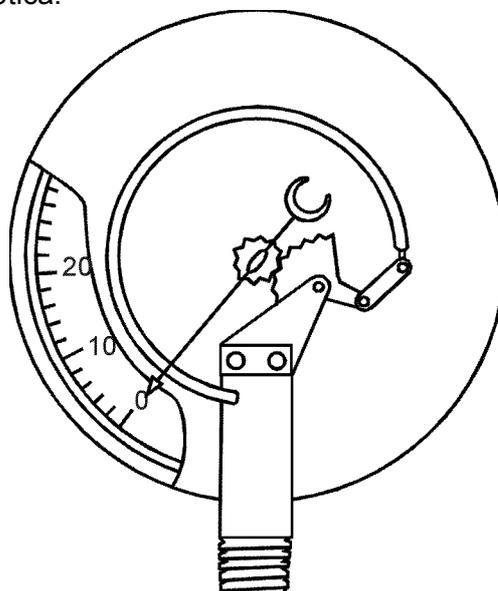


Figura 14: Manômetro tipo “Bourbom”

O tubo é curvado dentro de um círculo quase completo.

Quando a pressão é introduzida dentro do tubo, ele tende a endireitar-se. Este movimento é transmitido por articulação à agulha que registra zero libras à pressão atmosférica corrente, a pressão lida em um manômetro é chamada pressão manométrica, como 15 PSI, ela é a pressão acima da atmosférica.

Pressão absoluta é o total da pressão atmosférica + pressão manométrica. Ao nível do mar, pressão atmosférica padrão.

5. VÁCUO

O vácuo se refere a ausência de ar (pressão), conseqüentemente, da umidade de um determinado espaço.

O ar contém vapor d'água, por esse motivo, antes de aplicar a carga de gás em uma unidade refrigerante, deverá ser processada a evacuação do sistema. Isto é conseguido através de uma máquina denominada bomba de vácuo.

5.1. SELEÇÃO DE BOMBA DE VÁCUO

A escolha de uma bomba de vácuo é feita em termos de sua vazão em CFM (pés cúbicos por minuto) e depende do tempo requerido para atingir o nível especificado de umidade, do tamanho do sistema, da quantidade de umidade inicial contida no sistema e dimensão das tubulações:

- 1,5 CFM: sistemas domésticos
- 3 a 5 CFM: sistemas comerciais
- 10 a 15 CFM: sistemas de grande porte

A fim de se obter maior eficiência no processo de evacuação, recomenda-se que o vácuo seja executado tanto pelo lado de alta como de baixa pressão.

A evacuação deve ser acompanhada de outros procedimentos complementares como boa limpeza do sistema, checagem de vazamentos, troca de filtro secador e completa carga de fluido refrigerante, dentre outras. Uma outra recomendação importante é não deixar o sistema aberto à atmosfera por muito tempo, com o objetivo de se evitar a entrada de contaminantes.

Os plugs do compressor somente devem ser retirados instantes antes de se efetuar a solda dos tubos. Na figura abaixo, vemos uma bomba de vácuo de grande uso em refrigeração, o seu funcionamento é semelhante ao mostrado na figura.

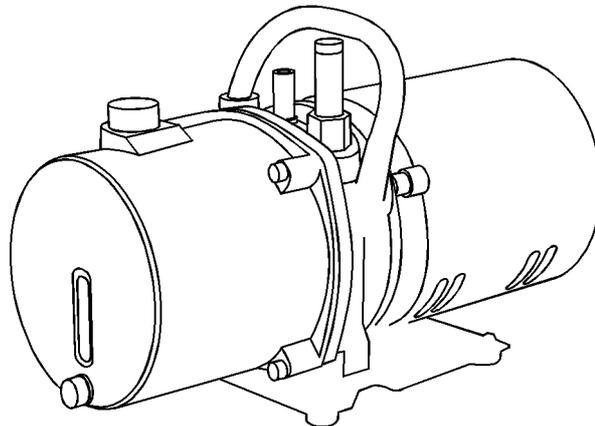


Figura 15: Bomba de Vácuo

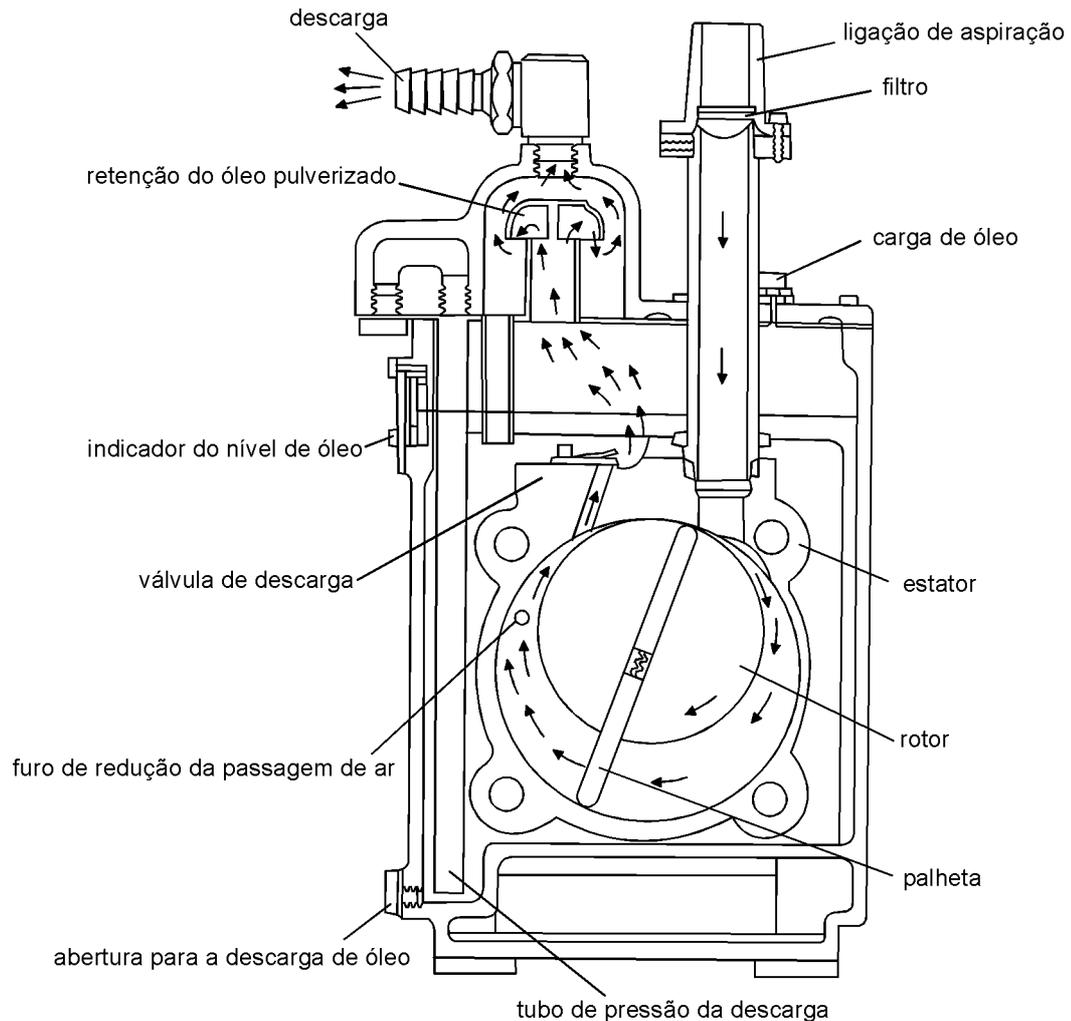


Figura 16: Esquema de funcionamento de uma Bomba de Vácuo

O melhor meio de evitar problemas causadas por uma umidade é através do uso de uma bomba de vácuo. Este reduz a pressão no sistema fazendo que a umidade evapore.

A água num sistema de refrigeração pode causar inúmeros problemas, dentre eles a formação de gelo na entrada do evaporador.

TEMPERATURA DE EBULIÇÃO DA ÁGUA EM PRESSÕES CONVERTIDAS

UNIDADES DE VÁCUO					TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DA ÁGUA	
MANOMÉTRICA		ABSOLUTA		Microns		
Poleg. Hg	mm Hg	lb/pol ²	Torr			0°C
0	0	14,7	760		100	212
15	380	7,4	380		82	179
26	660	1,9	100		52	125
27	684	1,4	72		46	114
28	711	0,95	48,800	48,800	38	100
29	735	0,45	23,400	23,400	26	79
29,1	740	0,40	20,800	20,800	22	72
29,7	755	0,09	4,579	4,579	0	32
29,91		0,005	0,250	250	-31	-25
29,916		0,002	0,097	97	-40	-40
29,919		0,0005	0,025	25	-51	-60

5.2. OBTENÇÃO DE VÁCUO

1. Pela tabela entre pressão e temperatura de evaporação da água, nota-se que com um vácuo de 28" a temperatura de evaporação é de 38°C. Como todo compressor comum alcança no máximo 27" de vácuo, conclui-se que um compressor comum não pode ser usado como bomba de vácuo, pois não há evaporação da água.
2. Para ter-se certeza de que a água se evapore em todo o sistema há necessidade de chegar no mínimo a 250 microns com um vácuo de 29,91", correspondendo a uma temperatura de evaporação de -31°C. Um compressor comum atinge valores entre 50.000 e 80.000 microns. Para se ter uma idéia, a um nível de vácuo de 80.000 microns (aproximadamente 27" de vácuo), é necessária uma temperatura de aproximadamente 47° C para que a umidade presente no sistema seja evacuada.

5.3. UMIDADE NO SISTEMA

A umidade em um sistema de refrigeração (unidade selada), representa a principal origem de defeitos, causando desde congelamentos à corrosão, danificando e obstruindo válvulas, filtros e tubulações. A umidade em forma de vapor (umidade relativa) é encontrada em toda parte, tanto nos sólidos como nos líquidos e gasosos.

Para podermos avaliar que espécie de problemáticas é a umidade, convém examinar mais perto o efeito causado dentro do sistema. A umidade, geralmente localizada no lado de baixa pressão, acarretará como consequência a obstrução do tubo capilar ou da válvula de expansão. Se aquecermos o ponto de congelamento, os cristais de gelo passarão novamente para o estado de vapor e o fluido refrigerante voltará a circular normalmente, porém, após algum tempo, voltará a bloquear a passagem do fluido refrigerante.

A umidade poderá ainda ser deslocada através do sistema, pelo arraste do fluido refrigerante.

Este fluido refrigerante combina-se com a umidade decompondo-se na formação de ácidos, acelerado pela temperatura elevada, induzindo ainda à oxidação. O óleo incongelável usado em compressores selados, tem grande afinidade com a água. Esta, transformada em ácido, combina-se com o óleo, percorrendo as partes sujeitas a lubrificação, corroendo-as.

6. O QUE SÃO OS CFCs?

Os CFCs são gases cujas moléculas são formadas por Cloro-Flúor-Carbono (CFC). Quando um átomo de cloro é substituído por hidrogênio, o gás é chamado HCFC, e quando todos os átomos Cl são substituídos por hidrogênio, assume o nome de HFC.

Comumente usados como propelentes de aerossóis, os CFCs são também usados na fabricação de espumas, limpeza de componentes eletrônicos e principalmente em refrigeração como gases resfriadores.

Os CFCs são extremamente estáveis, não inflamáveis e não tóxico, e por estas razões tem sido usados há mais de 50 anos em várias aplicações. A estabilidade dos CFCs previne a desintegração de suas moléculas a baixa altitude quando lançados na atmosfera, sendo então capazes de atingir altitudes entre 20 e 40 km, onde eles reagem com o ozônio na estratosfera.

Gases do tipo HCFC e HFC desintegram mais facilmente devido à presença do átomo de hidrogênio em suas moléculas.

