

SCHUERMANN

APOSTILA DE AR COMPRIMIDO

1. **HISTÓRICO.....Pág. 01 a 05**
2. **COMPRESSORES.....Pág. 06 a 10**

1 - HISTÓRICO

O termo pneumática é derivado do grego *Pneumos* ou *Pneuma* (respiração, sopro) e é definido como parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da conversão da energia pneumática em energia mecânica através dos respectivos elementos de trabalho.

O ar comprimido é provavelmente uma das mais antigas formas de transmissão de energia que o homem conhece, empregada e aproveitada para ampliar sua capacidade física. O primeiro homem que sabemos ter se interessado pela Pneumática, isto é, o emprego do ar comprimido como meio auxiliar de trabalho, foi o grego Ktsebios. Há mais de 2000 anos ele construiu uma catapulta a ar comprimido. Um dos primeiros livros sobre o emprego do Ar Comprimido como transmissão de energia, data do primeiro século D.C. e descreve equipamentos que foram acionados com ar aquecido.

Embora a base da Pneumática seja um dos mais velhos conhecimentos da humanidade, foi preciso aguardar o século XIX para que o estudo de seu comportamento e de suas características se tornasse sistemático. Pode-se dizer que somente após o ano de 1950 é que ela realmente foi introduzida na produção industrial. Hoje o Ar Comprimido tornou-se indispensável, e nos mais diferentes ramos industriais instalam-se aparelhos pneumáticos.

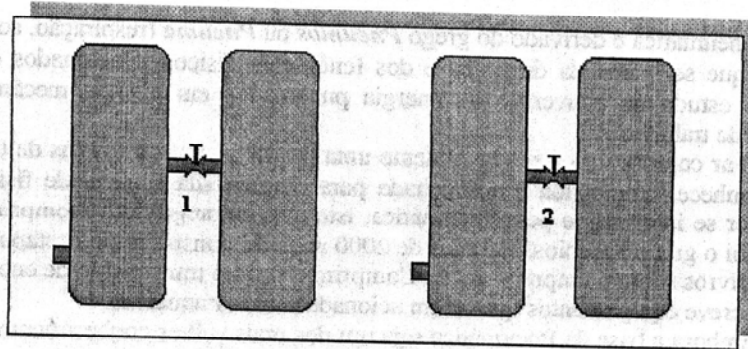
Propriedades Físicas do Ar

Apesar de insípido, inodoro e incolor, o ar têm existência real e concreta, ocupando lugar no espaço.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DO AR ATMOSFÉRICO

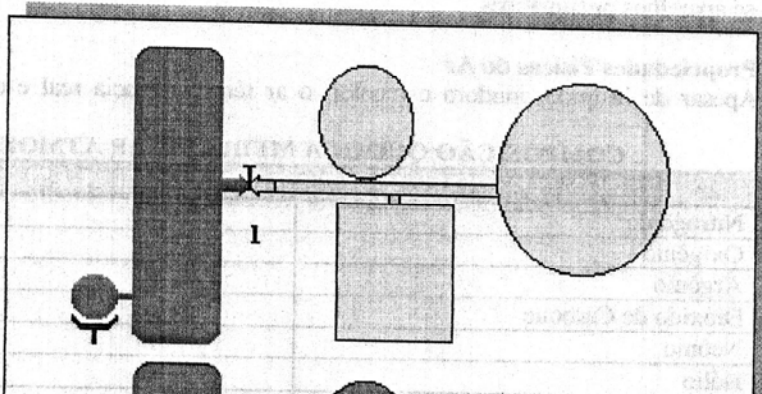
COMPONENTE	PERCENTAGEM EM VOLUME
Nitrogênio	78,09
Oxigênio	20,95
Argônio	0,93
Dióxido de Carbono	0,03
Neônio	0,0018
Hélio	0,00052
Outros Gases	

Propriedade do ar lhe permite misturar-se homogeneamente com qualquer meio gasoso que não esteja saturado.



Expansibilidade

Propriedade do ar que lhe possibilita ocupar totalmente o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato.



