

## 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. RESUMO HISTÓRICO E SISTEMA BASICO DE REFRIGERAÇÃO.**

### **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.

## 2. SISTEMA BÁSICO DE REFRIGERAÇÃO

Para compreendermos os sistemas de refrigeração existente nas embarcações, primeiramente é necessário ter conhecimento dos componentes básicos de um sistema de refrigeração. Abaixo iremos detalhar cada componente que engloba o sistema.

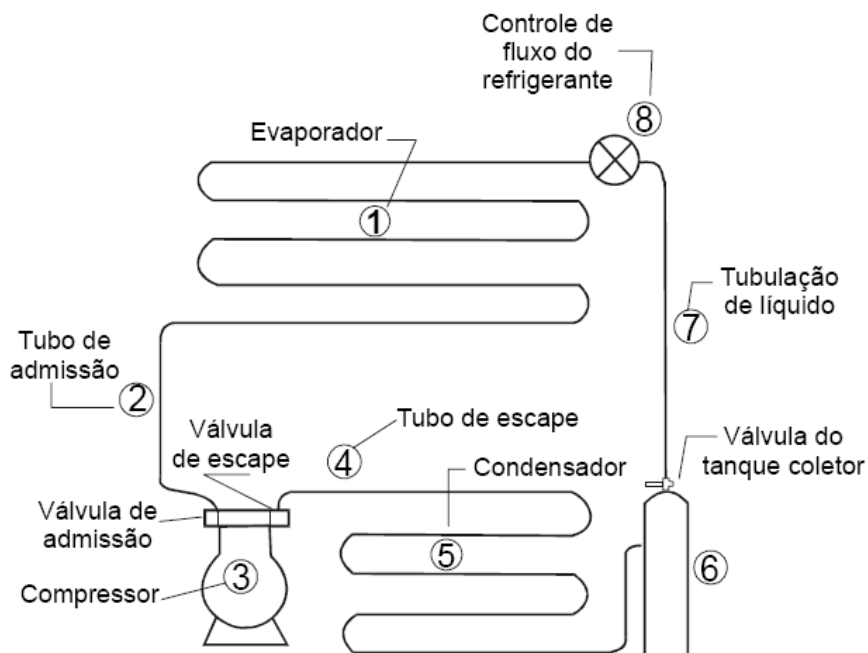


Figura 1  
Fonte: Internet

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:

