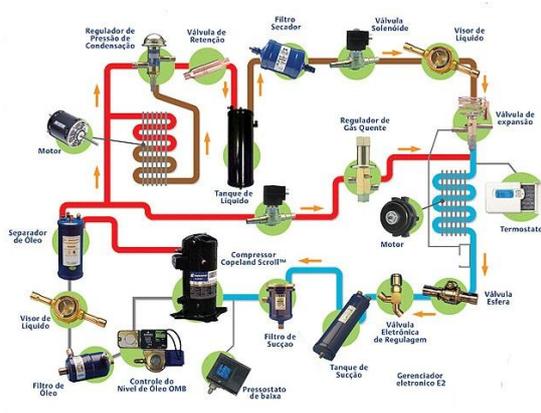




Climatização E Refrigeração



Trabalhando com
Manutenção de
Aparelhos
Refrigeradores e De Ar
condicionados
Domésticos

Adaptado de Jesué Graciliano –
Jorge Luiz e Marcos Antonio



Sumário

	Apresentação
1	Evolução da refrigeração e da climatização
2	Fundamentos
3	Principais Sistemas de Refrigeração
4	Principais Sistemas de Climatização
5	Operações com Fluidos Refrigerantes
6	Brasagem de Tubulações
7	Manutenção de Aparelhos de Ar Condicionado de Janela
8	Manutenção de Refrigeradores Domésticos
9	Perguntas e Respostas da Área de Refrigeração e Climatização
10	Referências Bibliográficas

Apresentação

A área de refrigeração e climatização no Brasil experimenta um crescimento muito superior ao crescimento do PIB brasileiro. No ano de 2013 cresceu 8%, totalizando um faturamento de 29 bilhões de reais, segundo informações publicadas pela ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento. OS motivos desse crescimento pode ser associados a força da construção civil, ao aumento de renda das camadas populares e a políticas de incentivo ao consumo empreendidas pelo governo federal.

Os números mostram que nunca se vendeu tanto e se instalou tanto aparelhos de ar condicionado no Brasil. A área de refrigeração também tem crescido de forma similar. Os aparelhos de ar condicionado de janela, que representavam 60% das vendas há 10 anos, atualmente representam apenas 15%, em contraste com o percentual de 70% dos splits. A refrigeração industrial também tem crescido acompanhando o aumento de consumo na área alimentícia e de bebidas.

Mas ainda assim, uma pesquisa do IBGE mostrou que apenas 11% das casas usam sistemas de climatização, o que mostra que ainda é possível se crescer mais ainda, para atingir patamares internacionais.

Em algumas regiões brasileiras há carência de

profissionais qualificados. Em parte isso se deve à quantidade reduzida de cursos técnicos profissionalizantes nesse setor e também a falta de literatura especializada escrita em linguagem acessível aos milhares de profissionais que já atuam na área.

Nosso objetivo com esse livro é contribuir para o aprendizado e autodesenvolvimento dos profissionais da área de refrigeração e ar condicionado. Para isso procuramos apresentar os conceitos fundamentais de forma simples e ilustrada, bem como indicar links de vídeoaulas e animações didáticas disponíveis na internet para complementar cada assunto. O leitor poderá combinar o texto com os vídeos indicados e construir seu próprio itinerário formativo. Também estamos disponibilizando material complementar no site: <http://jesuegraciliano.wordpress.com/livros>.

Bom estudo para todos !

Prof. Jesué Graciliano da Silva

Prof. Jorge Luiz Pereira

Prof. Marcos Antônio Garcia

1- Evolução da refrigeração e da climatização

Damos o nome de REFRIGERAÇÃO ao processo de remoção do calor de um meio, a partir da redução da temperatura e da manutenção dessa condição por meios mecânicos ou naturais. Encontramos inúmeras aplicações para a refrigeração, sendo as principais na conservação de alimentos, no transporte, na produção industrial e na climatização.

Na segunda metade do século XVII os cientistas descobriram que organismos microscópios, presentes nos alimentos, multiplicavam-se rapidamente em temperaturas elevadas e, dessa forma, deterioravam os alimentos, porém, pareciam hibernar (dormir) sob temperaturas em torno de 10°C ou menores. Temperaturas mais baixas não matavam estes microorganismos, mas controlavam o seu crescimento. Dessa forma, não demorou muito para que o comércio de gelo natural se tornasse uma atividade rentável. Este gelo era distribuído até longas distâncias através de navios. O gelo era levado até as residências, onde era armazenado em armários isolados, chamados de geladeiras, conforme ilustrado na Figura 1.1.

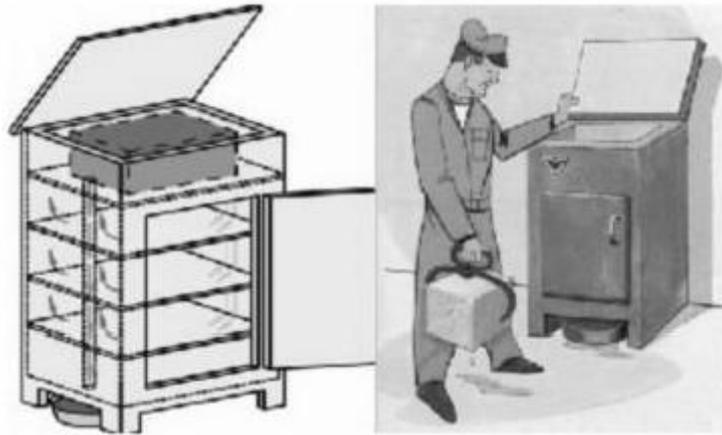


Figura 1.1- Geladeira típica utilizada no século passado.

Assim, o alimento podia ser mantido em seu estado natural pelo uso do frio ao invés de preservá-lo através da defumação ou salgamento, técnicas utilizadas até então.

O uso da refrigeração para esse fim estendeu-se para boa parte da população mundial.

Porém, as dificuldades para obtenção do gelo natural das geleiras e o inconveniente do derretimento inspirou o trabalho de diversos cientistas, que buscaram uma alternativa ao gelo natural. O objetivo era produzir gelo artificialmente. O professor universitário Willian Cullen, em 1755, trabalhando com o éter, um fluido volátil (que se vaporiza mais facilmente que a água), baixou a pressão do mesmo para facilitar a evaporação e acelerar o processo de retirada de calor de uma pequena quantidade de água. Pela primeira vez se produziu gelo artificial, conforme esquematizado na figura 1.2.

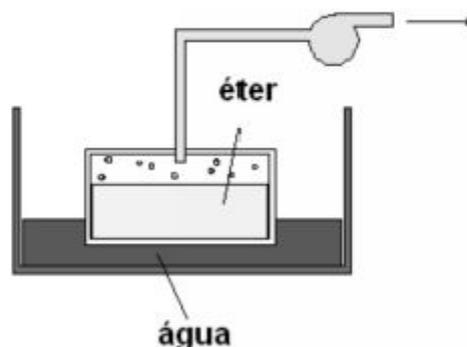


Figura 1.2- Esquema de produção do gelo artificial

Conforme pode ser observado na figura 1.2, o processo de retirada de calor da água pelo éter é descontínuo, necessitando de constante reposição do éter. A solução para esse problema foi providenciar um circuito fechado para a condensação do éter.

A primeira descrição detalhada de um equipamento para produção de gelo foi patenteada por Jacob Perkins, em 1834. O primeiro equipamento real foi construído por James Harrison (escocês), entre 1856 e 1857. Em 1862, em uma exibição internacional em Londres foi apresentada a primeira máquina de produzir gelo artificial

Durante décadas estes sistemas foram aperfeiçoados. Com a invenção dos motores elétricos foram desenvolvidos os primeiros refrigeradores para uso doméstico, que passaram a ser vendidos na segunda década do século XX (Figura 1.3).



Figura 1.3 – exposição de um refrigerador elétrico antigo.

Os sistemas mais simples de refrigeração (Figura 1.4) utilizam 4 componentes principais (compressor, evaporador, condensador e dispositivo de expansão) por onde circula internamente um fluido refrigerante (que a exemplo do éter, também evapora facilmente a baixas pressões quando recebe calor).

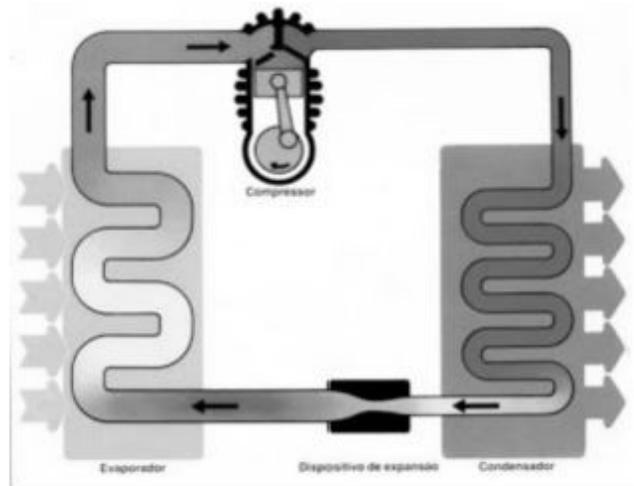


Figura 1.4- Esquema de um ciclo de refrigeração

A descoberta do ciclo de refrigeração e o desenvolvimento da máquina frigorífica abriram o caminho para o uso prático do ar condicionado. O que pode ser considerado como o primeiro equipamento de ar condicionado foi patenteado em 1897, por Joseph McCreary (Estados Unidos). Seu sistema foi denominado *lavador de ar* (um sistema de resfriamento baseado no borrifamento de água). O Dr. Willis Haviland Carrier (Estados Unidos) realizou com sucesso o controle de temperatura e umidade ao instalar, em 1906, um equipamento de ar condicionado em uma oficina gráfica. Este equipamento era baseado no sistema de lavador de ar, que resfriou e saturou o ar até o ponto de orvalho.

Até o final da Segunda Guerra Mundial, o

condicionamento de ar era utilizado principalmente em aplicações industriais. Posteriormente, iniciou-se o desenvolvimento de sistemas visando ao conforto humano, conforme ilustrado na Figura 1.5.



Figura 1.5- Utilização de aparelhos de ar condicionado nas residências.

Atualmente, o setor de refrigeração e ar condicionado

ocupa um lugar de destaque na vida da civilização. Pode-se utilizar a climatização para controle de poluentes numa sala limpa hospitalar, para congelamento rápido de produtos alimentícios, para armazenamento de frutas e verduras logo após a colheita, para conforto automotivo, para produção de bebidas fermentadas entre outras aplicações.

No entanto, nas últimas décadas, o volume de pesquisas na área tem aumentado significativamente. O objetivo tem sido desenvolvimento de compressores e trocadores de calor mais eficientes bem como fluidos refrigerantes que não agriam o meio ambiente.

Os cloro-flúor-carbonos (CFCs) haviam-se tornado, desde a década de 20, o refrigerante padrão da indústria devido as suas excelentes características termodinâmicas e químicas – Figura 1.6.

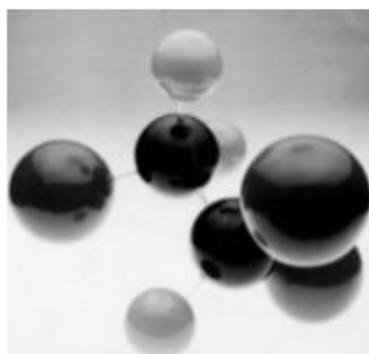


Figura 1.6 – Ilustração de uma molécula de CFC

No entanto, desde que, em 1974, foi apresentado um modelo teórico, que previa a destruição de moléculas de ozônio na atmosfera por átomos de cloro oriundos da decomposição de moléculas de CFCs, a comunidade científica passou a expressar preocupação com a continuada liberação desses gases na atmosfera.

Essa preocupação foi enormemente aumentada com a identificação de um processo de rarefação da camada de ozônio da atmosfera. Há cientistas que afirmam que esse é um fenômeno cíclico e que não está relacionada com a ação humana. Há outros que afirmam que as poderosas indústrias químicas patrocinam pesquisas alarmantes para introduzirem novos fluidos refrigerantes e garantirem suas patentes por mais algumas décadas. Polêmicas a parte, na Figura 1.7 é possível visualizar imagens da camada de ozônio desde 1979 até 2005.

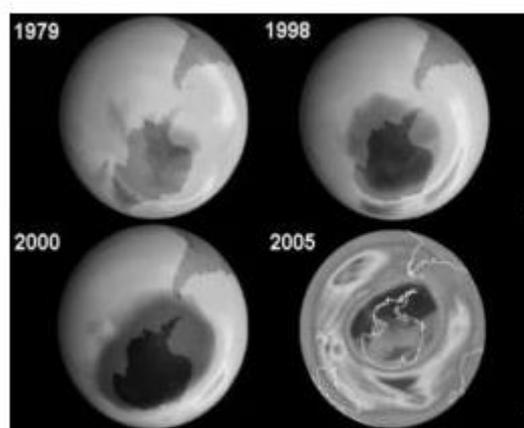


Figura 1.7– Fotos que comprovariam o aumento do buraco de ozônio.

A camada de ozônio é fundamental para a vida na Terra, uma vez que protege o planeta da incidência da radiação ultravioleta, causadora de diversas doenças, como cataratas, câncer de pele, além da morte dos fitoplânctons, que são pequenas algas que vivem na superfície dos oceanos e que são responsáveis pela maior parte da produção de oxigênio.

Pesquisas têm sido realizadas no mundo todo para avaliar as características dos substitutos dos antigos CFCs, obrigando, também, o desenvolvimento de novos compressores e novos trocadores de calor.

A utilização dos novos fluidos refrigerantes exige uma maior qualificação dos profissionais da área, pois uma manutenção deficiente implica a contaminação do sistema e a formação de ácidos nocivos ao compressor e aos componentes do sistema. Fluidos refrigerantes como o R134a são muito sensíveis à presença de umidade do ar e exigem que o processo de evacuação (desidratação) do interior das tubulações seja realizada com bomba de vácuo adequada e seguindo procedimentos corretos.

Tanto na refrigeração como no condicionamento de ar, tem sido crescente a preocupação em relação à conservação de energia e, também, com a qualidade do ar interior. Nesse sentido, é cada vez maior a adoção de equipamentos tecnologicamente mais avançados e de menor consumo, com a utilização em massa da automação, possibilitando uma maior eficiência, ambientes mais limpos, economia de energia e maior controle do funcionamento dos equipamentos, mas, também exigindo dos profissionais conhecimentos básicos de eletricidade e eletrônica.

O consumo do setor de climatização e de refrigeração é de aproximadamente 13% do total do consumo de energia elétrica no Brasil (dados do PROCEL) sendo que

no setor residencial essa participação chega a 30%.

Para contribuir com a redução do consumo elétrico residencial a Embraco está apresentando uma grande novidade em seu site “Clube da Refrigeração”: o lançamento global da tecnologia “*wisemotion*”, o primeiro compressor sem óleo para ser utilizado em refrigeradores residenciais. Esse novo compressor é fruto de 10 anos de pesquisas da empresa (Figura 1.8).



Figura 1.8- Foto ilustrativa de um compressor Embraco – wisemotion.

Disponível no site: <http://www.clubedarefrigeracao.com.br/>
<https://www.youtube.com/watch?v=4CeNP4wHDFg&list=UUUleviPygFKNm9MlQhaoEeiw>

Segundo dados apresentados no site da Embraco, “o **wisemotion** possibilitará benefícios como melhor conservação dos alimentos, maior aproveitamento do espaço interno do refrigerador e baixo ruído. Além disso, a redução no consumo de energia pode chegar a mais de 20% quando comparada aos compressores de alta eficiência mais vendidos no mercado mundial.” É preciso lembrar que temos mais de 50 milhões de refrigeradores

domésticos em uso no Brasil e que a redução do consumo de energia em cada aparelho produz um efeito em grande escala.

Também devemos destacar que os equipamentos do tipo divididos (splits) já representam 70% das vendas dos aparelhos de climatização residencial no Brasil. Comparativamente, pode-se afirmar que estes aparelhos proporcionam uma redução de cerca de 30% de energia em relação aos aparelhos de ar condicionado de janela utilizados há uma década. Na Figura 1.9 ilustramos um aparelho multi-split, que funciona com uma unidade condensadora e quatro unidades evaporadoras. Já na Figura 1.10, ilustramos um sistema split simples com uma unidade evaporadora e uma unidade condensadora.

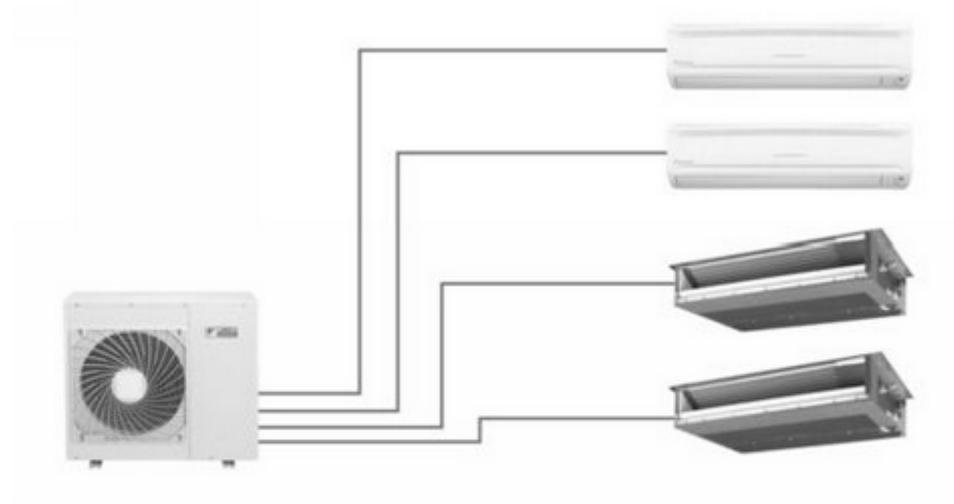


Figura 1.9- Ilustração de um sistema multi-split.

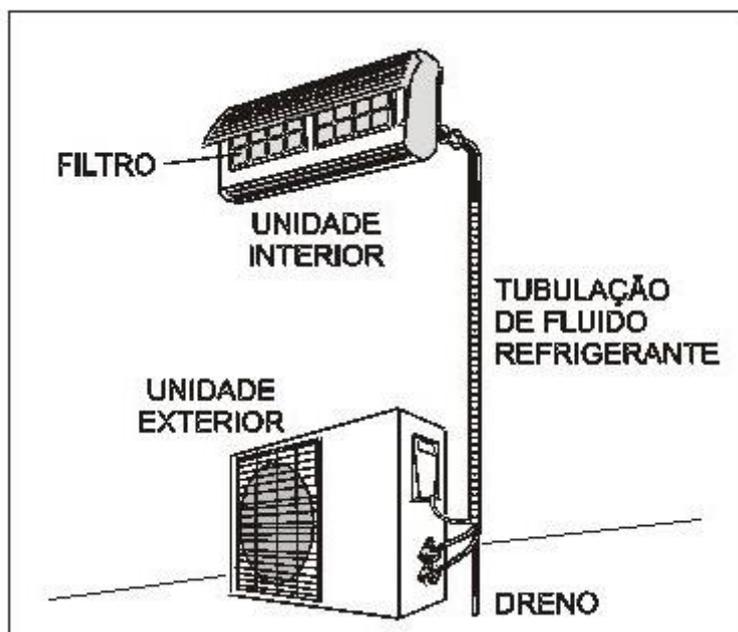


Figura 1.10 – Ilustração de um climatizador tipo split.

Considerando a evolução permanente do setor, fica evidente a existência de uma grande demanda por pessoal técnico adequadamente capacitado na área, para que possam acompanhar o ritmo de evolução tecnológica e não serem eliminados do mercado de trabalho.

2. Fundamentos

A refrigeração e o ar condicionado baseiam-se na utilização direta de componentes que funcionam a partir de princípios físicos, desenvolvidos por meio do conhecimento do comportamento térmico das substâncias e dos fenômenos da transferência de calor. Na Figura 2.1 ilustra-se o processo de troca térmica entre um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura. A esse processo, dá-se o nome de CALOR.

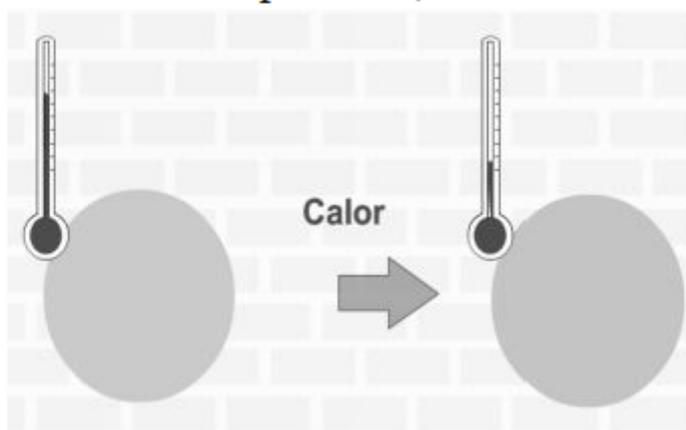


Figura 2.1 – Ilustração das trocas de calor entre corpo quente e frio.

Sugerimos aos leitores interessados em aprender mais sobre os princípios fundamentais apresentados nesse capítulo, que acessem o link recomendado a seguir. Lá disponibilizamos dezenas de animações dinâmicas que facilitam e complementam as informações disponibilizadas neste texto:

[http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/Anima%C3%A7%C3%B5es em Flash](http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/Anima%C3%A7%C3%B5es_em_Flash).

A Termodinâmica pode ser definida como a área do conhecimento que estuda as relações entre calor e trabalho e suas aplicações no desenvolvimento das máquinas térmicas. Já a Transferência de Calor estuda os diferentes mecanismos de troca de calor. Foi através destes conhecimentos que se fundamentaram a invenção da máquina a vapor, dos motores automotivos e das máquinas de refrigeração.

Entende-se energia como um elemento capaz de causar transformações na natureza. Estas transformações

podem ocorrer de diversas formas. Em sua expressão mais simples, energia é a capacidade de realizar trabalho. Ela pode existir sob diversas formas, como energia térmica (calor), energia mecânica, energia química, energia elétrica etc., e pode ser transformada de uma destas formas para outra. Por exemplo, a energia química de uma bateria de acumuladores transforma-se em energia elétrica que passa em um circuito e acende uma lâmpada (energia luminosa ou energia térmica) ou aciona um motor (energia mecânica). Embora a energia possa ser transformada de uma forma para outra, num sistema fechado, ela não pode ser criada ou destruída. É o famoso princípio da conservação da energia. Na termodinâmica, trataremos apenas das transformações de energia mecânica (através do trabalho) e da energia térmica (através do calor).

Calor é uma forma de energia transferida de um corpo a outro devido às diferenças de temperatura. No processo de aquecimento de água em um fogão, por exemplo, temos a energia térmica sendo transferida da chama (que tem elevada temperatura) para o corpo (que tem baixa temperatura).

Nesse caso, o calor recebido pelo corpo pode ser calculado por meio de equações que levam em consideração a massa do corpo sendo aquecido, seu calor específico e a variação de temperatura que ocorre durante o processo. No link recomendado anteriormente você poderá compreender melhor e exercitar seus conhecimentos com exemplos resolvidos. Na Figura 2.2 é possível visualizar que um corpo quente em contato com um corpo mais frio tende a ceder calor. No final há uma temperatura de equilíbrio que se situa entre a temperatura do corpo quente e do corpo frio. No caso da figura temos massas iguais de mesmo material trocando calor.

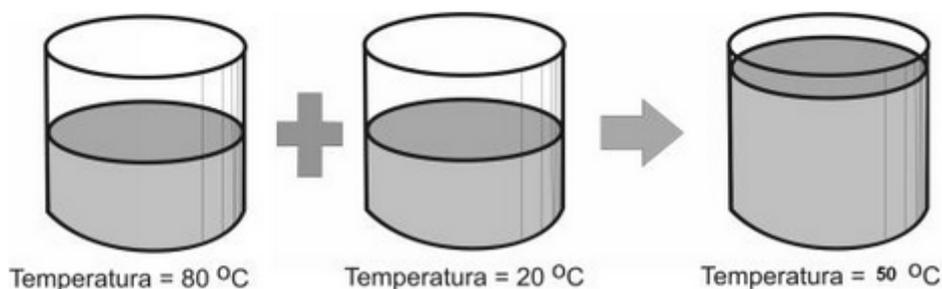


Figura 2.2 – Ilustração sobre trocas de calor.

O calor pode ser trocado de um corpo a outro por três processos: São eles: a condução, a convecção e a radiação. Na condução, há necessidade de um meio sólido para a transferência do calor; já a convecção necessita de um meio fluido, no qual o calor é levado por esse de um corpo a outro. Este meio já não é necessário quando se fala na radiação, que é a transferência de calor de um corpo a outro por meio de ondas eletromagnéticas.

Trabalho é uma forma de energia mecânica capaz provocar movimentação de um corpo. Em refrigeração, tem-se o processo de compressão como exemplo mais simples de aplicação do conceito de trabalho. Dentro do compressor, há um pistão realizando trabalho sobre um determinado volume de fluido refrigerante que é comprimido. O pistão se movimenta porque recebe energia mecânica do eixo do compressor, alimentado pela rede elétrica.

Uma dada quantidade de energia pode ser disponibilizada em um tempo maior ou menor. De acordo com o tempo que se pode disponibilizar a energia, tem-se mais ou menos potência. No Sistema Internacional de Unidades, a unidade característica de potência é o Watt (Joule/segundo). Também é comum encontrar a potência expressa em Btu/h, CV, HP, kcal/h e toneladas de

refrigeração (1TR=12.000 Btu/h = 3517 Watts).

Em geral, a matéria pode ser encontrada na natureza nas formas gasosa, líquida e sólida. Através da aplicação de uma energia, tem-se a modificação de estado termodinâmico. Como exemplo pode-se observar a água. Comumente, podemos encontrá-la no estado sólido (gelo), líquido e gasoso (vapor), conforme esquematizado na figura 2.3.



Figura 2.3– Mudanças de estado da matéria.

Além da água, trabalha-se na refrigeração com fluidos refrigerantes. Estes fluidos sofrem uma série de transformações cíclicas capazes de produzir o efeito da refrigeração, tais como condensação e vaporização. Desta forma, podemos encontrá-los nos estados de líquido, mistura de líquido com vapor e de vapor dentro de um

sistema. Na Figura 2.4 ilustramos alguns cilindros de fluidos refrigerantes encontrados na área de refrigeração.



Figura 2.4 – cilindro de fluidos refrigerantes

As propriedades termodinâmicas representam as características que uma substância possui. Estas propriedades são muitas vezes tabeladas para um

determinado estado em que a substância se encontre. Para cada substância, tem-se na literatura técnica diversas tabelas com as propriedades termodinâmicas de interesse.

As principais propriedades termodinâmicas são: temperatura, pressão, energia interna, entalpia, volume específico, condutividade térmica, calor latente de fusão, calor latente de vaporização, entropia, título e massa específica. A seguir, exploraremos algumas destas propriedades:

A TEMPERATURA é associada à agitação molecular de um corpo. Quanto mais quente um corpo, maior sua agitação molecular. Do ponto de vista subjetivo, a temperatura está associada a uma sensação térmica de quente e de frio. Porém, esta sensação não é suficiente para se afirmar que um corpo está quente ou frio, pois nossa sensação é relativa. Por esse motivo, foram criados os termômetros, que são equipamentos capazes de medir a temperatura dos corpos.

Os mais comuns são os termômetros de coluna, os termopares e as termoresistências. Diversas escalas de temperatura são encontradas, tais como: Kelvin (K), Celsius (C), Fahrenheit (F) e Rankine (R). Podemos converter F para C utilizando a seguinte regra de conversão: Graus Celsius = $0,55 \times (\text{Graus Fahrenheit} - 32)$. Por exemplo: 75 Graus Fahrenheit são iguais a 23,8 Graus Celsius. Já para converter Graus Celsius para

Kelvin devemos somar 273,15 a temperatura em Graus Celsius. Na Figura 2.5 é possível visualizar a relação entre estas escalas.

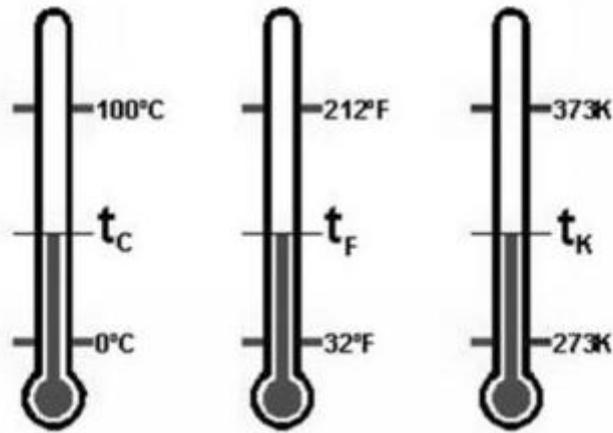


Figura 2.5 – Escalas termométricas para medição de temperatura.

Um conceito também importante é o de temperatura de saturação. Nessa temperatura, ocorre a vaporização do fluido refrigerante a uma dada pressão, chamada de pressão de saturação. Para a água, por exemplo, ao nível do mar, a temperatura de saturação é de 100 Graus Celsius. Se uma substância se encontra como líquido à temperatura de saturação, dizemos que ela está no estado de líquido saturado. Mas se a temperatura do líquido for menor que a temperatura de saturação para a pressão existente, o líquido é chamado de subresfriado.

Quando em um recipiente fechado, o fluido encontrar-se no estado de mistura de líquido mais vapor, dizemos que a mistura se encontra na condição de saturação. Nessa condição, coexistem os estados líquido e vapor (Figura 2.6).

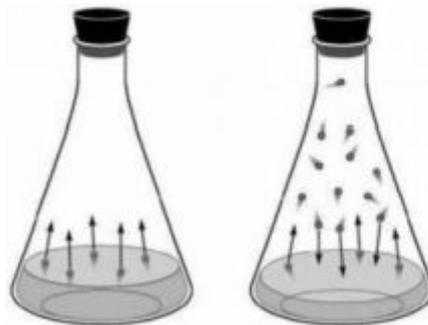


Figura 2.6- Coexistência das fases líquida e vapor (fluido saturado).

Para os fluidos utilizados na área de refrigeração, essa informação é importante porque, nessa condição, basta informar a pressão, uma vez que a temperatura de saturação é tabelada. Da mesma forma, nessa condição, basta definir a temperatura porque, em uma tabela de propriedades, obtemos facilmente a pressão de saturação. Por exemplo, se medimos no manifold que a pressão de um fluido dentro de um cilindro é de 28psi, então para o fluido R134a a temperatura será de -10 Graus Celsius.

A grandeza que informa o percentual de vapor na mistura de fluido saturado é chamada de título (representado normalmente pela letra “X”). Para o líquido saturado (quando só há líquido no recipiente), o título é zero. Para a condição de vapor saturado (há somente vapor no recipiente), o título é 1,0 (um). Quando uma substância encontra-se completamente como vapor na temperatura de saturação, chamamos essa condição de vapor saturado.

Quando o vapor encontra-se a uma temperatura maior que a temperatura de saturação, dizemos que, nessa condição, o fluido encontra-se como vapor superaquecido. Na Figura 2.7 ilustramos a obtenção do vapor superaquecido. Observamos que o fluido, já na condição de vapor saturado, recebe um aquecimento adicional. Nessa condição, o vapor se torna

superaquecido.

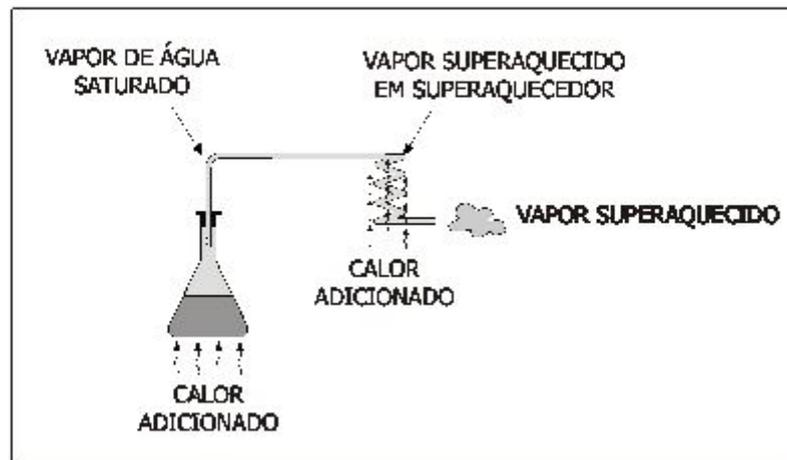


Figura 2.7- Ilustração do processo de superaquecimento

A PRESSÃO atuando em um ponto de um fluido, é igual em todas as direções e pode ser definida pela componente normal da força aplicada por unidade de área de superfície. Considerando que pressão é calculada pela força aplicada sobre a área, na Figura 2.8 é possível afirmar que se a força distribuída for de mesma intensidade que a força pontual, a pressão aplicada no ponto será muito superior que a pressão aplicada do lado esquerdo, onde a área de aplicação é maior.

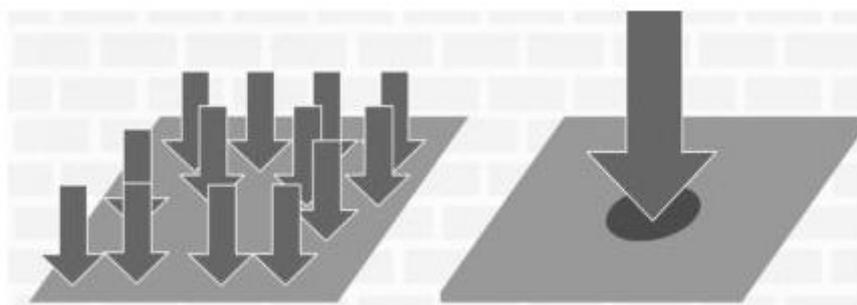


Figura 2.8- Ilustração do conceito de pressão.

Equipamentos como manômetros medem a pressão de fluidos tomando a pressão atmosférica como referência. A essa medida, dá-se o nome de pressão manométrica, conforme ilustrado na Figura 2.9.



Figura 2.9- Ilustração da medição da pressão interna (cilindro vazio)

Na Figura 2.8 o manômetro está marcando zero. Mas vamos imaginar que esse valor fosse 100 psi. O psi é uma escala de pressão muito utilizada nos manifolds, equipamentos utilizados pelos profissionais da área de refrigeração (Figura 2.10). Nesse caso, 14,7 psi correspondem a, aproximadamente, 101,325 kPa – que é a pressão atmosférica ao nível do mar (1 atmosfera). Logo, 100 psi correspondem a aproximadamente 689 kPa ou pouco mais de 6 atmosferas.



Figura 2.10– Ilustração de um manifold típico.

É conveniente deixar claro que a unidade de pressão, o pascal (Pa), vem da sua própria definição, ou seja, força (expressa em newton) dividida pela área (expressa em metros quadrados). Um exemplo de pressão muito comum é a atmosfera. Esta pressão é resultado da camada de ar sobre nossos corpos e é avaliada ao nível do mar em 101,325 kPa (kilopascals) ou 1 atmosfera (1,0atm). Para fins práticos pode-se arredondar esta pressão para 100 kPa, que é exatamente igual a 1,0bar.

Podemos afirmar, ainda, que esta pressão de 1 atm equivale a uma camada d'água de cerca de 10 metros sobre nossas cabeças. Dessa forma, cada vez que um mergulhador mergulha 10 metros na água percebe um aumento de 1 atmosfera. Logo, um mergulhador a 30

metros de profundidade estará submetido a uma pressão de 4 atmosferas (deve-se somar a própria pressão atmosférica).

Num sistema de refrigeração, há pressões elevadas (da ordem de 20 bar), muito maiores do que a atmosférica; porém, em diversas situações, somos obrigados a trabalhar com pressões pequenas, ou até mesmo, com vácuo.

Se definirmos a pressão de um gás tendo como referência a pressão atmosférica, então, esta é chamada de pressão relativa ou manométrica. Senão, a pressão é dita absoluta. Por exemplo: uma garrafa de fluido refrigerante tem pressão manométrica de 200 psi. Logo, sua pressão absoluta é de 214,7 psi, pois 1 atmosfera equivale a 14,7 psi. A unidade “psi” é muito empregada nos manômetros e manifolds, sendo *psig* a pressão manométrica e *psia* a pressão absoluta.

Em refrigeração, trabalhamos em diversas situações com pressões abaixo da atmosfera nos procedimentos de realização de vácuo nas tubulações de fluido refrigerante.

Para a obtenção de níveis de vácuo aceitáveis, em um sistema de refrigeração, é fundamental o uso de bombas de vácuo (Figura 2.11). O uso destes equipamentos se deve ao fato de que é preciso que se reduza a pressão abaixo de 29,91 polegadas de Hg dentro

das tubulações, de tal forma a evaporar qualquer umidade existente. Nessa situação, a umidade se evapora a -31 Graus Celsius.



Figura 2.11- Ilustração de uma bomba de vácuo.

