

INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo analisar a conservação dos alimentos de bordo, verificando, inclusive, o sistema de climatização dos navios sob o prisma de sua importância e aplicabilidade. Abordam-se também as embarcações *offshore* que atuam na Petrobrás-RJ, desde os aspectos contratuais até a manutenção da integridade da refrigeração e climatização de bordo, sendo ressaltada sua importância para a conservação dos alimentos e eficiência dos equipamentos. Aborda-se igualmente conforto térmico no interior das embarcações marítimas, fator relevante para os aspectos físicos e para a qualidade de vida durante os trajetos de longo curso, ou em períodos menores. A refrigeração marítima refere-se à refrigeração a bordo de embarcações e inclui, por exemplo, a refrigeração para barcos de pesca e para embarcações de transporte de cargas perecíveis.

A moderna tecnologia utilizada nas instalações de refrigeração e climatização para embarcações consiste em equipamentos baseados em ciclos de compressão que consomem eletricidade. Os compressores da planta resfriadora são acionados por um grupo de alternadores e motores de combustão. Devido à elevada demanda de refrigeração existente na maioria das embarcações, e tendo em conta a reduzida eficiência energética do processo de transformação de energia térmica em elétrica, a quantidade de combustível consumida atinge quantidades exorbitantes.

A estrutura deste estudo está assentada em quatro capítulos distintos. O primeiro capítulo aborda a trajetória histórica da refrigeração, apontando a real necessidade que os homens tinham para a conservação dos alimentos, sua manutenção e a integridade de sua saúde, bem como a aplicação da automação nos sistemas de bordo. O capítulo 2 contempla a refrigeração, desde a sua origem até os dias de hoje, tendo em vista os sistemas e seus componentes. O terceiro capítulo trata do conceito da climatização, seu surgimento e particularidades que envolvem todo seu sistema. O quarto e último capítulo discorre sobre a importância da refrigeração e climatização para as embarcações marítimas, bem como seu cumprimento com relação aos padrões mínimos exigidos pelos atuais contratos de afretamento.

1. REFRIGERAÇÃO: RESUMO HISTÓRICO E A ATUAL AUTOMAÇÃO NOS SISTEMAS DE BORDO

1.1 Resumo histórico

O emprego dos meios de refrigeração já era do conhecimento humano mesmo na época das mais antigas civilizações. Pode-se citar a civilização chinesa que, muitos séculos antes do nascimento de Cristo, usavam o gelo natural (colhido nas superfícies dos rios e lagos congelados e conservado com grandes cuidados, em poços cobertos com palha e cavados na terra) com a finalidade de conservar o chá que consumiam. As civilizações gregas e romanas que também aproveitavam o gelo colhido no alto das montanhas, a custo do braço escravo, para o preparo de bebidas e alimentos gelados.

No século IX, os Vikings, que não utilizavam o sal, secavam o peixe ao ar livre, até que perdesse quase a quinta parte de seu peso e endurecesse como uma tábua de madeira, para ser consumido aos pedaços nas longas viagens que faziam pelos oceanos.

Durante os séculos que antecederam as viagens marítimas portuguesas, a Europa era regularmente abastecida de pimenta, cravo, canela e gengibre -- as chamadas especiarias -- pelos comerciantes genoveses. Num tempo em que não havia geladeira nem técnicas mais elaboradas de conservação de alimentos, os temperos serviam principalmente para disfarçar o sabor meio passado dos alimentos, sobretudo os que eram guardados por mais tempo para consumo no inverno.

No século XV, com o final da idade média, iniciaram-se as grandes navegações, e os processos utilizados para conservação dos alimentos eram a defumação, a secagem e principalmente a adição de sal.

Durante as grandes navegações do final de século XV, necessitava-se da conservação de alimentos, pois as longas viagens levavam muitas vezes mais de três meses.

Segundo a Revista Veja (2005: 39), para a época:

A má conservação dos alimentos é um problema grave. Armazenada em paióis pouco arejados, quentes e úmidos, a comida apodrece rapidamente. Os navios vivem infestados de ratos, baratas e carunchos. Insetos e vermes disputam com os homens o alimento escasso e comprometem as já precárias condições de higiene. Os temperos fortes são usados para disfarçar o gosto dos alimentos deteriorados. Peixes frescos são uma raridade – além de difíceis de pescar em alto-mar, a tripulação prefere não gastar o

pouco alimento disponível como isca de resultados incertos. As refeições são preparadas num fogão à lenha existente no convés e cuidadosamente vigiado para evitar incêndios. À noite e durante as borrascas, os fogões ficam apagados. A água, transportada em grandes tonéis, também apodrece pelo acúmulo de algas e parasitas.

Durante o ano de 1683, o alemão Anton Leeuwenhoek detectou micróbios em cristais de gelo, e os cientistas constataram que em temperaturas abaixo de +10°C os micróbios não se multiplicavam, fato esse que rapidamente ocorre acima dessa temperatura.

Antes da refrigeração mecânica, costumava-se guardar mantimentos em cavernas. Pouco depois, em porões ou cestas dentro de poços cavados abaixo dos porões. Seguindo-se o tempo, passou-se a armazenar gelo do inverno em galpões isolados e vendidos às casas e comércios no verão.

Com o surgimento das máquinas a vapor no século XVII, e com a utilização de geradores elétricos, as embarcações passaram a utilizar-se de sistemas de conservação através de câmaras frias, para a conservação de alimentos, passando a utilizar até hoje de modernos meios para a redução da perda de alimentos durante os longos trajetos.

A primeira patente para um sistema de refrigeração mecânica foi dada em Londres, ao americano Jacob Perkins, em 1834. O Sistema era baseado no princípio de que quando um líquido, gases liquefeitos ou ar comprimido se expande, ele absorve calor.

Os agentes refrigerantes são substâncias com baixa temperatura de ebulição e com grande capacidade de absorver calor. Promovem, no ciclo de refrigeração, uma dissipação de calor, em temperaturas moderadas.

Já eram utilizados os agentes refrigerantes nesta época, substâncias com baixa temperatura de ebulição e com grande capacidade de absorver calor, promovendo no ciclo de refrigeração uma dissipação de calor, em temperaturas moderadas. De tal forma, constatava-se que os refrigerantes eram as substâncias de trabalho dos ciclos de "produção de frio".

Os gases mais comuns para o uso na refrigeração era a amônia, o dióxido de carbono, o dióxido de enxofre e o cloreto metílico. Porém, esses gases eram tóxicos ou altamente asfixiantes. Em 1831, a Du Pont conduziu a transição para os seguros refrigerantes baseados em fluorcarbonos com a introdução do FREON 12. Os refrigerantes Freon são seguros e não tóxicos e seu desenvolvimento foi responsável pela tremenda evolução da indústria de refrigeradores e ar condicionados. A aplicação de freon foi um marco na revolução da refrigeração.

Através do século XX, novas aplicações para os refrigerantes foram constantemente sendo descobertas. Hoje são usados em embarcações marítimas e supermercados, para preservar comida perecível, em caminhões e containeres refrigerados. Refrigerantes também possuem um

importante papel na medicina, para esterilizar instrumentos cirúrgicos e arrefecer equipamentos de raios-X, e na climatização de ambientes.

Também, durante as décadas de 60 e 70, principalmente, as embarcações utilizaram-se de sistemas de refrigeração com o uso a salmoura (sistema indireto), como meio refrigerante.

1.2 Sistemas de refrigeração e climatização automatizados

As modernas embarcações utilizam-se de sistemas automatizados para o controle da refrigeração e climatização. A automação está no centro do processo de modernização da economia brasileira no setor naval, sendo constituída de uma área multidisciplinar que abrange todas as atividades e todas as modalidades tecnológicas. Portanto, não é de responsabilidade de uma formação técnica específica, e sim de todas.

