

D.01.01 – Fundamentos de Refrigeração

Refrigeração e Condicionamento de Ar

Prof. C. Naaktgeboren, PhD



<https://github.com/CNThermSci/ApplThermSci>

Compiled on 2021-02-16 01h48m32s UTC



1 Sistemas e Processos de Refrigeração

- Introdução
- Classificação dos Sistemas
- Processos de Refrigeração

2 Aplicações de Refrigeração

- Classificação por Capacidade
- Classificação por Aplicação

3 Referências e Tópicos de Leitura



Esta apresentação baseia-se primordialmente na referência [1], **Capítulo 1** (tópico de leitura).



Introdução à Refrigeração

- Refrigeração é a ação de remoção de calor de um corpo ou espaço fechado com o propósito de reduzir sua temperatura;
- Sistemas de refrigeração fazem isso criando uma superfície fria para troca de calor com o sistema a ser resfriado;
- Devido à segunda lei da termodinâmica, a superfície fria deve ser de menor temperatura em relação àquela objetivada para o sistema a ser resfriado.

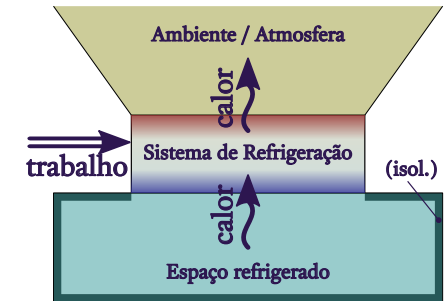


Introdução à Refrigeração

- Em regime permanente, o sistema de refrigeração não acumula energia térmica (interna); assim, o calor retirado do espaço refrigerado é transferido para um meio externo;
- Sistemas de refrigeração fazem isso criando uma superfície quente para troca de calor com o meio externo;
- Devido à segunda lei da termodinâmica, a superfície quente deve ser de maior temperatura em relação ao meio externo.
- Também pela segunda lei, a operação do sistema de refrigeração não ocorre espontaneamente, havendo a necessidade de fornecimento de trabalho.

Introdução à Refrigeração

- O esquemático ilustra um refrigerador genérico;
- Sistemas e interações energéticas são identificados;
- As cores empregadas são indicativas de temperatura.



autoria própria

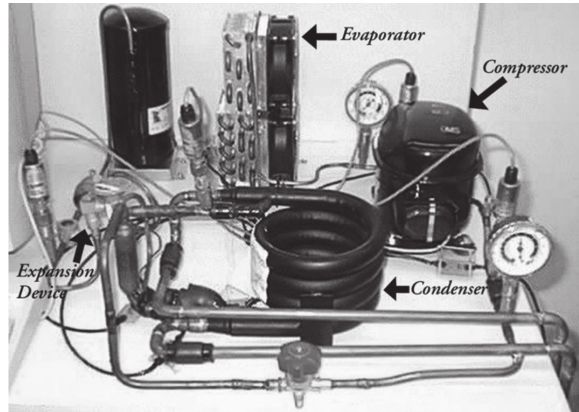
Tipos de Sistemas de Refrigeração

Dentre os tipos de sistema de refrigeração, destaca-se:

- Sistemas de compressão de vapor;
- Sistemas à ar ou à gás;
- Sistemas de absorção;
- Sistemas termo-elétricos;
- Resfriadores evaporativos.

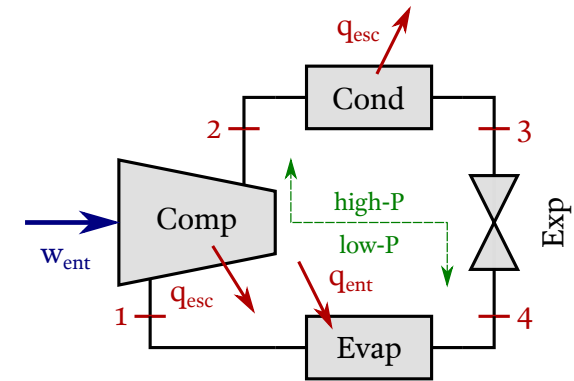
Sistemas por Compressão de Vapor

- É o tipo atualmente mais comumente utilizado na atualidade;
- O fluido de trabalho de tais sistemas é chamado de refrigerante;
- Em tais ciclos os refrigerantes mudam de fase entre líquido e vapor;
- Os principais componentes são: evaporador, compressor, condensador e dispositivo de expansão;
- Um pequeno sistema (ciclo) é ilustrado a seguir:



Photograph courtesy of the University of Idaho

Sistema simples de refrigeração por compressão de vapor.
Fonte: referência [1]

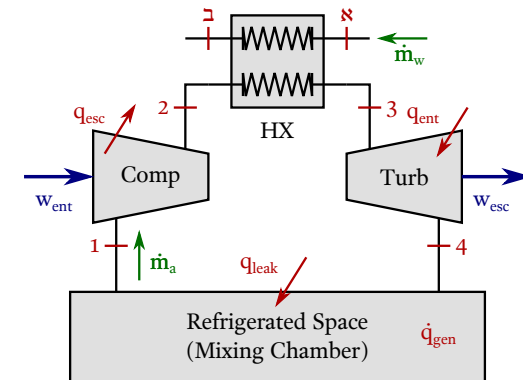


Esquemático de sistema de refrigeração por compressão de vapor.
Fonte: autoria própria



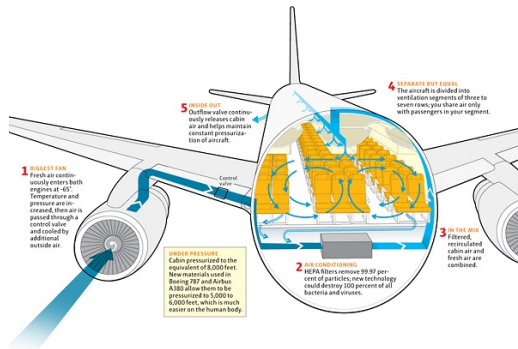
Sistemas a Ar (Gás)

- O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;
- Nos sistemas a gás, o fluido de trabalho não muda de fase, sendo sempre um gás;
- Processos incluem o de (i) **compressão** de ar, no qual a sua temperatura **aumenta**;
- (ii) **troca de calor** (sensível) para a atmosfera, no qual a sua temperatura **diminui**;
- (iii) **expansão** em um dispositivo que recupera **trabalho**, que provoca a **redução** da temperatura do ar;
- (iv) **mistura** do ar expandido com aquele do espaço refrigerado, ou seja: **injeção** de ar frio diretamente no espaço refrigerado.
- Sistemas e variantes são ilustrados a seguir:

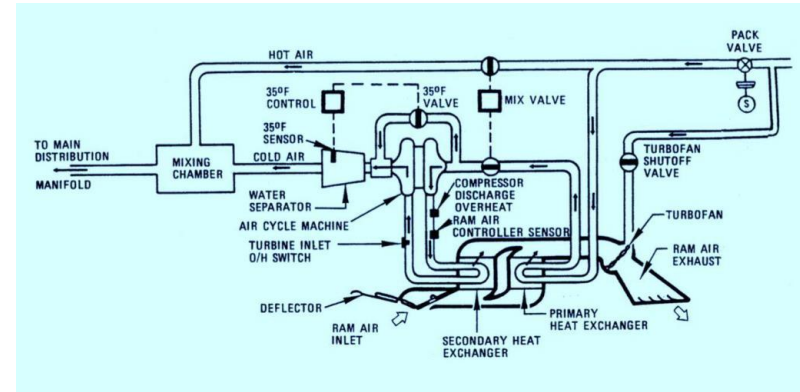


Esquemático de sistema de refrigeração a ar.
Fonte: autoria própria

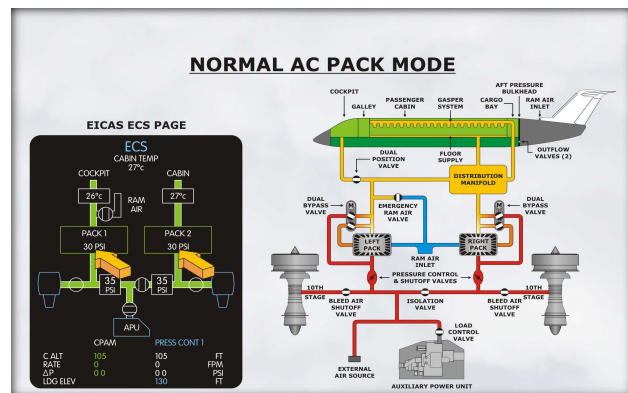




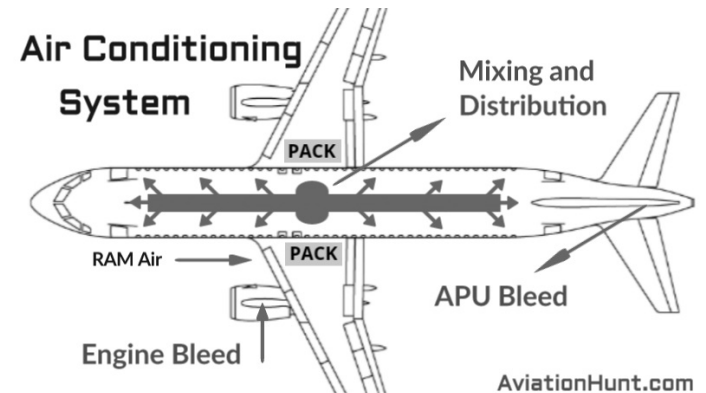
<https://i.pinimg.com/736x/dc/32/a9/dc32a9489de46dd04afc0e2cb041c798.jpg>



<https://www.keyshome.com/wp-content/uploads/2019/04/environment-control-systems-in-aircraft-1024x507.jpg>



<https://i.stack.imgur.com/j1w8w.jpg>



<https://www.aviationhunt.com/wp-content/uploads/2019/04/airplane-ac.jpg>



Sistemas de Absorção

- Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;
- Porém, sistemas de absorção trocam compressão de gás por bombeamento de líquido;
- Isto evidentemente economiza trabalho;
- Porém exige fornecimentos e retiradas de calor extras na absorção e geração do vapor;
- Tais sistemas utilizam fluidos refrigerante e absorvente;
- Variantes mais comuns: (i) NH_3 em H_2O e (ii) H_2O em LiBr ;
- Solubilidade do refrigerante no absorvente é função da temperatura.

Sistemas de Absorção – Solubilidade de NH_3 em H_2O



<https://www.youtube.com/watch?v=W07V6TMQu8g>

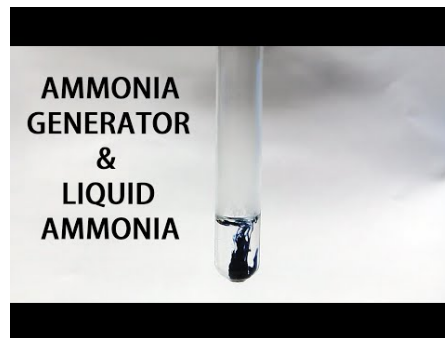


<https://www.youtube.com/watch?v=LjJ328a6ldU>

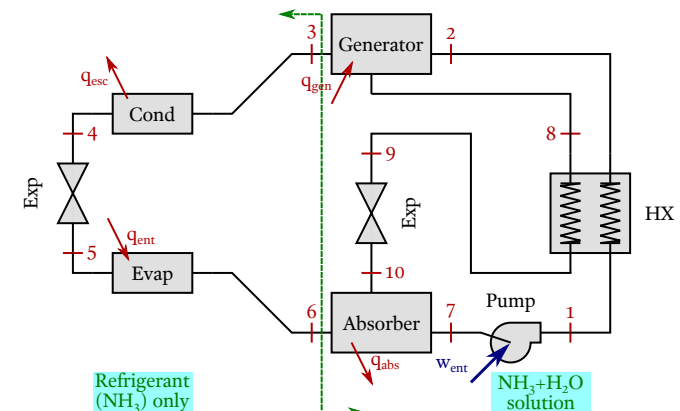
Sistemas de Absorção – Solubilidade de NH_3 em H_2O



<https://www.youtube.com/watch?v=vvg9e0fsPcjk>



<https://www.youtube.com/watch?v=g8okrNSlask>



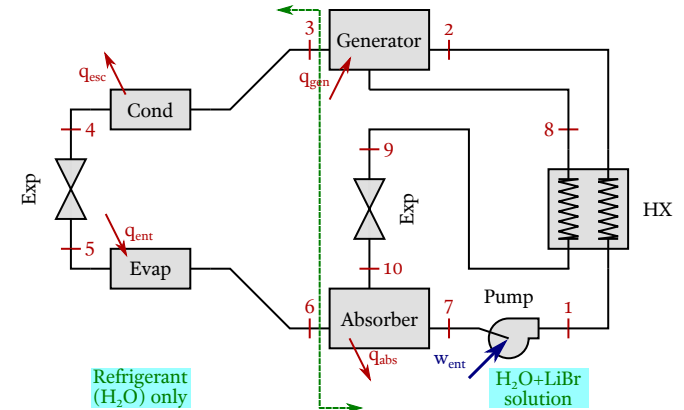
Esquemático de sistema de refrigeração por absorção Água-Amônia.
Fonte: autoria própria

Table I. Crystallization Points of Aqueous Lithium Bromide Solutions at 1 atm.

