

**MARINHA DO BRASIL**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINA**

**TURMA 1 – 15**

**JEFERSON RIBEIRO DOS ANJOS**

**COMPONENTES DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO A BORDO  
DOS NAVIOS MERCANTES.**

RIO DE JANEIRO

2015

**JEFERSON RIBEIRO DOS ANJOS**

**COMPONENTES DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO A BORDO  
DOS NAVIOS MERCANTES.**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: 1OM Cláudio Jesus

RIO DE JANEIRO

2015

**JEFERSON RIBEIRO DOS ANJOS**

**COMPONENTES DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO A BORDO  
DOS NAVIOS MERCANTES.**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: 1OM Cláudio Jesus

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: 1OM Cláudio Jesus

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Reynaldo Dos Anjos, Nadir Maria, esposa Juliana Dos Anjos, minha filha Joyce, familiares e amigos os quais sempre me apoiaram e aos que contribuíram com o meu crescimento profissional e ético

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS por todas as oportunidades que me foram dadas durante esse período, desde o ato da liberação junto à empresa à conclusão do curso de APMA, e reconhecendo uma vez mais o SEU cuidado com a minha vida e a direção pela qual o SENHOR tem conduzido e gerido os meus projetos.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	6
1.1	Tema abordado.....	7
1.2	Problema .....	7
1.3	Objetivo Geral.....	7
1.4	Objetivos intermediários .....	7
2	JUSTIFICATIVA PARA O PROBLEMA .....	8
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	9
3.1	Conceito .....	9
4	METODOLOGIA .....	12
4.1	Classificação quanto aos fins: .....	12
4.2	Classificação quanto aos meios: .....	12
4.3	Delimitação da pesquisa.....	12
5	CONCEITOS .....	13
6	SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO A VAPOR.....	14
6.1	Elevação da pressão .....	14
6.2	Condensação .....	20
6.3	Dispositivo de expansão.....	22
6.3.1	Tipos de dispositivos de expansão .....	22
6.4	FILTRO SECADOR .....	25
6.5	VISOR DE LÍQUIDO.....	28
6.6	EVAPORADOR .....	29
6.6.1	Evaporação direta.....	30
6.6.2	Evaporação inundado .....	30
7	DIAGRAMA DE MULLIER.....	32
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	34

## 1 INTRODUÇÃO

Remonta a pré-história a necessidade do homem em condicionar os alimentos

Em longos períodos de verão para sua sobrevivência.

Acerca do século XVII o homem inventou o microscópio, com uso deste constatou-se constatou-se a existência de microorganismos que eram invisíveis a olho nu.

O cientista LUIS PARTEUR comprovou que alguns alimentos eram deteriorados pela ação de algumas bactérias, cuja a reprodução destas, podia ser evitada pela ação das baixas temperaturas destas alimentos.

Em função deste fato, um grande desenvolvimento ocorreu na área de refrigeração.

Que culminou com o invento nos EUA em 1834 o primeiro sistema mecânico de gelo artificial e que apartir deste, surgiram os sistemas de refrigeração com a finalidade de conservação de alimentos por compressão

Este método d refrigeração se desenvolveu de tal forma que atualmente são utilizados comercialmente em sistemas de grande porte usados em supermercados restaurantes, sorveterias, bares, laboratórios, frigoríficos e especialmente em navios mercantes.

A refrigeração aplicada a navios mercantes é amplamente utilizada para continuidade da vida humana, na conservação dos alimentos.

Isto comprova a importância dos sistemas de refrigeração e a necessidade de realizar manutenções adequadas e convenientes a esses sistemas.

## **1.1 Tema abordado**

Sistemas de refrigeração à bordo dos navios mercantes.

## **1.2 Problema**

Quais são as principais dificuldades com sistema de refrigeração à bordo dos navios?

## **1.3 Objetivo Geral**

Mostrar maneiras de como operar e manter sistemas de refrigeração, de forma rápida e eficaz.

## **1.4 Objetivos intermediários**

- ✓ Explicar o funcionamento teórico de sistemas existentes à bordo
- ✓ Indicar os tipos de sistemas existentes à bordo
- ✓ Identificar erros comuns em operação dos sistemas
- ✓ Apresentar ferramentas necessárias para utilização e otimização dos sistemas



## **2 JUSTIFICATIVA PARA O PROBLEMA**

Má compreensão do funcionamento teórico e prático dos sistemas à bordo pois dada a necessidade do conhecimento aprofundado torna-se imperativo o treinamento específico para os operadores de bordo.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Conceito

##### **Refrigeração:**

É a forma de se colocar a temperatura do que se quer refrigerar abaixo da temperatura ambiente, muitos confundem refrigeração com resfriamento/arrefecimento, são processos diferentes, pois o resfriamento diferente da refrigeração a temperatura é reduzida no máximo à temperatura ambiente. A refrigeração é usada tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos quanto efetuar a climatização para conforto térmico ( SILVA, J. G 2003)

##### **Tipos de Sistemas:**

**Sistema por compressão de Vapor.** É o sistema mais utilizado à bordo dos navios mercantes que consiste na passagem forçada do agente refrigerante por um micro orifício, fazendo com que a pressão na saída deste orifício seja menor do que a da entrada, neste exato momento há um resfriamento do agente refrigerante o qual sai da sua fase líquida e vai para fase de vapor saturado, ou seja, um percentual de vapor e um percentual de líquido, quando ele chega neste estado há um resfriamento súbito do agente refrigerante. Neste momento o agente refrigerante se encontra no evaporador onde trocará calor com o ambiente e conseqüentemente refrigerando-o (STOECKER, W. F 2002).

Os componentes do sistema de refrigeração por compressão de vapor são: compressor, condensador, dispositivo de expansão, evaporador e o fluido refrigerante (STOECKER, W. F 2002).

**Compressor.** São máquinas destinadas a deslocarem fluidos gasosos. Este é o equipamento mais importante do sistema de refrigeração, pois através do movimento alternativo ou rotativo de seus componentes faz com que o fluido gasoso na saída do processo saia com um estado termodinâmico (pressão x temperatura) diferente da entrada, em outras palavras com pressões e temperatura mais alta do que a de entrada.