6.1. GASES PARA REFRIGERAÇÃO

A transferência de calor do espaço refrigerado para o condensador, e deste para o meio ambiente exterior, é conseguido através de um agente refrigerante que pode ser água, álcool, amônia, bióxido de carbono, anidrido sulfuroso, éter metílico, cloreto de metila e outros, muito embora cada um destes frigoríferos apresentem certas desvantagens.

No ano de 1.928 foi sintetizada uma substância à base de cloro, que apresentava, além de outras características positivas, a de não ser inflamável e de possuir um índice de toxicidade bastante baixo. Mas só no ano de 1.931 é que foi introduzido no mercado o diclorodifluormetano, conhecido como Freon 12, e que deu início à grande expansão das indústrias de refrigeração e condicionadores de ar. Os refrigerantes de fluorcarboneto demonstraram ser absolutamente seguro, pois além das características antes descritas, são ainda inodoros, quimicamente estáveis, sem efeito prejudicial sobre o óleo lubrificante e não apresentam efeitos corrosivos. Apenas a inalação em doses concentradas ou quando queimado pela chama do maçarico, pode apresentar efeitos tóxicos ou mesmo fatais.

Os metais, em geral são compatíveis com gases fluorados, com exceção do alumínio com ligas de magnésio a 2%, ou quando são decompostos pela queima, com formação de ácidos. Quando o calor é aplicado ao cobre na presença do ar, como no caso de soldagens, (a temperatura máxima que o F12 suporta é 120°C: para o F22 fica em torno dos 150°C), formam-se óxido de cobre nas superfícies internas e externas do tubo, com o perigo de decompor o óleo incongelável (usado para lubrificação das diversas partes móveis do compressor) e o gás refrigerante. A água e o metanol (álcool metílico) também contribuem para a formação de óxido de metal.

Os gases refrigerantes podem ser classificados em três categorias, de acordo com a maneira de absorver ou dissipar calor. Há os que resfriam pela absorção do calor latente de vaporização, como o R12, o R22, a amônia, o bióxido de carbono, o cloreto de metil, o anidrido sulfuroso, etc. Aqueles que resfriam absorvendo o calor sensível, tais como, o ar e a salmoura (mistura de água e sal); e aqueles que produzem, pela absorção, a remoção do calor latente, como a amônia aquosa usada em geladeira que não trabalham pelo sistema de compressão.

Os fluidos refrigerantes fluorados são designados, quanto às características e desempenho, por números. Assim, temos para geladeiras domésticas e condicionadores de ar (refrigeração a compressão), os gases F12 e F22, respectivamente.

Na tabela a seguir podemos ver as principais características dos diversos refrigerantes.

REFRIGERANTE	FÓRMULA	DESIGNAÇÃO QUÍMICA	EBULIÇÃO	CONGELAMENTO
11	CCL ₃ F	Tricloromonofluormetano	23,8°C	-111°C
12	CCL ₂ F ₂	Diclorodifluormetano	-29,8°C	-158°C
13	CCLF ₃	Monoclorotrifluormetano	-81,4°C	-182°C
13B1	CB _R F ₃	Monobromotrifluormetano	-58,7°C	-143°C
14	CF ₄	Tetrafluoreto de carbono	-128°C	-191°C
21	CHCL ₂ F	Dicloromonofluormetano	8,9°C	-135°C
22	CHCLF ₂	Trifluormetano	-40,8°C	-160°C
23	CHF ₃	Diclorometano	-84,4°C	-
30	CH ₂ CL ₂	Cloreto de Metila	40,7°C	-97°C
40	CH ₃ CL	Metano	-23,8°C	-98°C
50	CH ₄	Triclorotrifluormetano	-162°C	-183°C
113	C ₂ CL ₃ F ₃	Triclorotrifluoretano	47,6°C	-35°C
114	C ₂ CL ₂ F ₄	Diclorotetrafluoretano	3,56°C	-94°C
114B2	C ₂ Br ₂ F ₄	Dibromo tetrafluoretano	47,5°C	-111°C
115	C ₂ CLF ₅	Monocloropentafluoretano	-38,7°C	-106°C
124a	C ₂ HCLF ₄	Monoclorotetrafluoretano	-10°C	-
133a	C ₂ H ₂ CLF ₃	Monoclorotrifluoretano	6,1°C	-
142b	C ₂ H ₃ CLF ₂	Monoclorodifluoretano	-11°C	-
152a	C ₂ H ₄ F ₂	Difluoretano	-24,7°C	-
160	C ₂ H ₅ CL	Cloreto de etila	12,2°C	-139°C
170	C ₂ H ₆	Etano	-88,6°C	-172°C
290	C ₃ H ₈	Propano	-42,3°C	-190°C
C318	C ₄ H ₈	Octafluorciclobutano	-6,0°C	-
600	C ₄ H ₁₀	Butano	-0,4°C	-135°C
601	C ₄ H ₁₀	Isobutano	-	-
717	NH ₃	Amônia	-28°C	-108°C
744	CO ₂	Dióxido de carbono	-78,3°C	-56,6°C
764	SO ₂	Dióxido de enxofre	-10°C	-76°C
1150	C ₂ H ₄	Etileno	-104°C	-169°C
1270	C ₃ H ₆	Propileno	-47,6°C	-185°C

Existem cuidados especiais que devem ser tomados quanto ao transporte e manuseio de gases refrigerantes. Estes devem ser hermeticamente fechados em recipientes próprios, pois embora não sejam inflamáveis, estão sujeitos a explosões causadas pela alta pressão.

Existe ainda um outro fato relacionado a transtornos causados aos gases refrigerantes e que são conhecidos por contaminantes, os quais são o ar, a água, o fluxo para soldas, fragmentos de metal, anticongelantes, sujeira, solventes clorados, óxido de ferro e óxido de cobre; deve ser cuidadosamente verificada sua presença no sistema.

É muito importante, em refrigeração, o conhecimento do efeito refrigerante de determinado agente. Sabemos que o gás refrigerante, quando abaixa a temperatura e a pressão, absorve calor pela evaporação. O calor absorvido pode ser conhecido (e este detalhe é muito importante), subtraindo-se o valor da temperatura encontrada no gás líquido, no momento do mesmo entrar no tubo capilar, do valor da temperatura do vapor saturado quando este deixa o evaporador.

Esta diferença de temperatura é o efeito refrigerante procurado.

6.2. O QUE É CAMADA DE OZÔNIO?

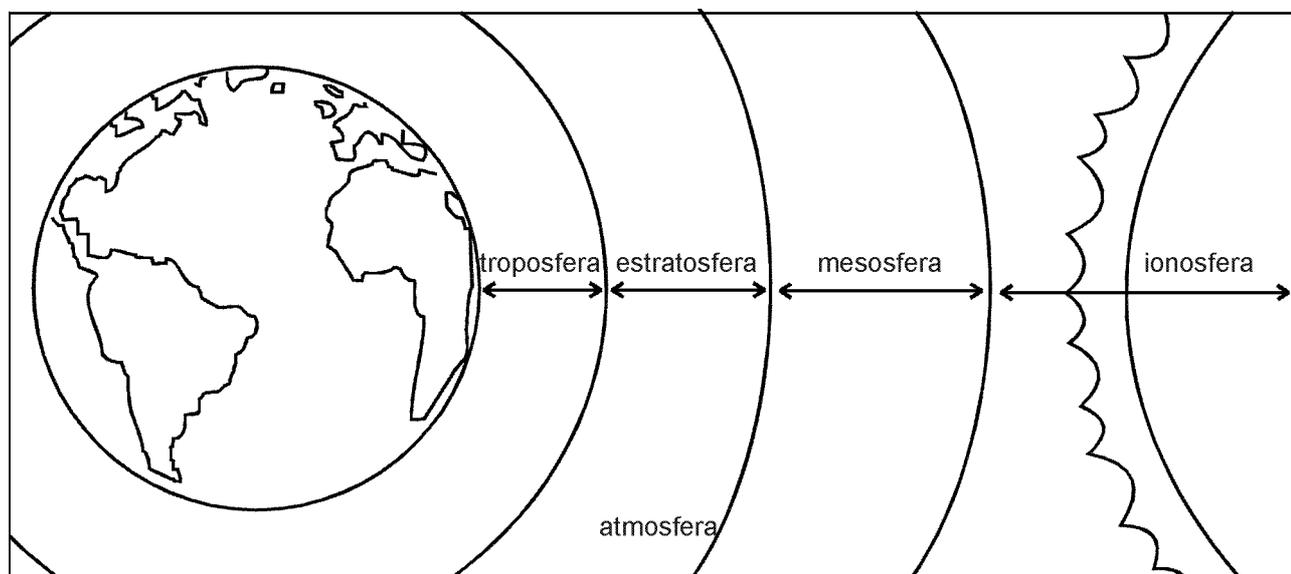


Figura 17: Atmosfera

A atmosfera terrestre divide-se em três partes: a primeira, que vai do chão até 18.000 metros de altura, é chamada de **troposfera**; a segunda, que vai dos 18.000 metros até 70.000 metros, chamada de **estratosfera** e a terceira, acima dos 70.000 metros, a **ionosfera**.

A camada de ozônio encontra-se a uma altitude de aproximadamente 12.000 m da terra.

O Ozônio é um gás que existe em toda a atmosfera terrestre em estado puro e livre de impurezas, sendo um subproduto do oxigênio. Um detalhe muito importante que geralmente causa confusão refere-se às características bastante diferentes que o Ozônio apresenta na troposfera e na estratosfera. Enquanto na estratosfera o Ozônio protege a vida por filtrar a radiação ultravioleta do sol, na troposfera ele é prejudicial à vida animal e vegetal.

Os CFCs representam um perigo para a química estratosférica, já que devido a sua grande estabilidade - **dura de 60 a 120 anos** - eles podem migrar através da troposfera para a estratosfera no decorrer do tempo. Quando os CFCs atingem essa camada intermediária são dissociados por ação de raios ultravioletas, transformando-se em monóxido de cloro e radicais ativos, os quais destroem o ozônio, conforme ilustra a figura abaixo:

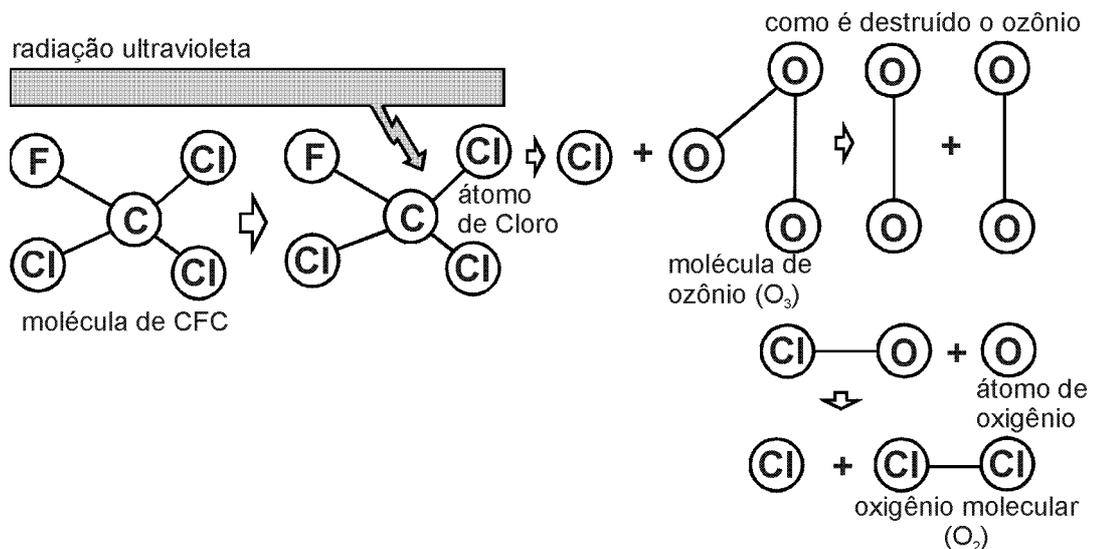


Figura 18: Esquema da reação do CFC com Ozônio (O₃)

A falta da camada de Ozônio permite, portanto a passagem dos raios ultravioletas que em excesso, causariam efeitos destrutivos, tais como:

- Maior incidência de câncer de pele (melanoma) ;
- Aumento dos casos de catarata;
- Retardamento da germinação dos vegetais, dentre outros.

