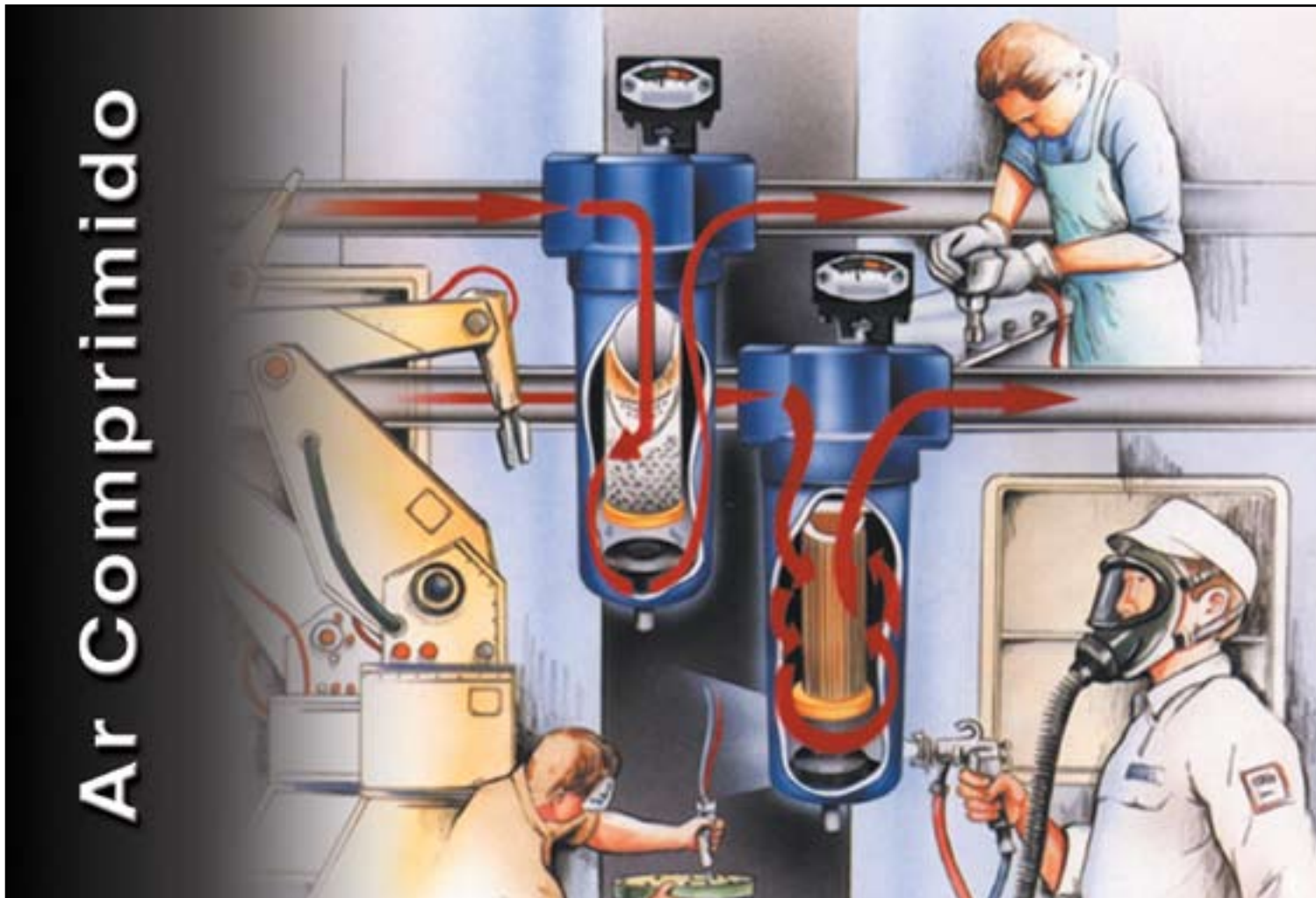


Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

*Apostila M1004 BR
Setembro 2006*





ISO 9001 : 2000

Certificate Number: 30759

Termo de Garantia

A Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda, Divisão Automation, doravante denominada simplesmente Parker, garante os seus produtos pelo prazo de 12 (doze) meses, incluído o da garantia legal (primeiros 90 dias), contados a partir da data de seu faturamento, desde que instalados e utilizados corretamente, de acordo com as especificações contidas em catálogos ou manuais ou, ainda, nos desenhos aprovados pelo cliente quando tratar-se de produto desenvolvido em caráter especial para uma determinada aplicação.

Abrangência desta Garantia

A presente garantia contratual abrange apenas e tão somente o conserto ou substituição dos produtos defeituosos fornecidos pela Parker.

A Parker não garante seus produtos contra erros de projeto ou especificações executadas por terceiros.

A presente garantia não cobre nenhum custo relativo à desmontagem ou substituição de produtos que estejam soldados ou afixados de alguma forma em veículos, máquinas, equipamentos e sistemas.

Esta garantia não cobre danos causados por agentes externos de qualquer natureza, incluindo acidentes, falhas com energia elétrica, uso em desacordo com as especificações e instruções, uso indevido, negligência, modificações, reparos e erros de instalação ou testes.

Limitação desta Garantia

A responsabilidade da Parker em relação a esta garantia ou sob qualquer outra garantia expressa ou implícita, está limitada ao conserto ou substituição dos produtos, conforme acima mencionado.



ADVERTÊNCIA

SELEÇÃO IMPRÓPRIA, FALHA OU USO IMPRÓPRIO DOS PRODUTOS DESCRITOS NESTE CATÁLOGO PODEM CAUSAR MORTE, DANOS PESSOAIS E/OU DANOS MATERIAIS.

As informações contidas neste catálogo da Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda. e seus Distribuidores Autorizados, fornecem opções de produtos para aplicações por usuários que tenham habilidade técnica. É importante que você analise os aspectos de sua aplicação, incluindo consequências de qualquer falha e revise as informações que dizem respeito ao produto contidos neste catálogo. Devido à variedade de condições de operações e aplicações para estes produtos, o usuário, através de sua própria análise e teste, é o único responsável para fazer a seleção final dos produtos e também para assegurar que o desempenho, a segurança da aplicação e os cuidados especiais requeridos sejam atingidos.

Os produtos aqui descritos com suas características, especificações e desempenhos são objetos de mudança pela Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda., a qualquer hora, sem prévia notificação.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

COPYRIGHT ©
by Parker Hannifin Corporation

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Apresentação

Parker Training



Para incentivar, ampliar e difundir as tecnologias de automação industrial da Parker Hannifin, numa gama tão ampla de aplicações, foi criada, na Parker Jacareí, a Parker Training.

Há mais de 26 anos treinando profissionais em empresas, escolas e universidades, a Parker Training vem oferecendo treinamento técnico especializado e desenvolvendo material didático diversificado e bem elaborado, com o intuito de facilitar a compreensão.

Com instrutores qualificados, esse projeto é pioneiro na área de treinamento em automação industrial no Brasil, e colaborou para a formação de mais de 25 mil pessoas, em aproximadamente 4 mil empresas, através de cursos e materiais reconhecidos pelo conteúdo técnico e qualidade de ensino.

Para alcançar tais números e continuar a atender seus clientes, de forma cada vez melhor, com uma parceria cada vez mais forte, os profissionais da Parker Training se dedicam a apresentar sempre novos conceitos em cursos e materiais didáticos.

São ministrados cursos abertos ou “in company” em todo o país, através de instrutores próprios ou de uma rede de franqueados, igualmente habilitada e com a mesma qualidade de treinamento. Os cursos oferecidos abrangem as áreas de Automação Pneumática/Eletropneumática, Manutenção de Equipamentos Pneumáticos/Hidráulicos, Técnicas de Comando Pneumático, Controladores Lógicos Programáveis e Hidráulica/Eletrohidráulica Industrial com controle proporcional.

São oferecidos também programas de treinamento especial com conteúdo e carga horária de acordo com as necessidades do cliente, empresa ou entidade de ensino.

Faz parte dos nossos cursos uma grande gama de materiais didáticos de apoio, que facilita e agiliza o trabalho do instrutor e do aluno: transparências, componentes em corte, símbolos magnéticos, apostilas e livros didáticos ligados às técnicas de automação, gabaritos para desenho de circuitos, fitas de vídeo, software de desenho e simulação de circuitos pneumáticos e hidráulicos, além de bancadas de treinamento para realização prática destes circuitos.

Índice

1. Introdução	4
2. Princípios Físicos	5
3. Produção do Ar Comprimido	11
4. Tratamento do Ar Comprimido	20
5. Unidade de Condicionamento (lubrefil)	39
6. Tubulação	51
7. Economia de Energia, Vazamentos e Queda de Pressão	59
8. Manutenção.....	65
9. Segurança	69
10. Referências	70

1. Introdução

"Pelos razões mencionadas e à vista, posso chegar à conclusão de que o homem dominará e poderá elevar-se sobre o ar mediante grandes asas construídas por si, contra a resistência da gravidade". A frase, de Leonardo Da Vinci, demonstra apenas uma das muitas possibilidades de aproveitamento do ar na técnica, o que ocorre hoje em dia em grande escala. Como meio de racionalização do trabalho, o ar comprimido vem encontrando, cada vez mais, campo de aplicação na indústria, assim como a água, a energia elétrica, etc.

Somente na segunda metade do século XIX é que o ar comprimido adquiriu importância industrial. No entanto, sua utilização é anterior a Da Vinci, que em diversos inventos dominou e usou o ar. No Velho Testamento, são encontradas referências ao emprego do ar comprimido: na fundição de prata, ferro, chumbo e estanho. A história demonstra que há mais de 2000 anos os técnicos construíam máquinas pneumáticas, produzindo energia pneumática por meio de um pistão. Como instrumento de trabalho utilizavam um cilindro de madeira dotado de êmbolo. Os antigos aproveitavam ainda a força gerada pela dilatação do ar aquecido e a força produzida pelo vento. Em Alexandria (centro cultural vigoroso no mundo helênico), foram construídas as primeiras máquinas reais, no século III a.C.. Neste mesmo período, Ctesibios fundou a Escola de Mecânicos, também em Alexandria, tornando-se, portanto, o precursor da técnica para comprimir o ar. A Escola de Mecânicos era especializada em Alta Mecânica, e eram construídas máquinas impulsionadas por ar comprimido.

No século III d.C., um grego, Hero, escreveu um trabalho em dois volumes sobre as aplicações do ar comprimido e do vácuo. Contudo, a falta de recursos materiais adequados, e mesmo incentivos, contribuiu para que a maior parte destas primeiras aplicações não fosse prática ou não pudesse ser convenientemente desenvolvida. A técnica era extremamente depreciada, a não ser que estivesse a serviço de reis e exércitos, para aprimoramento das máquinas de guerra. Como consequência, a maioria das informações perdeu-se por séculos. Durante um longo período, o desenvolvimento da energia pneumática sofreu paralisação, renascendo apenas nos séculos XVI e XVII, com as descobertas dos grandes pensadores e cientistas como Galileu, Otto Von Guericke, Robert Boyle, Bacon e outros, que passaram a observar as leis naturais sobre compressão e expansão dos gases. Leibniz, Huyghens, Papin e Newcomen são considerados os pais da Física Experimental, sendo que os dois últimos consideravam a pressão atmosférica como uma força enorme contra o vácuo efetivo, o que era objeto das Ciências Naturais, Filosóficas e da Especulação Teológica desde Aristóteles até o final da época Escolástica.

Encerrando esse período, encontra-se Evangelista Torricelli, o inventor do barômetro, um tubo de mercúrio para medir a pressão atmosférica. Com a invenção da máquina a vapor de Watts, tem início a era da máquina. No decorrer dos séculos, desenvolveram-se várias maneiras de aplicação do ar, com o aprimoramento da técnica e novas descobertas. Assim, foram surgindo os mais extraordinários conhecimentos físicos, bem como alguns instrumentos. Um longo caminho foi percorrido, das máquinas impulsionadas por ar comprimido na Alexandria aos engenhos pneumo-eletrônicos de nossos dias. Portanto, o homem sempre tentou aprisionar esta força para colocá-la a seu serviço, com um único objetivo: controlá-la e fazê-la trabalhar quando necessário.

Atualmente, o controle do ar suplanta os melhores graus da eficiência, executando operações sem fadiga, economizando tempo, ferramentas e materiais, além de fornecer segurança ao trabalho. O termo pneumática é derivado do grego Pneumos ou Pneuma (respiração, sopro) e é definido como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da transformação da energia pneumática em energia mecânica, através dos respectivos elementos de trabalho.

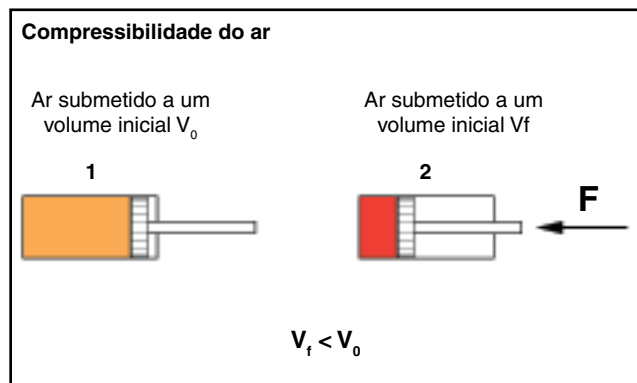
2. Princípios Físicos

Propriedades físicas do ar

Apesar de insípido, inodoro e incolor, percebemos o ar através dos ventos, aviões e pássaros que nele flutuam e se movimentam; sentimos também o seu impacto sobre o nosso corpo. Concluimos facilmente que o ar tem existência real e concreta, ocupando lugar no espaço.

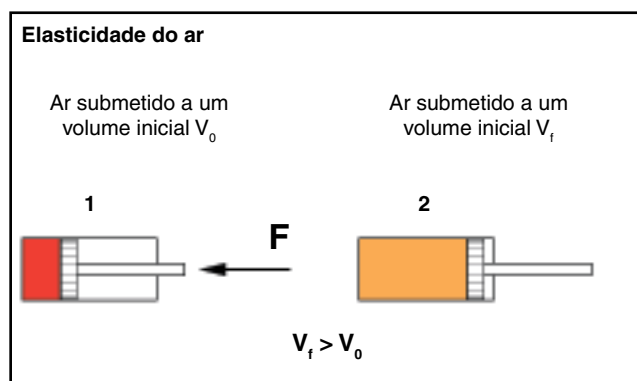
Compressibilidade

O ar, assim como todos os gases, tem a propriedade de ocupar todo o volume de qualquer recipiente, adquirindo seu formato, já que não tem forma própria. Assim, podemos encerrá-lo num recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando uma de suas propriedades - a compressibilidade. Podemos concluir que o ar permite reduzir o seu volume quando sujeito à ação de uma força exterior.



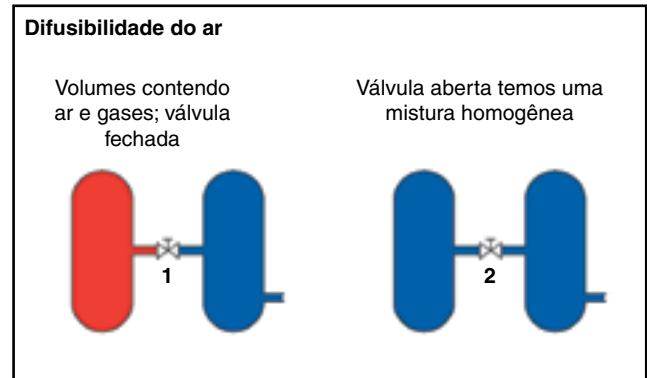
Elasticidade

Propriedade que possibilita ao ar voltar ao seu volume inicial uma vez extinto o efeito (força) responsável pela redução do volume.



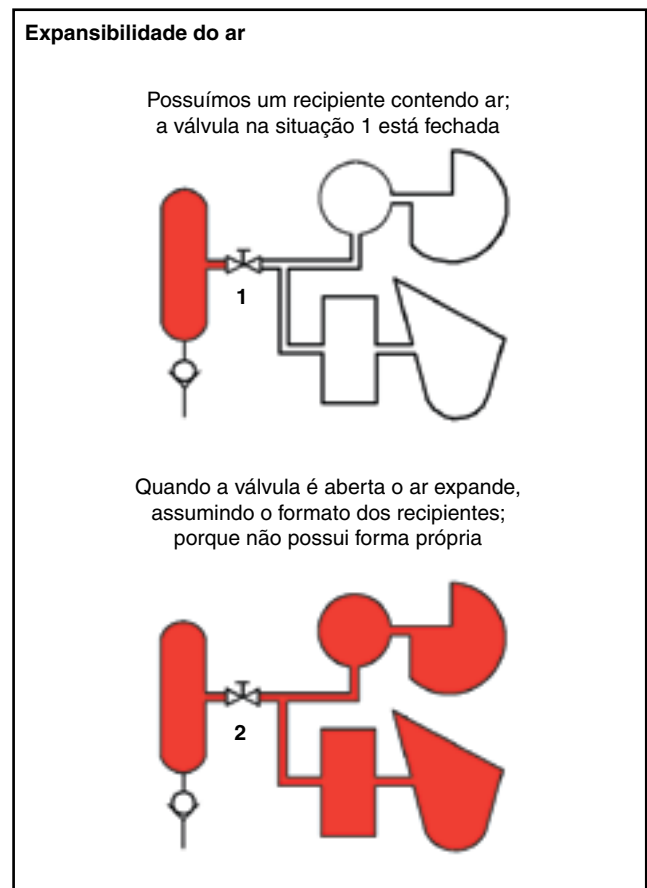
Difusibilidade

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



Expansibilidade

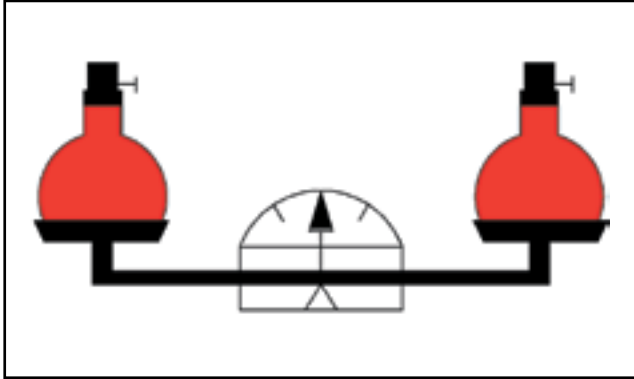
Propriedade do ar que lhe possibilita ocupar totalmente o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato.



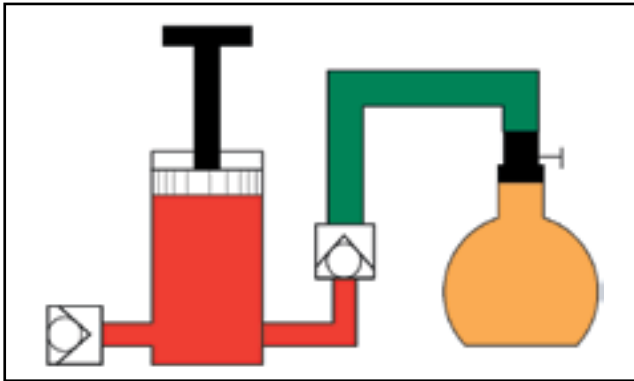
Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Peso do ar

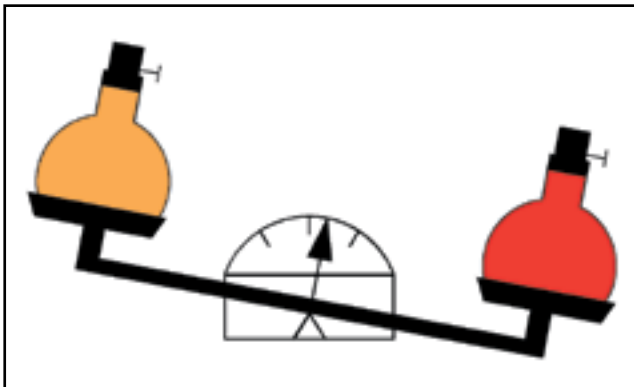
Como toda matéria concreta, o ar tem peso. A experiência abaixo mostra a existência do peso do ar. Temos dois balões idênticos, hermeticamente fechados, contendo ar com a mesma pressão e temperatura. Colocando-os numa balança de precisão, os pratos se equilibram.



De um dos balões, retira-se o ar através de uma bomba de vácuo.

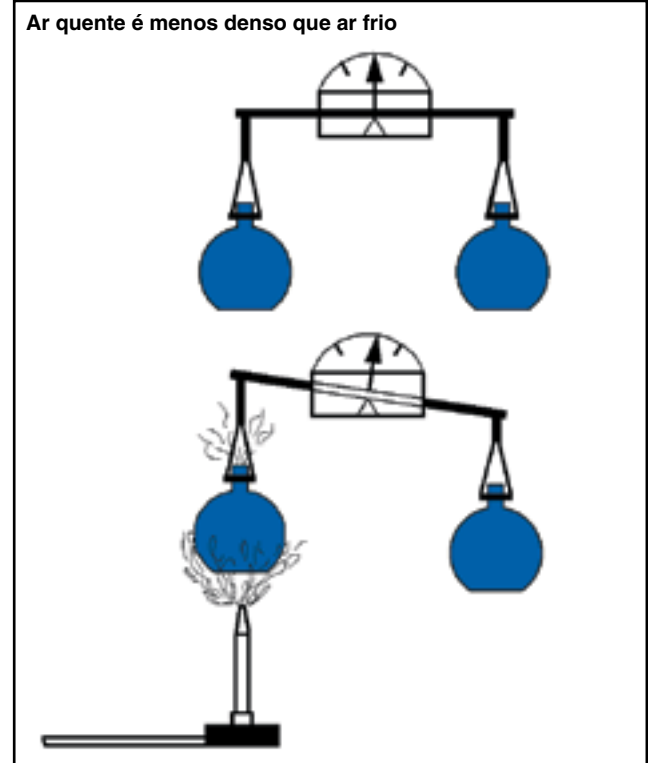


Coloca-se outra vez o balão na balança (já sem o ar) e haverá o desequilíbrio causado pela falta do ar. Um litro de ar, a 0°C e ao nível do mar, pesa $1,293 \times 10^{-3}$ Kgf.



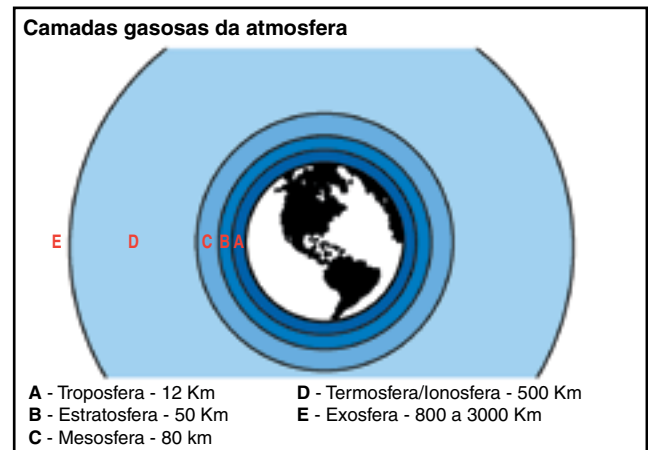
O ar quente é mais leve que o ar frio

Uma experiência que mostra este fato é a seguinte: Uma balança equilibra dois balões idênticos, abertos. Expondo-se um dos balões em contato com uma chama, o ar do seu interior se aquece, escapa pela boca do balão, tornando-se assim, menos denso. Conseqüentemente há um desequilíbrio na balança.



Atmosfera

Camada formada por gases, principalmente por 21% oxigênio (O_2), 78% nitrogênio (N_2) e 1% de outros gases, que envolve toda a superfície terrestre, responsável pela existência de vida no planeta.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

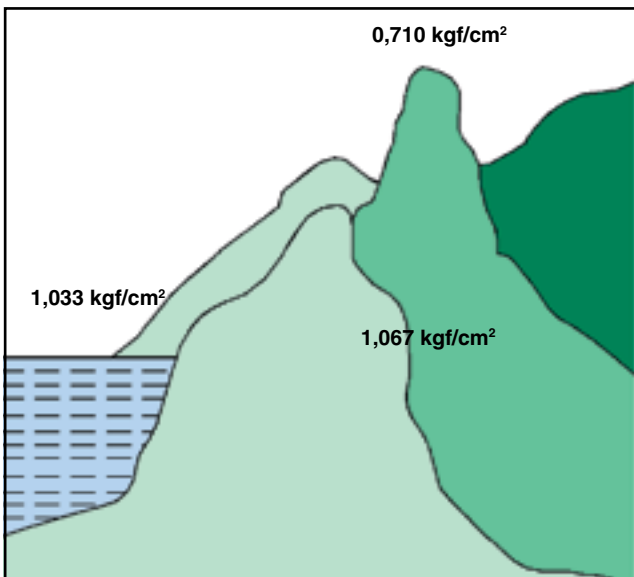
Pelo fato do ar ter peso, as camadas inferiores são comprimidas pelas camadas superiores. Assim as camadas inferiores são mais densas que as superiores. Concluimos, portanto, que um volume de ar comprimido é mais pesado que o ar à pressão normal ou à pressão atmosférica. Quando dizemos que um litro de ar pesa $1,293 \times 10^{-3}$ Kgf ao nível do mar, isto significa que, em altitudes diferentes, o peso tem valor diferente.

Pressão atmosférica

Sabemos que o ar tem peso, portanto, vivemos sob esse 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. O valor da pressão atmosférica ao nível do mar, a uma temperatura de 20°C e a uma umidade relativa de 36% é de 1 atm ou 760 mm (coluna mercúrio) ou 1 bar ou 145 lbf/pol².



A pressão atmosférica varia proporcionalmente à altitude considerada. Esta variação pode ser notada.



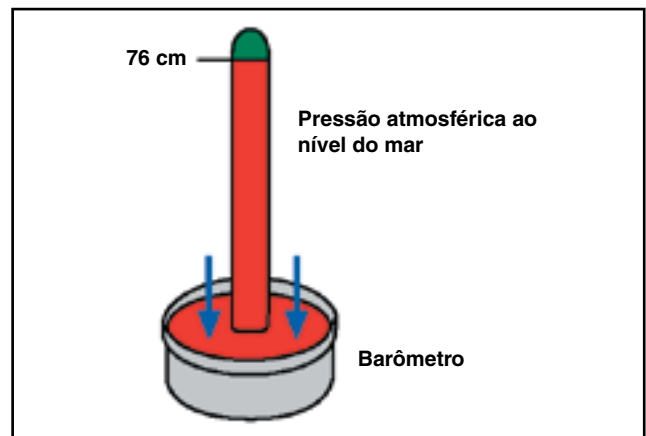
Varição da pressão atmosférica com relação à altitude

Altitude m	Pressão Kgf/cm ²	Altitude m	Pressão Kgf/cm ²
0	1,033	1000	0,915
100	1,021	2000	0,810
200	1,008	3000	0,715
300	0,996	4000	0,629
400	0,985	5000	0,552
500	0,973	6000	0,481
600	0,960	7000	0,419
700	0,948	8000	0,363
800	0,936	9000	0,313
900	0,925	10000	0,270

Medição da pressão atmosférica

Nós geralmente pensamos que o ar não tem peso. Mas, o oceano de ar cobrindo a terra exerce pressão sobre ela.

Torricelli, o inventor do barômetro, mostrou que a pressão atmosférica pode ser medida por uma coluna de mercúrio. Enchendo-se um tubo com mercúrio e invertendo-o em uma cuba cheia com mercúrio, ele descobriu que a atmosfera padrão, ao nível do mar, suporta uma coluna de mercúrio de 760 mm de altura.



A pressão atmosférica ao nível do mar mede ou é equivalente a 760 mm de mercúrio. Qualquer elevação acima desse nível deve medir evidentemente menos do que isso.

Num sistema hidráulico, as pressões acima da pressão atmosférica são medidas em kgf/cm². As pressões abaixo da pressão atmosférica são medidas em unidade de milímetros de mercúrio.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Físicas do gás

Lei geral dos gases perfeitos

As leis de Boyle-Mariotte, Charles e Gay Lussac referem-se a transformações de estado, nas quais uma das variáveis físicas permanece constante.

Geralmente, a transformação de um estado para outro envolve um relacionamento entre todas, sendo assim, a relação generalizada é expressa pela fórmula:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

De acordo com esta relação são conhecidas as três variáveis do gás. Por isso, se qualquer uma delas sofrer alteração, o efeito nas outras poderá ser previsto.

Efeito combinado entre as três variáveis físicas

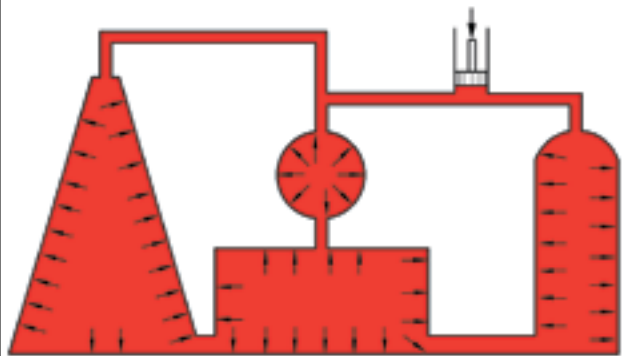


Princípio de Pascal

Constata-se que o ar é muito compressível sob ação de pequenas forças. Quando contido em um recipiente fechado, o ar exerce uma pressão igual sobre as paredes, em todos os sentidos.

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

Princípio de Blaise Pascal



- 1 - Suponhamos um recipiente cheio de um líquido, o qual é praticamente incompressível;
- 2 - Se aplicarmos uma força de 10 Kgf num êmbolo de 1 cm² de área;
- 3 - O resultado será uma pressão de 10 Kgf/cm² nas paredes do recipiente.

$$p = \frac{F}{A}$$

No S.I. F - Newton (Força)

P - Newton/m² (Pressão)

A - m² (Área)

No MKS*

F - kgf (Força)

P - kgf/cm² (Pressão)

A - cm² (Área)

Temos que: 1 kgf = 9,8 N

Nota:

Pascal não faz menção ao fator atrito, existente quando o líquido está em movimento, pois baseia-se na forma estática e não nos líquidos em movimento.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

O volume de ar deslocado com um compressor, é medido de maneiras diversas sendo que a mais utilizada é o PCM ou pé cúbico por minuto.

A pressão resultante de redução deste volume, também é medida utilizando-se dos mesmos valores que medem a pressão atmosférica, sendo que a mais comum é a lbf/pol², libras força por polegada quadrada.

A função portanto de um compressor de ar é o deslocamento de um volume por minuto. Secundariamente, este volume é reduzido conferindo-lhe uma pressão maior que a pressão atmosférica.

Depois de utilizado o ar poderá voltar a sua forma natural, graças a sua outra característica, a elasticidade, logo que extinta a força que incidia sobre o volume.

Tabelas de conversão de pressão e vazão volumétrica

Unidades de medidas	Equivalências	
kgf/cm ² lbf/pol ² psi	1 kgf/cm ²	14,22 lbf/pol ²
		0,98 bar
		10 m.c.a
		0,968 atm
psig * bar	1 atm	1,083 kgf/cm ²
		14,51 psi
		1 bar
atm kPa	1 bar	1,083 kgf/cm ²
		14,51 psi
		100 kPa
N/m ²	1 N/m ²	0,0001 kgf/cm ²
pcm cfm scfm	1 pé ³ /min	28,32 l/min
pés ³ /min Nm ³ /min m ³ /min	1 m ³ /min	1000 l/min
		35,32 pés ³ /min
		264,17 gal/min
l/min dm ³ galão	1 dm ³ /min	1 l/min
	1 galão/min	3,78 l/min

* g = (GAUGE) é a pressão manométrica (lida no manômetro).