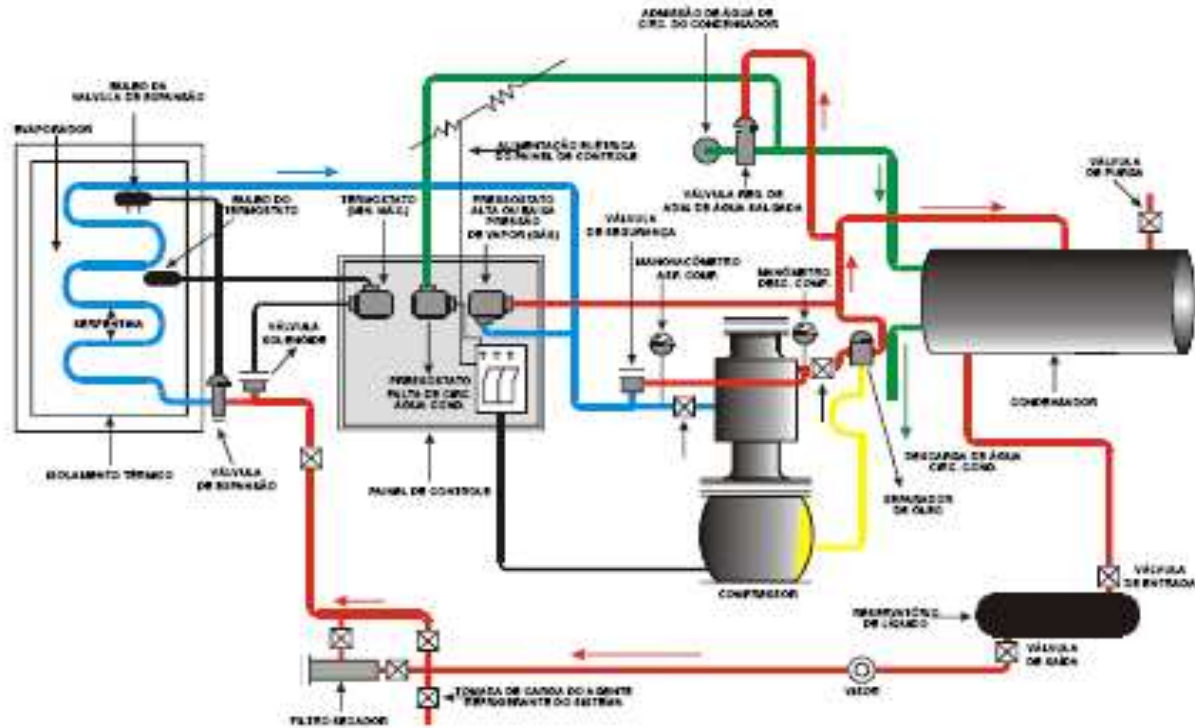


Figura 2  
Fonte: Internet

## 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.

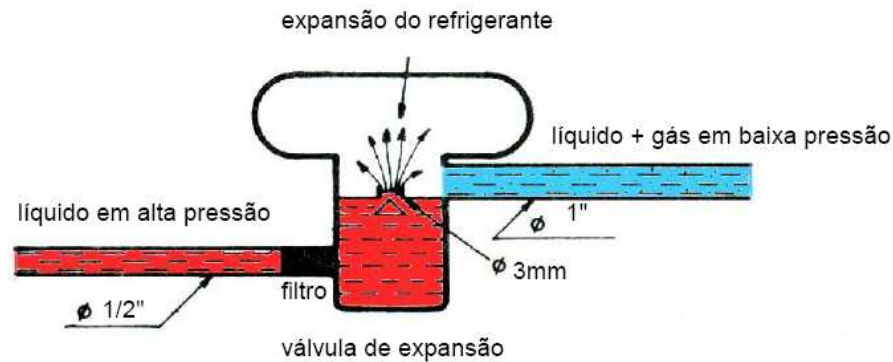


Figura 3  
Fonte: Internet

### 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

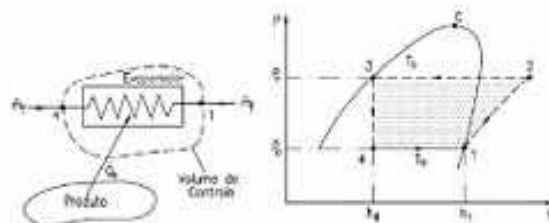


Figura 4: Representação no diagrama p-h  
Fonte: Internet

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

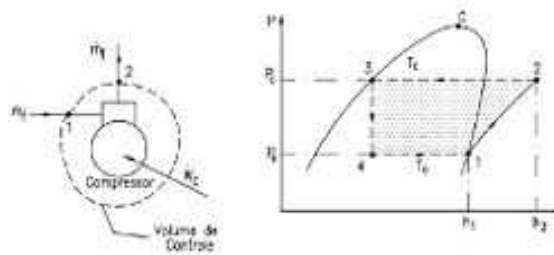


Figura 5: Representação no diagrama p-x  
Fonte: Internet

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

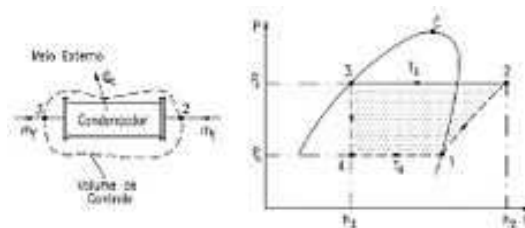


Figura 6: Representação no diagrama p-x  
Fonte: Internet

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

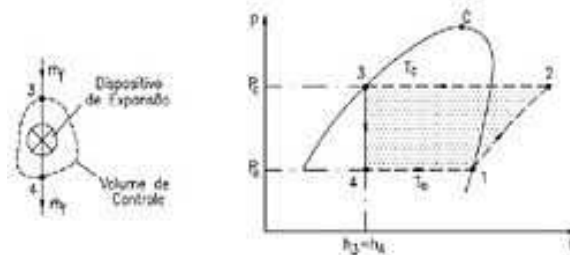


Figura 7: Representação no diagrama p-h  
Fonte: Internet

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.

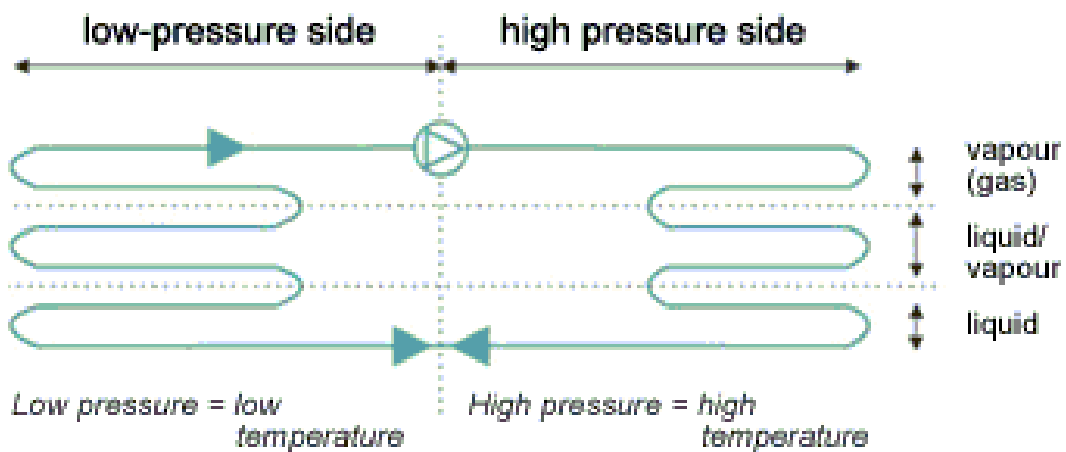


Figura 8: Ciclo de Resfriamento:  
Fonte: Delaval, op. cit

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.(SOMMER, ANO, PÁGINA)

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 métodos demonstrados a seguir são encontrados em embarcações de transporte de carga frigorífica, a partir deles poderemos observar como ocorreu a evolução do sistema de refrigeração e sua atual configuração para todos os tipos de embarcações.

### 2.3.1 Sistema de refrigeração direta

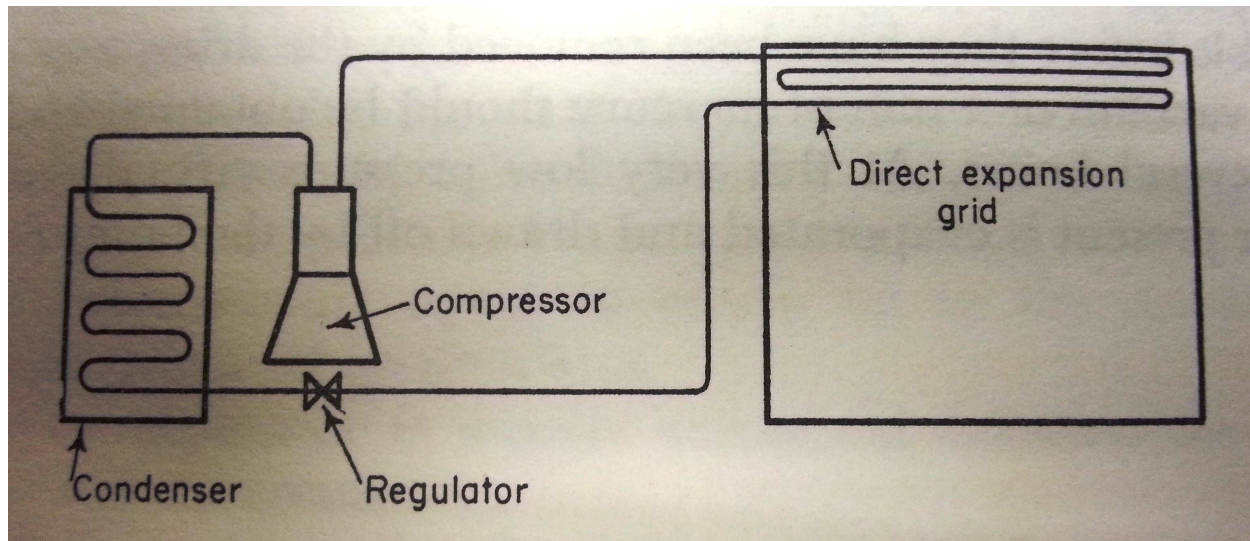


Figura 9  
Fonte: Internet

O gás refrigerante é comprimido e em seguida é liquefeito no condensador e passa através da válvula de expansão para redes de serpentinas fixas nas anteparas, laterais e teto da câmara. Na passagem através das serpentinas o refrigerante líquido evapora e extrai o calor da câmara para produzir o resfriamento necessário.