Um litro de ar atmosférico ao nível do mar pesa 1,23g, isto significa que altitudes diferentes o peso têm valor diferente.

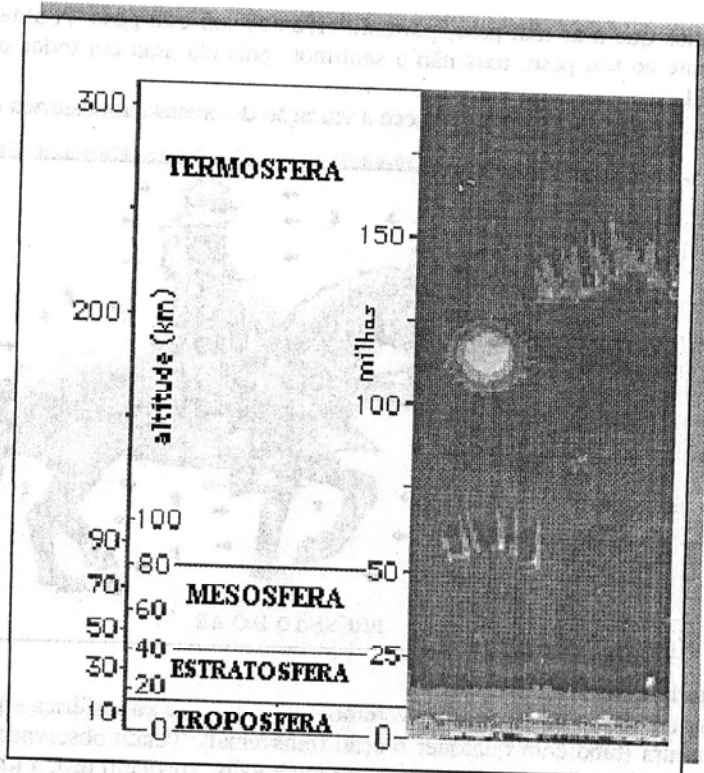


TABELA I
GRANDEZAS / UNIDADES

Pressão atmosférica

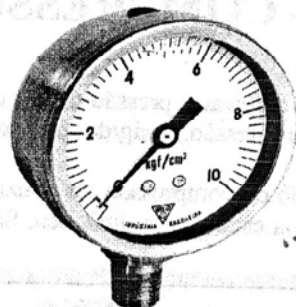
Sabemos que o ar têm peso, portanto vivemos sob este peso. A atmosfera exerce sobre nós uma força equivalente ao seu peso, mas não a sentimos, pois ela atua em todos os sentidos e direções com a mesma intensidade.

A Tabela 1 (anexa) fornece a variação da pressão atmosférica em função da altitude



Princípio de TORRICELLI

Se usarmos um tubo de vidro, veremos que a pressão atmosférica equilibra uma coluna de água de 10,33 m de altura (tubo com qualquer secção transversal). Tendo observado que o uso de uma coluna de água para medir a pressão atmosférica é muito incomodo, Torricelli teve a idéia de utilizar um líquido mais denso (pesado) que a água. Escolheu o Mercúrio (Hg) que têm peso específico $13,6 \text{ g/dm}^3$, ou seja, irá necessitar de uma coluna de líquido (Hg) bem menor que a água.



Pressão Absoluta

É a pressão manométrica (ou também chamada, pressão relativa) mais a pressão atmosférica local. Ao nível do mar a pressão atmosférica é de $1,033 \text{ kgf/cm}^2$ (14,7 psi) e portanto somando-se à pressão manométrica teremos a pressão absoluta.