Na Figura 2.12, ilustramos o uso de uma bomba de vácuo para evacuação de um circuito de refrigeração. Observamos que a bomba de vácuo é conectada no sistema de refrigeração por meio das mangueiras do manifold pela válvula de serviço. Um vacuômetro é utilizado para medição do nível do vácuo dentro da tubulação.

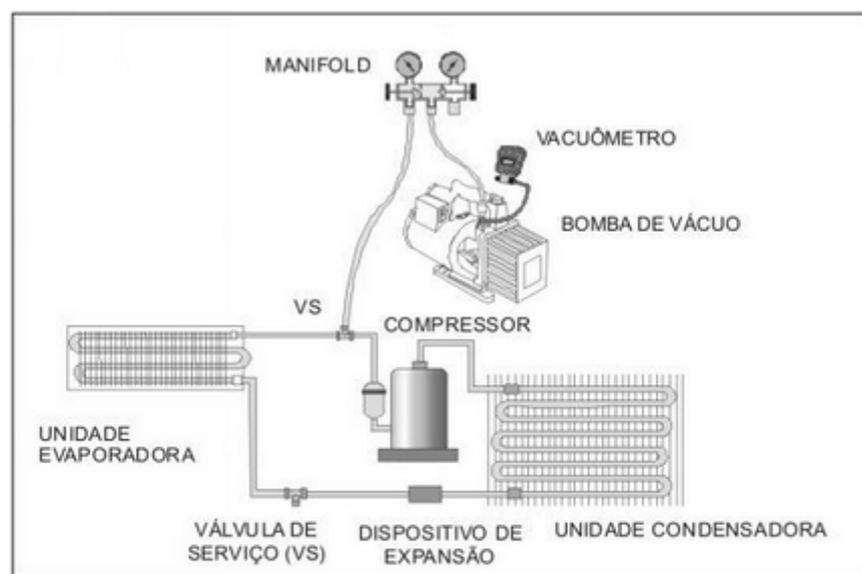


Figura 2.12 – Ilustração do uso de uma bomba de vácuo

Além da temperatura e da pressão, é importante que o técnico de refrigeração conheça o conceito de CALOR ESPECÍFICO DE UM CORPO, que é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma unidade de massa do corpo em um grau de temperatura. Em unidades métricas o calor específico foi definido como a quantidade de calor, em kcal, necessária para elevar a temperatura de 1kg do corpo em 1 Graus Celsius. Pela própria definição das unidades de quantidade de calor, o calor específico da água é 1,0 kcal/(kg . Graus Celsius). Como a maioria dos corpos requer menos energia calorífica do que a água para uma dada alteração de temperatura, os seus calores específicos são menores que

1,0 kcal/(kg. Graus Celsius).

Já a CONDUTIVIDADE TÉRMICA indica a facilidade ou dificuldade que um corpo apresenta para conduzir calor. Sabemos que os metais têm maior facilidade para transferir calor do que a madeira. Na literatura especializada é possível obter listas com diversos materiais e suas respectivas condutividades térmicas. Destacamos a condutividade térmica do poliuretano ($0,024\text{W/m.K}$), que é muito baixa comparada com materiais como tijolos ($1,32\text{W/m.K}$) e metais. Essa é a explicação para o uso desse tipo de material na construção das paredes das câmaras frias. Já o cobre tem elevada condutividade térmica (386W/m.K) e, por isso, é usado para construção dos trocadores de calor dos refrigeradores e condicionadores de ar. A troca de calor entre dois lados de uma parede pode ser visualizada na Figura 2.13.

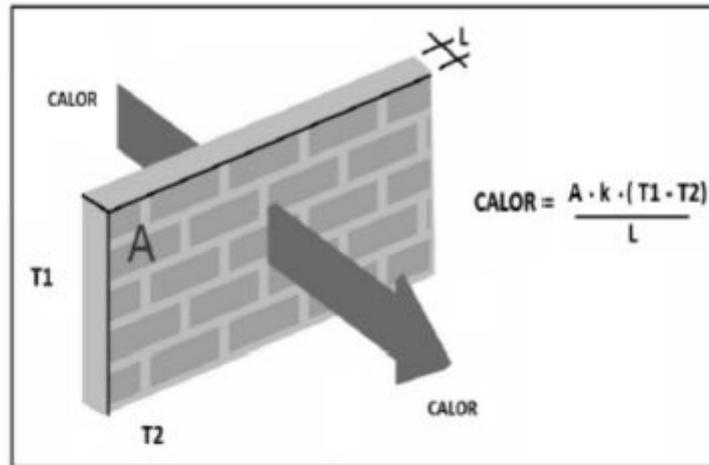


Figura 2.13- Ilustração de tubulação de cobre.

A ENTALPIA ESPECÍFICA indica o nível de energia por unidade de massa em que se encontra a substância devido a sua energia interna e a sua pressão. Seu valor é encontrado em tabelas de propriedades termodinâmicas. O símbolo empregado para representá-la é “h” e sua unidade é kJ/kg. A entalpia de um fluido refrigerante numa dada pressão pode ser dada através do líquido saturado ($h_{\text{líquido}}$), do vapor saturado seco (h_{vapor}) e do h_{lv} (entalpia para mudança de fase ou de vaporização). Na tabela 2.1, tem-se um exemplo de valores de entalpia para o R134a. Observe que $h_{\text{líquido}}$ é quando o fluido refrigerante encontra-se totalmente condensado (estado de líquido). Já h_{vapor} é quando o fluido se encontra totalmente no estado de vapor saturado. Há, ainda, outras tabelas para situações em que o fluido se encontra no estado de vapor superaquecido ou no estado de líquido subresfriado.

Tabela 2.1- Propriedades do R134a para duas condições de temperatura

T (Graus Celsius)	P (kPa)	h líquido (kJ/kg)	h vapor (kJ/kg)	h _{lv} de vaporização (kJ/kg)
-10	201,7	186,72	392,28	205,56
40	1017,1	256,53	419,82	163,28

Considerando que definimos o conceito de entalpia para mudança de fase (h_{lv}) é conveniente também, apresentar um conceito análogo, o calor latente de fusão ($L_{\text{fusão}}$), que é definido como a quantidade de calor necessária para fundir (derreter) uma certa quantidade de massa de uma substância. O gelo, por exemplo, necessita de 80 kcal para que 1 kg do mesmo se derreta; já Calor Latente de vaporização (L_{vapor}) é a quantidade de calor necessária para vaporizar uma certa quantidade de massa de uma substância. A água, por exemplo, necessita de 540 kcal para que cada quilograma se evapore.

A maioria dos fluidos refrigerantes comporta-se como substâncias puras. A substância pura muda de fase à temperatura constante (mantida a pressão constante). Desta forma, uma massa de água pura congelada, ao se

derreter ao nível do mar, mantém sua temperatura constante em zero grau. Já para evaporar (ao nível do mar), a água manterá sua temperatura constante em 100 Graus Celsius. Outra característica importante é que uma substância pura apresenta uma relação entre a pressão e a temperatura, dada em diagramas, ou seja, para cada temperatura de saturação, tem-se uma pressão de saturação e vice e versa.

Em Termodinâmica, é muito comum representar o ciclo que ocorre num processo de refrigeração através de curvas características ou diagramas. O diagrama mais utilizado em refrigeração é o “pressão *versus* entalpia” (Figura 2.14). Este diagrama se mostra conveniente devido ao fato de trabalharmos, na maioria das vezes, com substâncias puras que se condensam e se vaporizam isobaricamente, isso é, em uma pressão constante. Conforme ilustrado na Figura 2.14 o fluido encontra-se na mesma temperatura nos pontos A, B e C porque estes pontos encontram-se sobre uma linha isométrica.

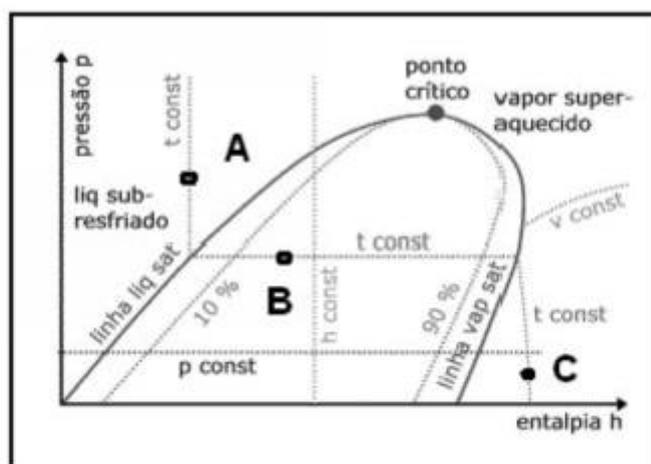


Figura 2.14– Diagrama esquemático entre pressão e entalpia específica

Observamos na Figura 2.14 a existência de linhas chamadas de isotermas, que significam que se o fluido tiver seu processo de transformação termodinâmica ocorrendo sobre essa linha, o processo é chamado de isotérmico. Da mesma forma acontece com linhas isovolumétricas, isoentrópicas e isobáricas (pressão constante). O diagrama apresenta 3 regiões bem definidas: a de líquido subresfriado, a de saturação e a região de superaquecimento. Dentro da região de saturação o fluido sempre se encontrará como uma mistura de líquido mais vapor. Na região de superaquecimento o fluido sempre se encontrará como superaquecido. A compressão do fluido no compressor acontece dentro da região de vapor superaquecido. Já a vaporização do fluido acontece na região de saturação,

pois nessa situação o fluido está passando por uma transformação de líquido para vapor.

“Na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma.” Esta frase ficou famosa e é atribuída ao físico-químico francês chamado Lavoisier. Benjamim Thompson formulou a tese de que calor é uma forma de energia, a qual poderia ser transferida de um corpo para outro, sem ser destruído. Essa constatação ficou conhecida como a equivalência entre calor e trabalho. Desta forma, pode-se observar que é possível a conversão de energia mecânica em energia térmica, um exemplo é quando atritamos dois pedaços de madeira (a maneira primitiva de se fazer fogo). Experimentos do físico inglês Joule permitiram medir o trabalho necessário para produzir uma certa quantidade de calor, determinando o equivalente mecânico de calor, representado por joule. Ou seja, 4,186 joules de energia mecânica quando convertidos em calor elevarão a temperatura de 1 grama de água em grau Celsius. (Designou-se, portanto, 1 caloria como sendo equivalente a 4,186 Joule).

Para compreendermos melhor o princípio da equivalência entre calor e trabalho, é conveniente definirmos o que é um SISTEMA e o que é um VOLUME DE CONTROLE. Sistema termodinâmico é o nome dado a uma quantidade de matéria com massa e identidade

constantes, sobre a qual nossa atenção é dirigida. O volume de controle é um sistema aberto que admite a variação da sua massa. Esse conceito é bastante importante na análise de máquinas térmicas como compressores, bombas, ventiladores e turbinas. Em um volume de controle a massa, o calor e o trabalho podem ser transportados através da superfície de controle (Figura 2.15).

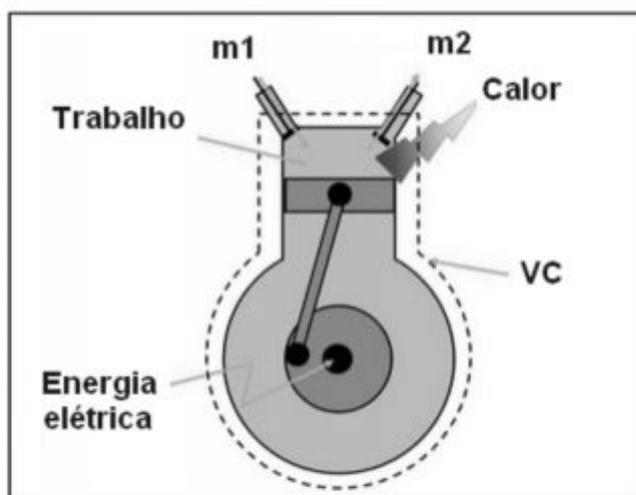


Figura 2.15- Ilustração de um volume de controle envolvendo um compressor.

O fluido refrigerante circula internamente por dentro das tubulações do sistema, atravessando o evaporador, o compressor, o condensador e o dispositivo de expansão conforme explicaremos em detalhes no próximo capítulo.

As leis da conservação da energia e da massa devem ser aplicadas para cada processo termodinâmico pelo qual passa o fluido refrigerante.

Os efeitos das trocas de calor entre um corpo e outro podem ocorrer na forma sensível e na forma latente. Observa-se que, quando o calor aplicado apenas modifica a temperatura do corpo, é chamado de calor sensível. Porém, se há modificação do estado físico da matéria (mudança de fase), então dizemos que houve troca de calor latente. O calor latente é calculado pela multiplicação da massa pelo coeficiente “L” de mudança de fase. Para a água $L = 80$ calorias por grama para a fusão ou solidificação e 540 calorias por grama para a vaporização ou condensação. O calor sensível é calculado pela multiplicação da massa pelo calor sensível da substância e pela variação de temperatura que ocorreu no processo. O calor sensível da água no estado sólido (gelo) é de $0,5$ calorias / (grama.grau Celsius). Para a água no estado líquido, o calor sensível é $1,0$ calorias / (grama.grau Celsius).

Para exemplificar, vamos supor que uma massa de 1kg de gelo a -10 Graus Celsius seja aquecida. O cálculo da quantidade de calor necessária durante este processo pode ser realizado por meio de uma expressão composta por 3 parcelas. A primeira parcela da equação se refere ao

cálculo do calor sensível; a segunda se refere ao calor latente e a terceira se refere ao calor sensível.

$$Q_{total} = [(m \cdot c_{sólido} \cdot \Delta T_1) + (m \cdot L_{fusão}) + (m \cdot c_{líquido} \cdot \Delta T_2)] \quad (2.1)$$

Onde: m é a massa da substância a ser aquecida; c é o calor específico (o calor específico do gelo é a metade do calor específico da água líquida); $\Delta T = T_{final} - T_{inicial}$; T_{final} é a temperatura final e $T_{inicial}$ é temperatura inicial da substância. Já “ $L_{fusão}$ ” é o calor latente de fusão, que é a quantidade de calor que se acrescenta ao corpo e que causa uma mudança de estado, sem mudança de temperatura. A Figura 2.16 ilustra esse processo.

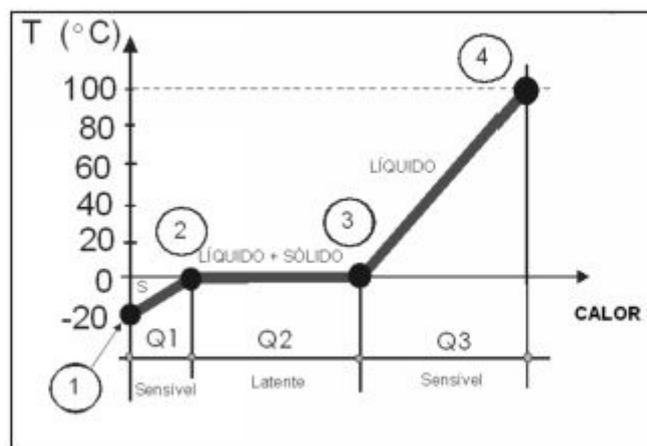


Figura 2.16 – Curva de aquecimento de uma massa de água

Em um primeiro momento, ocorre a elevação da temperatura do gelo de -10 Graus Celsius até o (zero) Grau Celsius (Esta é uma parcela do calor sensível sendo trocado). Essa parcela é calculada como sendo $Q_1=5$ kcal que é igual a $1\text{kg} \times 0,5$ (kcal / kg.Graus Celsius) $\times 10$ Graus Celsius. Nesse caso $0,5$ representa o calor específico da água no estado sólido (gelo) e 10 representa a variação de temperatura do gelo que passa de -10 até 0°C .

A água tem como característica ser uma substância pura e, desta forma, muda de fase à temperatura constante. Nesta etapa, há apenas troca de calor latente: $Q_2=80\text{kcal}$. Todo o gelo transforma-se em água líquida e, neste momento, inicia-se o processo de aquecimento, no qual há troca de calor sensível. O aquecimento prossegue até que a água atinja o ponto de vaporização a 100 Graus Celsius, sendo o calor trocado de 0 a 100 Graus Celsius, $Q_3=100\text{kcal}$. Neste instante, a variação de temperatura cessa e a troca de calor latente é iniciada. O calor total envolvido no processo é de 185 kcal.

Sabemos que calor é transferido de um corpo para outro desde que exista uma diferença de temperatura entre eles. Sabemos ainda que todas as substâncias são formadas por átomos. Esses, por sua vez,

agrupam-se formando moléculas. Também, já apresentamos que o conceito de temperatura está associado à velocidade de movimentação destas moléculas, ou seja, quanto maior a temperatura, mais velozmente as moléculas estão vibrando (se movimentando). Agora, para compreender melhor as trocas térmicas, vamos apresentar mais detalhes dos três modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

A **condução** está fundamentalmente associada ao choque entre moléculas com diferentes velocidades de vibração, com a molécula mais veloz chocando-se com a molécula menos veloz, "passando" energia cinética. Ela acontece a partir de um corpo. Para se reduzir a taxa de condução entre ambientes quentes e frios utilizamos materiais isolantes. Na Figura 2.17 ilustramos uma parede isolante utilizada para construção de câmaras frias. Podemos dizer que quanto menor a condutividade térmica da parede, menor é a troca de calor entre o ambiente interno e externo e menor a capacidade de refrigeração requerida. Por isso é fundamental se calcular e se utilizar os isolantes mais apropriados para cada situação.



Figura 2.17- Parede isolante utilizada em câmaras frias.

Em diversas situações, como por exemplo, na distribuição de água gelada e nas tubulações utilizadas para conexão entre as unidades condensadoras e evaporadoras dos splits temos trocas de calor entre o fluido movimentado dentro da tubulação e o meio exterior. Estes tubos precisam ser convenientemente isolados porque há transferência de calor por condução através das paredes (Figura 2.18).

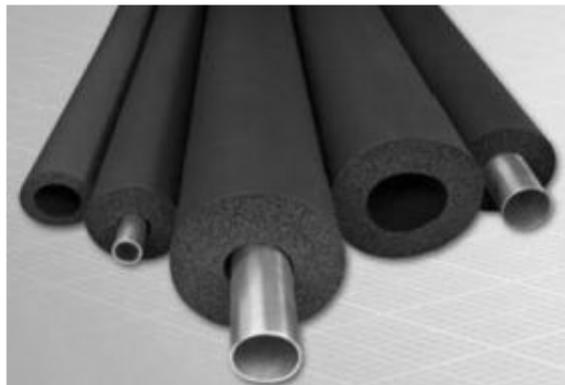


Figura 2.18- Isolamento térmico de tubulações de cobre.

O segundo modo de transferência de calor, a **convecção**, ocorre em fluidos (líquidos e gases). Nos fluidos, as moléculas não apresentam uma ligação tão forte entre si, não estão rigidamente presas, como nos sólidos. Ou seja, elas podem mudar livremente de lugar no espaço. Como elas são livres para se movimentar (movimento do fluido), ao se deslocarem elas "carregam" consigo a energia térmica adquirida. Ao mesmo tempo, novas moléculas de fluido entram em contato com a superfície sólida, aquecendo-se e reiniciando o processo.

Todo corpo com temperatura maior que zero Kelvin emite energia na forma de radiação. Essa energia é tanto maior quanto maior for a temperatura da matéria (isso é, sua agitação molecular). Este tipo de transferência de calor não precisa de um meio material para se realizar. Um exemplo é a energia do Sol. No espaço entre o Sol e a Terra, praticamente não existe matéria (vácuo). Mesmo assim, a energia do Sol alcança nosso planeta. Essa transferência de energia (calor) se dá por meio de ondas eletromagnéticas (radiação).

Na Figura 2.19 ilustramos como ocorrem os 3 modos de transferência de calor.



Figura 2.19- Modos de transferência de calor.

A radiação absorvida penetrará até o ambiente interno por condução. Se a superfície for transparente (vidros), a radiação incidente se divide em 3 partes: uma parte é refletida, principalmente quando se utilizam películas refletivas; outra parte é absorvida pelo material e outra é transmitida para dentro do ambiente diretamente.

A radiação solar incidente varia de acordo com a latitude e com a época do ano. Na literatura especializada, há tabelas, com essas informações, que são importantes para estimativa da carga térmica. Uma curiosidade sobre a penetração de calor por radiação é o fato de que o “efeito estufa” que sentimos quando deixamos o carro fechado no sol se explica porque as ondas eletromagnéticas vinda do sol possuem comprimento de onda curto, e por isso atravessam o vidro do carro. Essa radiação aquece os estofamentos e painéis, que emitem calor em comprimento de onda longo, que não consegue atravessar o vidro e sair.

3- Principais sistemas de refrigeração

A refrigeração tem aplicações em diversas atividades humanas, tais como a conservação de alimentos, processos industriais e a climatização de ambientes. Uma aplicação bem simples pode ser visualizada na Figura 3.1, onde representamos um refrigerador doméstico. Os refrigeradores domésticos são comuns na maioria dos lares. Esses equipamentos possuem normalmente um espaço para congelamento e outro para armazenamento.

Os componentes principais de um refrigerador doméstico são o evaporador, o compressor, o condensador e o dispositivo de expansão. Observamos também na ilustração as tubulações de interligação entre os componentes, que possuem fluido refrigerante em seu interior. O fluido refrigerante circula internamente através desses quatro componentes produzindo, assim, o efeito de resfriamento/congelamento.

A capacidade dos refrigeradores varia muito, com temperaturas na faixa de -8 Graus Celsius a -18 Graus Celsius no compartimento de congelados e de +2°C a +7 Graus Celsius no compartimento dos produtos resfriados.

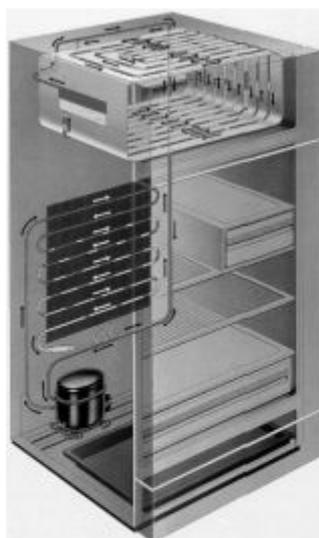


Figura 3.1- Esquema de um refrigerador doméstico.
(Fonte: Catálogo de Compressores EMBRACO)

Entre as aplicações industriais temos as fábricas de gelo, as grandes instalações de empacotamento de gêneros alimentícios (carnes, peixes, aves); cervejarias, fábricas de laticínios, de processamento de bebidas concentradas e outras.

Devido à aglomeração humana nas cidades, que nem sempre produzem os alimentos que consomem, o transporte em caminhões e em navios frigoríficos também é fundamental na atualidade. Um exemplo disso é na distribuição de carnes congeladas. A produção dos frigoríficos, localizados principalmente no interior, é transportada nesses caminhões até entrepostos dotados de câmaras frias de grande capacidade de armazenamento e localizados em locais estratégicos.

Desses locais saem caminhões e navios levando a produção para todo o mundo. Na Figura 3.2, ilustramos um caminhão frigorífico para transporte de congelados.



Figura 3.2- Ilustração de um caminhão para transporte frigorífico.

Na Figura 3.3 ilustramos uma unidade condensadora muito utilizada em sistemas de refrigeração comercial.



Figura 3.3- Unidade condensadora utilizada em sistemas comerciais.

Já os balcões frigoríficos, utilizados em supermercados, operam em faixas de temperatura específicas conforme recomendações da vigilância sanitária/ANVISA e conforme o tipo de produto armazenado. Nas aplicações industriais, é comum encontrarmos temperaturas de congelamento e estocagem entre -5 Graus Celsius a -35 Graus Celsius, sendo que um dos fluidos mais utilizados é a amônia.



Figura 3.4- Casa de máquinas de uma instalação industrial.

Na Figura 3.5, ilustramos uma típica aplicação da refrigeração, que são os balcões frigoríficos utilizados em supermercados. Observe que em alguns modelos são utilizados jatos de ar frio, que funcionam como cortinas de ar, protegendo os alimentos.



Figura 3.5 – Foto de um balcão frigorífico típico.

As câmaras frias para resfriamento e congelamento de produtos são fundamentais para a cadeia do frio, recebendo a produção transportada pelos navios e caminhões frigoríficos. Todo estabelecimento de médio e grande porte do ramo de alimentos apresenta, em suas instalações, câmaras frias para armazenamento/congelamento de produtos. Por definição, uma câmara frigorífica é qualquer espaço de

armazenagem que tenha as suas condições internas controladas por um sistema de refrigeração. Existem basicamente dois tipos de câmaras: para resfriados, cuja finalidade é proteger alimentos em temperaturas próximas de 0 Graus Celsius e para congelados, cuja finalidade é prolongar o período de estocagem dos produtos, à baixas temperaturas.

Na Figura 3.6, ilustramos uma câmara fria típica. A faixa de temperatura de armazenamento varia muito, de acordo com o tipo de produto armazenado, que pode ser frutas ou carnes, por exemplo. As câmaras frias podem ser muito complexas, envolvendo, inclusive, o controle de CO₂ para melhor preservação dos produtos.



Figura 3.6- Foto de uma câmara frigorífica de pequeno porte

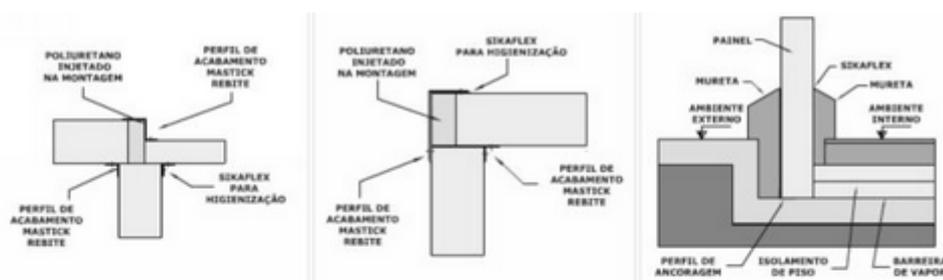


Figura 3.7- Detalhes construtivos da montagem dos painéis de câmara fria.

O entendimento do funcionamento de um refrigerador comum é a base para a compreensão do funcionamento de sistemas mais complexos. A seguir, apresentaremos os principais processos utilizados para produzir os efeitos da refrigeração, tais como: a refrigeração por compressão mecânica de vapor, a refrigeração por absorção e a refrigeração termoelétrica.

A maioria dos refrigeradores comuns opera por meio da COMPRESSÃO MECÂNICA DE VAPOR. Nesse processo, o fluido refrigerante, localizado no interior da tubulação que interliga os quatro componentes principais do refrigerador, sofre transformações termodinâmicas e há troca de calor e trabalho. O fluido refrigerante é uma substância que circulando dentro de um circuito fechado é capaz de retirar calor de um meio enquanto vaporiza-se a baixa pressão. Esse fluido entra no evaporador a baixa pressão, na forma de mistura de líquido mais vapor, e retira energia do meio interno refrigerado (energia dos

alimentos) enquanto vaporiza-se e passa para o estado de vapor. Esse processo é ilustrado através da tabela 3.1 e das Figuras 3.8 e 3.9.

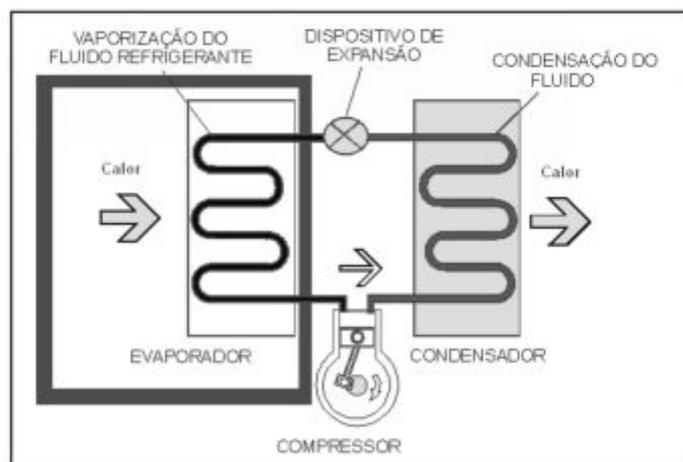


Figura 3.8 – Ciclo de compressão mecânica de vapor

O vapor entra no compressor, onde é comprimido e bombeado, tornando-se vapor superaquecido e deslocando-se para o condensador, que tem a função de liberar a energia retirada dos alimentos e resultante do trabalho de compressão para o meio exterior.

O fluido, ao liberar sua energia, passa do estado de vapor superaquecido para líquido (condensa) e, finalmente, entra no dispositivo de expansão, onde tem sua pressão reduzida para, novamente, ingressar no evaporador e repetir-se, assim, o ciclo.

Tabela 3.1–Processos termodinâmicos em um ciclo de refrigeração.

Componente	Características das transformações sofridas pelo fluido refrigerante
Evaporador	Vaporização do fluido refrigerante a baixa pressão
Compressor	Compressão do fluido refrigerante
Condensador	Condensação a uma pressão elevada
Dispositivo de Expansão	Expansão do fluido refrigerante

Para melhor compreensão, apresentamos a Figura 3.9, na qual as transformações sofridas pelo fluido refrigerante, durante o processo, podem ser representadas em um diagrama: pressão *versus* entalpia. Neste diagrama, evidenciamos os estágios de alta e de baixa pressão a que são submetidos o fluido:



Figura 3.9 – Esquema do ciclo de compressão e diagrama pressão *versus* entalpia

Estes processos termodinâmicos acontecem nos refrigeradores domésticos sem que a maioria das pessoas tenha consciência (Figura 3.10).



Figura 3.10 – Ilustração de um refrigerador doméstico.

De maneira similar, funcionam também os grandes sistemas de refrigeração como câmaras frigoríficas. O que difere os sistemas pequenos dos de grande porte é o número de unidades compressoras, evaporadoras, dispositivos de expansão e condensadoras envolvidas, que nestes últimos, podem ser múltiplos, bem como o sistema de controle, que pode alcançar elevada complexidade.

Vamos agora, estudar um pouco sobre a refrigeração por absorção. O funcionamento da refrigeração por absorção se baseia no fato de que os vapores de alguns fluidos refrigerantes conhecidos são absorvidos a frio, em grandes quantidades, por certos líquidos ou soluções salinas.

Se esta solução formada (vapor de refrigerante mais líquido absorvente), é aquecida, verificamos uma separação entre o líquido e o vapor, onde o vapor pode ser evaporado e aproveitado para produção de frio, como nas instalações de compressão a vapor. Na Figura 3.11, ilustramos um sistema de absorção típico.

O sistema de refrigeração por absorção mais comum é aquele que usa amônia (NH_3) como fluido refrigerante e a água como fluido absorvente. Estas máquinas têm muitas vantagens. Elas utilizam energia térmica em lugares onde a energia elétrica é mais cara. A energia térmica necessária pode ser obtida de uma chama de gás, um aquecedor elétrico ou um bico de querosene. O sistema por absorção não apresenta partes internas móveis o que lhe garante um funcionamento silencioso e sem vibração.

O ciclo de absorção é similar em certos aspectos ao ciclo de compressão de vapor. Um ciclo de refrigeração opera com o compressor, o condensador, a válvula de expansão e o evaporador. O sistema de

absorção primeiro absorve vapor de baixa pressão em um líquido absorvente apropriado. O passo seguinte é elevar a pressão do líquido com uma bomba, e o passo final é liberar o vapor do líquido absorvente por adição de calor.

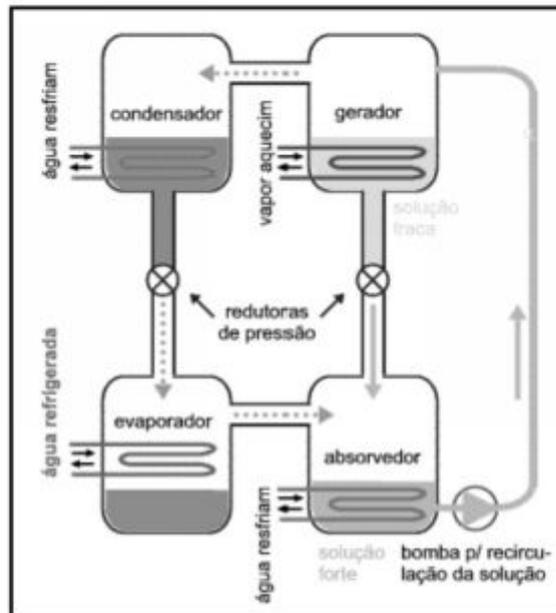


Figura 3.11 – Esquema típico de um sistema de absorção

O ciclo de compressão de vapor depende de trabalho mecânico para movimentação do fluido refrigerante. O ciclo de absorção, para funcionar depende do fornecimento de calor que libera o vapor do líquido de alta pressão.

O vapor de baixa pressão do evaporador é absorvido por uma solução líquida no absorvedor. Se esse processo de absorção fosse executado

adiabaticamente, a temperatura da solução iria subir e eventualmente a absorção de vapor poderia cessar. Para perpetuar o processo de absorção o absorvedor é resfriado por água ou por ar, que finalmente rejeita esse calor para a atmosfera. A bomba recebe o líquido de baixa pressão do absorvedor, eleva a sua pressão, e a entrega ao gerador. No gerador, calor de uma fonte de alta temperatura expulsa o vapor que tinha sido absorvido pela solução. A solução líquida retorna para o absorvedor por uma válvula redutora com objetivo de manter as diferenças de pressão entre o gerador e o absorvedor.

O sistema de congelamento do refrigerador à gás (por absorção) se processa por meio de um certo número de vasos de aço e tubos soldados conjuntamente para formar um sistema hermeticamente vedado. Todos os espaços do sistema estão em comunicação irrestrita, de modo que todas as partes estão à mesma pressão total. A carcaça inclui uma solução de água-amônia com poder de aproximadamente 30% de concentração (amônia em peso) e hidrogênio.

Os elementos do sistema incluem um gerador (às vezes chamado caldeira ou alambique), um condensador e absorvedor. Na Figura 3.12 é possível analisar a ilustração de um sistema de absorção para uso doméstico.

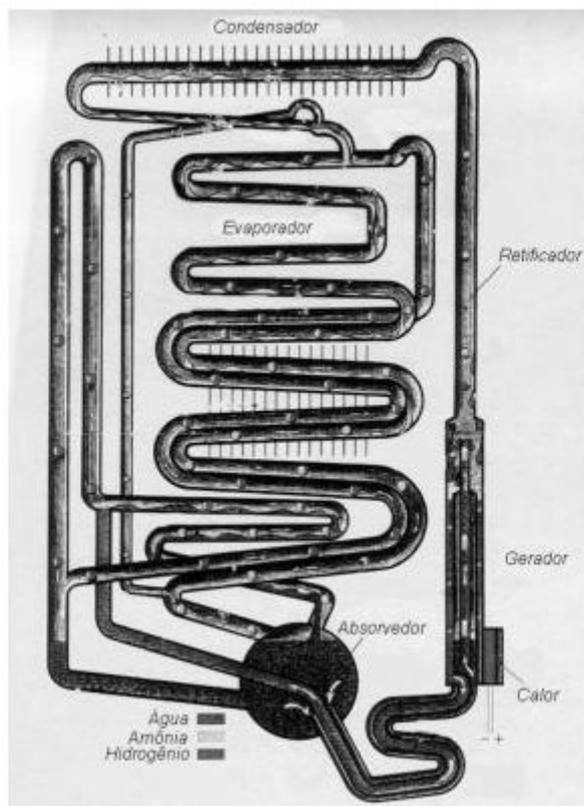


Figura 3.12- Sistema de absorção para uso doméstico

O calor é aplicado por meio de um queimador de gás ou outra fonte de calor, para expulsar a amônia da solução. O vapor de amônia, assim gerado, flui para o condensador. No caminho do fluxo de amônia, do gerador para o condensador, são colocados um analisador e um retificador. Algum vapor d'água será levado junto com o vapor de amônia do gerador. O analisador e o retificador servem para remover esse vapor d'água do vapor de amônia. No analisador, a amônia passa, através de uma forte solução que está em seu caminho, do absorvedor ao gerador. Isso **reduz a temperatura** do

vapor gerado o suficiente para condensar o vapor d'água, e o calor resultante da solução forte expulsa algum vapor de amônia, sem fornecimento adicional de calor. O vapor de amônia passa então através do retificador, onde a pequena quantidade residual de vapor d'água é condensada pelo resfriamento atmosférico e drenada para o gerador por meio do analisador.

O vapor de amônia, que ainda está quente, passa pela seção do condensador, onde é liqüefeito pelo ar frio. O condensador é fornecido com palhetas para essa finalidade. A amônia assim liqüefeita flui em direção ao evaporador. Um retentor de líquido interposto entre o condensador e o evaporador impede que o hidrogênio entre no condensador. O gás hidrogênio entra na seção inferior do evaporador e corre para cima, em contrafluxo com a amônia líquida que corre para baixo. O objetivo da introdução de uma atmosfera de hidrogênio acima de amônia líquida no evaporador é reduzir a pressão parcial do vapor de amônia de acordo com a Lei de Dalton das Pressões Parciais. Conforme a lei de Dalton, a pressão total de uma mistura gasosa é igual à soma das pressões parciais dos gases isolados. Conseqüentemente, no evaporador a pressão parcial do vapor de amônia é menor que a pressão total devido a presença de pressão parcial do hidrogênio.