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Tabela de conversão vazão-pressão

Vazão volumétrica

m ³ /min	l/min	pés ³ /min
0,0283	28,32	1,00
0,0566	56,63	2,00
0,0849	84,95	3,00
0,1133	113,27	4,00
0,1416	141,58	5,00
0,1699	169,90	6,00
0,1982	198,22	7,00
0,2265	226,53	8,00
0,2548	254,85	9,00
0,2832	283,17	10,00
0,3115	311,48	11,00
0,3398	339,8	12,00
0,3681	368,12	13,00
0,3964	396,43	14,00
0,4247	424,75	15,00
0,4531	453,07	16,00
0,4814	481,38	17,00
0,5097	509,70	18,00
0,5380	538,02	19,00
0,5663	566,33	20,00
0,7079	707,91	25,00
0,8495	849,50	30,00
0,9911	991,08	35,00
1,1327	1132,66	40,00
1,2742	1274,25	45,00
1,4158	1415,83	50,00
1,6990	1698,99	60,00
1,9822	1982,16	70,00
2,2653	2265,33	80,00
2,5485	2548,49	90,00
2,8317	2831,66	100,00
3,1148	3114,82	110,00

Pressão

bar	kgf/cm ²	psi
0,689	0,703	10
1,379	1,406	20
1,724	1,758	25
2,068	2,110	30
2,413	2,461	35
2,758	2,813	40
3,447	3,516	50
3,792	3,868	55
4,137	4,219	60
4,481	4,571	65
4,826	4,923	70
5,171	5,274	75
5,516	5,626	80
5,860	5,977	85
6,205	6,329	90
6,550	6,681	95
6,894	7,032	100
7,239	7,384	105
7,584	7,736	110
7,929	8,087	115
8,273	8,439	120
8,618	8,790	125
8,963	9,142	130
9,308	9,494	135
9,652	9,845	140
9,997	10,197	145
10,342	10,549	150
11,031	11,252	160
11,721	11,955	170
12,065	12,307	175
12,410	12,658	180
13,789	14,065	200

3. Produção do Ar Comprimido

Nota:

Em nosso livro, encontraremos, daqui para adiante, figuras e desenhos que foram ilustrados em cores. Essas cores não foram estabelecidas aleatoriamente. Um circuito pneumático ou hidráulico pode ser mais facilmente interpretado quando trabalhamos com "cores técnicas", colorindo as linhas de fluxo, com o objetivo de identificar o que está ocorrendo com o mesmo ou qual função que este desenvolverá.

As cores utilizadas para esse fim são normalizadas, porém existe uma diversificação em função da norma seguida.

Apresentamos abaixo as cores utilizadas pelo ANSI (American National Standard Institute), que substitui a organização ASA: sua padronização de cores é bem completa e abrange a maioria das necessidades de um circuito.

Vermelho

Indica pressão de alimentação, pressão normal do sistema, é a pressão do processo de transformação de energia; ex.: compressor.

Violeta

Indica que a pressão do sistema de transformação de energia foi intensificada; ex.: multiplicador de pressão.

Laranja

Indica linha de comando, pilotagem ou que a pressão básica foi reduzida; ex.: pilotagem de uma válvula.

Amarelo

Indica uma restrição no controle de passagem do fluxo; ex.: utilização de válvula de controle de fluxo.

Azul

Indica fluxo em descarga, escape ou retorno; ex.: exaustão para atmosfera.

Verde

Indica sucção ou linha de drenagem; ex.: sucção do compressor.

Branco

Indica fluido inativo; ex.: armazenagem.

Elementos de produção de ar comprimido - compressores

Definição

Compressores 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.

Classificação e definição segundo os princípios de trabalho

São duas as classificações fundamentais para os princípios de trabalho.

Deslocamento positivo

Baseia-se fundamentalmente na redução de volume. O ar é admitido em uma câmara isolada do meio exterior, onde seu volume é gradualmente diminuído, processando-se a compressão.

Quando uma certa pressão é atingida, provoca a abertura de válvulas de descarga, ou simplesmente o ar é empurrado para o tubo de descarga durante a contínua diminuição do volume da câmara de compressão.

Deslocamento dinâmico

A elevação da pressão é obtida por meio de 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 laminado) dotados de alta velocidade.

Este ar é acelerado, atingindo velocidades elevadas e conseqüentemente os impulsores transmitem energia cinética ao ar. Posteriormente, seu escoamento é retardado por meio de difusores, obrigando a uma elevação na pressão.

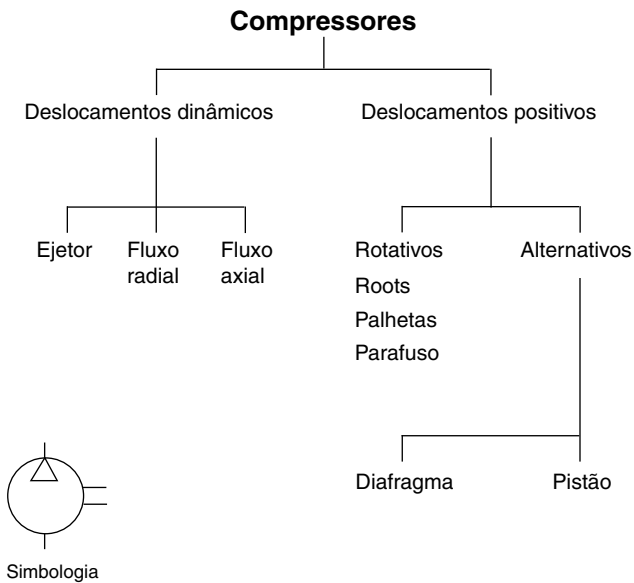
Difusor

É uma espécie de duto que provoca diminuição na velocidade de escoamento de um fluido, causando aumento de pressão.

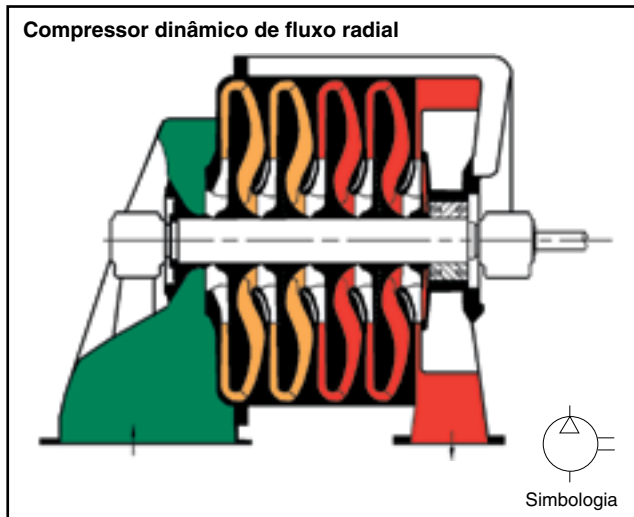
Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Tipos fundamentais de compressores

São apresentados a seguir alguns dos tipos de compressores.



Compressor dinâmico de fluxo radial



O ar é acelerado a partir do centro de rotação, em direção à periferia, ou seja, é admitido pela primeira hélice (rotor dotado de lâminas dispostas radialmente), axialmente é acelerado e expulso radialmente.

Quando vários estágios estão reunidos em uma carcaça única, o ar é obrigado a passar por um difusor antes de ser conduzido ao centro de rotação do estágio seguinte, causando a conversão de energia cinética em energia de pressão.

A relação de compressão entre os estágios é determinada pelo desenho da hélice, sua velocidade tangencial e a densidade do gás.

O resfriamento entre os estágios, a princípio, era realizado através de camisas d'água nas paredes internas do compressor. Atualmente, existem resfriadores intermediários separados, de grande porte, devido à sensibilidade à pressão, por onde o ar é dirigido após dois ou três estágios, antes de ser injetado no grupo seguinte. Em compressores de baixa pressão não existe resfriamento intermediário.

Os compressores de fluxo radial requerem altas velocidades de trabalho, como por exemplo 334, 550, 834 até 1667 r.p.m.. Isto implica também em um deslocamento mínimo de ar ($0,1667 \text{ m}^3/\text{s}$).

As pressões influem na sua eficiência, razão pela qual geralmente são geradores de ar comprimido. Assim, comparando-se a sua eficiência com a de um compressor de deslocamento positivo, esta seria menor. Por isso, esses compressores são empregados quando se exigem grandes volumes de ar comprimido.

Compressor de parafuso

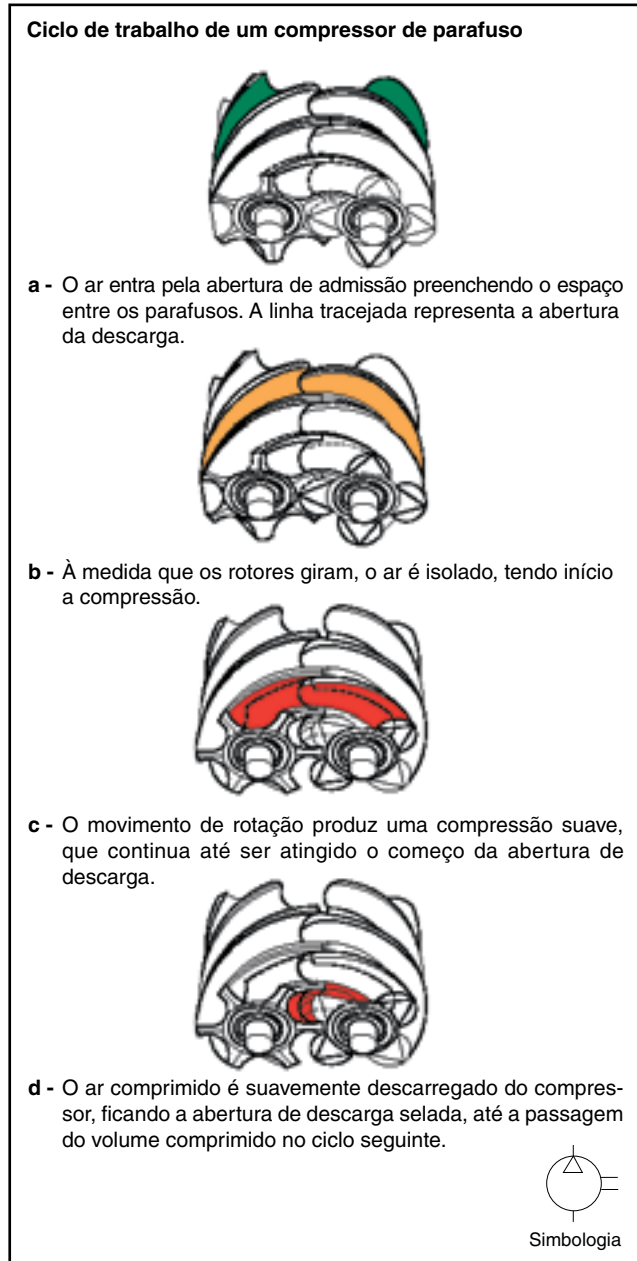
Este compressor é dotado de uma carcaça onde giram dois rotores helicoidais em sentidos opostos. Um dos rotores possui lóbulos convexos, o outro uma depressão côncava e são denominados, respectivamente, rotor macho e rotor fêmea.

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, obtendo-se uma velocidade menor do rotor fêmea. Estes rotores revolvem-se numa carcaça cuja superfície interna consiste de dois cilindros ligados como um "oitó".

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

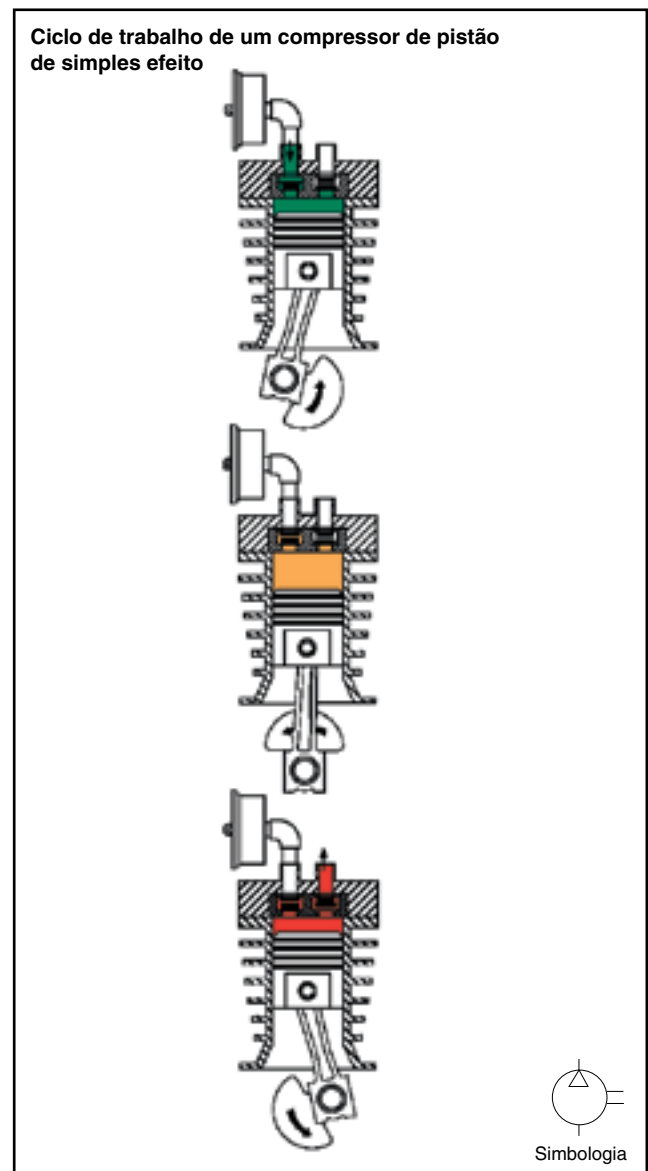
Nas extremidades da câmara existem aberturas para admissão e descarga do ar. O ciclo de compressão pode ser seguido pelas figuras a, b, c, d.



O ar à pressão atmosférica ocupa espaço entre os rotores e, conforme eles giram, o volume compreendido entre os mesmos é isolado da admissão. Em seguida, começa a decrescer, dando início à compressão. Esta prossegue até uma posição tal que a descarga é descoberta e o ar é descarregado continuamente, livre de pulsações. No tubo de descarga existe uma válvula de retenção, para evitar que a pressão faça o compressor trabalhar como motor durante os períodos em que estiver parado.

Compressor alternativo de pistão de simples efeito ou compressor tipo tronco

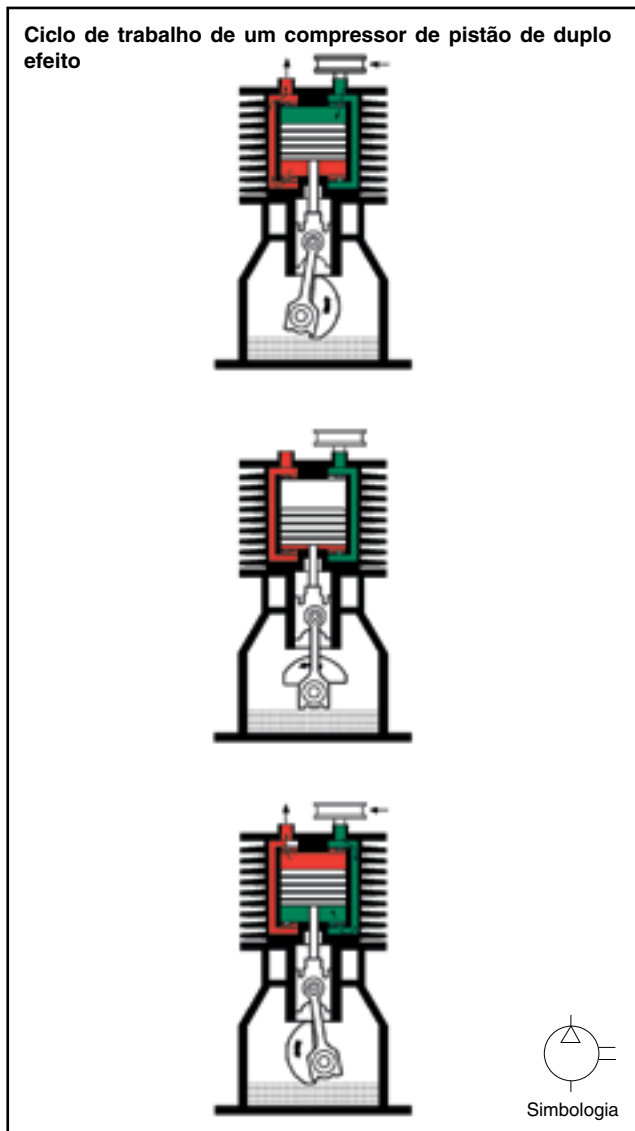
Este tipo de compressor leva este nome por ter somente uma câmara de compressão, ou seja, apenas a face superior do pistão aspira o ar e comprime; a câmara formada pela face inferior está em conexão com o carter. O pistão está ligado diretamente ao virabrequim por uma biela (este sistema de ligação é denominado tronco), que proporciona um movimento alternativo de sobe e desce ao pistão, e o empuxo é totalmente transmitido ao cilindro de compressão. Iniciado o movimento descendente, o ar é aspirado por meio de válvulas de admissão, preenchendo a câmara de compressão. A compressão do ar tem início com o movimento da subida. Após obter-se uma pressão suficiente para abrir a válvula de descarga, o ar é expulso para o sistema.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Compressor alternativo de pistão de duplo efeito - compressor tipo cruzeta

Este compressor é assim chamado por ter duas câmaras, ou seja, as duas faces do êmbolo aspiram e comprimem. O virabrequim está ligado a uma cruzeta por uma biela; a cruzeta, por sua vez, está ligada ao êmbolo por uma haste. Desta maneira consegue transmitir movimento alternativo ao êmbolo, além do que, a força de empuxo não é mais transmitida ao cilindro de compressão e sim às paredes guias da cruzeta. O êmbolo efetua o movimento descendente e o ar é admitido na câmara superior, enquanto que o ar contido na câmara inferior é comprimido e expelido. Procedendo-se o movimento oposto, a câmara que havia efetuado a admissão do ar realiza a sua compressão e a que havia comprimido efetua a admissão. Os movimentos prosseguem desta maneira, durante a marcha do trabalho.



Todos os compressores tem em comum a mesma função: deslocar um volume de ar e reduzi-lo. O tipo de compressor mais utilizado em todo o mundo, é o alternativo de pistão que tem um funcionamento muito simples.

Seu mecanismo é uma ação em três tempos: admissão, compressão e descarga. Cada vez que um compressor realiza esta função de captar, comprimir e descarregar um volume de ar, chamamos de um estágio.

Estágio é portanto o procedimento sistemático desta função mecânica continuamente repetida.

No sistema de compressores alternativos de pistão, tem diferentes tipos de projeto, que permitem se necessário, a repetição dos estágios de admissão e descarga, aumentando a eficiência de redução de volume, ganhando-se em aumento de pressão deste.

Desta maneira há compressores de:

- **Um estágio:** considerados de baixa pressão 80 a 120 psi e 100 a 140 psi;
- **Dois estágios:** considerados de alta pressão 135 a 175 psi;
- **Três estágios:** considerados alta pressão 210 a 250 psi.

O compressor de três estágios, seguirá a mesma sequência anterior, tendo ainda um terceiro cilindro de tamanho reduzido, para como o próprio nome diz, reduzir uma terceira vez o volume, obtendo uma pressão ainda maior.

Complementação sobre os compressores

Cilindros (cabeçotes)

São executados, geralmente, em ferro fundido perlítico de boa resistência mecânica, com dureza suficiente e boas características de lubrificação devido à presença de carbono sob a forma de grafite.

Pode ser fundido com aletas para resfriamento com ar, ou com paredes duplas para resfriamento com água (usam-se geralmente o bloco de ferro fundido e camisas de aço). A quantidade de cilindros com camisas determina o número de estágios que podem ser:

Êmbolo (pistão)

O seu formato varia de acordo com a articulação existente entre ele e a biela. Nos compressores de simples efeito o pé da biela se articula diretamente sobre o pistão e este, ao subir, provoca empuxo na parede do cilindro.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Em consequência, o êmbolo deve apresentar uma superfície de contato suficiente. No caso de duplo efeito, o empuxo lateral é suportado pela cruzeta e o êmbolo é rigidamente preso à haste.

Os êmbolos são feitos de ferro fundido ou ligas de alumínio.

Composição e geração

Os compressores de pistão são comumente aplicados para pequenas/médias vazões (até 200 m³/h).

Os compressores de parafuso são mais indicados para médias e grandes vazões (150 m³/h a 2000 m³/h).

Os compressores centrífugos são mais indicados para vazões grandes e muito grandes (> 1500 m³/h).

As pressões atingidas pelos compressores variam, em geral, entre 6 barg e 40 barg, sendo a pressão 7 barg tipicamente encontrada na maioria das aplicações.

Um eficiente sistema de ar comprimido começa pela escolha do compressor mais adequado para cada atividade.

Sistema de refrigeração dos compressores (resfriamento intermediário)

Remove o calor gerado entre os estágios de compressão, visando:

- Manter baixa a temperatura das válvulas, do óleo lubrificante e do ar que está sendo comprimido (com a queda de temperatura do ar a umidade é removida).
- Aproximar a compressão da isotérmica, embora esta dificilmente possa ser atingida, devido à pequena superfície para troca de calor.
- Evitar deformação do bloco e cabeçote, devido às temperaturas.
- Aumentar a eficiência do compressor.

O sistema de refrigeração compreende duas fases:

- Resfriamento dos cilindros de compressão
- Resfriamento do resfriador intermediário

Um sistema de refrigeração ideal é aquele em que a temperatura do ar na saída do resfriador intermediário é igual à temperatura de admissão deste ar.

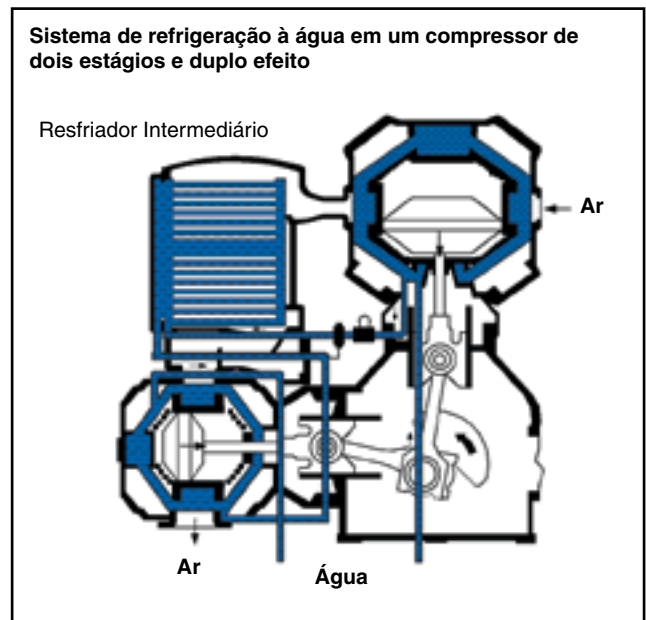
O resfriamento pode ser realizado por meio de ar em circulação, ventilação forçada e água, sendo que o resfriamento à água é o ideal porque provoca condensação de umidade; os demais não provocam condensação.

Resfriamento à água

Os blocos dos cilindros são dotados de paredes duplas, entre as quais circula água.

A superfície que exige um melhor resfriamento é a do cabeçote, pois permanece em contato com o gás ao fim da compressão. No resfriador intermediário empregam-se, em geral, tubos com aletas.

O ar a ser resfriado passa em torno dos tubos, transferindo o calor para a água em circulação.



Esta construção é preferida, pois permite maior vazão e maior troca de calor.

A água utilizada para este fim deve ter baixa temperatura, pressão suficiente, estar livre de impurezas e ser mole, isto é, conter pouco teor de sais de cálcio ou outras substâncias.

O processo de resfriamento se inicia, geralmente, pela circulação de água através da câmara de baixa pressão, entrando posteriormente em contato com o resfriador intermediário.

Além de provocar o resfriamento do ar, uma considerável quantidade de umidade é retida, em consequência da queda de temperatura provocada no fluxo de ar proveniente do estágio de baixa pressão.

Em seguida, a água é dirigida para a câmara de alta pressão, sendo eliminada do interior do compressor, indo para as torres ou piscinas de resfriamento.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Aqui, todo o calor adquirido é eliminado da água, para que haja condições de reaproveitamento. Determinados tipos de compressores necessitam de grandes quantidades de água e, portanto, não havendo um reaproveitamento, haverá gastos.

Este reaproveitamento se faz mais necessário quando a água disponível é fornecida racionalmente para usos gerais.

Os compressores refrigeradores à água necessitam atenção constante, para que o fluxo refrigerante não sofra qualquer interrupção, o que acarretaria um aumento sensível na temperatura de trabalho.

Determinados tipos de compressores possuem, no sistema de resfriamento intermediário, válvulas termostáticas, visando assegurar o seu funcionamento e protegendo-o contra a temperatura excessiva, por falta d'água ou outro motivo qualquer.

O resfriamento intermediário pela circulação de água é o mais indicado.

Resfriamento a ar

Compressores pequenos e médios podem ser, vantajosamente, resfriados a ar num sistema muito prático, particularmente em instalações ao ar livre ou onde o calor pode ser retirado facilmente das dependências. Nestes casos, o resfriamento a ar é a alternativa conveniente.

Existem dois modos básicos de resfriamento por ar:

- **Circulação** - os cilindros e cabeçotes, geralmente, são aletados a fim de proporcionar maior troca de calor, o que é feito por meio da circulação do ar ambiente e com auxílio de hélices nas polias de transmissão.
- **Ventilação forçada** - a refrigeração interna dos cabeçotes e resfriador intermediário é conseguida através de ventilação forçada, ocasionada por uma ventoinha, obrigando o ar a circular no interior do compressor.

Conceitos básicos para uma correta seleção

Para o correto dimensionamento de um compressor, os fatores mais importantes a serem considerados são:

- **Vazão** (volume de ar)
- **Pressão** (força do ar)

É fundamental considerar ainda, que nos compressores de pistão há um terceiro fator que é o regime de intermitência: ou seja, a relação de tempo que um

compressor fica parado ou em funcionamento. Neste tipo de compressor a intermitência ideal é de 30%, de forma que num determinado período de trabalho, um compressor permaneça 70% do tempo em carga e 30% em alívio.

Para uma perfeita cobertura das expectativas, o dimensionamento de qualquer compressor de ar deve atender aos requisitos básicos de pressão, vazão e regime de intermitência.

Secundariamente considera-se fatores outros como facilidade de locomoção, tensão da rede, etc., mas sempre após garantir os três requisitos fundamentais (pressão, vazão, intermitência).

Dimensionamento de um compressor

Para a correta seleção de um compressor, é necessário saber:

- 1 - Equipamentos pneumáticos que serão utilizados;
- 2 - Quantidade;
- 3 - Taxa de utilização (fornecido pelo usuário);
- 4 - Pressão de trabalho (dado técnico de catálogo);
- 5 - Ar efetivo consumidor por equipamento (dado técnico de catálogo).

Exemplo: Uma pequena fábrica tem os seguintes equipamentos listados. Vamos selecionar o compressor correto para nosso cliente:

Descrição Equipamento	Qde.	Consumo de ar efetivo pcm	Pressão de trabalho lbf/pol ²	Taxa de utilização %
Furadeira pneumática	2	8,0	60	25
Lixadeira pneumática	2	12,0	60	40
Pistola pintura	3	6,0	40	30
Guincho pneumático	1	3,0	125	10
Bicos de limpeza	5	6,0	qualquer pressão	10

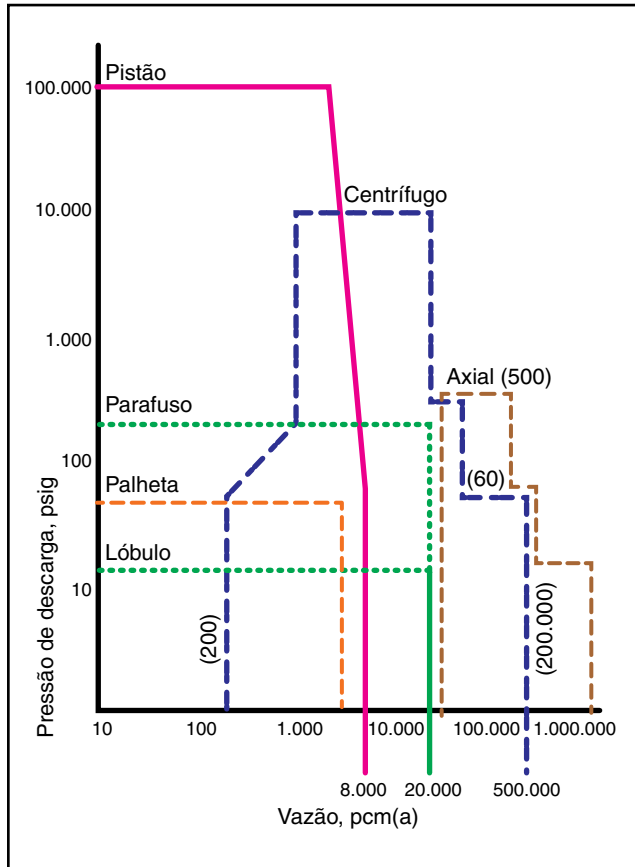
Primeiramente devemos calcular o consumo de ar efetivo considerando a intermitência de cada equipamento. Como:

- Furadeira = $2 \times 8 \times 0,25 = 4,0$ pcm
 - Lixadeira pneumática = $2 \times 12 \times 0,40 = 9,6$ pcm
 - Pistola de pintura = $3 \times 6 \times 0,30 = 5,4$ pcm
 - Guincho pneumático = $5 \times 6 \times 0,10 = 3,0$ pcm
 - Bico de limpeza = $5 \times 6 \times 0,10 = 22,3$ pcm
 - Total** = $22,3$ pcm
- pressão 125 psi

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Um eficiente sistema de ar comprimido começa pela escolha do compressor mais adequado para cada atividade.

O diagrama abaixo auxilia na escolha do tipo de compressor mais indicado para atender os parâmetros vazão e pressão:



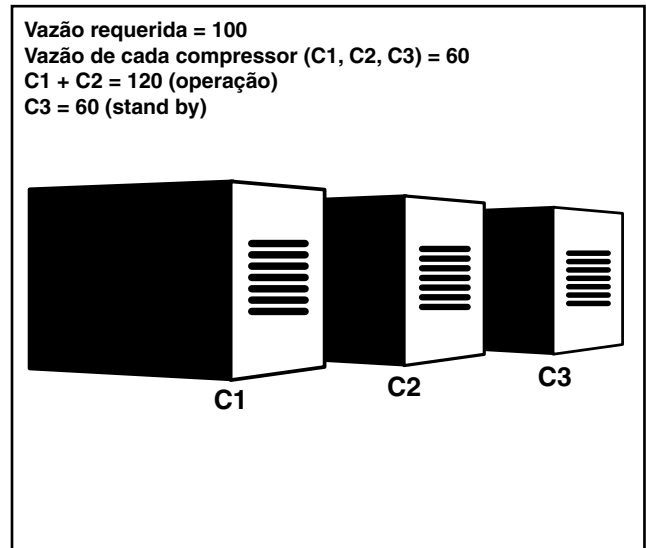
Quanto ao **nível de pureza** do ar comprimido, é conveniente fazer uma distinção entre aplicação crítica e não-crítica.

Mesmo com a utilização obrigatória dos mais sofisticados equipamentos de tratamento de ar comprimido, as aplicações críticas (hospitais, laboratórios, ar para respiração humana, etc.) deverão ser equipados com compressores do tipo **não-lubrificado** (isentos de óleo), eliminando-se o risco de um lançamento excessivo de óleo no sistema, no caso de um acidente com os separadores de óleo dos compressores lubrificados.

Quantidade de compressores

Assim que a vazão total do sistema for definida, estabeleça um fator entre 20% e 50% para futuras ampliações e selecione dois compressores que, somados, atendam essa vazão.

Um terceiro compressor, da mesma capacidade, pode ser adicionado ao sistema como **stand by**.



Em conjunto, os três compressores podem ser programados para operar num sistema de rodízio, proporcionando o mesmo nível de desgaste para todos.