Exemplo 1: considerando primeiramente que estejamos ao nível do mar ($P_{atm} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2$), a pressão absoluta será:

- $P_{absoluta} = P_{manométrica} + P_{atmosférica}$
- $P_{absoluta} = 6,5 \text{ kgf/cm}^2 + 1,033 \text{ kgf/cm}^2$
- $P_{absoluta} = 7,533 \text{ kgf/cm}^2$

Princípio de PASCAL

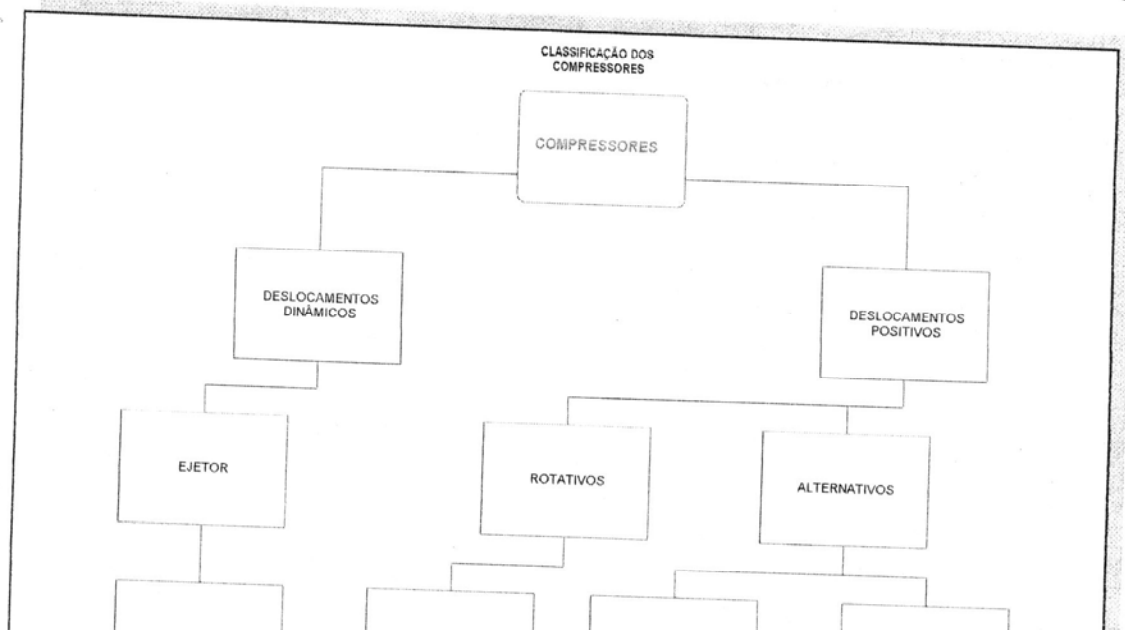
Sabemos que o ar é compressível, portanto quando o colocamos em um recipiente fechado, o ar exerce uma pressão igual sobre as paredes em todos os sentidos e direções. Podemos verificar isto facilmente fazendo uso de uma bola de futebol. Apalpando-a, observamos uma pressão uniformemente distribuída sob sua superfície.

Por **BLAISE PASCAL** temos: "A pressão exercida em líquido confinado em forma estática atua em todos os sentidos e direções com a mesma intensidade, exercendo forças iguais em áreas iguais".

2 – COMPRESSORES

Definição: são máquinas destinadas a elevar a pressão de um certo volume de ar, admitido nas condições atmosféricas, até uma determinada pressão, exigida na execução dos trabalhos realizados pelo ar comprimido.

Em outras palavras: a função do compressor é produzir ar comprimido. Concluindo-se que é uma máquina capaz de transformar energia estática em dinâmica. São duas as classificações fundamentais para os princípios de trabalho:



São duas as classificações fundamentais para os princípios de trabalho:

- **Compressores de deslocamento DINÂMICO**

A elevação da pressão é obtida por meio da conversão de energia cinética em energia de pressão, durante a passagem do ar através do compressor. O ar admitido é colocado em contato com impulsores (rotor) dotados de alta velocidade. Este ar é acelerado, atingindo velocidades elevadas, e consequentemente os impulsores transmitem energia cinética ao ar. Posteriormente, seu escoamento é retardado por meio de difusores, obrigando a uma elevação na pressão.

* Difusor = é uma espécie de duto que provoca a diminuição na velocidade de escoamento de um fluido, causando aumento de pressão. Quanto maior a pressão menor o volume.

- **Compressores de deslocamento POSITIVO**

Baseia-se fundamentalmente na redução do volume. O ar é admitido em uma câmara isolada do meio exterior, onde o seu volume é gradualmente diminuído, processando-se a compressão. Quando uma certa pressão é atingida, o ar é empurrado para o tubo de descarga durante a contínua diminuição do volume da câmara de compressão.