Na prática, pode haver vários circuitos em paralelo, cada um com sua própria válvula de expansão para regular o fluxo de líquido refrigerante para a serpentina. A divisão das serpentinas em um número de circuitos é necessária pelas seguintes razões:

O comprimento de cada circuito é limitado para impedir a queda de pressão excessiva na serpentina através do atrito do fluido refrigerante contra a parede do tubo.

Se o produto está sendo realizado em temperaturas acima do congelamento da água é necessário ser capaz de desligar as serpentinas do teto para evitar condensação de umidade sobre estes e depois escorrer para a carga.

Do ponto de vista da segurança, se algum ligeiro defeito ocorrer em uma tubulação a reparação seria possível com a carga na câmara, e o circuito, em particular, teria que ser fechado.

Se houvesse apenas um circuito, significaria parar a refrigeração da câmara com prováveis danos graves para a carga. Se vários circuitos são fornecidos, apenas o circuito defeituoso precisaria ser desligado, e enquanto pode não ser possível manter tal temperatura na câmara, danos ao produto certamente iria ser muito minimizados.

- **Principais vantagens**

É o método mais barato para as câmaras de refrigeração.

As serpentinas de arrefecimento asseguradas para os lados e o teto da câmara, situam-se na fonte de entrada de calor.

Refrigeração das câmaras pode ser mantida enquanto a carga estiver sendo carregada.

- **Desvantagens dos sistemas**

Para manter a operação eficiente do compressor, o gás refrigerante, retornando para a sucção do compressor deve ser ligeiramente superaquecido, ou seja, a temperatura do gás deve ser superior à temperatura de saturação. Isso significa que temperatura da serpentina deve variar para dar este superaquecimento, e a temperatura da câmara tende a variar da mesma forma.

É muito difícil de ajustar e manter o fluxo da quantidade correta de refrigerante para cada circuito individual. Quando de funcionamento tal sistema, pode ser encontrada na prática esse ajuste na válvula de expansão, a alteração na configuração de uma válvula afeta não só o fluxo para o circuito especial controlada por essa válvula, mas também o fluxo para os outros circuitos.

Existe sempre o perigo de grandes quantidades de líquido refrigerante sendo retornado ao compressor, e isto, devido a incompressibilidade do líquido, poderá levar a danos ao compressor.

A possibilidade do líquido sendo levado de volta para o compressor ocorre principalmente quando a planta está sendo iniciada. Quando a planta está desligada após a operação, a menos que todas as válvulas no sistema são absolutamente apertadas o líquido

tenderá a vazar para o evaporador e assim igualar a pressão em todo o sistema. Quando isso ocorre, o refrigerante vai condensar nestas bobinas e quando a planta é iniciada, este líquido é muito susceptível de ser levado de volta para a máquina. Além disso, quando o navio está em movimento em mar aberto, gotículas de líquido são passíveis de ser formado na tubulação e levado de volta para o compressor pelo gás movendo-se através da tubulação. Para tentar evitar isso é usual instalar algum tipo de separador de líquido na linha de sucção do compressor.

Com carga refrigerada a temperaturas acima do ponto de congelamento não é possível usar as grades no telhado da câmara como água condensa sobre estas e sobre a carga por gotejamento. Se as grades de telhado são desligadas isso as temperaturas faz nas câmaras ainda mais desigual.

Devido as desvantagens descritas, o método de expansão direta de arrefecimento é praticamente inexistente, principalmente nas embarcações mais modernas.

### 2.3.2 Refrigeração direta com ventilação forçada

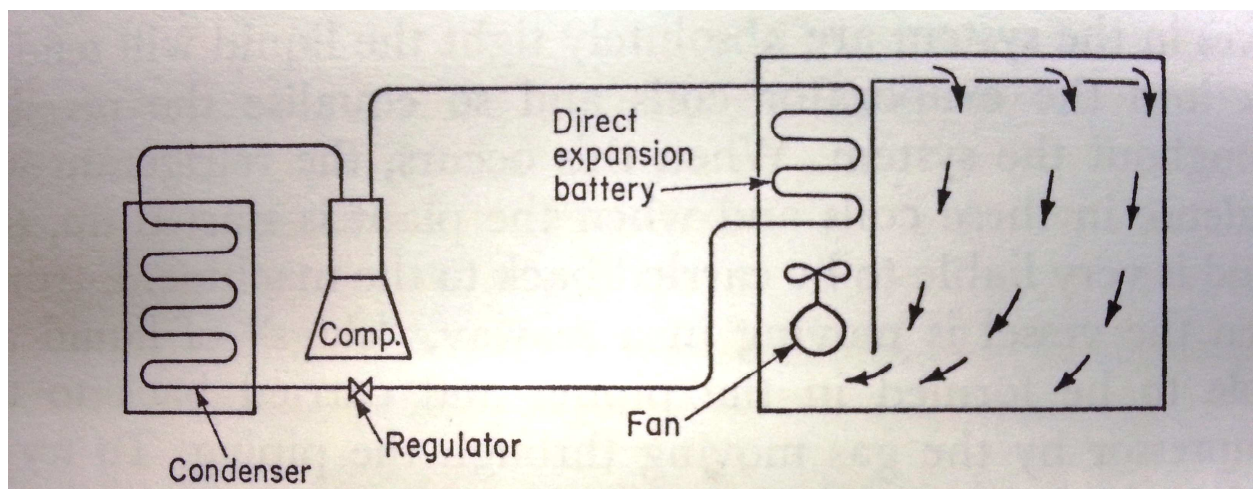


Figura 10  
Fonte: Internet

Este sistema difere do anterior em que os tubos de refrigeração, em vez de serem colocados nas paredes e telhado da câmara, são formados em uma bateria compacta. Um ventilador conduzido electricamente circula o ar sobre esta bateria e por dutos de entrega na câmara, o ar passa através da câmara para os dutos de sucção e volta para o ventilador. De passagem através da canalização da câmara o ar capta o calor vazando na câmara e, também, o calor envolvido por cargas de frutas.

Como no caso de resfriamento de grade de expansão direta, mais de um circuito é fornecido na bateria para reduzir o risco de colapso.

- **Principais vantagens**

Apesar de às vezes mais caro do que o sistema de expansão direto o sistema de refrigeração direta com ventilação forçada , é mais barato que outros.

Devido à circulação de ar forçada, a variação em temperatura através do espaço da temperatura média é muito menos do que com resfriamento de grade de expansão direta.

Com a maior taxa de transferência de calor proveniente do ar passando sobre a bateria de tubulação em alta velocidade, menos tubulação é necessário.