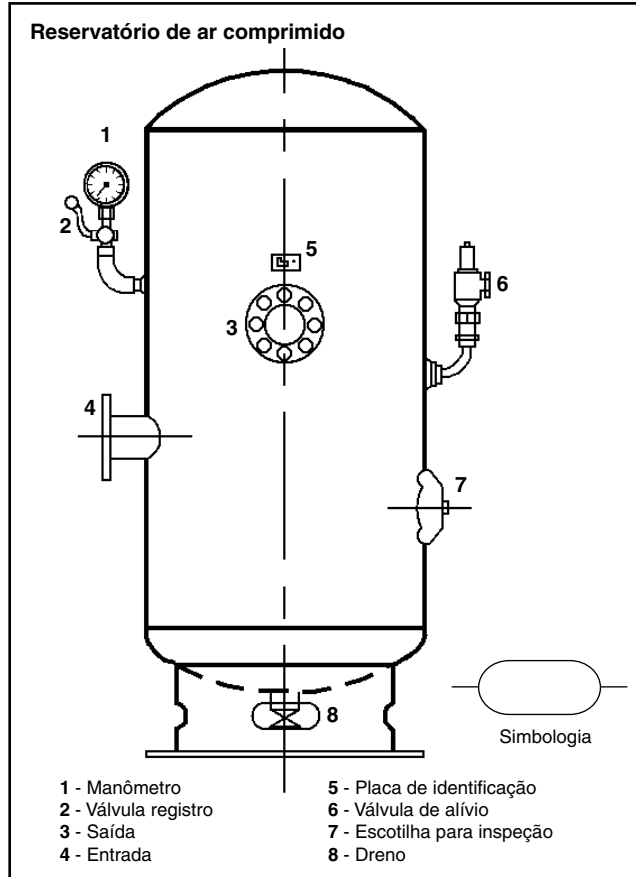
Essa configuração é, sob qualquer aspecto, a mais vantajosa para o usuário pois garante o suprimento de ar comprimido, presente e futuro, como o menor risco de falha.

Verifique a potência e a vazão efetivamente produzida pelo compressor. Cuidado com as informações do tipo "**volume deslocado**", pois costumam omitir as perdas ocorridas no processo de compressão.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Reservatório de ar comprimido

Um sistema de ar comprimido é dotado, geralmente, de um ou mais reservatórios, desempenhando grandes funções junto a todo o processo de produção.



Em geral, o reservatório possui as seguintes funções:

- Armazenar o ar comprimido.
- Resfriar o ar auxiliando a eliminação do condensado.
- Compensar as flutuações de pressão em todo o sistema de distribuição.
- Estabilizar o fluxo de ar.
- Controlar as marchas dos compressores, etc.

Os reservatórios são construídos no Brasil conforme a norma PNB 109 da A.B.N.T, que recomenda:

Nenhum reservatório deve operar com uma pressão acima da pressão máxima de trabalho permitida, exceto quando a válvula de segurança estiver dando vazão; nesta condição, a pressão não deve ser excedida em mais de 6% do seu valor.

Localização

Os reservatórios devem ser instalados de modo que todos os drenos, conexões e aberturas de inspeção sejam facilmente acessíveis.

Em nenhuma condição, o reservatório deve ser enterrado ou instalado em local de difícil acesso; deve ser instalado, de preferência, fora da casa dos compressores, na sombra, para facilitar a condensação da umidade e do óleo contidos no ar comprimido; deve possuir um dreno no ponto mais baixo para fazer a remoção deste condensado acumulado em cada 8 horas de trabalho; o dreno, preferencialmente, deverá ser automático.

Os reservatórios são dotados ainda de manômetro, válvulas de segurança, e são submetidos a uma prova de pressão hidrostática, antes da utilização.

Armazenamento de ar

Para cálculo rápido do volume de um reservatório de ar, adota-se a seguinte regra:

• Para compressores de pistão:

Volume do reservatório = 20% da vazão total do sistema medida em m³/min.

- Vazão total = 5 m³/min

- Volume do reservatório = 20% x 5 m³/min = 1,0 m³

• Para compressores rotativos:

Volume do reservatório = 10% da vazão total do sistema medida em m³/min.

- Vazão total = 5 m³/min

- Volume do reservatório = 10% x 5 m³/min = 0,5 m³

Para um cálculo mais sofisticado, deve-se adotar uma fórmula que considera a vazão de ar requerida pelo sistema num determinado intervalo em função do decaimento máximo de pressão aceitável nesse intervalo.

Encontrando o volume total de armazenamento de ar necessário para o sistema, recomenda-se dividi-lo em dois reservatórios menores, de igual capacidade, sendo o primeiro instalado logo após o compressor de ar e antes do pré-filtro e o segundo logo após o pós-filtro.

Esse arranjo - um reservatório de ar úmido e um reservatório de ar puro e seco - traz inúmeros benefícios, como o ajuste perfeito do ciclo carga/alívio dos compressores, a proteção de todo o sistema contra vazamentos de óleo acidentais pelos compressores, o amortecimento de pulsações, a proteção dos rolamentos dos compressores, o fornecimento

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

adequado de ar tratado para o consumo e a proteção dos equipamentos de tratamento de ar contra picos de vazão que viriam do primeiro reservatório, caso não houvesse o segundo.

Finalmente, um aspecto fundamental na seleção de reservatórios de ar comprimido é a segurança. A ocorrência de acidentes fatais envolvendo reservatórios fora de normas técnicas e sem as inspeções periódicas obrigatórias pela legislação brasileira é mais frequente do que se imagina.

Um reservatório deve sempre atender a PMTA (pressão máxima de trabalho admissível) do sistema, ser projetado, fabricado e testado conforme um conjunto de normas nacionais e internacionais (NR-13, ASME, etc.), possuir instalados seus acessórios mínimos obrigatórios (manômetro e válvula de segurança) e receber uma proteção anti-corrosiva interna e externa de acordo com a sua exposição à oxidação.

Manutenção do compressor

Esta é uma tarefa importante dentro do setor industrial. É imprescindível seguir as instruções recomendadas pelo fabricante que, melhor do que ninguém, conhece os pontos vitais de manutenção.

Um plano semanal de manutenção será previsto, e nele será programada uma verificação no nível de lubrificação, nos lugares apropriados e, particularmente, nos mancais do compressor, motor e no carter.

Neste mesmo prazo será prevista a limpeza do filtro de ar e a verificação experimental da válvula de segurança, para comprovação do seu real funcionamento.

Será prevista também a verificação da tensão das correias. Periodicamente, será verificada a fixação do volante sobre o eixo de manivelas.

Considerações sobre irregularidades na compressão

Como na compressão o ar é aquecido, é normal um aquecimento do compressor. Porém, às vezes o aquecimento exagerado pode ser devido a uma das seguintes causas:

- a) Falta de óleo no carter.
- b) Válvulas presas.
- c) Ventilação insuficiente.
- d) Válvulas sujas.
- e) Óleo do carter viscoso demais.
- f) Válvulas de recalque quebradas.
- g) Filtro de ar entupido.

Em caso de "batidas" ou barulho anormal, observar os itens seguintes:

- a) Carvão no pistão
- b) Folga ou desgaste nos pinos que prendem as buchas e os pistões.
- c) Jogo nos mancais das buchas no eixo das manivelas.
- d) Desgaste nos mancais principais.
- e) Válvulas mal assentadas.
- f) Volante solto.

Se os períodos de funcionamento são mais longos que os normais, isto pode ser devido a:

- a) Entupimento do filtro de ar.
- b) Perda de ar nas linhas.
- c) Válvulas sujas ou emperradas.
- d) Necessidade de maior capacidade de ar.

4. Tratamento do Ar Comprimido

Contaminantes

O ar atmosférico é uma mistura de gases, principalmente de oxigênio e nitrogênio, e contém contaminantes de três tipos básicos: água, óleo e poeira (sólido). Durante o processo de compressão, o ar comprimido também é contaminado pelo óleo lubrificante do compressor e por partículas sólidas provenientes do desgaste das peças móveis do mesmo. Já na tubulação de distribuição, o ar comprimido ainda pode arrastar ferrugem e outras partículas.

A água é responsável por outra série de inconvenientes que mencionaremos adiante. O compressor, ao admitir ar, aspira também os seus compostos e, ao comprimir, adiciona a esta mistura o calor sob a forma de pressão e temperatura.

O resultado da mistura de todos os contaminantes é uma emulsão ácida e abrasiva que compromete o correto funcionamento de um sistema de ar comprimido em qualquer tipo de aplicação.

Umidade

Os gases sempre permanecem em seu estado nas temperaturas e pressões normais encontradas no emprego da pneumática. Componentes com água sofrerão condensação e ocasionarão problemas. Sabemos que a quantidade de água absorvida pelo ar está relacionada com a sua temperatura e volume.

A maior quantidade de vapor d'água contida num volume de ar sem ocorrer condensação dependerá da temperatura de saturação ou ponto de orvalho a que está submetido este volume. No ar comprimido temos ar saturado. O ar estará saturado quando a pressão parcial do vapor d'água for igual à pressão de saturação do vapor d'água, à temperatura local.

O vapor é superaquecido quando a pressão parcial do vapor d'água for menor que a pressão de saturação. Enquanto tivermos a presença de água em forma de vapor normalmente superaquecido, nenhum problema ocorrerá.

Analisemos agora: um certo volume de ar está saturado com vapor d'água, isto é, sua umidade relativa é 100%; comprimimos este volume até o dobro da pressão absoluta, o seu volume se reduzirá à metade. Logicamente, isto significará que sua capacidade de reter vapor d'água também foi reduzida à metade devido ao aumento da pressão e redução do seu volume.

Então o excesso de vapor será precipitado como água. Isto ocorre se a temperatura for mantida constante durante a compressão, ou seja, processo isotérmico de compressão. Entretanto, isso não acontece; verifica-se uma elevação considerável na temperatura durante a compressão.

Como foi mencionado anteriormente, a capacidade de retenção da água pelo ar está relacionada com a temperatura, sendo assim, não haverá precipitação no interior das câmaras de compressão.

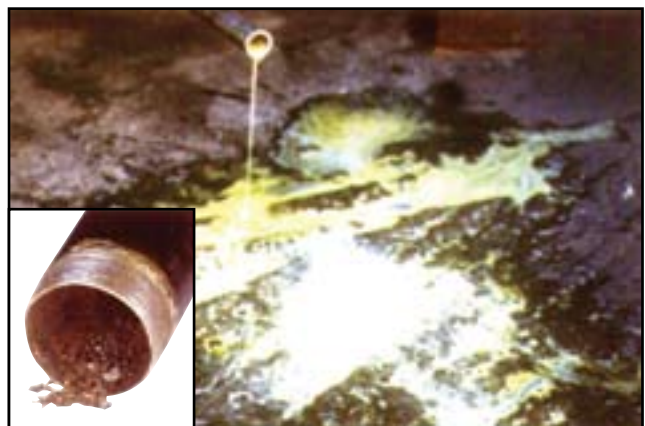
A precipitação de água ocorrerá quando o ar sofrer um resfriamento, seja no resfriador ou na linha de distribuição. Isto explica porque no ar comprimido existe sempre ar saturado com vapor d'água em suspensão, que se precipita ao longo das tubulações na proporção em que se resfia.

Quando o ar é resfriado à pressão constante, a temperatura diminui, então a pressão parcial do vapor será igual à pressão de saturação no ponto de orvalho. Qualquer resfriamento adicional provocará condensação da umidade.

Efeitos do ar comprimido contaminado

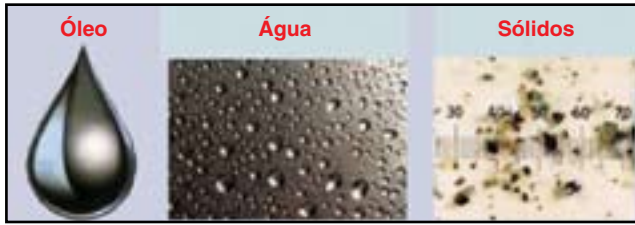
- Obstrução de orifícios;
- Desgaste de vedações;
- Erosão nos componentes pneumáticos;
- Redução de eficiência de produtividade da máquina;
- Custos elevados com paradas de máquinas.

Portanto, é de maior importância que grande parte da água, bem como dos resíduos de óleo, seja removida do ar para evitar redução de todos os dispositivos e máquinas pneumáticas.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Tipos de contaminates



Vapores

Vapor de água, óleo, tinta, voláteis e solventes.
O ar ambiente a 20°C retém até 18 g/m³ de água.

Conseqüências

- Ferrugem na tubulação
- Deterioração de vedações
- Imperfeições em processo de pintura
- Erro de leitura de instrumentos
- Manutenções freqüentes em equipamentos pneumáticos e baixo desempenho

Solução

- Secagem do ar muito antes do local de uso
- Coalescer à mais baixa temperatura possível.

Ponto de orvalho - P.O. (pressão atmosférica)

Ponto de orvalho à pressão de operação (unidade: °C)

Trata-se da temperatura na qual o vapor de água contido no ar comprimido, numa certa pressão, inicia sua condensação.

Ponto de orvalho à pressão atmosférica (padrão de referência - unidade °C)

A temperatura na qual o vapor de água contido no ar comprimido iniciaria a sua condensação após a sua despressurização.

P.O °C	Água g/m ³	P.O °C	Água g/m ³	P.O °C	Água g/m ³
-70	0,0019	-22	0,6232	26	25,4882
-68	0,0026	-20	0,7566	28	28,7887
-66	0,0034	-18	0,9152	30	32,4773
-64	0,0046	-16	1,1047	32	36,5892
-62	0,0060	-14	1,3288	34	41,1783
-60	0,0079	-12	1,5943	36	46,2942
-58	0,0103	-10	1,9070	38	52,0071
-56	0,0135	-8	2,2090	40	58,3676
-54	0,0174	-6	2,6647	42	65,4660
-52	0,0225	-4	3,2162	44	73,3929
-50	0,0288	-2	3,8085	46	82,1939
-48	0,0368	0	4,5011	48	92,0980
-46	0,0468	2	5,1638	50	103,1027
-44	0,0593	4	6,0078	52	115,4836
-42	0,0748	6	6,9157	54	129,3509
-40	0,0940	8	7,9440	56	144,9386
-38	0,1176	10	9,1059	58	162,5200
-36	0,1467	12	10,4220	60	182,3031
-34	0,1823	14	11,9016	62	204,7760
-32	0,2256	16	13,5694	64	230,4018
-30	0,2783	18	15,4356	66	259,4792
-28	0,3421	20	17,5415	68	293,0886
-26	0,4192	22	19,8987	70	331,8318
-24	0,5119	24	25,5352		

Líquidos

Óleo lubrificante de compressor, água e óleo condensados, óleo carbonizado e outros tipos de produtos próximo à instalação do compressor.

Tipos de compressores

	Pistão Novo: 25 ppm Usado: 150 ppm		Parafuso Estacionário: 2 - 10 ppm Portátil: 15 - 25 ppm pode atingir 10.000 ppm
	Rotativo Novo: menos de 5 ppm Usado: 50 - 150 ppm pode atingir 10.000 ppm		Isento de óleo Dependendo das condições atinge 0,05 - 0,25 ppm

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Distribuição por tipo de partículas no ar atmosférico

Tamanho de Partícula (Microns)	Quantidade média por Pé-Cúbico	Porcentagem por Qde.	Porcentagem em peso
0.01 - 0.02	173,929,673	7.28	-
0.02 - 0.05	338,557,845	14.17	0.02
0.05 - 0.10	395,213,491	16.54	0.18
0.10 - 0.22	906,959,672	37.95	4.2
0.22 - 0.46	501,288,728	20.98	23.22
0.46 - 1.00	69,890,564	2.92	32.38
1.00 - 2.15	3,801,973	0.16	17.6
2.15 - 4.64	212,705	-	9.85
4.64 - 10.00	15,235	-	7.06
10.00 - 21.54	645	-	2.98
21.54 +	28	-	2.51
	2,389,890,499	100%	100%

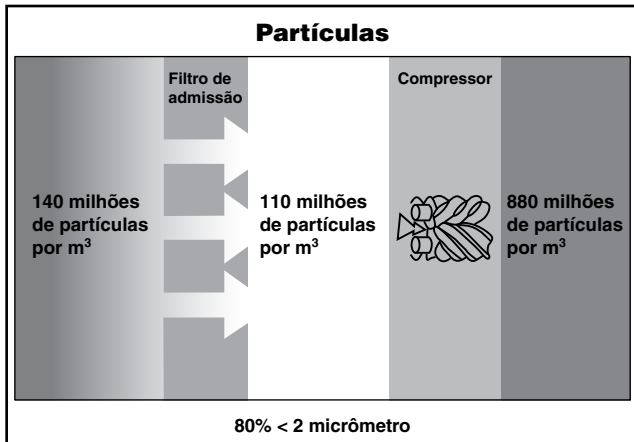
} 77.6%

(@ a uma concentração de 69 microgramas por Pé-Cúbico ou 0,03 gramas por 1000 Pé-Cúbicos).

Nota

Este é o ar que você está respirando agora. Comprimido à 100 psig, esta concentração aumenta 8 vezes.

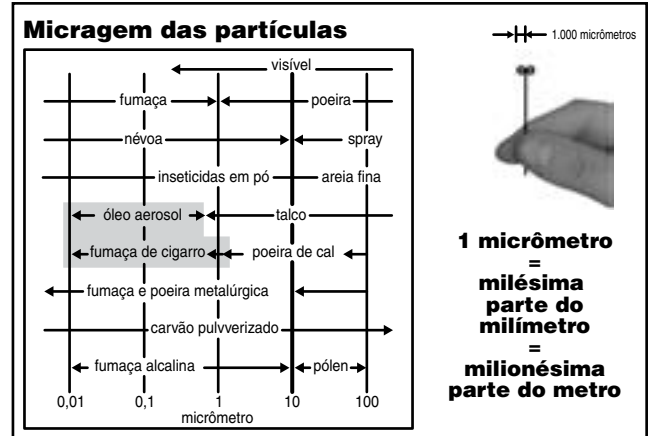
Distribuição por tipo de partículas no ar industrial



Fundamentos da filtragem

Mícron

O micron é a dimensão física equivalente a milésima parte do milímetro.



Visibilidade

O olho humano, sem nenhum recurso, não consegue distinguir objetos menores que 40 microns.

Filtragem mecânica convencional por retenção (sólidos)

Um tipo de malha porosa retém partículas maiores que o tamanho dos poros. Partículas menores colidem com as fibras do meio filtrante (via impacto, difusão ou interceptação) e são retidas por força de "Van der Waals" e forças eletrostáticas.

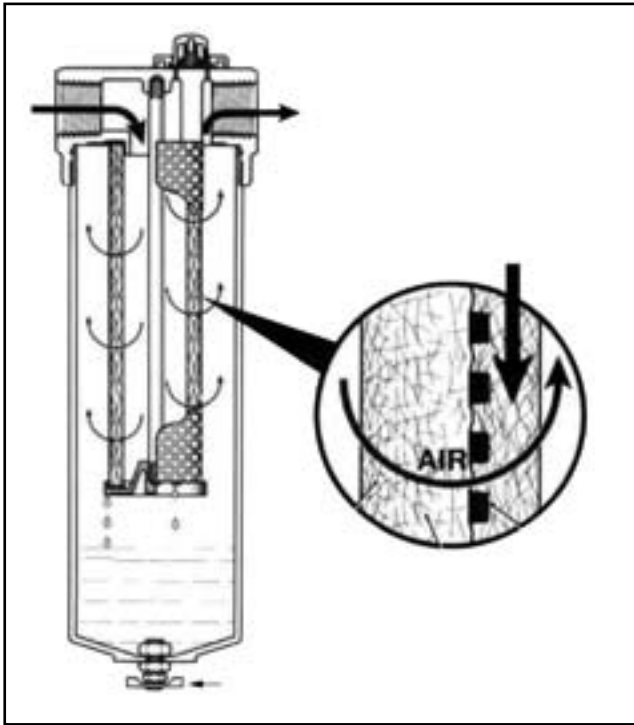
Filtragem Nominal

Meio filtrante (algodão, lã, celulose, bronze sinterizado, etc) que geralmente trabalha com eficiência de 90 a 98% na remoção de contaminantes.

Filtragem Nominal é totalmente ineficaz na remoção de contaminantes menores que 2 microns.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Filtragem coalescente



Um processo uniforme pelo qual aerossóis líquidos são forçados a se aglomerarem formando gotículas que aumentam gradativamente conforme atravessam o meio filtrante até que sejam grandes o suficiente para serem precipitadas para o fundo do copo do filtro e retiradas do fluxo.

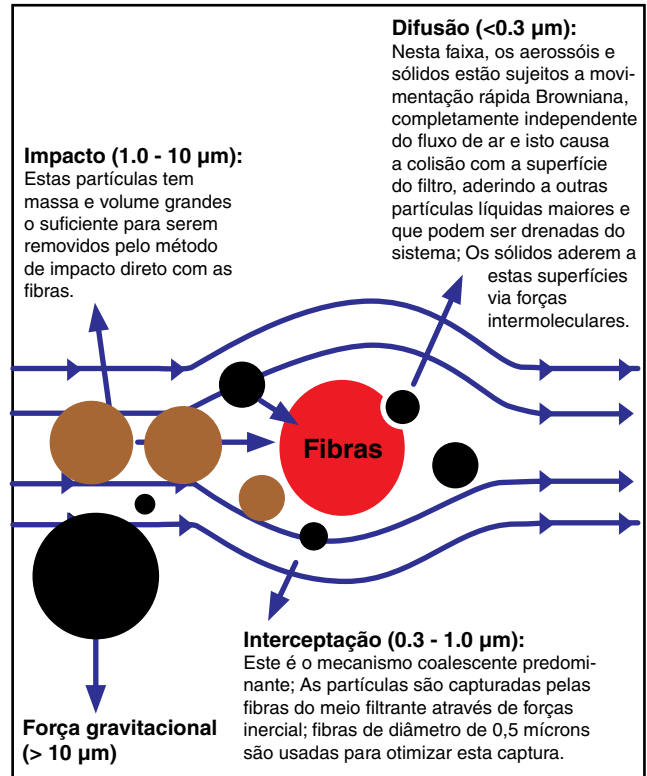
Eficiência

$\frac{\text{O que o filtro separou}}{\text{Contaminação total antes do filtro}} \times 100 = \% \text{ Eficiência}$

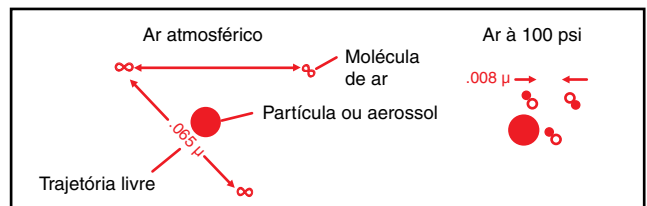
Aerossol

É qualquer partícula pequena (geralmente menor que 10 microns) suspensa, sendo líquida ou sólida.

Teoria da filtração



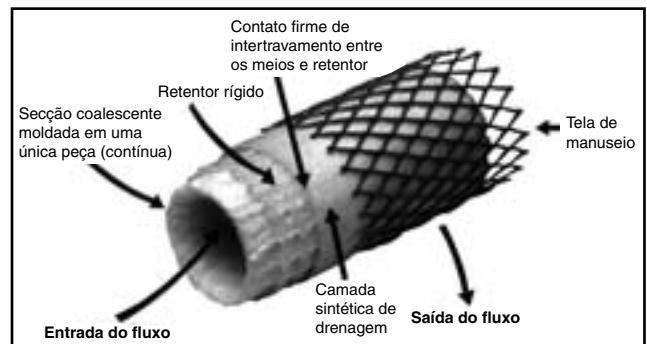
Movimento Browniano - Difusão



Definição do movimento Browniano

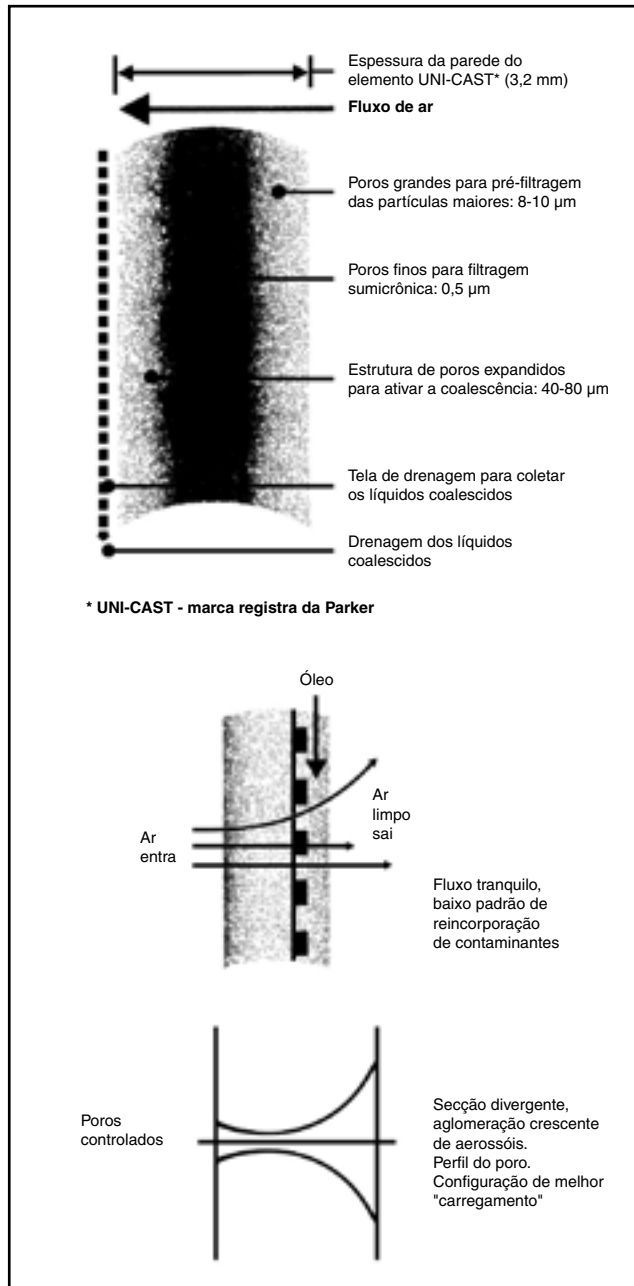
O movimento errático de pequenos aerossóis suspensos no fluido devido ao impacto das moléculas de gás.

Construção do elemento coalescente



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Corte longitudinal do elemento coalescente



Norma internacional ISO 8573-1

Classe	Sólido		Água		Óleo		
	Tamanho máximo de de partículas * (µm)	Concentração máxima **		Ponto de condensação A pressão máxima		Concentração máxima	
		ppm	(mg/m³)	°F	(°C)	ppm	(mg/m³)
1	0,1	0,08	(0,1)	-94	(-70)	.008	(0,01)
2	1	0,8	(1)	-40	(-40)	.08	(0,1)
3	5	4,2	(5)	-4	(-20)	.83	(1)
4	40	8,3	(10)	37	(+3)	4.2	(5)
5	-	-	-	45	(+7)	21	(25)
6	-	-	-	50	(+10)	-	-

* O tamanho das partículas corresponde à razão de filtração $\beta_x = 20$

** A 14.7 psi (1 bar) de pressão absoluta + 70°F (+20°C) e uma umidade relativa de 60%. Deve-se considerar, que para pressões superiores à atmosférica, é maior a concentração de contaminantes.

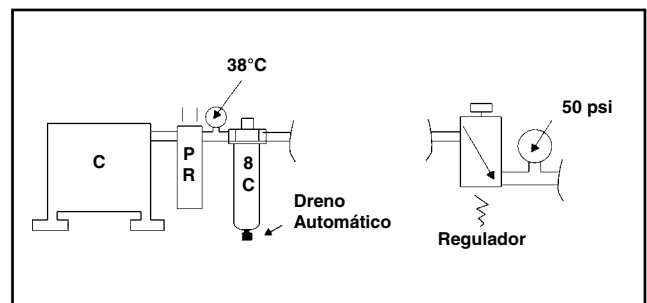
Notas:

1. A qualidade do ar gerado por compressores não lubrificadas, é afetada pela qualidade do ar de entrada e do projeto do compressor.
2. A precisão de medição empregada é de 20% do limite do valor da classe. Exemplo da categoria de ISO:

1 Sólido 4 Água 1 Óleo

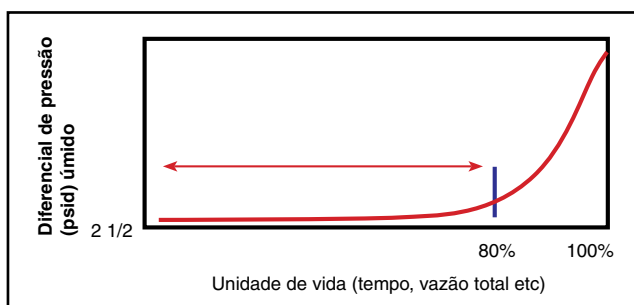
Categoria ISO 2 3

Qualquer compressor com pós resfriador. Ar aplicado em ferramentas pneumáticas lubrificadas, motores pneumáticos, cilindros, jateadoras e válvulas sem fricção.



▷ Especificações adicionais: C.A.G. - G7.1 (graus A e Ba1)

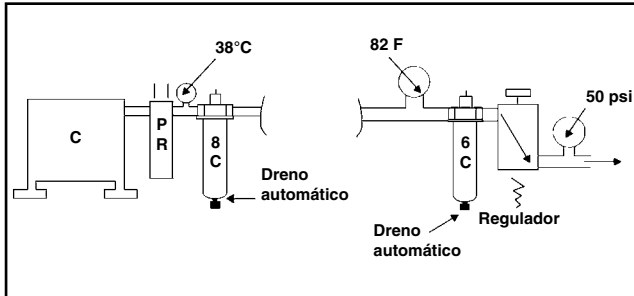
Filtro coalescência curva de vida



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Categoria ISO 1 1 1

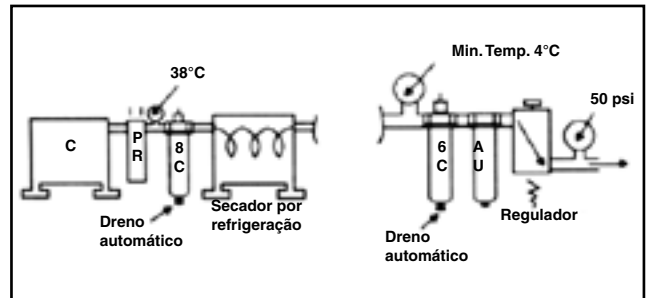
Qualquer compressor com pós resfriador e 2 estágios de coalescência. O ar aplicado em válvulas reguladoras lubrificadas, cilindros.



▷ Especificações adicionais: Mil. Std. 282 H.E.P.A., U.S.P.H.S. 3A.

Categoria ISO 1 4 1

Qualquer compressor com pós resfriador, 2 estágios de coalescência, secador por refrigeração e adsovedor por carvão. Ar com boa qualidade, utilizado nas indústrias em câmaras de descompressão*.

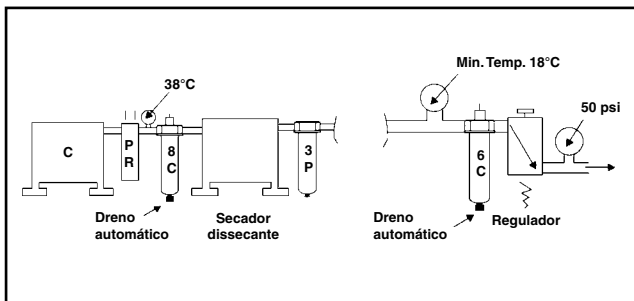


▷ Especificações adicionais: O.S.H.A. (direcionado à segurança em higiene de laboratório) 29CFR 1910.134

* Requer monitoração de CO.

