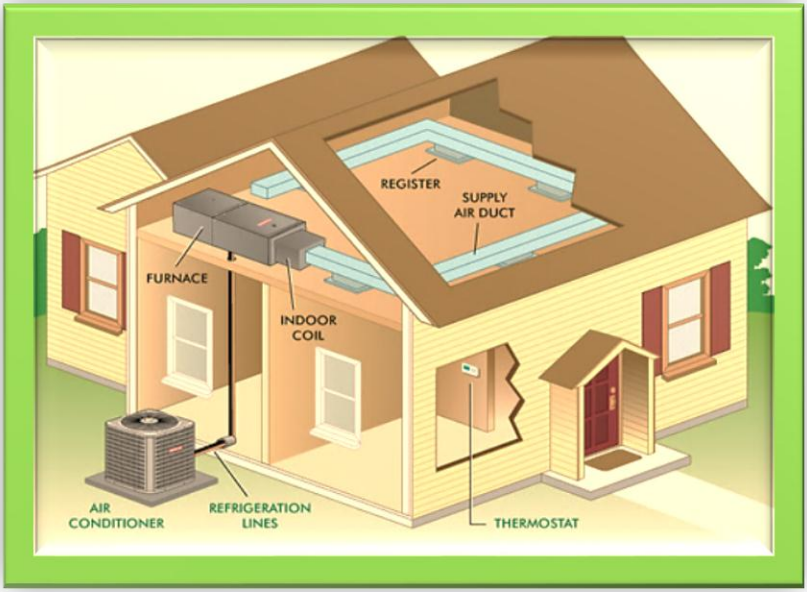
Jurandir Primo

AR CONDICIONADO - HVAC
CÁLCULOS & APLICAÇÃO



Eng. Jurandir Primo
Msc in Mechanical Engineering

Ar Condicionado- HVAC
Cálculos e Aplicação

Jurandir Primo
Copyright @ 2020

Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP

Primotech - Engineering Manuals

Primo, Jurandir

Ar Condicionado, Ventilação, Sistemas Industriais;

Índice para pesquisas: Ar Condicionado, Ventilação, Sistemas Industriais

ISBN:

Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão, diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor, para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em engenharia e tecnologia.

O autor permite que todas as partes do livro possam ser copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais, instrutivos e treinamento técnico.

Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar solicitação para:

primotechcourses@hotmail.com

INDICE:

1.0 – INTRODUÇÃO

2.0 – CALOR E TEMPERATURA

3.0 - CONCEITOS BÁSICOS DE TERMODINÂMICA:

4.0 – CONVERSÕES DE UNIDADES DE ENERGIA:

5.0 - TONELADAS DE REFRIGERAÇÃO (TR):

6.0 - TAXA METABÓLICA:

7.0 - TRANSFERENCIA DE CALOR:

8.0 - CONCEITOS DE PSICROMETRIA:

9.0 - CÁLCULOS DE PERDAS DE CALOR:

10.0 - CLTD/SCL/CLF - MÉTODOS DE CÁLCULO DE CARGA:

11.0 - REVISÃO DE DADOS DE PROJETO PARA HVAC:

12.0 - CÁLCULOS DE DUTOS PARA HVAC:

13.0 - PROPRIEDADES PARA CÁLCULOS DE AGUA E AR:

14.0 - CHILLERS E EQUIPAMENTOS DE MANUSEIO DE AR (AHU):

15.0 - REFRIGERANTES PARA RESFRIAMENTO:

16.0 – SOFTWARES E SIMULADORES:

16.0 - LINKS E REFERENCIAS:

INTRODUÇÃO:

HVAC é a tecnologia de conforto ambiental interno e veicular. HVAC (pronuncia-se "H-V-A-C" ou, ocasionalmente, "H-vak") é um acrônimo para "**H**eating, **V**entilation and **A**ir **C**onditioning" (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado). O HVAC às vezes é referido ao controle climático como um processo de tratamento do ar para controlar sua temperatura, umidade, limpeza e distribuição para atender aos requisitos do espaço condicionado.

Seu objetivo é proporcionar conforto térmico e qualidade de ar interior aceitável. O projeto do sistema HVAC é uma subdisciplina da engenharia mecânica, baseada nos princípios da termodinâmica, mecânica de fluidos e transferência de calor. A "refrigeração" às vezes é adicionada à abreviação do campo, já que designação também podem ser HVAC & R ou HVACR.

O HVAC é uma parte importante das estruturas residenciais, como casas familiares individuais, edifícios de apartamentos, hotéis e instalações de convivência de idosos, edifícios industriais e de escritórios de médio a grande porte, como arranha-céus e hospitais, veículos como carros, trens, aviões, navios e submarinos, e em ambientes marinhos, onde condições de construção seguras e saudáveis são reguladas em relação à temperatura e umidade, usando ar fresco como o ar livre.