Os tipos fundamentais de compressores de deslocamento positivo podem ser: **ROTATIVOS** e **ALTERNATIVOS**.

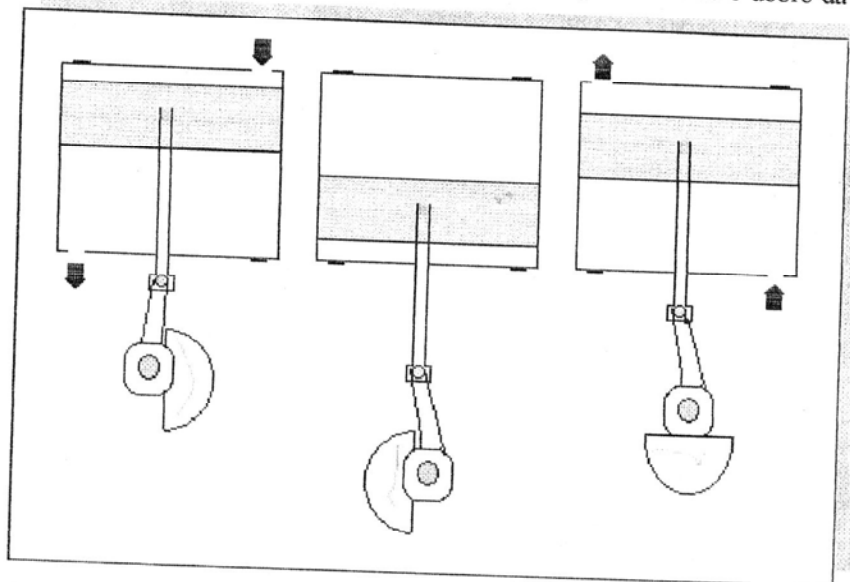
Compressores ALTERNATIVOS

A compressão do gás é realizada pelo movimento alternativo do pistão, que ao se movimentar dentro de um cilindro reduz o espaço interior, comprimindo-o pela redução do seu volume, elevando sua pressão.

Este tipo de compressor leva este nome por ter somente uma câmara de compressão, ou seja, apenas a face superior do pistão aspira e comprime o ar; a câmara formada pela inferior está em conexão com o cárter.

Estes compressores podem ser utilizados quando se deseja altas pressões.

Comparando dois compressores, um de simples efeito e outro de duplo efeito, sendo que ambos tenham diâmetro e curso do pistão iguais, o segundo compressor terá praticamente o dobro da capacidade do primeiro.



Tipo Membrana (ou Diafragma)

Este tipo pertence ao grupo dos compressores de êmbolo. Mediante uma membrana (diafragma), o êmbolo fica separado da câmara de sucção e compressão, ou seja, o ar comprimido produzido não tem contato com as paredes deslizantes do cilindro que são lubrificadas, portanto produzindo ar isento de óleo lubrificante.

Os compressores de diafragma mecânico são utilizados em pequenas instalações de ar, com pressões moderadas, ou na obtenção de vácuo, funcionando como bomba de vácuo.

Compressores de Deslocamento Positivo Tipo Rotativos

Compressores Tipo ROOTS

Estes compressores são freqüentemente chamados de sopradores **ROOTS**, constituem um tipo de máquinas de deslocamento sem válvulas. Nestas máquinas o ar é transportado de um lado para o outro, sem alteração de volume.

O seu campo de aplicação está entre pressões de 0,1 a 1,0 kgf/cm² (atingindo em casos excepcionais 2,0 kgf/cm²), e seus deslocamento é de 3 a 300 m³/min, sendo seu nível de ruído muito elevado. Como não existe contato entre os rotores e a carcaça, o ar comprimido produzido é isento de óleo.