Quanto menor a pressão do vapor de amônia, maior a evaporação da amônia, com conseqüente

absorção e resfriamento do ambiente, que está em um compartimento bem isolado. A mistura gasosa do hidrogênio e vapor de amônia pesada, formada no evaporador, deixa o topo deste e passa para baixo através do trocador de gás quente para o absorvedor.

Sendo o peso do gás proporcional a seu peso molecular, e o peso da amônia sendo 17, o peso molecular do hidrogênio 2, o peso específico do gás forte é maior do que o gás fraco. Essa diferença em pesos específicos é suficiente para iniciar e manter a circulação entre o evaporador e o absorvedor. Do absorvedor, a solução de água-amônia forte flui através do trocador de líquido quente para o analisador e a seguir para a câmara de líquido forte do gerador.

Além da refrigeração por absorção, cada vez mais são utilizados refrigeradores termoelétricos. O refrigerador termoelétrico utiliza-se de dois materiais diferentes como os pares termoelétricos convencionais (Figura 3.13).

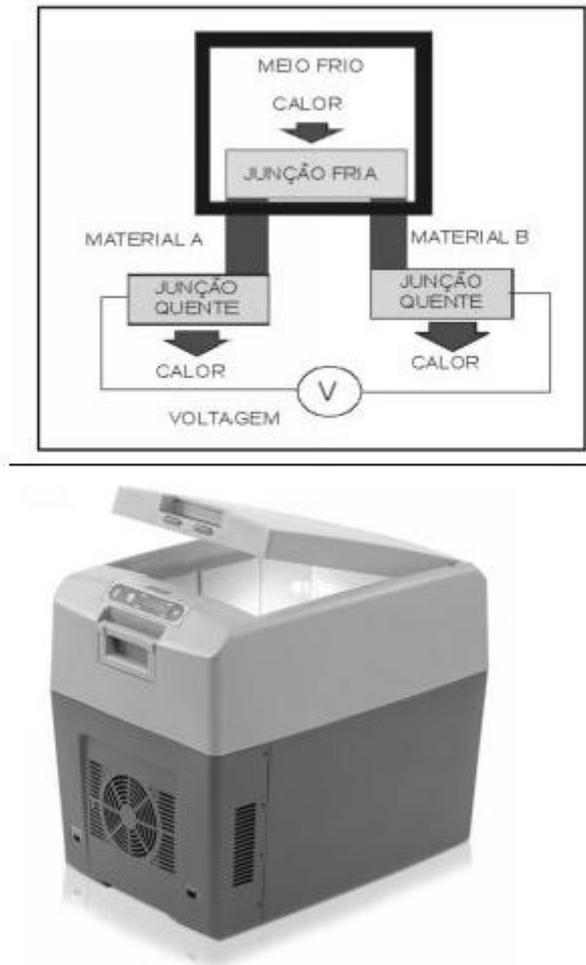


Figura 3.13- Ilustração de um refrigerador termoelétrico

Observamos que o meio frio (ambiente refrigerado) está em contato com a junção fria do par termoelétrico. O calor do meio interno é retirado por essa junção fria e liberado para o meio exterior por meio da junção quente.

Ou seja, há duas junções entre esses dois materiais em um refrigerador termoelétrico. Uma está

localizada no espaço refrigerado e outra no meio ambiente. Quando uma diferença de potencial é aplicada, a temperatura da junção localizada no espaço refrigerado decresce e a temperatura da outra junção cresce. Operando em regime permanente, haverá transmissão de calor do espaço refrigerado para a junção fria. A outra junção estará a uma temperatura acima da ambiente e haverá transmissão de calor para o local. Atualmente, esse método de refrigeração tem sido utilizado para a construção de refrigeradores móveis de pequeno porte, com aplicações diversas que vão desde para lazer quanto para transporte de órgãos para transplante.

4- Principais sistemas de climatização

Uma das aplicações mais importantes da refrigeração é para a climatização de ambientes. Podemos definir condicionamento do ar como sendo o processo de tratamento do ar de modo a controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição para atender às necessidades do recinto condicionado. Na Figura 4.1, tem-se um aparelho self-contained com dutos distribuindo ar de maneira uniforme para todo o ambiente climatizado. Na Figura também é possível observar que a máquina é posicionada dentro de uma

casa de máquinas devidamente isolada e dotada de tomada de ar externo e grelha de retorno.

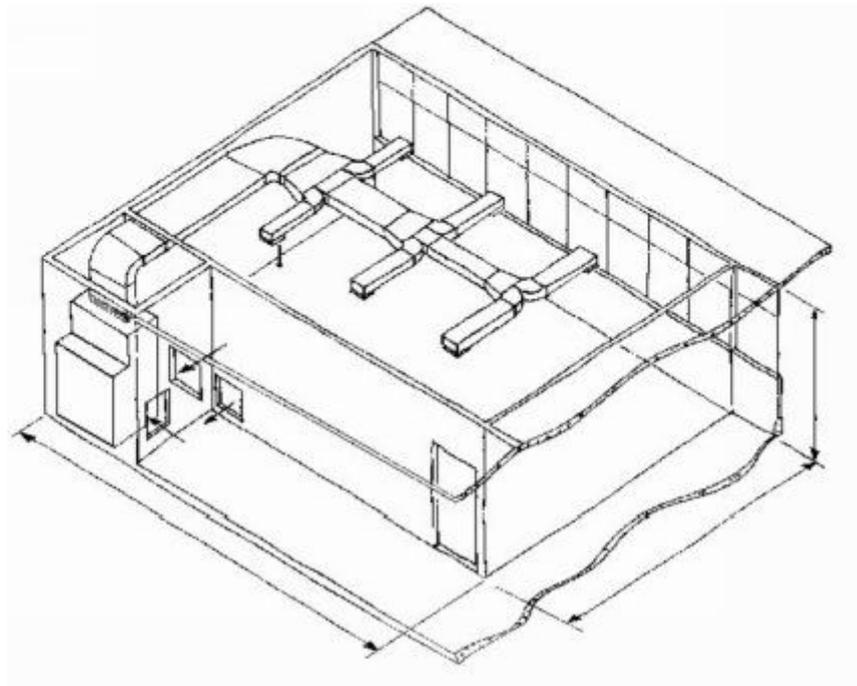


Figura 4.1- Esquema de um sistema de climatização.

É muito comum se utilizar a expressão carga térmica quando falamos de climatização. De forma bem simplificada, carga térmica é a quantidade de calor, geralmente expressa em Btu/h, ou kcal/h, que deve ser retirado ou colocado no recinto a fim de proporcionar as condições de conforto desejados. Esta carga térmica pode ser introduzida no recinto a climatizar por: condução, insolação, dutos, pessoas, equipamentos, infiltração,

iluminação e ventilação. A partir da carga térmica são definidas as capacidades dos equipamentos necessários para climatizar cada ambiente. O cálculo de carga térmica deve ser realizado por técnicos especializados. Há uma regra que permite fazer um cálculo grosseiro que é usar 12.000Btu/h para cada 20 metros quadrados. Mas essa regra não pode ser utilizada para ambientes muito envidraçados ou com elevada taxa de ocupação.

Segundo a ASHRAE (1997), conforto térmico é um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa. É, portanto, uma sensação subjetiva que depende de aspectos biológicos, físicos e emocionais dos ocupantes, não sendo, desta forma, possível satisfazer com uma determinada condição térmica todos os indivíduos que ocupam um recinto. O estudo do conforto térmico tem como objetivo a determinação das condições ambientais que possibilitam o conforto térmico para um maior número de pessoas possíveis.

Esta sensação de conforto depende da facilidade em se manter o equilíbrio térmico entre a produção de energia pelo corpo e os ganhos de energia do meio, e as perdas para o mesmo, visando assim, manter a temperatura interna do corpo em 37°C (Figura 4.2).



Figura 4.2- Exemplo de um sistema de climatização

Quando falamos em “climatizar ambientes”, estamos nos referindo ao processo de tratamento de ar em recintos fechados, de modo a controlar simultaneamente a sua temperatura, umidade, pureza e movimentação, para obtenção de um ambiente mais agradável.

A pureza do ar é controlada através de filtros localizados na tomada de ar externo e na entrada do evaporador, conforme ilustrado na Figura 4.3.

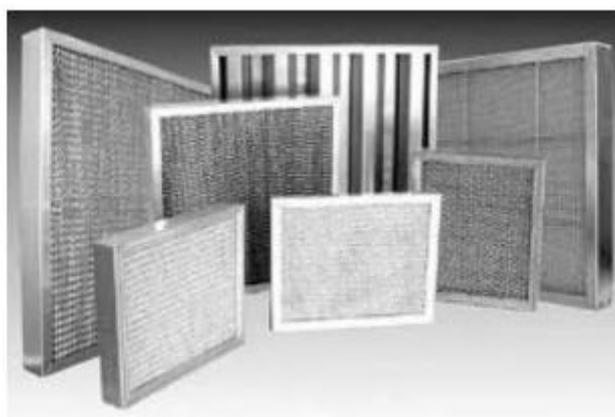


Figura 4.3- Filtros utilizados na área de climatização.

Existem dois tipos de sistemas de climatização: **sistema de expansão direta** e **Sistema de expansão indireta**. Um sistema do tipo fan-coil chiller mais comum que funciona com condensação à água é composto de equipamentos para climatizar os ambientes (fan-coil), chiller (unidade de resfriamento da água), tubulações de água fria, bombas de água fria, bombas de água de condensação e torre de arrefecimento. Nas Figuras 4.4 a 4.9 é possível observar o chiller (resfriador) utilizado em sistemas de expansão indireta para resfriamento da água gelada que circula pelas tubulações e alguns componentes.

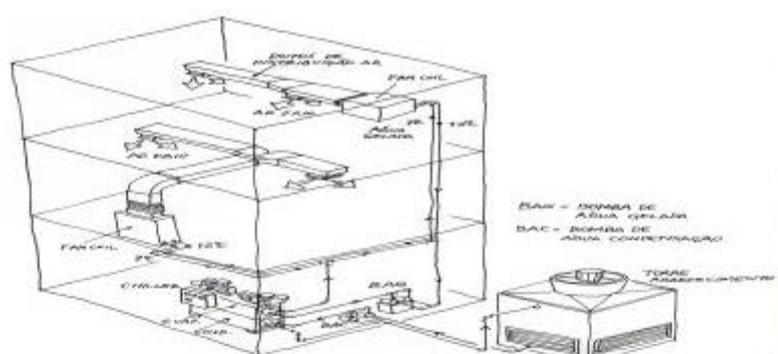


Figura 4.4- Esquema de um sistema fan-coil / chiller

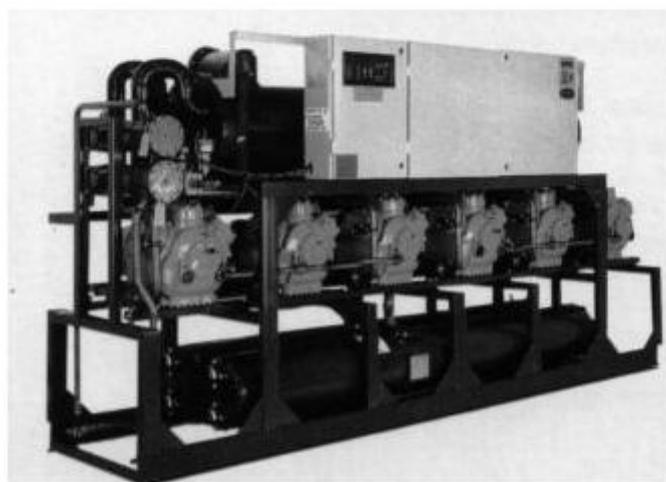


Figura 4.5- Unidade resfriadora - chiller

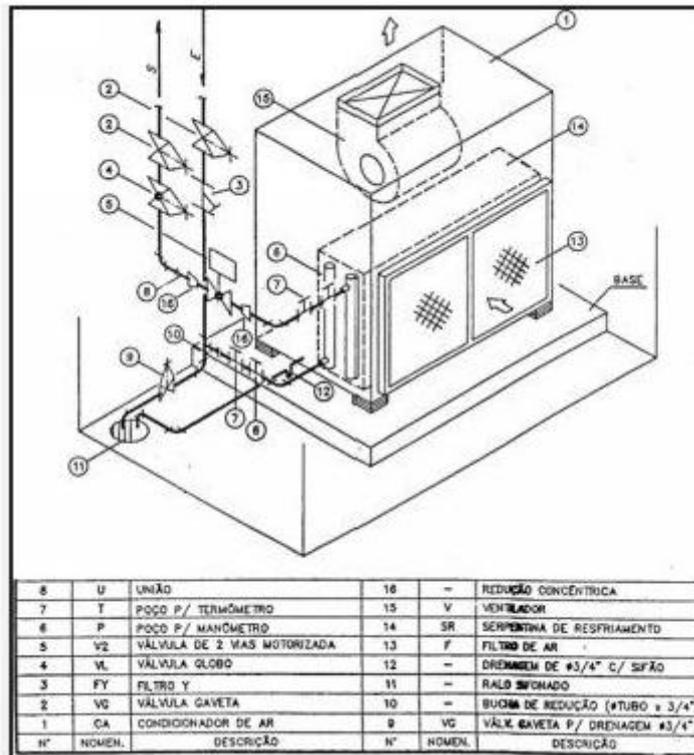


Figura 4.6- Ilustração de um fan-coil vertical

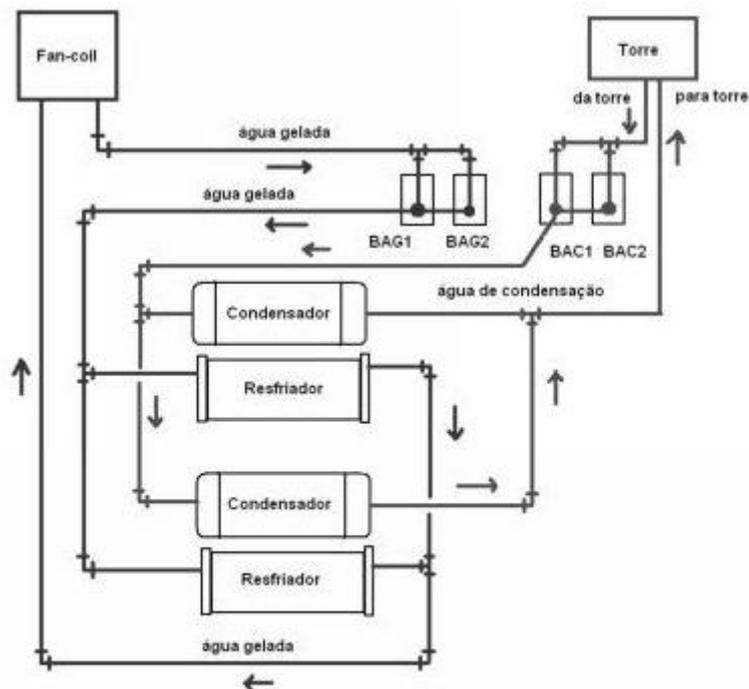


Figura 4.7- Ilustração do esquema de um sistema fan-coil chiller.

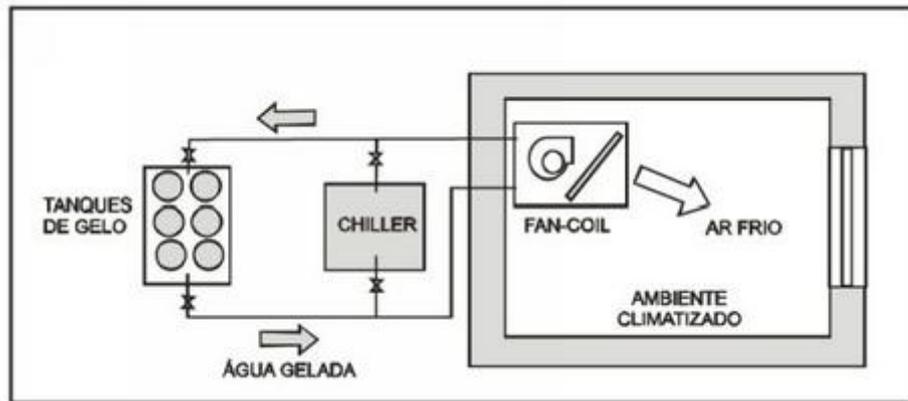


Figura 4.8- Ilustração de sistema chiller com termoacumulação.

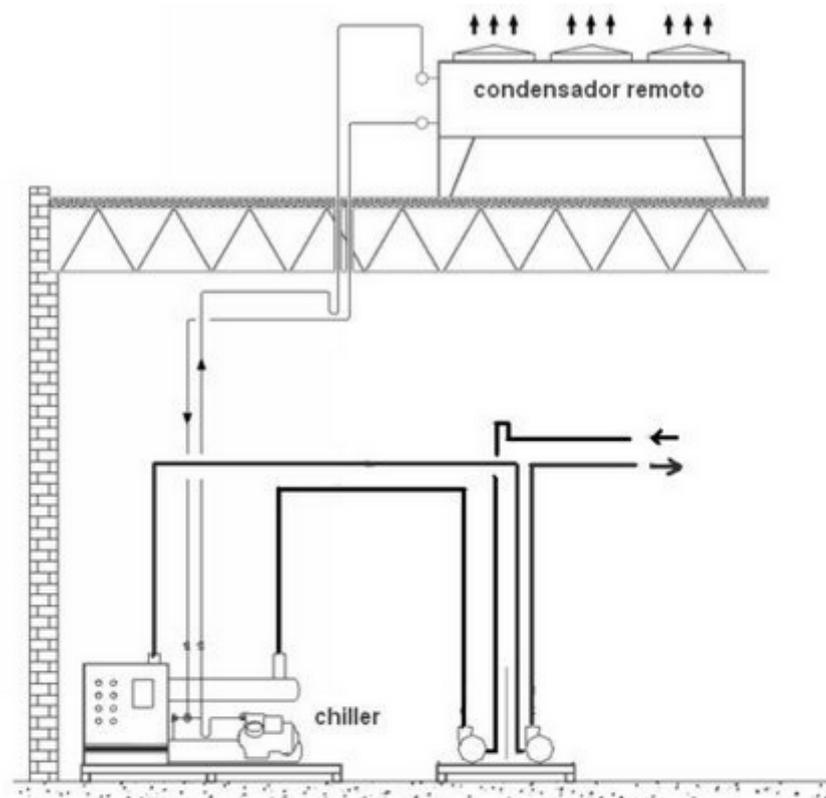


Figura 4.9- Ilustração de um sistema de água gelada com condensação a ar.

No sistema de expansão direta, o ar a ser climatizado entra em contato direto com o evaporador enquanto que um sistema de expansão indireta utiliza um

fluido intermediário para climatizar o ar do ambiente.

Entre os sistemas de expansão direta temos os aparelhos de ar condicionado de janela, os splits e os self-contained (compactos). Na Figura 4.10 apresentamos um aparelho do tipo self-contained.



Figura 4.10- Ilustração de um equipamento tipo self-contained

Os condicionadores de ar tipo *self-contained* são destinados a usos domésticos ou comerciais e podem ser fornecidos com condensação a ar ou água. Atendem, a uma ampla faixa de possibilidades de aplicação: instalações em lojas, restaurantes, centros de computação, em edifícios industriais, bancos, em grandes residências, etc. Na Figura 4.11 e 4.12 ilustramos uma instalação típica com dutos.

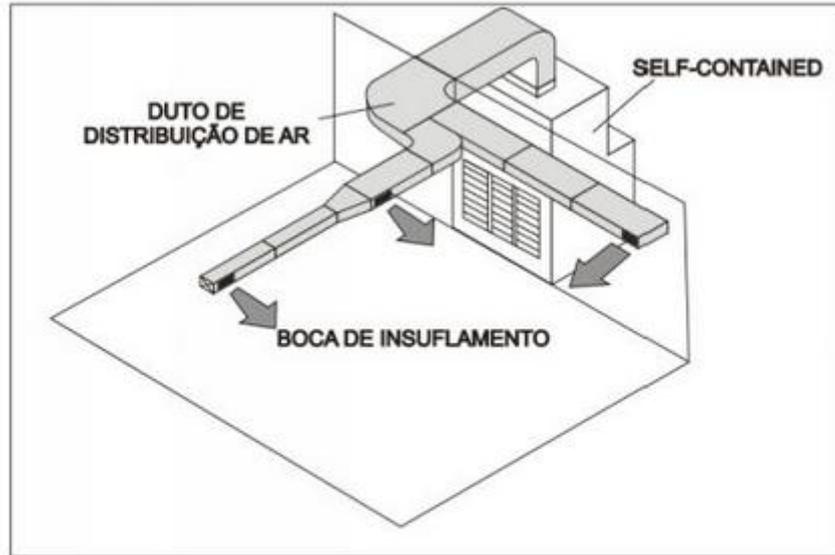


Figura 4.11– Ilustração de um aparelho tipo self-contained dutado.

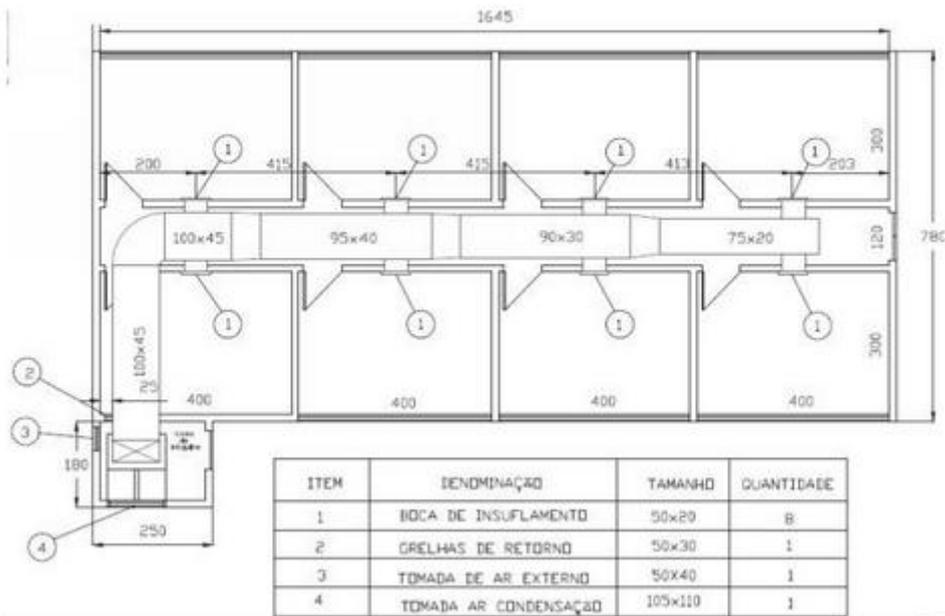


Figura 4.12- Ilustração de um sistema de expansão direta com dutos.

O condicionador de ar do tipo *self-contained*, com condensação à água, precisa de uma torre para resfriamento da água para seu funcionamento. A água que saiu do condensador, aquecida, é movimentada até a torre de resfriamento por uma bomba, para liberar o calor retirado do gás refrigerante para o ar atmosférico.

Também temos nos sistemas de expansão diretas os APARELHOS DE AR CONDICIONADO DE JANELA. Como o próprio nome diz, os aparelhos de janela são geralmente são instalados em janelas ou em paredes a uma altura de 1,60 metros. Apresentam capacidade de resfriamento variando de 0,5 a 3 TR. Os condicionadores são geralmente resfriados à ar, porém no caso de grandes instalações podem ser resfriados à água. Esses condicionadores podem também apresentar o condensador operando como evaporador no período de inverno e funcionando como bomba de calor para o aquecimento. É o chamado ciclo reverso. Apesar de estarem sendo gradualmente substituídos pelos splits eles ainda são bastante utilizados em residências e em prédios de escritórios, principalmente porque são fáceis de serem

instalados e de operação (Figura 4.13).

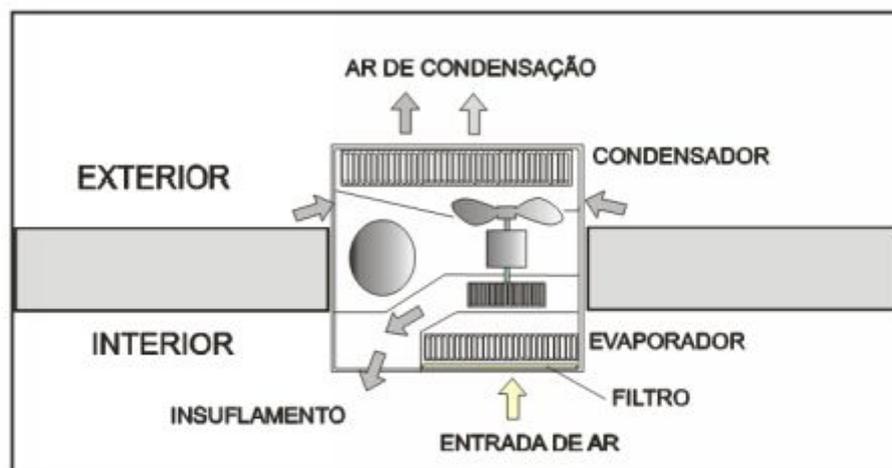


Figura 4.13 – Ilustração de um aparelho de ar condicionado de janela.

O seu uso equivocadamente na parte inferior das paredes é muito comum em diversos edifícios e provoca o desagradável efeito de estratificação do ar no ambiente, que é quando sentimos que nossa cabeça está em uma zona térmica mais quente que nossas pernas. Além de causar desconforto, isso pode provocar perda de eficiência energética, uma vez que o aparelho precisará ficar ligado mais tempo para uniformizar a temperatura do ambiente. Isso ocorre porque o aparelho instalado na parte superior da parede ou da janela tem a seu favor a convecção natural do jato de ar frio de insuflamento, que naturalmente desce. No caso da instalação próxima do solo o ar frio não subirá naturalmente porque é mais denso que o ar mais quente.

Também entre os sistemas de expansão direta temos os SPLITS. Em inglês split significa DIVIDIDO. Os equipamentos de condicionamento de ar do tipo dividido, ou “split-system”, são máquinas que apresentam como características principais a fácil adaptabilidade ao ambiente, o baixo nível de ruído e o baixo consumo de energia. O funcionamento destes equipamentos se baseia na divisão do sistema de refrigeração em duas partes (Figura 4.14).



Figura 4.14 – Ilustração de um sistema split tipo piso-teto

Dessa forma é possível alocar os componentes de maior nível de ruído na unidade externa ao ambiente condicionado (compressor e condensador), obtendo assim um menor nível de ruído. No ambiente climatizado fica apenas a unidade evaporadora composta pelo sistema

de movimentação de ar e pelo trocador de calor. Na Figura 4.15 tem-se um sistema do tipo multi-split.

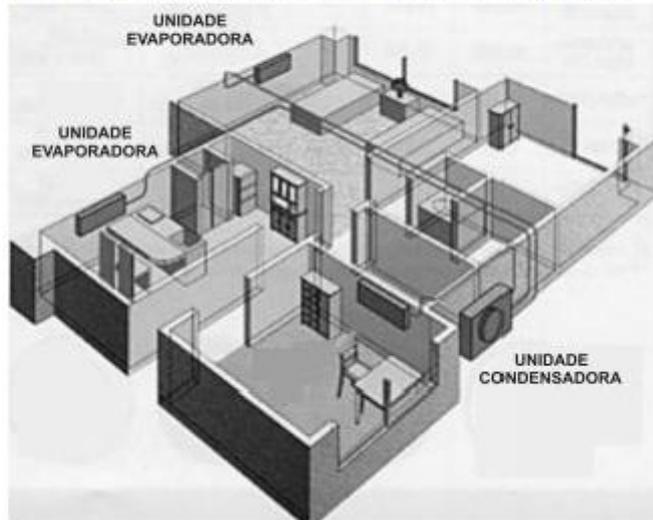


Figura 4.15- Ilustração de um sistema de climatização do tipo *multisplit*.

5- Operações com Fluidos Refrigerantes

Fluidos refrigerantes são substâncias químicas que têm como principal característica a absorção de calor do ambiente refrigerado enquanto se vaporizam. Há diversos tipos de fluidos refrigerantes, tais como os hidrocarbonetos halogenados, misturas azeotrópicas, hidrocarbonetos, componentes inorgânicos e misturas não azeotrópicas.

Tabela 5.1- Nome de alguns hidrocarbonetos halogenados.

Fórmula	Classificação
CHClF_2	F - 22 ou R - 22
$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$	F - 134 ou R - 134a

Os hidrocarbonetos são usados como refrigerantes nas indústrias petroquímicas. Os principais exemplos são: R 50 = Metano = CH_4 ; R 170 = Etano = CH_3CH_3 ; R 290 = Propano = $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$.

Os compostos inorgânicos têm como principal representante a amônia (R 717), que é muito utilizada em aplicações industriais. A nomenclatura dos compostos inorgânicos é dada pelo número 7 seguido do peso

molecular da substância.

Atualmente são utilizados os fluidos chamados de HCFCs e HFCs que têm como representantes o R22, o R401A, o R409A, o R401B, o R402A, o R408A, o R402B. Já os representantes mais comuns dos HFCs são o R134a, R404a, R507, R407C e R410A.

Para substituição de um CFC por um HCFC, deve-se consultar os fabricantes e analisar o efeito do novo fluido no desempenho do sistema. A DuPont, por exemplo, proprietária das marcas Suva e Freon, apresenta informações completas sobre seus fluidos no *site* na internet:

(http://www2.dupont.com/Refrigerants/pt_BR/assets/downloads/news/4edi%C3%A7%C3%A3o_Brasil.pdf)

Na tabela 5.2 a seguir, apresentamos algumas de suas propriedades:

Tabela 5.2- Propriedades do fluido R134a

Formula química	CH ₂ F-CF ₃
Calor específico do líquido	1,26 kJ/kg.K
Calor latente de vaporização	215,5 kJ/kg
Temperatura crítica	101,15 Graus Celsius

Na Tabela 5.3, a seguir, ilustra-se os principais substitutos para o R11 e R12:

Tabela 5.3- Principais substitutos dos CFCs

Nome (Ashrae)	DuPont	ELF ATOCHEM	Hoescht	Substitui
R-134a	SUVA 134a	FORANE 134a	RECLIN 134a	CFC-12
R-123	SUVA 123			CFC-11
R-124	SUVA 124			CFC-114
R-401	SUVA MP 39			CFC-12
R-401b	SUVA MP 66			CFC-12
R-404a	SUVA HP 62	FORANE FX 70		R-502
R-402a	SUVA HP 80			R-502
R-402b	SUVA HP 81			R-502
R-407c		FORANE 407 C		R-407
R-408a		FORANE FX 10		R-502
R-409a		FORANE FX 56		CFC-12

Os *blends*, como são chamados os fluidos que são formados por mistura de outros fluidos, resolvem temporariamente o problema, pois apresentam R22 em

sua composição na proporção:

Tabela 5.4- Composição química dos *blends*

Fluido refrigerante	Nome comercial	Fornecedor	Fluidos componentes	Porcentagem dos componentes
R401A uso nos refrigeradores	MP39	DuPont	22	53%
			152a	13%
			124	34%
R401B - uso em freezers	MP66	DuPont	22	61%
			152	11%
			124	28%
R409A uso em refrigeradores e freezers	FX56	Elf Atochem	22	60%
			142b	15%
			124	25%

Nas Figuras 5.1 e 5.2 ilustradas a seguir, tem-se diagramas pressão *versus* entalpia para o R 22 e para o R 134a. Esses diagramas podem ser utilizados para determinação do coeficiente de desempenho dos sistemas de refrigeração pelo método gráfico. Para isso basta inserir nos diagramas os pontos que representam os diferentes estados termodinâmicos do fluido (temperatura e pressão) e obter o valor da entalpia específica. A variação de entalpia específica é suficiente para se avaliar a capacidade de refrigeração e trabalho de compressão.

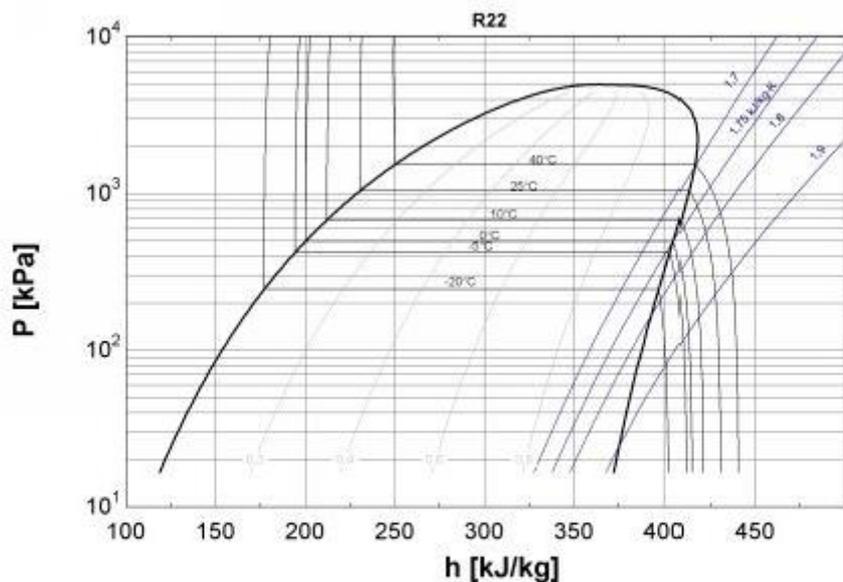


Figura 5.1 – Diagrama pressão *versus* entalpia para o fluido R22

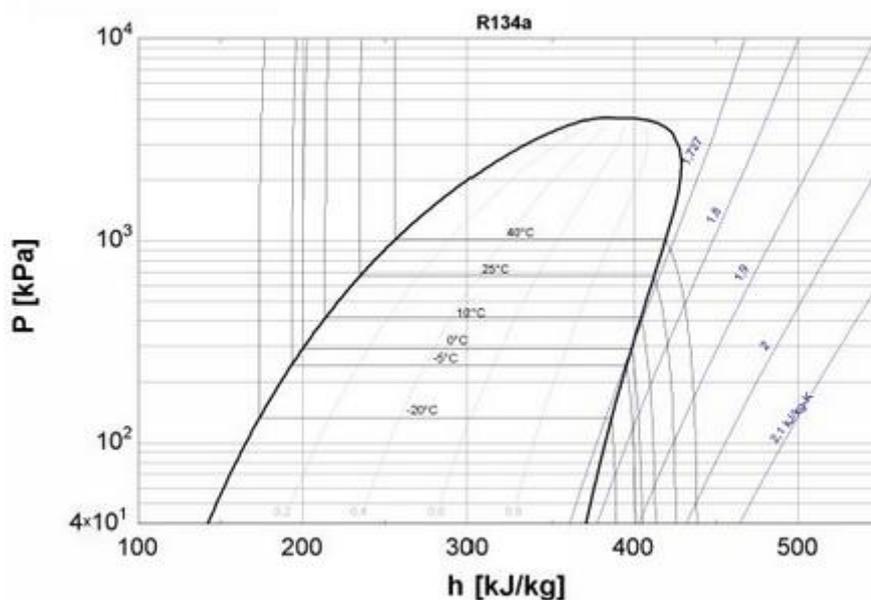


Figura 5.2– Diagrama pressão *versus* entalpia para o fluido R134a.

Sempre que se precise trocar um compressor, é fundamental realizar o recolhimento do fluido refrigerante e somente depois soltar os tubos de sucção e descarga do mesmo, utilizando um maçarico.

Pela sua importância destaca-se que o recolhimento do fluido refrigerante tem como objetivo evitar que CFC utilizado seja liberado para a atmosfera no ato de abertura do sistema.

Esse processo é realizado por intermédio de um recolhedor de fluido refrigerante, conforme ilustrado na Figura 5.3. O processo de recolhimento somente poderá ser realizado se, e somente se, o sistema estiver hermeticamente fechado. Isso garante que no interior do sistema, exista somente fluido refrigerante.



Figura 5.3- Ilustração de um recolhedor de fluido refrigerante.

Os equipamentos necessários para a realização deste procedimento de recolhimento são: válvula perfuradora, conjunto de manômetros, recolhedor de fluido refrigerante e cilindro de fluido refrigerante, conforme ilustrado na figura 5.4:

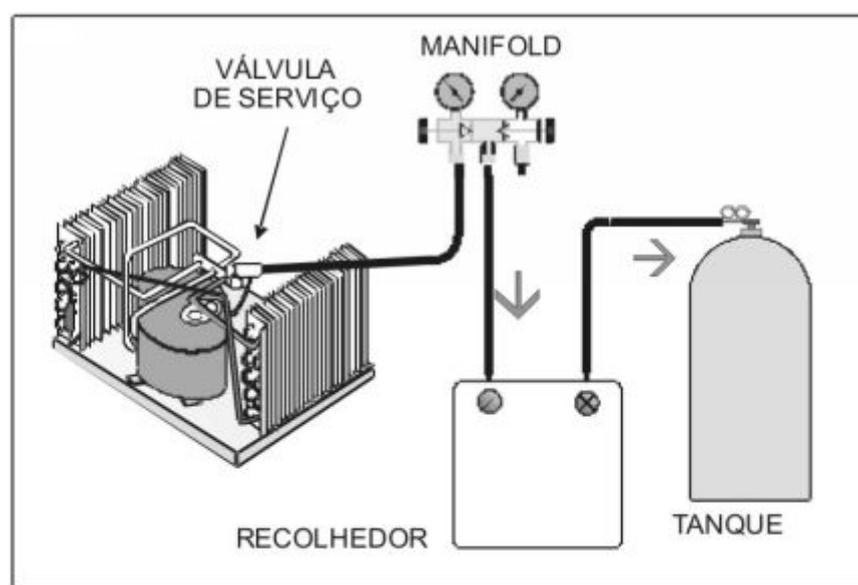


Figura 5.4- Ilustração do processo de recolhimento do fluido refrigerante.