**Condensador.** O condensador é um trocador de calor condensar o gás que vem do compressor e admitir o máximo de agente refrigerante na fase líquida no seu interior. Este processo de resfriamento se dá através de ar ou água. Para que haja uma troca de calor eficiente deve-se calcular a carga térmica do sistema e a potência de acionamento do compressor.

**Dispositivo de expansão.** O Tubo Capilar, devido ao seu valor ser mais baixo este dispositivo é aplicado em sistemas menores, onde não há um volume de carga de agente refrigerante alta.

O tubo capilar é um dispositivo de controle e seu funcionamento é dado pela a restrição do fluxo de agente refrigerante através do tubo, dificultando a passagem do mesmo (MARTINELLI JUNIOR, 2013).

A determinação do tubo capilar depende do fluido refrigerante, da temperatura que se espera na região de baixa e da capacidade do compressor. O cálculo para se determinar o capilar é complexo, porém existem manuais específicos os quais indicam aos operadores, a saber, exatamente as características técnicas do tubo capilar para cada tipo de sistema (SILVA, JOSÉ DE CASTRO et al. 2008).

Sistema por Absorção. Conforme (JUNIOR , et al. 2004):

O ciclo de refrigeração por absorção transfere calor da região de baixa temperatura para a região de alta temperatura através de processos de absorção e dessorção do fluido refrigerante na fase vapor por/de uma solução líquida (que é normalmente uma mistura binária composta pelo refrigerante e uma outra substância, por exemplo, um sal como o brometo de lítio). Durante o processo de absorção há transferência de calor para a região de temperatura intermediária (meio ambiente para um ciclo de refrigeração) e durante o processo de dessorção há fornecimento de calor para o ciclo a partir de uma fonte de calor a alta temperatura, além de uma nova transferência de calor para a região de temperatura intermediária.

A composição do ciclo de absorção é dada basicamente por quatro processos onde dois deles são caracterizados por trocas de calor e os outros caracterizados por trocas simultâneas de calor e massa como se segue abaixo:

- ✓ Vaporização do refrigerante no evaporador;
- ✓ Absorção do refrigerante pela solução no absorvedor;
- ✓ Separação (dessorção) do refrigerante no gerador;
- ✓ Condensação do refrigerante no condensador.

## **4 METODOLOGIA**

Essa pesquisa analisa o princípio de funcionamento dos sistemas de refrigeração à bordo das embarcações mercantes e explicar a operação e procedimentos de manutenção.

Serão analisados os documentos e manuais técnicos existentes à bordo bem como relatórios e notas complementares, justificando a importância do entendimento de funcionamento dos sistemas de refrigeração.

### **4.1 Classificação quanto aos fins:**

Esta pesquisa apresenta-se, de acordo com a classificação de Vergara (1998), como descritiva e explicativa, que aborda de forma clara conceitos teóricos aplicados aos diversos tipos de sistema de refrigeração existentes à bordo das embarcações, e explica os conceitos, relacionando-os às formas de aplicação prática para desenvolvimento de planos de manutenção e solução de problemas.

### **4.2 Classificação quanto aos meios:**

De acordo com a autora supracitada, este projeto, é uma pesquisa de campo, pois se trata de uma pesquisa em local de trabalho, com embasamento bibliográfico e documental para esclarecimento das definições e dos métodos de manutenção e condução dos sistemas atuais de refrigeração a serem utilizados e de forma participante, pois o pesquisador está inserido no contexto da referida pesquisa.

### **4.3 Delimitação da pesquisa**

O presente trabalho de pesquisa pretende fazer uma abordagem sobre as principais causas e defeitos causados pelo mau funcionamento em sistema por compressão de vapor a bordo das embarcações mercantes relatados nos últimos dez anos. Definindo assim, a evolução e melhorias dos principais métodos, técnicas, equipamentos e ferramentas de manutenção atuais para a minimização ou mitigação dos efeitos e danos às embarcações quando se tem uma falha neste tipo de equipamento e/ou sistema.

## 5 CONCEITOS

**Temperatura de saturação.** É a temperatura na qual acontece a vaporização de uma substância pura para um valor exato de pressão. Essa pressão é chamada “pressão de saturação” para a temperatura dada.

**Líquido Saturado.** Se uma substância se encontra como líquido à temperatura e pressão de saturação, diz-se que ela está no estado de líquido saturado.

**Líquido Sub-resfriado.** Se a temperatura do líquido é menor que a temperatura de saturação, para a pressão existente, o líquido é chamado de líquido sub-resfriado (significa que a temperatura é mais baixa que a temperatura de saturação para a pressão dada), ou líquido comprimido, (significando ser a pressão maior que a pressão de saturação para a temperatura dada).

**Propriedades termodinâmicas.** São características macroscópicas de um sistema, como: volume, massa, temperatura, pressão etc.

**Processo.** É uma mudança de estado de um sistema. O processo representa qualquer mudança nas propriedades da substância. Uma descrição de um processo típico envolve a especificação dos estados de equilíbrio inicial e final.

**Vapor Saturado.** Se uma substância se encontra completamente como vapor na temperatura de saturação, é chamada de “vapor saturado”, e neste caso o título é igual a 1 ou 100%, pois a massa total (mt) é igual à massa de vapor (mv).

**Vapor Superaquecido** - Quando o vapor está a uma temperatura maior que a temperatura de saturação é denominado “vapor superaquecido”. A pressão e a temperatura do vapor superaquecido são propriedades independentes, e neste caso, a temperatura pode ser aumentada para uma pressão constante. Em verdade, as substâncias que chamamos de gases são vapores altamente superaquecidos.

## **6 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO A VAPOR**

Para o perfeito entendimento deste tipo de sistema devemos pensar a nível microscópico e entender o caminho do agente refrigerante dentro do sistema e o seu comportamento quando há uma variação de pressão, tanto na sua passagem pelo dispositivo

Em função da grande dificuldade encontrada em manter os sistemas de refrigeração Será descrito abaixo as etapas que compõe o sistema.