6.3. O CFC E O EFEITO ESTUFA

Gases como o CO₂ e o CH₄ têm a propriedade de reter na atmosfera, parte do calor liberado pelo sol sob a forma de radiação infra-vermelha. Sem este efeito, chamado efeito estufa, nosso planeta seria congelado, com uma temperatura estimada de aproximadamente -20° C.

Estima-se que 19 bilhões de toneladas de CO₂ são lançados anualmente na atmosfera, resultantes da queima de carvão, óleo, gasolina, e madeira. A concentração de CO₂ aumentou aproximadamente 10% durante os últimos 35 anos. Os CFCs contribuem com 15% para o efeito estufa.

A questão crítica é que a liberação sucessiva de gases produzindo o efeito estufa aumentaria a temperatura média de nosso planeta, causando uma ampliação de áreas secas e aumento do nível do mar resultante de derretimento da calota polar.

Na tabela a seguir, podemos identificar o potencial de aquecimento do efeito estufa (GWP) de vários refrigerantes. O CFC 11 é tomado como referência para determinar tanto o ODP (Potencial de destruição do Ozônio) como o GWP (potencial de Aquecimento do Efeito Estufa).

Efeitos potenciais de alguns refrigerantes sobre a atmosfera

PRODUTO	O.D.P.	G.W.P.
CFC-11	1.0	1.0
CFC-12	1.0	3.0
CFC-113	0.9	1.3
CFC-114	0.8	3.8
CFC-115	0.4	7.5
HCFC-123	0.02	0.02
HCFC-124	0.02	0.10
HCFC-141b	0.15	0.15
HCFC-142b	0.06	0.36
HCFC-22	0.05	0.34
HFC-134a	0.0	0.25
HFC-152a	0.0	0.05
HFC-125a	0.0	0.58

Os primeiros passos para a proteção da Camada de Ozônio e contra os efeitos prejudiciais do chamado Efeito Estufa ao meio ambiente do nosso planeta foram dados em 23.05.85, na Convenção de Viena sobre o Clorofluorcarbono. No encerramento desse encontro, a direção executiva do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas concordou em dar continuidade às discussões em novas reuniões. Isso acabou acontecendo através do protocolo de Montreal (1987), a Emenda de Londres (1990) e a Conferência de Copenhagem (1992)

6.4. DETERMINAÇÕES ATUAIS DO PROTOCOLO DE MONTREAL

- CFCs
 - REDUÇÃO DE 75% NA PRODUÇÃO EM 01.01.94
 - REDUÇÃO DE 100% EM 01.01.96

- HCFCs
 - CONGELAMENTO DA PRODUÇÃO EM 01.01.96
 - REDUÇÃO GRADUAL ATÉ EM 2030

- HFCs
 - NÃO ATINGE

* Países em desenvolvimento - dez anos de carência para phase-out (eliminação) em relação aos países desenvolvidos.

6.5. GASES

Ao longo do tempo vários gases foram utilizadas nos sistemas de refrigeração, cada um deles apresentava vantagens e desvantagens como veremos a seguir:

A) **NH₃** (amônia) / **SO₂** (Dióxido de enxôfre - de 1.928 a 1.930)

Vantagens

- Não inflamável
- Bom refrigerante
- Não atacam a camada de ozônio

Desvantagem- Altamente toxico, causando morte de família inteiras

B) **CFC** (Cloro, Flúor e Carbono) - de 1928 até atualmente

Vantagens

- Não inflamável
- Não toxico
- Bom refrigerante

Desvantagem- Destrói gravemente a camada de ozônio

C) **HP 81** (R-402a) - Utilizado pela Metalfrio a partir de 1.995

- Vantagem**
- Não inflamável
 - Não tóxico
 - Bom refrigerante
 - Baixo potencial de destruição a camada de Ozônio

Desvantagem- Embora em níveis bem reduzidos, ainda ataca a camada de Ozônio por um período de 15 anos.

D) **R-134a**- Utilizado pela Metalfrio a partir de 1.995

- Vantagem**
- Não inflamável
 - Baixa toxicidade
 - Não ataca a camada de Ozônio
 - Bom refrigerante

Desvantagem- Maior cuidado durante manuseio

- Necessidade de um novo óleo
- Não miscível com óleo (não arrasta)

O R134a é atualmente o refrigerante escolhido para substituir os CFCs. Os principais motivos são as características ecológicas, que por não conter cloro, não destrói a camada de Ozônio.

Suas propriedades físicas e termodinâmicas são relativamente semelhante as do R-12.

6.6. PRINCIPAIS MODIFICAÇÕES NOS SISTEMAS COM R134a

- **Compressor:** Novo modelo com óleo poliolester (vegetal).
- **Filtro Secador:** Carcaça em cobre, maior gramagem de molecular Sieves XH-9 (elemento secante) em torno de 20%
- **Capilar:** Necessidade teórica de reduzir a vazão .
- **Carga de Gás:** Em geral houve redução de carga.
- **Miscibilidade:** Miscibilidade é a capacidade que um lubrificante possui de mistura-se com o gás refrigerante. A miscibilidade é um fator de extrema importância em um sistema de refrigeração, pois garante que o óleo que normalmente migra para o sistema retorne ao compressor.

Os óleos de origem mineral (não são miscíveis com o novo gás R134a, portanto, foi necessário a utilização de um óleo de origem vegetal (óleo Éster). Os óleos Éster apresentam uma alta capacidade de absorção de água comparadas com o óleo mineral ou sintético (higroscopicidade).

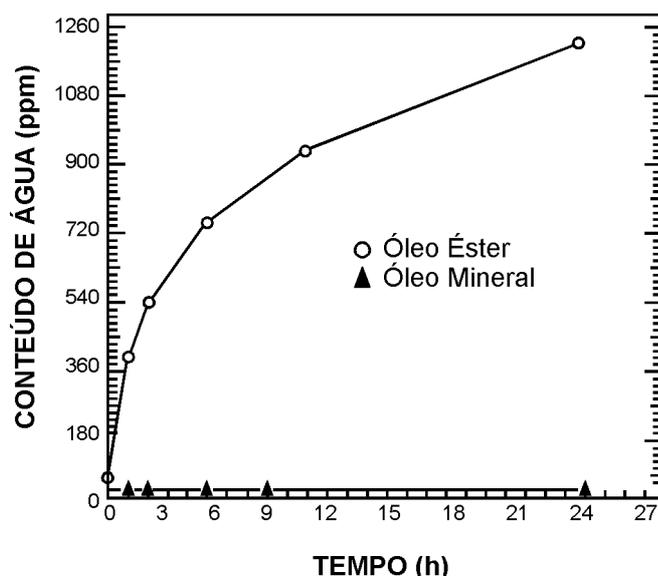


Figura 19: Gráfico comparativo de óleos

- **Filtro Secador:** Os filtros secadores deverão ser específicos para a aplicação com R134a, pois os óleos tipo Polioléster são propensos a hidroligarem (unirem) em contato com a umidade, resultando na formação de ácidos. Após o funcionamento do sistema com o filtro secador adequado instalado, a quantidade de umidade não deverá exceder 10 ppm.
- **Arraste:** Mesmo sendo os óleos tipo Polioléster compatíveis com os óleos minerais, eles não podem ser misturados em sistema com R 134a. A mistura pode resultar na inabilidade do óleo em retornar ao compressor e/ou reduzir a eficiência na troca de calor do evaporador. Entretanto, pequenas quantidades, não superior a 1% de óleo mineral, são aceitáveis nas situações de adaptação de campo.
- **Limpeza:** Cuidados devem ser tomados nas lavagens dos componentes para remover resíduos de processos, pois em função da aplicação do óleo Polioléster, esses resíduos ficam acumulados no tubo capilar. Os componentes não podem conter resíduos clorados, pois contaminam o sistema e produzem reações prejudiciais. Limpar com **nitrogênio (N₂)**.
- **Vácuo:** Os níveis de vácuos para o sistema com R134a são iguais aos para o sistema com R12, (mínimo de 200 micros no sistema e aplicado tanto no lado de alta quanto no lado de baixa pressão). No entanto, se não forem tomados os devidos cuidados para prevenir a entrada de umidade no componente, antes da montagem, o tempo de aplicação do vácuo será mais longo para atingir os limites aceitáveis, tanto de umidade, como de não condensáveis. As recomendações são de 2% de não condensáveis e 80 ppm de umidade.
- **Vazamento:** Os equipamentos para detectar vazamentos devem ser específicos para R134a. Recomenda-se o uso do R134a puro (sem misturar com o ar comprimido ou o nitrogênio).
- **Soldas:** As composições da solda prata não serão alteradas. No entanto, a solda deve ser realizada com o material base isento de resíduos ou lubrificantes, para não ocorrer falhas no material depositado.
A molécula do novo gás R134a é 100 vezes menor que a molécula do gás atual (R12). Isto significa que a solda deve ser perfeita ou o índice de vazamento irá aumentar. Cuidados especiais preparação dos tubos devem ser tomados, assim como, não devem ocorrer oxidação no processo de soldagem.

- **Carga de Gás:** Toda vez que um equipamento de carga for destinado para R134a, deverá ser de uso exclusivo para este tipo de gás, pois as conexões e materiais devem ser específicos e compatíveis com o gás.

A carga de gás pode ser dada no estado líquido como de vapor. Recomenda-se que a carga seja realizada no estado líquido no passador de processo com o compressor desligado.

IMPORTANTE:

- Cuidado deve ser tomado para não ligar o compressor em vácuo. Deverá ser quebrado o vácuo com o gás de aplicação (R134a).
- Nunca misturar materiais utilizados para gases CFC com materiais utilizados para gases HFC.
- Não deixar o sistema aberto (exposto ao ar), pois o óleo utilizado no compressor de produtos com o gás refrigerante R-134a absorve rapidamente a umidade do ar, causando com o tempo, alterações químicas de ácidos e até a queima do compressor.
- **Resíduos Incompatíveis:** Resíduos incompatíveis são aqueles que podem agir sobre o óleo Éster provocando uma reversibilidade na reação na qual se formou o óleo.

Os principais elementos incompatíveis são: água, produtos alcalinos (contrário dos ácidos, geralmente corrosivos, ex.: soda cáustica, amoníaco) e compostos clorados (solventes e removedores de uma maneira geral, ex.: sapólio, veja).

A presença destes produtos em uma primeira fase pode provocar um aumento da acidez do óleo, que por sua vez reagirá com componentes metálicos formando sais, com riscos para o sistema de refrigeração por uma provável obstrução do tubo capilar, ou a degradação/fragilização de materiais isolantes do motor levando à queima do motor elétrico.

Recomendação: Evitar estes resíduos incompatíveis como por exemplo, os óleos protetivos que tendem a ser fortemente alcalinos;

Solventes atualmente usados (R11, R113, tricloroetileno) são substâncias cloradas.

- **Resíduos Imiscíveis:** Resíduos imiscíveis são aqueles que em temperatura maiores que -35°C , não se dissolvem na mistura óleo éster + R134a.

Os principais elementos imiscíveis são:

- ceras - parafina,
- graxas - silicones, graxas de proteção.

