

# **AR COMPRIMIDO**

Nos diversos processos industriais, os sistemas de ar comprimido desempenham papel fundamental na produção e representam parcela expressiva do consumo energético da instalação. Entretanto, nem sempre estas instalações recebem os cuidados devidos, passando a ser uma fonte constante de desperdícios.

## **1 – Instalações**

Um sistema de ar comprimido corretamente projetado irá proporcionar maior confiabilidade e eficiência nas ferramentas pneumáticas, bem como diminuirá os custos com energia.

Esse sistema compreende três componentes principais: o compressor, a rede de distribuição e os pontos de consumo.

### **1.1- Compressor**

Vários fatores influenciam a escolha de um compressor: vazão, pressão e qualidade requerida do ar. Existem diferentes tipos de compressores: alternativos, rotativos (palhetas ou parafusos), roots, etc.

A questão referente a qualidade do ar é muito importante e envolve:

- a) impurezas sob a forma de partículas sólidas, poeira ou ferrugem;
- b) água;
- c) óleo (proveniente da lubrificação)

Cada equipamento que consome ar comprimido possui suas exigências específicas quanto a qualidade do ar. Essas exigências devem ser atendidas para que o equipamento possa ter um desempenho adequado. Por exemplo: ar para instrumentação deve ser extremamente limpo; ar para pintura deve ser seco, isento de óleo e limpo.

Para assegurar a operação confiável do compressor, o ar aspirado deve ser limpo e não conter poeira, fuligem ou partículas sólidas, pois caso contrário, esses poluentes ficarão em suspensão no óleo lubrificante ocasionando desgaste excessivo dos cilindros, anéis dos pistões, mancais, etc. e conseqüentemente aumentando os custos de manutenção.

Assim, deve-se evitar que a casa dos compressores fique localizada perto de chaminés, caldeiras, fornos ou equipamentos de jatos de areia. Sua localização ideal é próxima dos principais pontos de consumo do ar, visando redução no custo da tubulação e menor perda de pressão.

Outro aspecto importante para assegurar a aspiração de um ar limpo é a instalação no compressor de um filtro de admissão de ar (no mínimo a 2 metros acima do solo e 2,5 metros de distância de qualquer parede). Devem ser instalados diretamente na entrada do compressor.

Em linhas de aspiração muito longas, poderá haver condensação de água e nesse caso, aconselha-se o uso de separadores de umidade antes do cilindro. No caso de várias máquinas deve-se usar de preferência, um duto para cada uma.

Em relação a tubulação de descarga do ar, esta deve ser de diâmetro igual ou superior ao da saída do compressor e ser a mais curta possível até o resfriador posterior ou ao reservatório pulmão.

Um compressor de ar deve ter necessariamente um sistema de regulação de capacidade de tal ordem que adapte sua produção as condições de consumo. Os tipos básicos para compressores de deslocamento positivo são:

a) Parada e partida

O motor elétrico que aciona o compressor é desligado quando a pressão do reservatório atinge um determinado valor. Geralmente utilizado em compressores pequenos e serviço intermitente.

b) Velocidade constante

O motor elétrico que aciona o compressor permanece sempre ligado. Quando a pressão do reservatório atinge determinado valor pré-fixado, a válvula de aspiração será deslocada e permanecerá aberta. A partir desse momento, todo ar aspirado será descarregado pela válvula.

c) Duplo controle

Permite operar o compressor dos dois modos (Parada/Partida e Velocidade Constante) por intermédio de uma chave seletora. Recomendada para casos de consumo irregular com picos de demanda por um certo período e longos períodos de pouca ou nenhuma utilização de ar comprimido.

Atualmente os sistemas de controle dos compressores utilizam a tecnologia dos inversores de frequência. Desse modo, a velocidade do motor elétrico é continuamente ajustada dependendo da demanda de ar, resultando em considerável economia de energia. Isso elimina a necessidade de alterar o controle para "partida" e "parada" ou então promover uma atuação na válvula de sucção.
---

### 1.1.1 – Resfriador Posterior

O ar aspirado pelo compressor contém um determinado teor de umidade. Posteriormente, a medida em que o ar comprimido se resfriar na linha de distribuição, a umidade se condensará na tubulação, provocando corrosão, além de ser extremamente indesejável em certas aplicações como a pintura, transporte pneumático e na vida útil das ferramentas.

Desse modo, após a compressão, torna-se necessário reter o vapor d'água existente no ar. Isso será feito no resfriador posterior que reduzirá a temperatura do ar comprimido a uma temperatura inferior a da linha de distribuição e conseqüentemente condensará esse vapor d'água. Junto a esse resfriador existirá um separador de condensado onde a umidade do ar será retirada manual ou automaticamente.