Para tornar contínuo um processo de refrigeração, o líquido no condensador deve realimentar o evaporador. Como a pressão no condensador sempre é mais alta que no evaporador, isso pode ser facilmente feito estabelecendo-se uma conexão de tubo do condensador ao evaporador. Se uma válvula estiver montada neste tubo, a quantidade de meio de resfriamento pode ser ajustada. Normalmente esta válvula é automática, e é chamada de válvula de expansão termostática. Esta válvula mede a pressão do evaporador e a temperatura do tubo de sucção. A válvula se abre de acordo com o supercalor.

1.2.1 Elementos de Controle do Sistema de Compressão

Os elementos de controle, basicamente, são: válvula solenóide, termostatos e pressostatos (respectivamente, chaves de temperatura e pressão).

a) Válvulas Solenóides

Como já visto neste estudo, é na câmara que são colocados os alimentos ou a carga a serem refrigerados. Os alimentos como carne, leite e verduras necessitam de determinadas temperaturas mínimas para serem conservados.

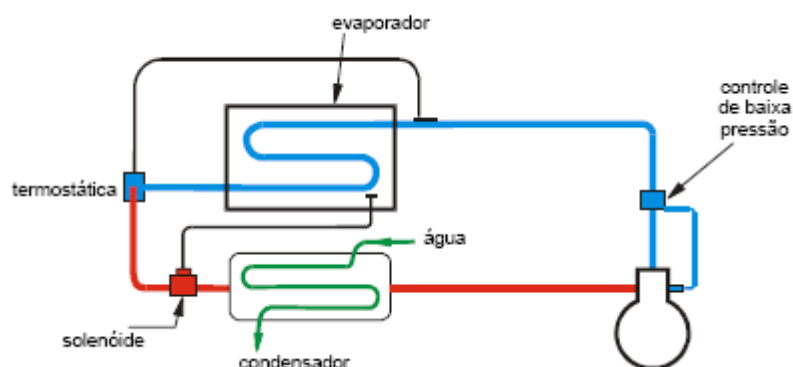
As solenóides têm como função interromper ou deixar o agente refrigerante passar para a câmara. Montada antes da expansora de cada câmara, é uma válvula de fechamento, não regula fluxo. É comandada pelo termostato existente para cada câmara. Quando a corrente é ligada, a bobina magnética da válvula fica energizada, fazendo o núcleo de ferro móvel suspender, abrindo a válvula, em função do campo magnético criado pela energização da bobina. Quando a válvula é desenergizada, o núcleo móvel cai por gravidade, fechando a válvula, cortando a alimentação do evaporador.

O termostato é utilizado para pôr em funcionamento o compressor do sistema, ou para desligá-lo quando a temperatura alcançada for a pretendida.

Dentre a grande variedade de termostatos, para os mais diversos usos, distinguem-se três tipos: (a) termostato para ambiente; (b) termostato para líquido; (c) termostato para evaporador.

O botão de regulagem vai permitir que o compressor seja acionado por mais ou menos tempo. Os números ou letras indicados no botão de regulagem dos termostatos não têm relação direta com a temperatura; indicam, apenas, se o compressor funcionará por mais ou menos tempo. Quando a solenóide fecha ou fechamos a o registro de saída do depósito de líquido, a pressão de aspiração cai e vice-versa. Quando a temperatura da câmara atinge a desejada, o bulbo do termostato se contrai e desliga o contato elétrico do termostato, desenergizando a solenóide, cortando a refrigeração da câmara.

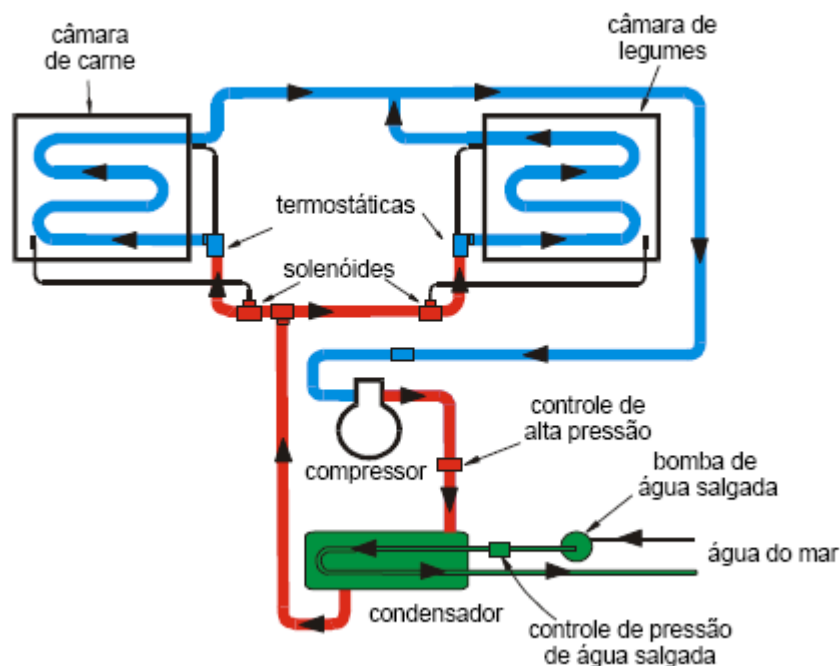
Quando a câmara atinge uma temperatura diferencial pré-fixada, ocorre dilatação do líquido dentro do capilar do termostato e o contato do termostato energiza a solenóide, permitindo a refrigeração da câmara.



b) Chave de Controle de Baixa Pressão

O controle de baixa pressão é um dispositivo colocado geralmente no circuito de aspiração do compressor para desligá-lo, quando a pressão nesse local cair abaixo de determinado limite. Esse é o método mais usado para parar o compressor, quando a temperatura da câmara atinge a temperatura desejada.

Dentro das câmaras, geralmente, são instalados ventiladores que têm a função de distribuir igualmente o frio por todo o espaço.

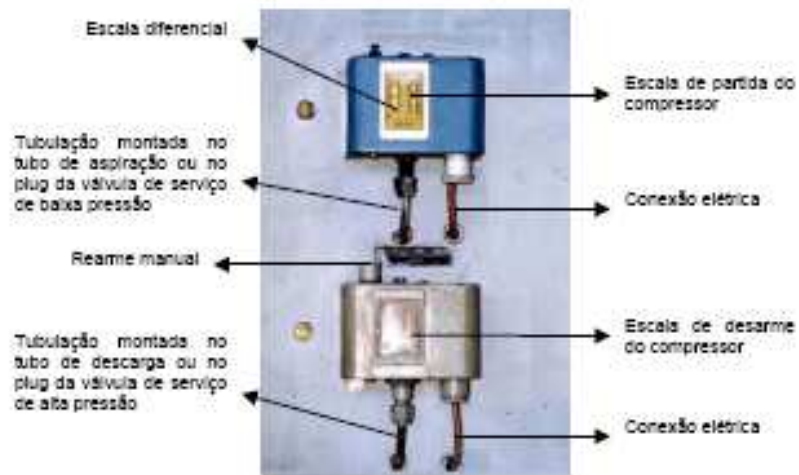


c) Pressostatos de alta pressão

É um elemento de segurança que atua quando, por exemplo, o condensador está sujo ou a circulação da água é deficiente ou quente demais. Isto causa o aumento da pressão de condensação (descarga). Assim sendo, o controle é ativado, desligando o compressor. O pressostato é regulado e rearmado manualmente. O rearme manual, dar-se-á após a pressão cair abaixo do diferencial fixo existente no pressostato.