Ventilação ou ventilação é o processo de troca ou substituição de ar em qualquer espaço para fornecer alta qualidade do ar interior que envolve controle de temperatura, reposição de oxigênio e remoção de umidade, odores, fumaça, calor, poeira, bactérias aéreas, dióxido de carbono e outros gases. A ventilação remove cheiros desagradáveis e umidade excessiva, introduz ar externo, mantém o ar de construção interior circulando e evita a estagnação do ar interior.

O termo **ventilação** é aplicado a processos que fornecem ar ou removem o ar de um espaço por meios naturais ou mecânicos. Esse ar pode ou não ser condicionado. Um sistema de ar condicionado tem que lidar com uma grande variedade de entradas de energia e saídas dentro e fora do edifício onde é usado.

A ventilação muitas vezes refere-se à entrega intencional do ar externo ao ambiente interno do edifício. É um dos fatores mais importantes para manter a qualidade do ar interior aceitável nos edifícios. Os métodos para ventilação de um edifício são divididos em tipos mecânicos/forçados e naturais.

A indústria de Ar Condicionado - HVAC - tem sido historicamente regulamentada por organizações e padrões como a ASHRAE, (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) a SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association), Código Mecânico Uniforme, Código Internacional de Construção e a AMCA, (Air Movement and Control Association) estabelecidas para apoiar o desenvolvimento de procedimentos industriais e incentivar altos padrões.

O objetivo de um sistema de ar condicionado - HVAC também é fornecer **condições térmicas** interiores onde a maioria dos ocupantes achará aceitável. Isso simplesmente requer que o ar seja movido a uma velocidade adequada através de equipamentos adequados. No entanto, o conforto dos ocupantes exigirá que um sistema HVAC adicione ou remova o calor de acordo com os espaços disponíveis de construção. A ASHRAE Brasil em sua última conferencia (2020) indica que "*compreender a poderosa influência do ar interior sobre os seres humanos não é apenas teoricamente interessante; tornou-se um tópico urgente para todos nós, para melhorar a própria saúde, produtividade e aprendizado*". Os principais **termos técnicos** básicos são:

CALOR E TEMPERATURA:

• **Calor:** Pode ser definido como energia de um objeto que está em alta temperatura para um objeto de temperatura mais baixa. Esta transferência de calor pode ocorrer pelos mecanismos de **condução, convecção e radiação**.

• **Calor Sensível:** É o tipo de calor que aumenta a temperatura **do ar**. Significa a expressão da excitação molecular de uma dada massa de sólido, líquido ou gás.

• **Calor Latente:** É o calor presente no aumento da umidade do ar, através da mudança da matéria de sólido para líquido ou líquido para gás. O calor necessário para mudar de sólido para líquido é chamado de **calor latente de aquecimento**, e o que é necessário para mudar de líquido para gás é chamado de **calor latente de vaporização**.

• **Entalpia:** É a soma de calor sensível e latente de uma substância, por exemplo, o ar em nosso ambiente é na verdade uma mistura de **ar e vapor de água**. Se a entalpia do ar e a condição de conforto desejada também são conhecidas, a **diferença** entre eles é a entalpia que deve ser adicionada (por aquecimento ou umidificação) ou removida (por resfriamento ou desumidificação).

• **Temperatura:** É a medida do grau de intensidade de calor. A diferença de temperatura entre dois pontos indica o potencial do calor para se mover do ponto mais quente para o ponto mais frio. A unidade no sistema inglês é em **Fahrenheit**, e no Sistema Internacional (SI) é em **Celsius**.

• **Temperatura de Bulbo Seco (DB):** A temperatura de bulbo seco (t) do ar é a temperatura **medida** com um termômetro comum. A temperatura de bulbo seco é a temperatura do ar é me-

dida por um **termômetro** livremente exposto ao ar, mas protegido da radiação e umidade, especificamente, é uma medida da intensidade da energia cinética das moléculas no ar. É uma das "*variáveis climáticas mais importantes para o conforto humano e a eficiência energética da construção*".

• **Temperatura de Bulbo Úmido (WB):** A temperatura de bulbo úmido é a temperatura mais **baixa** que pode ser alcançada apenas pela **evaporação** da água. É a temperatura que se sente quando a pele está molhada e está exposta a movimentação de ar, especificamente, é a temperatura que o ar teria se parte de sua energia fosse usada para evaporar a quantidade de água para ficar totalmente saturada.

• **Temperatura de Ponto de Orvalho:** É a temperatura em que a condensação começa quando o ar é resfriado.

• **Umidade Relativa (RH):** É a relação entre a **quantidade** de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na **mesma** temperatura (ponto de saturação) ou pressão real de vapor da mistura de vapor de ar/pressão do vapor de água quando o ar está completamente **saturado** na mesma temperatura de bulbo seco x 100 (%).