Categoria ISO 1 1 1

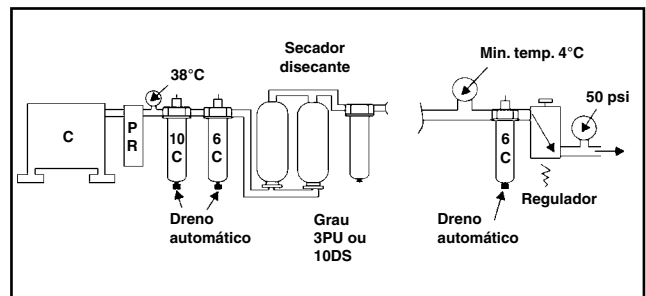
Qualquer compressor com pós resfriado, 2 estágios de coalescência e secador dissecante. Ar aplicado em sistemas pneumáticos gerais.



▷ Especificações adicionais: C.A.G.I. - G7.1 (grau C)

Categoria ISO 1 2 1

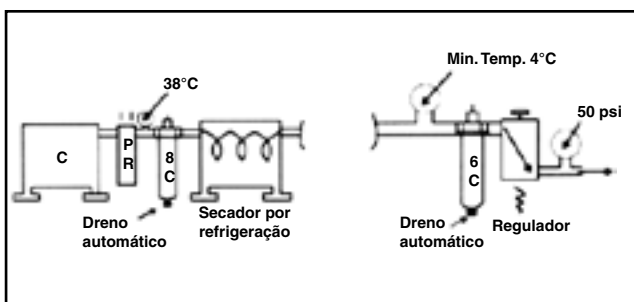
Qualquer compressor de 2 estágios com pós resfriador, coalescência dupla e secador dissecante regenerativo. Ar aplicado em instrumentação de alta exigência e para gases de alta pureza.



▷ Especificações adicionais: C.A.G.I. - G7.1 (grau F)

Categoria ISO 1 4 1

Qualquer compressor com pós resfriador, 2 estágios de coalescência e secador para uso em instrumentação.



▷ Especificações adicionais: C.A.G. - G7.1 (graus D e E) ISA S7.3, feed std (EE.UU.) 209 (classe 100).

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Filtro Série H - Parker



Ao se analisar um filtro, deve-se levar em conta os seguintes requisitos fundamentais:

Eficiência

O filtro tem que ter alto nível de eficiência na retenção de partículas, isto é, deve ser capaz de deixar o ar o mais limpo possível. Mas isso não é tudo - se fosse, uma simples parede seria o filtro ideal, pois reteria todas as partículas.

Baixa perda de carga

É fundamental haver pouca resistência à passagem do ar comprimido, para evitar grande desperdício de energia. É por isso que o "filtro-parede" não funciona.

Longa vida do elemento

O elemento precisa ter grande quantidade de vazios no seu interior, de modo que possa reter grande quantidade de partículas sem se obstruir.

Especificação do meio filtrante

Os graus 2, 4 e 6 são filtros de 0,01 microns

Grau	Eficiência Coalescente partículas de 0,3 a 0,6 microns	Passagem máxima de óleo ppm (peso)	Queda de pressão (psi) ² ao fluxo nominal	
			Elemento seco	Elemento úmido com óleo com 10 - 20%
2	99.999%	.001	1.5	4 - 6
6	99.97%	.008	1.0	2 - 3
7	99.5%	.09	.25	.5 - .7
10	95%	.83	.5	.5 - 1

Notas:











1. Teste conforme BCAS 860900 à 40 ppm na entrada.
2. Para obter a queda total da pressão, adicionar as restrições seco com úmida.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Meio filtrante coalescente

Remoção do óleo


		Tipo de meio filtrante	
		C	Coalescente de micro-fibra
		Q	Coalescente com pré-filtro
		D	Micro-fibra para altas temperaturas 232°C

<p>Vedação</p> <p>Tipo de meio filtrante</p> <p>Grau do elemento</p>    	2	 	<p>Aplicações - Filtragem coalescente para partículas extremamente finas e traços de aerossóis; para gases de peso molecular muito baixo e aerossóis à altas pressões.</p> <p>Coalescente para gases utilizados em eletrônica.</p>
	Normal 6	 	<p>Aplicações - Aplicação geral de coalescentes, quando a remoção total de aerossóis líquidos e partículas finas em suspensão for necessária em todas as faixas de pressão. Proteção de medidores de ar, sistemas modulares, sistemas de transmissão de ar, sistemas de respiração humana, etc...</p>
	7CVP		<p>Aplicações - A alta eficiência e o baixo diferencial de pressão, mesmo quando umedecido por óleo ou água, fazem deste elemento coalescente plissado uma excelente escolha para aplicações de média eficiência. A maior área superficial significa maior vida útil e alta tolerância com contaminantes pesados de aerossóis líquidos.</p>
	10	 	<p>Aplicações - Pré-coalescente ou pré-filtro para grau 6 para remover quantidades grandes de água e óleo ou aerossóis viscosos que dificultam a drenagem. Otimiza aplicações em equipamentos sem elevar a restrição.</p>

Meio filtrante interceptor

Remoção de partículas

3PU



Aplicações - Remoção de partículas sólidas onde existe a necessidade de alta capacidade de retenção. Filtro de segurança (pós filtro) para secadores dissecantes e sua micronagem condiz com os coalescentes. Aplicação geral para proteção final de instrumentos.

Grau	Eficiência absoluta micronagem seco	Queda de pressão (psi) para vazão com elemento
3P	3 µm	0,25

Especificações do meio filtrante

Tipo meio filtrante (P):
Celulose plissada

Vedação (U):
Uretano moldado para todos os elementos de celulose plissada

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Meio filtrante adsorvente

Remoção de vapor

AU



Aplicações - Polimentos de gases ou para traços finais de contaminantes de hidrocarbonetos, geralmente 0,5 até 2 ppm de concentração de entrada. Preparação para ar de respiração humana; remoção de vapor de hidrocarboneto.

Especificações do meio filtrante

Grau	Eficiência da extração de vapores de óleo	Queda de pressão (psi) ao fluxo nominal elemento seco
AU	99%+	0,25

Tipo meio filtrante (A):
Adsorvente-carvão ativado

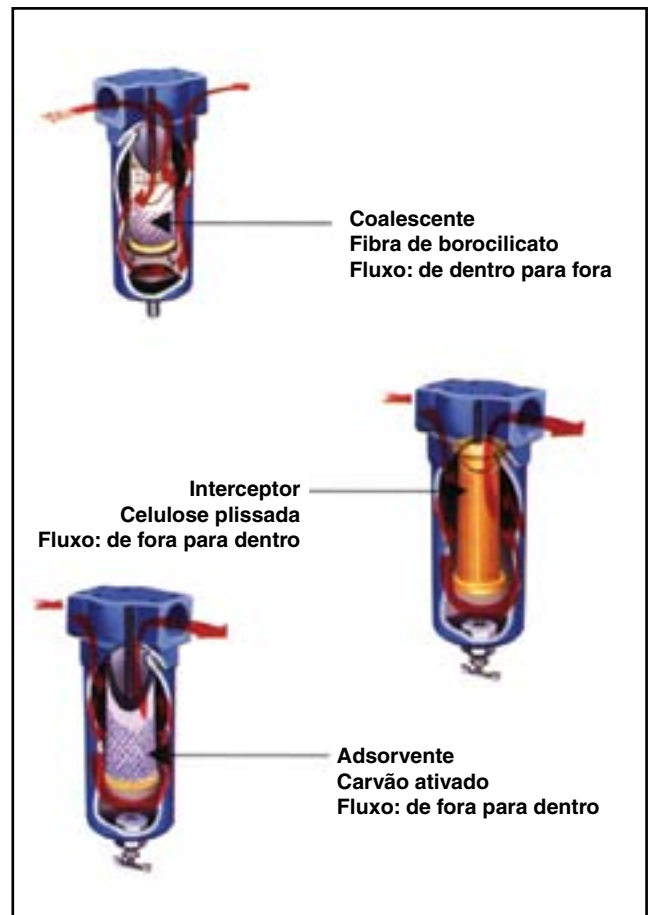
Vedação (U):
Uretano moldado para todos os elementos carvão ativado

Nota especial:
Os filtros com elementos de carbono ativado, sempre devem ser precedidos por um filtro coalescente.

Vedação dos extremos do elemento, especificações

- **Em branco:** 1/4" a 1" sem vedação nos extremos.
- **U:** Uretano moldado, normal para todos os filtros de 1 1/2" a 3" e todos os coalescentes com pré-filtro incorporado, opcional em caso de outros tamanhos. QU, 3PU = 107°C (225°F)
- **S:** Silicone moldado para altas temperaturas. QS, 3PS = 177°C (350°F)
DS = 232°C (450°F)
- **V:** Fluorcarbono
AV = 107°C (225°F)
QV, 3PV = 177°C (350°F)
DV = 232°C (450°F)

Tipos de filtro/elemento



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Acessórios

 <p>Temperatura: 175°F (79°C) Pressão: 500 psig (34 bar)</p> <p>DPG-15 - manômetro de diferencial de pressão</p>	 <p>Temperatura: 175°F (79°C) Pressão: 250 psig (17 bar)</p> <p>AD-12 - dreno automático</p>	 <p>Temperatura: 125°F (52°C) Pressão: 150 psig (10 bar) Conexão: 1/2" NPT</p> <p>VS-50 - dreno com copo transparente</p>	 <p>Temperatura: 175°F (79°C) Pressão: 250 psig (17 bar)</p> <p>DPI-13 - indicador visual de saturação</p>
 <p>Temperatura: 175°F (79°C) Pressão: 250 psig (17 bar) Conexão: 1/2" NPT</p> <p>MS-50 - dreno com copo metálico</p>	 <p>Temperatura: 190°F (88°C) Pressão: 230 psig (16 bar) Conexão: 1/2" NPT w/600 psig (41 bar) disponível Conexão: 1/4" NPT</p> <p>TV-98 - dreno eletrônico temporizado</p>	 <p>Temperatura: 35°-140°F (2°-60°C) Pressão: 12-250 psig (0-17 bar) Conexão: 1/2" NPT</p> <p>ZLD-10 - dreno de perda zero</p>	 <p>Temperatura: 200°F (93°C) Pressão: 250 psig (17 bar)</p> <p>KBDPI-25 - Kit do calibre de pressão diferencial</p>

Os purgadores são pequenos aparatos destinados a efetuar a drenagem dos contaminantes líquidos do sistema de ar comprimido para o meio-ambiente. Podem ser manuais ou automáticos, sendo que estes últimos dividem-se normalmente em eletrônicos e mecânicos.

Os purgadores eletrônicos são os mais utilizados na atualidade e são encontrados nos tipos temporizado ou com sensor de umidade.

Tabela para seleção Série H

Filtros	Vazão nominal: SCFM à 100 psig (m ³ /hora à 7 bar) ± 10%							
	Roscas	2	4	Padrões 6 C/CU/QU/DS	7	10	Adsorventes AU	Interceptores 3PU
H N 1S	1/4"	8 (14)	11 (19)	15 (26)	N/A	25 (43)	15 (26)	25 (43)
H N 15S	3/8"	11 (19)	15 (26)	20 (34)	N/A	33 (56)	20 (34)	33 (56)
H N 2S	1/2"	14 (24)	19 (32)	25 (43)	N/A	42 (71)	25 (43)	42 (71)
H N 1L	1/4"	16 (27)	23 (39)	30 (51)	N/A	50 (85)	30 (51)	50 (85)
H N 15L	3/8"	22 (37)	30 (51)	40 (68)	N/A	66 (112)	40 (68)	66 (112)
H N 2L	1/2"	27 (46)	38 (65)	50 (85)	N/A	83 (141)	50 (85)	83 (141)
H N 3S	3/4"	44 (75)	61 (104)	80 (136)	N/A	133 (226)	80 (136)	133 (226)
H N 4S	1"	55 (94)	76 (129)	100 (170)	N/A	166 (282)	100 (170)	166 (282)
H N 4L	1"	76 (129)	106 (180)	140 (238)	N/A	232 (394)	140 (238)	232 (394)
H N 6S	1 1/2"	190 (323)	260 (442)	350 (595)	600 (1020)	600 (1020)	350 (595)	600 (1020)
H N 8S	2"	245 (417)	340 (578)	450 (765)	750 (1275)	750 (1275)	450 (765)	750 (1275)
H N 8L	2"	335 (570)	470 (799)	625 (1063)	1035 (1760)	1035 (1760)	625 (1063)	1035 (1760)
H N 0L	2 1/2"	430 (731)	600 (1020)	800 (1360)	1330 (2261)	1330 (2261)	800 (1360)	1330 (2261)
H N 12L	3"	545 (927)	750 (1275)	1000 (1700)	1660 (2822)	1660 (2822)	1000 (1700)	1660 (2822)

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Tabela para seleção para o grau 6

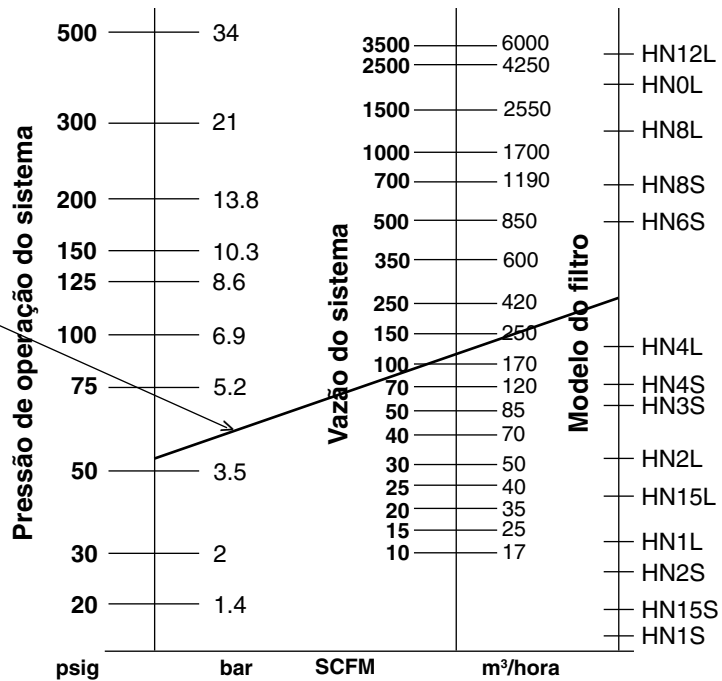
Para pressões diferentes de 100 psi/7 bar

Instruções para a tabela de tamanhos

1. Localize a pressão do sistema em psi ou bar.
2. Localize o fluxo do sistema em SCFM ou m³/hora.
3. Interligue por uma reta a pressão e vazão (veja o exemplo).
4. Encontre o filtro no prologamento da reta.

Em caso dos graus que não são 6C, 6Q ou AU, primeiro multiplique o fluxo por fatores.

2C	- 1.83
4C	- 1.32
8C	- 0.73
10C	- 0.6
3P	- 0.6



Equação para correção da vazão

$$\text{Vazão do sistema} \times \frac{100 \text{ psig} + 14.7}{\text{Pressão do sistema} + 14.7} \times \frac{\text{Temperatura do sistema } ^\circ\text{F} + 460}{530} = \text{Vazão ajustada (a 100 psig)}$$


Opções de acessórios pré-instalados

Designação do acessório	Dreno automático	Indicador de pressão diferencial (DPI)	Manômetro de pressão diferencial (DPG)	Alta temp.	Vedação de viton	Nenhum acessório	Pressão/temperatura		Pressão/temperatura	
							PSI G	Graus F	bar	Graus C
A							250	175	17	79
D							250	175	17	79
G							500	175	34	79
J							250	450	17	232
N							500	175	34	79
V							500	175	34	79
W							250	175	17	79
Y							250	175	17	79

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Como fazer o pedido

H	N	1 2	L	-	6	C	U	G
Nome da série	Tipo de rosca N - NPT	Bitola da rosca 1 - 1/4" 15 - 3/8" 2 - 1/2" 3 - 3/4" 4 - 1" 6 - 1 1/2" 8 - 2" 0 - 2 1/2" 12 - 3"	Copo S - Normal L - Longo		Grau do elemento <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>	Tipo do elemento C - Coalescente D - Alta temperatura P - Celulose plissada A - Adsorvedor CVP - Coalescente plissado	Tipo de vedação Em branco - Sem vedação nas bitolas de 1/4" até 1" U - Uretano Normal acima de 1 1/2" S - Silicône V - Viton®	Acessórios A - Dreno automático D - Indicador de pressão diferencial (1/4" - 3") G - Manômetro de pressão diferencial J - Alta temperatura N - Nenhum acessório V - Vedação de Viton® W - A + D Y - A + G

 **deixe em branco para adsorvedor**

Especificações técnicas Série H

Roscas de entrada/saída	1/4" à 3" NPT
Máxima pressão de trabalho	500 psi (34 bar)
Máxima vazão	Até 2822 m ³ (1660 SCFM)
Fator de segurança (estouro)	4:1
Máxima temperatura	Microfibra (C): 79°C Microfibra (D): 232°C
Vedações	Normal: Nitrílica Opcional: Fluorcarbono (FKM)
Carcaça (cabeça e copo)	Alumínio cromado
Pintura	Eletrostática à pó
Dimensões/vazões/opcionais	Conforme catálogo série H

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Vasos código ASME



Especificações técnicas Vaso ASME

Entrada/saída	Flange (exceto HT3)
Vazão	Até 63.000 m³/h (37.000 SCFM)
Máxima pressão de trabalho	1 elemento: 150 psi Multi elementos: 200 psi
Máxima temperatura	Vaso: 260°C Elemento: ver tabela de tampas dos elementos
Vedações	Nitrílica
Carcaça	Aço carbono
Pintura interna	Eletrostática à pó
Dimensões/vazões/opcionais	Conforme catálogo série ASME
Norma de projeto	ASME - secção VIII, divisão 1

Tabela de seleção série ASME

	Carcaça	Elemento de reposição	Dimensão (pol.) entrada/saída	Tipo entrada/saída	Nº de elementos	Vazões SCFM à 100 psig (m³/h à 7 bar)		
						Grau 6/A	Grau8	Grau 10/3P
Montagem em linha								
	HT3-801	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	3	NPT	1	1500/2540	1800/3050	2490/4230
	FT3-801	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	3	Flange	1	1500/2540	1800/3050	2490/4230
	FT4-1201	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 85-250	4	Flange	1	2000/3390	2400/4070	3320/5640
	FT6-1201	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 85-360	6	Flange	1	3000/5090	3600/6110	4980/8460
	FT6-1603	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	6	Flange	3	4500/7640	5400/9170	7470/12690
Montagem sobre apoio								
	HF3-801	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	3	NPT	1	1500/2540	1800/3050	2490/4230
	FF3-801	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	3	Flange	1	1500/2540	1800/3050	2490/4230
	FF4-1201	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 85-250	4	Flange	1	2000/3390	2400/4070	3320/5640
	FF6-1201	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 85-360	6	Flange	1	3000/5090	3600/6110	4980/8460
	FF6-1603	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	6	Flange	3	4500/8460	5400/9170	7470/12690
	FF8-1804	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	8	Flange	4	6000/10190	7200/12230	9960/16920
	FF10-2207	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	10	Flange	7	10500/17830	12600/21400	17430/29610
	FF12-3011	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	12	Flange	11	16500/28030	19800/33640	27390/46530
	FF16-3615	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 51-280	16	Flange	15	22500/38220	27000/45870	37350/63450

Como fazer o pedido

F	F	6	-	12	0	1	-	6	Q	U
Tipo de rosca N - NPT F - Flange	Configuração F - Montado no piso T - Montado suspenso	Bitola da conexão 3 - 3" 4 - 4" 6 - 6" 8 - 8" 10 - 10" 12 - 12" 16 - 16"	Diâmetro do corpo 8 - 8" 12 - 12" 16 - 16" 18 - 18" 22 - 22" 30 - 30" 36 - 36"	Quantidade de elementos 01 - 1 03 - 3 04 - 4 07 - 7 11 - 11 15 - 15	Grau do elemento <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>			Tipo do elemento Q - Coalescente com pré-filtro embutido D - Alta temperatura P - Celulose plissada A - Adsorvedor CVP - Coalescente plissado	Vedações dos extremos U - Uretano S - Silicose V - Viton®	

deixe em branco para adsorvedor

Estação de geração de ar comprimido

Central de ar comprimido

- 1 - Compressor de parafuso;
- 2 - Reservatório de ar;
- 3 - Pré-filtro;
- 4 - Secador de ar por refrigeração;
- 5 - Filtro coalescente;
- 6 - Filtros de carvão ativado (por adsorção).



Os componentes de um sistema de tratamento de ar comprimido

Resfriador Posterior

Como vimos no tópico anterior, a umidade presente no ar comprimido é prejudicial, supondo que a temperatura de descarga de uma compressão seja de 130°C, sua capacidade de retenção de água é de 1,496 Kg/m³ e à medida que esta temperatura diminui, a água precipita-se no sistema de distribuição, causando sérios problemas.

Para resolver de maneira eficaz o problema inicial da água nas instalações de ar comprimido, o equipamento mais completo é o resfriador posterior, localizado entre a saída do compressor e o reservatório, pelo fato de que o ar comprimido na saída atinge sua maior temperatura. O resfriador posterior é simplesmente um trocador de calor utilizado para resfriar o ar comprimido.

Como consequência deste resfriamento, permite-se retirar cerca de 75% a 90% do vapor de água contido no ar, bem como vapores de óleo; além de evitar que a linha de distribuição sofra uma dilatação, causada pela alta da temperatura de descarga do ar.

Ainda mais, devido às paradas e à presença de umidade, poderemos ter na linha choques térmicos e contrações, acarretando trincamentos nas uniões

soldadas, que viriam a ser ponto de fuga para o ar, além de manter a temperatura do ar compatível com as vedações sintéticas utilizadas pelos componentes pneumáticos.

Um resfriador posterior é constituído basicamente de duas partes: um corpo geralmente cilíndrico onde se alojam feixes de tubos confeccionados com materiais de boa condução de calor, formando no interior do corpo uma espécie de colméia. A segunda parte é um separador de condensado dotado de dreno.

O ar proveniente do compressor é obrigado a passar através dos tubos, sempre em sentido oposto ao fluxo da água de refrigeração, que é mudado constantemente de direção por placas defletoras, garantindo, desta forma, uma maior dissipação de calor.

Na saída, está o separador. Devido à sinuosidade do caminho que o ar deve percorrer, provoca a eliminação da água condensada, que fica retida numa câmara. A parte inferior do separador é dotada de um dreno manual ou automático na maioria dos casos, através do qual a água condensada é expulsa para a atmosfera.

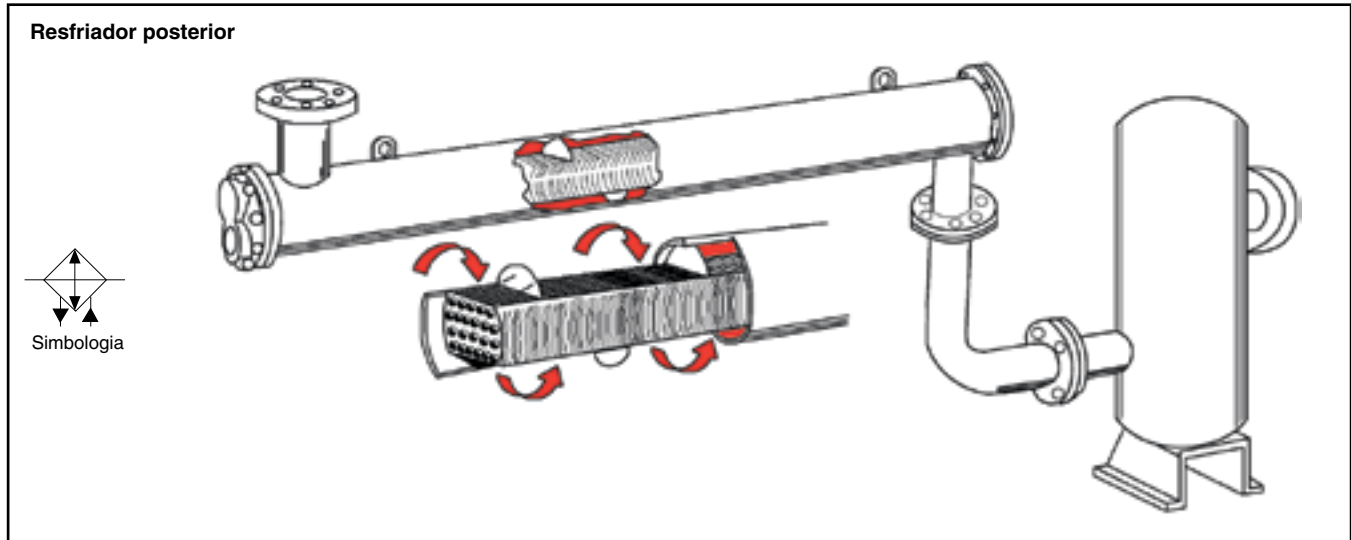
Deve-se observar cuidadosamente a temperatura da água fornecida para o resfriamento do ar. Do contrário, se o fluido refrigerante for circulado com uma temperatura elevada ou se o volume necessário de água para o resfriamento for insuficiente, o desempenho do resfriador poderá ser comprometido.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

A temperatura na saída do resfriador dependerá da temperatura com que o ar é descarregado, da temperatura da água de refrigeração e do volume de água necessário para a refrigeração.

Certamente, a capacidade do compressor influi diretamente no porte do resfriador. Devido ao resfriamento, o volume de ar disponível é reduzido e, portanto, a sua

energia também sofre redução. Contudo, o emprego do resfriador posterior não representa perda real de energia, já que o ar deveria, de qualquer forma, ser resfriado na tubulação de distribuição, causando os efeitos indesejáveis já mencionados. Com o resfriador estes problemas são minimizados.



O filtro de ar comprimido

Pela definição da norma ISO-8573, filtro é um aparato para separar os contaminantes presentes em fluido (ISO-8573/2.16). O filtro de ar comprimido aparece geralmente em três posições diferentes: antes e depois do secador de ar comprimido e também junto ao ponto-de-uso.

A função do filtro instalado antes do secador por refrigeração (pré-filtro) é separar o restante da contaminação sólida e líquida (~30%) não totalmente eliminada pelo separador de condensados do resfriador-posterior, protegendo os trocadores de calor do secador contra o excesso de óleo oriundo do compressor de ar, o que poderia impregná-los, prejudicando sua eficiência de troca térmica (ISO-8573-5.2.3)

O excesso de condensado no secador também reduz sua capacidade de resfriamento do ar comprimido, pois consome-se energia para resfriar um condensado que já poderia ter sido eliminado do sistema.

No caso de sistemas dotados de secadores por adsorção, o pré-filtro deverá garantir que nenhuma quantidade de contaminação líquida, inclusive os aerossóis de água e óleo, atinja o material adsorvedor,

obstruindo seus poros e impedindo a sua reativação (ISO-8573/5.2.3). O filtro instalado após o secador (pós-filtro) deve ser responsável pela eliminação da umidade residual (~30%) não removida pelo separador mecânico de condensados do secador por refrigeração, além da contenção dos sólidos não retidos no pré-filtro.

A capacidade dos pós-filtro é efetuar a eliminação de qualquer umidade residual é seriamente afetada pela temperatura do ar comprimido na saída do secador. Na verdade, em qualquer secador por refrigeração, o ar comprimido sofre um aquecimento antes de voltar à tubulação.

Esse aquecimento é intencional (economiza energia e evita que a tubulação fique gelada), mas provoca a completa reevaporação da umidade residual que não foi removida pelo separador de condensados. No estado gasoso, essa umidade não pode ser eliminada pelo pós-filtro. Na prática, o pós-filtro instalado após o secador por refrigeração retém apenas partículas sólidas. No caso de sistemas dotados de secadores por adsorção, o pós-filtro destina-se apenas à retenção das partículas sólidas produzidas pela abrasão do material adsorvedor (poeira do adsorvedor).

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Secador de ar comprimido

A presença de umidade no ar comprimido é sempre prejudicial para as automatizações pneumáticas, pois causa sérias consequências. É necessário eliminar ou reduzir ao máximo esta umidade. O ideal seria eliminá-la do ar comprimido de modo absoluto, o que é praticamente impossível.

Ar seco industrial não é aquele totalmente isento de água; é o ar que, após um processo de desidratação, flui com um conteúdo de umidade residual de tal ordem que possa ser utilizado sem qualquer inconveniente. Com as devidas preparações, consegue-se a distribuição do ar com valor de umidade baixo e tolerável nas aplicações encontradas.

A aquisição de um secador de ar comprimido pode figurar no orçamento de uma empresa como um alto investimento. Em alguns casos, verificou-se que um secador chegava a custar 25% do valor total da instalação de ar. Mas cálculos efetuados mostravam também os prejuízos causados pelo ar úmido: substituição de componentes pneumáticos, filtros, válvulas, cilindros danificados, impossibilidade de aplicar o ar em determinadas operações como pintura, pulverizações e ainda mais os refugos causados na produção de produtos.

Concluiu-se que o emprego do secador tornou-se altamente lucrativo, sendo pago em pouco tempo de trabalho, considerando-se somente as peças que não eram mais refugadas pela produção.

O secador de ar comprimido

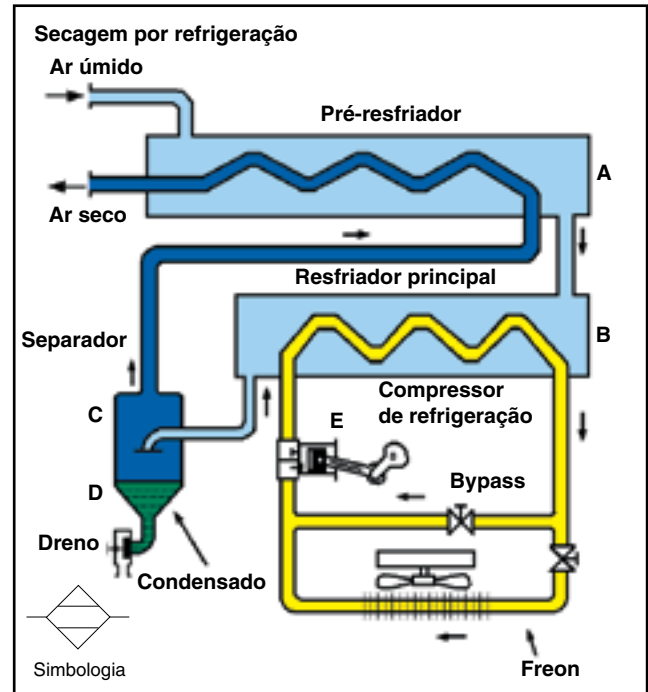
O secador está posicionado entre o pré e o pós-filtro de ar comprimido. Sua função é eliminar a umidade (líquido e vapor) do fluxo de ar. Um secador deve ser apto a fornecer o ar comprimido com o Ponto de Orvalho especificado pelo usuário.

Ponto de Orvalho é a temperatura na qual o vapor começa a condensar (ISO-8573-2.10). Há dois conceitos principais de secadores de ar comprimido: por refrigeração (cujo ponto de orvalho padrão é +3°C) e por adsorção (com o ponto de orvalho mais comum de -40°C).

Secagem por refrigeração

O método de desumidificação do ar comprimido por refrigeração consiste em submeter o ar a uma temperatura suficientemente baixa, a fim de que a quantidade de água existente seja retirada em grande parte e não prejudique de modo algum o funcionamento dos equi-

pamentos, porque, como mencionamos anteriormente, a capacidade do ar de reter umidade está em função da temperatura. Além de remover a água, provoca, no compartimento de resfriamento, uma emulsão com o óleo lubrificante do compressor, auxiliando na remoção de certa quantidade. O método de secagem por refrigeração é bastante simples.



O ar comprimido entra, inicialmente, em um pré-resfriador (trocador de calor) (A), sofrendo uma queda de temperatura causada pelo ar que sai do resfriador principal (B).