De uma maneira geral, os pressostatos que possuem escala diferencial têm rearme automático, significa então, que o diferencial possui escala de regulação, não é fixo.

O sistema de compressão, para que o ciclo de refrigeração ocorra, tem por objetivo ciclar a instalação, de forma a atingir a temperatura desejada, parar e voltar a funcionar, mantendo a temperatura ajustada anteriormente.



De acordo com Sommer (op. cit; 10-11):

A automação em aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC - Heating, Ventilating and Air Conditioning), são projetados para manter níveis desejados de temperatura, umidade, pressão e níveis seguros de contaminantes no ar interno dos ambientes. Atuam no controle de chillers, bombas de circulação, e podem até mesmo atuar na tarifação individual do consumo de energia. Os controladores do sistema têm que regular os equipamentos, para que o conforto seja mantido no espaço climatizado, permitindo uma operação eficiente dos equipamentos, evitando danos. Podem ser usados dispositivos de controle digitais pneumáticos, mecânicos ou elétricos. A intervenção humana é necessária para ligar e desligar todo o sistema e ajustar os “set points” de controle. O “set point” é o valor desejado para a variável de controle, o controlador funciona para manter esse valor que pode ser temperatura, pressão, etc.

Segundo Stoecker (1995), um sistema de controle de ar condicionado baseia-se em três funções básicas:

- Regular o sistema, de modo que condições de conforto sejam mantidas no espaço ocupado;
- Permitir uma operação eficiente do equipamento;

- Evitar possíveis efeitos nocivos aos ocupantes, além de danos ao ambiente e ao equipamento.

O controle de sistemas de ar condicionado é projetado para controlar as condições climáticas dos ambientes atendidos pelo sistema de refrigeração. Desta forma, o projeto de automação deve contemplar a monitoração e controle da temperatura, umidade e qualidade do ar insuflado nos ambientes. Além disto, a automação deve promover operação segura dos equipamentos de forma eficiente, do ponto de vista energético, e de modo a evitar danos aos equipamentos evitando quebras mecânicas.

De acordo com Bettoni (2004: 01):

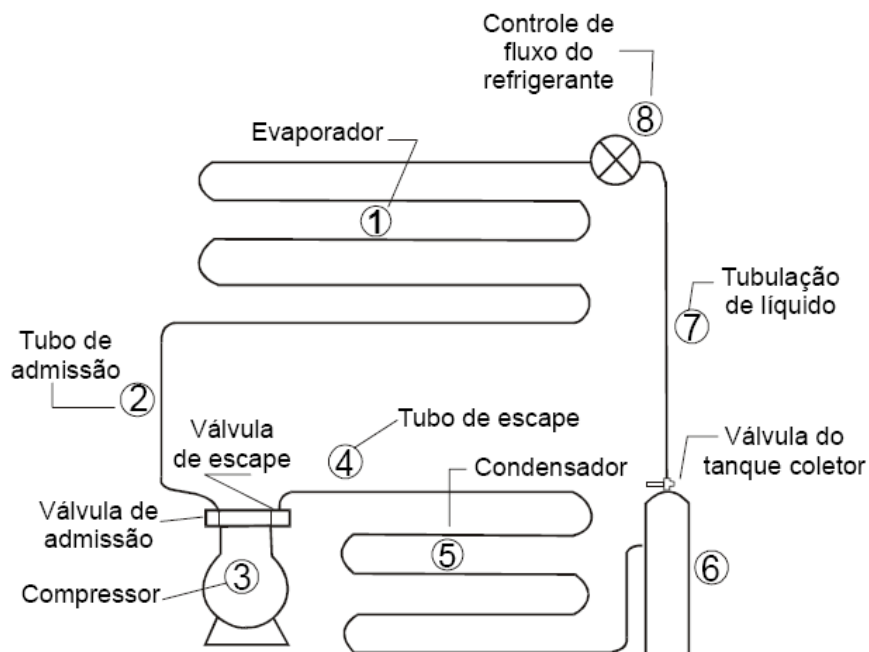
O conceito de automatizar o sistema como um todo, evoluiu do fato de obrigatoriamente se ter de controlar o sistema de ar condicionado. Ainda hoje, o controle e a supervisão deste sistema respondem por aproximadamente 60% ou 70% de um Sistema de Supervisão e Controle Predial (SSCP). Em outras palavras, uma vez que um Sistema de Supervisão e Controle para o ar condicionado tem de ser adquirido, é bastante racional expandir sua abrangência com um incremento marginal de custo. Assim tira-se proveito de inúmeros benefícios diretos e indiretos, principalmente relacionados à economia de energia.

O projetista do sistema de refrigeração calcula os equipamentos do sistema para uma carga térmica máxima, a chamada carga de pico, cabendo à automação dotar o sistema com dispositivos de controle que atue no sentido de diminuir a capacidade disponível, reduzindo-a ao mínimo necessário, de modo a manter as condições de conforto projetadas, mesmo com utilização parcial da área.

Na automação dos sistemas de refrigeração por expansão indireta, podem estar integrados em rede os equipamentos que compõe o sistema (citados no subitem 2.3.2).

2. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

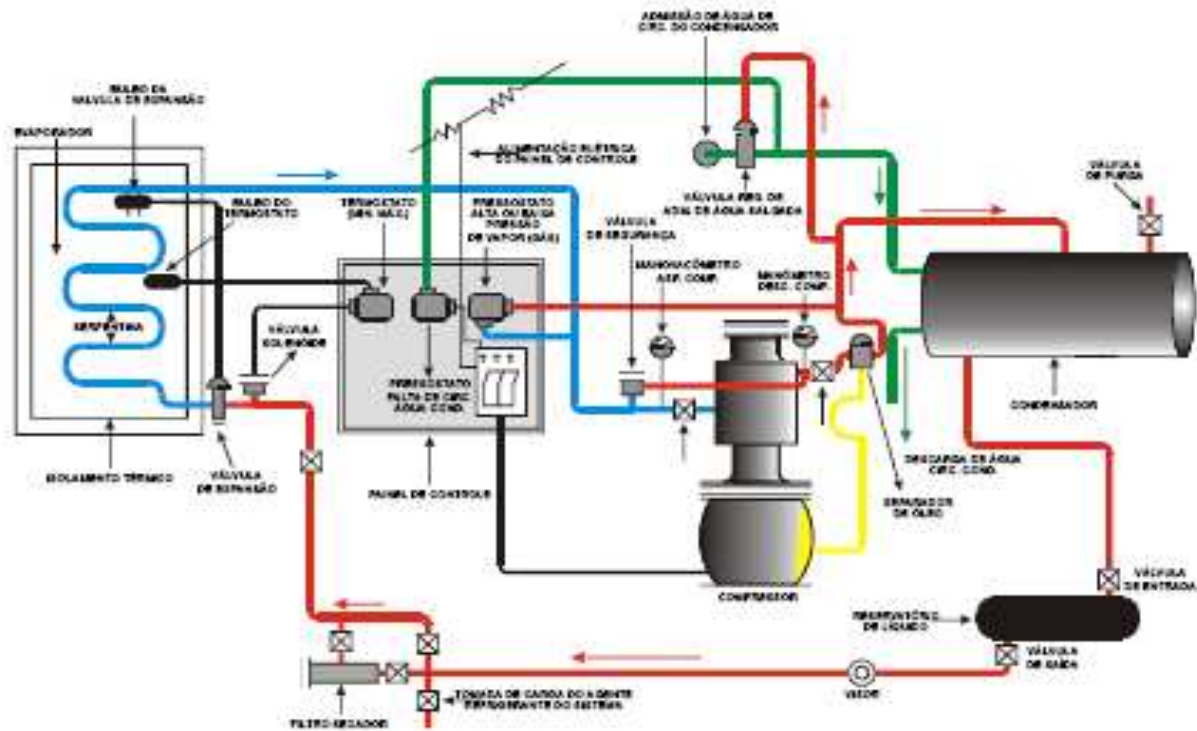
A área de refrigeração cresceu de tal maneira no último século que acabou por ocupar os mais diversos campos. A conservação de um produto qualquer é a finalidade da refrigeração. Assim sendo, para objetivar o processo, precisa-se resfriar o produto até uma determinada temperatura (considerada ideal para cada material) e, após isto, conservar a temperatura, ou seja, devemos atingir um determinado regime de operação e mantê-lo. Para isto, empregamos a bordo de navios e pequenas embarcações, o ciclo de compressão, que, de forma básica, é mostrado abaixo.