A limpeza nos componentes do sistema se faz necessária devido ao acúmulo de resíduos como: óleo, lama ácida, carvão e outros elementos resultantes da queima ou decomposição do óleo e verniz do isolamento do motor elétrico, provocada pela penetração da umidade no sistema de refrigeração.

No caso de um compressor que teve seu motor elétrico queimado, o resíduo da queima se infiltrará por todo o sistema. Para substituir o compressor, necessita-se de uma limpeza nos componentes e nas tubulações que os interligam, utilizando um solvente próprio. Caso não seja efetuada essa limpeza, os resíduos irão para o novo compressor contaminando o seu óleo e reduzindo, assim, sua vida útil.

A Embraco disponibilizou vídeo ilustrativo de 14 minutos em seu Portal Clube da Refrigeração (Figura 5.5) ensinando trocar um compressor passo a passo:
<https://www.youtube.com/watch?v=nWk4P3N1W2U&list=UUleviPygFKNm9MlQhaoEe1w>



Figura 5.5- Procedimento correto para troca de compressores EMBRACO.

Com a inserção dos novos fluidos refrigerantes no mercado, a preocupação com a realização correta da evacuação e desidratação do sistema ganhou maior importância. Este procedimento se faz necessário na substituição de qualquer componente mecânico do sistema que envolva solda. Primeiramente, as soldas devem ser verificadas por meio de pressurização com nitrogênio para assegurar-se da não existência de nenhum vazamento.

Com o vácuo, tem-se o objetivo de garantir a completa eliminação da umidade no interior da tubulação. Dessa maneira, evacuamos e desidratamos o sistema, retirando vapores não condensáveis e a umidade, elementos responsáveis por problemas como

entupimento no dispositivo de expansão - devido à umidade transportada pelo fluido refrigerante que formam cristais de gelo no dispositivo de expansão - e corrosão - devido à presença de umidade misturada com o gás refrigerante, que causa a formação de ácidos.

Para a realização desse procedimento, utilizam-se bombas de vácuo. Essas geralmente são rotativas e de duplo estágio. O motivo de serem usados esses tipos de bombas é pelo fato de que uma bomba alternativa ou rotativa de único estágio não atenderia as necessidades no que se refere aos níveis de vácuo recomendados. Ou seja, com uma bomba de vácuo alternativa ou rotativa de único estágio não conseguiríamos evaporar a água à temperatura de trabalho do sistema, conforme ilustrado na Figura 5.6.

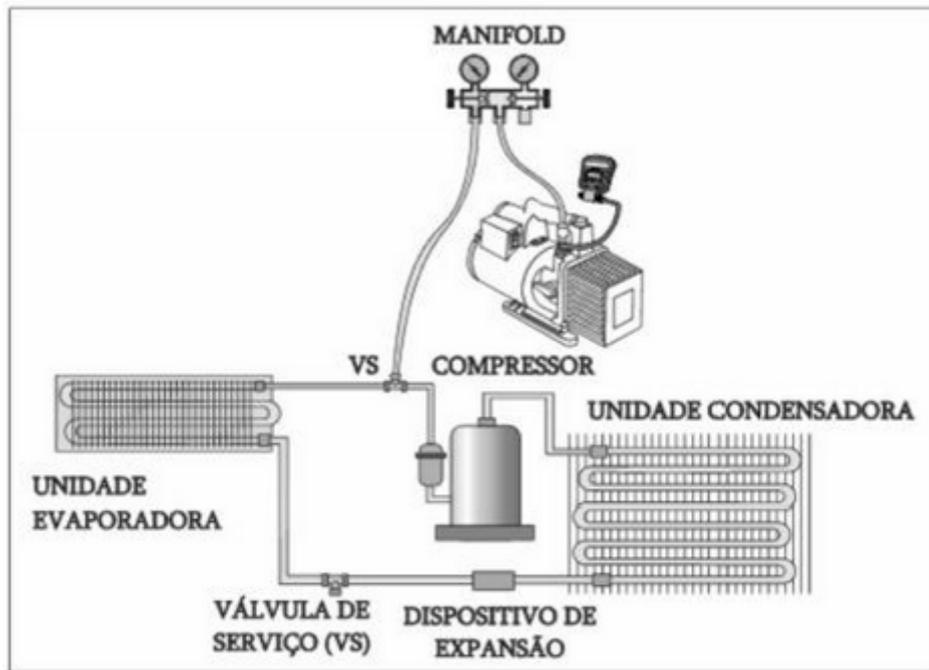


Figura 5.6- Esquema de montagem para realização de vácuo.

Na Tabela 5.4, a seguir, observa-se a relação entre a temperatura de evaporação da água em pressões convertidas. Dessa forma constata-se, por exemplo, que com um nível de vácuo de 250 microns a umidade no ar se vaporiza a -31 Graus Celsius. Com uma bomba de vácuo, esse valor é atingido e tem-se a garantia de que toda umidade será retirada de dentro do sistema.

Tabela 5.4- Relação da temperatura de evaporação da água com o nível de vácuo

UNIDADES DE VÁCUO					TEMPERATURA DE EVAPORAÇÃO DA ÁGUA	
MANOMÉTRICA		ABSOLUTA		Microns	0°C	0°F
Poleg. Hg	mm Hg	lb/pol ²	Torr			
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

Quando a manutenção de um sistema exigir a abertura para a substituição de algum componente (ou quando o sistema de refrigeração foi violado) há a necessidade da troca do filtro secador e a realização da evacuação do sistema para posterior carga de fluido refrigerante.

Nas Figuras 5.7 e 5.8 ilustramos os processos mais comuns para a carga de fluido refrigerante. Observamos que na, primeira situação, a carga de vapor se dá na linha de sucção do compressor. Na segunda situação, a carga é realizada na linha de líquido.

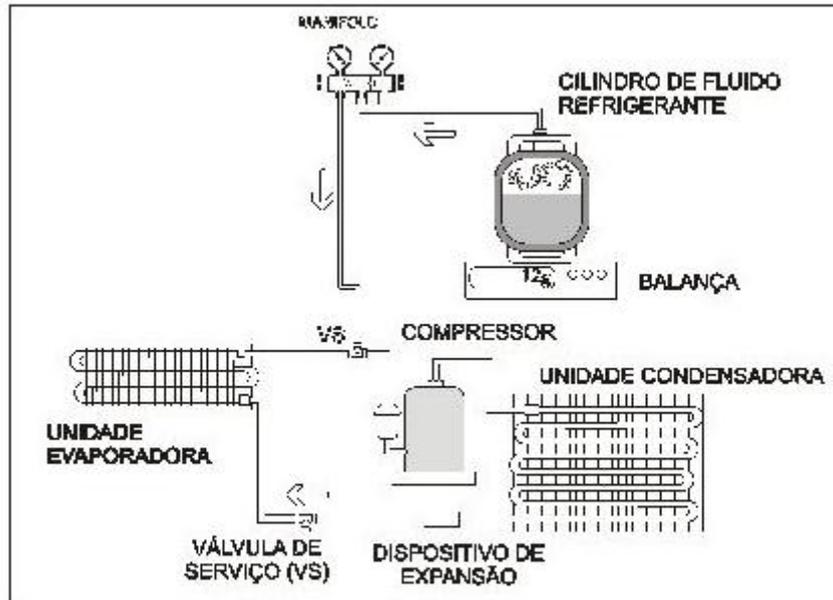


Figura 5.7– Esquema geral para realização de carga.

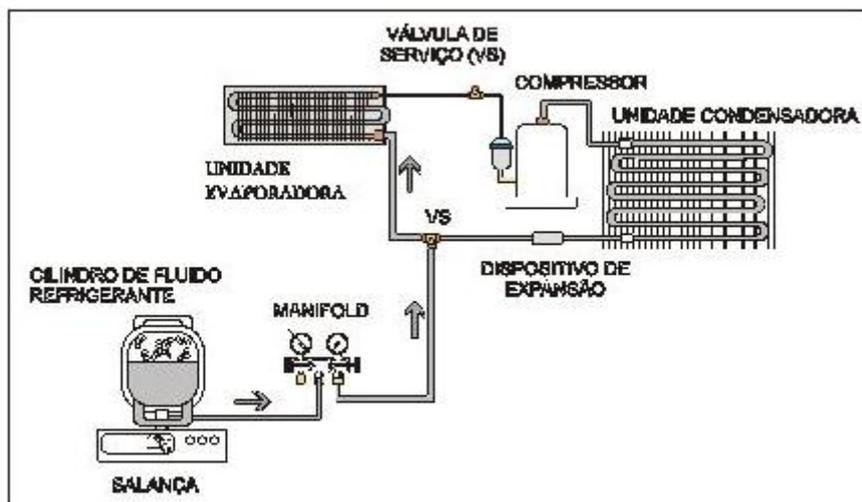


Figura 5.8– Esquema geral para realização de carga.

Em ambos os casos é fundamental a medição correta da quantidade de fluido que deve ser adicionada. Uma balança de precisão deve ser utilizada para tanto.

Após o recolhimento do CFC, é importante que se troque o óleo do compressor por um modelo compatível com o utilizado nos sistemas com R134a. Essa preocupação se deve ao fato de que uma das principais características desejáveis de um óleo lubrificante para refrigeração, além das características lubrificantes, é a miscibilidade (capacidade de se misturar) com o gás refrigerante. Tal característica garante a circulação do óleo no sistema de refrigeração e o seu retorno para o compressor, sem produzir bolhas de óleo no evaporador e no condensador. Os óleos minerais e sintéticos, normalmente utilizados com o CFC, são miscíveis em todas as faixas de temperatura e concentrações. Porém, devido a sua alta polaridade, o R134a é totalmente imiscível com esses óleos, tornando necessária a utilização de novos tipos de óleos. Assim, foram desenvolvidos especialmente óleos sintéticos de alta polaridade, do tipo éster, para o uso com R134a.

Também, é importante que se troque o filtro secador por um modelo compatível com o novo fluido, pois os óleos tipo éster são propensos à absorção de umidade, resultando na formação de ácidos. Na Figura 5.9, observa-se a comparação da absorção da umidade pelo sistema utilizando óleo tipo éster e óleo mineral, ao

longo do tempo:

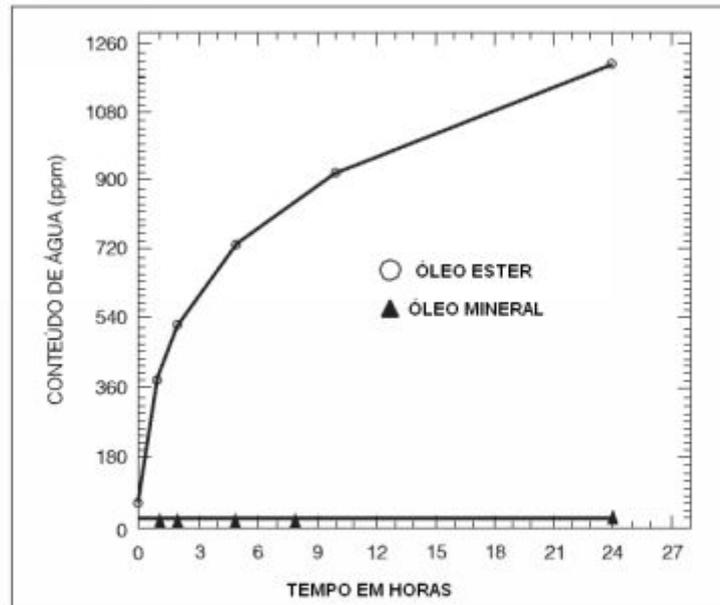


Figura 5.9– Taxa de absorção de umidade ao longo do tempo - Fonte: EMBRACO.

Os níveis de vácuo para o sistema com R134a são iguais aos para o sistema com R12. 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.

Quanto às soldas, as composições da solda prata não são 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 fluido refrigerante R134a é muito menor do que a molécula do R12. Isso significa que a solda deve ser perfeita ou o índice de vazamentos irá aumentar.

Os detectores de vazamento para gases clorados, antigamente usados em sistemas R12, não são eficientes com o R134a. Esse tipo de detector de vazamentos reage com o cloro, um halogênio que não se encontra no R134a. Por isso, recomenda-se o uso de equipamentos com detectores à base de hélio para rastrear vazamentos nas linhas de montagem de sistemas com R134a.

É muito importante, também, não misturar materiais utilizados para gases CFC com materiais utilizados para gases HFC e, também, 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 e formação de ácidos, que poderão provocar até a queima do compressor.

Os profissionais da área precisam ficar atentos, pois cada vez menos são utilizados fluidos HCFCs. A venda de CFC já foi proibida no Brasil, mas existem ainda milhares de refrigeradores operando com esse fluido. Por isso é necessário fazer o recolhimento e regeneração desses fluidos. No link a seguir há endereços de empresas que fazem esse processo:

<http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/sites/protocolodemontreal.org.br/pt-br/site.php?>

[secao=regeneracaounidades](#)

No Portal Wiki do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus São José, disponibilizamos dezenas de animações em flash que contribuem para a compreensão dos procedimentos teóricos e práticos. Na Figura 5.10 tem-se a ilustração do processo de evacuação de um refrigerador.

http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/1/10/Carga_defluidonocircuitoderac.swf

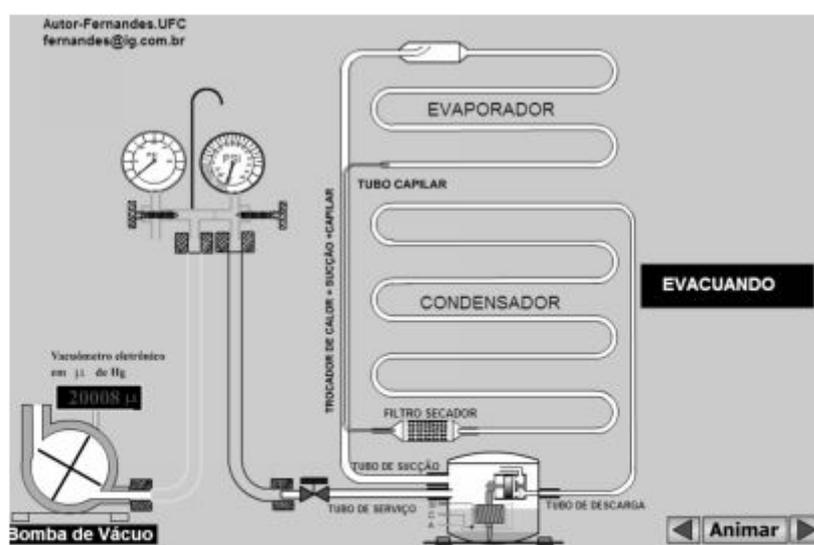


Figura 5.10- Evacuação do sistema de refrigeração
Adaptação de animação elaborada por Raimundo
Fernandes

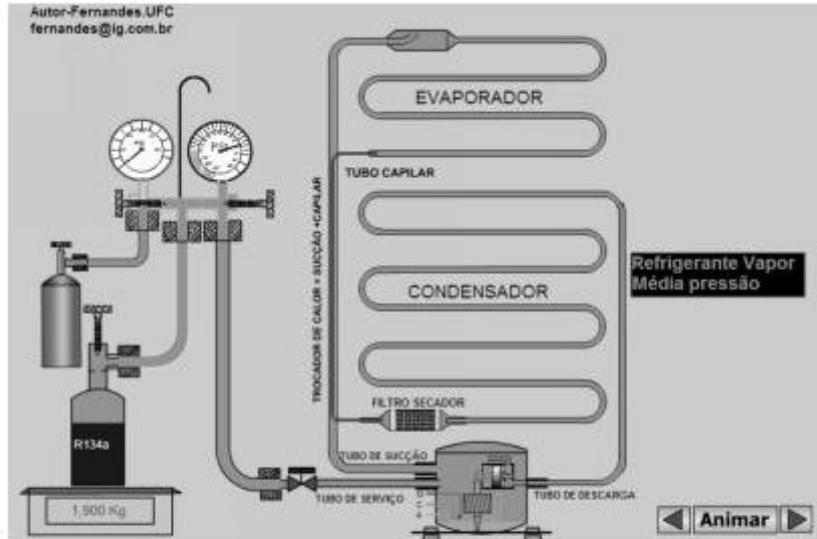


Figura 5.11- Procedimento de carga de fluido refrigerante

Adaptação de animação elaborada por Raimundo Fernandes

6- Brasagem de tubulações

A brasagem em tubos de cobre é a união de duas peças, (cobre/latão, cobre/ferro, cobre / ferro-cobreado), por meio de um material de adição (vareta), através da injeção de calor. A brasagem de tubos é uma etapa importante para a troca de compressores.

A fonte de calor neste processo é de origem química, formada por dois gases: Oxigênio: gás que ativa a combustão (comburente) e Acetileno: gás (combustível). A mistura oxiacetilênica é obtida pela combinação de dois gases (oxigênio e acetileno) através de um maçarico. A temperatura máxima de uma chama oxiacetilênica é de aproximadamente 3100°C, nas proximidades da extremidade do dardo. Na Figura 6.1 é possível observar o tanque de acetileno à esquerda, os reguladores de pressão, as mangueiras e o maçarico.

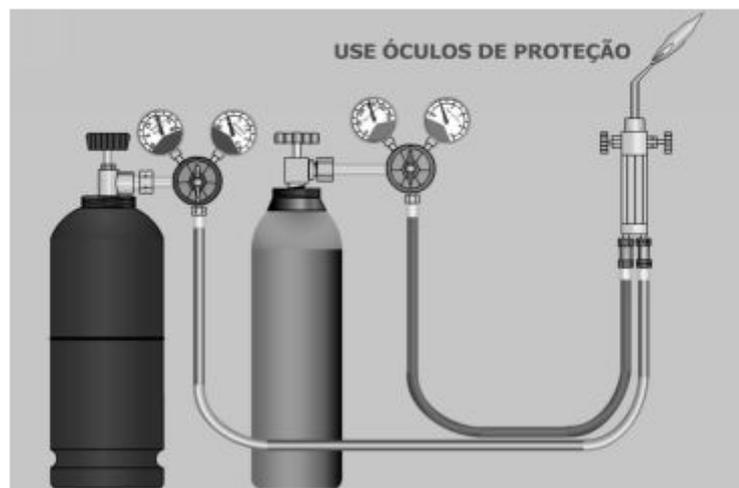


Figura 6.1- Aparato de soldagem oxiacetilênica –
Adaptação de animação produzida por Raimundo
Fernandes

É comum classificar a chama em 3 tipos: a neutra, a oxidante e a redutora (ou carburante). A chama neutra é obtida por meio da mistura de volumes iguais de oxigênio e acetileno. Deve ser usada para brasagem de passadores de cobre com tubos de cobre (Figura 6.2).

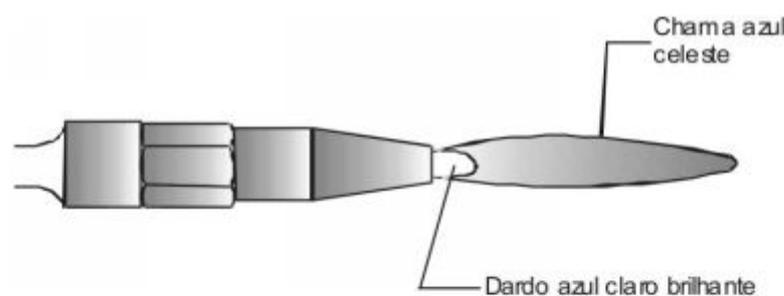


Figura 6.2- Chama neutra.

A chama oxidante é uma chama obtida por uma mistura com excesso de oxigênio e caracteriza-se por ser uma chama mais quente que a chama neutra. É indicada para a brasagem de latão, conforme Figura 6.3.

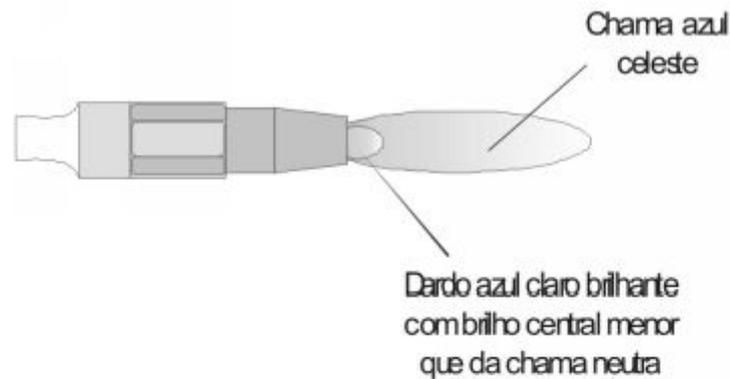


Figura 6.3 – Chama oxidante.

A chama redutora ou carburante é uma chama com excesso de acetileno. É recomendada para a brasagem de alumínio e suas ligas e para a brasagem de passadores de aço cobreado com tubos de aço ou passadores de aço cobreado com tubos de cobre e vice-versa.

Após o aquecimento adequado, o material de adição se funde e tende sempre a fluir para o ponto mais quente da junta aquecida, porém, isso só ocorre quando: a superfície a ser brasada está limpa; a folga entre as partes a serem brasadas está correta; a área das partes a serem brasadas está suficientemente aquecida para fundir o material de adição.

Os tubos a serem brasados devem estar livres de óleo, graxa, oxidação, tinta ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais. Para uma maior e melhor homogeneidade na brasagem com o maçarico, é importante realizar o pré-aquecimento da superfície com movimentos circulares.

Na figura 6.4, pode ser visualizado um exemplo

das temperaturas medidas sobre uma peça quando se varia a distância da ponta do dardo até a mesma, usando-se uma chama constante do tipo carburante.

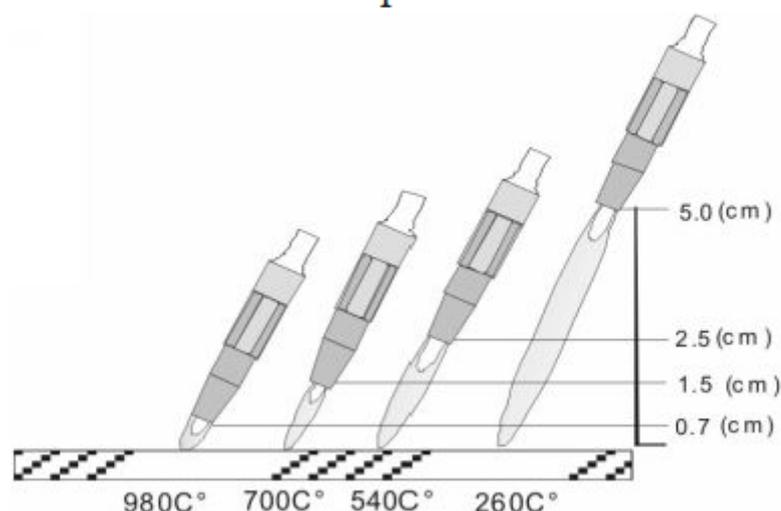


Figura 6.4- Temperatura x distância do dardo até a peça.

A seguir vamos detalhar os procedimentos para os diferentes tipos de brasagem:

a) **TUBOS COBRE / AÇO-COBREADO:**

Para este tipo de brasagem são usadas varetas de solda prata com o teor de prata variando de 50 a 25%. Este tipo de brasagem requer chama carburante ou redutora.

b) **TUBOS COBRE / COBRE:** Para este tipo de brasagem podem ser usadas varetas de solda prata com teor de prata variando de 15 a 5% ou varetas à base de cobre-fósforo

(Phoscooper). Na Figura 6.5 podemos visualizar uma chama neutra para brasagem de tubo de serviço de um compressor.

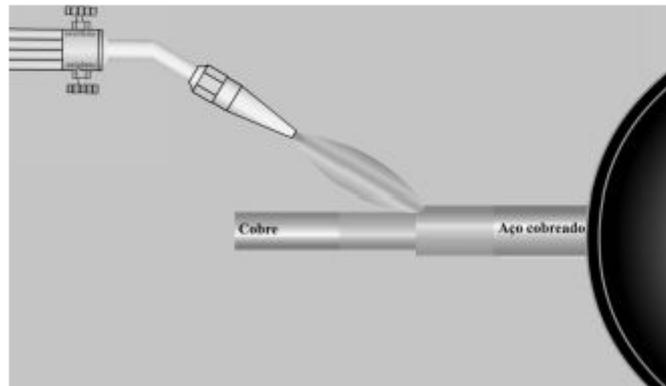


Figura 6.5 – Processo de brasagem de tubo de serviço de um compressor.

Nesse processo de brasagem dos passadores de cobre é preciso ser cuidadoso para não comprometer a solda dos passadores. Por isso a chama deve ser direcionada no sentido oposto ao compressor e deve incidir de maneira mais intensa na extremidade do tubo fêmea (6 mm finais).

c) TUBOS COBRE / AÇO PASSADORES DE COBRE: O material de adição, fluxo de brasagem, regulagem da chama e seqüência de brasagem seguem as mesmas orientações anteriores. Entretanto, atenção especial deve ser

dada aos cuidados para brasagem de passadores de cobre, onde a temperatura do cobre deve ser menor que a do aço para evitar fusão do cobre.

Para uma boa brasagem, o profissional deve se certificar que a tubulação está livre de graxa, óleo, óxidos ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais. É importante observar que podem ocorrer falhas tais como: falta de penetração do material de adição, obstrução da tubulação (material de adição excessivo), uso da chama adequada (Figura 6.6).

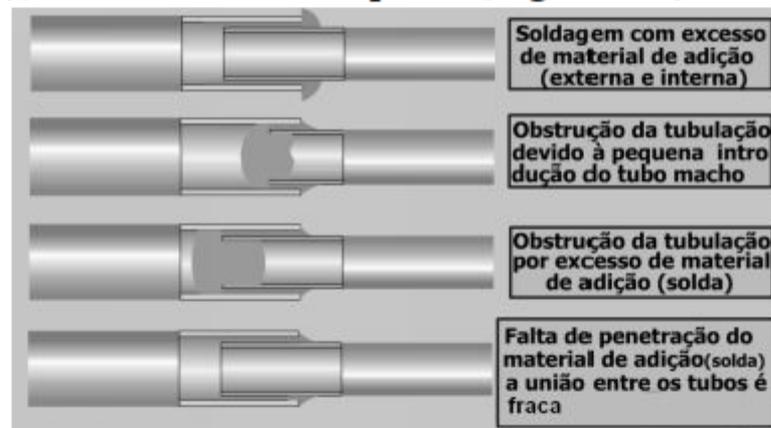


Figura 6.6- Tipos de falhas no processo de soldagem.

Para a segurança do profissional é importante prevenir o risco de explosões. Por isso recomendamos que:

- Nunca abrir a válvula da garrafa mais do que 1/2 volta;
- nunca usar pressões acima de 1,5 kgf/cm²;
- nunca esgotar totalmente a garrafa;

- nunca usar cano de cobre para emenda de mangueira;
- nunca usar emendas nas mangueiras;
- nunca usar a garrafa deitada;
- nunca transportar a garrafa deitada;
- nunca transportar a garrafa sem a capa de proteção da válvula;
- nunca golpear a garrafa;
- nunca trabalhar com a garrafa em locais quentes (acima de 70° C) ou próximo a fontes de calor;
- sempre fixar as garrafas (com correntes, braçadeiras, etc.)

Na internet você poderá encontrar excelentes vídeos tratando da brasagem.

Sugerimos alguns a seguir:

<https://www.youtube.com/watch?v=e28bDHUJoLI>

<http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/8/87/Soldagem226.swf>

7- Manutenção de aparelhos de ar condicionado de janela

A principal função do compressor é movimentar o fluido refrigerante. O compressor pode ser chamado de "coração do aparelho", pois do bom funcionamento e eficiência do mesmo dependerá o rendimento do condicionador de ar. Existem vários tipos de compressores, porém, em condicionadores de ar os mais usados são os **rotativos** e os **alternativos**.

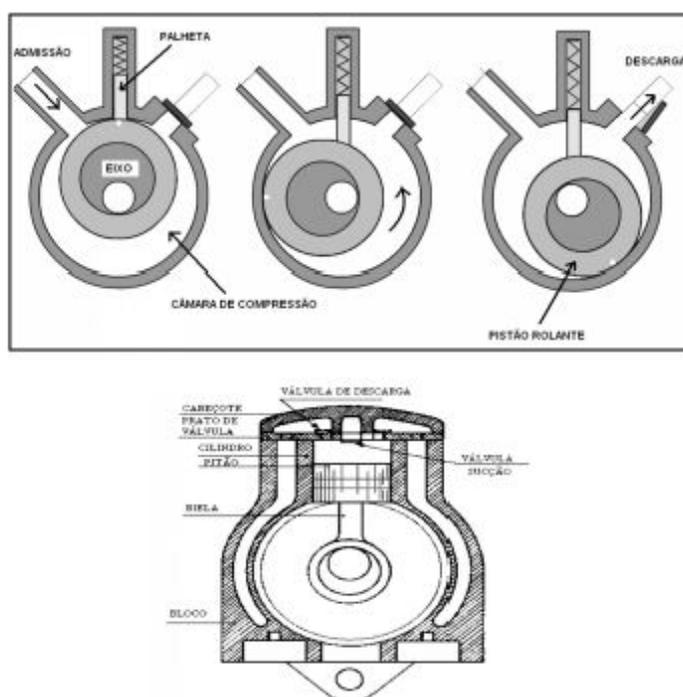


Figura 7.1– Esquema mecânico de um compressor rotativo e um alternativo.

O compressor rotativo movimenta o fluido através de um eixo rolante excêntrico. Já o compressor alternativo realiza a movimentação através de um sistema pistão–biela– manivela.

Para o funcionamento do compressor necessitamos de um **motor**. Na maioria dos compressores é utilizado de um motor elétrico para este fim. O motor elétrico se divide em duas partes: rotor e estator. O rotor é a parte giratória e o estator é a parte fixa do motor. Este conjunto é isolado contra curto-circuito elétrico e aloja as bobinas de fio de cobre na quantidade de pólos previamente determinadas. O número de pólos é que define a **velocidade de rotação** dos motores.

Em condicionadores de ar de pequeno porte, normalmente utilizados em residências, utilizam-se motores elétricos monofásicos com tensão de trabalho de 127 ou 220 Volts. Esses motores utilizam capacitores de fase a fim de corrigir o fator de potência e o defasamento, sendo ligados permanentemente entre o início do enrolamento primário e o fim do enrolamento secundário (Permanent Split Capacitor PSC Motor). Esses são os tipos de motores mais usados e normalmente os mais eficientes. Nos aparelhos com maior capacidade utilizados em ambientes com carga térmica mais elevada, utilizam-se motores trifásicos com tensões de trabalho de 220 ou 380 Volts.

Um equipamento de condicionamento de ar pode funcionar retirando calor ou adicionando calor ao ambiente. Quando o equipamento oferece estas duas opções, é porque o mesmo é dotado de um componente chamado válvula reversora.

As válvulas reversoras usadas nos condicionadores de ar são de “4 vias” e operam sobre a pressão máxima do sistema.

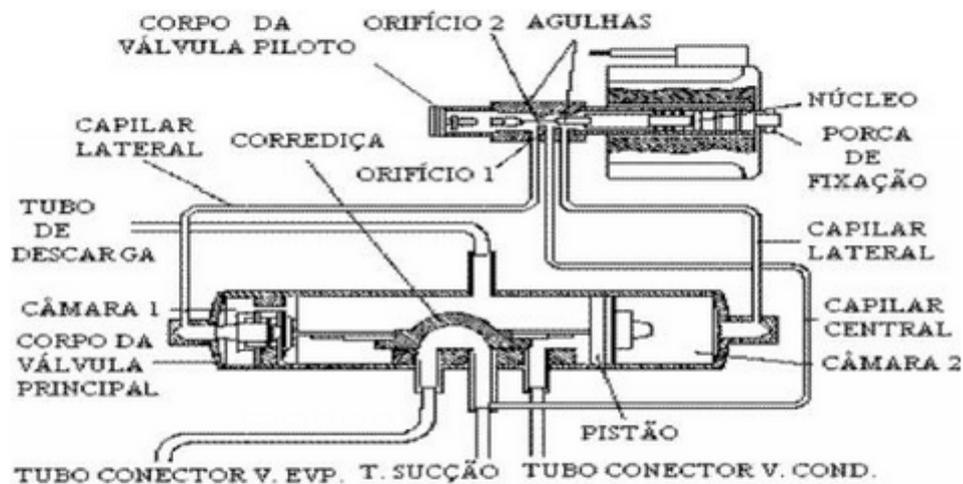


Figura 7.2 – Esquema de uma válvula reversora

Fonte: Manual de serviços CONSUL.

A válvula piloto é controlada por uma bobina solenóide montada sobre um tubo que contém um núcleo de ferro. Da válvula piloto, saem três capilares: dois laterais e um central. Os capilares laterais operam nas câmaras das extremidades do corpo da válvula principal, conduzindo o gás através dos dois pistões até a válvula

piloto. O capilar central é ligado ao tubo de sucção. Em ambos os ciclos, refrigeração ou aquecimento, ele permanece aberto escoando o gás que vem da alta pressão, provocando depressão numa das câmaras da válvula principal.

No ciclo de aquecimento, quando a solenóide está energizada, a agulha do núcleo abre o orifício n°1 e a outra fecha o orifício n°2. O gás flui da câmara n°1 através do capilar lateral até a válvula piloto e então pelo capilar central até o tubo de sucção. Nesta câmara ocorre a queda de pressão em virtude da abertura do orifício n°1 e a comunicação com o tubo de sucção. Estando o orifício n°2 fechado ocorrerá um aumento de pressão na câmara n°2, o que ocasionará o deslocamento da corrediça para a direita, provocando a **mudança de ciclo**. Agora, o calor será absorvido do ar externo pela vaporização do refrigerante no condensador e rejeitado no evaporador (no ambiente que se deseja condicionar).

NOTA:

1. A válvula faz a reversão com pressão contrária sem ruído ou impacto mecânico da corredeira ou pistões. Entretanto há um instante de ruído do gás, assim que as pressões nas câmaras 1 e 2 se igualam.

2. Na figura 7.3 temos a posição da válvula quando o condicionador está funcionando na refrigeração.

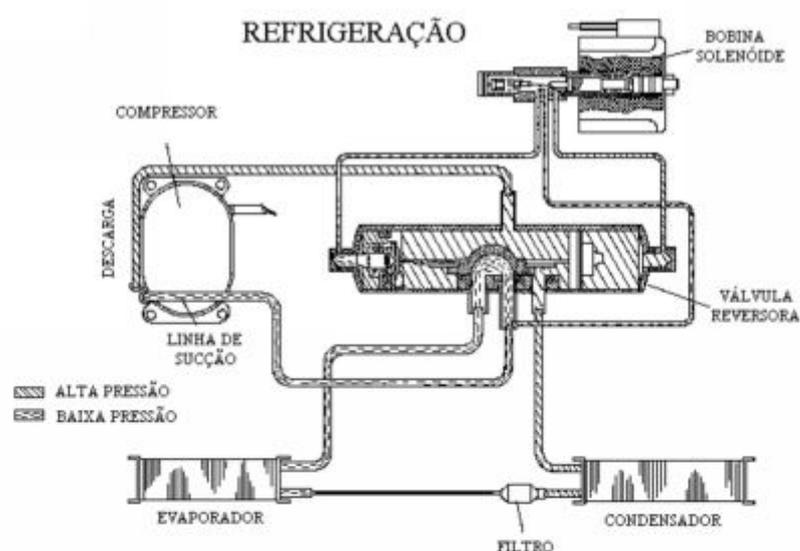


Figura 7.3– Esquemático do ciclo na condição refrigeração

Fonte: Manual de serviços CONSUL.

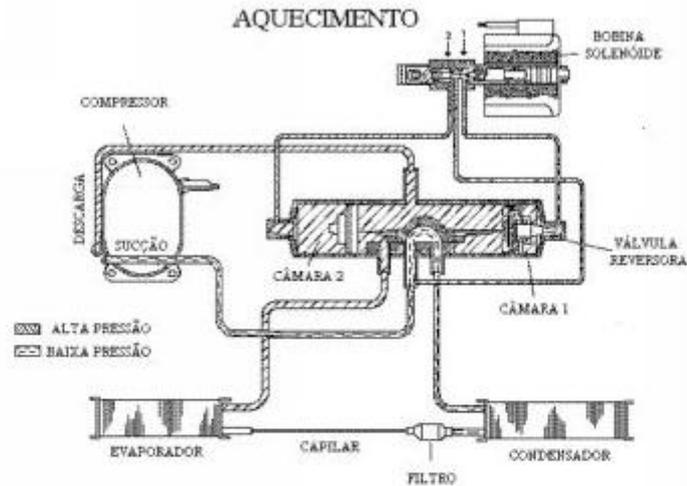


Figura 7.4 – Esquemático do ciclo na condição Aquecimento

Fonte: Manual de serviços CONSUL.