O melhor local para o resfriamento é diretamente junto ao orifício de saída do ar. O sistema mais simples para os resfriadores posteriores é o de casco e tubos, onde o ar passa através dos tubos em sentido contrário ao percorrido pela água (a queda de pressão em um resfriador posterior é relativamente pequena).

### **1.1.2 - Reservatório Pulmão**

Uma instalação de ar comprimido é normalmente equipada com um ou mais reservatórios de ar que têm pôr funções: armazenar o ar comprimido para consumo; equalizar as pressões das linhas de consumo; eliminar umidade do ar.

Sua capacidade deve ser de 6 a 10 vezes a capacidade do compressor pôr segundo. Deve ser instalado fora da casa dos compressores e preferencialmente na sombra.

Todo reservatório deve possuir válvulas de segurança, manômetro e termômetro. Outra questão é que os resfriadores posteriores e separadores de condensado, obtém uma eficiência na retenção da umidade em torno de 80-90%. O restante acompanha o ar comprimido até o reservatório, onde a velocidade é consideravelmente reduzida fazendo com que a maior parte dos condensados residuais deposite-se sobre as paredes e escorra para o fundo deste. Assim é muito importante a existência de uma tubulação de dreno na parte mais baixa do reservatório a fim de permitir a retirada dessa água (aproximadamente 5% da umidade é retida neste estágio).

### 1.1.3 - Secadores de ar

Consiste no terceiro estágio da separação da umidade contida no ar comprimido. Sua finalidade é manter o ponto de orvalho do ar, na pressão de saída do sistema, 10°C abaixo da mínima temperatura do ambiente onde estão os instrumentos. Sua utilização é necessária quando um ar de altíssima qualidade é requerido (instrumentação). Os secadores podem ser por refrigeração ou com agentes secantes.

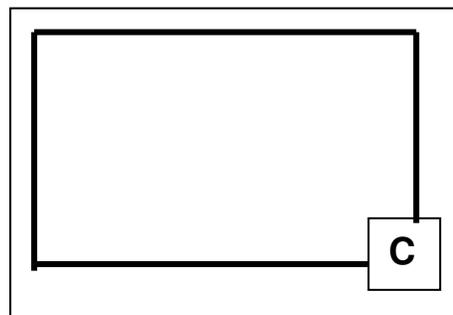
### 1.2 – Rede de Distribuição

Para determinar-se o melhor traçado da tubulação é necessário conhecer a localização dos principais pontos de consumo, assim como os pontos isolados.

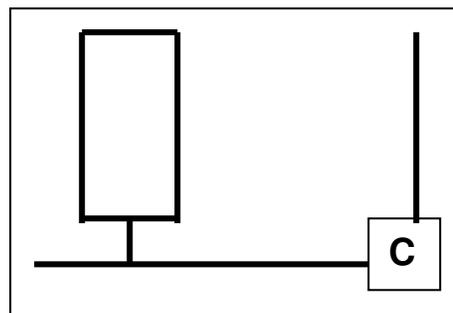
O tipo de rede a ser empregada (aberta ou fechada) deve ser analisado. Em alguns casos pode ser adequado um circuito fechado em anel .

Outras situações podem exigir uma combinação de anéis e linhas diretas ou ainda somente uma linha direta pode ser suficiente.

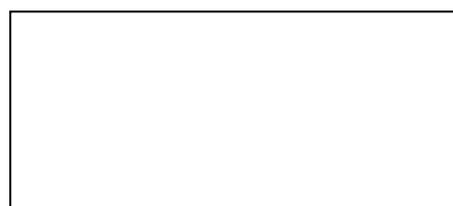
A grande vantagem do circuito fechado é que se ocorrer um grande consumo inesperado de ar em qualquer linha, o ar pode ser fornecido de duas direções, diminuindo a queda de pressão.



Fechado



Combinado:  
anéis – linha  
direta



Linha direta



Mesmo com todos os dispositivos de eliminação da umidade (já vistos), a tubulação nunca estará isenta do mesmo. Poços de drenagem (com purgadores) devem ser instalados ao longo da linha a fim de recolher o condensado formado. Recomenda-se que estes poços tenham diâmetro igual ao da linha e fiquem no máximo a 40 metros de distância entre si. Sempre que possível às tubulações devem ser inclinadas no sentido do fluxo, em pelo menos 5% para facilitar a drenagem e diminuir a perda de carga.

As tomadas de ar devem ser feitas sempre pela parte superior da tubulação, assegurando assim fornecimento de ar de melhor qualidade ao equipamento.

### 1.2.1 – Acessórios

Definido o lay-out da rede principal, os ramais e as linhas de serviço aos pontos de consumo se definem os acessórios necessários.