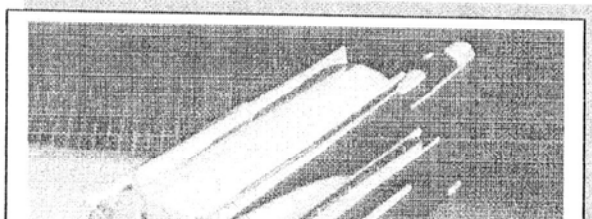
Entre os campos de aplicação deste compressor podemos citar:

Transporte pneumático, medidores de fluxo de gases, bombas de vácuo.

Compressores de PALHETAS

São constituídos de uma carcaça na qual gira e está montado excêntricamente um rotor cilíndrico. O rotor têm diversas ranhuras, essas contém palhetas que em conjunto com a parede forma pequenos compartimentos (células). Quando em rotação, as palhetas serão, pela força centrífuga, apertadas contra a parede. Devido à excentricidade de localização do rotor, há uma diminuição e um aumento das células. Essa variação de volume comprime o ar contido nelas, daí sua utilização como compressor.

A capacidade destes compressores está entre 6 a 85 m³/min, e pressões que variam de 0,5 a 10,5 kgf/cm².



Compressor de PARAFUSO

Este compressor é dotado de uma carcaça onde giram dois rotores helicoidais (chamados assimétricos) em sentidos opostos. Um dos rotores possui lóbulos convexos o outro uma depressão côncava e são chamados respectivamente de rotor macho e fêmea.

Os rotores são sincronizados por meio de engrenagens, entretanto existem fabricantes que fazem com que um rotor acione o outro por contato direto. O processo mais comum é acionar o rotor macho, e consequentemente fazendo o acionamento da fêmea.

Estes rotores revolvem-se numa carcaça, cuja superfície interna consiste de dois cilindros ligados como um "oito".

Estes compressores apresentam grande aceitação no mercado, onde podemos destacar algumas características que os mesmos apresentam e que podem ser consideradas como vantagem em relação principalmente aos compressores do tipo pistão (alternativos):

- Baixo nível de ruído;
- Pequeno espaço físico ocupado comparando-se a capacidade;
- Vários recursos operacionais e de segurança;
- Baixo nível de vibrações;
- Ausência de pulsação na descarga do compressor;
- **Vida útil mais elevada, ou seja baixo custo operacional.**
- Menor perda de carga
- Maior produção de ar

3 – SELEÇÃO DE COMPRESSORES

Capacidade de um Compressor

Entre os diversos fabricantes de compressores há variações na forma de apresentar a capacidade do mesmo, alguns indicam o deslocamento (geralmente utilizado para compressores pequenos), outros indicam a quantidade de ar admitido, sem fazer menção à capacidade efetiva de produção em função de uma determinada pressão na descarga etc.. Conforme a especificação do fabricante, muitas vezes pensamos estar adquirindo o compressor ideal para nossa empresa e na realidade não atende à demanda de ar comprimido, sendo importante atentar para as necessidades de capacidade.

Deslocamento

É o volume deslocado pelo elemento de compressão do primeiro estágio por unidade de tempo. Representa o volume de ar deslocado sem considerar as perdas que ocorrem no ciclo de compressão, volumes nocivos por exemplo.

Descarga Livre Padrão

As normas DIN-1945, BS-1571, ASME-ANSI prc-9, especificam as condições para a medida de capacidade e estabelecem tolerâncias para os resultados.

São adotados como padrão para estes testes, temperatura de 15°C, 36% de umidade relativa e pressão atmosférica de 760mmHg.

As unidades de vazão normalmente utilizadas são Nm³/min (Normal m³/min) ou SCFM (Standard Pé Cúbico por Minuto).

Rendimento Volumétrico

É a relação entre a produção efetiva e o deslocamento.

A tabela abaixo mostra o rendimento de compressores trabalhando a diversas pressões.

COMPRESSOR DE 1 ESTAGIO – bar	Rendimento	COMPRESSOR DE 2 ESTAGIOS – bar	Rendimento
5	0,75	5	0,70
7	0,70	7	0,80
8,5	0,65	8,5	0,80
10,5	0,60	10,5	0,80
12,0	-	12,0	0,80

Regulagem de Capacidade

De modo geral o consumo de ar comprimido nas instalações industriais é variável. Surge então a necessidade de adequarmos o compressor para a demanda real, formando assim as regulagens de capacidade.