Conforme se observa, o ciclo é composto por:

- 1 – evaporador;
- 2 – tubo de alimentação;
- 3 – compressor;
- 4 – tubo de escape;
- 5 – condensador;
- 6 – receptor de líquido ou tanque coletor ou vaso acumulador;
- 7 – tubulação de líquido;
- 8 – controle de fluxo do refrigerante ou válvula de expansão.

Em mais um detalhe, pode-se observar o detalhamento de equipamentos que compõem o ciclo de refrigeração:



2.1 – Equipamentos básicos de refrigeração

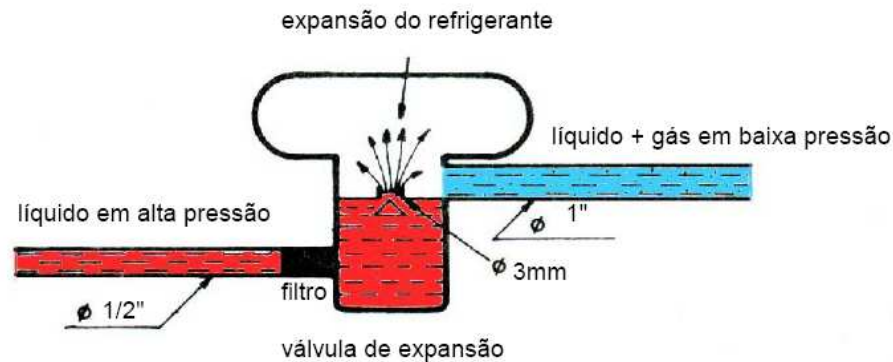
Como se pode observar, as aplicações da refrigeração são as mais variadas, sendo de certa forma bastante difícil estabelecer de forma precisa a fronteira de cada divisão. Para tanto, ela conta com os equipamentos básicos que serão detalhados a seguir.

2.1.1 – Evaporadores

O evaporador é a parte do sistema onde se realiza a refrigeração que se deseja obter. Em sua configuração básica ele é constituído por uma serpentina dentro da qual o refrigerante se vaporiza, retirando calor do ambiente existente na câmara.

2.1.2 – Válvulas de Expansão

Válvula de expansão é um termo padronizado, empregado na indústria para designar qualquer dispositivo que controle ou regule a vazão de entrada do refrigerante líquido no evaporador.



2.1.3 – Condensadores

O condensador tem a função de converter em líquido todo o refrigerante (vapor quente) que lhe é enviado pelo compressor.

2.1.4 – Compressores

A finalidade do compressor é pressurizar o sistema, recuperando o agente refrigerante, ao aumentar sua temperatura (e pressão), possibilitando, então, sua condensação, com o emprego da água do mar.

2.1.5 – Visor da linha de líquido

Permite verificar a passagem do líquido refrigerante. Os livros-textos determinam que sua montagem deva ser feita o mais próximo possível do depósito de líquido para indicar com seu aspecto vítreo e cristalino uma carga correta de gás.

2.1.6 – Separadores de Óleo

É um dispositivo montado entre o compressor e o condensador, destinado a evitar que o óleo do compressor, misturado com o refrigerante, penetre no evaporador, onde, ao acumular-se nas paredes das serpentinas, provoca um isolamento entre o ar do ambiente e o líquido refrigerante, gerando redução da pressão de sucção e ida de líquido para o compressor.

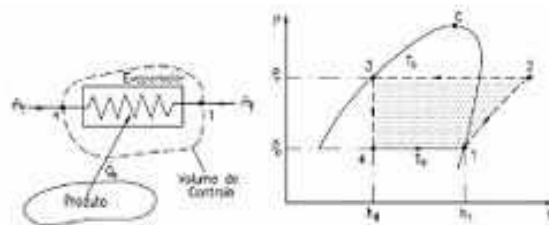
2.1.7 – Filtro Secador

É um dispositivo que permite a retenção, em seu interior, de umidade e impurezas que porventura estejam retidas no sistema de refrigeração.

2.2 - Etapas de um Ciclo Ideal de Refrigeração

Quatro são as etapas do ciclo da refrigeração, a saber:

2.2.1 – Evaporação



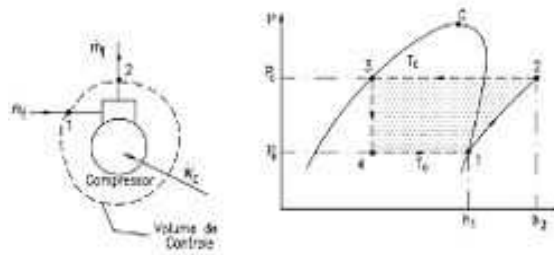
Representação no diagrama p-h

A evaporação é a etapa aonde o fluido refrigerante entra na serpentina como uma mistura predominantemente líquida, e absorverá calor do ar forçado pelo ventilador que passa entre os tubos. Ao receber calor, o fluido saturado vaporiza-se, utilizando-se do calor latente para poder a troca de calor maximizar.

A capacidade de refrigeração, em W, pode ser expressada através da equação:

$$\dot{Q}_l = \dot{m} * (h_1 - h_4)$$

2.2.2 – Compressão



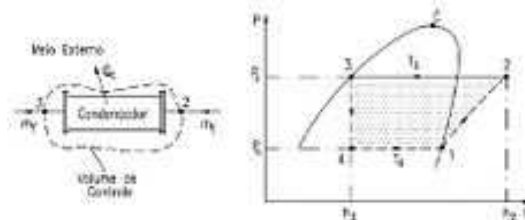
Representação no diagrama p-xh

A função do compressor é comprimir o gás, elevando a pressão do fluido. Em um ciclo ideal, a compressão é considerada adiabática reversível (isoentrópica), ou seja, desprezam-se as perdas. Na prática perde-se calor ao ambiente nessa etapa, porém não é significativo em relação à potência de compressão necessária.

A potência de compressão, em W, pode ser expressada pela seguinte equação:

$$\dot{W}_c = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

2.2.3 – Condensação



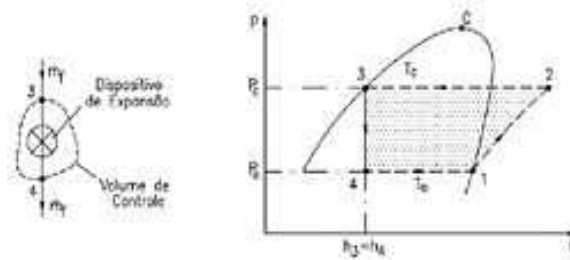
Representação no diagrama p-xh

A condensação é a etapa aonde ocorre a rejeição de calor do ciclo. No condensador, o fluido na forma de gás saturado é condensado ao longo do trocador de calor, que em contato com o ar cede calor ao meio ambiente.