No resfriador principal o ar é resfriado ainda mais, pois está em contato com um circuito de refrigeração. Durante esta fase, a umidade presente no ar comprimido forma pequenas gotas de água corrente chamadas condensado e que são eliminadas pelo separador (C), onde a água depositada é evacuada através de um dreno (D) para a atmosfera.

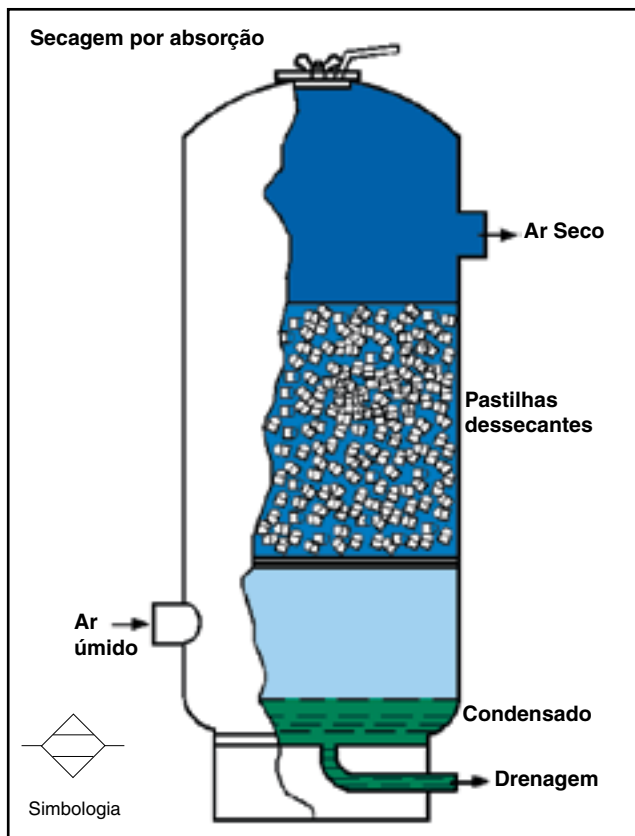
A temperatura do ar comprimido é mantida entre 0,65 e 3,2°C no resfriador principal, por meio de um termostato que atua sobre o compressor de refrigeração (E). O ar comprimido seco volta novamente ao trocador de calor inicial (A), causando o pré-resfriamento no ar úmido de entrada, coletando parte do calor deste ar. O calor adquirido serve para recuperar sua energia e evitar o resfriamento por expansão, que ocasionaria a formação de gelo, caso fosse lançado a uma baixa temperatura na rede de distribuição, devido à alta velocidade.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Secagem por absorção

É a fixação de um absorvo, geralmente líquido ou gasoso, no interior da massa de um absorvo sólido, resultante de um conjunto de reações químicas. Em outras palavras, é o método que utiliza em um circuito uma substância sólida ou líquida, com capacidade de absorver outra substância líquida ou gasosa.

Este processo é também chamado de Processo Químico de Secagem, pois o ar é conduzido no interior de um volume através de uma massa higroscópica, insolúvel ou deliquescente que absorve a umidade do ar, processando-se uma reação química. As substâncias higroscópicas são classificadas como insolúveis quando reagem quimicamente com o vapor d'água, sem se liquefazerem. São deliquescentes quando, ao absorver o vapor d'água, reagem e tornam-se líquidas.



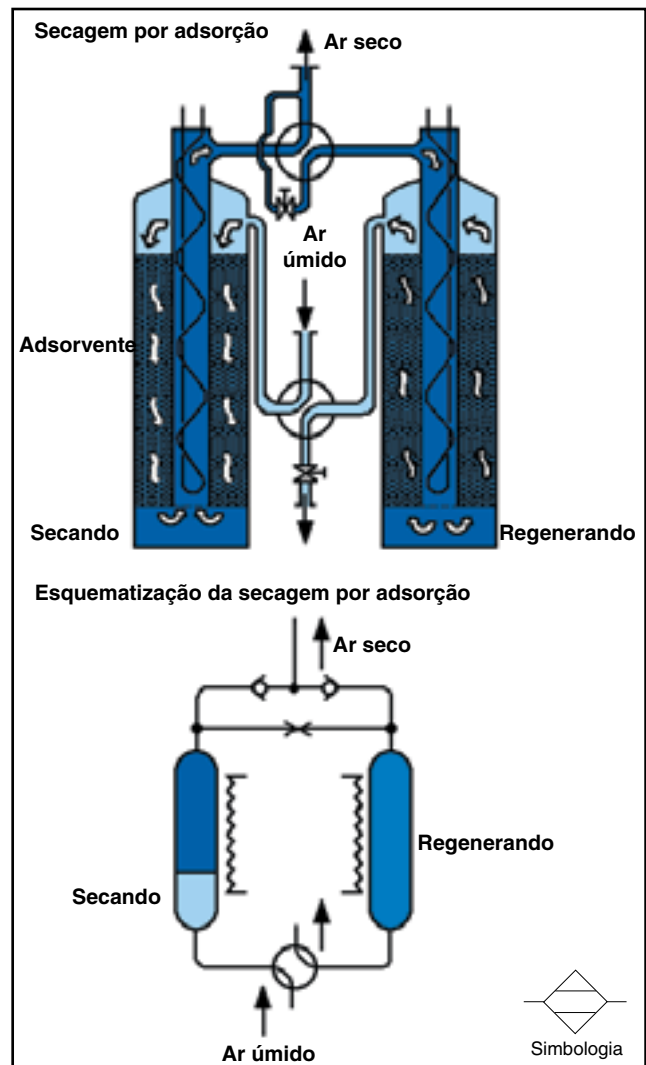
As principais substâncias utilizadas são:

Cloreto de Cálcio, Cloreto de Lítio, Dry-o-Lite. Com a consequente diluição das substâncias, é necessária uma reposição regular, caso contrário o processo torna-se deficiente. A umidade retirada e a substância diluída são depositadas na parte inferior do invólucro, junto a um dreno, de onde são eliminadas para a atmosfera.

Secagem por adsorção

É a fixação das moléculas de um adsorvato na superfície de um adsorvente geralmente poroso e granulado, ou seja, é o processo de depositar moléculas de uma substância (ex. água) na superfície de outra substância, geralmente sólida (ex. SiO_2). Este método também é conhecido por Processo Físico de Secagem, porém seus detalhes são desconhecidos.

É admitido como teoria que na superfície dos corpos sólidos existem forças desbalanceadas, influenciando moléculas líquidas e gasosas através de sua força de atração; admite-se, portanto, que as moléculas (adsorvato) são adsorvidas nas camadas mono ou multimoleculares dos corpos sólidos, para efetuar um balanceamento semelhante à Lei dos Octetos dos átomos. O processo de adsorção é regenerativo; a substância adsorvente, após estar saturada de umidade, permite a liberação de água quando submetida a um aquecimento regenerativo.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Para secar o ar existem dois tipos básicos de secadores: Em geral um secador por adsorção possui duas torres de secagem. As torres são preenchidas com Óxido de Silício SiO_2 (Silicagel), Alumina Ativa Al_2O_3 , Rede Molecular ($\text{Na Al O}_2 \text{ Si O}_2$) ou ainda Sorbead.

Através de uma válvula direcional, o ar úmido é orientado para uma torre, onde haverá a secagem do ar. Na outra torre ocorrerá a regeneração da substância adsorvente, que poderá ser feita por injeção de ar quente; na maioria dos casos por resistores e circulação de ar seco.

Havendo o aquecimento da substância, provocaremos a evaporação da umidade. Por meio de um fluxo de ar seco a água em forma de vapor é arrastada para a atmosfera. T

Terminado um período de trabalho preestabelecido, há inversão nas funções das torres, por controle manual ou automático na maioria dos casos; a torre que secava o ar passa a ser regenerada e outra inicia a secagem.

Ao realizar-se a secagem do ar com as diferentes substâncias, é importante atentar para máxima temperatura do ar seco, como também para a temperatura de regeneração da substância.

Estes são fatores que devem ser levados em conta para um bom desempenho do secador.

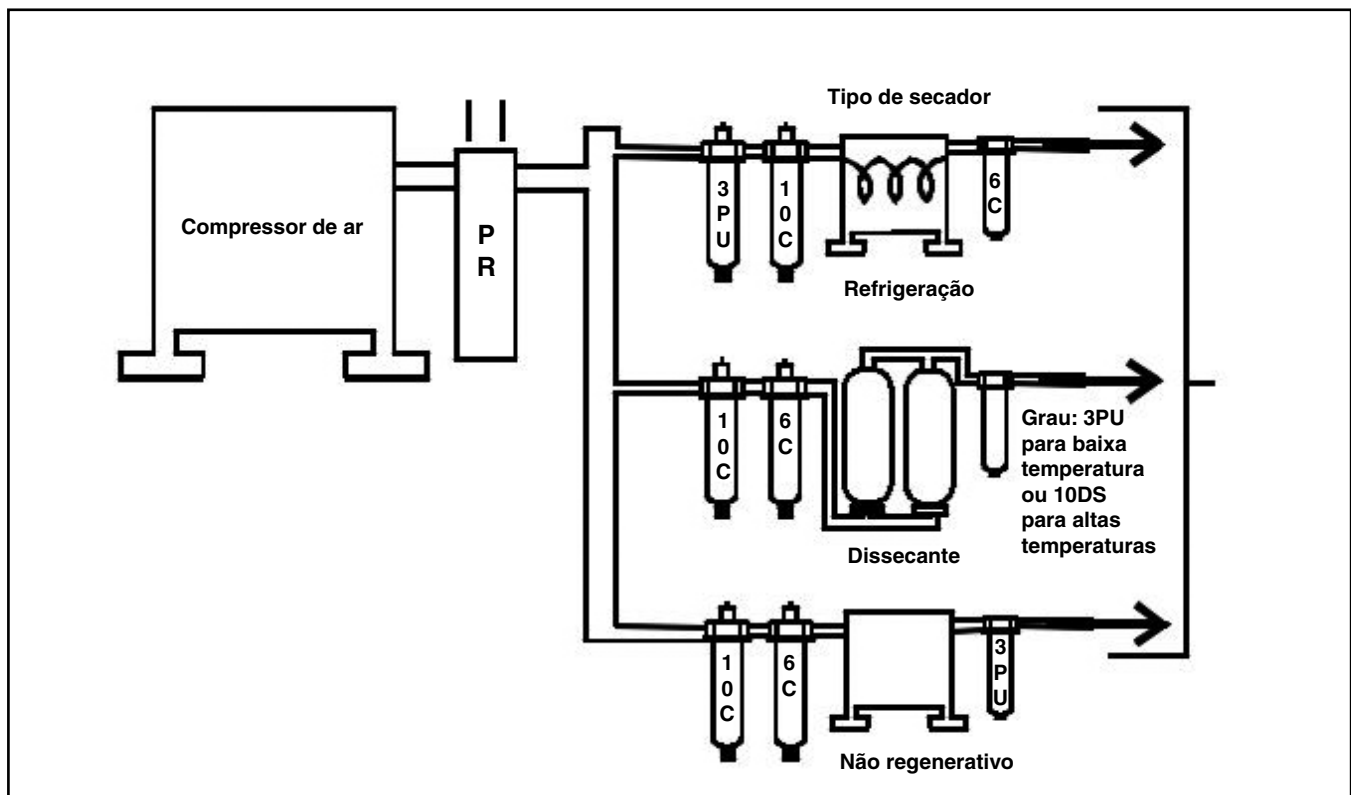
Na saída do ar deve ser prevista a colocação de um filtro para eliminar a poeira das substâncias, prejudicial para os componentes pneumáticos, bem como deve ser montado um filtro de carvão ativo antes da entrada do secador, para eliminar os resíduos de óleo, que, em contato com as substâncias de secagem, causam sua impregnação, reduzindo consideravelmente o seu poder de retenção de umidade.

Como vimos, é de grande importância a qualidade do ar que será utilizado. Esta qualidade poderá ser obtida desde que os condicionamentos básicos do ar comprimido sejam concretizados, representando menores índices de manutenção, maior durabilidade dos componentes pneumáticos, ou seja, será obtida maior lucratividade em relação à automatização efetuada.

Um painel de comando determina a frequência e a amplitude dos ciclos de regeneração e adsorção deste tipo de secador.

Um sistema de válvulas também comandada pelo painel do secador permite que a umidade deixe o leito saturado para o meio ambiente.

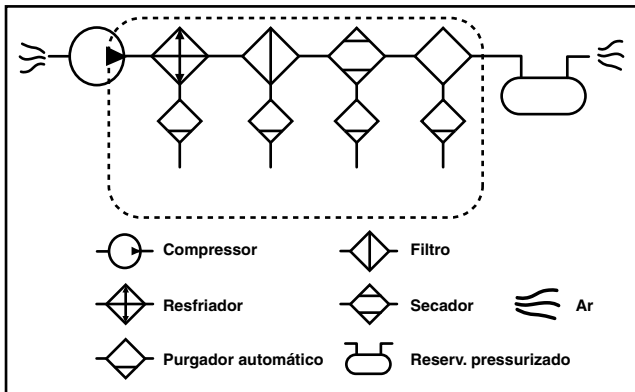
Proteção de secadores



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

O sistema de tratamento de ar comprimido

A seguir, temos um sistema de ar comprimido típico proposto pela norma ISO 8573.



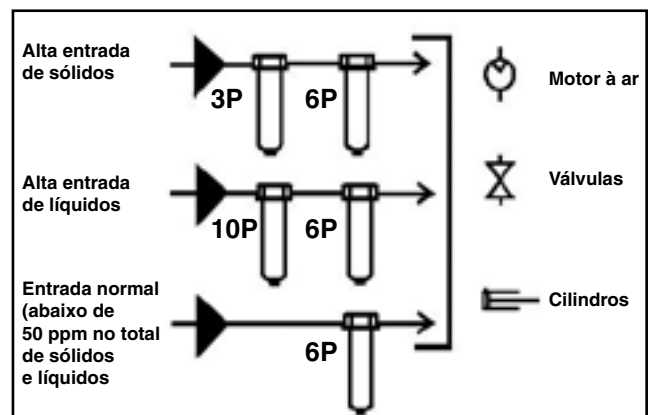
▷ O fluxograma acima é composto do original. Os símbolos estão de acordo com a norma ISO-1219.

A seguinte tabela especifica os diferentes custos para se tratar o ar comprimido em função do nível de pureza (classe de qualidade) desejado. Nesse cálculo, foram devidamente contabilizados os custos de instalação (mão-de-obra e materiais), operação (mão-de-obra, energia, filtros, etc.), manutenção (preventiva e corretiva e depreciação do sistema (10~15 anos).

Custo do tratamento de ar comprimido	
ISO-8573, classe	US\$/m ³
1.7.1	0,000026
1.4.1	0,00031
1.2.1	0,0009

Filtro no ponto de uso

Proteção de equipamentos



FFD - Filtro secador

Projetado para remover vapores de água e aerossóis em pontos de uso, para vazões intermitentes de até 60 SCFM.



OWS

Separador de água e óleo condensados. Exigência para ISO14000.



5. Unidade de condicionamento (lubrefil)

Após passar por todo o processo de produção, tratamento e distribuição, o ar comprimido deve sofrer um último condicionamento, antes de ser colocado para trabalhar, a fim de produzir melhores desempenhos. Neste caso, o beneficiamento do ar comprimido consiste no seguinte: filtragem, regulagem da pressão e introdução de uma certa quantidade de óleo para a lubrificação de todas as partes mecânicas dos componentes pneumáticos.

A utilização desta unidade de serviço é indispensável em qualquer tipo de sistema pneumático, do mais simples ao mais complexo. Ao mesmo tempo em que permite aos componentes trabalharem em condições favoráveis, prolonga a sua vida útil.

Uma duração prolongada e funcionamento regular de qualquer componente em um circuito dependem, antes de mais nada, do grau de filtragem, da isenção de umidade, da estabilidade da pressão de alimentação do equipamento e da lubrificação das partes móveis.

Isso tudo é literalmente superado quando se aplicam nas instalações dos dispositivos, máquinas, etc., os componentes de tratamento preliminar do ar comprimido após a tomada de ar:

Filtro, válvula reguladora de pressão (regulador) e lubrificador, que reunidos formam a unidade de condicionamento ou lubrefil.



Filtragem de ar

Os sistemas pneumáticos são sistemas abertos: o ar, após ser utilizado, é exaurido para a atmosfera, enquanto que a alimentação aspira ar livre constantemente. Este ar, por sua vez, está sujeito à contaminação, umidade e às impurezas procedentes da rede de distribuição.

A maioria destas impurezas é retida, como já observamos nos processos de preparação, mas partículas pequenas ficam suspensas e são arrastadas pelo fluxo de ar comprimido, agindo como abrasivos nas partes móveis dos elementos pneumáticos quando solicitada a sua utilização.

A filtragem do ar consiste na aplicação de dispositivos capazes de reter as impurezas suspensas no fluxo de ar, e em suprimir ainda mais a umidade presente. É, portanto, necessário eliminar estes dois problemas ao mesmo tempo.

O equipamento normalmente utilizado para este fim é o Filtro de Ar, que atua de duas formas distintas:

Pela ação da força centrífuga. Pela passagem do ar através de um elemento filtrante, de bronze sinterizado ou malha de nylon.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Funcionamento do filtro de ar

Descrição

Alta eficiência na remoção de umidade. Devido ao sistema de defletores, a água e as partículas sólidas contidas no ar comprimido são totalmente separadas.

A grande superfície do elemento filtrante garante baixa queda de pressão e aumento de sua vida útil.

Operação

O ar comprimido entra pelo orifício no corpo do filtro e flui através do defletor superior (A) causando uma ação de turbilhonamento no ar comprimido.

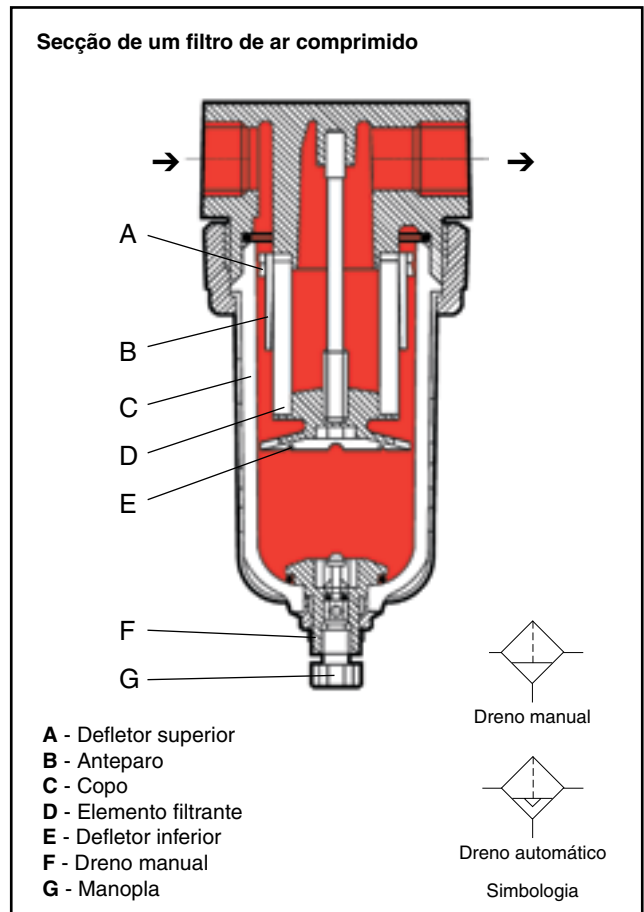
A umidade e as partículas sólidas contidas no ar são jogadas contra a parede do copo (C) devido a uma ação centrífuga do ar comprimido turbilhonado pelo defletor.

Tanto a umidade quanto as partículas sólidas escorrem pela parede do copo devido à força da gravidade. O anteparo (B) assegura que a ação de turbilhonamento ocorra sem que o ar passe diretamente através do elemento filtrante.

O defletor inferior (E) separa a umidade e as partículas sólidas depositadas no fundo do copo, evitando assim a reentrada das mesmas no sistema de ar comprimido. Depois que a umidade e as maiores partículas sólidas foram removidas pelo processo de turbilhonamento, o ar comprimido flui através do elemento filtrante (D) onde as menores partículas são retidas.

O ar então retorna para o sistema, deixando a umidade e as partículas sólidas contidas no fundo do copo, que deve ser drenado antes que o nível atinja a altura onde possam retornar para o fluxo de ar.

Esta drenagem pode ser executada por um Dreno Manual (F), o qual é acionado por uma manopla (G) girando no sentido anti-horário, ou por um Dreno Automático, que libera o líquido assim que ele atinja um nível pré-determinado.



Materiais

Corpo	Zamac
Copo	Policarbonato transparente zamac (copo metálico)
Protetor do copo	Aço
Anel de fixação do copo	Plástico (copo de policarbonato série 06/07 e copo metálico série 06) alumínio (copo metálico série 07)
Elemento filtrante	Plástico
Vedações	Borracha nitrílica (Buna-N)
Visor do copo metálico	Poliamida

Drenos dos filtros

Drenos são dispositivos fixados na parte inferior dos copos, que servem para eliminar o condensado e as impurezas, retidos pela ação de filtração. Podem ser manuais ou automáticos.

Dreno manual

Em presença do condensado permanece inativo, retendo-o no interior do copo. Para eliminar o condensado retido é necessária a interferência humana, que comanda manualmente a abertura de um obturador, criando uma passagem pela qual a água e as impurezas são escoadas por força da pressão do ar atuante no interior do copo. Extraídas as impurezas, o ar escapa e o obturador deve ser recolocado em sua posição inicial.

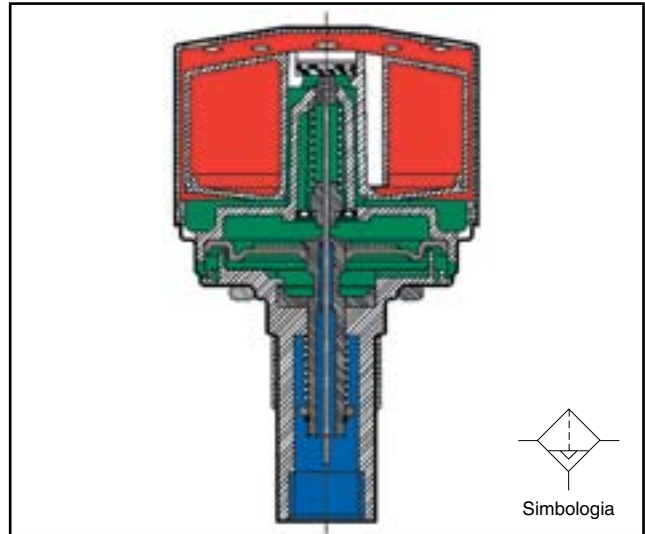
Dreno automático

Utilizado para eliminar o condensado retido no interior do copo do filtro, sem necessidade de interferência humana. O volume de água condensada, à medida que é removido pelo filtro, acumula-se na zona neutra do interior do copo, até provocar a elevação de uma bóia.

Quando a bóia é deslocada, permite a passagem de ar comprimido através de um pequeno orifício. O ar que flui pressuriza uma câmara onde existe uma membrana; a pressão exercida na superfície da membrana cria uma força que provoca o deslocamento de um elemento obturador, que bloqueava o furo de comunicação com o ambiente.

Sendo liberada esta comunicação, a água condensada no interior do copo é expulsa pela pressão do ar comprimido.

Com a saída da água, a bóia volta para sua posição inicial, vedando o orifício que havia liberado, impedindo a continuidade de pressurização da câmara onde está a membrana. O ar que forçou o deslocamento da membrana por meio de um elemento poroso flui para a atmosfera, permitindo que uma mola recoloca o obturador na sede, impedindo a fuga do ar, reiniciando o acúmulo de condensado. Ideal para utilização em locais de difícil acesso, onde o condensado reúne-se com facilidade, etc.



Advertência - copos de policarbonato

Copos de policarbonato transparente são de altíssima resistência mecânica e ideais para aplicação em filtros e lubrificadores. São apropriados para uso em ambientes industriais, mas não devem ser instalados em locais onde possam estar em contato direto com raios solares, sujeitos a impactos e temperaturas fora dos limites especificados. Alguns produtos químicos podem causar danos aos copos de policarbonato, os quais não devem entrar em contato com hidrocarbonetos aromáticos e halogenados, álcoois, compostos orgânicos clorados, produtos de caráter básico orgânicos e inorgânicos, aminas e cetonas (vide tabela de elementos não compatíveis). O filtro e o lubrificador não devem ser instalados em locais onde o copo possa estar exposto à ação direta de óleos de corte industrial, pois alguns aditivos usados nesses óleos podem agredir o policarbonato. Os copos metálicos são recomendados onde o ambiente e/ou as condições de trabalho não são compatíveis com os copos de policarbonato. Os copos metálicos são resistentes à ação de grande parte dos solventes, mas não podem ser utilizados onde há presença de ácidos ou bases fortes ou em atmosferas salinas carregadas. Os protetores metálicos para copos de policarbonato são recomendados para melhorar a segurança, se ocasionalmente ocorrer uma agressão química. O filtro deve ser instalado verticalmente com o copo na posição inferior. ***Deve-se drenar constantemente o condensado para que o mesmo não atinja a base do elemento filtrante/coalescente.***

Importante

Ao notar qualquer alteração no copo de policarbonato, tais como microtrincas ou trincas, substitua-o imediatamente e verifique se há algum agente não compatível em contato com o mesmo. ***Lembramos que a maioria dos solventes e alguns tipos de óleo atacam o policarbonato.***

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Limpeza

Para limpar os copos de policarbonato usar somente água e sabão neutro. Não use agentes de limpeza, tais como: acetona, benzeno, gasolina, tolueno, etc, pois os mesmos agredem quimicamente o plástico (ver tabela abaixo).

Elementos não compatíveis com o policarbonato

Acetona	Clorofórmio
Ácido Acético	Cresol
Ácido Fórmico	Diamina
Ácido Hidroclórico	Éter Etílico
Ácido Nítrico	Freon
Ácido Sulfúrico	Fenol
Ácido Etílico	Gasolina
Ácido Isopropílico	Hidróxido de Amônia
Ácido Metílico	Hidróxido de Sódio
Aldeído	Metiletilcetona
Amônia	Óleo para Freio Hidráulico
Anidrido	Acético Azônio
Anilina	Percloroetileno
Benzeno	Tetracloroeto de Carbono
Carbonato de Amônia	Thinner
Ciclo Hexanol	Tolueno
Clorobenzeno	Terpentina
Cloroetileno	Xileno

Obs.: Esta relação é parcial, sendo apenas orientativa.

Filtros coalescentes



Ar comprimido

Ar comprimido limpo é essencial em indústrias de processamento de alimentos, eletrônica, equipamentos hospitalares e odontológicos, indústria fotográfica, fábricas de plásticos e na instrumentação. Ar limpo nessas e em outras aplicações significa mais do que apenas ar isento de contaminação por partículas sólidas. O ar utilizado nessas indústrias deve também estar isento de aerossóis de água e de óleo contaminantes, que fogem do raio de ação dos sistemas de filtragem convencionais.

Água, óleo e partículas sólidas são fontes de contaminação

Os contaminantes que causam maiores problemas em circuitos de ar comprimido são: água, óleo e partículas sólidas. O vapor de água está presente em todo ar comprimido e se torna mais concentrado devido ao processo de compressão. Um compressor de 25 HP que produz 170 Nm³/h (100 SCFM) a uma pressão de 7 bar (102 psig) pode produzir 68 litros (18 galões) de água por dia. Partículas de água em suspensão no ar comprimido variam de 0,05 a 10 µm.

Embora sistemas de secagem de ar possam ser usados eficientemente para a remoção de água do ar comprimido, tais sistemas não removem o contaminante líquido do ar: o óleo. O óleo, que está presente em circuitos de ar comprimido, é introduzido em grande escala no fluxo de ar através do compressor. A quantidade de óleo introduzida desta forma varia com o tipo de compressor utilizado. As estimativas de teor de hidrocarbonetos encontrados na saída de ar de compressores típicos são em partes por milhão (ppm):

Compressor de parafuso	25 a 75 ppm a 93°C (200°F)
Compressor de pistão	5 a 50 ppm a 177°C (350°F)
Compressor centrífugo	5 a 15 ppm a 145°C (300°F)

A uma concentração de 25 ppm, um compressor fornecendo 170 Nm³/h (100 SCFM) durante 35 horas introduzirá 224 gramas de óleo no circuito pneumático. Mesmo utilizando-se um compressor de funcionamento a seco (sem óleo), a contaminação por óleo encontrada no fluxo de ar continua sendo um problema porque o ar ambiente pode conter de 20-30 ppm de hidrocarbonetos em suspensão originários de fontes industriais e da queima de combustíveis.

Compressores a seco podem expelir aproximadamente 100 ppm de hidrocarbonetos durante o ciclo de compressão.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Esta quantidade é suficiente para contaminar os componentes da linha de ar e impregnar equipamentos de secagem. A maioria das partículas de óleo em suspensão geradas por todos os tipos de compressores é igual ou inferior a 2 μm . O terceiro maior contaminante encontrado no ar comprimido são as partículas sólidas, incluindo ferrugem e fragmentos da tubulação.

Partículas sólidas combinadas com partículas de água e óleo em suspensão podem obstruir e reduzir a vida de componentes de circuitos pneumáticos, bem como sistemas de filtração.

A maioria das partículas de ferrugem e fragmentos encontrados em circuitos de ar comprimido apresenta tamanhos variando de 0,5 a 5 μm .

Os filtros coalescentes atendem às necessidades de ar comprimido limpo

Filtros convencionais de filtração nominal de 5 micra não conseguem remover partículas contaminantes submicrônicas para atender a aplicações especiais. O limite mínimo de remoção desses filtros de uso convencional é geralmente maior do que 2 μm .

Oitenta por cento de contaminantes em suspensão são inferiores a 2 μm em tamanho.

Contudo, os filtros coalescentes são especialmente projetados para remover partículas submicrônicas sólidas, de óleo e água do ar comprimido. Os filtros coalescentes de porosidade padrão GRAU 6 são capazes de remover acima de 99,9% de todas as partículas em suspensão na faixa de 0,3 a 0,6 μm .

Além disso, esses filtros apresentam uma eficiência de 99,98% na remoção de partículas suspensas e na eliminação de partículas sólidas maiores que 0,3 μm .

Desta forma, um nível de contaminação de 20 ppm de óleo é reduzido para uma concentração de 0,004 ppm. (Nível aceitável para praticamente todas as aplicações pneumáticas).

Desempenho dos filtros coalescentes

A separação de contaminantes sólidos e aerossóis em suspensão no ar é efetuada principalmente pela ação da gravidade. As partículas contaminantes de tamanho maior que 10 μm tendem a sair mais rapidamente quando o ar está em movimento. A maioria dos filtros coalescentes foi projetada para provocar a união de aerossóis extremamente pequenos em suspensão em gotículas maiores. Assim, essas gotículas estarão

suscetíveis à ação da gravidade. Este processo de união é denominado "**Coalescência**".

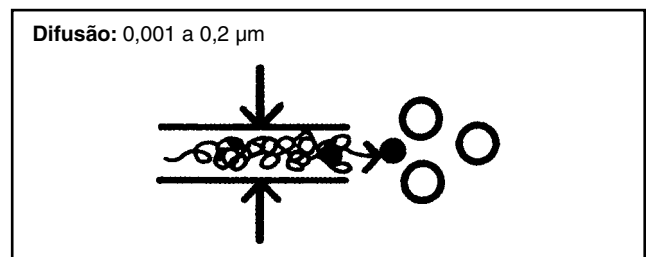
O processo de **coalescência** pode ser comparado às condições atmosféricas em atividade durante a formação de chuva - pequenas moléculas de vapor de água presentes no ar turbulento e carregado de umidade se condensam, formando aerossóis em suspensão que, por colisão, começam a formar gotículas de massas maiores, até que tenham adquirido peso suficiente para reagir à ação da gravidade e cair para a Terra em forma de chuva.