A linha de descarga consta de um tubo de cobre, que une a descarga do compressor com a entrada do condensador conforme figura 7.5.

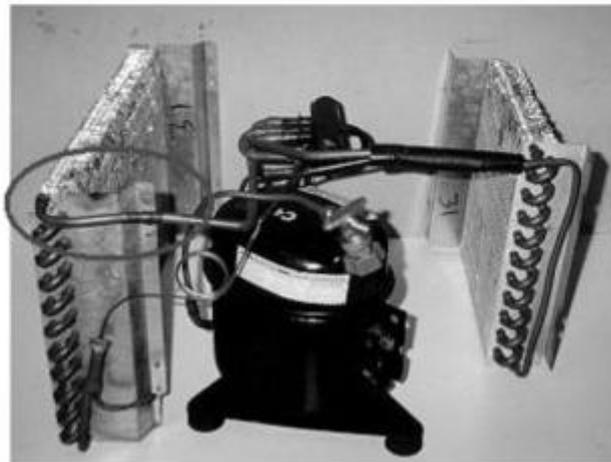


Figura 7.5- Ilustração da linha de descarga do sistema.

O condensador ilustrado no lado esquerdo da figura 7.5 é formado por um conjunto de tubos de cobre e aletas de alumínio, seguramente presos uns aos outros quando da construção dos mesmos. Com a circulação forçada do ar provocada pelo ventilador axial sobre o condensador, ocorre uma **rejeição** do calor absorvido do ambiente climatizado e do processo de compressão. Para o fluido refrigerante R22, normalmente a pressão de descarga do condicionador de ar é 21 kgf/cm² (cerca de 21 atmosferas). A temperatura do gás na entrada do condensador é de aproximadamente 90 Graus Celsius e na saída é 45 Graus Celsius, variando de acordo com a temperatura externa.

O filtro de gás se encontra localizado na saída do condensador. É constituído de um tubo de cobre, possuindo internamente uma tela de malha fina em forma de um capacete, que faz a filtragem do fluido refrigerante.

O tubo capilar é formado de um tubo de cobre de diâmetro interno reduzido, que depende da vazão de fluido requerida. A função do tubo capilar é reduzir a pressão do fluido refrigerante condensado até a pressão

de evaporação. A pressão do gás refrigerante na entrada do capilar aproxima-se de 20 kgf/cm² e na saída situa-se entre 5,5 a 6,0 kgf/cm²

O evaporador, tal como o condensador é constituído por tubos de cobre e aletas de alumínio. No evaporador o fluido refrigerante troca calor com o ar de retorno e se vaporiza à baixa pressão através dos tubos aletados (Figura 7.6).

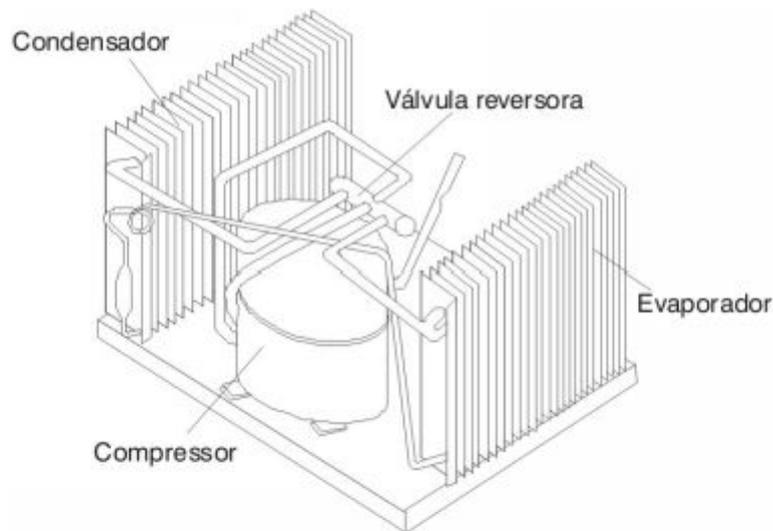


Figura 7.6 – Posição do evaporador no aparelho de ar condicionado de janela.

A linha de sucção é composta por um tubo de cobre de diâmetro superior ao tubo de descarga e liga a

saída do evaporador à sucção do compressor.

O sistema de ventilação dos aparelhos de condicionamento de ar do tipo janela é composto por um ventilador axial, um ventilador radial, o motor ventilador e o filtro de ar.

O ventilador axial, tem a função de circular ar através do condensador. O ventilador é fixado no eixo do motor ventilador e trabalha dentro de uma câmara, chamada de câmara de ventilação, conforme ilustrado na Figura 7.7.

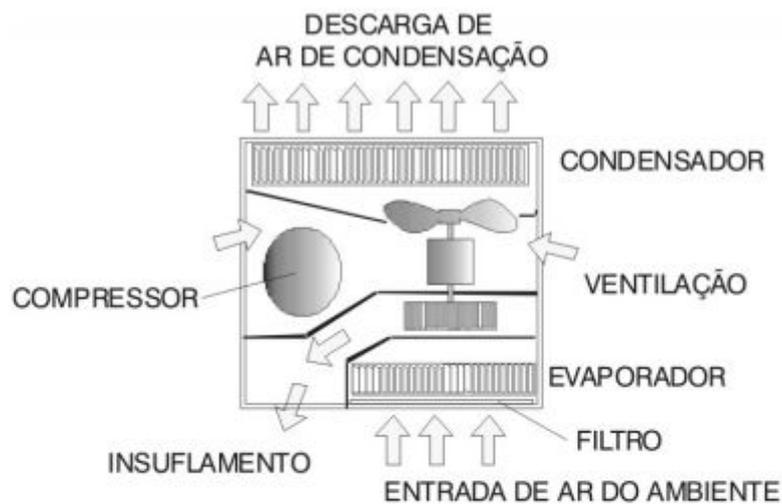


Figura 7.7– Vista esquemática do sistema de ventilação

A circulação do ar também auxilia no

resfriamento do compressor e motor ventilador. Lembramos você que: o ar circulado através do condensador por meio do ventilador axial, é somente o **ar externo**.

O ventilador radial tem como função recircular o ar do ambiente a ser condicionado, fazendo-o passar pelo filtro de ar e pelo evaporador. O ventilador radial é fixado no eixo do motor ventilador e está localizado dentro da voluta. O motor do ventilador é um motor elétrico construído de maneira a permitir o funcionamento com mínimo ruído possível, seja esse ruído de ordem mecânica ou indutiva (produzida pelas bobinas do motor elétrico).

As buchas utilizadas no motor-ventilador são de liga de bronze sinterizado, envolvidos com feltro umedecido em óleo lubrificante, de forma a permitir a lubrificação por um tempo bastante longo. Normalmente possuem duas velocidades a fim de permitir melhor conforto e menor ruído aos usuários.

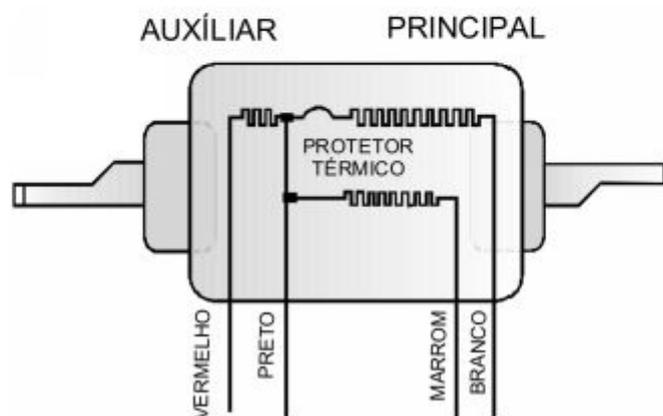


Figura 7.8- Desenho esquemático de um motor ventilador.

Os filtros de ar retêm as impurezas do ar tais como: poeiras e outras partículas sólidas. A limpeza do mesmo depende do ambiente onde o condicionador de ar está instalado e deve seguir instruções da Portaria 3523/98 do Ministério da Saúde. O aparelho não deve funcionar sem o filtro porque as impurezas ficarão retidas no evaporador, obstruindo-o. A ausência de filtro contribui para piorar a qualidade do ar interno.

O capacitor de fase do sistema tem a função de corrigir o fator de potência, filtrar ruídos e auxiliar na partida do moto-compressor. É ligado entre o enrolamento principal e o enrolamento secundário. Sua capacidade em micro Faraday depende do tipo de compressor. Os capacitores de fase são constituídos de um recipiente de alumínio ou ferro possuindo em seu interior uma ou mais bobinas de polipropileno metalizado seco. As bobinas têm dois terminais, um no centro do capacitor e outro (armadura) na parte externa da bobina próxima do recipiente de metal. Esse enrolamento assim constituído, é colocado dentro do recipiente. Essa operação se processa em fornos de alto vácuo e numa temperatura adequada a fim de retirar toda umidade existente na bobina e no recipiente. A tampa deve ser

solidamente presa ao recipiente e hermeticamente vedada, assim como os terminais de ligação devem ser solidamente presos à tampa e ter adequado isolamento para evitar condutibilidade elétrica entre ambas. A boa construção destes capacitores permite o trabalho dos mesmos por longos anos sem apresentar defeitos. A substituição desses capacitores, quando necessária, deve ser feita por outro de igual capacidade e de tensão. Na Figura 7.9 ilustramos para você um capacitor típico.



Figura 7.9– Capacitor de fase do compressor

O protetor térmico serve para proteger a parte elétrica do compressor. Geralmente o protetor térmico está localizado próximo ao terminal de ligação, entre o fio que vem da chave seletora e o terminal “comum” do

borne de ligação no compressor. É protegido por uma pequena caixa de baquelite ou material semelhante, que atua como receptáculo dos bimetais, contatos elétricos e parafusos de regulagem. A função do protetor térmico é não deixar o compressor trabalhar com uma corrente acima da nominal por um período muito longo, evitando o superaquecimento e a queima das bobinas. Convém ressaltar que ao ultrapassar a corrente normal do compressor, o protetor começa a aquecer, e atingindo o limite de segurança ele abrirá o circuito, desligando o compressor e ligando novamente quando a temperatura do bimetálico atingir o limite preestabelecido. O protetor térmico desligará também quando a temperatura do compressor atingir o limite máximo (normalmente 120 Graus Celsius), com a corrente (amperagem) mantendo-se dentro do especificado ou abaixo (Figura 7.10).

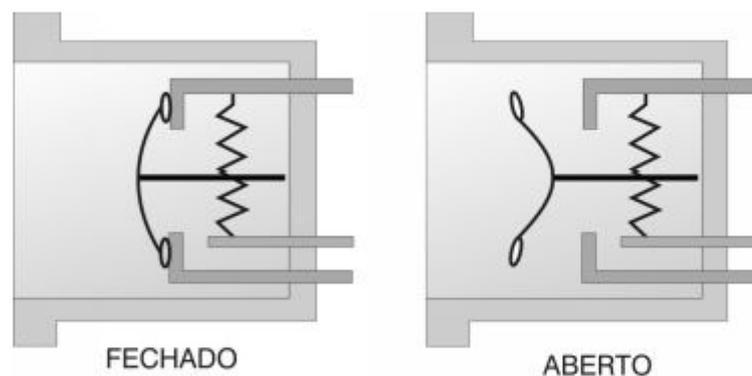


Figura 7.10– Protetor térmico em corte nas posições aberto ou fechado.

O termostato serve para medir a temperatura do ambiente condicionado. Sua função é desligar o compressor quando o ambiente atingir a temperatura desejada. Compõe-se de um bulbo, de uma câmara com carga de gás apropriada e hermeticamente selada, molas, contatos e terminais adequados.

O funcionamento do termostato se processa de acordo com a diferença da temperatura do ambiente. Para o ciclo de refrigeração (ciclo frio), quando a temperatura estiver acima da desejada, ocorre a dilatação do gás contido no bulbo fazendo fechar os contatos. Ao diminuir a temperatura no ambiente o gás se contrai até fazer com que os contatos se abram, desligando assim, o compressor. (Figura 7.11)

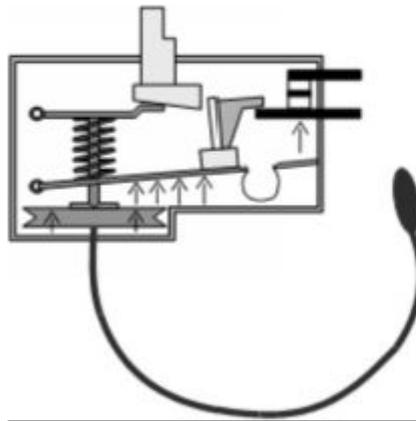


Figura 7.11– Ilustração de termostato para condicionador de ar ciclo frio.

Existem também termostatos de dupla ação para condicionadores de ar de ciclo frio e quente. Nesses condicionadores de ar o termostato obedece às mesmas funções do ciclo frio, fazendo desligar os contatos que se encontravam ligados ao circuito do compressor.

Os termostatos de dupla operação compõem-se das mesmas peças ciclo frio, sendo que os contatos platinados são duplos com o objetivo de que o contato se mova uma vez de um lado e vice-versa, conforme necessário (frio ou quente) (Figura 7.12).

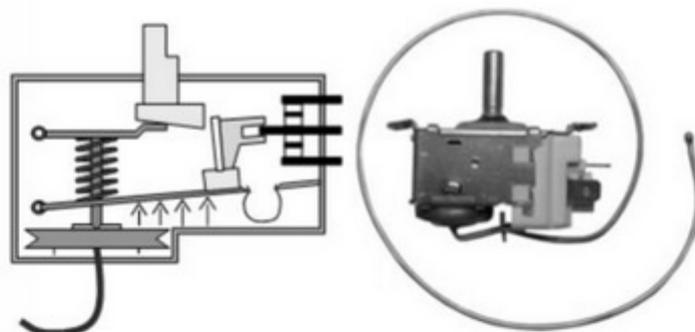


Figura 7.12 – Termostato para condicionador de ciclo frio e quente.

A chave seletora é fundamental para o controle de operação do condicionador de ar. A mesma troca o ponto de entrada de energia para o acionamento do motor ventilador, compressor e bobina solenóide, conforme Figura 7.13.

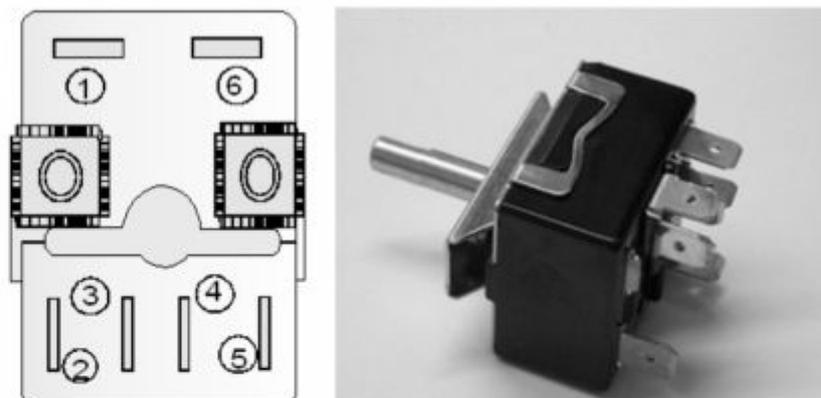


Figura 7.13– Terminais de uma chave seletora típica.

Nas regiões onde a temperatura exterior atinge valores inferiores a 5 Graus Celsius, é normal ocorrer congelamento da serpentina externa do aparelho de ciclo reverso. Prevendo-se essas condições extremas, alguns modelos de condicionadores com ciclo reverso são dotados de um termostato especial para degelo.

Calibragem da Temperatura do termostato de Degelo		
Abre	- 4,4 Graus Celsius	<input type="checkbox"/> 2,7 Graus Celsius
Fecha	9,9 Graus Celsius	<input type="checkbox"/> 2,7 Graus Celsius

O controle "timer" permite ao usuário utilizar o

condicionador de ar de forma eficiente e econômica. Com o temporizador é possível programar com antecedência a hora em que o condicionador deverá ser desligado ou ligado.

A bobina solenóide é o componente elétrico responsável pelo acionamento da válvula reversora, conforme já apresentamos para você antes.

Todo condicionador de ar possui um esquema elétrico. Aconselhamos você a estudar o esquema toda vez que efetuar reparos, montagem ou mesmo instalações dos equipamentos. Nas páginas seguintes apresentamos para você alguns modelos de esquema elétrico.

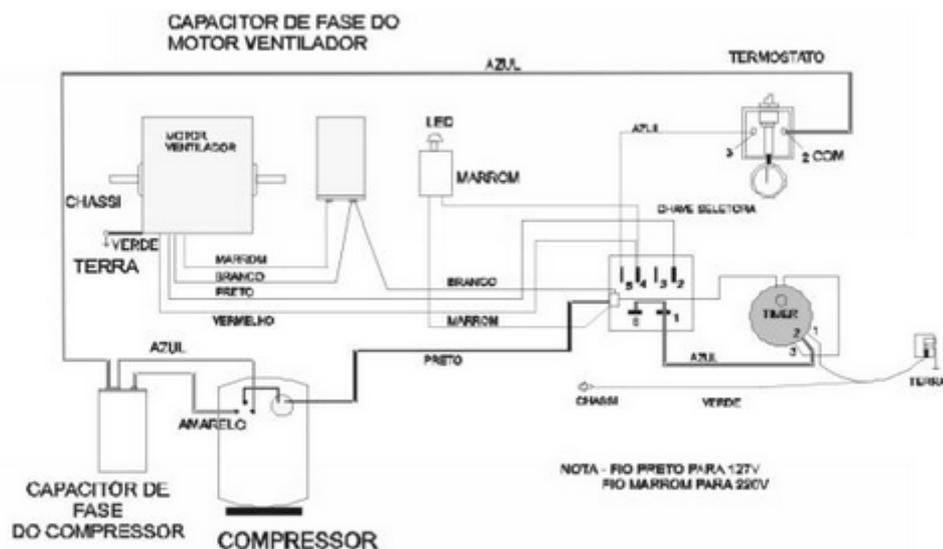


Figura 7.14- Esquema Elétrico Ciclo Frio. Fonte: Manual de Serviços Consul.

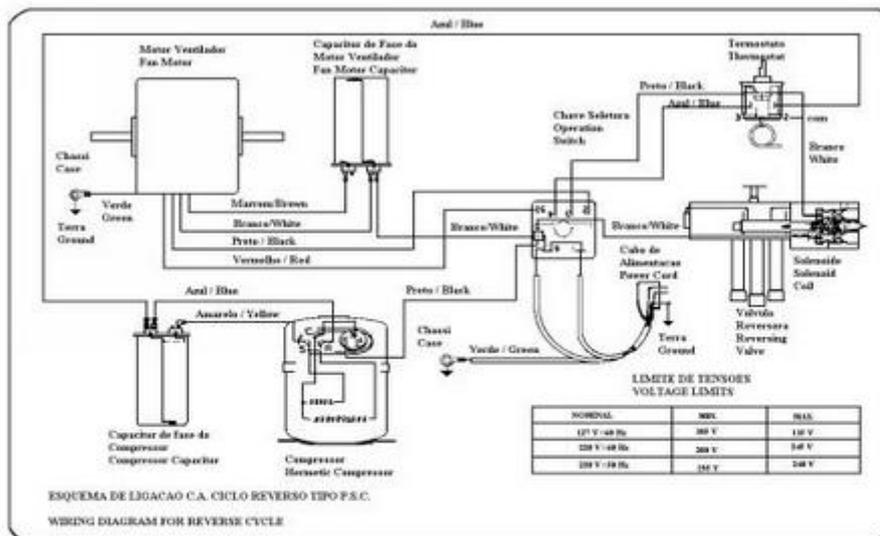


Figura 7.15- Esquema Elétrico Ciclo Reverso
Fonte: Manual de serviços Consul.

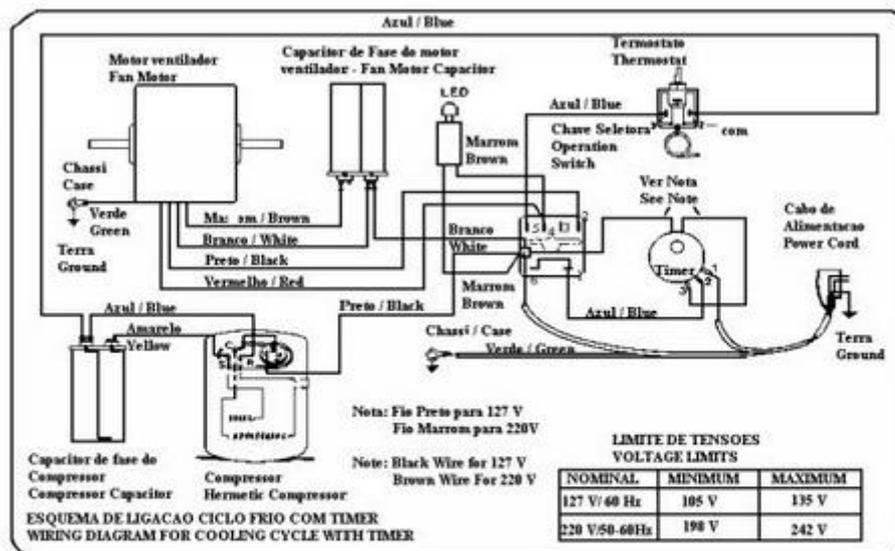


Figura 7.16- Esquema Elétrico Ciclo Frio com Timer
Fonte: Manual de serviços Consul.

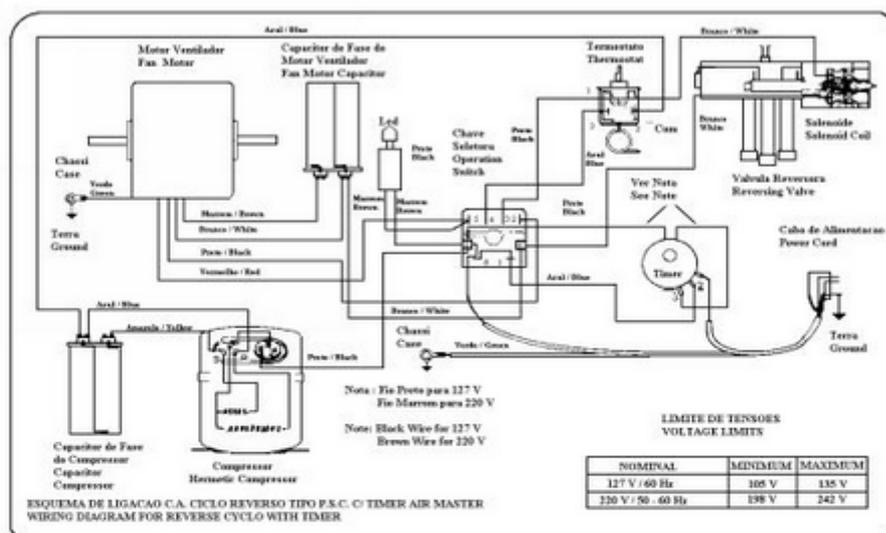


Figura 7.17- Esquema Elétrico Ciclo Reverso com Timer

Fonte: Manual de serviços Consul.

Os capacitores são responsáveis pelo bom funcionamento do compressor e do motor ventilador, principalmente nas partidas. Quando o ventilador ou o compressor não partir, uma das causas pode ser o capacitor. Abaixo serão descritos os procedimentos de testes em capacitores.

- a) Desconecte os fios dos terminais do capacitor
- b) Descarregue o capacitor curto-circuitando seus terminais.
- c) De posse de um multímetro posicionado na escala de resistência coloque as pontas de prova em cada par de terminais.

- d) Se a indicação do multímetro registrar uma variação, onde o ponteiro subir e descer em seguida, isso indica que o capacitor está carregando e descarregando, ou seja, está cumprindo a sua função.
- e) Se o ponteiro do multímetro subir e permanecer alto isto indica que o capacitor está em curto e deve ser substituído.
- f) Se o ponteiro do multímetro não se mover isso indica que o capacitor está aberto. (deve ser substituído).

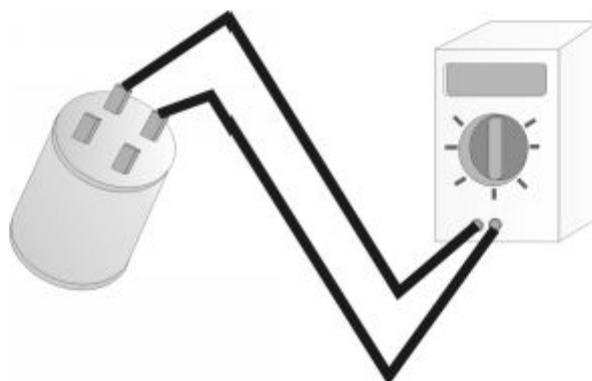


Figura 7.18- Teste de funcionamento do capacitor.

A chave seletora é o componente elétrico responsável pelo acionamento do motor ventilador, do compressor e da bobina solenóide caso o condicionador de ar for solicitado para aquecer o ambiente. Qualquer falha interna que impeça a comutação destes elementos

acarretará no não-acionamento dos mesmos. Serão descritos a seguir os procedimentos para avaliação de defeitos em chaves seletoras.

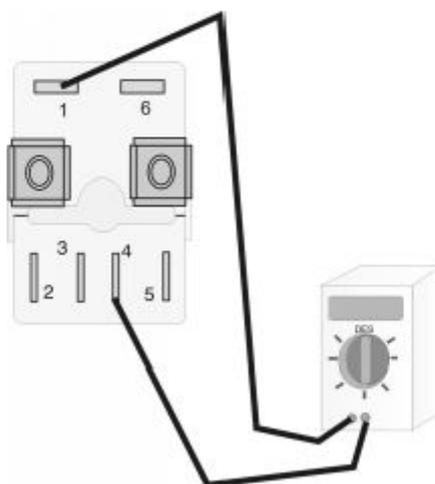


Figura 7.19 - Teste da chave seletora.

- a) De posse de um multímetro na escala de resistência, encontre o ponto zero (sistema desligado) na chave seletora. Isso poderá ser feito conectando uma das ponteiros no terminal 1 (um) ou 6 (seis) e a outra em cada um dos outros, girando o botão.
- b) Após achar o ponto zero da chave seletora avance uma posição do botão para a direita e observe qual terminal fecha contato com o ponto 1(um) da chave.
- c) Em seguida avance o botão para a segunda posição e verifique qual dos terminais fechará o contato com o ponto 1 (um) da chave. Faça este

procedimento sucessivamente até dar uma volta completa e chegar ao ponto zero da chave.

Dependendo do tipo de condicionador que estiver sendo testado a chave seletora poderá ter cinco posições (só frio), sete posições (quente e frio), ou outras combinações que estarão sempre em conformidade com o painel do aparelho.

Conforme já explicamos antes, o termostato é o elemento de controle responsável pela manutenção da temperatura desejada no ambiente condicionado. Dependendo do tipo de condicionador de ar este elemento pode ser para ciclo frio ou ciclo quente e frio. Qualquer problema que impeça a comutação de seus contatos elétricos acarretará o não-acionamento do compressor, tanto para aquecimento, quanto para refrigeração. A seguir serão descritos os procedimentos de teste.

- a) De posse de um multímetro na escala de resistência ôhmica, coloque as pontas de prova nos terminais do termostato e verifique se girando o botão de controle para direita os contatos do termostato fecham;
- b) A seguir gire o botão do termostato para a esquerda e verifique no multímetro se os contatos abrem;

c) Repetir os mesmos procedimentos testando agora um termostato quente e frio. Observe que no aparelho quente e frio existem três terminais, um deles é o terminal comum que vem com uma inscrição “COM” e é identificado pelo número 2 (dois).

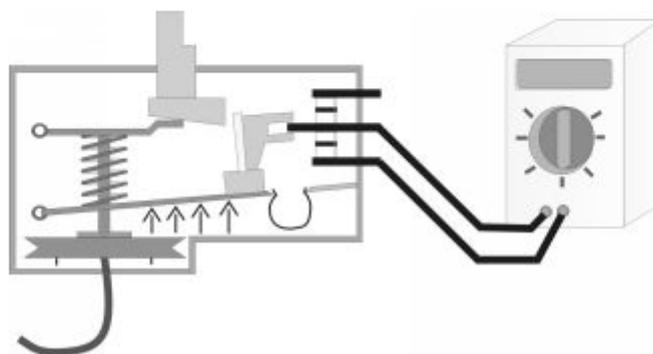


Figura 7.20- Teste do termostato para ciclo frio.

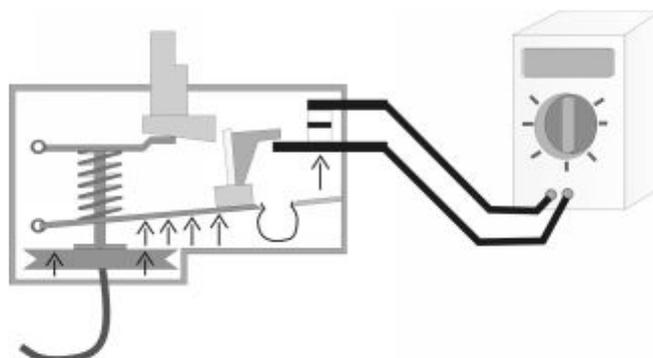


Figura 7.21- Teste do termostato para ciclo quente e frio.

O protetor térmico é o elemento responsável pela proteção elétrica do compressor. O mesmo atuará

desligando o compressor em duas situações: quando a corrente elétrica estiver acima da nominal e quando a temperatura da carcaça do compressor estiver muito alta. A seguir descreveremos para você os procedimentos de teste deste dispositivo.

- a) De posse de um multímetro na escala de resistência ôhmica, coloque as pontas de prova nos terminais do protetor térmico e verifique se os contatos do mesmo estão fechados;
- b) No caso da indicação do multímetro ser positiva, o protetor está fechado, caso a indicação for negativa o protetor está aberto e deverá ser substituído;
- c) Ainda que o resultado do teste no protetor seja positivo há a possibilidade do protetor estar abrindo durante o funcionamento do compressor, isso significa que: ou a corrente do compressor está acima do valor nominal a qual ele foi dimensionado ou o protetor perdeu suas características de projeto, devendo ser substituído. Tudo isso pode ser observado medindo-se a corrente de consumo do compressor com um alicate amperimétrico.

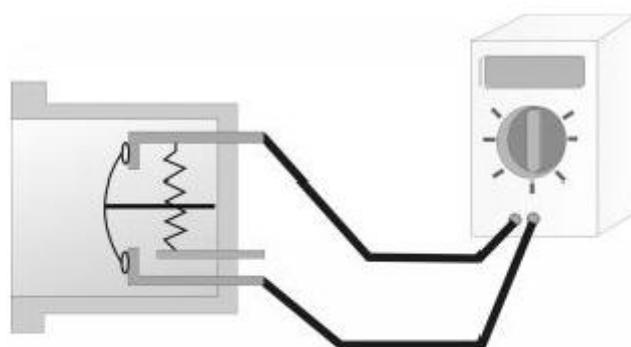


Figura 7.22- Teste do protetor térmico.

O moto-compressor é o conjunto eletromecânico formado pelo compressor e pelo motor elétrico do mesmo. Os problemas que podem surgir abrangem tanto a parte mecânica quanto a parte elétrica do moto-compressor. A seguir serão descritos os procedimentos de teste da parte elétrica do compressor.

Ligação Direta

a) Com a tensão estabilizada em 127 ou 220 Volts, efetuar uma ligação direta com auxílio de um cordão de prova. Para efetuar a ligação direta deve ser utilizado um capacitor de fase, com capacitância correspondente ao modelo do condicionador testado. Jamais ligar o compressor desligado da unidade, pois isto causaria contaminação interna do mesmo.

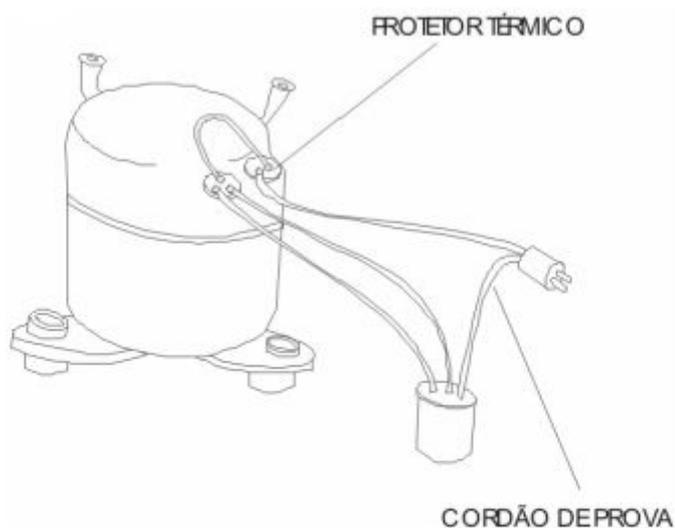


Figura 7.23- Teste do compressor.

- b) Se o compressor não partir ele pode estar trancado.
- c) Com a tensão regulada deve-se efetuar a leitura da corrente de funcionamento.
- d) Comparar com a corrente correspondente do aparelho.

Teste de Fuga de Corrente

- a) De posse de um multímetro na escala de resistência ôhmica, coloque as pontas de prova nos terminais do compressor e verifique se os contatos do mesmo estão fechados entre si. Se os mesmos estiverem fechados, isso indica que o enrolamento do estator não está interrompido.

Se os contatos estiverem abertos, indica que os enrolamentos do estator estão interrompidos e o compressor precisa ser substituído.

b) A seguir, usando o mesmo multímetro, verifique se há fuga de corrente entre algum dos terminais do compressor para a carcaça. Isso é realizado colocando as pontas de prova do multímetro nos terminais do compressor e na carcaça. Raspe um pouco da tinta para facilitar o contato. Se houver fuga o multímetro indicará através do deslocamento do ponteiro indicador. Neste caso o compressor deve ser substituído. Caso não exista fuga, o isolamento entre o estator e a carcaça está correto.

Motor Ventilador

O motor ventilador é o elemento responsável pela circulação do ar tanto no ambiente interno quanto no condensador externo. A seguir descreveremos para você os procedimentos de teste deste elemento.

- a) Faça uma ligação direta utilizando o capacitor e o chicote de alimentação testando uma das velocidades do motor ventilador, como na figura a seguir:

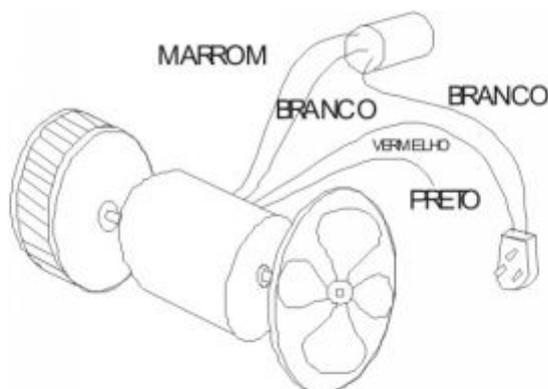


Figura 7.24- Teste de funcionamento do motor ventilador.

- b) Faça a mesma ligação testando agora a outra velocidade.

Para maior segurança recomenda-se observar o

esquema elétrico junto ao motor ventilador. Caso o motor ventilador não funcione em nenhum dos casos acima, troque o capacitor, se continuar não funcionando substitua o motor ventilador.

A bobina solenóide é responsável pelo acionamento da válvula reversora. Os procedimentos de teste deste componente serão abordados a seguir.

Para realizar um teste eficaz e direto na bobina solenóide, coloque a ponta de uma chave de fenda no orifício onde vai a válvula piloto e alimente a mesma com a tensão adequada de 110V ou 220V.

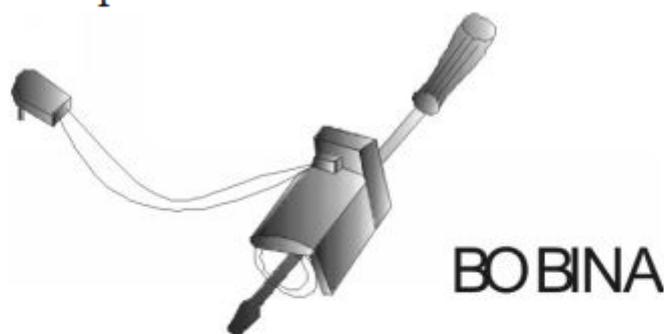


Figura 7.25- Teste da bobina solenóide.

Se a bobina atrair a chave, isso indica que a mesma está em perfeitas condições. Caso isso não ocorra, a mesma deve ser substituída.

O termostato de degelo é o elemento que protege o compressor quando o condicionador de ar está funcionando em ciclo reverso. Nessa condição o condensador está trabalhando como evaporador. Se as temperaturas externas forem muito baixas há o risco de congelamento do trocador de calor. Este fato aumentará a possibilidade do compressor receber golpes de líquido danificando o mesmo. Para que isso não aconteça o termostato de degelo deve estar em perfeitas condições. A seguir descreveremos para você os procedimentos de teste.