O calor rejeitado pelo condensador, em W, pode ser expresso pela equação:

$$\dot{Q}_h = \dot{m} * (h_2 - h_3)$$

2.2.4 – Expansão

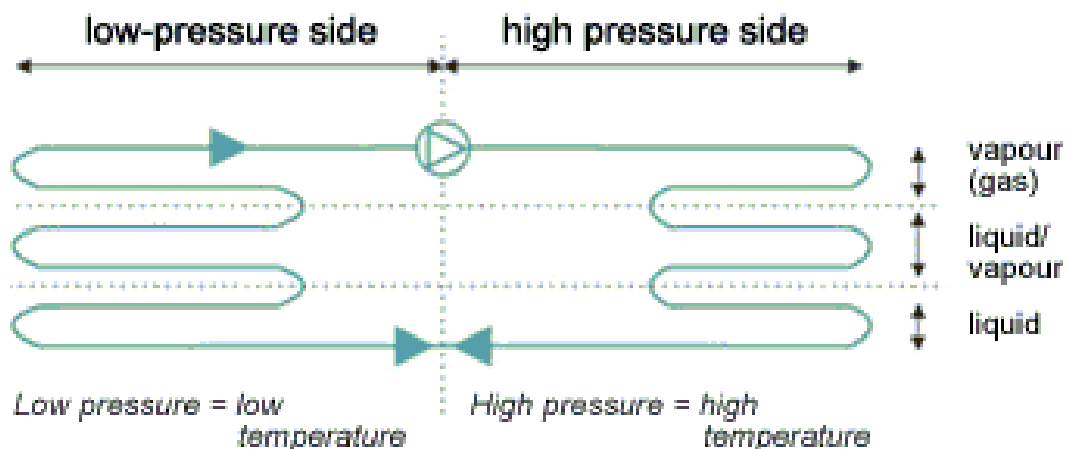


Representação no diagrama p-h

A expansão é a etapa aonde ocorre uma perda de pressão brusca, porém controlada que vai reduzir a pressão do fluido da pressão de condensação para a pressão de evaporação. Em um ciclo ideal ela é considerada isoentálpica, despreza-se as variações de energia cinética e potencial.

$$h_3 = h_4$$

Segundo Delaval (2004), o ciclo de resfriamento pode ser dividido em lado de baixa e alta pressão.



Ciclo de Resfriamento: Fonte: Delaval, op. cit.

O evaporador está parcialmente cheio com meio de resfriamento. Quando o compressor for ligado, o gás acima do líquido será bombeado para fora. Devido a isto, diminuirá a pressão.

O lado de alta pressão do compressor é conectado ao condensador. A finalidade do condensador é transferir o calor de condensação para a área circunvizinha. O compressor bombeia gás no condensador. Enquanto a pressão permanecer abaixo da pressão da temperatura de condensação, só a pressão subirá.

Segundo Sommer (op. cit.: 06):

Utiliza vapor, normalmente um refrigerante. A obtenção das temperaturas baixas na absorção de calor (frio), e altas, na dissipação de calor para um mesmo fluido, é possível pela variação da pressão do fluido refrigerante. Esta variação ocorre alternando-se um processo que aumente a pressão, e outro que a diminui. O processo de aumento de pressão ocorre num compressor.

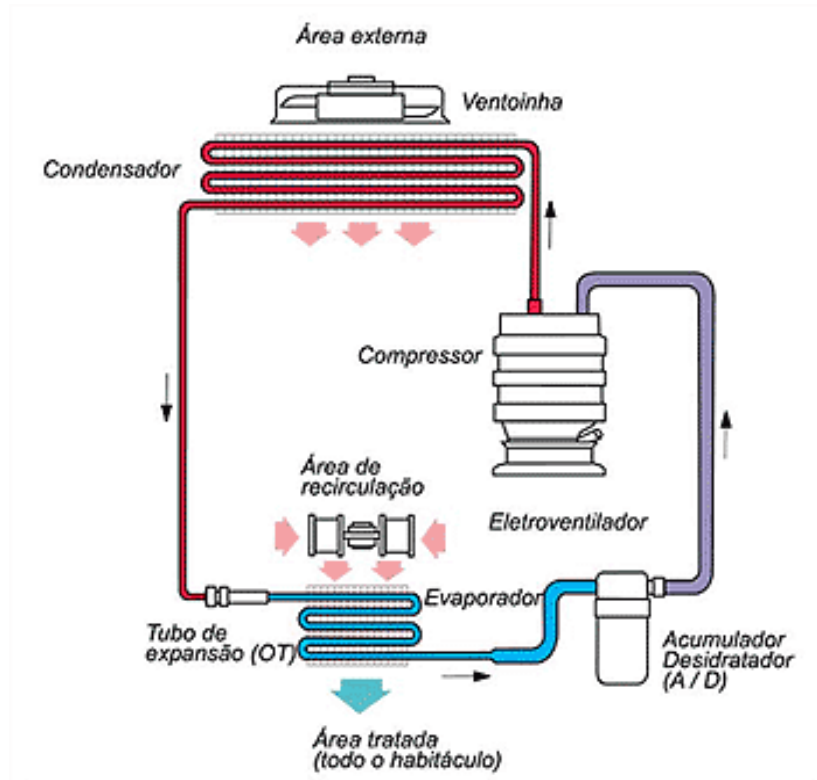
Assim que a pressão subir acima da pressão da temperatura de condensação, começará uma transferência de calor do gás para a área circunvizinha. Primeiro é retirado o "supercalor". Este supercalor é a diferença de temperatura entre o gás aquecido acima do ponto de ebulição e o ponto de ebulição. A condensação começará depois disto. Para condensar com certa capacidade, é necessária uma diferença específica de temperatura. A pressão será constante assim que a diferença de temperatura for grande o bastante para condensar todo o gás bombeado pelo compressor.

2.3 Sistemas específicos de refrigeração

Os principais sistemas de refrigeração são os sistemas de expansão direta e os sistemas de expansão indireta.

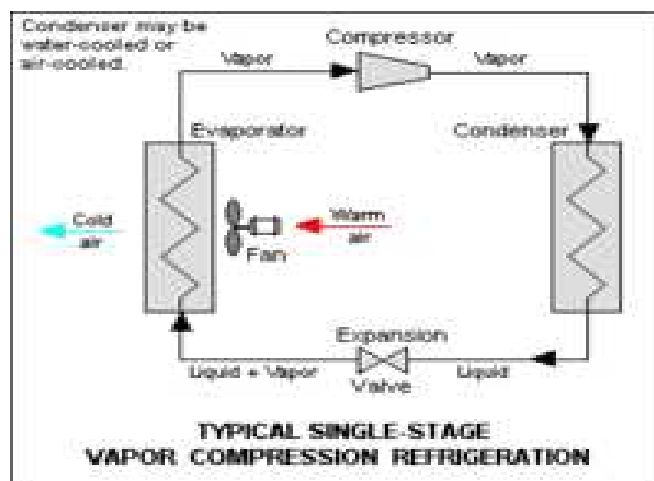
2.3.1 Sistema de refrigeração direta

Em um ciclo de refrigeração padrão e direta por compressão (geladeira, ar-condicionado, compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador), o fluido refrigerante na forma de líquido saturado passa pelo dispositivo de expansão (restrição), aonde é submetido a uma queda de pressão brusca. Então o fluido é conduzido pelo evaporador, que absorverá calor do ar do ambiente a ser refrigerado, vaporizando-se. Na saída do evaporador, na forma de gás ele é succionado pelo compressor, que eleva sua pressão (e temperatura) para que possa ser conduzido através do condensador, que cederá calor ao ambiente externo, condensando o fluido e completando o ciclo. O ventilador ou fan, efetua a circulação de ar, fazendo com que o ar a ser resfriado entre em contato com a serpentina do evaporador.