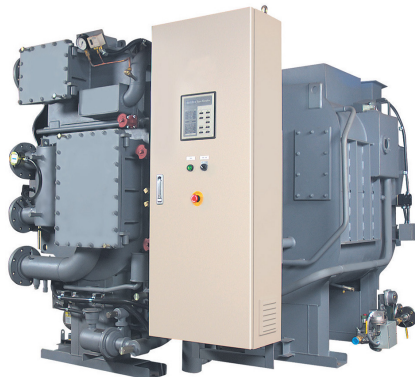
Temperature (K)	Concentration of Lithium bromide (%)
309.15	64.01
301.15	61.64
288.15	59.30
269.65	56.65
260.15	53.98
251.15	52.20
242.15	50.49

Sistema simples de refrigeração por compressão de vapor.
Fonte: referência [2]

Prof. C. Naaktgeboren, PhD D.01.01 – Fundamentos de Refrigeração



Prof. C. Naaktgeboren, PhD D.01.01 – Fundamentos de Refrigeração



<https://en.ahi-carrier.gr/wp-content/uploads/2020/04/16DJ-Absorption-Chiller.jpg>

Prof. C. Naaktgeboren, PhD D.01.01 – Fundamentos de Refrigeração

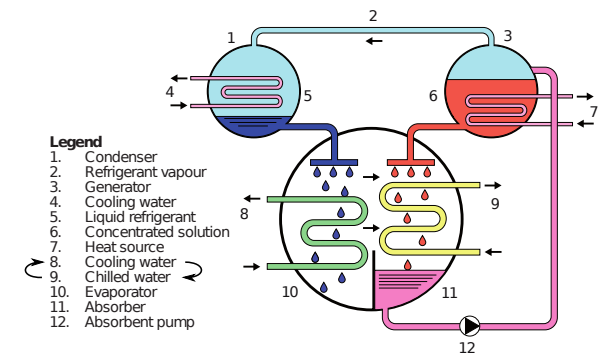


Figure 1 - Simplified absorption cycle

Ciclo de absorção LiBr-água simplificado.
Fonte: <https://www.en.ahi-carrier.gr/wp-content/uploads/2017/10/PSD-16DJ-11-82.pdf>

Prof. C. Naaktgeboren, PhD D.01.01 – Fundamentos de Refrigeração

Sistemas Termo-Elétricos

- Exploram o efeito Peltier;
- Resfriamento e aquecimento de junções semicondutoras dissimilares;
- Pela passagem de corrente elétrica, i.e., trabalho elétrico.
- Superfície fria pode absorver calor do espaço refrigerado;
- Superfície aquecida pode transferir calor ao ambiente;
- Sistemas práticos utilizam juntas semicondutoras em série ($\uparrow \Delta T$).



Photograph courtesy of Thermoelectric Cooler of America, Inc.

(a)

(b)

Figure I-5 Thermoelectric coolers in two configurations: (a) with a flat cold plate and (b) using an air fan.

Sistema simples de refrigeração por compressão de vapor.
Fonte: referência [1]



<https://eeneews.cdntartwhere.eu>



<https://ae01.alicdn.com>



<https://cdn.shopify.com>



<https://www.thewrightbuy.co.uk>

Resfriadores Evaporativos

Coluna com 55% de largura:

- Item 1;
- Item 2;
- Item 3.

Coluna com 45% de largura.



Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor

- Definições;
- Item 2;
- Item 3.

Ciclo Bomba de Calor

- Definições;
- Item 2;
- Item 3.

O Ramo de Refrigeração

- Doméstico, menos de 20 kW;
- Comercial, mais de 20 kW;
- Industrial, de pequeno a muito grande.

Aplicações de Refrigeração

- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular;
- Condicionamento de ar de médios e grandes edificações;
- Transporte de cargas;
- Refrigeração residencial;
- Refrigeração de máquinas de venda;
- Ar-condicionado industrial;
- Refrigeração industrial;

Ar-condicionado Industrial

- Item 1;
- Item 2;
- Item 3.

Refrigeração Industrial

- Item 1;
- Item 2;
- Item 3.

Referências – I

- [1] D. L. Fenton.
Fundamentals of refrigeration: A course book for self-directed or group learning.
ASHRAE, second edition edition, 2016.
- [2] R. Peters, R. Busse, and J. U. Keller.
Solid-liquid equilibria in the systems NH₃-H₂O-LiBr and H₂O-LiBr at p=1 atm in the range from -35 to 80°C.
International Journal of Thermophysics, 14(4):763–775, 1993.