- a) Coloque as pontas de prova do multímetro nos terminais do termostato de degelo.
- b) Para uma temperatura ambiente acima de 10 Graus Celsius o contato do termostato deve estar fechado. Se estiver aberto, o mesmo está danificado e deve ser substituído.
- c) Para uma temperatura ambiente abaixo de -4 Graus Celsius o contato do termostato deve estar aberto.

Qualquer sistema que tenha sido aberto para troca de algum componente mecânico ou correção de vazamentos, deve ser pressurizado e colocado no tanque de água para uma verificação visual de sua hermeticidade.

Os procedimentos para este teste serão descritos a seguir.

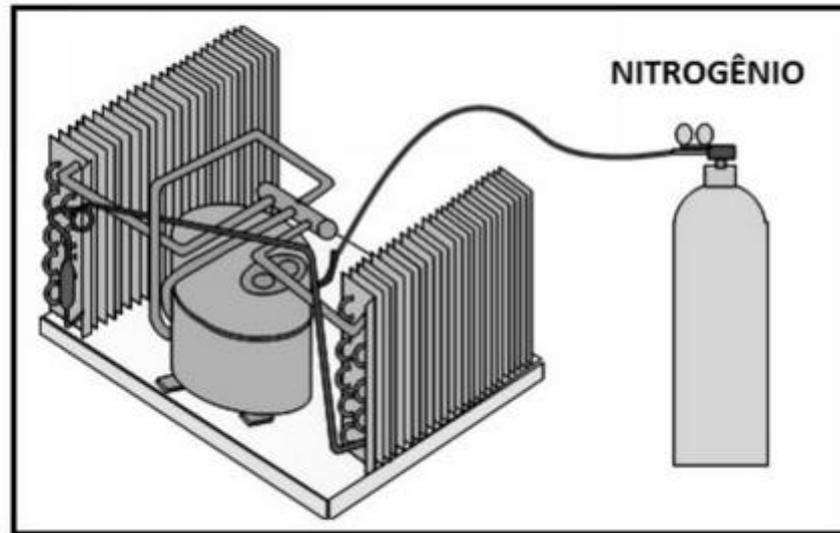


Figura 7.26- Pressurização para teste de vazamento.

- a) Fixe o engate rápido ou registro de serviço ao tubo de serviço do compressor;
- b) Conecte a mangueira do cilindro de nitrogênio ao registro no tubo de serviço do condicionador de ar;
- c) Abra o registro do cilindro de nitrogênio até atingir uma pressão de 200 a 250psi (cerca de 14atm) no manômetro, fechando o registro logo após.
- d) Desengate a mangueira.
- e) Mergulhar o sistema no tanque, verificando possíveis vazamentos. A água deve ser limpa e se possível, aquecida a 40 Graus Celsius para melhor visualização.

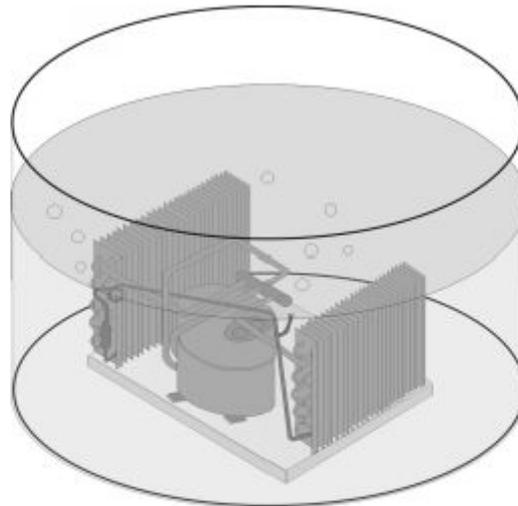


Figura 7.27- Avaliação de vazamentos em tanque de água.

Teste de capacidade de bombeamento do compressor

Este procedimento identifica se o compressor está com a sua capacidade de bombeamento comprometida. Esse fato pode acontecer por falha de vedação entre a região de alta pressão (descarga) e a região de baixa pressão (sucção). Outra causa pode ser o fato das válvulas de sucção e descarga estarem danificadas. Os procedimentos de teste serão descritos agora para você:

- a) Conecte uma válvula perfuradora na linha de descarga e outra válvula na linha de sucção ou tubo de serviço e instale os respectivos manômetros;

- b) Ligue o condicionador de ar e deixe funcionar por uns 30 minutos;
- c) Faça uma avaliação nas pressões de alta e de baixa;
- d) A diferença de pressão entre a alta e a baixa deve ser de três a quatro vezes. Por exemplo: se a pressão de baixa estiver em 60 psi, a de alta deve estar em torno 240 psi. Caso as pressões estejam muito próximas e o equipamento apresentar baixo rendimento, o compressor está com sua capacidade de bombeamento comprometida, necessitando ser substituído.

7.1- Defeitos e suas possíveis causas

Aparelhos de janela - Fonte- Manual de Serviços Consul.

Defeitos	Possíveis Causas	Correções
	Capacidade térmica do aparelho insuficiente para o sistema.	Refazer o levantamento de carga térmica e orientar o cliente e, se necessário, troque por um modelo de maior capacidade
	Instalação incorreta ou deficiente.	Verificar o local da instalação observando altura, local, raios solares no condensador, cortinas em frente ao aparelho, etc. Reinstalar o aparelho.

Compressor e moto-ventilador funcionam, mas o ambiente não refrigera.	Vazamento de gás	Localizar o vazamento e proceder a recuperação da unidade
	Serpentinas obstruídas por sujeira.	Desobstruir o evaporador e a condensadora de poeira e similares.
	Baixa voltagem	Voltagem fornecida ao condensador de ar tem que estar na faixa: Acima de 198V para tensão nominal de 220V. acima de 106V para tensão nominal de 127V.
	Compressor sem compressão	Substituir o compressor
	Moto-ventilador com pouca rotação.	Verificar o capacitor de fase do moto-ventilador e o próprio ventilador, substituindo-o se necessário

Compressor e moto-ventilador funcionam, mas o ambiente não refrigera. (continuação)	Filtro e/ ou tubo capilar obstruído.	Substituir o filtro e capilar, neste caso geralmente o evaporador fica bloqueado com gelo.
	Excesso de gás	Verificar, purgar, se necessário
	Termostato e chave seletora	Ajustar corretamente o termostato e seletora conforme as instruções no manual do proprietário
	Cabo de alimentação desconectado ou com mau contato.	Colocar o cabo de alimentação adequadamente na fonte de alimentação

Compressor não arranca	Baixa ou alta Voltagem.	Voltagem fornecida ao condensador de ar tem que estar na faixa: de 198~242V para tensão nominal de 220V. Poderá ser utilizado um estabilizador automático com potência em watt de acordo com o aparelho. de 106~242V para tensão nominal de 127V.
	Capacitor do compressor defeituoso	Usar um ohmímetro para detectar o defeito. Se necessário, troque o capacitor.
	Chave seletora defeituosa.	Usar um ohmímetro para detectar o defeito. Se necessário, troque a chave seletora.
	Termostato defeituoso	Usar um ohmímetro para a detectar o defeito. Se necessário troque o termostato
	Compressor trancado	Proceder a ligação direta do compressor
	Circuito sobrecarregado causando queda de tensão	O condicionador deve ser ligado em tomada única e exclusiva
	Excesso de gás	Verificar e purgar se necessário

Compressor não arranca (continuação)	Protetor térmico do compressor defeituoso (aberto)	Substituir o protetor térmico
	Ligações elétricas incorretas ou fios rompidos	Verificar a fiação, reparar ou substituir a mesma. Ver o esquema elétrico do aparelho
	Cabo de alimentação desconectado ou com mau contato	Colocar o rabicho adequadamente na fonte de alimentação
	Motor dos ventiladores defeituoso	Proceder a ligação direta do motor dos ventiladores. Caso não funcione substituir o mesmo

Motor dos ventiladores não funcionam	Capacitor defeituoso	Usar um ohmímetro para detectar o defeito. Se necessário, troque o capacitor
	Chave seletora defeituosa	Usar um ohmímetro para detectar o defeito. Se necessário, troque a chave seletora
	Ligações elétricas incorretas ou fios rompidos	Verificar a fiação, reparar ou substituir a mesma Ver o esquema elétrico do aparelho
	Hélice e turbina soltas ou travadas	Verificar, e fixá-las corretamente
Compressor não opera em ciclo calor.	Solenóide da válvula de reversão defeituoso (queimado).	Substituir o solenóide
	Válvula de reversão defeituosa	Substituir a válvula de reversão
	Termostato descongelante defeituoso (aberto)	Usar um ohmímetro para detectar o defeito. Se necessário troque o termostato
	Chave seletora defeituosa	Usar um ohmímetro par detectar o defeito. Se necessário, troque a chave seletora

	Ligações elétricas incorretas ou fios rompidos	Verificar a fiação, reparar ou substituir a mesma Ver o esquema elétrico do aparelho
--	--	---

Compressor não opera em ciclo calor (continuação)	Botões do termostato em posição de frio	Ajustar corretamente o termostato
Evaporador bloqueado com gelo	Obstrução no tubo capilar e/ ou filtro obstruído	Reoperar a unidade, substituindo o filtro e tubo capilar. Convém executar limpeza nos componentes com jatos de R22 ou R11 líquido
	Vazamento de gás	Elimine o Vazamento e troque todo o gás refrigerante

Ruído excessivo durante o funcionamento	Folga no eixo/ mancais do motor dos ventiladores	Substituir o motor dos ventiladores
	Tubulação vibrando	Verificar o local gerador do ruído e eliminá-lo
	Peças soltas	Verificar, calçar ou fixá-las corretamente
	Mola de suspensão interna do compressor quebrada	Substituir o compressor
	Hélice ou turbina desbalanceada ou quebrada	Substituir
	Instalação incorreta	Melhorar instalação (reforce as peças que apresentam estrutura frágil.)
	Normal	Orientar o cliente
Vazamento de água para dentro do ambiente.	Instalação incorreta	Orientar o cliente que o aparelho deve estar inclinado para trás. Ver instruções no Manual do Proprietário
	Dreno entupido	Desobstruir o dreno.

Condicionador de ar dando choque.	Qualquer componente elétrico	Verificar todos os componentes elétricos, reparar ou substituir o componente defeituoso
-----------------------------------	------------------------------	---

8- Manutenção de refrigeradores domésticos

8.1- Componentes

Conforme já vimos anteriormente, o compressor é o elemento responsável pela elevação da pressão e temperatura do fluido refrigerante, bem como pelo deslocamento do mesmo pelo circuito de refrigeração. O tipo de compressor mais utilizado em um sistema doméstico de refrigeração é o alternativo hermético. Nele estão contidos dois sistemas: um sistema mecânico (pistão, cilindro, biela etc), e um sistema elétrico (estator, rotor, relê). O sistema de compressão dos refrigeradores domésticos baseia-se no movimento alternativo do pistão.

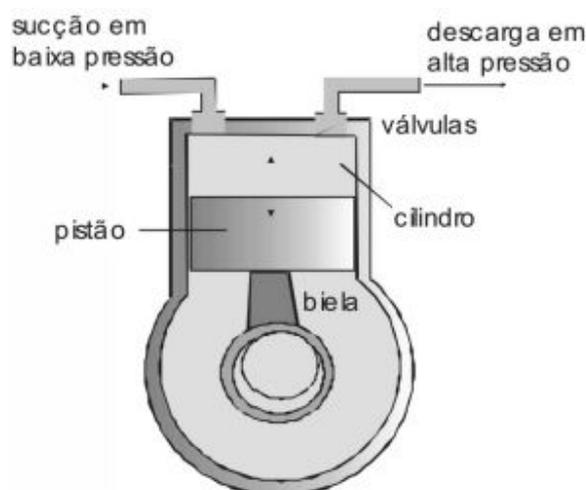


Figura 8.1- Ilustração de um compressor alternativo.

Dessa maneira, a válvula de sucção abre-se

deixando entrar vapor vindo do evaporador. Quando o pistão sobe, o volume no interior do cilindro diminui, aumentando a pressão. Essa pressão exerce uma força contra a válvula de descarga, forçando-a a se abrir permitindo a vazão do fluido para o condensador.

O conjunto de compressão e o conjunto elétrico ficam situados dentro da carcaça do compressor. Os acessos externos (tubo de sucção, tubo de serviço e tubo de descarga) ficam situados na própria carcaça. Ela é estampada em aço com uma espessura aproximada de 5mm. O tubo de sucção e o tubo de serviço estão ligados ao interior da carcaça, ou seja, a sucção do compressor é feita no interior da carcaça e conseqüentemente nos dois tubos. Já o tubo descarga está ligado diretamente à saída da câmara de descarga, que está ligada diretamente ao condensador. Em alguns compressores mais potentes, usa-se o tubo resfriador de óleo. Ele tem a função de ajudar no resfriamento do óleo e da carcaça do compressor. Observe a figura 8.2.

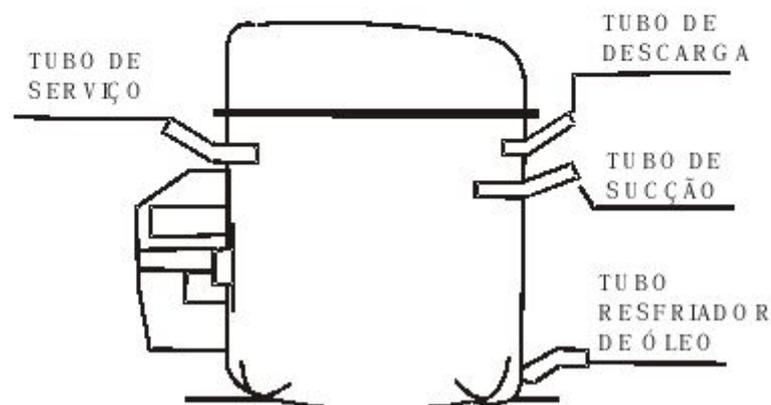


Figura 8.2– Carcaça externa do compressor.

O motor elétrico de um compressor é formado por dois elementos principais chamados rotor e estator, conforme Figura 8.3.

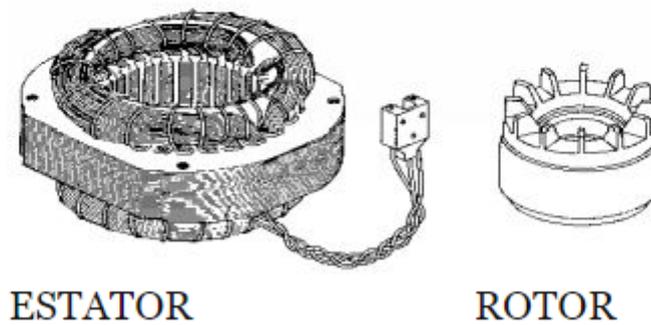


Figura 8.3- Componentes elétricos do compressor.
(Fonte: Curso de Orientador de Aplicação -
EMBRACO)

O rotor móvel é fixado diretamente no eixo excêntrico, enquanto que o estator é parafusado no bloco. Ambos são formados por um pacote de lâminas de aço que possuem ranhuras. Nas ranhuras do estator são introduzidas as bobinas de fio de cobre. No pacote do rotor é fundido alumínio sob pressão, com anéis em curto-circuito nas partes inferior e superior. No estator encontram-se dois enrolamentos: Auxiliar e principal. O enrolamento auxiliar é utilizado somente durante a partida, após a qual o enrolamento principal trabalha

sozinho. O enrolamento principal é constituído por um fio de cobre de diâmetro maior e relativamente com poucas espiras, enquanto que o enrolamento auxiliar é de um fio mais fino e contém mais espiras, o que significa que o mesmo aquece bem mais rápido, devendo ser acionado por um curto espaço de tempo para impedir um aquecimento excessivo.

Para assegurar um controle perfeito do tempo de funcionamento do enrolamento auxiliar, o compressor é dotado de um relê, que será abordado em seguida. Os motores utilizados nos compressores EMBRACO e Tecumseh são de indução monofásica, assíncronos e de dois pólos. Para motores de dois pólos, a rotação síncrona a 60 Hz é 3600rpm e a 50Hz é de 3000rpm, porém, os motores dos compressores são assíncronos e suas rotações são um pouco mais baixas. Levando-se em consideração a carga do compressor sobre o motor, este atinge uma rotação de aproximadamente 3520rpm a 60Hz e 2910rpm a 50 Hz. Os motores são fornecidos para redes de 115V/60Hz e 220V /50 e 60Hz. A tabela 9.1 relaciona alguns modelos de compressores EMBRACO com suas respectivas correntes nominais.

São dados característicos de um motor: corrente de partida, torque de partida, torque de tombamento e número de pólos. A corrente de partida é também chamada de corrente do rotor bloqueado, e expressa a quantidade de corrente que o compressor consome no

momento de partida. Torque de partida é a resistência à rotação, que o motor terá que vencer no momento de partida. Classificam-se compressores do tipo alto torque de partida "HST" (High Starting Torque) e motores de baixo torque de Partida "LST" (Low Starting Torque). Motores HST são usados em compressores aplicados em sistemas com controle de fluxo de refrigerante por válvula de expansão. Motores LST são aplicados em sistemas com controle de fluxo de refrigerante por tubo capilar, devido à equalização das pressões de sucção e descarga através do capilar, durante os períodos de parada pelo termostato.

Tabela 8.1- Compressores EMBRACO e correntes adequadas.

MOD	HP	V	Corrente Mínima (A)	Corrente Nominal (A)	Corrente Máxima (A)
PW5.5K11	1/6	220	0,90	1,0	1,10
PW5.5K11	1/6	110	1,85	2,05	2,26
PW4.5K9	1/8	220	0,72	0,80	0,88
PW4.5K9	1/8	110	1,49	1,65	1,82
PW3.5K7	1/10	220	0,58	0,64	0,70
PW3.5K7	1/10	110	1,24	1,38	1,52

Como já mencionamos anteriormente o enrolamento **auxiliar** só é utilizado momentaneamente durante a partida. Uma vez completada esta função, o enrolamento deverá ser desligado para evitar um possível

superaquecimento do mesmo. A operação liga-desliga do enrolamento auxiliar é comandada pelo relê de partida. Na figura 8.4 ilustramos um relê.

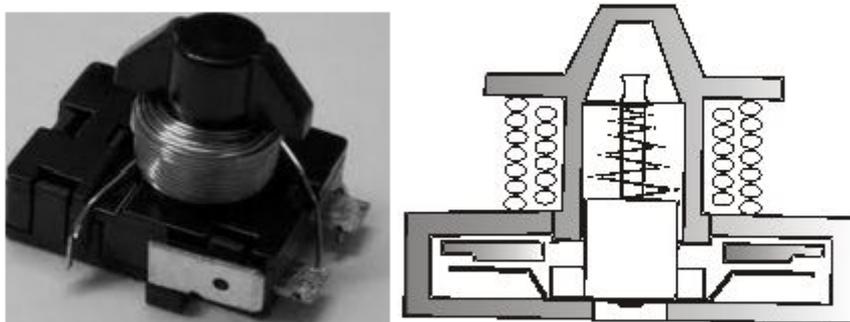


Figura 8.4– Vista em corte de um relê de partida.

O acionamento do relê é feito pela oscilação de consumo de corrente do enrolamento **principal**. Na partida a corrente absorvida por este é alta, fazendo o relê ligar o enrolamento auxiliar. Pouco antes de o compressor atingir a rotação nominal a corrente cai e o relê desliga o enrolamento auxiliar. Temos neste caso dois níveis de corrente, a corrente de liga e a corrente de desliga do relê.

Os Relês podem se apresentar montados em conjunto com os protetores térmicos, como é o caso do relê do compressor PW (EMBRACO), ou separados como os AZ (Tecumseh).

O protetor térmico, conforme ilustrado na Figura 8.4, protege o motor contra temperaturas excessivas nas bobinas. No corpo do protetor está alojado um bimetálico com contatos de prata, acionado pela

temperatura do corpo ou pelo aquecimento da resistência atrás dele. Se uma corrente excessiva passa pelas bobinas, ou se a temperatura do compressor está acima de valores determinados, os circuitos auxiliar e principal serão interrompidos pelo protetor. A resistência é ligada em série com os contatos do protetor, sendo também desligada quando o protetor interrompe o circuito.

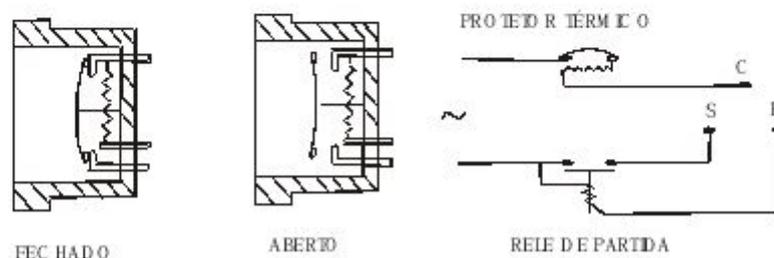


Figura 8.5- Vista em corte de um protetor térmico e a sua posição no circuito.

Os capacitores de partida são dispositivos que têm a função de aumentar o torque de partida através de uma descarga de corrente na hora da partida. Eles geralmente são ligados entre a saída do contato do relê e a entrada do enrolamento auxiliar.

O termostato é um dispositivo eletro-mecânico responsável pelo controle da temperatura interna do refrigerador. Ele tem a função de ligar e desligar o compressor, mantendo a temperatura interna do refrigerador dentro de uma faixa constante. Este é formado por um bulbo remoto que está ligado a um fole ou diafragma, que por sua vez está ligado a um sistema de

alavancas que conforme a graduação do parafuso de ajuste agindo sobre uma mola, vão abrir ou fechar os contatos elétricos, desligando e ligando o compressor. Na Figura 8.6 ilustra-se um termostato.

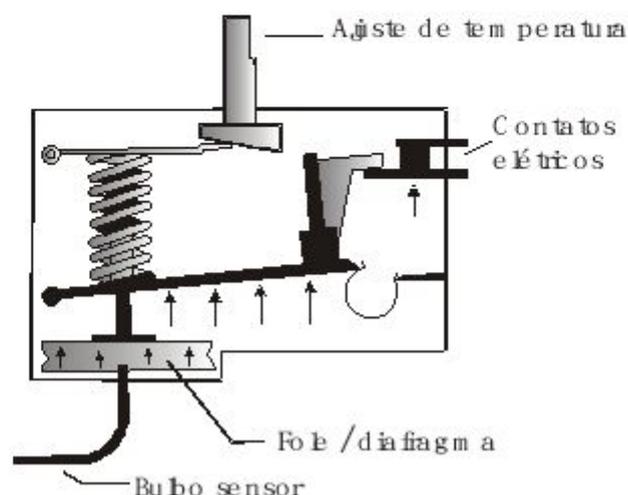


Figura 8.6– Vista interna de um termostato de refrigerador.

Seu princípio de funcionamento se baseia no fenômeno da contração e expansão dos gases. Quando a temperatura interna está alta, o gás contido no bulbo se expande exercendo uma força sobre o diafragma. Este age sobre uma haste do sistema de alavancas, fechando os contatos elétricos ligando o compressor. Quando a temperatura baixar, pela ação do funcionamento do compressor, o gás no interior do bulbo remoto contrai-se diminuindo a força sobre o diafragma movendo a haste do sistema de alavancas pela força da mola, desligando os contatos elétricos que por sua vez desligam o

compressor.

O circuito elétrico de um refrigerador doméstico é formado pelos seguintes componentes; conjunto relê de partida e protetor térmico, compressor, termostato, lâmpada, interruptor da lâmpada. Seu esquema de funcionamento é o seguinte: havendo tensão no plug, a lâmpada está pronta para acender ou apagar, conforme a posição do interruptor da porta. Se ele estiver fechado, ou seja, porta aberta, ela estará acesa. Mas se o mesmo estiver aberto (porta fechada) a lâmpada estará apagada. Quanto ao compressor, ele depende diretamente do termostato, se o mesmo estiver aberto o compressor não ligará, porém, se ele estiver fechado, ligará. Veja a figura 8.7:

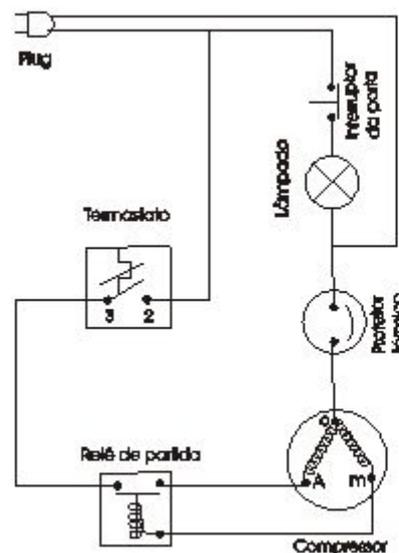


Figura 8.7- Circuito elétrico de um refrigerador doméstico.

As informações sobre manutenção de refrigeradores podem ser obtidas em cursos regulares específicos, revistas da área e em cursos a distância como este. O mais importante é ter certeza do que se está fazendo. Neste item abordaremos inicialmente uma tabela de diagnósticos, onde encontraremos os defeitos mais comuns, suas causas e suas devidas correções. A seguir descreveremos os procedimentos técnicos de manutenção em refrigeradores domésticos. Estes procedimentos englobam desde recolhimento de fluido refrigerante, passando pela limpeza dos componentes do sistema, preparação de tubos de cobre para brasagem e procedimentos como pressurização, detecção de vazamento, até a evacuação e carga do fluido refrigerante.

8.2- Tipos de defeitos mais comuns

Nas tabelas a seguir, colocamos para você os principais defeitos apresentados pelos refrigeradores e quais as possíveis causas.

Defeitos	Possível Causa	Correções
Intensidade de corrente acima do normal.	Tensão muito baixa	Corrigir a instalação ou instalar estabilizador automático (350 W)
	Transformador defeituoso	Trocar o transformador.
	Compressor defeituoso	Trocar o Compressor.
Refrigerador apresenta barulho.	Tubos encostando, pinos trepidando ou compressor encostado na parede	Desencostar tubos, calçar os pinos, afastar refrigerador da parede.
	Expansão de gás no evaporador	É normal, sendo em alguns casos maior ou menor.
	Termostato no momento de desligar fica oscilando	Trocar o termostato
	Compressor com defeito interno	Trocar compressor

	Compressor bate no gabinete	Afastar o compressor do gabinete.
Curto circuito no compressor.	Tensão muito alta ou muito baixa	Trocar o compressor e consertar a instalação elétrica.
	Rede elétrica deficiente	Trocar o compressor e consertar a rede.
	Compressor defeituoso	Trocar o compressor.
	Muita oscilação na tensão	Trocar o compressor a aconselhar colocar estabilizador automático.

Refrigerador com fuga (choque).	Fios sem isolamento encostando no gabinete	Localizar o local e isolar bem os fios.
	Termostato defeituoso	Trocar o termostato.
	Relê defeituoso	Trocar relê.
	Compressor defeituoso	Trocar o compressor.
Enrolamento interrompido (motor queimado).	Tensão muito alta ou muito baixa	Trocar o compressor e corrigir a instalação elétrica.
	Ligações trocadas	Corrigir as ligações e trocar o compressor.
	Tensão não especificada no compressor	Colocar um novo compressor com tensão da rede
	Termostato defeituoso	Trocar o termostato e o conjunto.
	Protetor trocado.	Trocar o protetor pelo modelo certo.
	Compressor defeituoso	Trocar o compressor
Entupimento do conjunto.	Defeito na unidade	Reoperar a unidade selada
Congela a linha de sucção	Excesso de gás	Reoperar o conjunto
	Compressor defeituoso (bombeando óleo).	Trocar o compressor

Compressor não arranca.	Tensão muito baixa	Corrigir a instalação elétrica, aconselhar um estabilizador
	Rede deficiente	Consertar a rede elétrica
	Relê defeituoso (armador)	Trocar o relê
	Protetor térmico defeituoso	Trocar protetor
	Termostato defeituoso	Trocar o termostato
	Chicote interrompido	Trocar chicote
	Mau contato na tomada	Verificar o fusível ou instalação elétrica a casa, e os contatos
	Compressor preso	Trocar o compressor
	Tensão trocada	Ligar na tensão correta

Vazamento no conjunto	Defeito na unidade	Verificar o ponto onde ocorreu o vazamento no conjunto e consertá-lo
	Tubos ou evaporador furados com instrumento perfurante	Trocar as peças defeituosas
Falta de rendimento	Termostato desregulado	Trocar termostato
	Bulbo do termostato encosta no tubo do evaporador	Afastar o bulbo do termostato do tubo
	Má distribuição dos alimentos no refrigerador	Distribuir corretamente os alimentos, melhorando a circulação de ar no interior do aparelho
	Toalhas plásticas nas prateleiras	Não usar toalhas sobre prateleiras
	Refrigerador utilizado fora dos parâmetros especificados	Recomendar para abrir menos a porta. Não colocar alimentos quentes no mesmo
	Porta com má vedação Entrada de ar no refrigerador	Verificar todas as vedações do refrigerador

Refrigerador mal instalado	Instalar o refrigerador não muito próximo a fogões, ladeiras, paredes expostas ao sol, etc.
Muita sujeita no condensador	Fazer limpeza periódica no condensador
Vazamento parcial de gás	Verificar o ponto onde ocorreu o vazamento no conjunto e consertá-lo
Luz interna não apaga	Verificar o interruptor de luz ou regular a porta

Umidade no conjunto	Defeito no conjunto	Reoperar o conjunto
Refrigeração em demasia	Bulbo do termostato solto ou mal fixado	Fixar corretamente bulbo do termostato
	Termostato defeituoso ou desregulado	Trocar termostato
	Termostato em posição muito alta	Regular o termostato para uma posição mais baixa
Lâmpada não acende	Lâmpada queimada	Trocar lâmpada
	Lâmpada mal encaixada	Encaixar corretamente a lâmpada
	Interruptor defeituoso	Trocar interruptor
	Soquete defeituoso	Trocar soquete
	Chicote interrompido	Trocar o chicote ou consertar
Lâmpada não apaga	Interruptor defeituoso	Trocar o interruptor
	Porta desregulada	Regular a porta
	Má vedação da gaxeta	Regular a porta até a gaxeta vedar bem
	Falha no isolamento	Reforçar o isolamento nos locais necessários, ou trocar a porta
	Penetração de umidade	Verificar as vedações, entrada da linha de sucção.

Suor externo no gabinete e na porta	Termostato em graduação muito alta	Baixar graduação do termostato
	Termostato desregulado	Trocar termostato
	Falta do aparador de água	Colocar aparador no lugar correto
	Localização do refrigerador	Localizar o refrigerador e locais bem ventilados, não próximos a fogões
	Umidade relativa do ar muito elevada acima de 85%	Não é considerado defeito do refrigerador. Explicar para o cliente

Sudação interna	Lâmpada não apaga	Verificar interruptor ou a regulagem da porta
	Porta desregulada	Regular porta
	Falta de prateleira de vidro	Colocar a prateleira de vidro
	Abertura excessiva da porta	Abrir a porta menos vezes – orientação de uso
	Falha no isolamento do aparador de água	Trocar aparador
	Porta de congelador defeituosa	Trocar porta do congelador
	Entrada de ar no refrigerador	Verificar todos os pontos do gabinete e a porta onde possa entrar ar no refrigerador
Mau cheiro no refrigerador.	Entrada de líquidos entre a caixa interna e o gabinete	Trocar o isolante e vedar bem as possíveis frestas, ou trogar o gabinete
	Refrigerador usado, ficou muito tempo desligado com a porta fechada	Trocar o isolamento ou gabinete
	Isolamento defeituoso	Trocar o isolamento

	Colocação de alimentos que soltam mau cheiro	Não colocar tais alimentos ou embrulhá-los. É aconselhável colocar carvão vegetal dentro do refrigerador
Consumo excessivo	Luz interna não apaga	Verificar interruptor e ou regular a porta
	Porta desregulada	Regular a porta
	Localização do refrigerador	Localizar o refrigerador não muito próximo a fogões, mas em local ventilado
	Termostato defeituoso ou mal instalado	Trocar de termostato ou fixar o bulbo corretamente
	Utilização muito intensa, fora dos parâmetros da norma brasileira	Utilizar adequadamente, orientar usuários
	Compressor com alta amperagem	trocar o compressor

8.3- Procedimentos técnicos

A) Desidratação (vácuo)

A desidratação é um procedimento que se faz necessário na substituição de qualquer componente mecânico do sistema que envolva solda. Primeiramente as mesmas devem ser verificadas por meio de pressurização com nitrogênio para se assegurar que não existe nenhum vazamento. O vácuo tem por objetivo reduzir a pressão interna, fazendo com que a temperatura de evaporação da umidade interior caia para valores abaixo da temperatura de evaporação do sistema. Assim, evacuamos e desidratamos o sistema retirando vapores não-condensáveis e a umidade, elementos estes responsáveis por problemas como ENTUPIMENTO NO DISPOSITIVO DE EXPANSÃO (devido à umidade transportada pelo fluido refrigerante que formam cristais de gelo no dispositivo de expansão) e CORROSÃO (devido à presença de umidade misturada com o gás refrigerante que causa a formação de ácidos que corroem as paredes das tubulações).

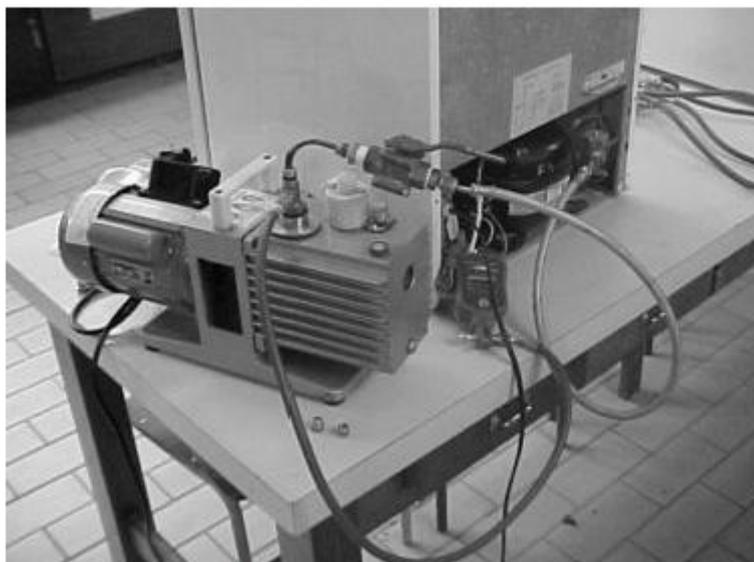


Figura 8.8- Uso de uma bomba de vácuo.

As bombas de vácuo possuem um dispositivo chamado **LASTRO DE GÁS**. Trata-se de uma válvula ligada à sucção do segundo estágio da bomba, que permite a entrada de ar atmosférico na mesma, e que tem a função de aumentar o volume específico da mistura a ser comprimida no segundo estágio, reduzindo dessa forma a formação de condensado e evitando a contaminação do óleo.

Não se esqueça:

O lastro de gás deve ser aberto durante os primeiros quinze minutos e, depois, deve ser fechado.

TAMANHO DO SISTEMA	CAPACIDADE DA BOMBA
Até 7 TR	1,2 cfm

Até 28 TR	4 cfm
Até 42 TR	6 cfm
Até 70 TR	10 cfm
Até 105 TR	15 cfm

Outro equipamento utilizado no processo de vácuo e desidratação é o vacuômetro (Figura 8.9). Os mais comuns são os digitais. O conjunto é formado por um transdutor de pressão que transforma o sinal mecânico de pressão em sinal elétrico. Esse sinal elétrico é enviado ao processador digital, que o processa e apresenta o valor da pressão medida no visor.

Nos vacuômetros digitais o valor indicado no visor pode ser apresentado em diferentes unidades de pressão/vácuo. É importante observar qual a unidade de medida que está sendo utilizada, para evitar erros.



Figura 8.9 – Ilustração de um tipo comum de vacuômetro.

Para utilizarmos a bomba de vácuo adotamos o seguinte procedimento:

- Conecte o vacuômetro na bomba de vácuo
- Conecte uma das extremidades do tubo de cobre com diâmetro de 1/4" no registro de serviço do sistema.
- Conecte a outra extremidade no registro de sucção da bomba de vácuo.
- Com o registro da bomba e do sistema ainda fechados, ligue a bomba e espere até que ela faça vácuo nela própria evitando-se assim, vazamentos.
- Abra o registro da bomba deixando a mesma fazer vácuo no tubo entre ela e o sistema.
- Abra o registro do sistema, iniciando assim o vácuo no mesmo.

- Deixe o lastro de gás aberto por uns 15 (quinze minutos) depois feche.
- Os valores de pressão de vácuo serão lidos no vacuômetro digital, quando os valores chegarem na faixa de 250 microns de Hg, feche o registro do sistema e pressurize com o mesmo refrigerante que o sistema trabalhará.

OBS. Os equipamentos necessários para a realização deste procedimento são: bomba de vácuo, vacuômetro digital, tubo de cobre de ¼ de polegada com as respectivas conexões .