Os filtros coalescentes eliminam a contaminação submicrônica através de três processos de ação simultânea, dependendo do tamanho do aerossol em suspensão:

Difusão: Partículas e Aerossóis de 0,001 a 0,2 μm

Partículas sólidas e aerossóis em suspensão, na faixa de tamanho de 0,001 a 0,2 μm , estão sujeitos ao movimento browniano rápido e aleatório, movimentam-se totalmente independentes da massa de ar, da mesma forma que moléculas gasosas movimentam-se em um fluxo de ar. Este movimento provoca a migração dessas partículas para fora do fluxo de ar e estas colidem com superfícies filtrantes expostas.

Os contaminantes sólidos aderem permanentemente a essas superfícies devido às forças intermoleculares (Leis de Van der Waals). As gotículas líquidas, no entanto, migram pela ação da gravidade através das fibras até unirem-se com outras gotículas e formarem massas líquidas maiores que podem ser drenadas do sistema. A taxa de atividade da difusão aumenta com a elevação da temperatura e pressão.



Interceptação: partículas e aerossóis de 0,2 a 2 μm

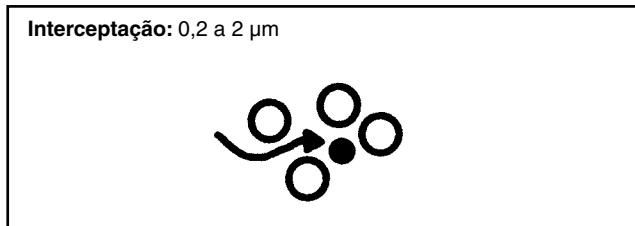
Para contaminantes de tamanhos entre 0,2 e 2 μm , a interceptação é o mecanismo coalescente predominante.

Esses contaminantes se harmonizam com o curso do fluxo de ar e se tornam mais difíceis de serem removidos, pois são capazes de contornar as fibras e escapar

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

do filtro. De modo geral, a eficiência do mecanismo aumenta à medida que o tamanho dos poros (ou a densidade da fibra) diminui.

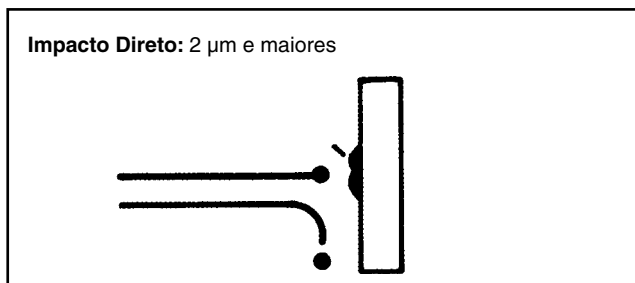
As fibras com um diâmetro médio de 0,5 µm são utilizadas para otimizar o desempenho dos filtros nessa faixa de contaminante. Quando partículas e aerossóis em suspensão aproximam-se de uma fibra medindo metade de seus diâmetros, suas forças inerciais são superadas e as partículas capturadas.



Impacto direto: partículas e aerossóis acima de 2 µm

Contaminantes de tamanho igual ou superior a 2 µm são removidos pelo método de impacto direto, pois apresentam massa e movimento inercial suficientes para sair do curso do fluxo de ar.

Esses contaminantes colidem com o meio filtrante e completam o processo denominado inercial ou de impacto direto.



Projeto e eficiência dos filtros coalescentes

Os filtros coalescentes de remoção de partículas em suspensão são compostos de um conjunto de obstáculos projetados para maximizar o efeito dos três processos de coalescência. Ao contrário dos filtros convencionais de linha, os filtros coalescentes direcionam o fluxo de ar de **dentro para fora**.

Os contaminantes são capturados na malha do filtro e reunidos em gotículas maiores através de colisões com as microfibras de borossilicato. Por fim, essas gotículas passam para o lado externo do tubo do elemento filtrante, onde são agrupadas e drenadas pela ação da gravidade.

Os filtros coalescentes modernos utilizam meios filtrantes de porosidade graduada, com fibras de borossilicato mais densas no interior e fibras menos densas na superfície externa. Variando a distribuição da densidade das fibras no processo de fabricação dos filtros, torna-se possível atender a aplicações específicas.

Os elementos filtrantes coalescentes típicos apresentam uma porosidade de 8 a 10 µm na superfície interna, com uma redução para poros de 0,5 µm no interior do elemento, e aumentando para poros de 40 a 80 µm na superfície externa.

A tabela de poro mostra um poro típico de um filtro coalescente em corte transversal. A superfície interna do elemento age como um pré-filtro, removendo partículas contaminantes maiores, ao passo que os poros internos são suficientemente pequenos para remover partículas submicrônicas sólidas e gasosas em suspensão encontradas no fluxo de ar.

A densidade reduzida da superfície externa promove a aglutinação das partículas em suspensão, através da união das gotículas, transformando-as em gotículas maiores, portanto suscetíveis às forças gravitacionais. Os poros externos maiores também permitem a passagem livre do fluxo de ar, minimizando a queda de pressão.

Uma camada de drenagem conduz o contaminante da superfície externa do elemento filtrante para um reservatório localizado no fundo da carcaça, de onde é drenado periodicamente. Os poros externos maiores do elemento reduzem a turbulência do ar e evitam a reentrada do contaminante no fluxo de ar.

Outro fator importante do projeto dos filtros coalescentes é a relação entre o diâmetro externo do elemento filtrante e o diâmetro interno da carcaça. O espaço entre essas duas superfícies deve ser dimensionado de forma que a velocidade do ar seja minimizada, reduzindo o arrasto de partículas em suspensão de água ou óleo.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Poros típicos de um filtro coalescente	
Curva estatística de tamanho de poros	
Entrada do poro (tamanho aproximado de 8 - 10 µm)	
Saída do poro (tamanho aproximado de 40 - 80 µm)	

- Fibras de borossilicato grossas
- Invólucro de proteção de nylon
- Rede de manuseio

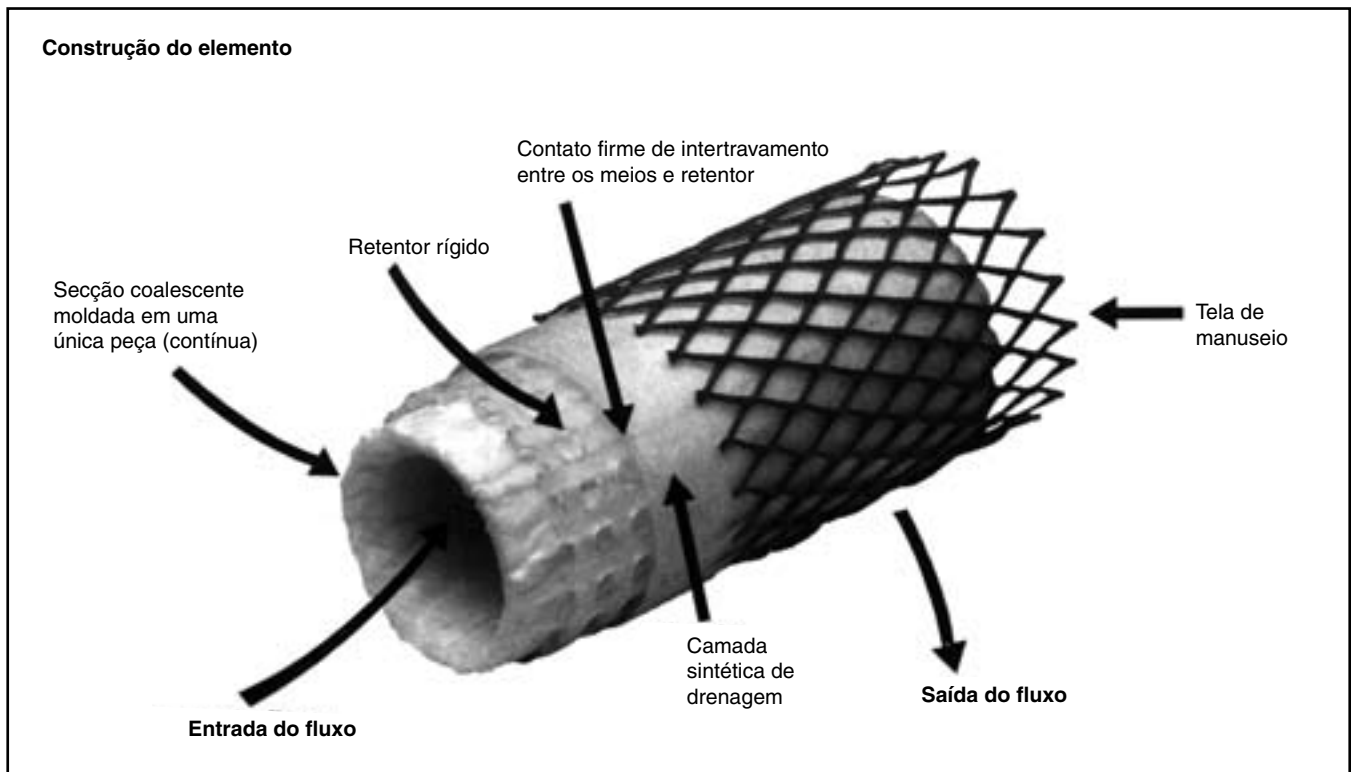
Eficiência do filtro

A eficiência do filtro é medida pelo percentual de contaminantes de um tamanho de partículas específico capturado pelo filtro. A eficiência do filtro é importante, pois afeta não somente o desempenho de retenção de contaminante mas também a vida útil do filtro (maior eficiência requer maior capacidade de retenção de contaminantes). Os valores nominais de eficiência de remoção de contaminantes variam de 90% a mais de 99,99%, oferecendo uma gama de capacidades apropriadas para as diversas necessidades. Já que os meios filtrantes mais eficientes apresentam menor vida útil, em alguns casos torna-se mais conveniente sacrificar um pouco da eficiência em favor da economia.

Em aplicações onde a alta eficiência e a vida útil longa são fundamentais, usa-se um pré-filtro para remover a maior quantidade de partículas sólidas, antes que essas atinjam o filtro coalescente.

Este procedimento pode aumentar em até **seis vezes** a vida útil do filtro coalescente. Para um maior desempenho, selecione um pré-filtro com valor nominal absoluto de 3 µm. A tabela de seleção do grau de aplicação mostra, através da graduação da fibra, a eficiência de remoção de contaminantes e características de operação de vários filtros coalescentes.

Os graus de eficiência são válidos para vazões entre 20% e 120% do valor nominal de catálogo a 7 bar. Em vazões abaixo de 20% ou em circuitos de vazão inconstante, as partículas de aerossol em suspensão não se aglomeram eficientemente em gotículas maiores, o que permite que mais partículas passem livres (sem serem coalescidas) pelo filtro. Em vazões acima de 120% do valor nominal de catálogo, a velocidade do ar é tão alta que alguns contaminantes podem retornar ao circuito pneumático.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Regulagem de pressão

Normalmente, um sistema de produção de ar comprimido atende à demanda de ar para vários equipamentos pneumáticos. Em todos estes equipamentos está atuando a mesma pressão. Isso nem sempre é possível, pois, se estivermos atuando um elemento pneumático com pressão maior do que realmente necessita, estaremos consumindo mais energia que a necessária. Por outro lado, um grande número de equipamentos operando simultaneamente num determinado intervalo de tempo faz com que a pressão caia, devido ao pico de consumo ocorrido. Estes inconvenientes são evitados usando-se a Válvula Reguladora de Pressão, ou simplesmente o Regulador de Pressão, que tem por função:

- Compensar automaticamente o volume de ar requerido pelos equipamentos pneumáticos.
- Manter constante a pressão de trabalho (pressão secundária), independente das flutuações da pressão na entrada (pressão primária) quando acima do valor regulado. A pressão primária deve ser sempre superior à pressão secundária, independente dos picos.
- Funcionar como válvula de segurança.

Funcionamento do regulador de pressão

Descrição

Os reguladores foram projetados para proporcionar uma resposta rápida e uma regulagem de pressão acurada para o maior número de aplicações industriais. O uso do diafragma especialmente projetado resulta em um aumento significativo da vida útil do regulador, proporcionando baixos custos de manutenção. Suas principais características são:

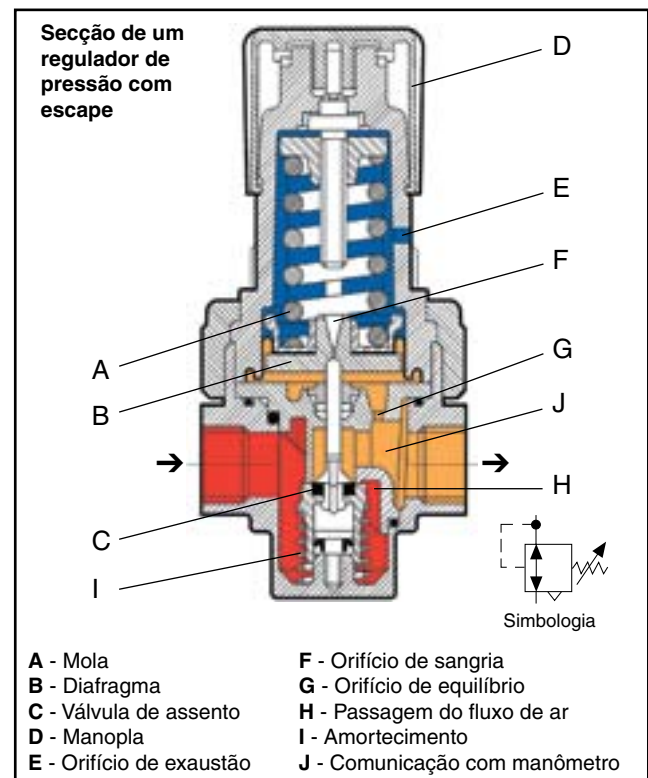
- Resposta rápida e regulagem precisa, devido a uma aspiração secundária e a válvula de assento incorporado.
- Grande capacidade de reversão de fluxo.
- Diafragma projetado para proporcionar um aumento da vida útil do produto.
- Dois orifícios destinados a manômetro que podem ser usados como orifícios de saída.
- Fácil manutenção.

Operação

O ar comprimido entra por (P) e pode sair por (P') apenas se a válvula de assento estiver aberta. A secção de passagem regulável está situada abaixo da válvula de assento (C). Girando totalmente a manopla (D) no sentido anti-horário (mola sem compressão), o conjunto da válvula de assento (C) estará fechado. Girando a manopla no sentido horário, aplica-se uma carga numa mola calibrada de regulagem (A) fazendo com que o diafragma (B) e a válvula de assento (C) se

desloquem para baixo, permitindo a passagem do fluxo de ar comprimido para a utilização (H). A pressão sobre o diafragma (B) está balanceada através do orifício de equilíbrio (G) quando o regulador está em operação. A pressão secundária, ao exceder a pressão regulada, causará, por meio do orifício (G), ao diafragma (B), um movimento ascendente contra a mola de regulagem (A), abrindo o orifício de sangria (F) contido no diafragma. O excesso de ar é jogado para atmosfera através de um orifício (E) na tampa do regulador (somente para reguladores com sangria).

Portanto, uma saída de pressão pré-regulada é um processo de abre-fecha da válvula de assento (C), que poderia causar certa vibração. Isso é evitado porque certos reguladores são equipados por um amortecimento (I) à mola ou a ar comprimido. O dispositivo autocompensador (C-J) permite montar o regulador em qualquer posição, e confere ao equipamento um pequeno tempo de resposta. A pressão de saída é alterada pela atuação sobre a manopla de regulagem, não importa se é para decréscimo - quando a pressão secundária regulada é maior, o ar excedente desta regulagem é automaticamente expulso para o exterior através do orifício (F) até a pressão desejada ser atingida - ou acréscimo - o aumento processa-se normalmente atuando-se a manopla e comprimindo-se a mola (A) da forma já mencionada; através de um manômetro (J) registram-se as pressões secundárias reguladas.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Materiais

Corpo	Zamac
Haste de ajuste	Aço
Anel de fixação	Plástico
Diafragma	Borracha nitrílica (nuna-N)
Manopla de regulação	Plástico
Mola de regulação	Aço
Mola de assento	Aço

Regulador de pressão sem escape

O regulador sem escape é semelhante ao visto anteriormente, mas apresenta algumas diferenças:

Não permite escape de ar devido a um aumento de pressão; o diafragma não é dotado do orifício de sangria (F), ele é maciço.

Quando desejamos regular a pressão a um nível inferior em relação ao estabelecido, a pressão secundária deve apresentar um consumo para que a regulação seja efetuada.

Filtro/regulador conjugado

Há também válvulas reguladoras de pressão integradas com filtros, ideais para locais compactos.

Descrição

Economiza espaço, pois oferece filtro e regulador conjugados para um desempenho otimizado. Grande eficiência na remoção de umidade.

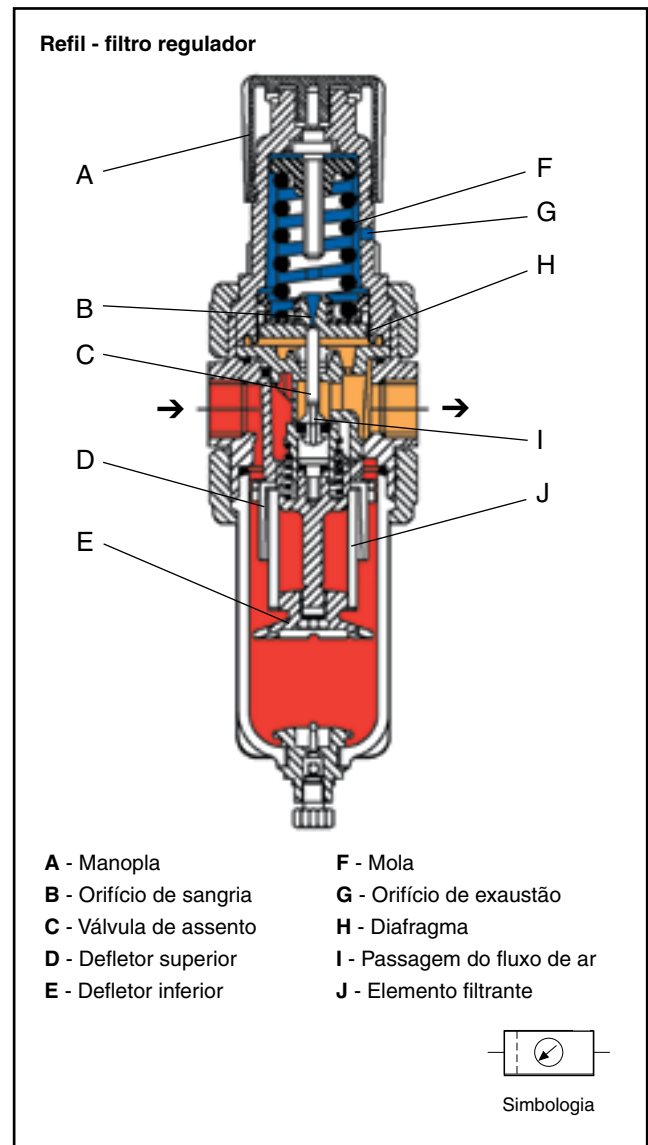
Operação

Girando a manopla (A) no sentido horário aplica-se uma carga na mola de regulação (F), fazendo com que o diafragma (H) e o conjunto da válvula de assento (C) se desloquem para baixo, permitindo a passagem do fluxo de ar filtrado pelo orifício (I).

A pressão sobre o diafragma (H) está balanceada quando o filtro/regulador conjugado está em operação, se a pressão secundária exceder a pressão regulada causará ao diafragma (H) um movimento ascendente contra a mola de regulação (F), abrindo o orifício de sangria (B) contido no diafragma.

O excesso de ar é jogado para atmosfera através do orifício (G) na tampa do filtro/regulador conjugado (filtro/regulador conjugado com sangria). O primeiro estágio da filtração começa quando o ar comprimido flui através do defletor superior (D), o qual causa uma ação de turbilhonamento. As impurezas contidas no ar comprimido são jogadas contra a parede do copo devido à ação centrífuga causada pelo defletor superior (D).

O defletor inferior (E) separa a umidade e as partículas sólidas depositadas no fundo do copo, evitando a re-entrada das mesmas no sistema de ar comprimido. O segundo estágio de filtração ocorre quando o ar passa pelo elemento filtrante (J) onde as partículas menores são retidas. O ar passa então através da área do assento (I) para conexão de saída do produto.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Materiais

Corpo	Zamac
Copo	Polycarbonato transparente zamac (copo Metálico)
Haste de ajuste	Aço
Protetor do copo	Aço
Anel de fixação do copo	Plástico (copo de polycarbonato série 06/07, e copo metálico (série 06) alumínio (copo metálico série 07)
Diafragma	Borracha nitrílica (buna-N)
Manopla de regulagem	Plástico
Mola de regulagem	Aço
Mola de assento	Aço

Manutenção - observar o seguinte:

Nunca limpar o regulador com estopa e sim com pano macio que não solte fiapos. Utilizar somente querosene para a lavagem. Observar se a tela do filtro interno não está obstruída. Verificar a face de borracha do obturador (disco).

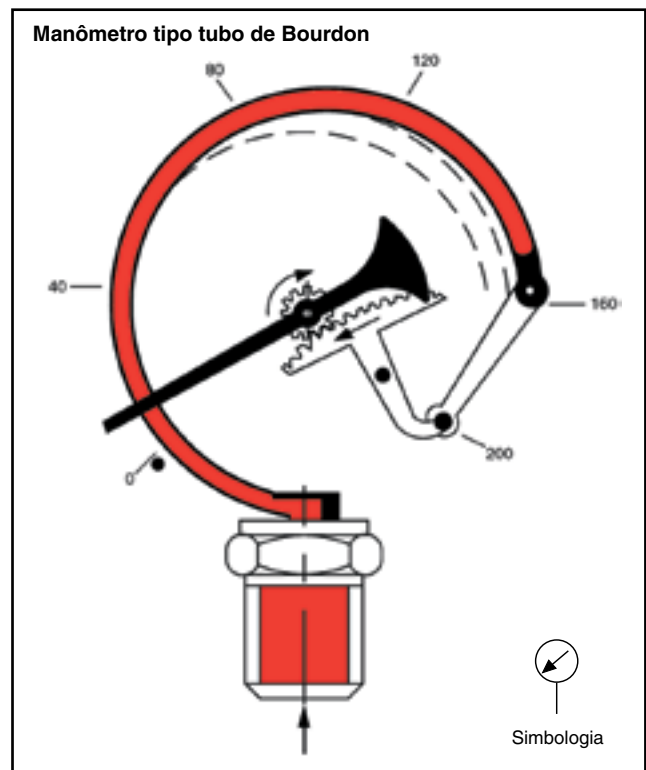
Se possuir marcas profundas demais ou estiver deslocada da posição, substituir todo o conjunto haste-disco. Verificar a extremidade da haste. Se estiver arranhada ou marcada, proceder como acima. Inspeccionar o "O" Ring no orifício central do diafragma, para eliminar possíveis resíduos de impurezas. Se estiver marcado ou mastigado, substituí-lo; não havendo possibilidade, trocar o diafragma.

Inspeccionar o diafragma. Se houver racha-duras, substituí-lo. Inspeccionar a mola. Verificar se o parafuso de compressão da mola não está espanado.

Manômetros

São instrumentos utilizados para medir e indicar a intensidade de pressão do ar comprimido, óleo, etc. Nos circuitos pneumáticos e hidráulicos, os manômetros são utilizados para indicar o ajuste da intensidade de pressão nas válvulas, que pode influenciar a força, o torque, de um conversor de energia.

Existem dois tipos principais de manômetros: Tubo de Bourdon Schrader (tipo hidráulico)



Tubo de Bourdon

Consiste em uma escala circular sobre a qual gira um ponteiro indicador ligado a um jogo de engrenagens e alavancas. Este conjunto é ligado a um tubo recurvado, fechado em uma extremidade e aberto em outra, que está ligada com a entrada de pressão. Aplicando-se pressão na entrada, o tubo tende a endireitar-se, articulando-se as alavancas com a engrenagem, transmitindo movimento para o indicador e registrando a pressão sobre a escala.

Nota: Convém lembrar que existem dois tipos de pressão: Absoluta e Relativa (Manométrica).

Absoluta: é a soma da pressão manométrica com a pressão atmosférica.

Relativa: é a pressão indicada nos manômetros, isenta da pressão atmosférica. Geralmente utilizada nas escalas dos manômetros, pois através dela as conversões de energia fornecem seus trabalhos.

Lubrificação

Os sistemas pneumáticos e seus componentes são constituídos de partes possuidoras de movimentos relativos, estando, portanto, sujeitos a desgastes mútuos e consequente inutilização.

Para diminuir os efeitos desgastantes e as forças de atrito, a fim de facilitar os movimentos, os equipamentos devem ser lubrificados convenientemente, por meio do ar comprimido. Lubrificação do ar comprimido é a

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

mescla deste com uma quantidade de óleo lubrificante, utilizada para a lubrificação de partes mecânicas internas móveis que estão em contato direto com o ar.

Essa lubrificação deve ser efetuada de uma forma controlada e adequada, a fim de não causar obstáculos na passagem de ar, problemas nas guarnições etc. Além disso, esse lubrificante deve chegar a todos os componentes, mesmo que as linhas tenham circuitos sinuosos.

Isso é conseguido desde que as partículas de óleo permaneçam em suspensão no fluxo, ou seja, não se depositem ao longo das paredes da linha. O meio mais prático de efetuar este tipo de lubrificação é através do lubrificador.

Funcionamento do lubrificador

Descrição

Distribuição proporcional de óleo em uma larga faixa de fluxo de ar. Sistema de agulha assegura uma distribuição de óleo repetitiva. Permite o abastecimento do copo com a linha pressurizada.

Operação

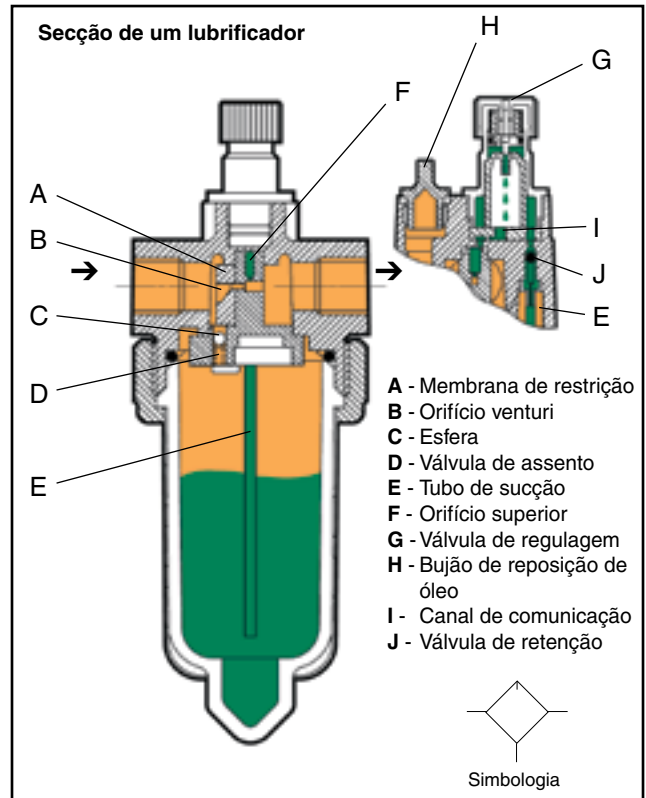
O ar comprimido flui através do lubrificador por dois caminhos. Em baixas vazões, a maior parte do ar flui através do orifício Venturi (B) e a outra parte flui defletindo a membrana de restrição (A) e ao mesmo tempo pressuriza o copo através do assento da esfera (C) e da placa inferior.

A velocidade do ar que flui através do orifício do Venturi (B) provoca uma depressão no orifício superior (F), que, somada à pressão positiva do copo através do tubo de sucção (E), faz com que o óleo escoe através do conjunto gotejador.

Esse fluxo é controlado através da válvula de regulagem (G) e o óleo goteja através da passagem (I), encontrando o fluxo de ar que passa através do Venturi (B), provocando assim sua pulverização.

Quando o fluxo de ar aumenta, a membrana de restrição (A) dificulta a passagem do ar, fazendo com que a maior parte passe pelo orifício do Venturi (B), assegurando assim que a distribuição de óleo aumente linearmente com o aumento da vazão de ar. O copo pode ser preenchido com óleo sem precisar despressurizar a linha de ar, devido à ação da esfera (C). Quando o bujão de enchimento (H) é retirado, o ar contido no copo escapa para a atmosfera e a esfera (C) veda a passagem de

ar para o copo, evitando assim sua pressurização. Ao recolocar o bujão, uma pequena porção de ar entra no copo e quando este estiver totalmente pressurizado a lubrificação volta ao normal.



Manutenção

- Usar somente algodão para limpeza, não usar estopa.
- Lavar somente com querosene.
- Evitar preencher demasiadamente o copo com óleo.
- Verificar se as guarnições não estão danificadas.
- Verificar se o filtro na extremidade do tubo pescador não está entupido.
- Evitar forçar o parafuso de controle de fluxo demasiadamente, ao tentar fechar a passagem de óleo.

Características dos lubrificantes

Predominam os lubrificantes à base de petróleo, porém está havendo um incremento na utilização dos óleos sintéticos. Os óleos pertencem a três classes principais: parafínicos, naftênicos e aromáticos;

Parafínicos

Caracterizam-se, de modo geral, por um alto índice de viscosidade, alta estabilidade contra a oxidação, menor tendência à formação de vernizes, alto ponto de fluidez e baixa densidade.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Naftênicos

Apresentam baixo índice de viscosidade, menor estabilidade contra oxidação, maior tendência à formação de vernizes, ponto de fluidez mais baixo e densidade elevada.

Entretanto, o seu poder solvente é melhor que o dos parafínicos e o tipo de carbono formado ao queimar é menos duro que o formado pelos primeiros.

As características básicas podem ser alteradas de acordo com o serviço, pois o produto final pode se apresentar sob a forma de óleo mineral puro, composto, com aditivos ou óleos emulsionáveis.

Nem todos os lubrificantes são apropriados para a utilização nos sistemas pneumáticos, existem muitos óleos empregados que criam sérios inconvenientes para o perfeito funcionamento de válvulas, cilindros, etc.

A maior parte dos óleos contém aditivos especiais próprios para certos fins, mas inadequados para outras aplicações. Dois óleos podem parecer iguais perante certas propriedades físicas e se comportarem de maneira diferente perante diferentes materiais.

O óleo apropriado para sistemas pneumáticos deve conter antioxidante, ou seja, não deve oxidar-se ao ser nebulizado com o ar; deve conter aditivos antiespumantes para não formar espuma ao ser nebulizado.

Outro fator importante para o óleo é o IV (índice de viscosidade), que deve ser mantido o mais uniforme possível com as variações de temperatura.

Um fator determinante na seleção do tipo de óleo mais adequado é o fato das guarnições dos componentes pneumáticos serem de borracha nitrílica (Buna N).

O óleo não deve alterar o estado do material. Com isso, queremos nos referir ao ponto de Anilina do óleo, que pode provocar dilatação, contração e amolecimento das guarnições.

O ponto de Anilina é definido como a temperatura na qual tem início a mistura de óleo de anilina com o óleo considerado.

Nas lubrificações pneumáticas o Ponto de Anilina não deve ser inferior a 90°C (194°F) e nem superior a 100°C (212°F). Um sistema lubrificado adequadamente não apresentará tais inconvenientes em relação às

guarnições.

Óleos recomendados

Shell.....Shell Tellus C-10

Esso.....Turbine Oil-32

Esso.....Spinesso-22

Mobil Oil.....Mobil Oil DTE-24

ValvolineValvoline R-60

CastrolCastrol Hyspin AWS-32

Lubrax.....HR 68 EP

LubraxInd CL 45 Of

TexacoKock Tex-100

Materiais

Corpo	Zamac
Copo	Policarbonato transparente zamac (copo metálico)
Protetor do copo	Aço
Anel de fixação do copo	Plástico (policarbonato série 06/07 e metálico série 06) alumínio (copo metálico série 07)
Vedações	Buna-N
Visor do copo metálico	Poliamida

6. Tubulação e Conexões

Projetos de redes de ar comprimido

A escolha do sistema de ar comprimido exige um planejamento detalhado, que prevê qual o equipamento mais adequado para cada caso e, também, como o investimento será revertido em benefícios para o cliente. No projeto incluem o planejamento e execução de todas as etapas, quando são definidas as reais necessidades da empresa e os equipamentos ideais para solução, do compressor até o ponto de uso (para o bom funcionamento do maquinário).