Ciclo de Resfriamento Completo

Para determinar as condições de trabalho do ciclo, aplica-se a primeira lei da termodinâmica em cada volume de controle. Representa-se o ciclo no diagrama-pressão entalpia, aonde se indica o estado do refrigerante em cada etapa.



De acordo Faye McQuiston (1977, apud Sommer, op. cit.: 09), os diferentes subsistemas são divididos desta forma:

Somente ar

Existem sistemas que utilizam somente ar como fluido de operação. Alguns deles são mais simples e utilizam o mesmo duto para aquecimento e resfriamento. Em outros sistemas chamados de dutos duplos, ocorrem escoamentos em paralelo para a tubulação

quente e fria. Pode ser adaptado a todo tipo de sistema de ar condicionado, e requer controle individual das condições, sendo aplicado em diversos segmentos, e onde necessitam alto controle de temperatura e umidade, tais como salas de computadores, hospitais, etc.

Sistemas com reaquecimento do ar

Utilizado em lugares de carregamentos térmicos não uniformes. A aplicação do aquecimento pode ser por água quente, vapor ou eletricidade. O termostato de controle ativa a unidade de aquecimento quando a temperatura cai abaixo do limite, estabelecido no instrumento de controle.

Sistema com volume de ar variável

Os sistemas de ar constantes apresentam características de alto consumo de energia durante períodos de cargas de aquecimento ou refrigeração baixas. Como resultado, os sistemas com volume de ar variável (VAV) têm sido preferidos em projetos recentes. É utilizado para carga térmica variável, regulando apenas o volume de ar insuflado através de um duto simples. Um termostato atua sobre o registro ou variador de frequência que controla a vazão de ar de cada zona. Em meia estação, o ar externo pode ser usado para economia da refrigeração. Um dos problemas desenvolvidos por esse sistema ocorre durante períodos de cargas muito reduzidas, quando o volume de ar fornecido ao recinto condicionado é muito pequeno, resultando distribuição de ar e/ou ventilação deficientes.

Sistema com ar e água

Nesse caso, tanto a água quanto o ar são distribuídos para cada espaço climatizado, a fim de exercer a função de resfriamento. Na maioria dos sistemas, tanto o aquecimento, quanto o resfriamento são executados apenas mudando as temperaturas do ar e da água para permitir o controle da temperatura em todas as estações do ano. Existem algumas razões básicas para esse tipo de sistema: Se comparado ao ar, as seções dos tubos podem ser reduzidas para atingirmos o mesmo resfriamento, devido ao grande calor específico e densidade da água. A quantidade de ar insuflado pode ser menor e menos espaço precisa-se para alocar o sistema todo de distribuição. A potência da bomba necessária para circular água é geralmente menor do que a potência dos ventiladores para circular ar. O custo também é menor. São projetados tanto para aquecimento, como para resfriamento e aplicados primariamente em muitos lugares, onde há uma grande faixa de carregamento de calor sensível e onde o controle da umidade não é necessário.

Os sistemas de refrigeração têm evoluído gradativamente, dos tradicionais controladores locais, geralmente bi metálicos com contatos secos, e alcançando a sofisticação dos controles digitais microprocessados.

Segundo Sommer (2001: 4-5):

A Termodinâmica e a transferência de calor desenvolveram-se a partir de uma série de conceitos, baseados em observações do mundo físico. A engenharia desenvolveu-se a partir de dois conceitos básicos: massa e energia. Embora esses conceitos façam parte do nosso dia a dia e sejam essenciais na descrição do mundo físico em que vivemos, é difícil apresentar uma definição concisa deles.

O mundo físico é muito complexo e, como tal, é muito difícil descrevê-lo precisamente. Mesmo que tal descrição fosse possível, ela seria de pouca utilidade para aplicações de engenharia, dada a sua complexidade. Uma das conquistas mais importantes na engenharia foi o desenvolvimento de modelos dos fenômenos físicos que, embora com aproximações, fornecem descrições suficientemente precisas e meios viáveis para obtenção de soluções. O modelo de Newton, para a relação entre força e aceleração, é

um exemplo interessante. Embora não possa ser universalmente utilizado, ele é extremamente preciso e útil na sua faixa de aplicação. As equações matemáticas e leis da termodinâmica permitem explicar ou prever o comportamento de fenômenos naturais. A primeira e a segunda Lei da Termodinâmica e a Lei de Fourier são exemplos pertinentes de equações que descrevem o comportamento energético

Segundo Vilela (2004), conceitua-se refrigeração como o processo de redução de temperatura de um corpo. O desenvolvimento de tecnologias de refrigeração permitiu o desenvolvimento e tornou-se essencial para a manutenção de uma gama de atividades industriais. Entre elas, a indústria alimentícia em geral, os frigoríficos, a indústria de pescado, as fábricas de gelo, os laticínios, a indústria de bebidas e, no caso em questão, toda navegação marítima.

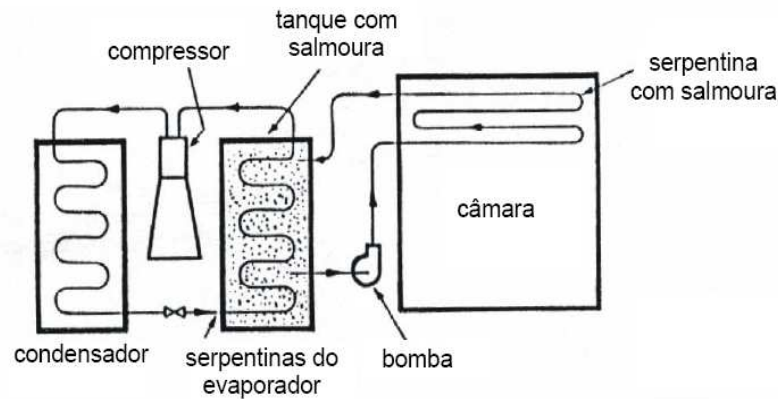
Segundo Levy (2004), o sistema de refrigeração deve ser desenvolvido juntamente com o projeto, independentemente de seu porte.

2.3.2 – Refrigeração Indireta

Os sistemas de expansão indireta são os mais complexos e os que apresentam melhores possibilidades de sofisticação e automação, onde é projetada uma unidade resfriadora capaz de combater a carga térmica total instalada, sendo desta forma um equipamento de grande potência elétrica. E, portanto, o principal consumidor de energia do ambiente.

A salmoura, solução de sal dissolvido em água, e talvez o principal sistema indireto, tem condições de permanecer em estado líquido em temperaturas abaixo de zero grau, mesmo quando da entrada na serpentina da câmara. Essa propriedade é empregada em alguns sistemas de refrigeração onde as serpentinas do evaporador não ficam dentro das câmaras a serem refrigeradas, mas mergulhadas em um tanque com salmoura fora das câmaras. Desse tanque, a salmoura com baixa temperatura é retirada por uma bomba e introduzida nos compartimentos a serem refrigerados.

Vê-se que a salmoura fica envolvendo totalmente a serpentina do evaporador. Uma bomba retira essa salmoura e a impulsiona para as serpentinas dentro do compartimento a refrigerar, que pode ser um porão ou uma câmara de carne, peixe ou legumes. Depois de circular nas serpentinas do compartimento, a salmoura retorna ao tanque, onde cede seu calor às serpentinas do evaporador.