Com as serpentinas dispostas em uma embalagem compacta reduz os danos mecânicos e o escapamento do refrigerante é muito reduzido.

Como a humidade do ar se congela nas serpentina pode ser descongelada periodicamente para manter a eficiência do sistema, é de boa prática montar um tabuleiro galvanizado sob as serpentinas drenando diretamente para os porões para que a água liberada seja coletado sem espalhar sobre a camara. Degelo é efetuado por aquecedores elétricos ou em alguns sistemas pelo proprio gas refrigerante que sai quente do compressor.

- **Desvantagens do sistema**

Mesmo com o menor número de circuitos necessário ainda é difícil de manter o correto fluxo de refrigerante através de circuitos individuais, sob as condições do navio em movimento e constantemente variação nas condições de temperatura externa.

Se é necessário manter temperaturas diferentes em diferentes espaços, as mesma dificuldades são encontradas no que diz respeito a manutenção das diferentes pressões correspondentes aos vários circuitos.

Existe a possibilidade do líquido refrigerante ser carregado para a sucção do compressor podendo assim danificar o mesmo, a menos que um separador seja instalado.

O sistema não pode ser operado ao carregar a carga nas câmaras.

Para pequenas instalações, o sistema de bateria de expansão direta é geralmente favorecido devido ao seu baixo preço.

Este tipo de configuração é muito utilizado nas câmaras frigoríficas e em alguns navio para climatização das acomodações.

### 2.3.3 Sistema de refrigeração por salmoura

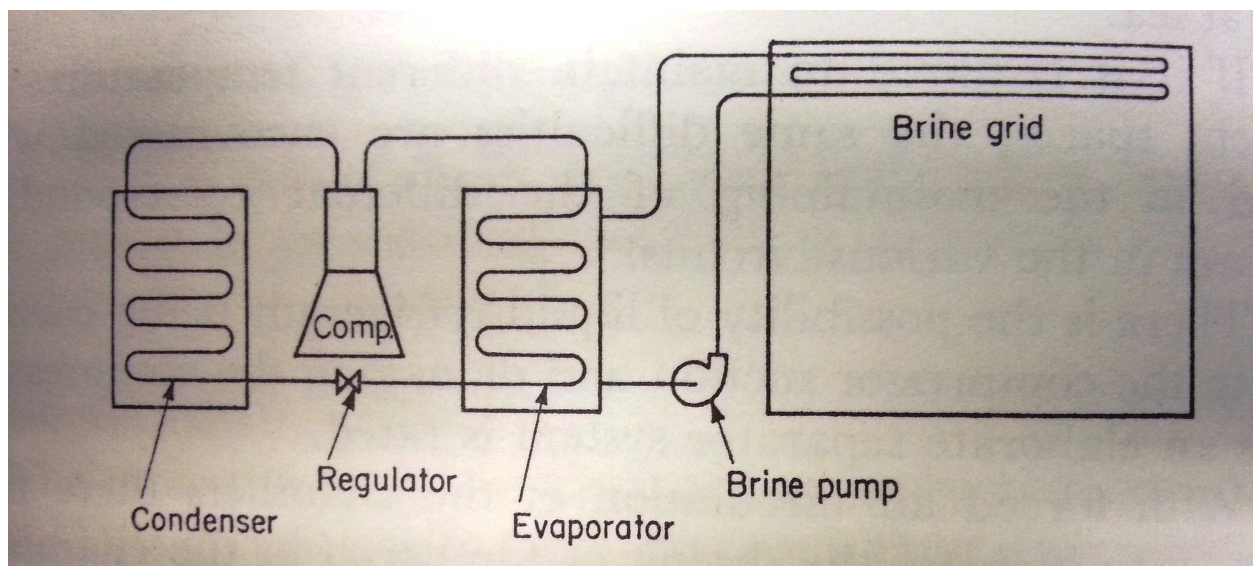


Figura 11  
Fonte: Internet

Com este sistema o refrigerante, depois da válvula de expansão, passa para um evaporador que circula a salmoura que retira parte do calor e esfria a salmoura. Esta salmoura então é dividida nas serpentinas instaladas nas anteparas, laterais e teto da câmara. O calor



extraído da câmara eleva a temperatura da salmoura, que é então retornada ao evaporador e refrigerada outra vez.

Na prática, um número de circuitos em paralelo é equipado, cada um equipado com sua própria válvula de controle para regular o fluxo de salmoura. As razões para fornecer um número de circuitos em paralelo são iguais como dito anteriormente para o sistema de refrigeração direta.

A salmoura usada para as redes de circulação é, na prática Marinha, invariavelmente feita pela dissolução de cloreto de cálcio na água. A redução do ponto de congelamento é dada pela dissolução de sais na água. A temperatura pelo qual o ponto de congelamento é abaixado depende do sal específico ou sais em solução e a quantidade na solução. A força da solução é verificada através da medição da gravidade específica ou densidade. Para efeito de medição um densímetro especialmente calibrado, o hidrômetro Twaddell, normalmente é usado. A tabela abaixo fornece a gravidade específica, leitura do densímetro Twaddell e ponto de congelamento de concentrações diferentes de salmoura.

Densidade	Leitura de hidrômetro (°Twaddell)	Ponto de congelamento
1,20	40	- 21,1 °C
1,21	42	- 22,8 °C
1,22	44	- 25 °C
1,23	46	- 27,2 °C
1,24	48	- 29,4 °C
1,25	50	- 32,2 °C
1,26	52	- 35 °C
1,27	54	- 38,3 °C
1,28	56	- 42 °C
1,29	58	- 51 °C

Tabela 1  
Fonte: Internet

Para a operação normal, é usual manter uma densidade entre 45 e 50 ° Twaddell. A densidade é mantida em 45<sup>0</sup> Twaddell, ou acima, mesmo que esta força não seja necessário para

evitar o congelamento, como a água salgada é menos corrosivo em densidades maiores. Além disso, a salmoura deve ser mantida ligeiramente alcalino, pH entre 8-0 e 8-5, para minimizar a corrosão. A alcalinidade correta é mantida pela adição de pequenas quantidades de soda cáustica se a salmoura é muito ácida, ou ácido clorídrico se é muito alcalino.

A salmoura é circulada no sistema por bombas centrífugas de alta velocidade. Uma taxa bastante rápida de circulação é usada para que a diferença de temperatura entre a água salgada entregue com as redes e que retorna não exceda 4 ou 5 ° C.