### **6.1 Elevação da pressão**

Nos sistemas de bordo é obtida através da utilização de compressores alternativos ou rotativos, que neste processo se eleva também a temperatura.

Para a sua fácil compreensão, o compressor parafuso é classificado como: simples e duplo.

O simples era utilizado no passado competindo com os compressores alternativos e centrífugos, já o duplo tem sido introduzido com sucesso operacional atualmente.

A utilização do compressor duplo se deve ao fato da maior penetração do fuso e conseqüentemente uma carga volumétrica fornecia ao sistema bem maior do que a do simples.

O princípio de funcionamento consiste de que o gás entra pela parte superior e deixa o fuso pela parte inferior. O refrigerante já entrou no espaço vazio entre dois entre dois lóbulos adjacentes. À medida que os rotores giram, o gás deixa a região de entrada começando a ser comprimido pelo encaixe do lóbulo do rotor do macho na reentrância do rotor fêmea. A etapa final de compressão acontece quando o gás atinge a região de saída, quando é então descarregado.

Fato interessante é que o gás na vaza dos compressores durante esse processo de compressão devido a uma selagem feita com o próprio óleo lubrificante que circula no sistema (selo de óleo).

Para se evitar a redução do nível do cárter do compressor e o acúmulo de óleo no sistema há o separador de óleo, cujo objetivo é que não aconteçam esses fenômenos citados acima e comprometa a lubrificação das partes móveis do compressor.

O separador fica instalado na saída dos gases de descarga e se faz necessário um resfriamento deste reservatório para que o óleo possa voltar para o Cárter a uma temperatura adequada.

A finalidade do separador de óleo é de reduzir a quantidade de óleo no sistema e deste modo aumentar a sua eficiência. A quantidade de óleo retida no sistema pode afetar partes como o evaporador, no que diz respeito a transferência de calor e afetar o funcionamento da válvula expansora.

No separador a mistura óleo e agente refrigerante aquecido atravessa um tubo perfurado. Uma membrana coalescente oleofílica separa o refrigerante do vapor de óleo. O óleo que fica retido se precipita e fica depositado no fundo do reservatório.

O acúmulo de óleo no interior do reservatório quando atinge o nível alto faz com que uma esfera oca flutue dê a passagem para este óleo retornar para o cárter do compressor.

As partes do separador são:

Linha de retorno

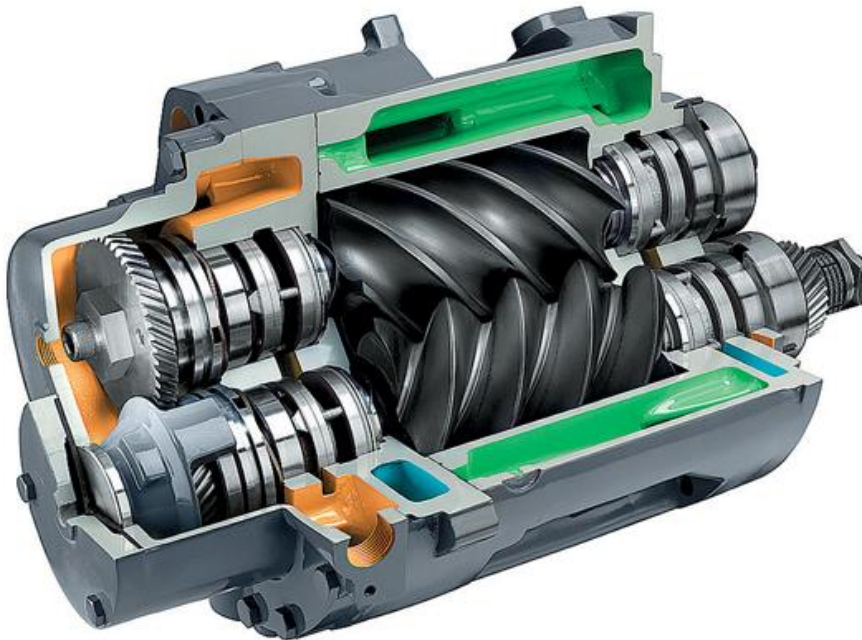
Filtros de óleo

Válvula agulha controlada por bóia

Cilindro externo revestido para impedir a condensação do vapor



Figura 1 - Compressor rotativo



Fonte: Mecatrônica (2013)

Pelas suas características de construção dos compressores alternativos podemos classificá-los como Hermético, Semi Hermético e Aberto, forma pelas quais são apresentados.

Similares aos semi-herméticos os compressores herméticos possuem motor e compressor dentro da mesma carcaça, permitindo somente acesso as entradas e saídas de refrigerantes e aos cabos de conexão elétrica.

Esses compressores têm a vantagem de se eliminar o selo de vedação e a desvantagem de redução de eficiência por conta do ganho de temperatura por conta do motor elétrico que fica dentro da carcaça.

Compressor semi-hermético é aquele que a carcaça aloja tanto o compressor quanto o motor elétrico e que se houver a necessidade de manutenção o operador terá acesso ao cabeçote para efetuar a desmontagem assim como as válvulas e os pistões.

Compressor aberto é aquele em que o eixo de acionamento atravessa a carcaça sendo, portanto, acionado por um motor exterior. É o unico tipo utilizado para sistemas com amônia, pois não permite o contato do agente refrigerante ( amônia NH<sub>3</sub> ) com o sistema, fornecendo a segurança necessária para utilização da amônia como agente refrigerante.