#### a) Filtro comum

Para eliminação das partículas que contaminam o ar comprimido (poeiras, umidade, óleo) e que não foram eliminadas pelos separadores da rede.

#### b) Filtro coalescente

Sua principal característica é a grande eficiência na retirada do óleo contido no ar. A coalescência consiste na coleta de finas partículas em suspensão nos gases, através da coesão entre elas, formando partículas maiores que são mais facilmente removíveis.

#### c) Reguladores de pressão

Muitas das operações devem ser realizadas a uma pressão menor que a da linha de alimentação. Para tanto, usam-se reguladores para adequar a pressão a um valor desejado. São usadas válvulas de ação direta (recomendadas para redução de pressão de um só equipamento, e em aplicações sem grandes variações de fluxo) e válvulas de duplo diafragma (recomendadas para fornecimento de ar à vários equipamentos).

#### d) Lubrificadores

Quando se usa o ar para acionar motores, cilindros, válvulas, etc. é necessário instalar um lubrificador. Os elementos lubrificantes reduzem o atrito e consistem basicamente de um depósito de óleo que tenha sido desenhado de tal maneira

que, quando o ar circula pôr ele, uma quantidade de óleo transforma-se em neblina. O óleo conduzido pela corrente de ar, lubrifica as partes móveis do equipamento acoplado. Devem ser evitados óleos com aditivos, pois o óleo é eliminado sob a forma de vapor, através de válvulas de exaustão de equipamentos pneumáticos, sendo, portanto, tóxicos.

e) Purgadores

Eliminador automático da água que se acumula nas diferentes partes da instalação de ar comprimido. O mais indicado é do tipo eliminador de bóia, que abre somente para descarregar a água, fechando hermeticamente após a sua eliminação.

f) Separadores de umidade

Os purgadores se encarregam de descarregar a água acumulada no fundo do tubo principal ou em qualquer ponto da instalação; nada pode fazer com relação a neblina de gotículas de água que podem estar suspensa no ar. Os separadores de umidade cumprem esta missão.

g) Mangueiras

Ferramentas pneumáticas e outros dispositivos acionados a ar comprimido são em geral ligados à rede de ar através de mangueiras. Essas mangueiras devem ser leves, flexíveis e suportar a pressão do ar (4 a 5 vezes a pressão máxima de trabalho) e resistir as intempéries. É formada pôr uma camada externa de borracha, uma camada intermediária de lona e uma camada interna bastante lisa a fim de apresentar a mínima resistência possível para o ar. Mangueiras de 1" ou mais devem ser preferencialmente ser fixadas no solo.

h) Engates rápidos

As mangueiras são ligadas à rede e as ferramentas através de engates de acoplamento.

Quando a mangueira fica perfeitamente ligada à ferramenta, emprega-se com freqüência o engate tipo rosca. O engate de garras é muito empregado e oferece grande possibilidade de combinação visto que as garras são de igual tamanho para vários diâmetros da tubulação ou mangueira.

## **2) Conseqüências de um Sistema Ineficiente**

Um sistema de ar comprimido ineficiente poderá acarretar um aumento significativo nos custos de operação. Os prejuízos resultantes dessa situação decorrem de uma baixa pressão de trabalho, aumento do ciclo de operação dos equipamentos, baixa qualidade do ar e vazamentos.

### **2.1– Vazamentos**

Os vazamentos merecem uma atenção especial, pois desperdiçam grande quantidade de energia. Na prática é impossível eliminar totalmente os vazamentos de um sistema, no entanto ele não deve exceder a 5% da capacidade instalada.

As tabelas a seguir apresentam o desperdício de energia provocado por vazamentos.

Diâmetro do furo	Vazamento de ar a 6 bar (~6 Kgf/cm <sup>2</sup> )		Potência requerida p/ compressão
	l/s	m <sup>3</sup> /min	kW
mm			
1	1	0,06	0,3
3	10	0,6	3,1
5	27	1,62	8,3
10	105	6,3	33

Pressão Manométrica (bar)(~kgf/cm <sup>2</sup> )	Descarga de ar em l/s através de diferentes orifícios						
	0,5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	5 mm	10 mm	12,5mm
0,5	0,06	0,22	0,92	2,1	5,7	22,8	35,5
1,0	0,08	0,33	1,33	3,0	8,4	33,6	52,5
2,5	0,14	0,58	2,33	5,5	14,6	58,6	91,4
5,0	0,25	0,97	3,92	8,8	24,4	97,5	152,0
7,0	0,33	0,31	5,19	11,6	32,5	129,0	202,0

A metodologia apresentada abaixo, mostra como realizar uma medição quantitativa de vazamentos (controle tipo parada e partida e velocidade constante).