A salmoura é distribuída no sistema de circuito fechado. Com este sistema, as serpentinas de salmoura, evaporador e redes de ligação formam um circuito fechado. Como a temperatura da salmoura é reduzida seu volume é reduzido ou seu volume é aumentado se sua temperatura aumenta. Se o circuito fosse originalmente cheio de salmoura, quando o sistema de refrigeração fosse interrompido, a expansão da salmoura estouraria as redes ou o evaporador. Para evitar isso uma rede é conectada do evaporador a um tanque pequeno, chamado tanque de expansão, colocado bem acima do ponto mais alto do sistema. Este tanque é dotado de um tubo de ar aberto à atmosfera. Qualquer alteração no volume de salmoura no sistema é retomada, por conseguinte aumentando ou diminuindo o nível de água salgada no tanque de expansão. A rede que conecta o tanque de expansão também forma um caminho de fuga para qualquer ar preso no sistema, quando está sendo completado.

Se deseja transportar cargas em temperaturas diferentes ao mesmo tempo, a salmoura pode ser distribuída a uma temperatura adequada para o espaço de temperatura mais baixo e o fluxo de salmoura para os espaços de temperatura superiores restringida.

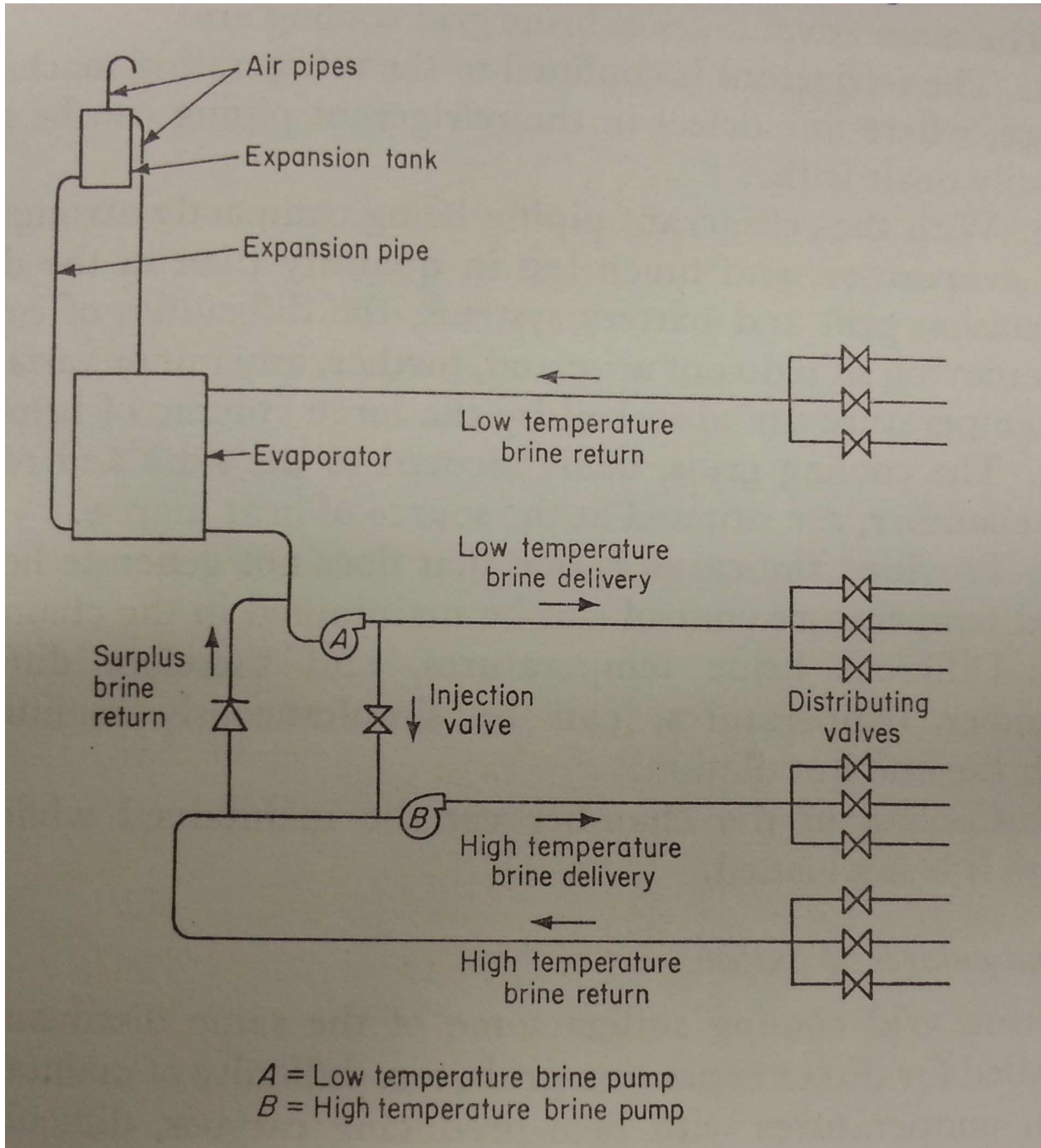


Figura 12  
Fonte: Internet

- **Principais vantagens**

O refrigerante está confinado ao espaço das máquinas frigoríficas, onde qualquer defeito na tubulação refrigerante pode ser mais facilmente tratado.

Com a tubulação de refrigerante sendo compacta disposta no evaporador e em menor quantidade do que nos outros sistemas, as dificuldades de controle em um navio em movimento não surgem e, além disso, qualquer pequenas variações de temperatura são absorvidas pelo grande volume de salmoura.

A refrigeração da câmara pode ser mantida enquanto a carga está sendo carregada.

- **Principais desvantagens**

Este sistema sofre pelas mesmas desvantagens detalhadas para o sistema de expansão direta. Apesar das desvantagens descritas acima, o sistema de grade de salmoura, com circulação forçada de ar auxiliar em algumas câmaras, foi o método padrão por muitos anos. Cargas foram realizadas de forma muito satisfatória e foi principalmente sobre este sistema que se desenvolveu a grande expansão do comércio de refrigeração atual.