B) Carga de fluido refrigerante

Quando um sistema de refrigeração necessitar de algum tipo de manutenção e exigir a abertura para a substituição de algum componente mecânico, ou quando o sistema de refrigeração foi violado, há a necessidade da troca do filtro secador, evacuação do sistema e carga de gás (reprocesso). No passado o fluido refrigerante mais utilizado em refrigeradores era o R12 (diclorodifluormetano CCl_2F_2). Ele pode ser ainda encontrado em aparelhos antigos que ainda estão nas residências. Atualmente diversos fluidos são utilizados nos refrigeradores tais como o R134a, R290 e 600a. O procedimento para realização da carga de gás é descrito a

seguir:

Estando o vacuômetro indicando uma leitura dentro da faixa citada anteriormente, iniciaremos agora o processo de carga de gás.

- Primeiramente feche o registro do sistema;
- Em seguida feche o registro da bomba de vácuo;
- De posse do manifold, conecte a mangueira do centro no cilindro de refrigerante;
- Conecte também a mangueira da esquerda no registro de serviço do compressor;
- Em seguida abra o cilindro de fluido refrigerante abrindo também o registro da esquerda do manifold;
- Agora purgue o ar da mangueira deixando sair um pouco de refrigerante na extremidade que está conectada no registro de serviço do compressor. Depois aperte o registro com moderação;
- Realizados estes procedimentos, abra o registro e deixe a pressão do cilindro equalizar com a pressão do sistema;
- Quando a equalização for completada, feche o registro da esquerda no manifold;
- Depois de realizados estes procedimentos,

- coloque o termostato na posição máxima e ligue o refrigerador na tomada;
- Observe ainda, com o registro da esquerda do manifold fechado, a variação da pressão de sucção, lida no manômetro azul do manifold. Esta deverá estabilizar-se na faixa que vai de 7 a 12 lbf/pol² (-14 a -20 Graus Celsius no caso do R12);
 - Caso a pressão fique abaixo desta faixa, abra o registro da esquerda do manifold para inserir mais refrigerante no sistema;
 - Quando a pressão atingir esta faixa, pare de inserir fluido refrigerante no sistema;
 - Verifique se a distribuição do frio está homogênea no evaporador;
 - Aguarde o refrigerador desligar pelo termostato.

Para fazer a carga de gás por massa, o sistema deve ser despressurizado e feito um vácuo sem necessidade de medição, pois o vácuo padrão conforme descrito anteriormente já foi realizado. Sendo um refrigerador, confira o tipo de fluido e a massa de fluido que deve ser inserida. De posse de uma balança digital com capacidade de 15kg e um conjunto de manômetros junto com um alicate amperimétrico iniciaremos a carga de gás.

- Conecte a mangueira do centro do conjunto de manômetros no cilindro de gás
- Conecte a mangueira do manômetro de baixa no sistema.
- Abra o registro do cilindro.
- Abra o registro do manifold (conjunto de manômetros).
- Afrouxe a mangueira do sistema para purgar o ar existente e feche em seguida.
- Coloque o cilindro na balança e registre o peso já com o manifold interligado no cilindro e no sistema.
- Sabendo qual a massa de fluido que deve ser inserida, abra o registro do sistema e coloque fluido até que a diferença de massa entre o valor inicial e o final corresponda ao valor da carga do sistema.
- Feche o registro do manifold;
- Feito isso ligue o sistema monitorando a corrente do compressor, através do alicate amperimétrico;
- Depois de 15 (quinze minutos) de funcionamento verifique se a distribuição do frio está homogênea no evaporador.
- Realizados estes procedimentos, lacre o tubo de serviço, pois o trabalho está pronto.

8.4- Testes elétricos de um compressor

Para podermos afirmar que um compressor está queimado é fundamental fazer uma série de testes elétricos.

- Coloque a escala de referência do multímetro (digital de preferência) na condição de 20 k Ω m
- Insira a ponteira preta na conexão comum (COM, C);
- Insira a ponteira vermelha na conexão Tensão e Resistência (V- Ω m);
- Junte as duas ponteiros simulando a condição de continuidade (contato fechado);
- Separe as ponteiros identifique no visor qual a diferença entre contato aberto e contato fechado;
- Retire a capa de proteção do compressor;
- Retire o relê de partida e o protetor térmico; você encontrará os três terminais que alimentam diretamente o motor elétrico do compressor;
- Usando o multímetro fixe uma das ponteiros no ponto comum em um dos terminais geralmente identificado por 'C', e coloque a outra ponteira em um dos outros dois terminais;
- Se o sinal de contato for positivo teste o

outro terminal, sendo positivo novamente, isto indica que há o contato elétrico entre as duas bobinas, principal e auxiliar;

- Se o sinal de contato for negativo significa que uma das duas bobinas está aberta impedindo o funcionamento do compressor;

8.5- Substituição de um compressor

O procedimento de substituição de um compressor hermético é necessário quando ele se encontra **defeituoso**. Os defeitos possíveis estão relacionados a problemas elétricos e mecânicos. Os problemas elétricos se referem à perda do isolamento elétrico no estator, ocasionando fuga de corrente e o conseqüentemente aumento do consumo do compressor, culminando com a alta amperagem. Devido ao elevado número de peças móveis no sistema mecânico de compressão os problemas mecânicos se tornam tão frequentes quanto os elétricos. Geralmente os problemas que ocorrem são: rompimento das juntas de vedação que isolam a câmara de sucção da câmara de descarga, quebra das válvulas ou palhetas de sucção ou descarga, ocasionando nos dois casos a redução do fluxo de massa, e conseqüentemente baixo ou nenhum rendimento do sistema.

Os passos para substituição do compressor são descritos a seguir. Para informações mais detalhadas sugerimos a videoaula disponibilizada pela EMBRACO:

<http://www.youtube.com/watch?v=nWk4P3N1W2U&list=UUleviPygFKNm9MlQhaoEe1w>

- Faça o recolhimento do fluido refrigerante segundo o procedimento já descrito

FLUIDOS REFRIGERANTES	
CFCs	R11 R12 R113 R114 R115
HCFCs	R22 R123 R124 R141b R142b R225ca R225cb
HFCs	R32 R125 R134a R143a R152a
Blends	R401a R401b R409A R413A
Outros	R404A R507C



Figura 8.13- Ilustração de um recolhedor de fluido refrigerante
Fonte: Vídeo da EMBRACO

- De posse de um maçarico devidamente regulado solte as tubulações de descarga e sucção do compressor. Retire também os tubos resfriadores de óleo se estes existirem;
- Prepare estas tubulações lixando-as, para facilitar a posterior brasagem, tome sempre cuidado para não inserir sujeira para dentro das tubulações;
- Coloque o compressor novo no lugar garantindo uma boa fixação;
- Solde as tubulações nos devidos lugares usando o menor tempo possível. Isso reduzirá a oxidação interna da tubulação;

- Substitua o filtro secador tomando cuidado com os seguintes itens: Tipo de fluido a ser usado (R134a); Na hora de soltar o capilar tome cuidado de inseri-lo o suficiente dentro do filtro, evitando desta maneira um possível entupimento pelo material de adição.



TIPOS DE DESSECANTE PARA CADA FLUÍDO REFRIGERANTE

REFRIGERANTE	DESSECANTE
R600a	XH5
R134a	XH7
R290	XH5
R404A	XH9
R407C	XH7
Todos	Universal

Figura 8.14- Tipos de dessecante de acordo com os fluidos refrigerantes

- Solde um tubo de cobre de 1/4 de polegada no tubo de serviço do compressor já com um registro de serviço instalado;
- Se o procedimento de carga de gás utilizado for por massa, usando uma balança, solde

junto ao filtro um outro tubo de cobre de mesmo diâmetro, também já com um registro instalado;

- Após todas as soldas terem sido feitas, pressurize a unidade com nitrogênio usando uma pressão de 10kgf/cm² e verifique todos os pontos que foram soldados utilizando o método de bolhas de sabão ou outro. Se estas existirem corrija-os;
- Certo da ausência de vazamentos, purgue o sistema e inicie o processo de vácuo.

8.6- Teste do termostato

- De posse de um multímetro, de preferência digital, coloque-o na escala referência na condição de diodo a uns 20 k Ω hm;
- Insira a ponteira preta na conexão comum (COM,C);
- Insira a ponteira vermelha na conexão Tensão e resistência (V- Ω hm);
- Junte as duas ponteiras simulando a condição de continuidade (contato fechado);
- Separe as ponteiras identifique no visor qual a diferença entre contato aberto e contato fechado;
- Coloque o controle do termostato na

posição mínima girando-o totalmente para a esquerda;

- Coloque a ponteira vermelha num dos terminais de contato do termostato;
- Coloque a ponteira preta no outro terminal de contato do termostato;
- Se a leitura der o **sinal de contato** fechado o termostato está travado em contato fechado o refrigerador nunca iria desligar pelo termostato. O mesmo deve ser substituído;
- Se a leitura der “contato aberto” está correta com a condição desligado do termostato;
- Gire o controle para direita colocando-o no máximo;
- Coloque a ponteira vermelha num dos terminais de contato do termostato;
- Coloque a ponteira preta no outro terminal de contato do termostato;
- Se a leitura der o **sinal de contato** fechado está correta com a condição desligada do termostato;
- Se a leitura der, contato aberto, o refrigerador nunca irá ligar pelo termostato. O mesmo deve ser substituído.

8.7- Teste do protetor térmico

- De posse de um multímetro, de preferência digital, coloque-o na escala referência na condição de diodo ou uns 20 kOhm.
- Insira a ponteira preta na conexão comum (COM, C).
- Insira a ponteira vermelha na conexão Tensão e resistência (V- Ohm).
- Junte as duas ponteiros simulando a condição de continuidade (contato fechado).
- Separe as ponteiros e identifique no visor qual a diferença entre contato aberto e contato fechado.
- Retire a capa plástica protetora do compressor (Olhar instruções na capa).
- Desconecte o protetor térmico.
- Coloque a ponteira vermelha num dos terminais de contato do protetor
- Coloque a ponteira preta no outro terminal de contato do protetor
- Se a leitura der o sinal de contato **fechado** o protetor está na condição correta.
- Se a leitura der contato aberto o mesmo deve ser substituído.

9- Perguntas e Respostas da área de refrigeração e climatização

1- O que é refrigeração?

R. Existem muitas definições de refrigeração: (1) o desenvolvimento num determinado espaço de uma temperatura mais baixa que a existente em outro espaço, ou espaço adjacente, (2) o processo de resfriamento ou retirada de calor ou (3) o processo pelo qual se produz “frio”. Na realidade, refrigeração é tudo isso, mas, especialmente, ela é (4) o processo de retirar calor de um espaço ou corpo para reduzir sua temperatura e transferir esse calor para um outro espaço ou outro corpo.

2- O que é calor?

R. Calor é uma forma de energia transferindo-se de um corpo para outro. O calor passa dos corpos de maior temperatura para os corpos de menor temperatura. A unidade empregada para medir a quantidade de calor é a caloria, ou seja, a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de um grau centígrado, à pressão atmosférica normal; ou seu múltiplo, a quilocaloria (símbolos cal e kcal, respectivamente). No Sistema Internacional de Unidades, emprega-se a unidade joules para se avaliar as trocas de energia térmica. Nos países de língua inglesa, a unidade adotada é “British Thermal Unit”, mais conhecida pela

sua abreviação Btu. A Btu é a quantidade de energia calorífica necessária para elevar a temperatura de uma libra de água de um grau Fahrenheit. Inversamente, se a temperatura de uma libra de água é reduzida de um grau Fahrenheit, uma BTU de energia calorífica foi retirada.

3- Descreva um ciclo de refrigeração padrão.

O fluido refrigerante entra no evaporador (no estado de líquido mais vapor) e retira calor do meio interno. Ao receber calor, o fluido transforma-se de uma mistura L+V para vapor saturado superaquecido. Esse vapor é succionado pelo compressor e comprimido até a pressão de condensação. No condensador, o fluido refrigerante libera calor para o ambiente exterior e se transforma novamente do estado de vapor superaquecido para líquido e, na saída do condensador deve estar líquido sub-resfriado. Após sair do condensador, o fluido refrigerante entra no dispositivo de expansão que reduz a sua pressão até a pressão do evaporador, reiniciando assim o ciclo.

4- Descreva um ciclo de refrigeração por absorção.

R.O sistema de absorção possui 4 componentes principais: abovedor, gerador, condensador e evaporador. Como acessórios, tem-se uma bomba e

válvulas de expansão. O Fluido refrigerante NH_3 entra no evaporador e retira calor do meio interno passando do estado de liquido para vapor. Este é absorvido pelo absorvedor através de uma solução liquida de $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Esta solução e bombeada para o gerador. La uma adição de calor separa a NH_3 (que segue para o condensador na forma de vapor) da H_2O que retorna ao absorvedor. A NH_3 libera calor para o exterior no condensador e passa para o estado de liquido que ingressa no evaporador onde reinicia o processo.

5- Descreva um sistema fan-coil-chiller

Um sistema fan-coil chiller utiliza-se de um fluido intermediário (água gelada misturada com etileno-glicol) para climatizar os ambientes. A água é resfriada no chiller situado numa casa de máquinas. A água gelada é circulada por bombas de água gelada. No chiller, geralmente a condensação do fluido refrigerante é realizada através do uso de água que circula por uma torre de arrefecimento (ou usa condensação a ar para menores capacidades). Os fan-coils recebem a água gelada a aproximadamente 7 Graus Celsius e a devolve a uma temperatura de aproximadamente 12 Graus Celsius para o chiller. A potência de resfriamento do fan-coil é dada por $Q = \text{fluxo de massa} \times .4,19 \times (T_{\text{água entra}} - T_{\text{água sai}})$.

6- O que é psicrometria?

R. A psicrometria é o estudo das misturas de ar e de vapor de água. Em se tratando de condicionamento de ar, o ar não é seco, mas sim uma mistura de ar e de vapor d'água, resultando daí a importância da psicrometria. Em alguns processos a água é removida do ar, enquanto em outros é adicionada. A carta psicrométrica constitui uma das ferramentas mais úteis que existem para auxiliar o técnico em refrigeração e ar condicionado no estudo da climatização.

7- O que é umidade relativa e absoluta?

R. Expressa em percentagem, a umidade relativa é a relação entre a pressão parcial do vapor de água real pela pressão de saturação à mesma temperatura ou, de outra forma, é a relação entre a quantidade de água realmente existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). Já a Umidade Absoluta: é a relação entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco. É expressa em kg de vapor por kg de ar seco.

8- O que é temperatura de orvalho?

R. É a temperatura na qual o vapor d'água da atmosfera começa a condensar. Para obtê-la basta marcar

as condições do ar numa carta psicrométrica e traçar uma linha horizontal para a esquerda até cruzar com a linha de saturação. Esta temperatura corresponde à temperatura de saturação da água à pressão parcial do vapor na mistura (ar seco e vapor de água).

9- Qual a importância da do condicionamento de ar na vida moderna?

R. Em quase todas as áreas o condicionamento de ar está presente seja para conforto térmico, alimentação, centrais telefônicas, redes de computadores, hospitais e laboratórios. Para todos estes citados e muitos outros é essencial a presença de um condicionador de ar seja conforto, conservação ou funcionamento das máquinas.

10 O que são válvulas de expansão?

São dispositivos de expansão que, através de um bulbo sensor, mantém um superaquecimento estável à saída do evaporador, deixando-se passar mais ou menos refrigerante para o evaporador. As válvulas de expansão podem ser com equalização externa (a pressão na parte superior do diafragma é a de saída do evaporador) e com equalização interna (a pressão na parte inferior do diafragma é a pressão de entrada do evaporador).

11- Qual o papel da válvula de expansão em um

sistema de climatização?

R. O dispositivo de expansão tem o papel de regular a passagem do fluxo de refrigerante no evaporador e conseqüentemente a quantidade de vapor a ser succionado pelo compressor. O dispositivo de expansão garante a redução de pressão do fluido que sai do condensador e entra no evaporador e ainda, através de um bulbo sensor é mantido um superaquecimento constante à saída do evaporador. Isto é conseguido deixando-se passar mais ou menos (automaticamente) refrigerante para o evaporador. As válvulas de expansão podem ser com equalização externa (a pressão na parte superior do diafragma é a de saída do evaporador) e com equalização interna, isto é, a pressão na parte inferior do diafragma é a pressão de entrada do evaporador.

12- Um jato de ar a uma temperatura de 15 Graus Celsius passa dentro de um duto não isolado através de um ambiente com TBS de 32 Graus Celsius e TBU de 23 Graus Celsius. Haverá condensação em sua face externa?

R. Na carta psicrométrica, marcar o ponto referente à temperatura do ar externo e traçando uma linha horizontal da direita para a esquerda, verificar o ponto em que há cruzamento com a linha de saturação. Neste ponto, situa-se a temperatura de orvalho do ar externo, ou seja, se a temperatura do mesmo é resfriada abaixo deste valor, haverá condensação de parte da sua

umidade dissolvida. Neste exemplo a temperatura de orvalho é de 19,2 Graus Celsius e a temperatura da face externa do duto é próximo de 15 Graus Celsius, o que faz com que a condensação da umidade seja inevitável. A solução deste problema geralmente é conseguida através de um adequado isolamento do duto.

13- Qual a quantidade de vapor d'água dissolvido no ar numa sala de 10x10x3 m³ na seguinte condição: temperatura de 30 Graus Celsius e umidade relativa de 80%?

R. Sabe-se que a massa de ar na sala é obtida a partir do volume da sala multiplicado pela densidade média do ar (o que fornece 360 kg de ar seco). A umidade absoluta para esta condição é obtida numa carta psicrométrica, resultando em 0,0215 kg de vapor d'água por kg de ar seco. Desta forma, aplicando-se uma regra de três simples, obtém-se que a massa de vapor d'água dissolvida neste volume de ar é de 7,75g.

14- Descreva o funcionamento do tubo capilar.

R: Como é sabido, o diâmetro interno do tubo capilar é extremamente reduzido. Isso faz com que o fluido, ao atravessá-lo, sofra uma grande perda de carga devido ao atrito e à aceleração do fluido, resultando em expansão devido a redução de pressão.

15- O que você entende por ponto de equilíbrio de um tubo capilar?

R: No ponto de equilíbrio, o compressor bombeia exatamente a mesma quantidade de refrigerante com que o tubo capilar alimenta o evaporador. Este equilíbrio poderá ser atingido através de várias combinações entre o diâmetro e o comprimento do capilar.

16- Por que o tubo capilar não é utilizado em instalações de grande porte?

R: Porque este dispositivo não é capaz de oferecer um controle eficiente quando o sistema é sujeito a grandes variações da carga térmica. O tubo capilar funciona bem apenas em sistemas sujeitos a pequenas variações de carga e de temperatura de evaporação, como é o caso dos sistemas de pequeno porte (refrigeradores, freezers, etc.).

17- O que você entende por equalização de pressão em um tubo capilar?

R: Quando o sistema de refrigeração que usa tubo capilar é desligado, a pressão em todo o sistema tende a equalizar, pois o tubo capilar não bloqueia a passagem do fluido refrigerante entre o condensador (lado de alta pressão) e o evaporador (lado de baixa pressão). Isso faz com que, ao ser religado o sistema, o

compressor enfrente uma condição de pressão praticamente idêntica entre sucção e descarga. Isto exige do compressor um baixo torque de partida e, conseqüentemente, motores elétricos menos potentes, menores, mais leves e econômicos.

18- O que você entende por controle de superaquecimento em uma válvula de expansão termostática?

R: Para um bom funcionamento do nosso ciclo de refrigeração é importante que o compressor trabalhe sempre com vapor seco na sua sucção. Assim, para segurança devemos controlar o superaquecimento do refrigerante à saída do evaporador. Esta válvula é regulada por uma mola, para nos dar um determinado superaquecimento. Se esta variação de Temperatura (Delta T) aumenta a válvula vai abrir um pouco para aumentar o fluxo de massa para o evaporador e reduzir a temperatura da saída do mesmo.

19- Explique o que ocorre com a massa bombeada pelo compressor em virtude da perda de carga na válvula de admissão.

R: Em virtude da perda de carga na válvula de admissão a massa de vapor bombeada pelo compressor tende a diminuir. Isto ocorre porque a pressão de admissão dentro do cilindro é menor que a pressão na

linha de sucção (devido a perda de carga na válvula de admissão) ocasionando um aumento do volume específico do vapor dentro do cilindro diminuindo a quantidade de massa que entra conseqüentemente.

20- O que ocorre durante as paradas prolongadas com o óleo lubrificante nos compressores?

R: O refrigerante mistura-se com o óleo lubrificante aumentando o volume da mistura (óleo / refrig.) no cárter. Esta mistura é pobre em lubrificação. Quando os mancais começam a sofrer o atrito do virabrequim os mesmos aquecem (evaporando o refrigerante) podendo ser danificados. Recomenda-se, para evitar este tipo de problema, colocar uma válvula solenóide na linha de líquido e uma resistência no cárter do compressor. Desta maneira o líquido não migrará e se migrar o calor da resistência o evapora antes de começarem a causar danos.

21- O que é espaço nocivo do compressor?

R: Durante a fase de expulsão do vapor comprimido uma determinada porção de refrigerante não consegue ser expulsa seja porque o pistão atinge seu PMS (ponto morto superior) ou por não existir mais diferencial de pressão entre a câmara e a rede de saída. Esta quantidade que fica a alta pressão no compressor ocupa um volume chamado espaço nocivo e devemos gastar

energia para que possamos expandi-lo e permitir pressão um pouco inferior ao da rede para permitir a sucção. Em geral esse valor situa-se em 5%.

22- Qual a diferença entre compressor hermético e aberto?

R: Um compressor hermético é usado nas pequenas instalações de ar condicionado e refrigeradores domésticos. Sua principal característica é que o motor encontra-se junto com o compressor numa carcaça onde não há espaço para manutenção. O óleo fica em contato com o refrigerante e circula por todo o sistema. Já no aberto o motor e o compressor ficam separados e ligados por um eixo.

23- O que é um compressor de deslocamento positivo?

R: Um compressor de deslocamento positivo é aquele que o aumento e pressão se dá por redução do volume. Já nos centrífugos, o gás é acelerado ao passar pelas pás de um rotor e sua velocidade é convertida em pressão. São exemplos de compressores de deslocamento positivo: alternativos, rotativos, engrenagens e palhetas.

24- Descreva alguns métodos primitivos de refrigeração?

R. Antes do advento da refrigeração mecânica, a

água era mantida fria, sendo guardada em jarros de barro porosos, de modo que a água escapava por infiltração através das paredes e se evaporava. A evaporação dissipava calor e resfriava a água. Este sistema era usado pelos egípcios e pelos índios do sudoeste norte-americano. Muitas vezes, o gelo natural dos lagos e rios era cortado durante o inverno e guardado em cavernas ou poços revestidos de palha e, mais tarde, em prédios isolados com serragem, para ser retirado na medida das necessidades. Os romanos transportavam neve dos Alpes até Roma, em tropas de carga, para refrigerar as bebidas dos imperadores. Embora estes métodos de resfriamento empregassem fenômenos naturais, eles eram usados para manter a temperatura baixa em um espaço, podendo, portanto, ser chamados de refrigeração.

25- Explique como um fluido refrigerante pode produzir o efeito de resfriamento.

R. Suponha um vaso de amônia (ponto de ebulição à pressão atmosférica igual a -33° Graus Celsius) dentro de uma caixa isolada e com um tubo de sucção provido de válvula, descarregando na atmosfera. À temperatura de 30 Graus Celsius, a pressão no interior do vaso será de 10,86 kg/cm² relativos (ou 154,5 psig) e nada acontecerá. Abrindo a válvula de sucção, haverá escapamento de vapor de amônia, reduzindo a pressão. À

medida que a pressão se reduz o ponto de ebulição também se reduz, e o líquido continuará fervendo enquanto houver calor suficiente no líquido ou conteúdo da caixa isolada. Se a válvula de sucção for deixada aberta até que a pressão fique igual à atmosférica, a temperatura da amônia será reduzida até -33 Graus Celsius. Então, o interior da caixa estará próximo a esta temperatura, quando a evaporação da amônia cessará. Qualquer calor adicionado fará com que a amônia torne a ferver e o calor seja retirado.

26- Quais são as faixas de temperaturas usadas na conservação de alimentos perecíveis?

R. Os alimentos que se destinam ao consumidor depois de alguns dias ou poucas semanas são geralmente armazenados a temperaturas alguns graus acima do seu ponto de congelamento (-2 a +4 Graus Celsius). Se o armazenamento se destina a períodos mais longos, eles são geralmente congelados por um dos vários métodos existentes.

27- O que é umidificação por aspersão?

R. A umidificação por aspersão é o processo de acrescentar umidade ao ar, passando-o através de jatos de água (lavadores). O calor sensível do ar se transforma em calor latente, que é utilizado para evaporar parte da água. Embora a temperatura do bulbo seco do ar diminua, não

há alteração do calor total do ar (só mudam as proporções de calor latente e calor sensível).

28- Como funciona o condicionador de ar automotivo?

R. O princípio de funcionamento é semelhante aos aparelhos comuns de condicionamento, com exceção do compressor que é acionado pelo motor do veículo. O condensador é a convecção forçada, onde é usado um ventilador separado ou o próprio ventilador do radiador, sendo, neste caso, o condensador instalado na frente do radiador. O movimento do ar no interior do veículo é executado por um ventilador centrífugo acoplado ao motor elétrico. Como o compressor funciona dentro das características de funcionamento do motor do automóvel, uma válvula reguladora de sucção é instalada no tubo de retorno. Os componentes de um sistema de condicionamento automotivo são: compressor, condensador, evaporador, motor ventilador, válvula de expansão termostática, depósito de líquido, filtro, chave magnética e termostato.

29- Nos casos de diferença de 3 metros ou mais entre as unidades evaporadoras e condensadoras de um split, estando a unidade evaporadora em nível inferior o que se deve fazer?

R. Deve ser instalado na linha de sucção um

sifão para cada 3 metros de desnível. Na instalação em que estiverem a unidade evaporadora e a unidade condensadora no mesmo nível ou a unidade evaporadora estiver em nível superior, deve ser instalado logo após a saída da unidade evaporadora na linha de sucção, um sifão seguido de um “U” invertido, cujo nível superior do mesmo deve estar no mesmo plano do ponto mais alto do evaporador.

30- Qual a diferença entre evaporador do tipo expansão direta e indireta?

R. No evaporador de expansão direta, é o próprio fluido refrigerante do sistema de refrigeração que realiza o processo de resfriamento final, ou seja, a retirada de calor do meio que se quer resfriar. Assim, por exemplo, em um condicionador de ar de janela, o ar do ambiente climatizado, que é o meio que se quer resfriar, entra em contato com a serpentina do evaporador, por dentro da qual evapora o fluido refrigerante do sistema de refrigeração. No evaporador de expansão indireta, existe um fluido intermediário entre o refrigerante do sistema de refrigeração, e o meio que se quer resfriar. Ou seja, o refrigerante do sistema de refrigeração resfria um fluido intermediário e este fluido é que retirará calor do meio a ser resfriado. Então, por exemplo, em um sistema de condicionamento de ar de grande porte do tipo chiller/fan-coil, o fluido refrigerante do sistema de

refrigeração (chiller) realiza o resfriamento de água, produzindo água gelada. Esta água gelada é que resfriará o ar dos ambientes climatizados, no fan-coil.

31- Cite alguns motivos pelos quais os compressores falham.

R. Quando a temperatura de descarga do compressor está muito elevada, o compressor como um todo se superaquece, o que aumenta a possibilidade de queima. Quando o compressor é submetido a altos diferenciais de pressão (diferença entre a pressão de sucção e a pressão de descarga do compressor), ele necessita gastar muito mais energia para o bombeamento do refrigerante. Quando isso ocorre, o motor elétrico que move o compressor começa a consumir muito mais energia elétrica, o que é traduzido pelo aumento da corrente no compressor. Para isso existe o relé de proteção contra sobrecarga: se a corrente no compressor aumenta muito, esse relé automaticamente desliga o compressor. No entanto, no caso de falha do relé, ou no caso de utilização de um relé inadequado (superdimensionado), o relé pode não desligar o compressor, o que pode levar a uma queima do motor elétrico (a fiação do motor superaquece, o esmalte protetor em torno do fio é danificado, e a fiação pode entrar em curto circuito). A entrada de refrigerante no estado líquido no compressor também pode provocar

falhas. Se o líquido é succionado, principalmente espuma que se forma quando o refrigerante líquido cai no óleo aquecido no cárter do compressor, pode atingir as válvulas de sucção, ocasionando uma erosão (chamada golpe de líquido) que acaba por levar à quebra da válvula, tornando o compressor ineficaz ou mesmo travando-o. A umidade (água) também pode reagir com os refrigerantes e com os óleos, formando ácidos, com as consequências acima descritas. Daí a importância de uma correta e eficaz desidratação do sistema (obtida através do processo de evacuação). Quando temperaturas muito altas na descarga do compressor (cuidado com valores de superaquecimento maiores do que 20°C), ocorre a reação química do óleo com o fluido refrigerante resultando na formação de ácidos, que por sua vez atacam quimicamente (reagem com) diversos materiais do compressor, como o esmalte que recobre a fiação do motor elétrico, as borrachas, plásticos e metais utilizados no corpo do compressor, etc. Obviamente, este ataque químico desgasta e destrói as peças, podendo levar a falhas. O óleo lubrificante pode reagir quimicamente com o fluido refrigerante. Isso ocorre quando o refrigerante e o óleo são quimicamente compatíveis, como por exemplo, o refrigerante R-134a e o óleo mineral. O óleo pode ficar "fino", isto é, tem sua viscosidade reduzida, o que também pode levar à falha acima citada. O óleo lubrificante do compressor, em alguns tipos de

compressores, é bombeado juntamente com o refrigerante. Se não houver um retorno deste óleo para o compressor, a falta de óleo fará com que o compressor se desgaste rapidamente, podendo ocorrer o seu travamento. Quando o compressor está desligado, pode haver migração de refrigerante no estado líquido, da linha de sucção para a carcaça ou cárter do compressor. Esse refrigerante líquido mistura-se com o óleo. Isto pode fazer com que o óleo perca parte de sua capacidade de lubrificação, ficando "fino", o que, quando o compressor for religado, acabará por provocar maior desgaste no compressor.

32- É necessário garantir um grau de superaquecimento em uma câmara frigorífica. Caso seja necessário, como fazer o superaquecimento com um compressor e mais de um evaporador em uma só câmara. Gostaríamos também de saber o que acontece se o superaquecimento estiver alto ou baixo demais. Qual a temperatura ideal?

R. Sim, o superaquecimento é algo até certo ponto desejado, pois, além de evitar sucção úmida no compressor, também garante que todo refrigerante injetado no evaporador foi evaporado produzindo o efeito desejado. Ao serem utilizados múltiplos evaporadores em uma única câmara frigorífica as válvulas de expansão deverão manter o superaquecimento regulado. Em caso

de linhas frigoríficas com configuração que necessitem da manutenção de baixos valores de superaquecimento, ou com volumes internos que não consigam, por exemplo, evitar a injeção de grandes volumes de líquido nos compressores em situações de degelo por gás quente, ou partidas sob baixas temperaturas, deve ocorrer o uso de válvula de controle de superaquecimento de admissão no compressor. Nessas aplicações é desejado um nível de superaquecimento do fluido refrigerante da ordem de 6 Graus Celsius, que permite a sucção seca e adequado resfriamento dos motores dos compressores do tipo hermético e semi-hermético. Deve-se também, ser considerado que em aplicações de baixa temperatura a manutenção de valores elevados de superaquecimento irá causar elevadas temperaturas de descarga que poderão causar danos às placas de válvulas dos compressores, carbonização do óleo, e em alguns casos até a decomposição do refrigerante por ter atingido sua temperatura crítica.

33- É possível substituir um sistema de refrigeração que use compressores centrífugos em unidade chillers por torre de H₂O gelada? Se há possibilidade, qual tipo de torre substituiria duas máquinas que juntas equivalem a 288 TR, a uma vazão de 300 litros de H₂O por minuto a uma temperatura de 7 Graus Celsius?

R.: Não é possível a substituição do sistema de refrigeração por torre de resfriamento, pois cada qual possui princípios distintos. O sistema de refrigeração é formado por um conjunto de equipamentos – compressor, condensador e evaporador, basicamente, sendo utilizados para reduzir a temperatura de uma substância de modo a ficar inferior a do meio ambiente. Nesse conjunto circula o fluido refrigerante, em geral amônia ou halogenado, o qual passa de líquido para gás ao absorver calor. É no evaporador que ocorre a troca de calor entre refrigerante (estado líquido) e água. Para sistemas de água gelada essa temperatura é aproximadamente 7 Graus Celsius podendo chegar até os valores negativos. A torre de resfriamento de água é um equipamento único utilizado para resfriar água por contato direto com o ar. A temperatura mais baixa que, teoricamente, consegue-se resfriar a água numa torre, é a temperatura de bulbo úmido. A temperatura de bulbo úmido varia de localidade, dependendo de umidade relativa e da temperatura de bulbo seco (meio ambiente). No Brasil a temperatura de bulbo úmido, considerada para projeto de torre de resfriamento, varia entre 23 Graus Celsius a 29 Graus Celsius, aproximadamente. Portanto não há como resfriar a água a baixas temperaturas utilizando uma torre de resfriamento.

34- Quais os compressores, moto-ventiladores e

capacitores devem ser utilizados em condicionadores de ar de 7.500 a 36.000Btu/h, e em que caso devemos usar o relé de partida?

R.: Os condicionadores de ar utilizam capacitores de partida que variam sua capacidade conforme a capacidade da unidade. Estes capacitores podem ser de dois tipos: simples e duplo. O capacitor de fase simples é unitário, onde deve ser instalado um para cada ventilador e um para o compressor. O duplo pode ser ligado para o motor do ventilador e o compressor sendo única peça. É sempre aconselhável que os catálogos e manuais de serviço do fabricante sejam consultados para se preservar as características de projeto dos aparelhos. Quanto ao relé de partida, este não é usado em condicionadores do tipo janela. Sua utilização é mais frequente quando é necessário acionar contadoras de acionamento para compressores maiores, muito utilizados em unidades centrais.

35- Como eu posso saber se o compressor de um refrigerador está refrigerando?

R.: Nem sempre o compressor é o responsável quando um aparelho não está gelando. Pode mesmo ser por entupimento, umidade, óleo no evaporador ou falta de gás, provocada por vazamentos. A análise das causas da falta de refrigerante deve ser feita cuidadosamente para que se tenha uma perfeita identificação. Portanto,

utilizando um critério lógico de análise os custos e o tempo de reparo serão menores. Para se testar a falta de compressão de um compressor, deve-se instalar manômetro nos lados de baixa e alta pressão (sucção e descarga) do sistema. Se não houver compressão, a pressão de sucção será alta a descarga baixa. A temperatura da linha de descarga será menor que a normalmente encontrada e a temperatura do compressor estará elevada. Se você instalou os manômetros, poderá também medir as temperaturas de saída do evaporador e de saída do condensador. Os valores de superaquecimento e sub-resfriamento lhes darão indicações suficientes para analisar a carga de fluido refrigerante do aparelho. Recomendamos não testar o compressor fora do sistema.

36- Como é o funcionamento de um relé de partida de compressor hermético?

R. O relé PTC é formado basicamente por uma pastilha de material cerâmico que atua como ponte entre os contatos do relé. Este material possui a propriedade de aumentar sua resistência quando aquecido pela corrente que passa através do mesmo. Durante a partida, com a corrente fluindo à bobina de partida, a resistência atinge rapidamente um valor muito alto, reduzindo a corrente na bobina de partida até retirá-la de operação. Seu uso é recomendado para freezers e refrigeradores domésticos,

devido ao tempo necessário para resfriamento entre os ciclos de operação.

37- Qual melhor forma de detectar vazamentos pelas válvulas de um compressor hermético?

R. A melhor forma de se detectar vazamento não só para os conectores de um compressor hermético, mas também para todo o sistema de refrigeração onde se encontram soldas, é feita através de um aparelho chamado detector de vazamentos (“sniffers”). Este aparelho está disponível no mercado e detecta a presença dos refrigerantes no ambiente, detectando eventuais vazamentos de refrigerante através das soldas.

38- Como medir a resistência de bobinas?

R. A medição da resistência ôhmica em campo das bobinas auxiliar (partida) e principalmente (marcha) deve ser feita com o compressor desligado, sem os componentes elétricos e numa temperatura ambiente estabilizada por 12 horas a 25 Graus Celsius (a resistência nas bobinas varia com a temperatura ambiente). Nestas condições, com um ohmímetro mede-se a resistência das bobinas diretamente no terminal hermético do compressor; para a bobina auxiliar (partida) a medição é feita entre os terminais C – S (Comum – Partida) do terminal hermético e para a bobina principal entre os terminais C – R (Comum – Marcha) com terminal hermético.

39- Como retirar umidade interna dos sistemas de refrigeração?