Figura 2 - Compressor semi-hermético



Fonte: BOCK

Figura 3 - Compressor Hermético



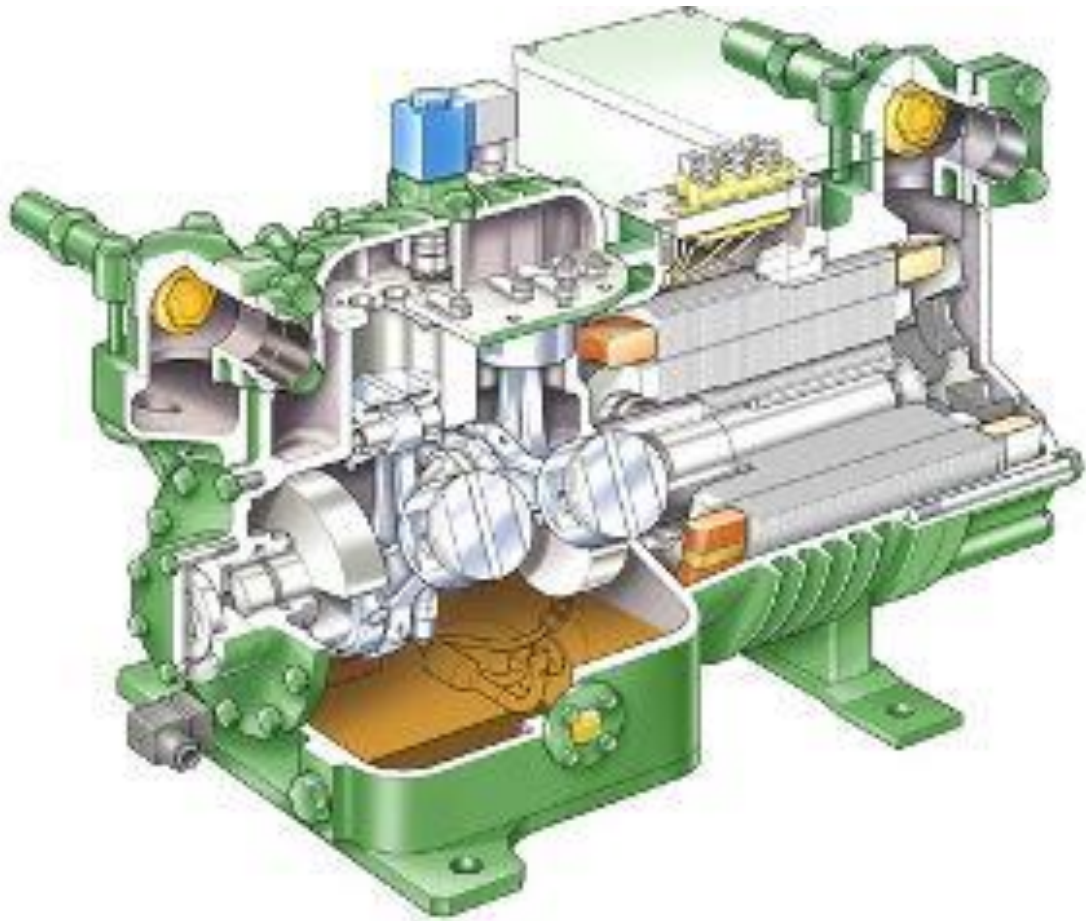
Fonte: BOCK

Compressor Aberto



Fonte: BOCK

Figura 4 - Compressor Alternativo



Fonte: Bitzer

## 6.2 Condensação

O fluido na saída do compressor na fase gasosa, necessita chegar no dispositivo de expansão como líquido em alta pressão, para isso passa por um componente do sistema denominado condensador, o qual retira o calor do agente refrigerante fazendo com que este passe da fase gasosa para a fase líquida. Em alguns sistemas o condensador é também utilizado como depósito de líquido. Como elemento de proteção da integridade deste componente destaca-se a válvula de segurança a qual alivia a pressão excedente.

O processo de resfriamento se dá da seguinte forma: por dessuperaquecimento, condensação e subresfriamento.

Dessuperaquecimento consiste na retirada de temperatura (calor sensível) fazendo com que este agente refrigerante chegue a temperatura de condensação.

Condensação consiste na retirada do calor latente, neste processo a temperatura permanece constante e a única coisa que muda é a fase, saindo da fase gasosa para a fase líquida.

Sub-resfriamento Após o processo de condensação, o líquido continua trocando calor com o ambiente. Mas agora a troca gera alteração na temperatura do líquido, fazendo com que ele se resfrie. Essa troca é realizada até o momento em que o fluido refrigerante passa pelo filtro secador e entra no dispositivo de expansão (tubo capilar ou válvula de expansão).

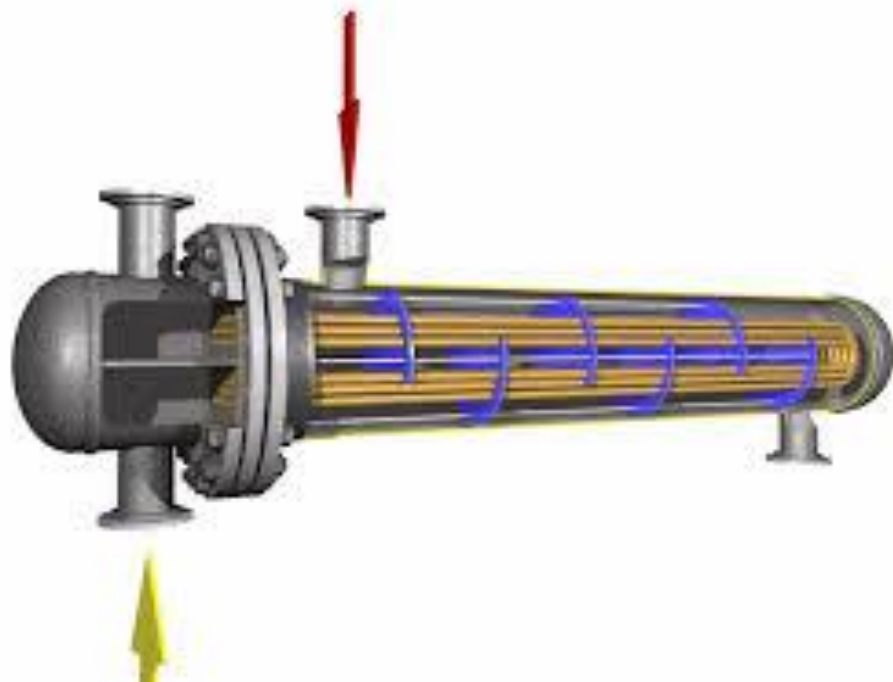
Os tipos mais comuns encontrados são os de placa e feixe tubular conforme mostrados na figura abaixo.