Geralmente a variável é a pressão de descarga, ou então a produção de ar; o tipo de regulagem dependerá das características do compressor, do método de acionamento, da rede de distribuição, etc..

Entre os tipos de regulagem de capacidade, destacam-se:

- Estrangulamento da admissão;
- Fechamento total da admissão;
- Descarga para a atmosfera;
- Readmissão do ar comprimido ou by-pass;
- Variação da velocidade do motor de acionamento.

4 – TIPOS E PRINCÍPIOS DE INTALAÇÕES DE COMPRESSORES

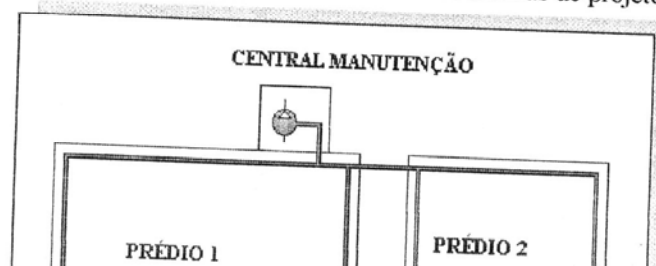
Tipos de instalações para Compressores

No planejamento de uma instalação de ar comprimido, estuda-se em primeiro lugar, se a instalação deve ser constituída por unidades centralizadas ou individuais, distribuídas pelos pontos de maior consumo de ar dentro da empresa.

- **Instalação Centralizada**

Numa instalação centralizada os diversos consumos da empresa não ocorrem simultaneamente. Porém a capacidade instalada deverá obedecer o pico máximo de consumo. Este tipo de instalação é recomendada, pois possibilita:

- Menor custo inicial para os compressores e edificações;
- Maior eficiência devido à centralização de vários compressores;
- Menores custos de supervisão e manutenção.
- Permite tratamento e preparação do ar em sua totalidade;
- Melhor distribuição porque normalmente obedece normas de projeto;



Princípios de Instalação de Compressores

Na instalação de um compressor devem ser considerados os seguintes princípios:

- A instalação deve ser feita em local limpo, para que o ar ambiente seja isento de poeira;
- O local deve receber ventilação suficiente para poder resfriar convenientemente o compressor e o ar comprimido;
- Isolar o compressor do piso e colocá-lo sobre uma base em nível, deixando-o em condições de fácil acesso para sua manutenção;
- Quando o compressor for resfriado a ar, montá-lo a uma distância mínima de 0,5 m da parede (se voltado para ela), permitindo o resfriamento mínimo necessário;
- Tomar as precauções mínimas e necessárias antes de colocá-lo em operação: instalação elétrica, sentido de rotação e nível de óleo.

Determinação da Vazão de um Compressor

Utilizando a Lei dos Gases Perfeitos obtêm-se a seguinte expressão:

$$T = \frac{4 \times V \times (P2 - P1)}{Q}$$

Onde: T = tempo de enchimento de um determinado reservatório (segundos)
V = volume do reservatório (pés)
P2 = pressão final absoluta (psi)
P1 = pressão inicial absoluta (psi)
Q = vazão do compressor (pcm)

Exemplo 1:

Qual a vazão de um compressor...

Exemplo 2:

Numa instalação onde todos os compressores estão operando, a pressão do reservatório se estabiliza em 70 psi. Sabendo-se que a capacidade total é de 200 pcm, e que a pressão ideal para operação dos equipamentos é de 100 psi, calcular a capacidade adicional necessária para obter-se a pressão desejada (ao nível do mar).