A diferença entre o método de resfriamento pela salmoura e pelo agente refrigerante que circula no evaporador é que a salmoura não vaporiza nas serpentinas; a salmoura permanece sempre no estado líquido durante todo o trajeto pelas canalizações.

Na automação dos sistemas de refrigeração por expansão indireta, podem estar integrados em rede os equipamentos que compõe o sistema, como:

- Unidades resfriadoras como chiler ou centrifugas;
- Circuitos de refrigeração e bombas de água gelada;
- Circuitos de condensação e bombas de água condensação;
- Torres de resfriamento;
- Condicionadores locais tipo Fan coil;
- Ventiladores e exaustores;
- Tanques de termoacumulação;

Variáveis monitoradas por projetos automatizados em sistemas de refrigeração:

- Temperatura dos ambientes
- Umidade relativa do ar;
- Pressão de água gelada;
- Temp. insuflamento do Fan coil;
- Temp de retorno ao Fan coil;
- Temp entrada água evaporador;
- Temp saída água evaporador;
- Temp ent. de água condensador;
- Temp saída de água condensador;

- Pressão evaporador;
- Pressão condensador;
- Temp saturada de evaporação;
- Pressão de evaporação;
- Temp saturada de condensação;
- Pressão de condensação;
- Temp saturada de evaporação;
- Temp descarga do compressor;
- Superaquecimento na descarga;
- Posição válvula. de expansão %;
- Posição válvula. de expansão passos p/abertura;
- Corrente das fases do compressor % rla;
- Corrente das fases do compressor amperagem;
- Voltagem das fases do compressor;
- Temp dos enrolamentos do motor;
- Numero de partidas do compressor;
- Tempo de funcionamento;
- Status de equipamentos, etc.

3. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

O objetivo da climatização é conseguir condições ótimas e estáveis de:

◦ Temperatura: já seja mediante calefação ou refrigeração.

◦ Umidade: mediante umectação ou desumidificação.

◦ Qualidade do ar: mediante a instalação de filtros.

Os dois sistemas de climatização mais utilizados são:

◦ Sistemas por água. Para calefação, o equipamento gerador produz água quente que alimenta diretamente, ou por meio de um intercambiador, à rede de transporte. Para refrigeração não se empregam intercambiadores, mas o fluido refrigerado do agregador que vai diretamente à rede de transporte e daí para o evaporador.

◦ Sistemas por ar. O seu elemento principal é o climatizador ou Unidade de Tratamento de Ar (UTA). As UTAs encarregam-se de processar o ar do ambiente de forma contínua para devolver com as condições de temperatura e umidade adequadas.

O calor é uma forma de energia, e como tal, não pode ser destruída, mas pode ser transferida de um corpo a outro, sempre passando do mais quente para o mais frio. Neste fato se baseia a refrigeração, estendida à climatização, que também pode ser compreendida como o processo que reduz a temperatura de uma substância ou de um espaço determinado. Esse espaço pode ser o interior de um refrigerador, de uma câmara frigorífica ou qualquer outro espaço fechado, onde haja a necessidade de se manter uma temperatura mais baixa que a do ambiente que o cerca.

De acordo com Corbioni (2004), o conforto térmico no interior dos ambientes depende de vários aspectos, como insolação, ventos dominantes e características do entorno; além do posicionamento, neste caso, dos prédios (lote, fachada, espessura de paredes, aberturas e materiais empregados), trazidos à área naval.

O sistema de ar condicionado é recurso complementar que, quando bem planejado, ajuda a garantir o bem-estar com custos reduzidos de operação e manutenção.

Segundo Costa (1992), os princípios básicos de funcionamento dos sistemas de refrigeração aplicados à climatização são idênticos, ou seja, o compressor eleva a pressão e a temperatura do fluido de trabalho. Ao chegar ao condensador este rejeitará o calor do fluido de trabalho, reduzindo a temperatura, vindo a condensá-lo.

Seguindo o caminho, o fluido na fase líquida encontra o dispositivo de expansão, reduzindo a pressão rapidamente. O fluido entra na unidade evaporadora em estado líquido e, ao receber calor através do trocador de calor, se evaporará, indo em estado gasoso para o compressor.

Seguindo o caminho, o fluido na fase líquida encontra o dispositivo de expansão, reduzindo a pressão rapidamente. O fluido entra na unidade evaporadora em estado líquido e, ao receber calor através do trocador de calor, se evaporará, indo em estado gasoso para o compressor.

Pode-se afirmar que os princípios aplicados à conservação dos alimentos, através da refrigeração, são os mesmos encontrados na climatização dos ambientes.

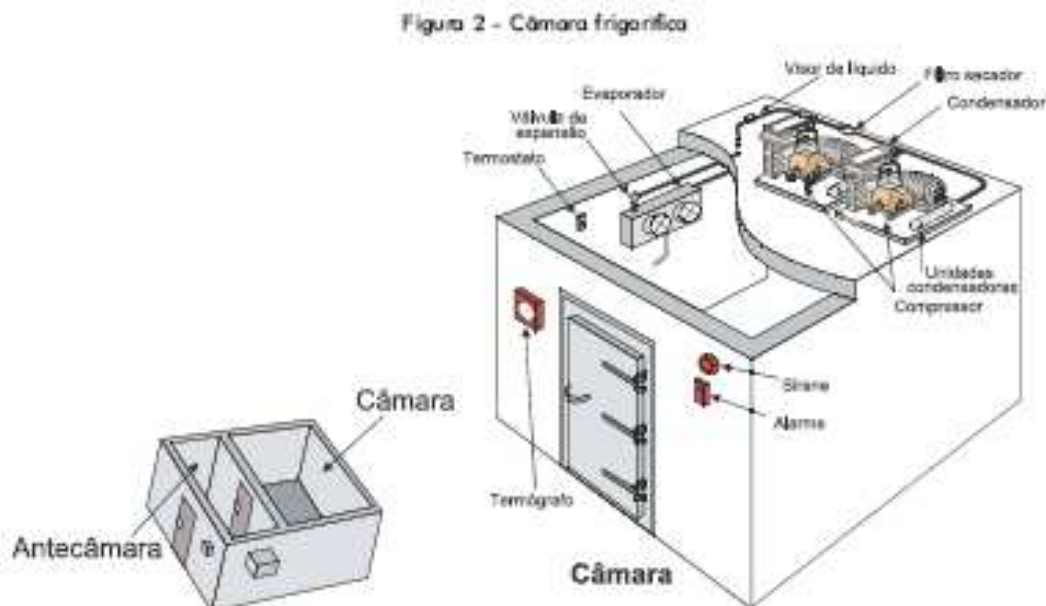
4. REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO NAS EMBARCAÇÕES MARÍTIMAS

A caracterização de um problema a ser solucionado é de crucial importância no desenvolvimento tecnológico atual.

Desta forma, questiona-se: “Quais podem ser os prejuízos causados às empresas de navegação devido à perda das condições de refrigeração e de controle da temperatura ao ambiente de bordo?”.