Figura 5 - Condensador por placas



Alfa laval

Figura 6 - Feixe Tubular



Fonte.: Alfa laval

### **6.3 Dispositivo de expansão**

São dispositivos dentro do sistema que proporcionam ao agente refrigerante uma queda de pressão e um aumento de velocidade para entrada no evaporador, com isso reduzindo a sua temperatura para que este possa haver troca calor sensível com o meio o qual se deseja refrigerar.

Uma das funções deste componente é de regular a vazão do agente refrigerante admitido ao evaporador conforme a carga térmica solicitada.

#### **6.3.1 Tipos de dispositivos de expansão**

Atualmente podemos encontrar quatro tipos de dispositivos de expansão, são eles:

- ✓ Tubo capilar
- ✓ Válvula de expansão termostática
- ✓ Válvula de expansão eletrônica
- ✓ Válvula de expansão automática

##### **6.3.1.1 *Tubo capilar***

São utilizados em sistemas de baixa capacidade de refrigeração. Sua constituição é baseada em um tubo de cobre trefilado de pequenos diâmetros variando de 0,5 a 2 mm e comprimento de 1 a 6m. são de menor custo comparados aos dispositivos de expansão encontrados atualmente no mercado, tem sido utilizado amplamente na fabricação de bebedouros, geladeiras e freezers. A principal vantagem deste componente reside no fato de não necessitar de manutenção nem ajustes, permitem cargas moderadamente constantes no evaporador assim como pressões no condensador.

Sua desvantagem é devido a sua capacidade limitada para regular o fluxo de refrigerante em resposta a variações operacionais do sistema.



Figura 7 - Tubo capilar



Fonte: Innerco (2015)

### **6.3.1.2 Válvula de expansão termostática (VET)**

A principal deste equipamento é de manter constante o superaquecimento na saída do evaporador, e agindo diretamente no controle do fluxo do agente refrigerante.

A figura abaixo representa uma válvula que controla o superaquecimento na saída do evaporador. O movimento da haste é gerado pela diferença de pressão entre a parte de cima e de baixo do diafragma.

O fluido que fica na parte de dentro do capilar vence e atua contra a pressão no evaporador para se realizar este controle.

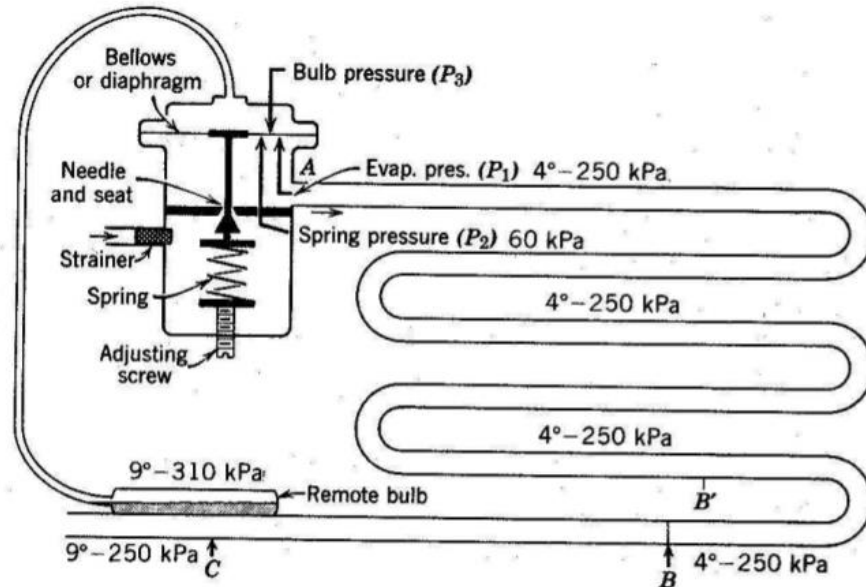
A mistura que constitui a carga do bulbo é uma mistura de líquido e vapor do mesmo refrigerante utilizado no sistema. A mola atua para fechar a válvula, de forma que, para abrir a válvula, a pressão devido a carga deve ser tal que se equivalha as forças combinadas resultantes da ação da mola e a pressão no evaporador.

Para que a válvula permita um maior fluxo de agente refrigerante para o interior do evaporador somente se a temperatura do bulbo for maior que a temperatura de saturação no interior do evaporador.

Esta válvula realiza um controle proporcional, deslocando a haste proporcionalmente a diferença do valor de controle e o valor de ajuste da válvula



Figura 8 - Diagrama utilizando uma VET



Fonte: Universidade do Paraná

### 6.3.1.3 Válvula de expansão eletrônica (VEE)

Se as cargas no evaporador forem de uma certa forma constantes.

São válvulas controladas por um motor de passo e que pode ser usadas em sistemas de ar condicionado e em equipamentos para o uso da refrigeração

Há uma diversidade de tipos e modelos que dependem da aplicação e da utilização do refrigerante.

Uma das vantagens do uso destas válvulas é a fácil montagem e a compacticidade, até mesmo onde se tem espaço limitado. Elas são capazes de realizar operação bifluxe e seu nível de consumo de energia é baixo. Sua alteração de posição ou modulação é feita através do magnetismo que atua sobre o motor de passo. As bobinas adequadas estão disponíveis para essa linha de válvulas, assim como um conversor de pulso LNE para a conversão do sinal padrão em pulsos que é necessária para o controle da válvula.

Figura 9 - Válvula de expansão eletrônica



#### 6.4 FILTRO SECADOR

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

O filtro deve ser instalado na posição vertical com a saída para baixo. Quando esta posição não for possível, pode-se montá-lo na horizontal, porém jamais deve ser montado na vertical com a saída para cima.