### 2.3.4 Refrigeração por salmoura com ventilação forçada

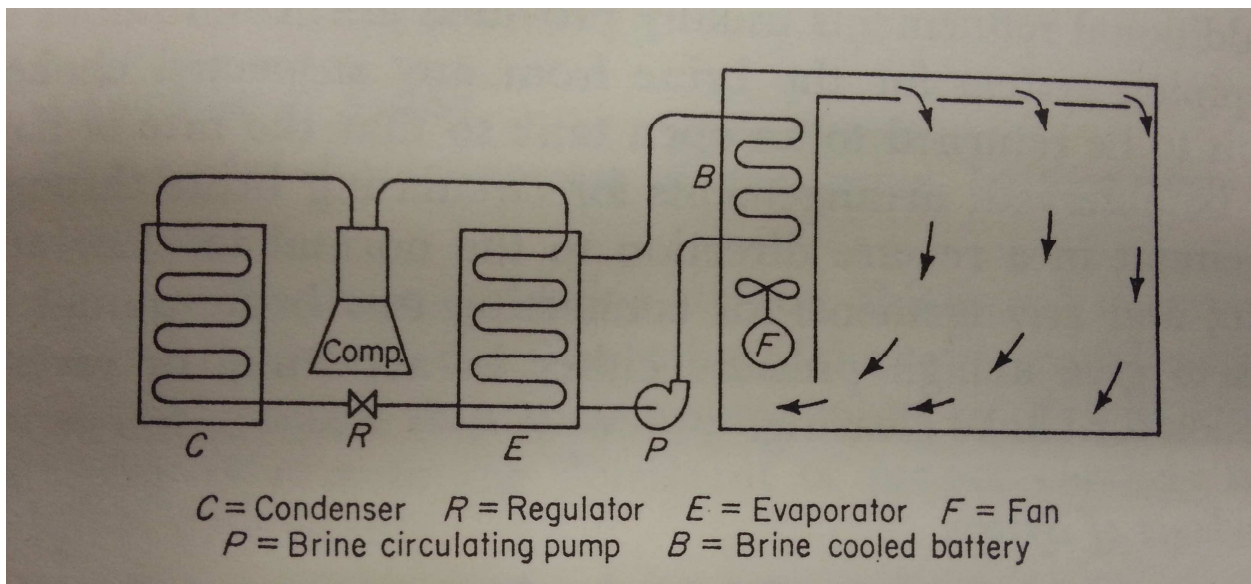


Figura 13  
Fonte: Internet

O método é geralmente semelhante ao método de grade de salmoura, exceto que os encanamentos da salmoura, em vez de ser dispostas em grades, é formados a partir de uma bateria compacta. Um ventilador conduzido electricamente circula ar sobre esta bateria e por

duto é levado para a câmara. De passagem através da câmara, o ar pega qualquer calor vazando na câmara e também qualquer calor envolvido por carga de frutas.

A bateria é formada de tubulação de aço galvanizada disposta perpendicularmente ao fluxo de ar ou por tubos sendo escalonados em relação um ao outro para dar uma tortuosa passagem para o ar. Este arranjo foi encontrado para dar a melhor taxa de transferência de calor.

Dois projetos de bateria estão no uso atual, planície alinhada ou tubos aletados, em que as barbatanas são montadas sobre as redes galvanizadas para garantir um bom contacto térmico entre as aletas e tubos. O simples tubo refrigerador pode tolerar um maior acúmulo de gelo diante da resistência da passagem de ar, torna-se excessivo que no resfriador aletado. O refrigerador aletado é mais barato e menores em tamanho do que um simples tubo refrigerador para a mesma operação.

Os arranjos de circuito de salmoura por ventilação são geralmente semelhantes às fornecidas em sistemas de refrigeração por salmoura. Uma bateria separada é fornecida para cada câmara e cada bateria é fornecida com dois ou mais circuitos separados para que em caso de vazamento ou estrangulamento em um circuito ainda poderia ser operada a bateria.

- **Principais vantagens**

O refrigerante está confinado a espaços de máquinas frigoríficas.

Como no sistema de grade de salmoura, o evaporador refrigerante é compacto e organizado, as dificuldades de controle em um navio em movimento não surgem.

Este método, especialmente quando usado com circulação de ar vertical, dá o controle de temperatura mais preciso nas câmaras. Com o desenho correto e adequada a estiva da carga, pode ser obtida uma faixa de temperatura total em toda a carga no espaço com variação de 2° C.

Dará transporte igualmente satisfatório como qualquer um dos outros sistemas com carga congelada ou carga de carne refrigerada e dar-lhe-á muito melhor transporte do que os outros sistemas com carga de frutas.

Com os encanamentos da salmoura dispostos em uma bateria compacta, que pode ser pré-fabricada antes de instalar no navio, há muito menos possibilidade de vazamento de água salgada. Além disso, se ocorrer vazamento de água salgada, a salmoura não entra em contacto a carga.

- **Desvantagens do sistema**

O sistema é mais caro.

Com o entroncamento de ar ocupa um pouco mais espaço que um sistema de grade refrigerado, embora isto é compensado pela quantidade reduzida de esteiras necessária.

O sistema não pode ser operado enquanto o carregamento de carga está em andamento. Com grandes câmaras sendo carregadas no tempo quente, isso pode causar um aumento excessivo da temperatura antes que o carregamento seja concluído e o resfriamento comece. Para evitar isso, as precauções devem ser tomadas durante o carregamento, como operar a instalação em qualquer período, tais como horas de refeição, quando os homens não estão trabalhando nos porões e só abrindo o espaço mínimo possível para dar o acesso necessário para o carregamento.

Há uma tendência com a circulação de ar forçada a dar um pouco mais a secagem da carga do que com sistemas de grade.

O sistema de bateria de salmoura com seu controle de temperatura estreita a aptidão para qualquer variedade de cargas frigorificadas agora é quase padrão para grandes instalações marítimas, exceto para o tipo de embarcação, mencionado anteriormente, onde o sistema de bateria de expansão direta pode competir.

#### **2.3.4 Sistema frigorífica atual**

Atualmente os sistemas frigoríficos das embarcações são dotados de sistemas de refrigeração direta com unidades de ventilação compactas. Em outras palavras o gás refrigerante

que circula no sistema é conduzido pelas redes ate as câmaras, onde esta localizado as serpentinas. Estas por sua vez encontram-se dentro de uma unidade compacta com ventilação forçada movida por motor elétrico, este ventilador faz com que o ar circule pela câmara, aumentando a capacidade de troca de calor. A humidade do ar que troca calor com o refrigerante, que se encontra na maioria dos casos muito abaixo de zero grau Célsius, tende a congelar nas serpentinas dificultando assim a troca de calor, aumentando a temperatura da câmara e fazendo com que o sistema perca rendimento. Este excesso de gelo pode prejudica de tal maneira o sistema que pode levar a quebra do compressor em alguns casos. Para evitar este tipo de situação, as unidades compactas de circulação de ar são dotados de sistemas de degelo, que consiste em resistências elétricas que são ativadas de tempo em tempo.