Estes produtos submetidos a altas temperaturas como as encontradas no compressor e no condensador, podem dissolver-se no óleo Éster + R134a e caminhar pelo circuito de refrigeração. Nos pontos de baixa temperatura como no evaporador e na saída do tubo capilar ocorre uma separação/ solidificação destas substâncias, com a possibilidade de obstrução do tubo capilar.

EQUIPAMENTOS:

Devido ao novo gás, alguns equipamentos passam a ser indispensáveis para o trabalho da Rede de Serviço Técnico Autorizado:

- **Bomba de vácuo:** Deve trabalhar com materiais compatíveis com R134a, tal como óleo ou vide tabela a seguir. É importante ressaltar que uma boa manutenção preventiva da sua bomba de vácuo garante uma melhor performance do seu trabalho.
- **Manifolds e Mangueira:** Devem ser utilizados materiais específicos para o novo gás em função da compatibilidade.
- **Engate rápido ou válvulas:** Especiais para aplicação vide tabela.
- **Detector de vazamento:** Específico para o novo gás.
- **Balança:** Utilizada para pesar a carga de reoperação é a mesma.

COMPATIBILIDADE DOS ELASTÔMEROS COM O CFC12 x HFC134a (tabela 2)

	CFC -12	HFC -13a
--	---------	----------

	25°C	80°C	25°C	80°C
Uretano	1	5	2	5
Adiprene C	1	0	1	0
Buna N	3	4	3	2
Buna S	2	4	0	3
Hypalon 48	1	0	1	0
Borracha Natural	4	5	0	2
Neoprene W	0	1	0	2
Borracha Hidrocarbono Nordel	2	2	1	1
Borracha Silicone	5	5	2	2
Borracha 1Thiokolfa	1	1	1	0
Borracha Viton A	5	5	5	5

Códigos: 0 = Sem mudança
 1 = Mudança aceitável
 3 = Mudança levemente inaceitável
 4 = Mudança moderadamente inaceitável
 5 = Mudança gravemente inaceitável
 6 = Mudança gravemente inaceitável

- Hypalon, Nordel e Viton são marcas registradas da DuPont.
- Adiprene é marca registrada da Uniroyal. Thuokol é marca registrada da Norton Thiokol.

7. CIRCUITO FRIGORÍFICO

7.1. COMPRESSOR

O compressor tem como função fazer que o gás refrigerante circule pelo sistema.

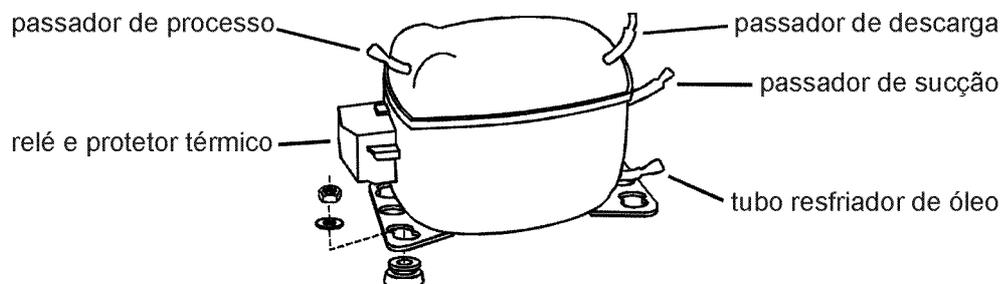


Figura 20: Compressor

7.1.1. COMPONENTES INTERNOS

Internamente o compressor possui dois grupos fundamentais: a parte mecânica (compressor) e a parte elétrica (motor). O conjunto motor-compressor é suspenso internamente por três molas com a finalidade de reduzir ruídos provocados pelo seu funcionamento.

A compressão e sucção é feita pela biela e pistão, em conjunto com válvulas de descarga e a válvula de sucção.

O eixo excêntrico tem na sua extremidade inferior o bombeamento de óleo obtido através das furações no centro do eixo e pela ranhura na parte de atrito com o mancal, lubrificando todas as partes móveis e que sofrem atritos.

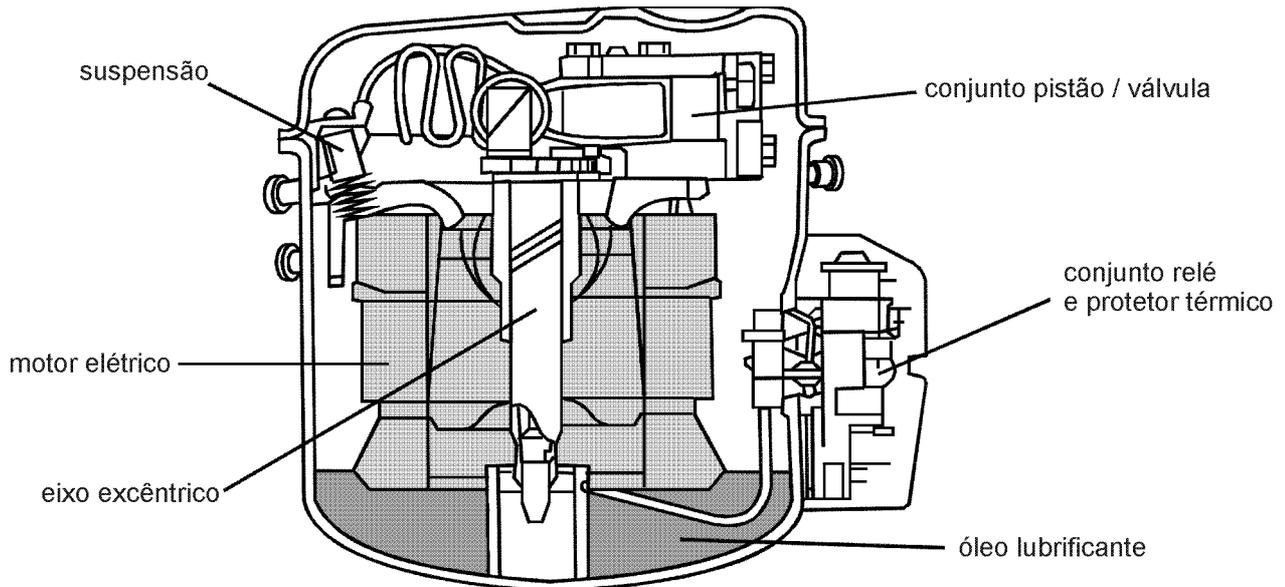


Figura 21: Componentes internos

O compressor mais utilizado em refrigeração é do tipo hermético. Nesse tipo de compressor o conjunto é montado no interior de uma carcaça selada não permitindo acesso às partes internas. Para o perfeito funcionamento da parte mecânica do compressor é necessário que este possua um óleo lubrificante, cuja função é reduzir o atrito e conseqüentemente o desgaste das peças móveis.

7.1.2. FUNCIONAMENTO

Quando o estator é energizado, é criado um campo magnético, fazendo com que o rotor comece a girar. O movimento giratório do rotor é transmitido através de um eixo ao pistão. Na cabeça do pistão há uma placa que possui duas palhetas (lâminas) que, em conjunto com o pistão, farão a sucção e compressão do fluido refrigerante da seguinte forma:

- 1º Quando o pistão está na parte baixa, a palheta de sucção se abre admitindo o fluido refrigerante do evaporador;
- 2º Quando o pistão estiver na posição alta, a palheta de sucção se fecha para evitar que o fluido refrigerante volte para o evaporador e a palheta de compressão se abre lançando o fluido refrigerante para o condensador.

Todo conjunto mecânico do compressor é suspenso por três molas, conferindo ao compressor níveis de ruído muito baixo durante seu funcionamento.

7.1.3. TESTE ELÉTRICO

- 1º Com um multímetro na escala x 1, verifique se há continuidade e se a resistência ôhmica é diferente de zero entre os terminais das bobinas comum e principal, comum e auxiliar e entre as bobinas principal e auxiliar.

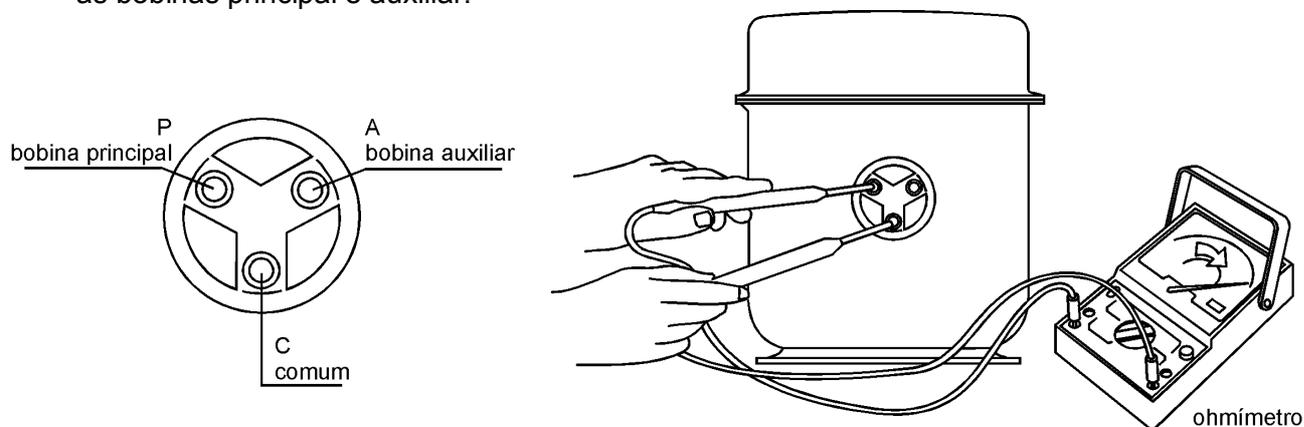


Figura 22: Teste elétrico do compressor

- 2º Com o multímetro na escala mais alta do aparelho (mínimo x 10K), faça o teste de *massa* (passagem de corrente da bobina para a carcaça do compressor), verificando a continuidade entre os três bornes (comum, principal e auxiliar) e a carcaça do compressor, em um ponto onde não haja tinta.

Não poderá haver continuidade, caso contrário, o compressor está defeituoso.

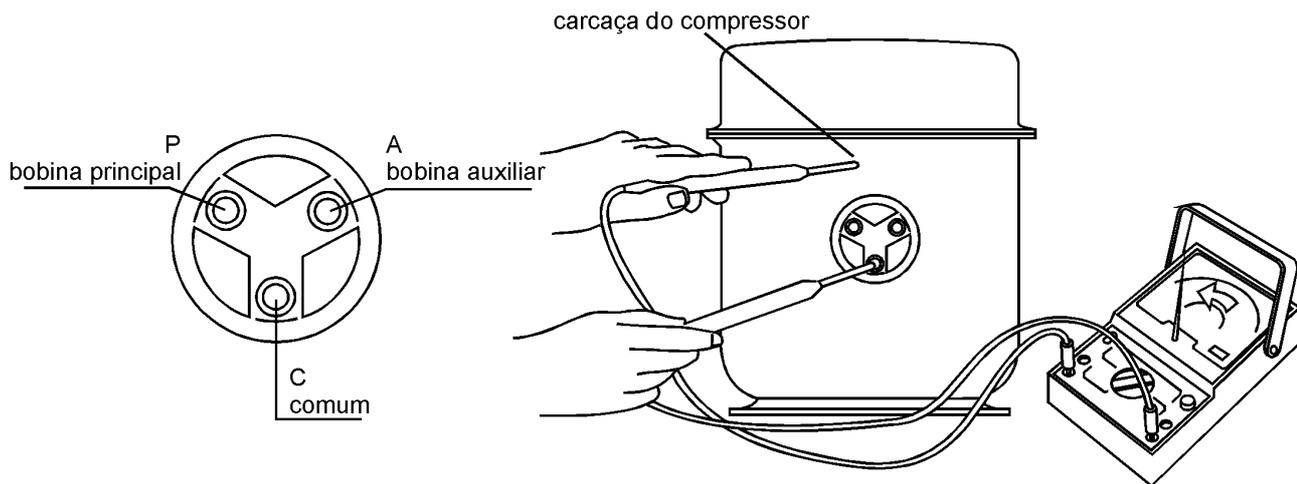


Figura 23: Teste de massa do compressor

7.1.4. TESTE MECÂNICO

- 1º Utilize um maçarico e solde nas extremidades dos tubos de sucção, descarga e processo, tubos de cobre com 220 mm de comprimento, lacrando em seguida a linha de sucção.
- 2º Conecte a mangueira do manômetro de baixa pressão (azul) ao passador de processo: a mangueira vermelha no passador de descarga (sem conectá-la, ainda), ao manômetro de alta pressão e a mangueira amarela de manifold ao nitrogênio, fazendo passar pelo compressor uma pressão de 5 Lbs/pol².
- 3º Conecte a mangueira do manômetro de alta no manifold e ligue o compressor, marcando o tempo que o mesmo leva para atingir 300 Lbs/pol². Desligue imediatamente o compressor quando isso ocorrer.