Com o surgimento de diversos fluidos refrigerantes alternativos, várias opções de filtros secadores foram desenvolvidos.

O filtro secador é composto por partículas dessecantes e deve ser escolhido de acordo com sua aplicação, levando em conta fluido refrigerante, pressões de trabalho e fluxo de massa.

Quando encontramos o entupimento da telinha do filtro secador e obstrução total ou parcial do capilar pelas próprias partículas do filtro, ele pode ter sido mal selecionado,

possuindo partículas dessecantes frágeis demais para aquela aplicação. Com o tempo, essa partícula que está sendo usada fora da aplicação recomendada sofre um desgaste, podendo causar o entupimento da saída do filtro secador.

Quando ocorre esse problema, devem ser consultados os catálogos dos fornecedores de filtros secadores para verificar se o produto foi aplicado de acordo com o recomendado pelo fabricante. Se a aplicação não for a correta, o filtro secador deve ser substituído por outro mais robusto, com partículas maiores.

É importante lembrar que, geralmente, filtros dimensionados para trabalhar com R600 são frágeis demais para serem usados em R134a, devido à diferença de pressão de trabalho que existe entre esses dois refrigerantes. Por isso, podem causar o problema acima mencionado.

Em outros casos, ocorre uma perda de carga no filtro secador, em função da restrição de fluxo. Isso se deve à obstrução de parte do filtro secador, causada pelo excesso de impurezas no sistema ou por ter sido escolhido um componente com pequena área de filtragem. Com a restrição de fluxo, diminui a quantidade de fluido refrigerante que passa pelo sistema, reduzindo assim a capacidade de refrigeração do sistema.

Um dos sintomas que pode ajudar a identificar esse problema é uma diferença de temperatura grande entre entrada, meio e saída do evaporador (atenção: esse sintoma não é exclusivo de problemas do filtro secador).

Se o problema constatado for mesmo de obstrução do filtro secador, o procedimento recomendado é a substituição. Quando o filtro secador for trocado por outro, é importante selecioná-lo corretamente, usando os critérios citados acima. Nunca se deve selecionar um filtro apenas pelo tamanho: filtros do mesmo tamanho podem ter capacidades e desempenhos diferentes, dependendo do fabricante.

Outra possível causa desse problema é a elevada umidade no sistema. Misturada ao óleo éster, a umidade forma um ácido corrosivo, prejudicial aos dessecantes e aos componentes do sistema.

Figura 10 - Parte interna do filtro secador



Fonte: Danfoss

Figura 11 - Filtro secador de outro modelo



Fonte: Danfoss

## 6.5 VISOR DE LÍQUIDO

Para a verificação de presença de umidade nos sistemas de ar condicionado e frigorífica tem- se os indicadores de líquido, que em seu interior constam três indicações em seu interior que são; fluido seco, fluido úmido e atenção.

Para cada indicação no visor se tem uma respectiva cor para a fácil identificação.

Indicam a presença de umidade através da mudança de coloração, sendo que a umidade aceitável será indicado pela cor verde e a cor amarela indicará que o sistema está saturado.

Quando o indicador de umidade indicar (amarelo), o filtro secador deverá ser trocado circuito frigorífico onde é permitido uma visualização interna do sistema e onde muitas informações são possíveis de serem captadas.

Com a constante busca de redução de custos, algumas vezes fabricantes e mecânicos de refrigeração, têm suprimido a utilização deste componente, porém os malefícios provocados pela não existência do visor de líquido serão enormes.

Figura 12 - Visor de líquido



Fonte: MundoHvacr

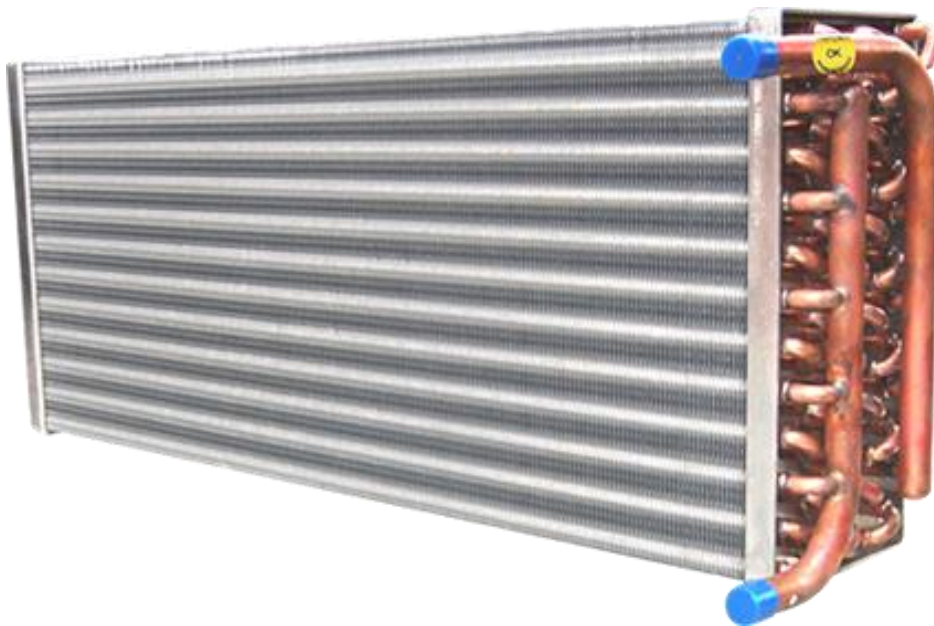
## 6.6 EVAPORADOR

O evaporador é um trocador de calor que absorve o calor para o sistema de refrigeração. Ele recebe líquido refrigerante frio, de baixa pressão vinda do dispositivo de expansão e através da absorção do calor de alguma substância, vaporiza-o em seu interior. Essa substância pode ser o ar, água, outro fluido ou até mesmo um sólido. Existem muitos tipos de evaporadores. Classificaremos-nos conforme o método utilizado para controlar o refrigerante.