Rede de Distribuição

Aplicar, para cada máquina ou dispositivo automatizado, um compressor próprio, é possível somente em casos esporádicos e isolados. Onde existem vários pontos de aplicação, o processo mais conveniente e racional é efetuar a distribuição do ar comprimido situando as tomadas nas proximidades dos utilizadores.

A rede de distribuição de ar comprimido compreende todas as tubulações que saem do reservatório, passando pelo secador e que, unidas, orientam o ar comprimido até os pontos individuais de utilização.

A rede possui duas funções básicas:

1. Comunicar a fonte produtora com os equipamentos consumidores.
2. Funcionar como um reservatório para atender às exigências locais.

Um sistema de distribuição perfeitamente executado deve apresentar os seguintes requisitos: Pequena queda de pressão entre o compressor e as partes de consumo, a fim de manter a pressão dentro de limites toleráveis em conformidade com as exigências das aplicações. Não apresentar escape de ar; do contrário haveria perda de potência. Apresentar grande capacidade de realizar separação de condensado.

Ao serem efetuados o projeto e a instalação de uma planta qualquer de distribuição, é necessário levar em consideração certos preceitos. O não cumprimento de certas bases é contraproducente e aumenta sensivelmente a necessidade de manutenção.

Layout

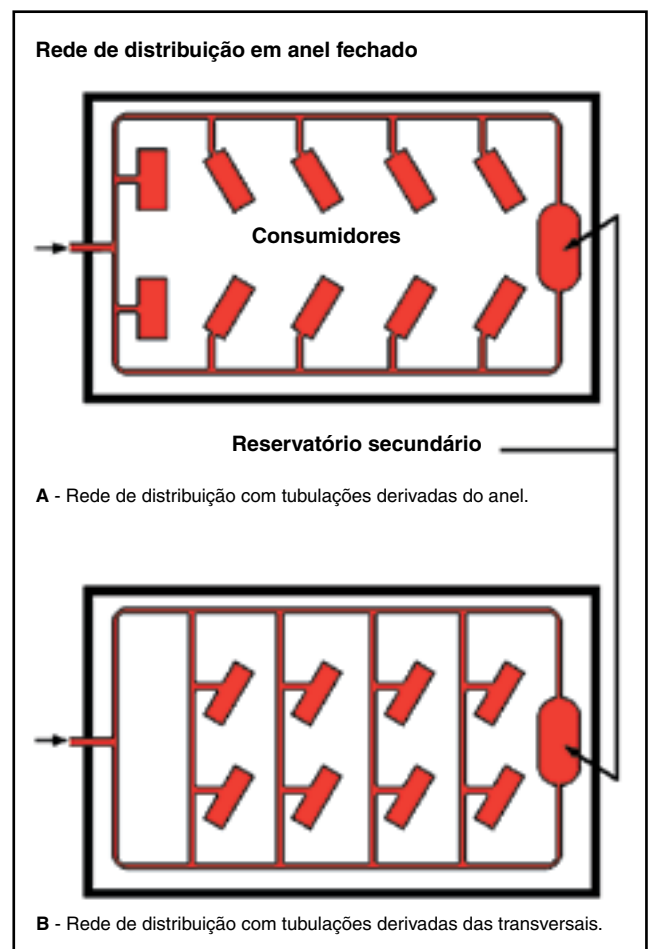
Visando melhor performance na distribuição do ar, a definição do layout é importante. Este deve ser construído em desenho isométrico ou escala, permi-

tindo a obtenção do comprimento das tubulações nos diversos trechos. O layout apresenta a rede principal de distribuição, suas ramificações, todos os pontos de consumo, incluindo futuras aplicações; qual a pressão destes pontos, e a posição de válvulas de fechamento, moduladoras, conexões, curvaturas, separadores de condensado, etc.

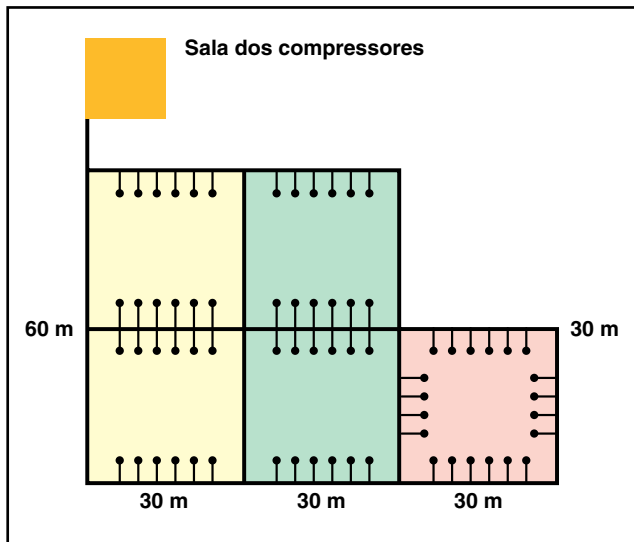
Através do layout, pode-se então definir o menor percurso da tubulação, acarretando menores perdas de carga e proporcionando economia.

Formato

Em relação ao tipo de linha a ser executado, anel fechado (circuito fechado) ou circuito aberto, devem-se analisar as condições favoráveis e desfavoráveis de cada uma. Geralmente a rede de distribuição é em circuito fechado, em torno da área onde há necessidade do ar comprimido. Deste anel partem as ramificações para os diferentes pontos de consumo.



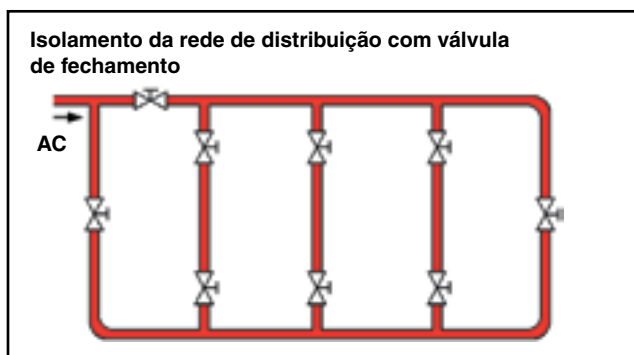
Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido



O Anel fechado auxilia na manutenção de uma pressão constante, além de proporcionar uma distribuição mais uniforme do ar comprimido para os consumos intermitentes. Dificulta porém a separação da umidade, porque o fluxo não possui uma direção; dependendo do local de consumo, circula em duas direções. Existem casos em que o circuito aberto deve ser feito, por ex.: área onde o transporte de materiais e peças é aéreo, pontos isolados, pontos distantes, etc; neste caso, são estendidas linhas principais para o ponto.

Válvulas de fechamento na linha de distribuição

São de grande importância na rede de distribuição para permitir a divisão desta em seções, especialmente em casos de grandes redes, fazendo com que as seções tornem-se isoladas para inspeção, modificações e manutenção. Assim, evitamos que outras seções sejam simultaneamente atingidas, não havendo paralisação do trabalho e da produção.



As válvulas mais aplicadas até 2" são do tipo de esfera, diafragma. Acima de 2" são utilizadas as válvulas tipo gaveta.

Ligações entre os tubos

Processam-se de diversas maneiras, rosca, solda, flange, acoplamento rápido, devendo apresentar a mais perfeita vedação. As ligações roscadas são comuns, devido ao baixo custo e facilidade de montagem e desmontagem. Para evitar vazamentos nas roscas é importante a utilização da fita Teflon, devido às imperfeições existentes na confecção das roscas.

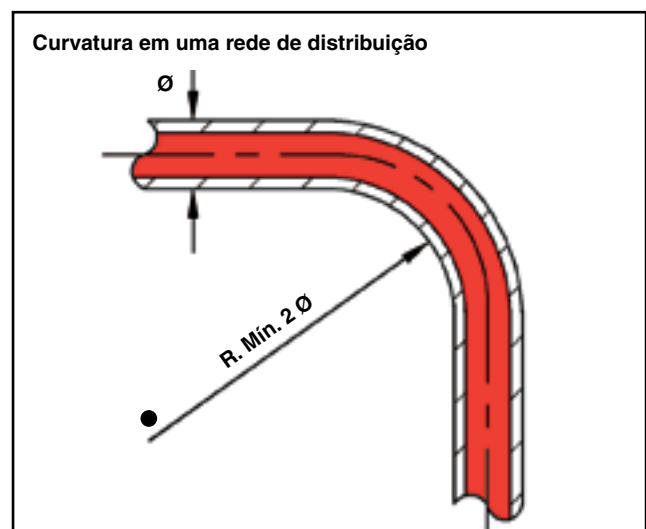
A união realizada por solda oferece menor possibilidade de vazamento, se comparada à união roscada, apesar de um custo maior. As uniões soldadas devem estar cercadas de certos cuidados, as escamas de óxido têm que ser retiradas do interior do tubo, o cordão de solda deve ser o mais uniforme possível.

De maneira geral, a utilização de conexões roscadas se faz até diâmetros de 3". Para valores acima, normalmente recomendam-se conexões soldadas, que podem ser por topo para tubos, soquete para curvas, flanges e válvulas.

Para instalações que devem apresentar um maior grau de confiabilidade, recomenda-se uso de conexões flangeadas e soldadas. Para instalações provisórias, o ideal é o acoplamento rápido, também estanque. Na desmontagem não existem perdas de tubo e não há necessidade de fazer cortes para a remoção.

Curvatura

As curvas devem ser feitas no maior raio possível, para evitar perdas excessivas por turbulência. Evitar sempre a colocação de cotovelos 90°. A curva mínima deve possuir na curvatura interior um raio mínimo de duas vezes o diâmetro externo do tubo.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

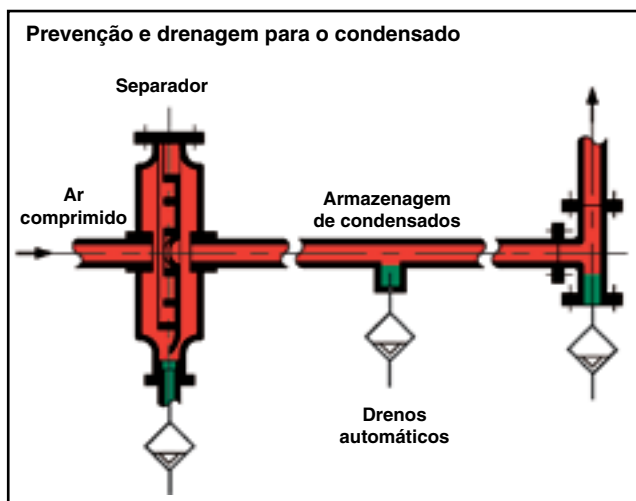
Inclinação

As tubulações devem possuir uma determinada inclinação no sentido do fluxo interior, pois, enquanto a temperatura de tubulação for maior que a temperatura de saída do ar após os secadores, este sairá praticamente seco; se a temperatura da tubulação baixar, haverá, embora raramente, precipitação de água.

A inclinação serve para favorecer o recolhimento desta eventual condensação e das impurezas devido à formação de óxido, levando-as para o ponto mais baixo, onde são eliminadas para a atmosfera, através do dreno. O valor desta inclinação é de 0,5 a 2% em função do comprimento reto da tubulação onde for executada. Os drenos, colocados nos pontos mais baixos, de preferência devem ser automáticos. Se a rede é relativamente extensa, recomenda-se observar a colocação de mais de um dreno, distanciados aproximadamente 20 a 30m um do outro.

Drenagem de umidade

Com os cuidados vistos anteriormente para eliminação do condensado, resta uma umidade remanescente, a qual deve ser removida ou até mesmo eliminada, em caso de condensação da mesma. Para que a drenagem eventual seja feita, devem ser instalados drenos (purgadores), que podem ser manuais ou automáticos, com preferência para o último tipo. Os pontos de drenagem devem se situar em todos os locais baixos da tubulação, fim de linha, onde houver elevação de linha, etc. Nestes pontos, para auxiliar a eficiência da drenagem, podem ser construídos bolsões, que retêm o condensado e o encaminham para o purgador. Estes bolsões, construídos, não devem possuir diâmetros menores que o da tubulação. O ideal é que sejam do mesmo tamanho.



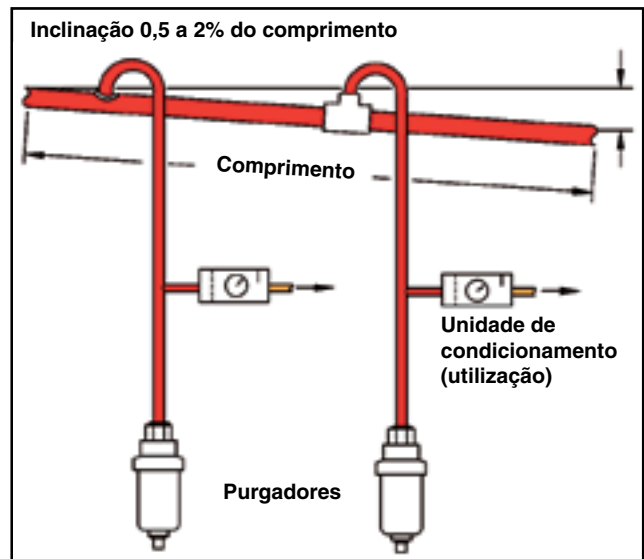
Como mencionamos, restará no ar comprimido uma pequena quantidade de vapor de água em suspensão, e os pontos de drenagem comuns não conseguirão provocar sua eliminação.

Com este intuito, podem-se instalar separadores de condensado, cujo princípio de funcionamento é simples: obrigar o fluxo de ar comprimido a fazer mudanças de direção; o ar muda facilmente, porém as gotículas de umidade chocam-se contra os defletores e neles aderem, formando gotas maiores, que escorrem para o dreno.

Tomadas de Ar

Devem ser sempre feitas pela parte superior da tubulação principal, para evitar os problemas de condensado já expostos. Recomenda-se ainda que não se realize a utilização direta do ar no ponto terminal do tubo de tomada.

No terminal, deve-se colocar uma pequena válvula de drenagem e a utilização deve ser feita um pouco mais acima, onde o ar, antes de ir para a máquina, passa através da unidade de condicionamento.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Materiais da tubulação principal

Com relação aos materiais da tubulação, dê preferência aos resistentes à oxidação, como aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio, cobre e plástico de engenharia.

Tubulações secundárias

A seleção dos tubos que irão compor a instalação secundária e os materiais de que são confeccionados são fatores importantes, bem como o tipo de acessório ou conexão a ser utilizado. Devem-se ter materiais de alta resistência, durabilidade, etc.

O processo de tubulação secundária sofreu uma evolução bastante rápida. O tubo de cobre, até bem pouco tempo, era um dos mais usados.

Atualmente ele é utilizado em instalações mais específicas, montagens rígidas e locais em que a temperatura e a pressão são elevadas.

Hoje são utilizados tubos sintéticos, os quais proporcionam boa resistência mecânica, apresentando uma elevada força de ruptura e grande flexibilidade. São usados tubos de polietileno, poliuretano e tubos de nylon.

Conexões para tubulações secundárias

A escolha das conexões que serão utilizadas num circuito é muito importante. Devem oferecer recursos de montagem para redução de tempo, ter dimensões compactas e não apresentar quedas de pressão, ou seja, possuir máxima área de passagem para o fluido. Utilize também conexões de raio longo para minimizar a perda de carga.

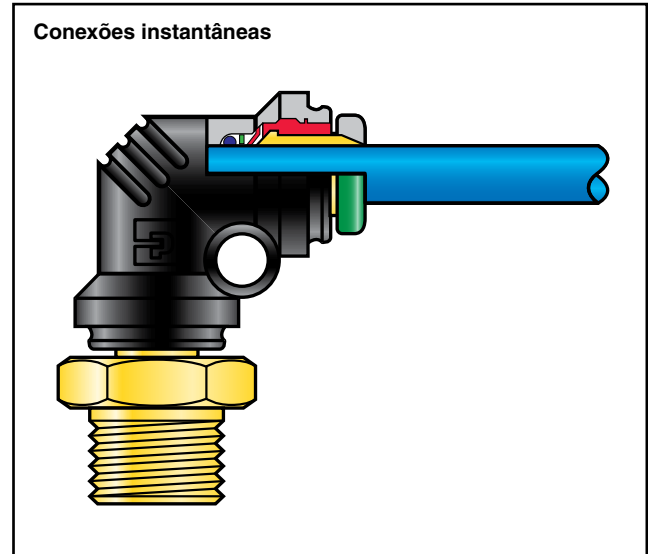
Devem também ter vedação perfeita, compatibilidade com diferentes fluidos industriais, durabilidade e permitir rápida remoção dos tubos em casos de manutenção, sem danificá-los.

As conexões para tubulações secundárias podem ser múltiplas, espigões, conexão com anel de pressão ou anilhas etc. Dependendo do tipo de conexão utilizado, o tempo de montagem é bem elevado, devido às diversas operações que uma única conexão apresenta: ser roscada no corpo do equipamento, roscar a luva de fixação do tubo, ou antes, posicionar corretamente as anilhas.

Deve haver um espaço razoável entre as conexões, para permitir sua rotação. Em alguns casos, isso não é possível. Estes meios de ligação, além de demorados,

danificam o tubo, esmagando, dilatando ou cortando. Sua remoção é difícil, sendo necessário, muitas vezes, cortar o tubo, trocar as anilhas e as luvas de fixação do tubo; isso quando a conexão não é totalmente perdida.

Uma nova concepção em conexões, para atender a todas as necessidades de instalação de circuitos pneumáticos, controle e instrumentação e outros, são as conexões instantâneas/semelhantes a um engate rápido.



Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Nomograma teórico para cálculo do diâmetro interno da tubulação

Provocada pela sempre crescente racionalização e automatização das instalações industriais, a necessidade de ar nas fábricas está crescendo.

Cada máquina e cada dispositivo requer sua quantidade de ar, que está sendo fornecido pelo compressor, através da rede distribuidora. O diâmetro da tubulação, portanto, deve ser escolhido de maneira que, mesmo com um consumo de ar crescente, a queda da pressão, do reservatório até o consumidor, não ultrapasse 0,1 bar.

Uma queda de pressão prejudica a rentabilidade do sistema e diminui consideravelmente sua capacidade.

Já no projeto da instalação de compressores deve ser prevista uma possível ampliação posterior, e consequentemente uma maior demanda de ar, determinando dimensões maiores dos tubos da rede distribuidora. A montagem posterior de uma rede distribuidora de dimensões maiores (ampliação) acarreta despesas elevadas.

Dimensionamento da rede condutora

A escolha do diâmetro da tubulação não é realizada por quaisquer fórmulas empíricas ou para aproveitar tubos por acaso existentes em depósito, mas sim considerando-se:

- Volume corrente (vazão);
- Comprimento da rede;
- Queda de pressão admissível;
- Pressão de trabalho;
- Número de pontos de estrangulamento na rede.

Na prática, o nomograma facilita a averiguação da queda de pressão ou diâmetro do tubo na rede. Um aumento necessário no futuro, deve ser previsto e considerado.

Calculo da tubulação

O consumo de ar em um estabelecimento fabril é de 4 m³/min (240 m³/hora). O aumento em três anos será de 300%. Isto resultará em 12 m³/min (720 m³/hora).

O consumo total é limitado em 16 m³/min (960 m³/hora). A tubulação será de 280 metros de comprimento; dentro dela se encontram 6 peças em "T", 5 cotovelos normais, 1 válvula de passagem.

A queda de pressão admissível é de $\Delta p = 0,1$ bar.
Pressão de trabalho = 8 bar.

A procurar: diâmetro interno do tubo

Com as indicações presentes será determinado no nomograma o diâmetro provisório do tubo.

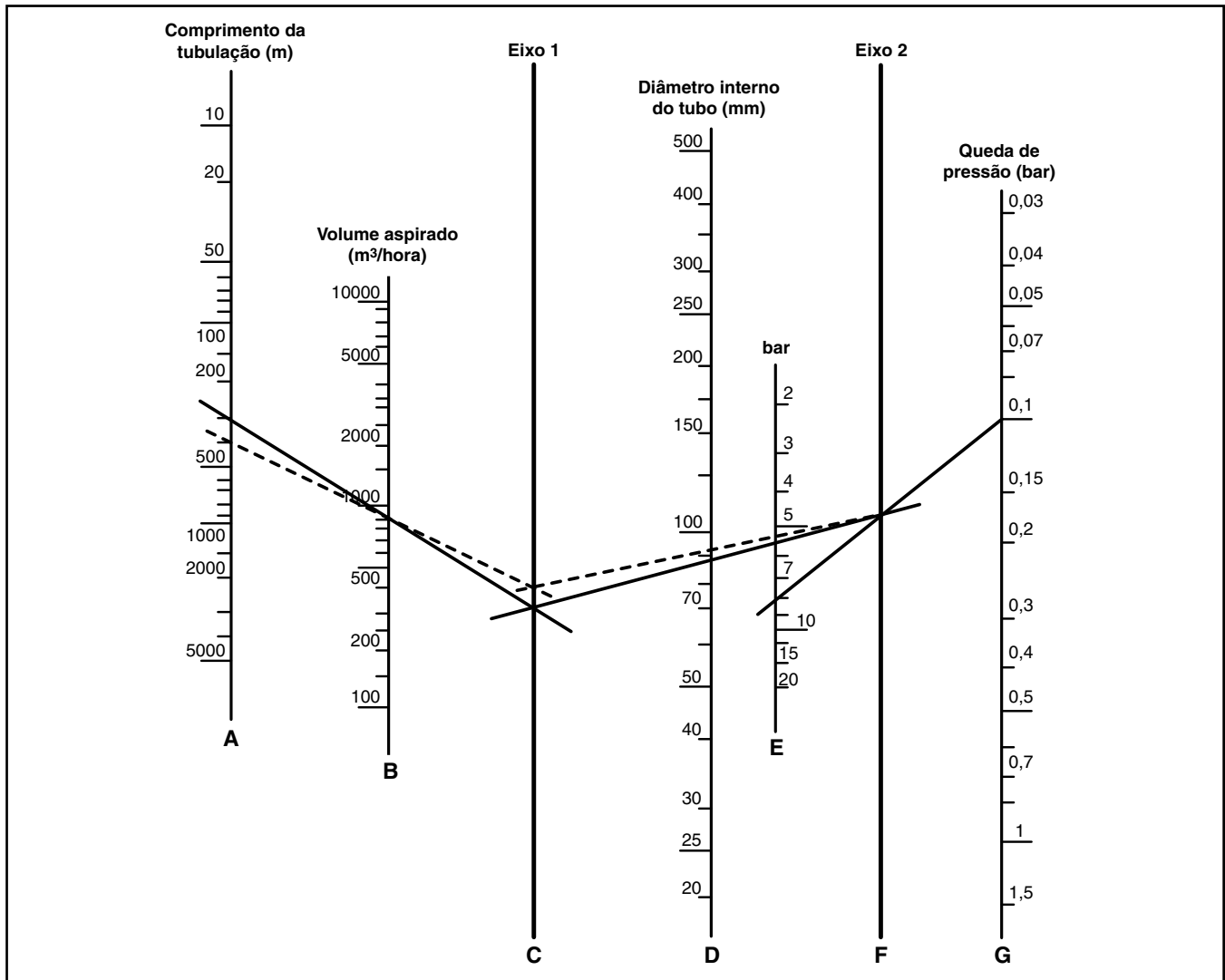
Solução:

Liga-se no nomograma a linha A (comprimento da tubulação) com B e prolonga-se até C (eixo 1).

Pressão de trabalho linha E, será ligada com G (queda de pressão) obtendo assim F (eixo 2) um ponto de interseção. Os pontos de interseção serão ligados entre si. Na linha D (diâmetro interno) obter-se-á um ponto de interseção, o qual fornece o diâmetro do tubo. O resultado do nosso cálculo é aproximadamente 90 mm de diâmetro.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Nomograma para cálculo do diâmetro interno da tubulação



Perda de carga na tubulação

m³/h	Perda de carga (psig) por 10 metros de comprimento de um tubo com diâmetro:									
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
80	2,73	0,64	0,18							
170		2,51	0,70	0,08						
350			2,68	0,31	0,09					
500				0,68	0,19	0,08				
850				1,86	0,50	0,21				
1200					1,00	0,41	0,13			
1700					1,97	0,81	0,25			
2100						1,28	0,41	0,10		
2500						1,79	0,56	0,14		
3400							1,00	0,25	0,08	
4200							1,56	0,39	0,12	
5100							2,24	0,55	0,17	0,07
6800								0,97	0,30	0,12
10200								2,15	0,67	0,26
13600									1,18	0,46
17000									1,82	0,71

Comprimento equivalente de tubulação (m)

Diâmetro	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
Cotovelo 90°	1,10	1,34	1,58	2,25	2,60	2,80	3,40	4,00	2,20	2,70
Curva 90°	0,67	0,70	0,83	1,00	1,10	1,10	1,20	1,40	1,50	1,70
Tê (fluxo dividido)	0,80	1,20	1,50	2,40	3,00	3,90	4,80	6,00	8,00	9,20
Válvula gaveta	0,17	0,20	0,25	0,37	0,46	0,52	0,58	0,76	0,95	0,98

Para um bom desempenho de todo o sistema, não permita que os vazamentos ultrapassem 5% da vazão total do mesmo.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Perda de pressão em tubulações de ar comprimido

Mangueira 1/4" psi	1.5 m	3 m	5 m	7 m	8 m	16 m
30	26	24	23	22	21	9
40	34	32	31	29	27	16
50	43	40	38	36	34	22
60	51	48	46	43	41	29
70	59	56	53	51	48	36
80	68	64	61	58	55	43
90	76	71	68	65	61	51

Mangueira 5/16" psi	1.5 m	3 m	5 m	7 m	8 m	16 m
30	29	28,5	28	27,5	27	23
40	38	37	37	37	36	32
50	47	47	46	45	45	40
60	57	56	55	55	54	49
70	66	65	64	63	63	59
80	75	74	73	73	71	66
90	84	83	82	81	80	74

Tubulação requerida para distribuição de um sistema de ar comprimido operando a 100 psi

Vazão PCM	Comprimento da tubulação em metros							
	7,5	15	22,5	30	45	60	75	90
5	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
10	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
20	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
30	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"
40	3/4"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
50	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
60	3/4"	1"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
80	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
100	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"

A tabela acima recomenda a dimensão mínima da tubulação a ser usada entre o reservatório e o ponto de consumo. Toda tubulação precisa ter uma inclinação cessível em um ponto para drenar o condensado (água).

A tubulação de ar principal não deve ser menor que a conexão de descarga do compressor. Inspeção regularmente toda a tubulação (usando uma solução de água e sabão neutro) para verificar vazamento de ar comprimido no sistema.

Tabela de consumo de equipamentos pneumáticos

Denominação	Consumo		Pres. de operação	
	pés³/min	l/min	bar	psi
Aspirador de pó	8,0	226	até 12,3	até 175
Bico limpeza	6,0	170	2,8	40
Calibrador de pneus eletrônico	2,0	57	6,38/8,3	90/120
Chapeador	7,0	198	6,3	90
Cortador circular (serra)	12,0	339	6,3	90
Descolador de pneus	18,5	524	4,9/8,3	70/120
Desmontador de pneus	8,0	226	9,8/12,3	140/175
Elevador hidropneumático 1,5 T	3,5	99	9,8/12,3	140/175
Elevador hidropneumático 4,0 T	6,0	170	9,8/12,3	140/175
Elevador hidropneumático 7,0 T	9,5	269	9,8/12,3	140/175
Elevador hidropneumático 10,0 T	12,0	340	9,8/12,3	140/175
Elevador hidropneumático 15,0 T	18,5	524	9,8/12,3	140/175
Equipamento odontológico sem sugador	1,8	51	4,9/7,0	70/100
Filtro manga	4,0	113	4,9/8,3	70/120
Furadeira reta 1/4"	9,0	255	6,3	90
Furadeira reta 5/16" a 1/2"	14,0	397	6,3	90
Furadeira tipo pistola 1/4"	9,0	255	6,3	90
Furadeira tipo pistola 5/16" a 1/2"	14,0	397	6,3	90
Esmerilhadeira reta 30000 giros	12,5	354	6,3	90
Esmerilhadeira reta 22000 giros	16,5	467	6,3	90
Esmerilhadeira reta 14000 giros	21,0	595	6,3	90
Lixadeira angular 20000 giros	7,0	198	6,3	90
Lixadeira angular 12000 giros	21,0	595	6,3	90
Lixadeira angular 8000 giros	30,0	850	6,3	90
Lixadeira angular 6000 giros	25,0	708	6,3	90
Lixadeira orbital (treme-treme)	21,0	595	6,3	90
Parafusadeira de impacto 3/8"	9,1	258	6,3	90
Graxeira 1 bico	6,0	170	5,6/7,0	80/100
Graxeira 2 bicos	12,0	340	5,6/7,0	80/100
Guincho	3,0	85	6,3/12,3	90/175
Micromotor odontológico	2,1	60	2,4	35
Parafusadeira de impacto 5/8"	15,0	425	6,3	90
Parafusadeira de impacto 3/4"	17,0	481	6,3	90
Pistola pintura baixa pressão	2,0	57	2,8/4,9	40/70
Pistola pintura média pressão	4,0	114	3,5/5,6	50/80
Pistola pintura alta pressão	8,0	226	4,9/7,0	70/100
Pistola pintura com tanque de pressão	9,5	269	4,9/7,0	70/100
Pistola tipo AD	2,0	57	2,8	40
Pistola pulverização	3,0	85	6,3/8,3	90/120
Politriz 7" 2000 giros	13,3	376	6,3	90
Raspadeira para carne	16,5	466	6,3	90
Rebarbador reto 1600 impactos	6,7	190	6,3	90
Rebarbador reto 5000 impactos	6,7	190	6,3	90
Rebarbador tipo pistola 800 impactos	9,0	255	6,3	90
Socador - 1600 impactos	9,0	255	6,3	90
Socador - 800 impactos	25,0	708	6,3	90
Sugador odontológico	1,5	43	4,9/7,0	70/100
Teste de freios	3,5	99	4,9/7,0	70/100
Teste de radiadores	2,0	57	4,9/7,0	70/100
Tupia (madeira) 12000 giros	21,0	595	6,3	90
Tupia (madeira) 17000 giros	16,5	466	6,3	90
Vibrador p/ concreto/fundição 2600 giros	17,5	496	6,3	90
Vibrador p/ concreto/fundição 6000 giros	10,5	297	6,3	90

Nota:

Os dados de consumo da tabela ao lado são apenas orientativos, variando de acordo com o fabricante de cada equipamento, não devendo ser tomado como específicos. Levar em consideração sempre o fator de intermitência de cada equipamento, isto é, o fator de utilização durante o período.