OBSERVAÇÃO: A queda de pressão não poderá ser superior a 10%, ou seja, 30 Lbs/pol² no mesmo espaço de tempo que o compressor levou para atingir as 300 Lbs/pol².

- 4º Retire, através das conexões do manifold, uma parte da pressão, mantendo 150 Lbs/pol² no tubo do passador de descarga, dando uma nova partida no compressor. O compressor deverá partir. Desligue-o imediatamente.

IMPORTANTE:

- **Compressão de óleo:** Antes de considerar o compressor com funcionamento perfeito, verifique se o mesmo não está comprimindo óleo em excesso ao sistema; pois todos os compressores comprimem uma película de óleo. Esta checagem é realizada ligando o compressor e verificando se na saída do tubo de descarga está expelindo ou pingando óleo.
- **Ruído:** Se no funcionamento do compressor for notado ruído metálico (atrito entre partes de ferro), o sistema amortecedor interno do compressor poderá estar avariado ou com algum componente interno solto. Nestes casos, o compressor deverá ser trocado.
- **Devolução do compressor:** Quando ficar constatado que o compressor deva ser trocado em garantia, proceda como o descrito no Boletim Técnico BTR 18/90 (Devolução de Compressores).

Por se tratar de um compressor ecológico (R134a) este vem equipado com óleo éster, que possui um alto índice de higroscopicidade (capacidade que uma substância possui em absorver umidade), portanto é imprescindível que os tubos do compressor **NUNCA** fiquem abertos por um tempo superior a 15 minutos.

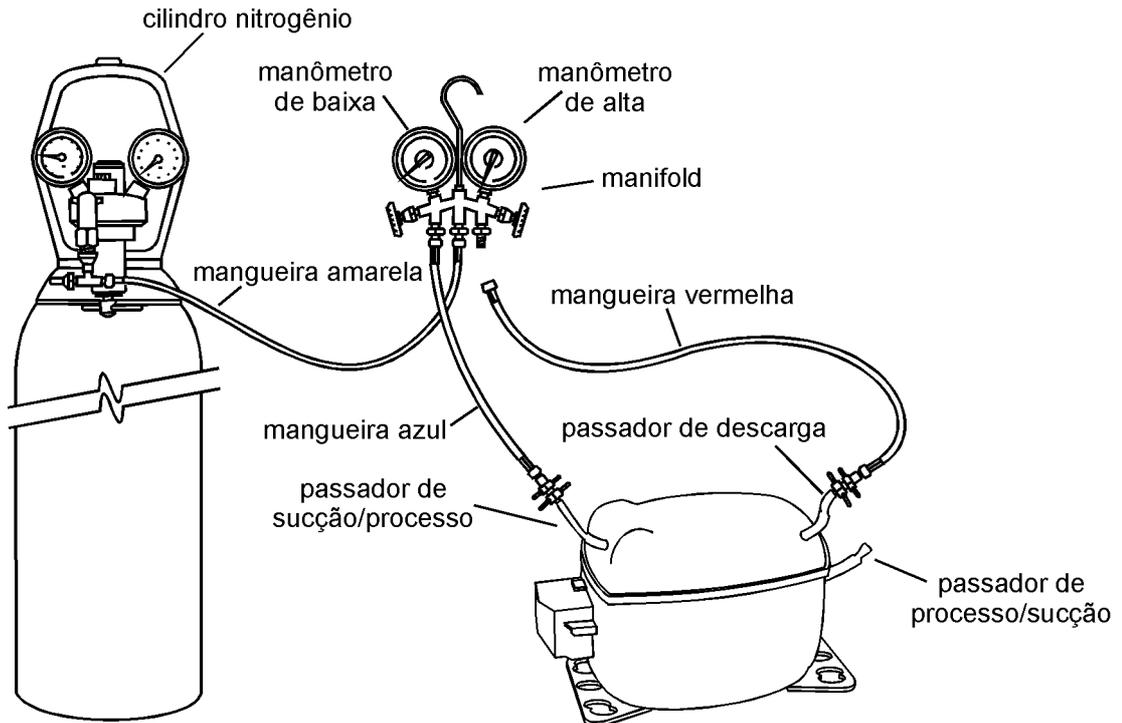


Figura 24: Conexões do manifold

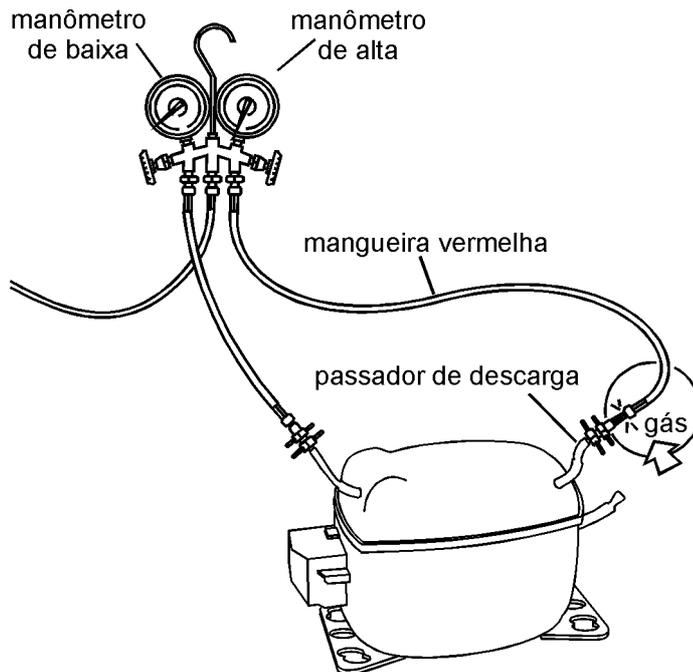


Figura 25: Retirada de parte da pressão

7.2. CONDENSADORES

O condensador é um trocador de calor.

Sua finalidade é liberar para o ambiente o calor absorvido pelo fluido refrigerante no evaporador.

- Os condensadores resfriados a ar são os mais usados em refrigeração doméstica, a circulação de ar pode se dar de duas maneiras: **por circulação natural e por circulação forçada.**

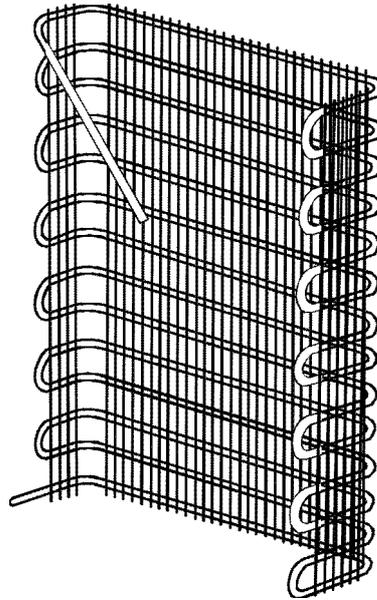


Figura 26: Condensadores estáticos

No condensador estático, o gás refrigerante superaquecido, vindo do compressor, transmite seu calor ao ar que está em contato com as aletas, tornando-o mais leve. O ar quente por ser mais leve sobe e seu lugar é ocupado, por ar fresco, o qual por sua vez também se aquece e sobe, produzindo dessa maneira uma circulação natural e contínua pelo condensador que é chamada de **convecção natural**.

7.2.1. CIRCULAÇÃO FORÇADA DE AR

Para refrigeradores comerciais, torna-se necessário aumentar a circulação de ar através do condensador, devido a maior frequência de abertura de portas, isso é conseguido através de um micro motor.

Os condensadores forçados podem ser: **Aleta, Coluna** ou **Helicoidal**.

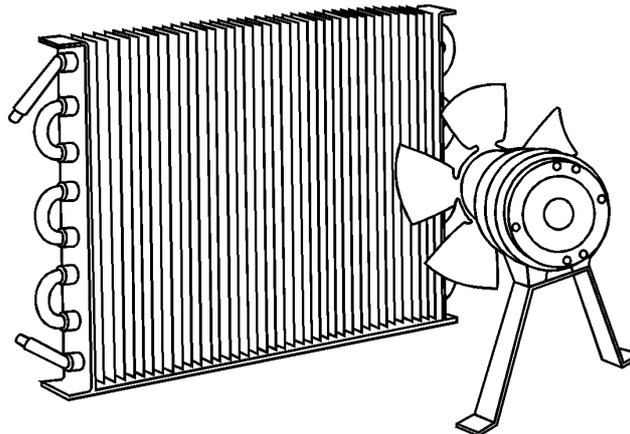


Figura 27: Condensadores forçados

7.3. EVAPORADORES

Assim como os condensadores, os evaporadores são trocadores de calor, só que nestes casos, a troca de calor ocorre entre o alimento ou o ambiente interno do produto com o gás refrigerante.

Os refrigeradores modernos, em sua grande maioria, utilizam evaporador de alumínio produzido pelo sistema Roll Bond. Este tipo de evaporador é feito a partir de duas chapas de alumínio unidas por caldeamento a 500°C. Antes do caldeamento, os canais são impressos em grafite nas chapas com a finalidade de que o caldeamento não se realize nestas pontas. Após, os canais são expandidos sob uma pressão de 150 ATM.

Os evaporadores do tipo Cold-Wal, consistem em um gabinete interno ou tanque enrolado por tubo sem soldas. Este tipo de evaporador é largamente utilizado nas indústrias de refrigeradores horizontais e para sua fabricação são utilizados cobre, Bundy, etc.

7.3.1. TESTE DE VAZAMENTO DO EVAPORADOR COLD WALL

Para limpar e testar o evaporador Col Wall, proceda como indicado a seguir:

- 1º Com um maçarico desconecte o tubo de sucção e o capilar do evaporador.
- 2º Solde duas pontas de cobre de aproximadamente 150 mm na entrada e saída do evaporador, respectivamente.
- 3º Proceda a limpeza do evaporador passando Nitrogênio (N₂) pela tubulação.
- 4º Lacre uma das extremidades com um maçarico.
- 5º Pressurize o evaporador com 250 PSI de Nitrogênio (N₂), em seguida lacre a outra extremidade.

OBSERVAÇÃO: Nos evaporadores tipo roll bond não se deve exceder 100 PSI de Nitrogênio.

- 6º Faça teste de vazamento nas soldas executadas.
- 7º Mantenha o evaporador pressurizado por 24 horas.
- 8º Após 24 horas abra o sistema e verifique se a queda de pressão não é superior a 25 PSI.