Da mesma forma que o condensador, o evaporador troca calor com outro fluido. Neste trocador de calor o agente refrigerante que está dentro do evaporador troca calor com o meio.

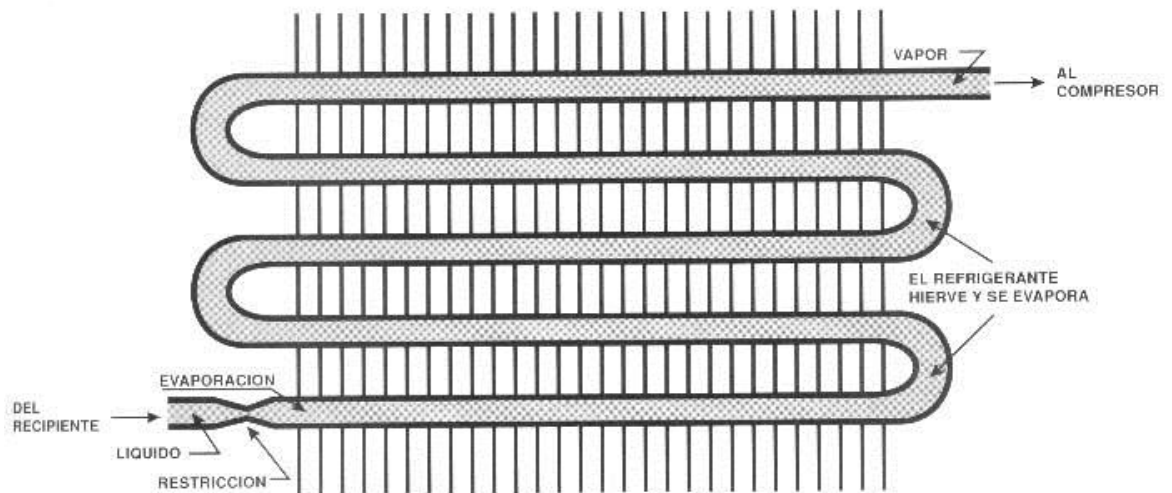
Assim, o fluido refrigerante, que está no estado líquido, se transforma em vapor. Enquanto isso, por ter absorvido o calor, o evaporador manterá uma temperatura adequada no gabinete do refrigerador. Em um evaporador para resfriamento de ar, o fluido frigorífico ao vaporizar no interior de tubos, aletados ou não, resfria diretamente o ar que escoar pela superfície externa do trocador de calor. O ar frio é então utilizado para resfriar os produtos contidos em uma câmara, balcão frigorífico, sala climatizada, etc.

Figura 13 - Evaporador



Fonte

Figura 14 - Evaporador



Fonte: tecnicosuport

### 6.6.1 Evaporação direta

Na evaporação direta temos uma válvula de expansão termostática com um bulbo sensor colocado na saída do evaporador, este bulbo é usado a medida que o sistema necessite de mais vazão de refrigerante para o interior do evaporador.

Este controle de vazão é feito sempre que o bulbo sensor perceber um superaquecimento do agente refrigerante, isso significa aumento da carga térmica do sistema, então a válvula se abre e faz o controle do superaquecimento do sistema.

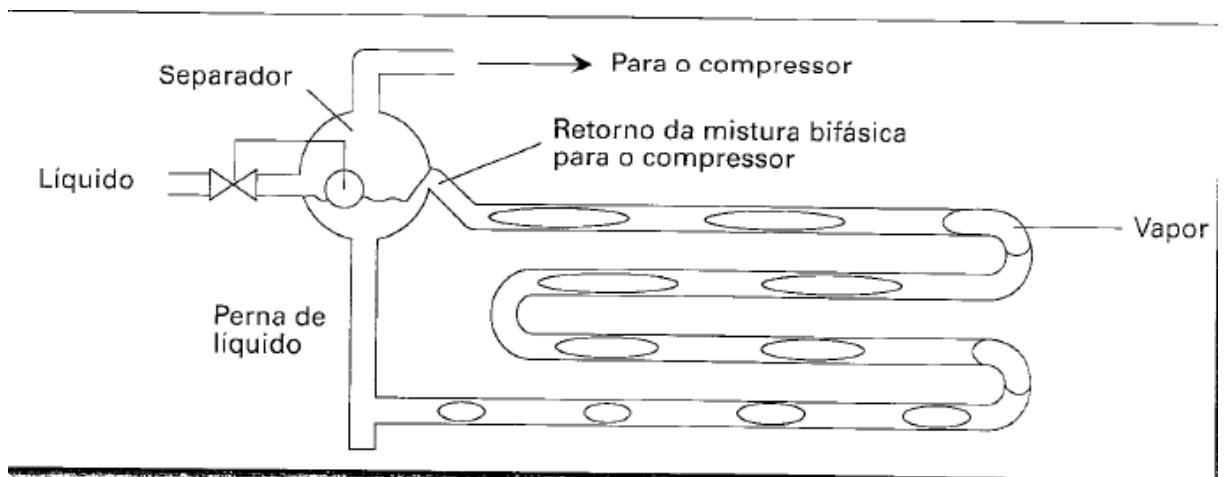
### 6.6.2 Evaporação inundado

Para que haja a circulação do agente refrigerante na parte interna do evaporador inundado, deve-se ter um peso de coluna na perna de líquido gerando um peso de coluna

líquida em relação aos tubos do evaporador. O refrigerante líquido é circulado a uma taxa superior àquela que se evapora. Essa taxa deve ser superior à evaporação para que se tenha um alto coeficiente de transferência de calor.

O vapor que fica na parte de cima do separador de líquido, está pronto para ir para sucção do compressor. Para se evitar o alagamento do separador de líquido e/ou um recebimento descontrolado de agente refrigerante para o seu interior temos, uma válvula controladora de nível que realiza a função de manter tanto o volume de líquido quanto o

Figura 15 - Evaporador inundado



Fonte: Refrigeração Industrial



## 7 DIAGRAMA DE MULLIER

Após a conhecimento dos equipamentos acima torna-se possível identificar e compreender as informações contidas no diagrama de mollier.