R. Todo sistema hermético que estiver funcionando com umidade interna não apresenta rendimento satisfatório. Nestes casos, a umidade interna dos tubos precisa ser retirada antes de se aplicar a carga de gás. Para isso, proceder conforme a seqüência abaixo: inicialmente, deve-se abrir o sistema hermético, retirando o filtro secador e o fluido refrigerante; / limpar todo o sistema usando um solvente com um jato de nitrogênio, ou mesmo ar comprimido; substituir o filtro secador por um novo e original; fazer vácuo no sistema; recolocar o fluido refrigerante no sistema hermético. Em hipótese alguma se deve utilizar o álcool metílico.

40- Quais são as unidades utilizadas na área de refrigeração?

R.: A unidade Btu (British Thermal Unit) é definida como a quantidade de calor necessário para elevar a temperatura de 1lb (libra) de água de 63 Graus Celsius para 64 Graus Celsius. A unidade de potência Btu/h é uma unidade muito usada em condicionadores de ar de janela; - Kcal (quilocaloria) é um múltiplo de caloria (cal), 1 cal é o calor necessário para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5 Graus Celsius para 15,5

Graus Celsius. A unidade de potência kcal/h é muito usada em cálculo de refrigeração; - TR (tonelada de refrigeração) – Unidade Inglesa – Definição: 1 TR é a quantidade de calor necessária para derreter uma tonelada inglesa de gelo em um período de 24 horas. TR é uma unidade muito usada em equipamento de grande capacidade frigorífica, tais como: chillers e selfs. Nesses casos usa-se o TR porque seus valores são em números, menores do que em outras unidades. - W (watts) – unidade de potência do sistema internacional de Unidades (S.I.), é obtida da divisão J/s (joule por segundo). Por ser unidade do Sistema Internacional é a unidade encontrada em catálogos de fabricantes de equipamentos, por isso os cálculos para dimensionamento e seleção são desenvolvidos em watts (W). Equivalência entre as unidades mencionadas: $12.000 \text{ Btu/h} = 1,0 \text{ TR} = 3.024 \text{ Kcal/h} = 3.516,28 \text{ W}$.

41- Como funcionam os manômetros de baixa e alta pressão, que servem para medir a pressão interna de líquidos e gases em recipiente fechados. Como converter a pressão do manômetro em temperaturas e, assim, saber a temperatura do fluido refrigerante?

R. Alguns manômetros já trazem as escalas de temperaturas para diversos tipos de fluidos refrigerantes, quando não for possível utilizá-las, utilizar as tabelas de pressão x temperatura para o refrigerante que está sendo

utilizado. Para conversões de temperatura, utilize as seguintes fórmulas: $C = 5(F - 32) / 9$ Onde F é o valor (temperatura em °F). Com esta leitura rápida da temperatura podemos calcular o superaquecimento ou sub-resfriamento nas tabelas de propriedades fornecidas pelos fabricantes.

42- O que é grau de superaquecimento?

R.: Superaquecimento é a diferença entre a temperatura de evaporação e a temperatura de saída do evaporador, medida no ponto onde se encontra fixado o bulbo termostático da válvula de expansão. A este damos o nome de superaquecimento útil. Obs.: Nos sistemas com maiores linhas de sucção como industriais, câmaras, supermercados é conveniente obter a temperatura de sucção o mais próximo possível da válvula de serviço do compressor, assim se pode calcular o superaquecimento total, ou seja, temperatura da sucção menos a temperatura de evaporação.

43- O superaquecimento só existe em sistemas que tenham válvulas de expansão?

R.: Superaquecimento existe em todos os sistemas que possuem dispositivos de expansão. Para saber como está o superaquecimento devemos fazer a leitura da temperatura de evaporação e temperatura de saída do evaporador.

44- Quais capacitores são utilizados para a partida de motores (motor com alto torque de partida HST)? Quais os capacitores permanentes são utilizados nos aparelhos de ar condicionado? Como funciona eletricamente? Durante o funcionamento a bobina de partida fica energizada?

R. Vamos dividir as perguntas em duas partes. 1- Sobre os capacitores de partida: O capacitor eletrolítico para partida de motores elétricos monofásicos tem a função de “defasar”(afastar) as tensões nos enrolamentos de marcha e de partida, para gerar um campo magnético rotativo que permitirá o arranque do motor mesmo sob carga. Como o arranque acontece em tempos muito curtos (1 a 2 segundos) o enrolamento de partida é composto de poucas espiras e é atravessado por uma corrente bastante alta. 2- Sobre capacitores permanentes: o capacitor permanente tem a mesma função, aquela de defasar as tensões dos dois enrolamentos, para gerar um “sistema bifásico” permanente e relativo campo magnético rotativo. Com o capacitor permanente há um baixo torque de arranque e um maior aproveitamento do núcleo (maior potência). Com o capacitor eletrolítico há um forte torque de arranque.

45- Como trocar um filtro absoluto?

R. A troca do filtro absoluto (que tem uma

eficiência de 99,97%) é realizada normalmente quando ocorre perda de carga do elemento filtrante chega no valor recomendado pelo fabricante. Recomendam-se verificações periódicas (cada empresa tem uma frequência que pode ser de 6 em 6 meses até um ano), nas quais podem ser verificadas as condições de estanqueidade: do meio filtrante; dos acoplamentos do elemento filtrante e estrutura; da estrutura de recebimento do filtro absoluto. É importante lembrar que o visor de líquido é um ótimo indicador de necessidade de troca do filtro secador contaminado por umidade. Desta forma, a perda de carga medida antes e depois do filtro e a leitura no visor de líquido definem a necessidade ou não de troca do mesmo.

46- Existe problema de qualidade do ar no interior dos automóveis?

R. As causas que provocam uma má qualidade do ar, como odores, por exemplo. O evaporador condensa a umidade do ar do habitáculo do veículo, que por sua vez é drenado para fora através de um dreno instalado na bandeja inferior da caixa de ar, mas no caso de entupimento deste dreno por folha de árvores que penetram dentro da caixa pela entrada de ar externo (renovação de ar), pode-se provocar um acúmulo de água. Pois bem, o que ocorre então quando se utiliza o condicionador de ar em um dia quente e depois se deixa

de utilizá-lo por um longo período? A água que estava depositada na bandeja “apodrecer” virando uma espécie de lodo, criando fungos e bactérias que provocam mau cheiro ao se ligar o condicionamento de ar, em alguns casos provocam espirros em algumas pessoas mais sensíveis. O que se pode fazer nestes casos? O usuário deve optar pela manutenção preventiva no sistema condicionamento de ar automotivo, por exemplo, aproveitar a época do inverno para efetuar a limpeza da caixa de ar, aplicação de produtos como bactericidas, anti-fungos, a troca do filtro anti-pólen, neste último, o fabricante indica que a troca deve ser feita a cada 15.000km ou 01 ano (o que vencer primeiro). Alguns prestadores de serviços têm adaptado estes filtros em veículos que não possuem este item, o que resulta na melhoria da qualidade do ar interno.

47- O refrigerante R-22 é um dos fluidos refrigerantes mais utilizados. Entretanto, muitas empresas já trabalham para substituí-lo. Como fazer?

R. Com relação à substituição do R22, devemos esclarecer: (1) o R22 não é um refrigerante CFC, trata-se de um refrigerante HCFC, sendo seu prazo de eliminação previsto para 2040, para os países do artigo 5 (caso do Brasil) segundo o Protocolo de Montreal; entretanto, diversos países estão acelerando esta substituição; (2) para a substituição do R22 já existe uma ampla gama de

alternativos de acordo com aplicação, como: R407C – substituto do R22 em ar-condicionado de conforto, de 1,8 até centenas de kW de capacidade de refrigeração, assim como bombas de calor; R407A – substituto do R22 em refrigeração – aplicações de baixa e média temperatura de evaporação (ex. câmara frigorífica);

48- Qual a função de uma torre de arrefecimento e para que serve seu enchimento?

R. As torres de arrefecimento têm como função arrefecer a água utilizada na condensação dos fluidos refrigerantes. O enchimento detém a queda direta da água, aumentando a superfície de troca e o tempo de contato.

49- Quais são os parâmetros a serem considerados ao selecionar uma torre de arrefecimento?

R. Para uma adequada escolha de uma torre de arrefecimento é preciso conhecer o limite de resfriamento da água. Se a água é resfriada em contato com o ar o ponto limite de equilíbrio a ser atingido é a temperatura do bulbo úmido do ar ambiente, ou seja: a água não poderá ser resfriada a uma temperatura inferior à TBU do ar. Além disso, é preciso considerar a carga térmica do ambiente a ser climatizado e a temperatura de entrada da água quente. É importante registrar que a capacidade da torre é aproximadamente 25% superior à carga térmica ambiente, uma vez que o calor gerado no processo de compressão deverá ser retirado no processo de condensação pela água.

50- Qual a função de uma válvula de expansão termostática em um sistema de refrigeração?

R. A válvula de expansão termostática é usada para regular o fluxo do refrigerante a fim de garantir que ele evapore totalmente na serpentina, para garantir a redução da pressão do sistema e ainda para manter um superaquecimento constante do vapor que deixa a serpentina. Elas podem ser do tipo equalização externa e equalização interna. As válvulas de expansão termostáticas com equalização externa de pressão são utilizadas quando, ao fluir através do evaporador, o fluido sofrer uma queda de pressão elevada. Dessa forma, sua temperatura de saturação é sempre mais baixa na saída do que na entrada do evaporador.

51- Explique o que é grau de superaquecimento do fluido refrigerante. Por que ele é utilizado?

R. Ele é utilizado para avaliar se a regulagem da válvula de expansão está dentro do padrão. Se estiver baixo, muito refrigerante está sendo injetado no evaporador e é necessário fechar a válvula (girar parafuso de regulagem conforme o manual do fabricante). Se o superaquecimento estiver alto, pouco refrigerante está sendo injetado no evaporador e é necessário abrir a válvula (girar parafuso de regulagem). O superaquecimento do fluido refrigerante à saída do evaporador é definido entre a diferença da temperatura de sucção (T_s) e a temperatura de evaporação saturada (T_{ev}), que pode ser medida através de um manifold,

termômetro de bulbo ou eletrônico (com sensor de temperatura), isolante e tabela de conversão pressão-temperatura para o fluido refrigerante. Para tanto devemos colocar o bulbo em contato com a tubulação de saída do evaporador. A superfície deve estar limpa e a medição deve ser feita na parte superior do tubo, para evitar leituras falsas. Isole o bulbo ou sensor com o isolante de modo a isolá-lo da temperatura ambiente. Instale o manifold nas linhas de descarga (manômetro de alta) e sucção (manômetro de baixa). Depois que as condições de funcionamento se estabilizarem leia a pressão no manômetro da linha de sucção. Da tabela de R-22 obtenha a temperatura de evaporação saturada (T_{ve}). No termômetro leia a temperatura de sucção (T_s). Faça várias leituras da temperatura. Subtraia a temperatura de evaporação saturada (T_{ev}) da temperatura de sucção, a diferença é o superaquecimento. Se o superaquecimento estiver entre 4 a 6 Graus Celsius a válvula está bem regulada.

52- Como funciona um sistema fan-coil chiller com termoacumulação e por que ele é utilizado?

R. O calor retirado do ambiente climatizado é levado através da água em circulação é trocado com o fluido refrigerante no evaporador do chiller. Este fluido refrigerante é condensado através do uso de um fluxo de água que circula através de uma torre de arrefecimento. O

fluxo de água necessário para este processo pode ser calculado através do conhecimento das propriedades do fluido refrigerante ou através da equação da troca de calor sensível aplicada para a água. Uma composição típica deste sistema com termoacumuladores de gelo é muito utilizada para economizar energia nos horários de pico de consumo de energia elétrica. O sistema de refrigeração (chiller) é utilizado para fabricar gelo durante a madrugada a um custo de energia mais baixo. A água gelada proveniente do fan-coil é desviada para atravessar os tanques de gelo, fazendo com estes exerçam o papel do chiller no final da tarde e início da noite, quando o custo da energia elétrica é mais elevado. Nestes sistemas o ambiente a ser climatizado troca calor com um equipamento composto por uma serpentina e um ventilador (fan-coil). Pela serpentina tem-se água fria em circulação, proveniente do chiller. A troca térmica envolvida no fan-coil é apenas na forma sensível.

53- Por que os sistemas de termoacumulação são utilizados em instalações de climatização de grande porte?

R. A justificativa é o aumento de custo de energia elétrica e tarifação diferenciada nos horários de maior consumo de energia. Essa medida visa um melhor aproveitamento da capacidade das usinas que praticamente tem operado no limite de geração nos horários de pico e ociosa nos demais períodos. Atualmente as concessionárias de energia elétrica praticam uma tarifação mais elevada em apenas três horas por dia, mas a exemplo de outros países, esse período tenderá a ser ampliado. Em um edifício, o sistema de ar condicionado é um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica e um projeto adequado pode reduzir em muito a conta de eletricidade no final do mês. A termoacumulação pode reduzir o custo final de energia elétrica porque ela é realizada (a fabricação de gelo) em horários onde a energia elétrica é mais barata, por exemplo: produzindo e armazenando frio a noite quando a energia é mais barata. Outro fato que favorece o uso da termoacumulação é o fato da mesma proporcionar uma redução na potência instalada. A carga térmica necessária na maioria das instalações de ar condicionado é variável, devido ao fato de serem também variáveis as cargas térmicas de insolação e a própria ocupação dos ambientes. Em um

sistema de ar condicionado convencional, a capacidade tem que ser baseada no horário de maior carga térmica, o que conseqüentemente faz com que os equipamentos fiquem superdimensionados e ociosos na maior parte do tempo. Na termoacumulação pode-se dimensionar os equipamentos com uma capacidade inferior a capacidade do horário de pico, sendo a diferença completada pela queima da energia térmica acumulada em outro horário. Com isso, se consegue instalações com potências menores e, conseqüentemente, menores subestações e menores demandas contratadas de energia elétrica. Esta, entretanto, não é uma alternativa muito utilizada, uma vez que os termoacumuladores são utilizados nos horários de energia elétrica mais cara, quando os chillers ficam desligados.

54- Como funciona o sistema de termoacumulação que usa tanques de água gelada?

R.É o meio mais simples e eficiente de armazenamento térmico. Durante o período no qual a carga térmica é reduzida ou no qual a instalação não está sendo utilizada, os chillers são ligados para armazenar água gelada em reservatórios isolados termicamente. Os reservatórios podem ser construídos tanto em chapa de aço como em concreto, sendo constituídos com várias câmaras interligadas segundo a técnica denominada “labirintos” ou mesmo em tanques unicelulares do tipo

estratificado que reduzem as perdas por mistura e transmissão, aumentando a eficiência dos mesmos.

55- Quais as limitações de um sistema de termoacumulação que usa tanques de água gelada?

R. O tanque de água gelada tem duas limitações principais: o volume é superior a solução de acumulação com gelo e em determinadas obras não há espaço disponível ou o espaço tem elevado valor comercial; A pressão - para pressões elevadas o tanque se torna inviável economicamente, o que limita a aplicação para prédios mais baixos.

56- Descreva fisicamente qual a relação entre a pressão de saturação do ar e a umidade relativa.

R. Sabemos que quanto maior a temperatura do ar, mais umidade pode ser dissolvida nele. Em uma dada temperatura, no limite da capacidade do ar absorver esta umidade temos o ar saturado com umidade relativa 100% e pressão de saturação (p_{sat}). O ar é uma composição de ar seco e umidade e cada um destes componentes tem uma pressão. A pressão da umidade chama-se pressão parcial de vapor. Quanto mais umidade dissolvida no ar, maior esta pressão de vapor - até o limite de p_{sat} (que é a máxima pressão parcial do vapor possível para aquela dada temperatura). Como a definição da umidade relativa é a relação entre pressão parcial de vapor (p_v) e a pressão

de saturação (valor fixo e definido para cada temperatura) temos que quanto maior a pressão parcial de vapor, maior a umidade relativa do ar.

57- Por que conhecer a temperatura de orvalho é importante nos sistemas de climatização?

R. A temperatura na qual o vapor de água da atmosfera começa a condensar é conhecida como temperatura de orvalho do ar. Esta propriedade é muito importante, pois a partir dela podemos calcular as espessuras de isolamento adequadas para dutos, câmaras frigoríficas e refrigeradores domésticos. Ou seja, se o isolamento é ruim, haverá uma temperatura superficial externa baixa da parede da câmara ou de um duto e desta forma, haverá condensação do vapor d'água presente no ar sobre esta parede.

58- Quais são as temperaturas de bulbo seco e umidades relativas que proporcionam o conforto térmico a um universo maior de pessoas?

R. O pesquisador Ole Fanger estudou os parâmetros que garantem o conforto térmico dos seres humanos na década de 70 e descobriu que uma dada condição do ambiente não é capaz de agradar a todos os usuários, uma vez que a sensação de conforto térmico é subjetiva e percebida de forma diferente pelos indivíduos. Fanger, no entanto, descobriu que há faixas de temperatura e de umidade relativas que agradam um percentual maior de usuários. Há além destas duas grandezas diversos fatores que influenciam esta sensação tais como velocidade do ar, tipo de vestimentas, metabolismo, temperatura das paredes do ambiente. A norma brasileira recomenda para escritórios e residências temperaturas de 23 a 25 Graus Celsius para temperaturas internas no verão. A umidade relativa recomendada é de 40 a 60%. Estes parâmetros dependem também da aplicação. Por isso é importante a consulta às normas técnicas.

59- O que é a Lei de Dalton das pressões parciais e qual a aplicação na psicrometria?

R. Segundo a Lei de Dalton, se diversos gases ocupam o mesmo volume a uma dada temperatura, a pressão total provocada por estes é a soma das pressões

parciais de seus constituintes, cada um considerado no mesmo volume e temperatura. Desta forma, a Lei de Dalton estabelece que: a) a pressão exercida por cada um dos gases da mistura é independente da presença de outros gases. b) a pressão total da mistura de gases é a soma das pressões parciais dos componentes. Para o caso do ar atmosférico, a pressão total (p_{total}) é igual à soma da pressão parcial do ar seco (p_{ar}) com a pressão parcial do vapor d'água (p_{vapor}) dissolvido no ar.

60- Qual a função dos isolantes térmicos utilizados em refrigeração?

R. Os isolantes são maus condutores de calor e têm como função reduzir as trocas de calor entre os ambientes refrigerados e o meio externo. Em câmaras frias são muito utilizados o PUR (poliuretano expandido) e o EPS (poliestireno).

61- Quais são os passos para a instalação de um split?

R. Em primeiro lugar é preciso se definir a posição das unidades evaporadora e condensadora. Isto deve ser realizado considerando facilidade de acesso, boa distribuição de ar, estrutura física da edificação e posição do dreno. Uma vez instaladas as unidades interna e externa, é preciso montar a linha de fluido de interligação. A desidratação da linha para evitar a

presença de umidade é fundamental. Dependendo da distância entre as unidades é preciso realizar a carga de fluido refrigerante. Para definir se a carga de fluido está apropriada, basta medir o grau de superaquecimento.

62) No século XX, o que tornou possível a existência dos refrigeradores foram:

- a) Armário com palha de arroz
- b) Blocos de gelo armário e palha de arroz
- c) Motores elétricos e fluidos refrigerantes clorofluorcarbonos (CFC)**
- d) Motores elétricos e blocos de gelo

63) Qual é a condição do fluido refrigerante na entrada do condensador :

- a) Líquido saturado
- b) Líquido sub-resfriado
- c) Líquido superaquecido
- d) Vapor superaquecido**

64) A condição do fluido refrigerante na entrada do compressor é:

- a) Líquido superaquecido
- b) Líquido sub-resfriado
- c) Vapor saturado
- d) Vapor superaquecido**

65) O que acontece no tubo capilar durante o processo de expansão?

- a) **O fluido refrigerante aumenta a velocidade e perde pressão**
- b) O fluido refrigerante aumenta a pressão e perde velocidade
- c) O fluido refrigerante muda totalmente de fase
- d) O fluido refrigerante aumenta sua temperatura
- e) N. D. A.

66) Os termos pressão de alta e pressão de baixa estão associados:

- a) Evaporação e expansão
- b) Condensação e expansão
- c) **Condensação e evaporação**
- d) Evaporação e condensação

6) O condensador tem a função de:

- a) **Liberar calor condensado o fluido refrigerante**
- b) Absorver calor condensando o fluido refrigerante
- c) Trocar calor evaporando o fluido refrigerante

d) Reter calor expandindo o fluido refrigerante

e) N. D. A.

67) A função do tubo capilar em um sistema de refrigeração é:

a) Trocar calor para reduzir temperatura

b) Reduzir a pressão do fluido refrigerante

c) Controlar pressão de alta

d) Controlar pressão de baixa

e) N. D. A.

68) Com a diminuição do tamanho do tubo capilar, a vazão do fluido refrigerante:

a) Aumenta

b) Diminui

c) Permanece constante

d) Oscila, aumentando e diminuindo com o tempo

e) N. D. A.

69) A função do acumulador de sucção é:

a) Proteger o evaporador contra superaquecimento

b) Proteger o condensador contra sub-resfriamento

c) Proteger o compressor contra golpe de líquido

d) Evitar entrada de líquido no evaporador

e) N. D. A.

70) O filtro secador está localizado:

a) Na saída do evaporador

b) Na entrada do evaporador

c) Entre o condensador e o tubo capilar

d) Na entrada do condensador

e) N. D. A.

71) O moto-compressor utilizado em refrigeradores domésticos é constituído por dois conjuntos, que são:

a) Sistema de compressão mecânica e motor elétrico

b) Rotor e estator

c) Bobina auxiliar e principal

d) Pistão alternativo e biela

e) N. D. A.

72) O motor elétrico de um moto-compressor, utilizado em refrigeradores domésticos compõe-se de:

a) Relé de partida e alternador

- b) Capacitor de partida e termostato
- c) Rotor e estator**
- d) Bobina auxiliar e relé de partida

73) O compressor Embraco tem classificação relacionada ao torque de partida, está classificação é:

- a) HST TST
- b) TST HTS
- c) LST HTS
- d) HST LST**
- e) N. D. A.

74) A função do relé de partida em um compressor hermético é:

- a) Acionar a bobina principal somente na partida
- b) Acionar a bobina auxiliar enquanto o compressor estiver funcionando
- c) Acionar a bobina auxiliar somente no momento partida do compressor**
- d) Desligar o compressor
- e) N. D. A.

75) O protetor térmico tem a função de proteger o compressor, atuando nas seguintes condições:

a) **Alta temperatura e alta corrente no compressor**

b) Baixa temperatura e alta corrente no relé de partida

c) Alta umidade e alta corrente no relé de partida

d) Baixa umidade e alta temperatura no interior do refrigerador

e) N. D. A.

76) A função do termostato em um refrigerador doméstico é:

a) Baixar a temperatura do refrigerador

b) Aumentar a temperatura do refrigerador

c) **Manter constante a temperatura no interior do refrigerador**

d) Controlar o consumo de energia elétrica

e) N. D. A.

77) Leia o enunciado, e assinale a alternativa correta.

O Primeiro condicionador de ar patenteado foi feito por:

- a) **Joseph McCreedy em 1897**
- b) James Watt em 1788
- c) Lord Kelvin 1430
- d) Willian Thomson 1857
- e) Peltier 1834

78) É correto afirmar que condicionamento de ar é:

- a) Controle simultâneo da temperatura, pureza e movimentação do ar, no interior do ambiente.
- b) Controle simultâneo da umidade, pureza e movimentação do ar, no interior do ambiente.
- c) Controle simultâneo da temperatura, umidade e movimentação do ar
- d) Controle simultâneo da temperatura, umidade, pureza ar, no interior do ambiente.
- e) **Controle simultâneo da temperatura, umidade, pureza e movimentação do ar, no interior do ambiente.**

79) Com relação à renovação de ar, a Portaria Ministerial 3253/58 determina que;

- a) A taxa de renovação mínima em ambientes climatizados deve ser de 10 m³/h por pessoa

no recinto.

b) A taxa de renovação mínima em ambientes climatizados deve ser de 27 m³/h por pessoa no recinto.

c) A taxa de renovação mínima em ambientes climatizados deve ser de 27m³/h por m²

d) A taxa de renovação mínima em ambientes climatizados deve ser de 7 m³/h por pessoa no recinto.

e) A taxa de renovação mínima em ambientes climatizados deve ser de 17m³/h por pessoa no recinto.

80) Psicrometria está relacionado a;

a) O estudo do tratamento do ar

b) O estudo das propriedades da água

c) O estudo dos fluidos refrigerantes

d) O estudo dos fenômenos elétricos

e) O estudo do tratamento da água.

81) O ar atmosférico é composto por;

a) Oxigênio, Hidrogênio, Argônio e Dióxido de Carbono entre outros componentes.

b) Ozônio, Nitrogênio, Argônio e Dióxido de Carbono entre outros componentes.

c) Oxigênio, Nitrogênio, Argônio e óxido de Carbono entre outros componentes.

d) Oxigênio, Nitrogênio, Argônio e Dióxido de Zinco entre outros componentes.

e) Oxigênio, Nitrogênio, Argônio e Dióxido de Carbono entre outros componentes.

82) Assinale a alternativa correta !

a) A temperatura de bulbo seco é medida, utilizando uma mecha de algodão umedecida no bulbo do sensor.

b) A temperatura de bulbo úmido é sempre mais alta que a de bulbo seco.

c) A temperatura de bulbo úmido é medida, utilizando uma mecha de algodão umedecida no bulbo do sensor.

d) A temperatura de bulbo úmido é mais baixa que a de bulbo seco devido a condensação da umidade no ar

e) Temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido são a mesma coisa.

83) Os principais processos psicrométricos são;

a) arrefecimento e desumidificação

b) Resfriamento e desumidificação

c) Resfriamento e desumidificação, aquecimento, umidificação

d) Arrefecimento e desumidificação, aquecimento, umidificação

e) Resfriamento e desumidificação, aquecimento, umidificação e misturas de jatos de ar.

84) Os compressores utilizados em condicionadores de ar domésticos são;

- a) Alternativos e centrífugos
- b) Rotativos e semi-hermético
- c) Alternativos e abertos
- d) Abertos e alternativos
- e) Alternativos e rotativos**

85) Assinale a alternativa abaixo, que descreve a seqüência lógica de acionamento do condicionador de ar em ciclo reverso (aquecimento).

a) Chave seletora, termostato, bobina solenóide, válvula piloto, válvula reversora ou principal.

b) Bobina solenóide, chave seletora, termostato, válvula piloto, válvula reversora.

c) Válvula piloto, chave seletora, termostato, bobina solenóide, válvula reversora.

d) Válvula reversora, chave seletora, termostato, bobina solenóide, válvula piloto.

e) Termostato de degelo, termostato, bobina solenóide, válvula piloto, válvula reversora.

86) Assinale a alternativa que representa a seqüência correta da disposição dos elementos no circuito frigorífico de um condicionador de ar.

a) Descarga do compressor, linha de sucção, evaporador, filtro de gás.

b) Sucção do compressor, linha de líquido, filtro de gás, evaporador.

c) Linha de sucção, sucção do compressor, descarga do compressor.

d) Descarga do compressor, linha de líquido, evaporador, filtro de gás.

e) Linha de sucção, sucção do compressor, evaporador.

87) Assinale a alternativa correta!

a) O sistema de ventilação de um condicionador de ar é composto por evaporador, ventilador axial e motor ventilador.

b) O sistema de ventilação de um condicionador de ar é composto por filtro de ar, ventilador axial e motor ventilador e condensador.

c) O sistema de ventilação de um condicionador de ar é composto por evaporador, condensador e motor ventilador.

d) O sistema de ventilação de um condicionador de ar é composto por evaporador ventilador axial e filtro de ar.

e) O sistema de ventilação de um condicionador de ar é composto por ventilador radial, ventilador axial, filtro de ar e motor ventilador.

88) Observe as proposições abaixo e assinale em seguida a alternativa correta

I-O capacitor de fase tem a função de corrigir fator de potência, filtrar ruídos e auxiliar na partida do compressor.

II- A unidade de capacitância é dada em micro F

III - O protetor térmico tem a função de proteger o compressor e atuará abrindo seus contatos, quando a corrente de consumo estiver acima da nominal ou quando a temperatura do corpo do compressor ultrapassar 120 Graus Celsius.

IV - O termostato serve para controlar a temperatura do ambiente condicionado.

V - O termostato de degelo tem a função de desligar o motor ventilador e a bobina solenóide quando a temperatura exterior estiver acima de 32 Graus Celsius.

- a) Todas estão corretas
- b) I, III, V estão corretas
- c) Todas estão incorretas
- d) I, II, IV estão corretas
- e) Apenas a V esta Incorreta**

89) Observe as proposições abaixo e assinale em seguida a alternativa correta

I - Após achar o ponto zero da chave seletora, avance uma posição do botão para a direita e observe qual terminal fecha contato com o ponto 1(um) da chave.

II - Se a indicação do multímetro registrar uma variação onde o ponteiro subir e descer em seguida, isso indica que o capacitor está carregando e descarregando, ou seja está cumprindo a sua função.

III - Se o ponteiro do multímetro subir e permanecer alto isto indica que o capacitor está em curto e deve ser substituído.

IV - O motor ventilador é o elemento responsável pela circulação do ar tanto no ambiente interno quanto no condensador externo.

V - A bobina solenóide é responsável pelo acionamento da válvula reversora.

- a) Só a I e II estão corretas.
- b) Só a II e IV estão corretas
- c) Só IV e V estão corretas
- d) Todas estão incorretas
- e) **Todas estão corretas**

90) Observe as proposições abaixo e assinale em seguida a alternativa correta.

I - Para avaliar simplificadaamente o rendimento do condicionador de ar, pode-se fazer medição entre as

temperaturas de entrada e saída do ar no evaporador. Para tanto se deve fixar dois termômetros, um na entrada e outro na saída de ar do evaporador e deixar o aparelho funcionar durante 30 minutos, no mínimo.

II - O diferencial de temperatura entre a entrada e saída do ar, no evaporador, deve estar entre 8 Graus Celsius e 14 Graus Celsius, para considerar o condicionador de ar com rendimento satisfatório.

III – O simples gotejamento do condensado na saída do dreno indica que o condicionador de ar está em ótimas condições.

IV – O fluido adequado para a pressurização e teste de vazamento em um condicionador de ar é o oxigênio.

V - A diferença de pressão entre a alta e a baixa deve ser de três a quatro vezes. Por exemplo: se a pressão de baixa estiver em 60 psi, a de alta deve estar em torno 240 psi. Caso as pressões estejam muito próximas e o equipamento apresentar baixo rendimento, o compressor está com sua capacidade de bombeamento comprometida, necessitando ser substituído.

- a) **Só I, II, V estão corretas.**
- b) Só I, II, III Estão corretas
- c) Todas estão incorretas
- d) Todas estão corretas
- e) III, IV e V estão incorretas.

91) Em relação à substituição de um compressor assinale a alternativa abaixo que não esta correta.

a) Instalar a válvula perfuradora no tubo de serviço do sistema a ser recolhido;

b) Instalar o conjunto de manômetros entre a entrada da válvula perfuradora e a saída do recolhedor de fluido. Para tanto, utilize a mangueira do centro para a entrada do recolhedor;

c) Abrir a válvula perfuradora;

d) Abrir o registro do conjunto de manômetros;

e) Purgar a mangueira;

92) Em relação à limpeza dos componentes do sistema, assinale a alternativa INCORRETA.

a) Instalar dois registros, um na entrada do condensador e outro na saída;

b) De posse de um recipiente robusto contendo o solvente, o mesmo deve ser pressurizado com oxigênio;

c) Vire o recipiente de cabeça para baixo com o objetivo de garantir a saída do solvente na forma líquida pela válvula de saída;

d) Com as interligações feitas (saída do recipiente com solvente pressurizado e entrada do

condensador), abra o registro de saída do solvente e o registro de entrada do condensador, e em seguida o registro de saída do condensador;

e) Aguarde a saída do solvente com um recipiente para receber o solvente contaminado.

93) Na instalação de um equipamento de condicionamento de ar do tipo split é muito importante observar alguns passos que são necessários a uma boa execução do serviço. Qual das opções abaixo é a mais correta, quando da execução das linhas de tubulação?

A) Instalação da tubulação, do isolamento, da fiação elétrica e carga de fluido;

B) Carga de fluido, evacuação da linha, carga de óleo e pressurização com nitrogênio;

C) Instalação da tubulação, evacuação da linha, carga de óleo e medição do superaquecimento;

D) Instalação da tubulação, do isolamento, da fiação elétrica, da fita vinílica e evacuação da linha;

E) Desidratação, soldagem da tubulação e isolamento.

94) O evaporador de um equipamento de condicionamento de ar do tipo split, modelo “high-wall” ou de parede, deve ser instalado respeitando-se algumas

distâncias mínimas de afastamento das paredes, assinale abaixo a opção correta.

A) 0,3 m das paredes e altura mínima de 1,5 m do chão;

B) 0,1 m das paredes e altura mínima de 1,0 m do chão;

C) 0,9 m das paredes e altura mínima de 0,5 m do chão;

D) 0,3 m das paredes e altura mínima de 1,2 m do chão;

E) 0,45 m das paredes e altura mínima de 2,5 m do chão.

95) Para posicionamento de um condicionador de ar do tipo split em que a unidade evaporadora se encontra posicionado acima do nível da unidade condensadora, o sifão deverá ser posicionado de que modo nas linhas de sucção e descarga.

A) Um sifão na linha de descarga e outro na linha de sucção;

B) Um sifão na linha de descarga e nenhum na linha de sucção;

C) Nenhum sifão na linha de descarga e um na linha de sucção;

D) Nenhum sifão na linha de descarga e nenhum

na linha de sucção;

E) Um sifão na linha de descarga e dois na linha de sucção.

96) Na colocação de um condicionador de ar do tipo split onde a unidade evaporadora está a 3,5 metros acima da unidade condensadora, que providência deve ser tomada quando da execução da linha de sucção?

A) Deve ser colocado um isolamento maior na linha de sucção para evitar a condensação da umidade atmosférica;

B) Para economizar fiação elétrica deve ser utilizada uma fiação de menor secção;

C) Um sifão deve ser colocado na linha;

D) Um sifão deve ser colocado na linha a cada desnível de 3,5 m;

E) Não se pode instalar um equipamento nestas condições.

97) Após a instalação das linhas é necessário realizar alguns procedimentos para prepará-las para o funcionamento, assinale qual é a opção correta.

A) Evacuação;

B) Limpeza interna com fluido apropriado;

C) Pressurização;

- D) Teste de estanqueidade;
- E) Todas estão corretas.**

98) Alguns equipamentos de condicionamento de ar do tipo split têm a tomada de força localizada na unidade evaporadora. Para ligação elétrica do equipamento são necessários alguns cuidados, assinale a opção correta.

A) Fazer uma extensão elétrica a partir de uma tomada já existente;

B) Utilizar uma tomada próxima ao equipamento;

C) Dimensionar um circuito novo a partir do quadro principal, com 3 fios, fase, neutro e terra e disjuntor específico;

D) Aterrar o equipamento direto no neutro da tomada;

E) Usar um circuito de iluminação para ligar o equipamento.

99) Normalmente os equipamentos de condicionamento de ar do tipo split vêm com carga de fluido suficiente para até 3m de tubulação de interligação das unidades condensadora e evaporadora. No caso da tubulação ter um comprimento maior que este devemos acrescentar fluido para que o equipamento funcione de maneira adequada. Assinale as opções que indicam os meios de verificação da carga de fluido necessária.

- A) Massa de Fluido;
- B) Superaquecimento;**
- C) Corrente do compressor;
- D) Funcionamento do ventilador;
- E) Aquecimento do condensador.

100) Para escolha da fiação necessária a realização do circuito elétrico de ligação do equipamento de condicionamento de ar do tipo split devemos utilizar o seguinte método.

A) Usar a mesma fiação do local onde será instalado o equipamento;

B) Verificar no manual qual a fiação indicada;

C) Escolher um fio bem grosso;

D) Não há necessidade de escolher a fiação é só usar a mesma, sempre;

E) Na obra a fiação já está definida.

10- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INCROPERA, F. P. e DEWITT, D. P. **Fundamentos da Transferência de Calor e Massa**, Livros Técnicos e Científicos, Editora SA, 4^a Ed., 1998.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc., 1997, Chapter 08.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**, Copenhagen, Danish Technical Press, 1970.

WYLEN, G.J.V. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**, Tradução da 4^a edição americana, Ed. Edgard Blücher Ltda, 1995.

STOECKER, W. F. & JONES, J.W. **Refrigeração e Ar Condicionado**, Ed. McGraw Hill do Brasil, São Paulo, 1985.

SILVA, J.G. **Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização**, Ed. Artliber, São

Paulo, 2003.

Curso Orientador de Aplicação - **EMBRACO**, 1987

Catálogo de Fabricante – **ROBINAIR**, 1997

Catálogo Geral de Compressores Herméticos e Unidades Condensadoras TECUMSEH DO BRASIL, 1996.

Manual Técnico **BRASTEMP**, 1996.

Manual de Fabricante – **HITACHI**, 1992.

WYLEN, G.J.V. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**, Tradução da 4ª edição, americana, Ed. Edgard Blücher Ltda, 1995

Apostila de Introdução a Psicrometria – Jesué Graciliano da Silva, ETFSC – 2000.

Manual de Serviços – Condicionadores de ar Springer, 1978.

Manual de Serviços Consul – Treinamento de Assistência Técnica.