a-) Tomar um compressor com capacidade conhecida. Se existir mais de um, escolher, um com capacidade aproximada de 20% da capacidade total instalada.

b-) Todos os pontos de consumo de ar devem estar conectados normalmente, mas não em operação.

c-) A entrada em carga e alívio do compressor deve ser feita manualmente.

d-) São necessários dois cronômetros.

e-) Os níveis de pressão de carga e alívio são determinados pôr exemplo:  
carga : 6,5 bar e alívio : 7,0 bar

f-) Colocar o compressor em carga até a pressão atingir 7,0 bar. Pôr em alívio e acionar o cronômetro nº1 (mantê-lo em funcionamento durante todo o teste - T).

g-) Quando a pressão baixar para 6,5 bar, colocar o compressor em carga novamente e acionar o cronômetro nº2 (mantê-lo em funcionamento enquanto o compressor estiver carregando - t).

h-) repetir o teste cinco vezes.

i-) quando a pressão atingir novamente 7,0 bar no ciclo final, paralisar ambos os cronômetros.

$$\text{Vazamentos} = \frac{Q.t}{T}$$

Q - capacidade do compressor

t - tempo em carga do cronômetro nº2

T- tempo total do cronômetro nº1

## 2.2– Temperatura do ar

A temperatura de sucção do ar que será aspirado pelo compressor é um aspecto muito importante, pois quanto mais quente o ar, menor o rendimento da instalação.

**Para cada 4°C de acréscimo na temperatura do ar aspirado, o compressor consumirá 1% a mais de potência para entregar o ar nas mesmas condições.**

Este aumento de temperatura diminui a massa específica do ar (massa de ar contida numa unidade de volume) em cerca de 1%, resultando também 1% a mais no volume. Para satisfazer essa condição é necessário captar o ar fora da casa dos compressores.

Exemplos:

A 15°C a massa específica do ar é 1,225 Kg/m<sup>3</sup>

A 30° C a massa específica do ar é 1,164 Kg/m<sup>3</sup> (- 5%)

## 2.3– Tubulação de admissão de ar

A tubulação de aspiração de ar deve ser projetada de maneira a ter o mínimo comprimento e o menor número de curvas possível a fim de minimizar a perda de carga.

**Para cada 25 mbar de perda de carga na aspiração o rendimento do compressor irá cair 2%.**

## 2.4– Capacidade de ar necessária

É de fundamental importância o conhecimento da quantidade exata de ar necessária para todos os equipamentos pneumáticos existentes. Uma estimativa abaixo dessa capacidade resultará em pressões inadequadas nos pontos de consumo e estimativas muito altas acarretarão grande investimento inicial e baixa eficiência do sistema.

A maioria dos equipamentos pneumáticos opera a 6 bar de pressão manométrica. Para se conseguir esse nível de pressão no equipamento final é necessário um cuidadoso cálculo para se determinar a pressão de trabalho do compressor.

Devemos ter uma pressão de ar suficiente nos pontos de consumo. A pressão do ar exerce uma influencia muito grande no desempenho das ferramentas pneumáticas. Uma pressão de trabalho muito baixa, diminui a potência dessas ferramentas, resultando aumento no tempo de operação e conseqüentemente aumentando os custos de produção. Uma das causas da baixa pressão nos locais de consumo pode ser a produção de uma quantidade insuficiente de ar

comprimido (é comum acrescentar novas ferramentas a uma linha já existente, sem verificar se isso afeta o desempenho do sistema).

Para evitarmos isso, **devemos sempre ter um compressor de capacidade adequada a fim de manter a pressão nos pontos de consumo**. Um sistema sobrecarregado, trabalhando além da capacidade original provocará uma baixa pressão nos locais de consumo.

Para obtenção da carga máxima do compressor será necessário somar o consumo total de todos os equipamentos consumidores existentes (em litros/s). A carga média do compressor é obtida multiplicando-se o consumo total de ar pelo fator de utilização (tempo estimado de trabalho de cada ferramenta durante uma hora).

Convém admitir uma tolerância de 10 a 15% da capacidade do compressor devido aos vazamentos e estimar o aumento da capacidade do sistema para futuras expansões também entre 10 a 15% ao ano.

## **2.5– Tipo de Controle do Compressor**

O sistema mais indicado para racionalizar o consumo de energia é através da utilização dos inversores de frequência, pois desse modo o trabalho do compressor é ajustado em função da demanda de ar.

## **2.6 – Manutenção do Compressor**

Os custos operacionais são afetados diretamente pela eficiência de um sistema de manutenção. Uma manutenção adequada evita paradas de emergência aumentando a disponibilidade do equipamento para a operação.