7.4. FILTRO SECADOR

Filtros secadores são componentes instalados em sistema de refrigeração com a função de reter a umidade e partículas sólidas. São construídos em cobre ou ferro. Internamente possui uma tela grossa na entrada e uma tela fina na saída, entre as telas são colocados dessecantes que podem ser **molecular Sieves** ou **Silicagel** que absorvem umidade em um sistema de refrigeração.

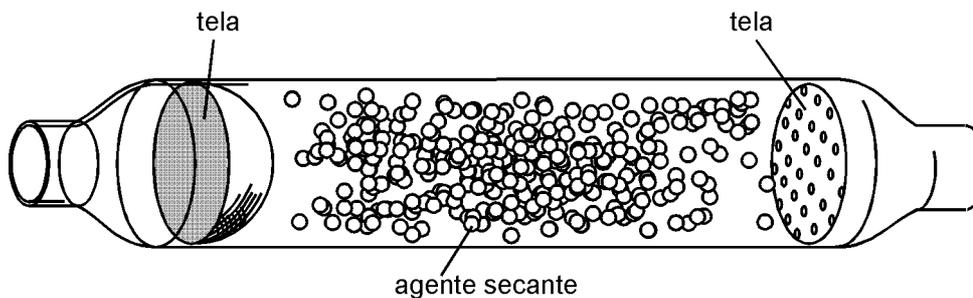


Figura 28: Filtro secador

7.5. TUBO CAPILAR

O tubo capilar é um tubo com diâmetro interno reduzido, que separa a linha de alta pressão da de baixa, para provocar uma mudança de estado. Seu nome técnico é intercambiador de calor devido ao mesmo estar sempre enrolado ao tubo de sucção trocando calor com o mesmo.

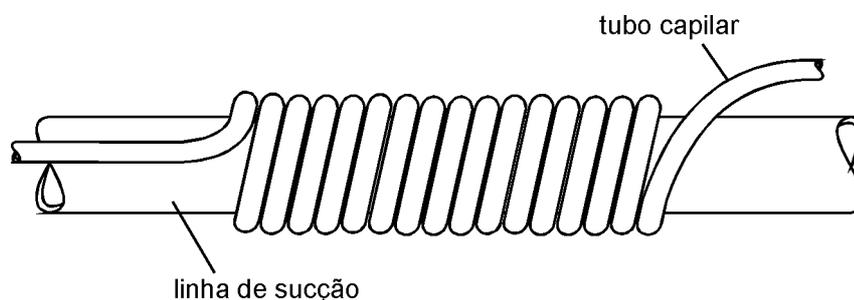


Figura 29: Tubo capilar

7.6. YODDER LOOP (TUBO DE AQUECIMENTO)

Localizado dentro do gabinete ao redor do compartimento freezer, o Yodder Loop é um tubo metálico zincado a fogo que deriva da parte aquecida da unidade selada e tem como finalidade aquecer essa região para que não ocorra sudação (formação de água).

7.6.1. TESTE DE VAZAMENTO DO TUBO DE AQUECIMENTO

- 1º Com um maçarico, desconecte as soldas dos tubos de aquecimento e, em seguida, solde duas pontas de tubo de cobre de aproximadamente 150 mm nas extremidades;
- 2º Proceda a limpeza do tubo de aquecimento utilizando nitrogênio;
- 3º Lacre uma das extremidades do Yodder Loop;
- 4º Pressurize o tubo de aquecimento com aproximadamente 250 PSI de nitrogênio (N_2);
- 5º Lacre a outra extremidade e mantenha o tubo de aquecimento pressurizado por 24 horas;
- 6º Após 24 hs conecte novamente o manômetro e verifique se a perda não é superior a 15 PSI

7.7. SEPARADOR DE LÍQUIDOS

O separador de líquido é um tubo de grande diâmetro, o qual acumula o gás refrigerante em estado líquido, para que este não retorne ao compressor. Normalmente o separador de líquido conterá o gás refrigerante em estado líquido (na parte inferior) e em estado de vapor (na parte superior). Para a eficiente operação do sistema, não é permissível a entrada de gás refrigerante em estado líquido no tubo de sucção e, para evitar isso, o tubo de sucção é soldado ao separador de líquido perto do topo, onde existe somente vapor acumulado. O líquido refrigerante deve estar totalmente no estado gasoso antes de deixar o separador.

7.8. CICLO BÁSICO DE REFRIGERAÇÃO

O fluido refrigerante entra no evaporador em estado líquido; troca calor com os alimentos e se evapora; em seguida, é succionado pelo compressor em estado gasoso e baixa pressão.

É comprimido para o condensador em estado gasoso e alta pressão. Passando pelo condensador, até encontrar o capilar que provocará um aumento de pressão e conseqüentemente alteração no ponto de ebulição do gás refrigerante, que através da troca de calor com o ambiente se liqüefaz, passando pelo filtro e reiniciando todo o processo novamente.

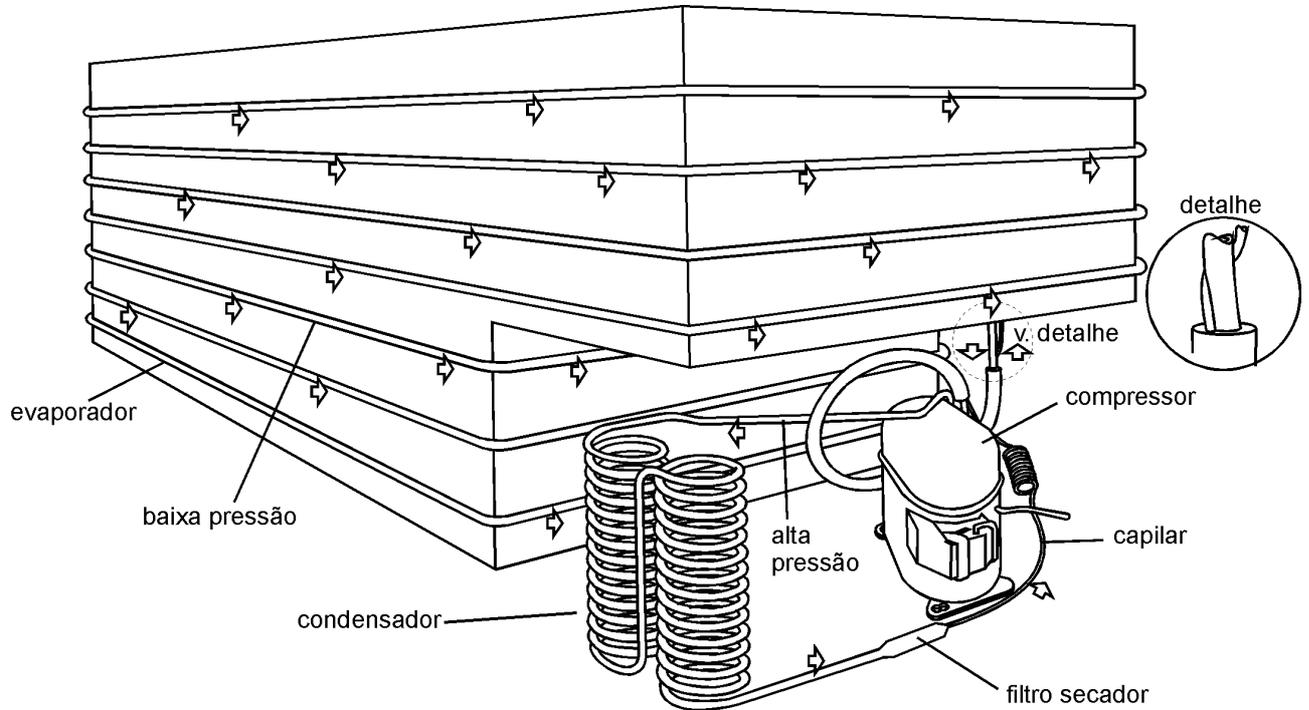


Figura 30: Ciclo básico de refrigeração

7.9. CIRCUITO ELÉTRICO DO COMPRESSOR

Nos instantes iniciais em que o produto é ligado, teremos energizado o ponto comum (c) e a bobina de marcha (M) do compressor enquanto a bobina auxiliar (A), que é responsável pela partida do compressor, permanece desligada. Isso faz com que a intensidade da corrente (amperagem) aumente, criando um campo magnético na bobina do relê de partida, acionando o enrolamento auxiliar do compressor.

Agora que o enrolamento auxiliar está energizado, o compressor começa a funcionar e a intensidade de corrente (amperagem) volta ao normal, desligando o enrolamento auxiliar (A).

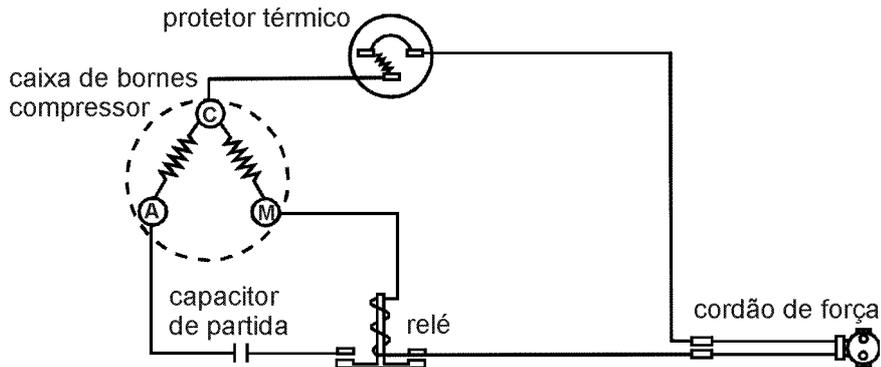


Figura 31: Circuito elétrico do compressor

Observação: Alguns compressores não necessitam de capacitor de partida.

7.10. RELÉ DE PARTIDA (ELETROMAGNÉTICO)

O relê tem como função dar a partida no compressor, ligando e desligando o enrolamento auxiliar (Vide figura anterior).

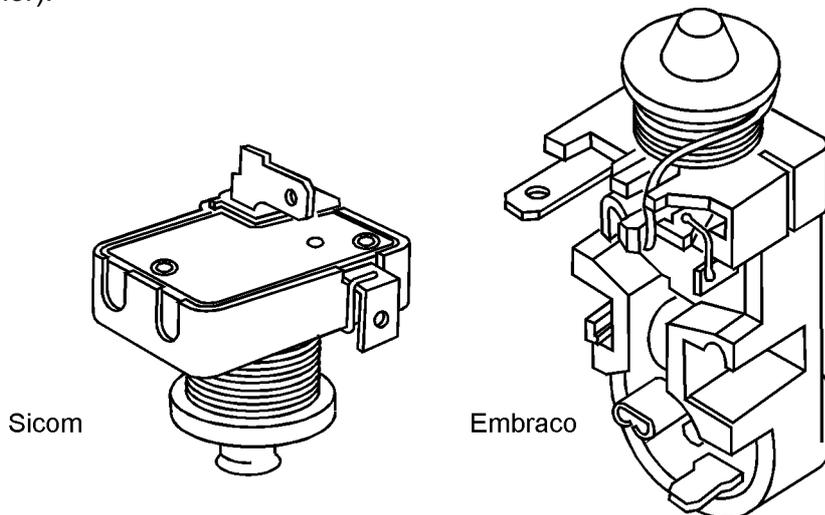


Figura 32: Relé de partida

7.10.1. TESTE DO RELÉ DE PARTIDA

Com o auxílio de um multímetro na escala X1 certifique-se da existência de continuidade entre os terminais da bobina do relê na posição vertical. Certifique-se também da não existência de continuidade entre os terminais de força e auxiliar de partida.