Solução:

$C2 = ?$

$C1 = 200 \text{ pcm}$

$P2 = 100 + 14,7 = 114,7 \text{ psi}$

$P1 = 70 + 14,7 = 84,7 \text{ psi}$

$$C2 = C1 \times \frac{P2}{P1} = C2 = 200 \times \frac{114,7}{84,7}$$

$C2 = 270,8 \text{ pcm}$

Portanto a capacidade adicional é: $C2 - C1 = 270,8 - 200 = 70,8 \text{ pcm}$

MODELOS DE INSTALAÇÕES DA SALA DE COMPRESSORES

ALTERNATIVOS (PISTÕES)

TABELA DE TEMPO P/ PRODUÇÃO DE AR COMPRESSORES WAYNE

COMPRESSOR MODELO	PCM	RPM	PRESSÃO MANOMÉTRICA (LB/POL.2)				
			75	100	125	150	175
W-7146-H	20	500	-	-	7m	8m 35s	10m 15s
W-7148-H	20	500	-	-	9m 40s	11m 45s	14m
W-7207-HT	20	710	-	-	6m 50s	8m 20s	10m
W-72010-H	20	710	-	-	9m 20s	11m 20s	13m 30s
W-83010-H	30	540	-	-	6m 05s	7m 20s	8m 50s
W-84010-HCT	40	710	-	-	4m 45s	5m 50s	6m 55s
W-96010-HCT	60	710	-	-	3m 10s	3m 50s	4m 40s
W-2-88010-HC	80	710	-	-	2m 35s	3m 05s	3m 40s
W-7176-HLC	20	600	3m 20s	4m 40s	RESERVATÓRIO (GALÕES) VALOR NOMINAL - VOLUME REAL		
W-7180-HLC	20	600	4m 30s	6m 10s			
W-7248-HLC	20	850	3m 20s	4m 35s	60		
W-72412-HLC	20	850	4m 40s	6m 30s			
W-84010-HCT	40	710	2m 40s	3m 40s	80		
W-84812-HLC	40	850	2m 20s	3m 10s			
W-96010-HT	60	710	1m 40s	2m 20s	120		
W-97211-HLCT	72	850	1m 30s	2m 10s			
W-2-89610-HLC	120	850	1m 15s	1m 40s	duplos		
W-2-912012-HCT	120	710	55s	1m 15s			

5 – PREPARAÇÃO DO AR COMPRIMIDO

Umidade

O ar atmosférico é uma mistura de gases, e contém contaminantes de três tipos básicos: água, óleo e particulados (em geral abrasivos), e o óleo queimado no ambiente de lubrificação do compressor, são responsáveis por manchas nos produtos, e a água é responsável por outra série de inconvenientes que mencionaremos a seguir.

Umidade Relativa

O ar tem a propriedade de receber vapor d'água ao qual se mistura. Um determinado volume de ar atmosférico a uma determinada pressão e temperatura, tem capacidade de retenção de vapor d'água limitada a um valor definido. Depois desse limite o excesso de vapor se condensa. Nesse ponto o ar está **SATURADO DE ÁGUA**. Se formos a queda de temperatura desse ar, mais vapor se condensa.

Ao fixarmos os valores de pressão e temperatura do ar, e se o mesmo estiver saturado de água, dizemos que a umidade relativa (**UR**) é de 100%.

Analisemos agora: um certo volume de ar está saturado com vapor d'água, isto é, sua umidade relativa é de 100%; comprimimos este volume até o dobro da pressão inicial, consequentemente o seu volume se reduzirá à metade. Logicamente isto significará que sua capacidade de reter vapor d'água também foi reduzida a metade devido ao aumento da pressão e redução de volume. Então o excesso de vapor será precipitado como água. Isto ocorre se a temperatura for mantida constante durante o processo de compressão, ou seja, processo isotérmico de compressão. Entretanto isto não acontece na prática, pois verifica-se uma elevação considerável na temperatura durante a compressão.

Como foi mencionado anteriormente, a capacidade de retenção de água pelo ar está relacionada com a temperatura, sendo assim, não haverá precipitação no interior da câmara de compressão. A precipitação da água ocorrerá quando o ar sofrer um resfriamento, seja no resfriador posterior (aftercooler) ou na linha de distribuição.

Isto explica porque no ar comprimido existe sempre ar saturado com vapor d'água em suspensão, que se precipita ao longo das tubulações na proporção em que se resfria.

Tratamento de Ar Comprimido
Contaminantes

ÁGUA

ÓLEO

PARTICULADO

Água