No momento do degelo o ventilador para de circular o ar na câmara, uma solenoide fecha a entrada de gás refrigerante para câmara, então a resistência é energizada por um tempo programado, fazendo com que o gelo derreta e seja drenado para fora da câmara, como a unidade é compacta e fechada, esse calor da resistência é suficiente somente para aquecer a serpentina e não a câmara inteira, que não seria o objetivo. Quanto mais vezes é feito este processo mais seco fica o ar da câmara, ou seja menor é a humidade presente no ar, logo menos degelo será necessário.

### 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 UTA 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.

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

### **3.1 Tipos de sistemas de climatização**

Para efeito de climatização iremos estudar dois tipos de sistemas, os mais utilizados, levando em consideração que as embarcações são projetadas para realizar operações no Brasil, onde o clima tropical faz necessário a operação do sistema de ar condicionado todo o tempo.

• Sistemas de climatização por dutos de ar

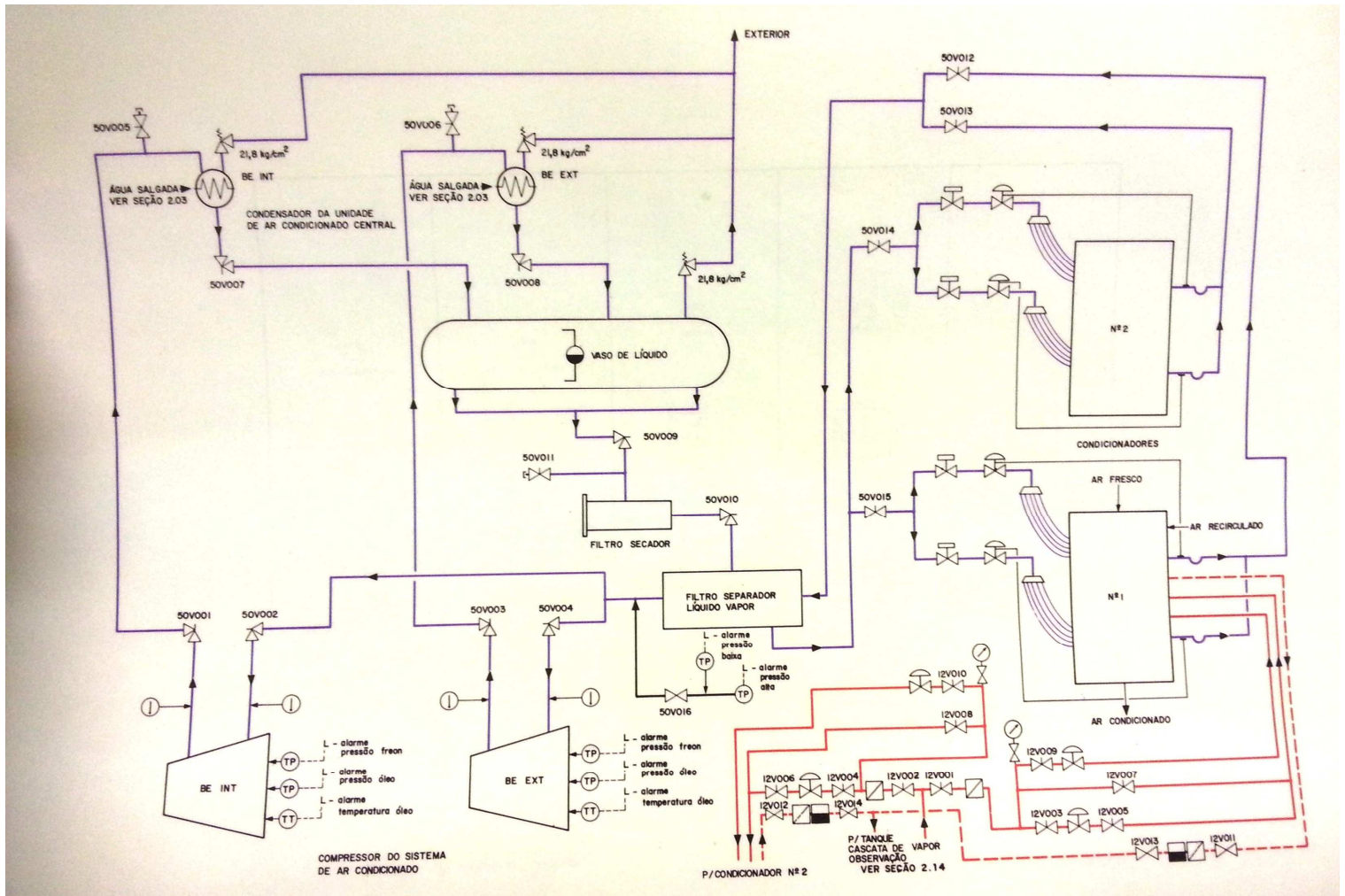


Figura 14  
Fonte: Internet

• Sistema Chilled

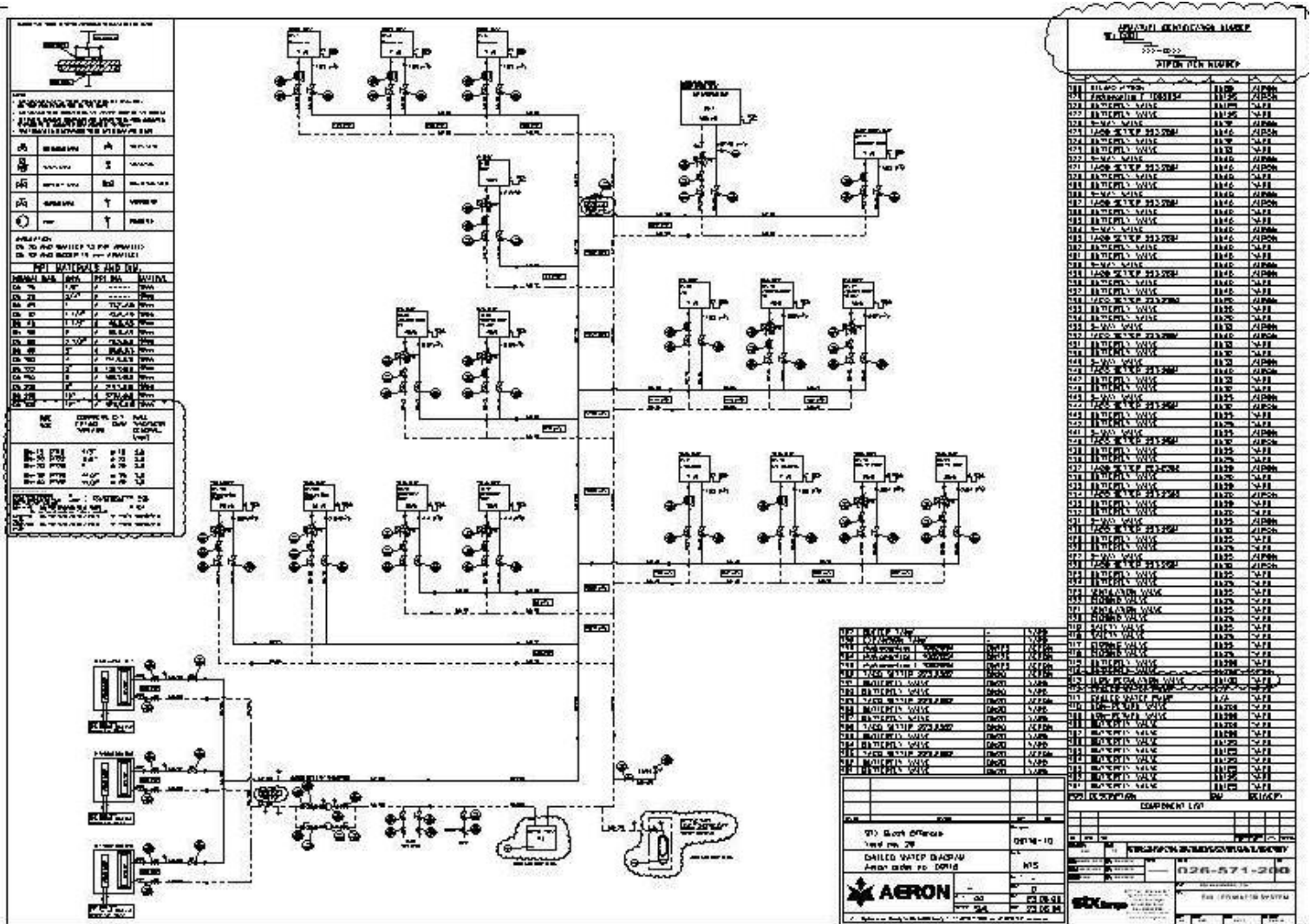


Figura 15  
Fonte: Internet

#### 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.

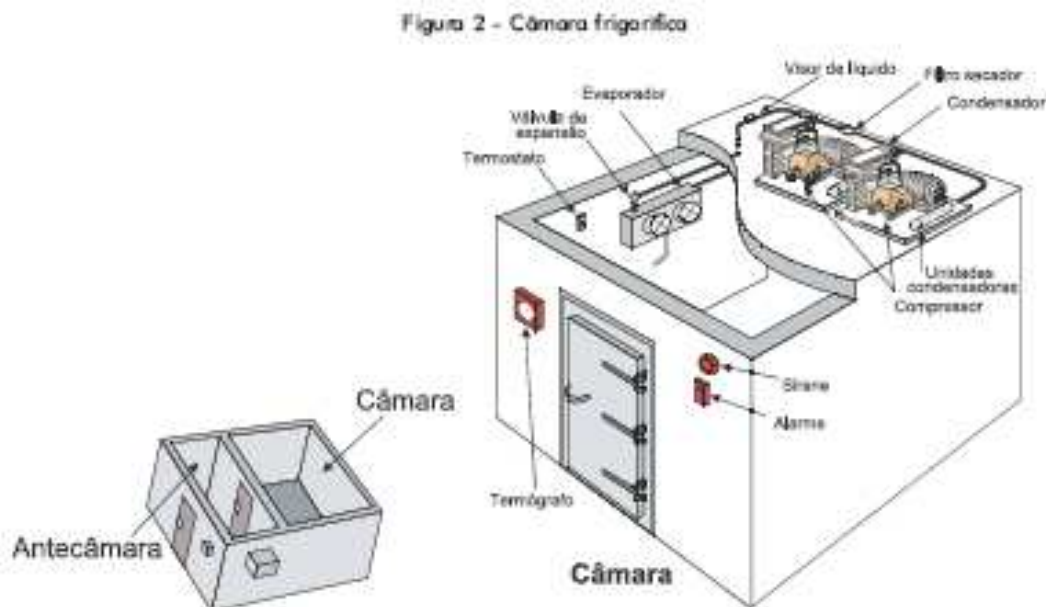


Figura 16  
Fonte: Internet

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.

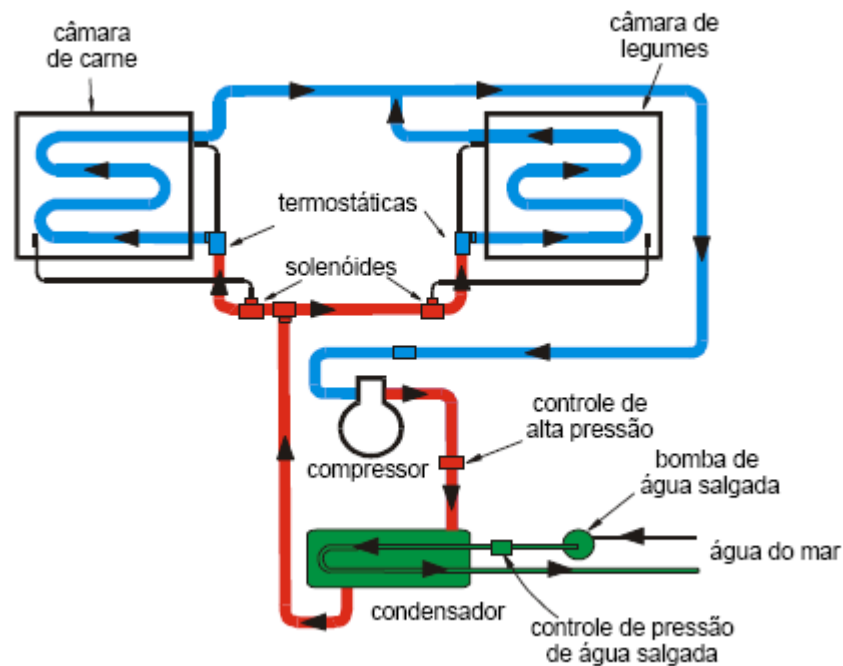


Figura 17  
Fonte: Internet

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.

## Considerações finais

A indústria da refrigeração e climatização adquiriu enormes proporções em todo mundo, sendo de grande importância para as embarcações marítimas. A máquina frigorífica e a bomba de calor 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.

Sabe-se que os projetos de ar condicionado devem ser elaborados 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, bem 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.