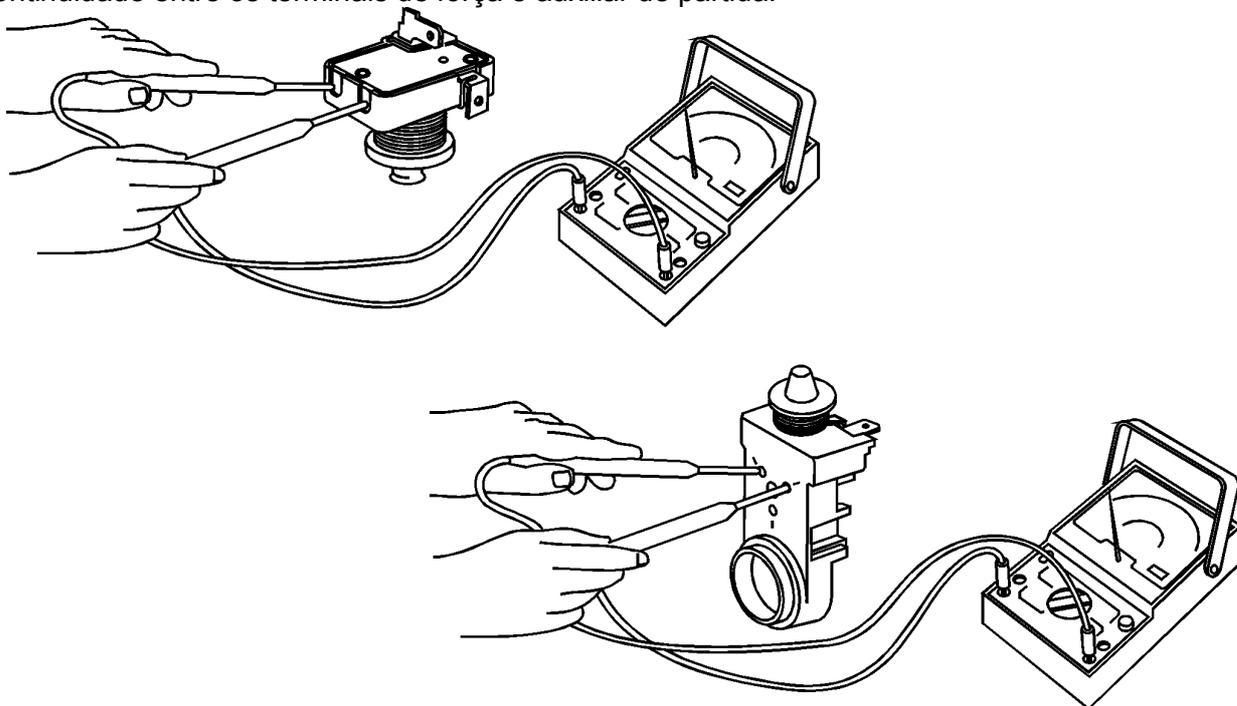


Figura 33: Teste do relé de partida

Logo após vire o relé com a sua parte superior para baixo, deverá haver continuidade nos terminais.

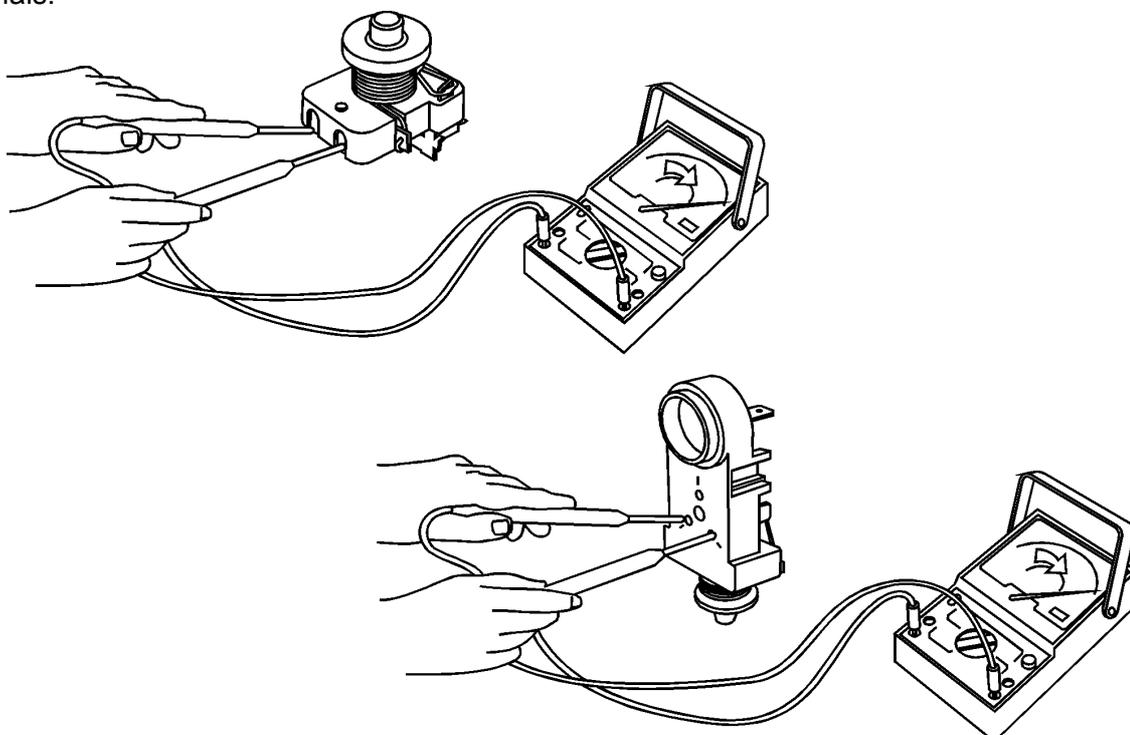


Figura 34: Teste do relé

Observação:

É aconselhável um teste operacional, pois o relé pode apresentar falhas em operação como:

- Desligar o auxiliar do compressor após ou antes do ideal, provocando o desligamento do mesmo pelo protetor térmico devido ao aumento da intensidade de corrente (amperagem).

7.11. PROTETOR TÉRMICO

O protetor térmico é acoplado junto à carcaça do compressor, possui duas lâminas bimetálicas com coeficientes de dilatação diferentes, que quando aquecidas, interrompem a continuidade entre seus terminais.

A sua função é desligar o compressor caso a temperatura do mesmo aumente ou ocorra um aumento da intensidade de corrente (amperagem).

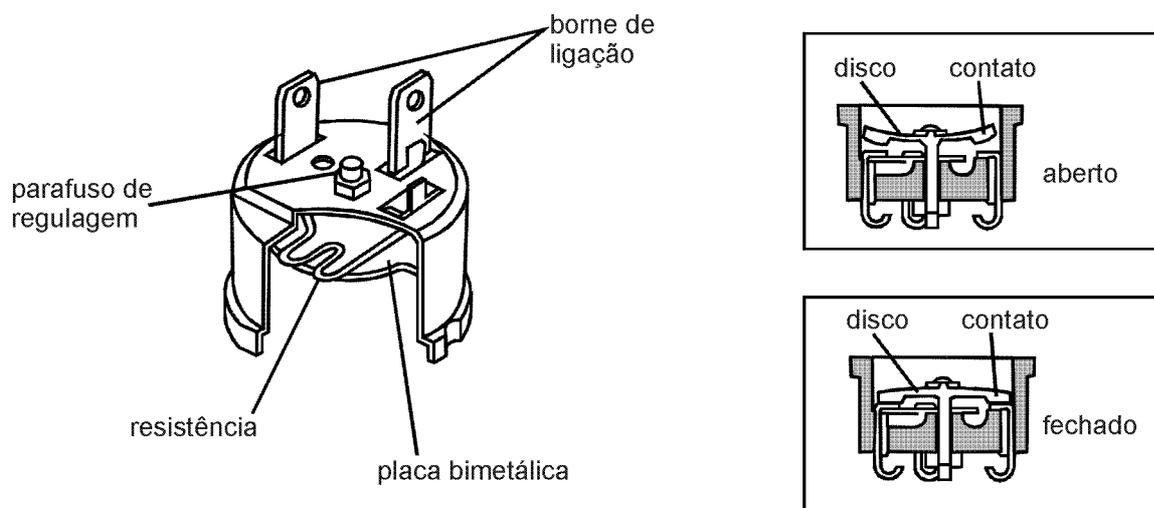


Figura 35: Protetor térmico

7.11.1. TESTE DO PROTETOR TÉRMICO

Com um multímetro na escala x1, certifique-se da continuidade entre os terminais do protetor térmico.

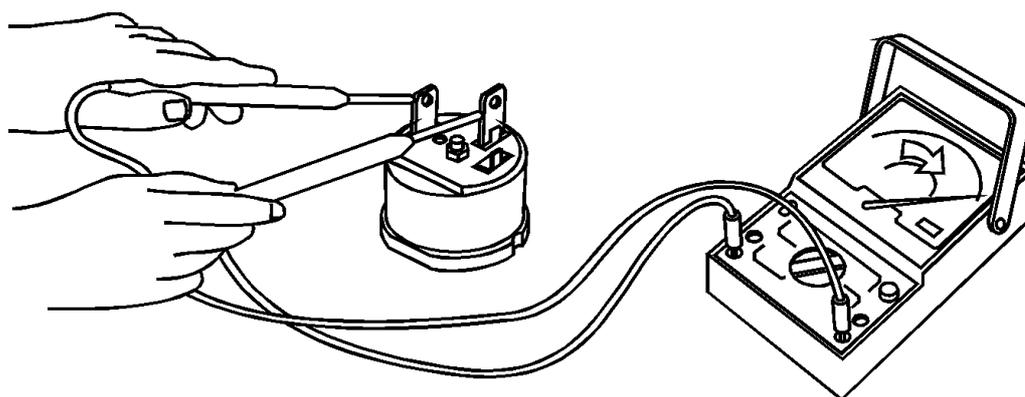


Figura 36: Teste do protetor térmico

Observação: O protetor térmico deve ser testado operacionalmente, pois pode apresentar falhas no ajuste, desligando o compressor em condições normais de temperatura e intensidade de corrente (amperagem).

7.12. CAPACITOR DE PARTIDA

Sua função é armazenar carga para auxiliar na partida do compressor. O capacitor é ligado entre o relê e a bobina auxiliar do compressor (em série). Internamente é composto por duas placas metálicas separadas por papelão, óleo, ar, etc.

7.12.1. TESTE DO CAPACITOR

ATENÇÃO: Antes de iniciar o teste do capacitor, descarregue-o ligando um resistor de 20 k e 2 watts entre seus terminais.

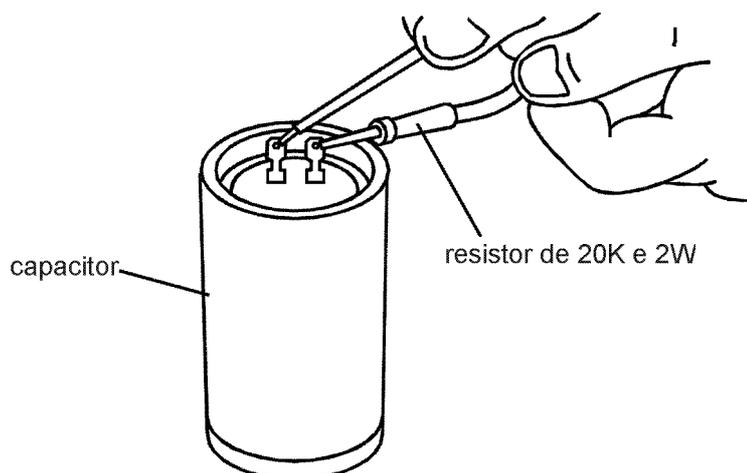


Figura 37: Descarregamento do capacitor

Com um ohmímetro na escala mais alta do aparelho (mínimo X10K), teste a continuidade entre os terminais do capacitor.