As etapas do compressor, condensador, dispositivo de expansão e o evaporador assim como o estado antes e depois de cada equipamento deste.

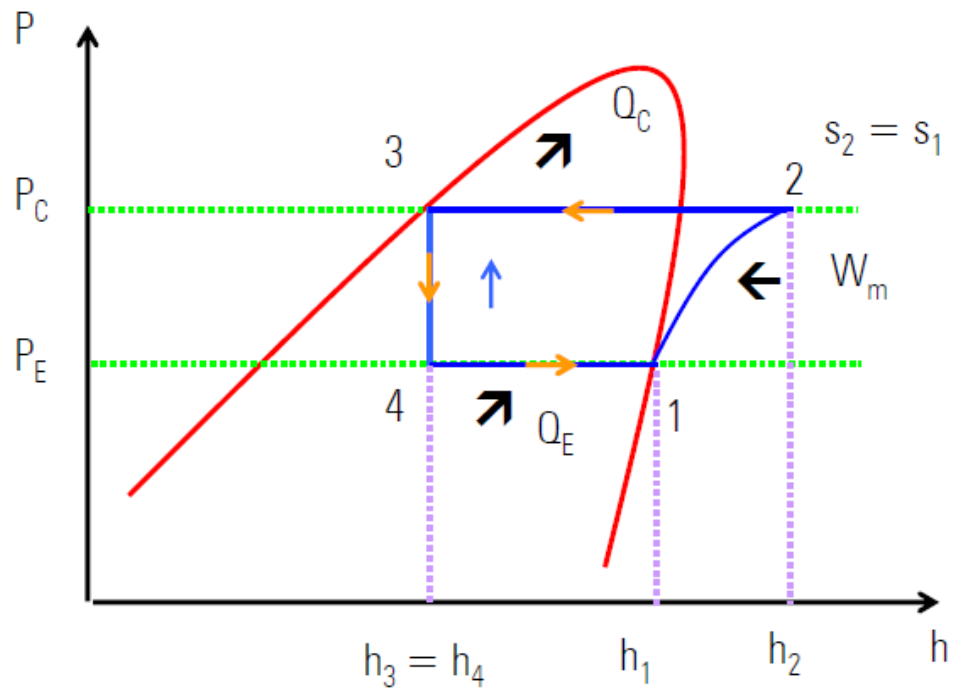
Os processos termodinâmicos que constituem o ciclo teórico em seus respectivos equipamentos são:

a) Processo 1→2. Ocorre no compressor, sendo um processo adiabático reversível e, portanto, isentrópico, como mostra a Figura 2.1. O refrigerante entra no compressor à pressão do evaporador ( $P_o$ ) e com título igual a 1 ( $x = 1$ ). O refrigerante é então comprimido até atingir a pressão de condensação ( $P_c$ ) e, ao sair do compressor está superaquecido à temperatura  $T_2$ , que é maior que a temperatura de condensação  $T_C$ .

b) Processo 2→3. Ocorre no condensador, sendo um processo de rejeição de calor, do refrigerante para o meio de resfriamento, à pressão constante. Neste processo o fluido frigorífico é resfriado da temperatura  $T_2$  até a temperatura de condensação  $T_C$  e, a seguir, condensado até se tornar líquido saturado na temperatura  $T_3$ , que é igual à temperatura  $T_C$ .

c) Processo 3→4. Ocorre no dispositivo de expansão, sendo uma expansão irreversível entalpia constante (processo isentálpico), desde a pressão  $P_C$  e líquido saturado ( $x=0$ ), até a pressão de vaporização ( $P_o$ ). Observe que o processo é irreversível e, portanto, a entropia do refrigerante na saída do dispositivo de expansão ( $s_4$ ) será maior que a entropia do refrigerante na sua entrada ( $s_3$ ).

d) Processo 4→1. Ocorre no evaporador, sendo um processo de transferência de calor pressão constante ( $P_o$ ), conseqüentemente a temperatura constante ( $T_o$ ), desde vapor úmido (estado 4), até atingir o estado de vapor saturado seco ( $x=1$ ). Observe que o calor transferido ao refrigerante no evaporador não modifica a temperatura do refrigerante, mas somente muda sua qualidade (título), (UNIVAST, CASTRO JOSÉ)



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

MARTINELLI JUNIOR, LUIZ CARLOS, Refrigeração e ar Condicionado- Parte I e Parte II- UNIJUÍ;

MARTINELLI JÚNIOR, L. C. et al. Sistema de Ar Condicionado por Absorção para indústria, 2004;

RAMOS, ROBERTO GRANDELLE, “Projeto de um Sistema de Refrigeração e Climatização em um Supermercado utilizando CO2 como Refrigerante”, Escola Politécnica do Estado do Rio de Janeiro.

SILVA, J. G. Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização. 1ª edição. Editora Artliber, São Paulo, 2003;

SILVA, JOSÉ DE CASTRO , ANA CRISTINA G. CASTRO, Refrigeração e Climatização para Técnicos e Engenheiros, 1a edição. Editora Ciência Moderna, 2008.

STOECKER, W. F. *et. al.* Refrigeração industrial. 2. Ed. Edgard Blüncher LTDA, São Paulo, 2002;

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em Administração. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

<http://www.mecatronicaatual.com.br/artigos/970-aplicao-de-conversores-de-freqncia-em-compressores>

Acesso: 18/05/2015

<http://www.friotech.com.br/friotech.html>

Acesso: 17/05/2015

[http://professor.unisinos.br/mhmac/Refrigeracao/disposit\\_exp.pdf](http://professor.unisinos.br/mhmac/Refrigeracao/disposit_exp.pdf)

Acesso: 16/05/2015

<http://www.innerco.com>

Acesso: 19/05/2015

<http://pt.slideshare.net/lcmartinelli1/07-dispositivos-de-expanso>

acesso: 19/05/2015