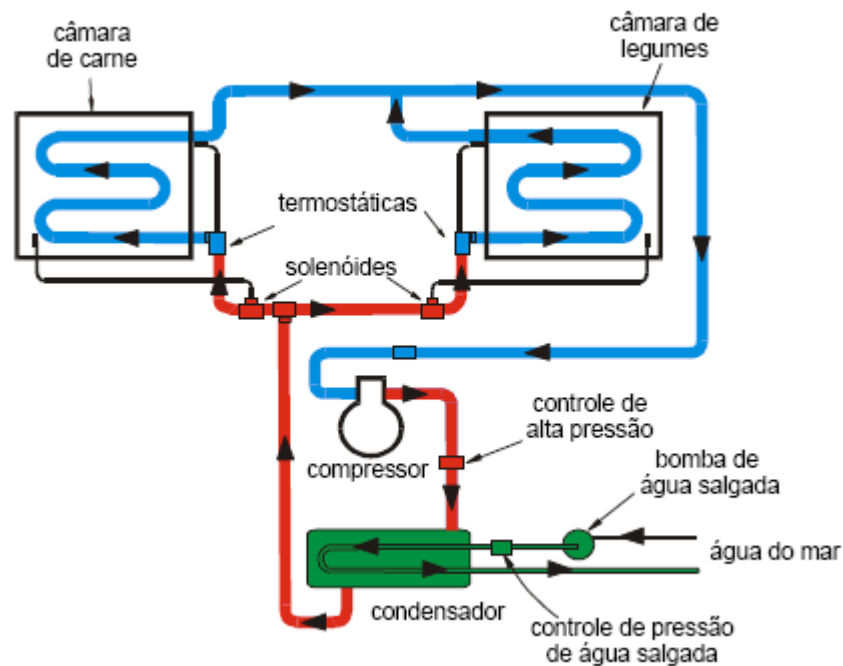
Em relação aos alimentos, a importância da utilização da refrigeração destina-se a impedir a multiplicação de microorganismos e sua atividade metabólica, mantendo a mesma qualidade e não produzindo toxinas e enzimas que poderiam vir a deteriorar os alimentos.

Esses alimentos são de suma importância para todos, e, para tanto, encontram-se em locais denominadas quartos frios ou câmaras frias, que são ambientes especialmente projetados para a armazenagem de produtos predominantemente em baixas temperaturas e em grandes volumes (figura 2). Podem ser reguladas para trabalhar mantendo as mais diversas temperaturas, tanto positivas quanto negativas.



O seu funcionamento de uma maneira geral obedece aos princípios básicos de refrigeração, além de princípios específicos, tais como:

- isolamento das paredes internas do ambiente a ser refrigerado;
- sistema de ventilação no interior da câmara, para facilitar a distribuição do ar frio pelo evaporador;
- compressor e condensador dispostos na área externa à câmara, com boa circulação de ar;
- antecâmara, com temperatura de $+5^{\circ}\text{C}$, objetivando auxiliar o isolamento do ambiente e manter acondicionados os vegetais e as frutas, e alguns outros produtos;
- alarmes de baixa e alta temperatura (em alguns casos);
- botoeira interna com buzina externa para alertar homem preso em seu interior;
- sistema de alarme com registrador de temperatura (termógrafo) e registrador de umidade (higrômetro), encontrados em algumas câmaras.



Várias são as cláusulas contratuais que protegem tal serviço a bordo. Como dito anteriormente, a climatização de bordo, de acordo com o sistema de ar condicionado oferecido, quando de projeto bem planejado, ajuda a garantir o bem-estar de todos, e dos equipamentos. A

embarcação poderá ser penalizada, variando, desta forma, de multas parciais até a parada da embarcação, com sua retirada de operação (dow time), caso este requisito contratual não seja atendido, mesmo que parcialmente.

Hoje, devido aos inúmeros equipamentos eletro-eletrônicos instalados a bordo, fora a necessidade de um maior conforto para todos aqueles que mantêm-se embarcados, é de vital importância à manutenção de sistemas climatizadores nas embarcações marítimas. Os locais de maior necessidade são aqueles onde um maior número de equipamentos (que demandam altas temperaturas), são instalados, como o Passadiço, a Sala de Controle de Máquinas e a Sala de Operações. Também para as acomodações, encontramos instalados Sistemas Centrais de Climatização.

CONCLUSÃO

Este estudo leva a concluir que a indústria da refrigeração e climatização adquiriu enormes proporções em todo mundo, sendo de grande importância, entre outros setores, para as embarcações marítimas. A máquina frigorífica e a bomba de calor, a mesma máquina térmica utilizada em sentido contrário, contribuíram para elevar a qualidade de vida da humanidade de forma inimaginável pelos pioneiros de século XVIII.

Sabe-se que o sistema de refrigeração e climatização dos ambientes é um recurso que, quando bem planejado, ajuda a garantir o bem-estar com custos reduzidos de operação e manutenção. E que o projeto de ar condicionado deve ser elaborado em paralelo com o desenvolvimento do projeto das embarcações, prevendo opções mais eficientes, reduzindo interferências com outros sistemas, prevendo necessidades elétricas e escolhendo equipamentos que garantam a melhor relação custo/benefício, evitando-se, assim, transtornos das contratadas junto aos contratantes.

No cenário contemporâneo, a refrigeração e a climatização são de importância capital para as embarcações, tendo como princípio desde a conservação dos alimentos até a manutenção da integridade dos equipamentos de bordo. Assim como, o conforto e o bem estar daqueles que, direta ou indiretamente, tem as embarcações marítimas como seu *habitat* de trabalho.

Procuram-se, mesmo assim, meios de aperfeiçoar mais ainda os sistemas, com menor custo e maior eficiência. E, para tanto, projetos, com a clara ajuda da automação, vem sendo desenvolvidos ao longo dos anos com ótimos benefícios práticos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. **Transmissão de Calor**. Livros Técnicos Científicos. Rio de Janeiro, 2002.
- BASTOS, Vânia. **Aspectos das Demandas Tecnológicas**. São Paulo: USP, 1996.
- BETTONI, Roberto. **Controle de Sistemas Inteligentes**. São Paulo: ABRAPI, 2004.
- BEYER, Paulo O. **Ciclos de refrigeração**. Porto Alegre: UFRS, 2001.
- CAMPOS, Jaime. **Automação Industrial**. São José dos Campos, Brasil, 1998.
- DELAVAL. **Sistemas de Refrigeração**. Campinas: Delaval, 2004.
- MACHADO, José Ernesto. **Refrigeração – Módulo 3**; Marinha do Brasil: Diretoria de Portos e Costas. Rio de Janeiro, Brasil, 2001.
- MARTINELLI Jr., L. C. **Refrigeração e Ar Condicionado – Parte I**; Cadernos Unijuí, Série Tecnologia Mecânica, nº 19, 2006.
- MENDES, L. Magno de Oliveira. **Refrigeração e Ar-Condicionado - Teoria, Prática, Defeitos**. Ediouro, Rio de Janeiro; 2004.
- OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. Prentice Hall do Brasil Ltda, 2002.
- SHIGHIERI, L. & NISHINARI, A. **Controle Automático de Processos Industriais**. 4. Ed. Edgard Blücher. São Paulo, 2006.
- SILVA, R.B. **Ar Condicionado de Bordo**. São Paulo, Grêmio Politécnico, 2002.
- SILVA, R.B. **Instalações Frigoríficas em Embarcações**. São Paulo, Grêmio Politécnico, 2001.
- SOMMER, Rafael. **Automação e Controle em Sistemas de Ar Condicionado**. São Paulo: FEI, 2001.
- STOECKER, W. F.; Jones, J. W. **Refrigeração e Ar-Condicionado**. McGraw-Hill, São Paulo, 2005.
- TUBINO, Dalvio. **Automação e Sistemas de Produção**. Florianópolis: UFSC, 2004.
- ROCHA, Cristina Maria. **Manual de Rede de Frio**. - 3ª ed. – Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde; junho 2001. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/refrigeração>. Acesso em: 29/maio/2011.