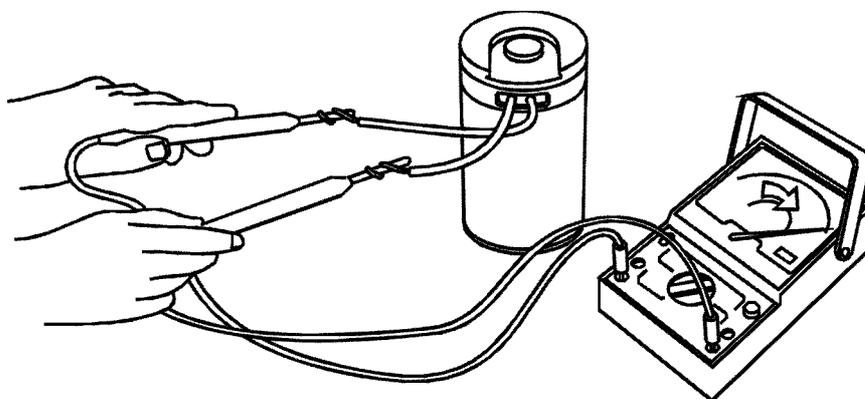


Figura 38: Teste do capacitor

8.1.2. ENTUPIENTO PARCIAL DA TUBULAÇÃO (SOLDA / AMASSAMENTO)

Verifique se a tubulação apresenta dobras excessivas, avarias ou se há soldas mal feitas ou tubos reformados pela mesma.

8.1.3. ENTUPIENTO POR UMIDADE NO TUBO CAPILAR

Para a comprovação do problema, coloque um pano umedecido em água morna na entrada do evaporador, certificando-se do retorno da circulação de gás refrigerante, reopere a unidade selada.

8.1.4. CONDENSADOR SUJO / OBSTRUÍDO

Limpe o condensador ou desobstrua as passagens de ar para o condensador.

8.1.5. NIVELAMENTO INCORRETO

Havendo ruído, verifique se desaparece quando nivelamos o produto.

8.1.6. FIXAÇÃO DE COMPONENTES

Verifique se o ruído tem origem na fixação de componentes como: ventiladores, termostatos, fixações em geral.

8.1.7. MÁ VEDAÇÃO DA TAMPA

Verifique se a tampa está mal ajustada ou se a gaxeta está rachada, descolada, deformada, etc. Ajuste a tampa e/ou troque a gaxeta.

8.1.8. LOCALIZAÇÃO INADEQUADA (SEM CIRCULAÇÃO DE AR / LOCAL MUITO QUENTE)

O produto não deve ficar perto de fogões ou de janelas expostas ao sol. Locais sem ventilação também prejudicam o seu funcionamento. A troca de calor do condensador com o ar ambiente é fundamental para o rendimento do aparelho.

8.1.9. UMIDADE DO AR (ACIMA DE 85%)

Explique ao cliente que não se trata de defeito do refrigerador, mas de uma característica do clima da região.

8.1.10. ABERTURA EXCESSIVA DA TAMPA

Instrua o consumidor para evitar a abertura constante da tampa, assim como, por tempo prolongado.

8.1.11. FALHAS NO ISOLAMENTO TÉRMICO

Localize, substitua ou complete o isolamento térmico.

8.1.12. EXCESSO DE GÁS REFRIGERANTE

Verifique se há pingamento de água pela linha de retorno (sucção), se houver reopere a unidade selada e coloque a carga de gás recomendada.

8.1.13. FALTA / INSUFICIÊNCIA DE GÁS REFRIGERANTE (VAZAMENTO)

Geralmente neste caso, forma-se uma camada irregular de gelo no evaporador (“gelo falso”) e uma insuficiência de refrigeração é observada, podendo provocar até o não desligamento do aparelho pelo termostato. No caso de vazamento, localize-o e reopere a unidade selada.

8.1.14. FIXAÇÃO INADEQUADA DO COMPRESSOR

Verifique se os amortecedores de borracha estão soltos ou muito apertados. Se estiverem, afrouxe-os, pois do contrário o amortecimento das vibrações será prejudicado.

8.1.15. COMPRESSOR INADEQUADO (BAIXA OU ALTA CAPACIDADE)

Troque o compressor pelo modelo adequado, conforme tabela de aplicação. No caso de baixo rendimento por desgaste do compressor, após a comprovação do defeito, através do teste do mesmo, troque-o.

8.1.16. SUSPENSÃO / FALTA DE LUBRIFICAÇÃO DO COMPRESSOR

Se após analisar os itens 8.1.1., 8.1.2., 8.1.5., 8.1.6. e 8.1.14., anteriormente descritos, o ruído persistir, sua origem pode estar no compressor, provocado pela sua suspensão interna danificada ou falta de lubrificação.

8.1.17. COMPRESSOR TRAVADO

Teste o compressor conforme descrito anteriormente neste manual.

8.1.18. RENDIMENTO DO COMPRESSOR (COMPRESSÃO OU SUCÇÃO)

Teste o compressor conforme descrito anteriormente neste manual.

8.1.19. COMPRESSOR INTERROMPIDO (QUEIMADO)

Teste o compressor conforme descrito anteriormente neste manual.

8.1.20. COMPRESSOR JOGANDO ÓLEO EM EXCESSO NO SISTEMA

Teste o compressor conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2. ORIENTAÇÕES PARA A SOLUÇÃO DE IRREGULARIDADES ELÉTRICAS

DEFEITO ELÉTRICO			
		REFRIGERA MUITO	
		REFRIGERA POUCO	
		CHOQUE ELÉTRICO	
		SUOR EXTERNO NO GABINETE	
		SUOR INTERNO NO GABINETE	
		CONSUMO DE ENERGIA ALTO	
		NÃO FUNCIONA. COMPRESSOR NÃO LIGA/PROTETOR TÉRMICO NÃO DÁ SINAL	
		NÃO FUNCIONA. COMPRESSOR DESLIGA/PROTETOR TÉRMICO DÁ SINAL	
		NÃO FUNCIONA. COMPRESSOR DESLIGA PELO PROT. TÉRMICO APÓS PARTIDA	
POSSÍVEIS CAUSAS		VEJA ITEM	
	●	FALTA DE TENSÃO NA TOMADA	8.2.1.
	● ● ●	TENSÃO MUITO BAIXA	8.2.2.
	● ● ●	TENSÃO MUITO ALTA	8.2.3.
	●	CABO DE FORÇA OU FIAÇÃO INTERROMPIDA	8.2.4.
●		FUGA DE CORRENTE	8.2.5.
●		FALTA DE ATERRAMENTO OU ATERRAMENTO INADEQUADO	8.2.6.
	●	TERMOSTATO DESLIGADO	8.2.7.
	●	TERMOSTATO INTERROMPIDO	8.2.8.
●	● ● ●	TERMOSTATO NÃO DESLIGA	8.2.9.
●		TERMOSTATO REGULADO NA POSIÇÃO MÁXIMA (Mais fria)	8.2.10.
●		TERMOSTATO REGULADO NA POSIÇÃO MÍNIMA (Menos fria)	8.2.11.
● ●	● ● ● ●	TERMOSTATO COM BULBO FORA DA POSIÇÃO ORIGINAL	8.2.12.
● ●	● ● ● ● ●	TERMOSTATO DESREGULADO	8.2.13.
	● ●	PROTETOR TÉRMICO INTERROMPIDO/DESREGULADO	8.2.14.
	● ●	RELÉ DE PARTIDA DEFEITUOSO	8.2.15.
	●	CAPACITOR DE PARTIDA EM CURTO OU ABERTO	8.2.16.
	● ●	ENROLAMENTO DO MOTOR DO COMPRESSOR INTERROMPIDO	8.2.17.
	● ● ● ●	COMPRESSOR COM PASSAGEM DE CORRENTE PARA A CARÇAÇA	8.2.18.
	● ● ● ●	COMPRESSOR COM ALTA AMPERAGEM (Corrente elevada)	8.2.19.
●	● ● ●	TECLA "FAST FREEZING" ACIONADA	8.2.20.

8.2.1. FALTA DE TENSÃO NA TOMADA

Verifique com um voltímetro se há tensão na tomada.

8.2.2. TENSÃO MUITO BAIXA

No caso de oscilações de voltagem no fornecimento de energia elétrica em até 15% do nominal (127 ou 220V), o consumidor deverá ser orientado quanto à utilização de um estabilizador de voltagem (tensão).

O problema pode estar localizado na distribuição do circuito elétrico ou no fornecimento da companhia de eletricidade. Para a solução o consumidor deverá consultar um eletricista ou a companhia de fornecimento de energia elétrica.

8.2.3. TENSÃO MUITO ALTA

Idem a orientação anterior.

8.2.4. CABO DE FORÇA OU FIAÇÃO ELÉTRICA INTERROMPIDA

Utilizando um ohmímetro, verifique se o cabo ou fiação não estão interrompidos. Corrija a irregularidade.

8.2.5. FUGA DE CORRENTE

Certifique-se da existência de choque elétrico com uma lâmpada "Test-On-Light" após a confirmação, com multímetro verifique se os componentes estão com fuga de corrente (em massa) ou se o chicote de fios está em contato com a estrutura / gabinete do aparelho. Troque o componente danificado ou corrija a irregularidade no chicote de fios.

8.2.6. FALTA DE ATERRAMENTO OU ATERRAMENTO INADEQUADO

Verifique a ligação “Terra”. Se necessário refaça o aterramento. Não utilize o fio neutro como “Terra”.

8.2.7. TERMOSTATO DESLIGADO

Gire o botão do termostato até o ponto desejado e observe se o compressor dá a partida. Dê instruções de uso ao consumidor.

8.2.8. TERMOSTATO INTERROMPIDO

Teste o termostato conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2.9. TERMOSTATO NÃO DESLIGA

Idem ao anterior.

8.2.10. TERMOSTATO REGULADO NA POSIÇÃO MÁXIMA (MAIS FRIO)

Gire o botão do termostato para o ponto mínimo (menos frio) e verifique se o compressor desliga **dentro da faixa em uso**. O termostato com eixo na posição de final de curso pode não desligar, instrua o consumidor (*).

8.2.11. TERMOSTATO REGULADO NA POSIÇÃO MÍNIMA (MENOS FRIO)

Regule o termostato na posição adequada e instrua o consumidor quanto à utilização correta (*).

*** (Em ambos os casos - itens 8.2.10. e 8.2.11. - o correto é colocar um termômetro dentro do aparelho e verificar a faixa de atuação do termostato.**

8.2.12. TERMOSTATO COM BULBO FORA DA POSIÇÃO ORIGINAL

Posicione o bulbo do termostato de acordo com o previsto pela Metalfrio.

8.2.13. TERMOSTATO DESREGULADO

Teste o termostato conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2.14. PROTETOR TÉRMICO INTERROMPIDO

Teste o protetor térmico conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2.15. RELÉ DE PARTIDA DEFEITUOSO

Teste o relé de partida conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2.16. CAPACITOR DE PARTIDA EM CURTO OU ABERTO

Teste o capacitor de partida conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2.17. ENROLAMENTO DO MOTOR DO COMPRESSOR INTERROMPIDO

Teste o compressor conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2.18. COMPRESSOR COM PASSAGEM DE CORRENTE PARA A CARÇAÇA (EM MASSA)

Teste a fuga de corrente conforme descrito anteriormente neste manual.

8.2.19. COMPRESSOR COM ALTA AMPERAGEM (CORRENTE ELEVADA)

Verifique primeiro a intensidade de corrente correspondente ao produto; caso seja comprovada a irregularidade, troque o compressor.

8.2.20. TECLA “FAST-FREEZING” ACIONADA

Dê instruções ao consumidor quanto à correta utilização do produto. A tecla “Fast-Freezing” não pode estar acionada por mais de 24 horas, dessa forma possibilitando danos ao compressor.