• **Pressão de Vapor:** É a pressão exercida pelo **movimento** de moléculas de **vapor de água**. A pressão de vapor é a pressão exercida por um vapor quando este está em equilíbrio termodinâmico com o líquido que lhe deu origem, ou seja, a **quantidade** de líquido que **evapora** é a mesma que se **condensa (**primeira **Lei da Termodinâmica** do princípio de conservação de energia). A pressão de vapor é uma medida da tendência de evaporação de um líquido, mas que depende da quantidade de vapor de água no ar e da temperatura do ar.

CONCEITOS BÁSICOS DE TERMODINÂMICA:

O maior problema da termodinâmica é que, o estudante, iniciante ou mesmo um profissional possa aprender e reconhecer **calor, trabalho, força, energia, energia** e outros termos técnicos. Por isso, é muito importante lembrar alguns conceitos abaixo:

Cal: O "*Cal - caloria*" é a unidade padrão do Sistema Internacional (SI) de medição para calor. Uma (1,0) **caloria** é a quantidade de energia necessária para **elevar** a temperatura de **um grama** de **água** de 14,5°C para 15,5°C sob pressão atmosférica no padrão de **1,033 Kg/cm²** (14,7 psi).

Btu - British Thermal Unit: O "*Btu*" (Unidade Térmica Britânica) é a unidade padrão inglesa de medição para calor. Um (1,0) **Btu** é a quantidade de energia necessária para **elevar** a temperatura de uma **libra** (0,453 kg) de **água** de 58,5°F para 59,5°F sob pressão no padrão de **30 polegadas de mercúrio** (14,7 psi).

CONVERSÕES DE UNIDADES DE ENERGIA:

Unidade	Multiplique por	Para obter
1 Btu	0.252	kcal
	107.7	Kgf.m.
	778.7	ft.lbf
1 Cal	0.00396	Btu
	0.00000116	kW.h
1 kcal	1000	cal
	3.9604	Btu
1 Watt (W)	0.001	kW
	0.00134	hp
	0.0002387	kcal/s.
	44.2	ft.lbf/min.

1 Watt (W)	0.000948	Btu/s.
	0.000284	ton (refrig.)

Unidade	**Multiplique por**	**Para obter**
1 Btu/s	0.3002	ton (refrigeração)
	1.055	kW
	1.435	hp
	106.6	kgf.m/s
	778.8	ft.lbf/s
1 joule/kilograma/K = J/(kg.K) = 1 joule/kilograma/°C = J/(kg.°C) =	0.001	kilojoule/kilograma/°C = kJ/(kg.°C)
	0.000239	kilocaloria /kilograma/°C = kcal/(kg.°C)
	0.000239	Btu/pound/°F = Btu/(lb.°F)
	0.000423	Btu/pound/°C = Btu/(lb.°C)
1 Btu/pound/°F = Btu / (lb.°F)	1.8	Btu/pound/°C = Btu/(lb.°C)
	4186.8	joule/kilograma/°C = J/(kg.°C)
	4.1868	kilojoule/kilograma/°C = kJ/(kg.°C)
	778.2	Libra-força pé/libra/°R

Obs.:

1.0 Watt-Hora = 0,000948 (Btu/s) x 60 x 60 = **3,412 Btu/h**;
1.0 Btu/h = **0,293 Watt/h** = 0,000293 kW/h = **0,252 kcal/h**.

• **Celsius:** Também conhecido como **centígrado**, é a escala de temperatura que leva o nome do cientista sueco **Anders Celsius** (1701-1744), que desenvolveu uma escala de temperatura semelhante dois anos antes de sua morte. Em seguida, nominalmente, **0°C** foi definido como o **ponto de congelamento da água** e **100°C** foi definido como o **ponto de ebulição da água**, ambos sob pressão da atmosfera padrão de **1.033 Kg/cm².**

Obs.: Peso específico da água = **1,0**

• **Fahrenheit:** É a escala de temperatura proposta em 1724 pelo físico **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686-1736). Na escala Fahrenheit, o **ponto de congelamento da água** é de **32°F** e o **ponto de ebulição da água** é de 212°F na pressão atmosférica padrão de **30 polegadas de mercúrio** ou **14,7 psi**.

• **Pressão (P):** É a força unitária aplicada em uma direção perpendicular à área de um objeto (Força / Área). A pressão absoluta (também considerada como gage pressure) é a pressão relativa à pressão atmosférica ou ambiente local.

Unit	Pascal (Pa)	bar (bar)	atmosphere (atm)	Torricelli (Torr)	pound-force por pol. quadrada (psi)
1 Pa	1 **N/m²**	0.00001	0.000009867	0.0075006	0.000145
1 bar	100000	106 dyn/cm^2	0.9867	750	14.5
1 at	98066	0.980665	0.968	735.5	14.223
1 atm	101325	1.01325	**1 atm**	760	14.7
1 torr	133.322	0.013332	0.0013158	**1 mmHg**	0.0193
1 psi	0.006894	0.068948	0.068046	51.72	**1 lbf/in²**