Exemplo: Uma lixadeira orbital não é acionada constantemente, ficando "desativada" certo período de tempo e acionada outro.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Volume de ar em relação ao comprimento do tubo

Diâmetro (mm)		Área (mm ²)	Volume de ar (l)			
Externo	Interno		1 metro de tubo	5 metros de tubo	10 metros de tubo	100 metros de tubo
4,00	2,70	5,70	0,006	0,029	0,057	0,570
5,00	3,15	7,80	0,008	0,039	0,078	0,780
6,00	4,00	12,60	0,013	0,063	0,126	1,260
8,00	6,00	28,30	0,028	0,142	0,283	2,830
12,00	9,00	63,60	0,064	0,318	0,636	6,360
16,00	12,00	113,00	0,113	0,565	1,130	11,300
22,00	16,00	201,00	0,201	1,005	2,010	20,100

Vazão de ar em relação ao comprimento do tubo

Diâmetro (mm)		Área (mm ²)	Vazão (l/min) - Pressão de 6 bar e queda de pressão de 0,2 bar			
Externo	Interno		1 metro de tubo	5 metros de tubo	10 metros de tubo	100 metros de tubo
4,00	2,70	5,70	54,00	23,40	16,20	5,40
5,00	3,15	7,80	80,40	36,60	25,20	7,80
6,00	4,00	12,60	147,60	69,00	48,00	13,80
8,00	6,00	28,30	406,80	200,40	142,20	42,60
12,00	9,00	63,60	1080,00	576,00	414,00	128,40
16,00	12,00	113,00	2106,00	1200,00	870,00	270,00
22,00	16,00	201,00	4068,00	2484,00	1842,00	582,00

Consumo de ar de cilindros

É importante conhecer o consumo de ar da instalação para poder produzi-lo e para saber quais as despesas de energia. Em uma determinada pressão de trabalho, num determinado diâmetro de cilindro e num determinado curso, calcula-se o consumo de ar como se segue:

$$\text{Relação de compressão} = \frac{1.013 + \text{pressão de trabalho em bar}}{1.013 \text{ (baseado ao nível do mar)}}$$

Fórmulas para calcular o consumo de ar

• Cilindros de ação simples

$$Q = s \cdot n \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \text{relação de compressão (l/min)}$$

• Cilindros de dupla ação

$$Q = \left[s \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} + s \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right] \cdot n \cdot \text{relação de compressão (l/min)}$$

Q = volume de ar (l/min)

s = curso (cm)

n = número de cursos por minuto

D = diâmetro do êmbolo

d = diâmetro da haste

Exemplo: Qual o consumo de ar de um cilindro de dupla ação com diâmetro de 50 mm (diâmetro de haste de êmbolo 12 mm) e 100 mm de curso? O cilindro faz 10 cursos por minuto. A pressão de trabalho é de 6 bar.

Relação de compressão:

$$\frac{1.013 + \text{pressão de trabalho}}{1.013} = \frac{1.013 \text{ bar} + 6 \text{ bar}}{1.013 \text{ bar}} = \frac{7.013 \text{ bar}}{1.013 \text{ bar}} = 6,9$$

Consumo de ar:

$$Q = \left[s \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} + s \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right] \cdot n \cdot \text{relação de compressão}$$

$$Q = \left[10 \text{ cm} \cdot \frac{25 \text{ cm}^2 \cdot \pi}{4} + 10 \text{ cm} \cdot \frac{(25 \text{ cm}^2 - 1,44 \text{ cm}^2) \cdot 3,14}{4} \right] \cdot 10 \text{ min}^{-1} \cdot 6,9$$

$$Q = [196,25 \text{ cm}^3 + 184,94 \text{ cm}^3] \cdot 10 \text{ min}^{-1} \cdot 6,9$$

$$Q = 381,2 \text{ cm}^3 \cdot 69 \text{ min}^{-1}$$

$$Q = 26.302,8 \text{ cm}^3/\text{min} = 26,3 \text{ l/min}$$

$$Q = 26,3 \text{ l/min}$$

7. Economia de Energia, Vazamentos e Queda de Pressão

Ar comprimido e economia

O ar comprimido, além de construir uma fonte de energia fundamental em determinadas indústrias químicas, siderúrgicas, de mineração e fundição, por exemplo, também pode significar economia. Mas, para tanto, deve ser operado de forma correta e integrar um projeto adequado, que passe por manutenções regulares e eficientes.

O ponto de captação do ar comprimido, por exemplo, deve se situar em local de baixa incidência de calor. Um aumento de 5°C na temperatura do ar aspirado acarreta aumento do consumo de energia na ordem de 1%. Ao projetar uma nova instalação, reformar ou ampliar, deve-se adotar tubulações com diâmetro 10% maior do que o calculado.

Essa medida traz uma redução de 32% na perda da carga. Também é possível prever, ainda no projeto, um sistema de recuperação do calor gerado pelo aquecimento dos compressores, permitindo o aproveitamento de até 90% do calor.

Os compressores mais indicados, aliás, contêm múltiplos estágios de compressão. Iniciativas como essas demandam pouco investimentos e garantem um bom aproveitamento do sistema, com redução no consumo de energia ao longo de sua vida útil. Outra dica é evitar o uso desnecessário do ar comprimido para limpar máquinas ou locais de trabalho, e estar sempre atento a vazamentos, grandes vilões do desperdício.

O custo de operação de uma instalação depende de vários fatores, como o consumo de energia elétrica e de água no resfriamento, a manutenção da segurança na operação e a necessidade de sistemas de supervisão. Assim, deve-se prever inspeções completas, três ou quatro vezes ao ano, em toda a linha de distribuição e em equipamentos que utilizam o ar comprimido.

A economia proporcionada pelo tratamento de ar comprimido

Podemos concluir que um sistema de tratamento de ar comprimido corretamente especificado, instalado, operado e mantido resultará numa economia bastante significativa ao usuário, justificando plenamente seu investimento.

O ar comprimido e custos

O ar comprimido é uma importante forma de energia, sendo insubstituível em inúmeras aplicações. Nas indústrias em geral, um metro cúbico de ar comprimido custa em torno de meio centavo de dólar m³ (1,0 m³ ar ~ US\$ 0,005) apenas em energia, sem falar nos demais custos envolvidos (aquisição do sistema, instalação, operação e manutenção).

Em função das perdas decorrentes da transformação de energia, o ar comprimido (energia pneumática) pode custar de sete a dez vezes mais do que a energia elétrica para uma ampliação similar, embora isso seja normalmente compensado pelas vantagens apresentadas pelo ar comprimido.

Portanto, o consumo racional da energia pneumática deve ser uma preocupação constante entre os usuários. A tabela a seguir relaciona e quantifica as perdas de energia usualmente verificadas num sistema de ar comprimido.

Perda de carga (queda de pressão)

Além da redução da pressão do ar comprimido provocada por uma rede de distribuição inadequada (diâmetro da tubulação inferior ao necessário, lay-out incorreto da tubulação, curvas e conexões em excesso, etc.), um sistema de ar comprimido também pode estar operando numa pressão muito superior à exigida pela aplicação.

m ³ /h	340		800		1700	
ΔP bar (psi)	0,07 (1)	0,14 (2)	0,07 (1)	0,14 (2)	0,07 (1)	0,14 (2)
US\$/ano	140,00	280,00	330,00	660,00	700,00	1.400,00

Considerando P = 7 barg / uso = 16h/dia - 300 dias/ano

Temperatura de admissão do ar

A elevação da temperatura ambiente diminui a densidade do ar, provocando uma redução da massa aspirada pelo compressor. Em consequência, a eficiência do compressor fica comprometida.

Sempre que possível, recomenda-se canalizar a tomada de ar do compressor para permitir a sucção de ar ambiente fresco oriundo da parte externa das instalações. **Admite-se que uma redução de 3°C na temperatura de admissão do ar ambiente pelo compressor gera uma economia de energia de 1%.**

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Vazamento de ar comprimido

Todos os sistemas de ar comprimido têm vazamentos e são comuns perdas de até 40% de todo o ar comprimido produzido.

Portanto, identificar, eliminar e reduzir os vazamentos de ar comprimido é uma das maneiras mais simples e eficientes de economizar a energia necessária para a compressão.

Válvulas, tubos, mangueiras e conexões mal vedados, corroídos, furados e sem manutenção são responsáveis por vazamentos de enormes proporções num sistema pneumático. Um método simples para estabelecer a grandeza dessas perdas é interromper o consumo de todo o ar comprimido do sistema, mantendo os compressores em operação.

Com isso, a pressão na rede chegará ao seu limite máximo. Dependendo do tipo de controle de cada compressor, eles deveriam desligar-se ou entrar em alívio, pois não haveria consumo de ar. Se existirem vazamentos, a pressão na rede cairá e os compressores (total ou parcialmente) voltarão a comprimir. Medindo-se os tempos cargas/alívio dos mesmos e sabendo-se sua vazão efetiva, pode-se deduzir a magnitude total dos vazamentos.

Problema invisível

Devido algumas de suas características físicas tais como: inodoro, insípido e incolor fica difícil localizar vazamentos. Raras são as empresas preocupadas em minimizar ou eliminar os vazamentos e conscientizar os usuários, sobre as formas mais corretas para sua utilização sem causar prejuízos.

As grandes quantidades de ar comprimido perdidas devido a pequenos furos, conexões defeituosas, má vedação, folgas, desgastes de equipamentos, etc. quando somadas atingem valores elevados.

Infelizmente toma-se impossível eliminar por completo a perda de ar vazamentos e por uso inadequado, porém estes devem ser minimizados ao máximo com a instalação e manutenção correta da rede e dos equipamentos. Algumas providências podem ser tomadas para reduzir o desperdício.

- Todos os pontos onde tem-se bico ar instalados para a limpeza de peças devem ter um regulador de pressão, que deverá estar regulado e de preferência lacrado com 3 kgf/cm² (40 psi).
- Evitar que os funcionários, efetuem limpeza das roupas, bancadas, pisos, etc.

- Instruí-los quanto ao desperdício e dos perigos e danos que esta utilização inadequada do ar comprimido pode causar ao organismo.
- A manutenção, com modo simples porém eficaz, devesse com o auxílio de uma esponja com espuma ou somente água ir colocando nas uniões onde existe dúvida sobre vazamento e verificar se realmente o vazamento existe devido a aparição de bolhas.
- Todas as conexões devem ser padronizadas quanto a rosca que deverá ser BSP ou NPT, nunca efetuar montagens misturando os tipos de rosca, pois não teremos uma montagem adequada. As conexões BSP possuem um anel de vedação de uso, já as conexões NPT deve-se usar algum tipo de veda rosca em fita ou pasta. Alguns fabricantes já estão fornecendo as conexões NPT com uma camada de veda rosca para se realizar algumas montagens e desmontagens. Deve-se ficar atento nesta camada quando já tivermos utilizado esta conexão aproximadamente umas cinco vezes. Conexões de engate rápido, deve-se tomar cuidado na montagem do tubo ou mangueira. O tubo ou mangueira deve ser cortado sem deixar rebarbas ou arestas e o corte devesse ser perpendicular a sua linha de centro.
- O tubo ou mangueira também devesse ser padronizado em milímetro ou polegada em conformidade com a conexão utilizada. Tubos ou mangueira que já foram conectados e desconectados várias vezes apresentam deformação e marcas em sua extremidade, estas devem ser cortadas deixando uma nova extremidade para montagem. Importante, para a desconexão do tubo ou mangueira devesse despressurizar o sistema ou bloquear a passagem de ar no trecho que esta sendo realizado reparo, principalmente com conexões de engate rápido.
- O engate e desengate freqüente em engates rápidos também é ponto de observação e verificação de vazamentos.
- O uso de mangueiras de borracha deve ser realizado com conexões compatíveis. Em muitos casos encontra-se diâmetro interno da mangueira maior que o diâmetro do espigão utilizado. Usar abraçadeiras correspondentes ao diâmetro da mangueira. Mangueiras que apresentam suas extremidades rachadas devido a dobras também devem ser cortadas e verificada a possibilidade de uma nova maneira de montar que evite a aparição do defeito.
- Usar registros adequados para trabalhar com ar comprimido, na pressão e temperatura compatíveis com a do ponto de uso.
- Equipamentos pneumáticos, tais como, ferramentas pneumáticas (rosqueadeiras, furadeiras, martelotes, lixadeiras, etc.), atuadores pneumáticos (cilindros, atuadores rotativos), válvulas, conjuntos de preparação de ar requerem cuidados especiais. Cabe-nos ressaltar e utilizar os equipamentos pneumáticos de acordo com suas instruções de instalação, uso e manutenção normalmente fornecida pelo fabricante. Com atitudes para minimizar o desperdício e conscientização dos usuários desta fonte de energia, colhe-se resultados positivos quanto ao desperdício e otimização de sua ampliação. Em muitos casos conclui-se que não há necessidade de ampliação no sistema de compressão.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Vazamento e perda de potência em furos

As quantidades de ar perdidas através de pequenos furos, acoplamentos com folgas, vedações defeituosas, etc., quando somadas, alcançam elevados valores. A importância econômica desta contínua perda de ar torna-se mais evidente quando comparada com o consumo de um equipamento e a potência necessária para realizar a compressão.

Diâmetro do furo			Escape do ar em		Potência necessária para compressão	
			588,36 kPa	85 psi		
Tamanho real	mm	pol	m ³ /s	c.f.m	Cv	kW
•	1	3/64	0,001	2	0,4	0,3
●	3	1/8	0,01	21	4,2	3,1
●	5	3/16	0,027	57	11,2	8,3
●	10	3/8	0,105	220	44	33

Desta forma, um vazamento na rede representa um consumo consideravelmente maior de energia, que pode ser verificado através da tabela.

É impossível eliminar por completo todos os vazamentos, porém estes devem ser reduzidos ao máximo com uma manutenção preventiva do sistema, de 3 a 5 vezes por ano, sendo verificados, por exemplo: substituição de juntas de vedação defeituosa, engates, mangueiras, tubos, válvulas, aperto das conexões, restauração das vedações nas uniões roscadas, eliminação dos ramais de distribuição fora de uso e outras que podem aparecer, dependendo da rede construída.

Fluxo livre de ar comprimido através de orifícios em pés³/min

Ø (mm)	psi											
	30	44	58	72	87	100	116	145	174	217	290	434
0,1	0,009	0,012	0,015	0,019	0,022	0,027	0,028	0,035	0,041	0,050	0,066	0,098
0,2	0,038	0,051	0,064	0,076	0,089	0,099	0,114	0,140	0,165	0,203	0,266	0,392
0,3	0,086	0,115	0,143	0,172	0,200	0,229	0,258	0,315	0,371	0,459	0,601	0,887
0,5	0,240	0,320	0,399	0,477	0,558	0,636	0,717	0,876	1,03	1,06	1,66	2,46
1,0	0,961	1,28	1,59	1,91	2,23	2,54	2,86	3,50	4,13	5,09	6,64	9,86
1,5	2,16	2,88	3,60	4,31	5,23	5,72	6,47	7,88	9,29	11,42	15,02	22,17
2,0	3,85	5,12	6,40	7,67	8,91	10,18	11,45	14,00	16,54	20,33	26,69	39,24
3,0	8,66	11,52	14,35	17,22	20,08	22,94	25,81	31,50	37,12	45,96	60,11	88,75
4,0	15,41	20,47	25,56	30,58	35,71	40,66	45,96	56,04	66,12	74,25	106,78	157,35
5,0	24,08	32,00	39,95	47,73	55,89	63,64	71,78	87,69	104,31	127,31	166,89	246,10
6,0	33,38	46,10	57,63	68,95	80,26	91,93	103,25	126,23	149,21	183,16	240,44	353,6
8,0	61,88	82,03	102,19	122,34	142,85	163,36	183,51	224,18	265,20	325,31	427,85	629,40
10,0	96,17	128,0	159,82	191,29	223,12	254,94	286,76	350,06	413,71	509,18	664,76	986,54
12,0	138,61	184,57	229,84	275,10	321,42	367,74	413,00	505,64	597,58	731,951	961,79	1417,9
15,0	216,75	288,18	360,67	431,39	502,11	572,83	645,32	788,52	929,96	1142,1	1502,8	2217,0
20,0	385,42	512,72	665,12	767,31	891,07	1018,3	1145,6	1400,2	1654,8	2033,2	2699,6	3924,9
25,0	601,12	799,13	997,15	1195,1	1396,7	1591,2	1792,7	2188,7	2584,8	3182,4	4172,4	-
30,0	866,32	1152,7	1435,6	1722,0	2008,4	2294,8	2581,2	3150,5	3712,8	4596,8	-	-
35,0	1251,7	1569,9	1955,4	2344,3	2733,3	3139,9	3511,2	4278,5	5091,8	-	-	-
40,0	1470,9	2047,3	2556,5	3058,6	3571,3	4066,4	4596,8	5622,2	-	-	-	-
45,0	1951,8	2591,9	3228,3	3889,6	4526,0	5162,5	-	-	-	-	-	-
50,0	2408,0	3200,0	3995,6	4773,6	-	-	-	-	-	-	-	-
55,0	2913,0	3871,9	4808,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60,0	3468,8	46109,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Custo do vazamento

Dados:

- Para um compressor gerar 1 l/s a pressão de 6 bar consome da rede elétrica 0,314 kwh.
- Preço kwh = R\$0,39 (residencial)

Portanto:

Um furo de 1 mm em uma rede com pressão de 6 bar trabalhando 24 horas/dia.

- Um furo 1 mm vazava 1 l/s
- 1 l/s necessita de 0,314 kwh de potência

Em um ano de trabalho teremos:

$$0,314 \times 0,39 \times 24 \times 365 = \text{R\$ } 1.072,75$$

E um furo de 3 mm?

- Um furo de 3 mm = 10 l/s
- 10 l/s x 0,314 kwh = 3,14 kwh

Em um ano de trabalho teremos:

$$3,14 \times 0,39 \times 24 \times 365 = \text{R\$ } 10.727,50$$

O cálculo correto das redes de distribuição principal e secundárias, a manutenção (substituição) periódica de elementos filtrantes saturados, a regulação precisa de pressão de cada ponto de consumo, a escolha de componentes e acessórios com menor restrição ao fluxo de ar, bem como a seleção correta do compressor em função das necessidades de pressão do sistema, poderão contribuir de forma fundamental para redução do consumo de energia associado a perda de carga.

Porque tratar o ar comprimido

Prejuízos causados pela contaminação

Determinar a ordem de grandeza dos prejuízos causados pela contaminação do ar comprimido não é simples, embora o impacto desses danos seja facilmente percebido pelos usuários.

Esses prejuízos dependem de diversos fatores, mas a aplicação do ar comprimido é determinante nesta análise.

Há certos tipos de indústrias e serviços que se quer iniciam suas atividades sem um sistema de tratamento de ar comprimido.

Genericamente, pode-se classificar esses prejuízos em quatro categorias:

1 - Energético

É o desperdício de energia causado pela ineficiência de um sistema contaminado. Isso se traduz em purgadores que poderiam ser eliminados; propriedades termodinâmicas inferiores do ar comprimido que contém líquidos e sólidos; etc.

- Um único purgador temporizado incorretamente regulado ou purgadores do tipo termodinâmico podem, por exemplo, consumir até 3500 kwh (~ 4800 hp) de energia por ano.
- A presença de contaminação sólida e líquida (incompressíveis) no fluxo de ar reduz a capacidade do ar comprimido realizar trabalho em até 15%, chegando a 30% em casos extremos.

2 - Manutenção

Neste tópico, são contabilizados os custos com a reparação e a substituição de válvulas, cilindros, ferramentas pneumáticas, etc. Quanto mais automatizada for uma linha de produção, maiores serão esses custos.

3 - Paradas de produção

Calcula-se esse prejuízo levando-se em conta itens como o volume de produção desperdiçado até que a falha causada pela contaminação do ar seja eliminada; as horas de mão de obra produtiva ociosa; etc. Esse custo também é proporcional ao nível de automação do usuário e/ou à importância do ar comprimido no seu processo.

4 - Qualidade/Garantia

Nesta categoria, estão inseridos os custos de retrabalho ou perda total de peças e serviços rejeitados pelo controle de qualidade.

5 - Conclusão

Um sistema completo de tratamento de ar comprimido pode envolver a instalação de diversos equipamentos, cada um com características específicas. Ao selecionar estes equipamentos, todos os aspectos acima discutidos devem ser analisados com cuidado, principalmente aqueles que envolvem perdas de energia (pressão, vazão, calor, etc.)

Redução de custos operacionais utilizando "dupla pressão"

Neste capítulo estaremos descrevendo implementações que poderão ser efetuadas na célula de manufatura com o intuito de reduzir os custos operacionais.

Procedimentos para otimização e racionalização do ar comprimido.

Quando falamos a respeito de sistemas e/ou equipamentos para Automação, que utilizam o ar comprimido como fonte principal de energia, estamos diretamente ligados ao consumo de energia elétrica. A intenção desta implementação está relacionada diretamente à redução do consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, relacionado à redução dos custos operacionais, e ao aumento da vida útil dos componentes pneumáticos.

Aplicação da "dupla pressão", proporcionar aos circuitos pneumáticos, pressões diferenciadas, na qual o compressor não irá precisar trabalhar mais para suprir uma pressão maior, permanecendo, conforme o consumo dos equipamentos pneumáticos instalados, um bom tempo desligado, ou mesmo operando em "vazio", desta forma teremos uma redução da energia elétrica. Devido a baixa pressão, teremos uma diminuição nos atritos internos e redução nos desgastes de seus componentes, aumentando desta forma a vida útil dos equipamentos pneumáticos.

Para a aplicação da "dupla pressão", é necessário utilizar válvulas reguladoras de pressão, que são componentes indispensáveis na distribuição geral de uma rede de ar comprimido. A sua função principal é reduzir a pressão primária, manter a pressão secundária constante, proporcionando condições adequadas para o controle de equipamentos pneumáticos.

Para uma melhor eficiência de uma rede de ar, será necessário que as pressões nos pontos de consumo sejam inferiores a 20% da pressão gerada pelos compressores, ou seja, não devemos levar em consideração a pressão disponível na rede, mas sim a pressão disponível no ponto de consumo, como medida da redução de custos e segurança operacional.

Custo da geração do ar comprimido

Pouco são os usuários que conhecem o quanto custa o ar comprimido, a maioria considera como uma fonte de energia barata, o que é um grande engano. O custo do ar comprimido é de aproximadamente US\$ 0.30 para 1000 SCFM (pés cúbicos por minuto)

ou 28 m²/min de ar comprimido consumido, desta forma implementando o princípio da "dupla pressão" teremos uma satisfatória economia.

Cálculos

Exemplo:

Temos um determinado atuador pneumático que tem por função avançar uma ferramenta para executar uma operação de prensagem (pressão projetada para executar a função de prensagem é de 65 psig ou 4,5 bar), em outras palavras, necessitamos de uma determinada força de avanço para execução da tarefa, em relação ao seu retorno, não será necessário aplicarmos tal força (o retorno da ferramenta será sem carga, força = ZERO), pois o retorno será apenas para retornar a ferramenta para a posição inicial.

Então podemos introduzir uma válvula reguladora de pressão e regular a pressão de retorno para uma pressão inferior, por exemplo, igual a 25 psig (1,7 bar).

Informações do projeto

Pressão de alimentação da rede de ar comprimido: 100 psig (6,8 bar)
Cilindro (D): Ø 5" (127 mm)
Haste (Gh): Ø 2" (51 mm)
Curso (S): 18" (457 mm)
Tempo de avanço (Ta): 2 segundos
Tempo de retorno (Tr): 1 segundo
Horas de trabalho (Ht): 7 horas/dia
Dias (d): 6 dias/semana
Semanas (s): 50 semanas/ano
Custo do ar comprimido: US\$ 0.30/1000 SCFM consumido
Ciclo de trabalho: Ta + Tr = 3 segundos ∴ 20 ciclos/minuto

Operacional

7 (horas/dia) x 6 (dias/semana) x 50 (semanas/ano) x 60 (minuto) = 126.000 minutos/ano

Cálculo do volume do ar consumido (avanço)

$Q = (\pi \times (D^2/4)) \times S$ (curso)
 $Q = (\pi \times (5^2/4)) \times 18$
 $Q = 353,43 \text{ pol}^3/\text{min} \therefore 0,204 \text{ pés cúbicos por minuto}$

Cálculo do volume do ar consumido (retorno)

$Q = (\pi \times (Dh^2 - D^2/4)) \times S$ (curso)
 $Q = \pi \times ((5^2 - 2^2)/4) \times 18$
 $Q = 297 \text{ pol}^3/\text{min} \therefore 0,171 \text{ pés cúbicos por minuto}$

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

Calculo da relação de compressão (avanço)

$$R_{\text{comp}} = \frac{1,013 + \text{pres. de trabalho}}{1,013} \Rightarrow R_{\text{comp}} = \frac{1,013 \text{ bar} + 4,5 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}} = 5,44 \text{ bar}$$

Calculo da relação de compressão (retorno)

$$R_{\text{comp}} = \frac{1,013 + \text{pres. de trabalho}}{1,013} \Rightarrow R_{\text{comp}} = \frac{1,013 \text{ bar} + 1,7 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}} = 2,68 \text{ bar}$$

Agora o próximo passo é calcularmos os custos deste equipamento operando sem e com a utilização da "dupla pressão".

Custo no avanço (pressão 65 psig)

A quantidade de ar consumida é:

Volume consumido por minuto x Fator de compressão x Ciclo do cilindro x Operacional

$$0,204 \text{ (pcm)} \times 5,44 R_{\text{comp}} \times 20 \text{ (ciclos)} \times 126.000 \text{ (minutos por ano)}$$

$$C_a = 2.796.595,20 \text{ pcm} \times \text{US\$ } 0,30 \text{ (preço do ar comprimido)}$$

$$\text{US\$ } 838,978,56 / 1000 \text{ pcm} = \text{US\$ } 838,98$$

$$C_a = \text{US\$ } 838,98$$

Custo no retorno (pressão 65 psig)

A quantidade de ar consumido é:

Volume consumido por minuto x Fator de compressão x Ciclo do cilindro x Operacional

$$0,171 \text{ (pcm)} \times 5,44 R_{\text{comp}} \times 20 \text{ (ciclos)} \times 126.000 \text{ (minutos por ano)}$$

$$C_r = 2.344.204,80 \text{ pcm} \times \text{US\$ } 0,30 \text{ (preço do ar comprimido)}$$

$$\text{US\$ } 703,261,44 / 1000 \text{ pcm} = \text{US\$ } 703,26$$

$$C_r = \text{US\$ } 703,26$$

$$\text{Total por ano: US\$ } 838,98 + \text{US\$ } 703,26 = \text{US\$ } 1,542,24$$

Utilizando a "dupla pressão"

O custo de avanço permanece o mesmo, pois necessitamos da pressão de 65 psig (pressão projetada para executar a função de prensagem).

$$C_a = \text{US\$ } 838,98$$

A diferença ocorre no retorno, pois o cilindro volta com a pressão de 25 psig.

Efetuada o cálculo dos custos temos:

$$0,171 \text{ (pcm)} \times 2,68 R_{\text{comp}} \times 20 \text{ (ciclos)} \times 126.000 \text{ (minutos por ano)}$$

$$C_r = 1.154.865,60 \text{ pcm} \times \text{US\$ } 0,30 \text{ (preço do ar comprimido)}$$

$$\text{US\$ } 346,459,68 / 1000 \text{ pcm} = \text{US\$ } 346,46$$

$$C_r = \text{US\$ } 346,46$$

$$\text{Total por ano: US\$ } 838,98 + \text{US\$ } 346,46 = \text{US\$ } 1,185,44$$

A economia por ano será de: $\text{US\$ } 1,542,24 - \text{US\$ } 1,185,44 = \text{US\$ } 356,80$

Procedimento de otimização e racionalização do ar comprimido

• Compressor de ar

Fazer a captação do ar ambiente de um local onde a temperatura seja a mais baixa possível, para facilitar o resfriamento do ar comprimido antes que passe à tubulação de distribuição. Realizar a manutenção rigorosa do compressor de acordo com o manual do fabricante.

• Reservatório de ar

Instalar o reservatório de preferência fora da casa dos compressores, na sombra, para facilitar a condensação da umidade e do óleo contidos no ar comprimido. Todos os drenos, conexões e aberturas de inspeção sejam facilmente acessíveis, em nenhuma condição o reservatório deve ser enterrado ou instalado em local de difícil acesso;

• Linha de ar comprimido

Procurar adequar o diâmetro da tubulação com a vazão de ar comprimido. Fazer a manutenção na rede eliminando vazamentos e desobstruindo passagens. Estudar e otimizar a instalação procurando eliminar componentes desnecessários (excesso de curvas e cotovelos, válvulas sem função).

• Equipamentos de tratamento

Instalar filtros, reguladores e lubrificadores e fazer a manutenção, nunca subdimensioná-los.

• Atuadores pneumáticos

É difícil estabelecer um período igual para manutenção preventiva dos equipamentos pneumáticos. Não há dúvidas que a manutenção deve ser periódica, mas os intervalos devem ser indicados conforme as condições de trabalho do equipamento, além das condições ambientais, tais como a existência de poeira, calor, agentes corrosivos e outros. Pode-se definir que, de um modo geral, deve ser feita em intervalos que variam entre 3 e 12 meses. A variável do período é estabelecida ainda durante a própria manutenção, pois se os equipamentos se apresentarem bons, sem nenhum reparo a fazer, logicamente o intervalo poderá ser aumentado, e se, pelo contrário, os equipamentos apresentarem muitos defeitos antes da manutenção, o intervalo deve ser diminuído.

Importante: A manutenção deverá ser realizada por pessoas que tenham bons conhecimentos sobre pneumática.

8. Manutenção

Manutenção preditiva

No momento da instalação do equipamento, é previsto os prazos ideais para a realização de manutenção, baseados na vida útil e utilização de cada máquina.

Manutenção corretiva

De caráter emergencial, caso haja pane nos equipamentos.

Plano de manutenção preventiva numa instalação pneumática

- **Diário**
Esvaziar a condensação no depósito de filtro, se não houver dispositivo de dreno automático;
Controle de nível do lubrificante (se a instalação o requerer).
- **Semanal**
Revisar a sujeira e desajustes nos finais de curso;
Calibrar os manômetros nos reguladores de pressão;
Calibrar o funcionamento correto dos lubrificadores (se existirem).
- **Trimestral**
Verificar se não existem perdas nas conexões. Reapertá-las se for preciso. Trocar as mangueiras rígidas por mangueiras de poliuretano;
Verificar se não existem perdas nas válvulas de escape;
Limpar os cartuchos de silenciadores e filtros;
Verificar o funcionamento dos dispositivos de dreno automático.
- **Semestral**
Fazer funcionar a mão, sem ar, os cilindros, para comprovar possíveis desalinhamentos nas guias;
Verificar se não existem perdas através das juntas das conexões.

Dicas de manutenção em equipamentos pneumáticos

Antes de começarmos qualquer reparo em equipamento pneumático devemos analisar suas reais condições, efetuar pré-testes, se possível, para análise do problema indicado e verificação de outros.

Devemos ter sempre disponível local limpo, ferramentas apropriadas, lubrificantes adequados, kits de reparo corretos e peças de reposição em reais condições de uso.

Usar se necessário panos limpos e nunca estopa ou similar, pois soltam fiapos que podem vir a comprometer o funcionamento do equipamento.

Conjunto de preparação de ar

Este conjunto pode ser composto por:

- a - Filtro de ar, regulador de pressão, lubrificador e manômetro.
- b - Filtro regulador, lubrificador e manômetro.

Filtro de ar

Ao ser desmontado, devemos verificar as condições atuais do copo de policarbonato, do dreno manual ou automático, do elemento filtrante, de peças como defletores superior e inferior, dos anéis de vedação e condições gerais do corpo principal.

Todos os componentes devem ser lavados com água morna e sabão neutro.

a - Copo de policarbonato

Verificar a existência de pequenas trincas verticais em toda a superfície e próximo do dreno, de trincas horizontais na proximidade da boca. Observar se o copo não está opaco permitindo pouca visibilidade do seu interior.

Notadas trincas não se deve tentar reparar estas com nenhum tipo de cola, pois o policarbonato não é recuperável.

Quanto a transparência do copo este pode ter sido atacado por algum tipo de solvente ou produto químico, os quais podem ter enfraquecido a estrutura do copo. Nestes casos substituir o copo por um novo.

Observação

O solvente ou produto químico parta atacar o copo de policarbonato não necessita ter contato direto com o copo. Em alguns casos vapores de alguns produtos são suficientes para comprometer a estrutura do copo de policarbonato.

b - Dreno manual ou automático

Verificar se o orifício de drenagem não está entupido e se o anel "O" ring responsável pela vedação encontra-se em condições de uso.

Quanto aos drenos automáticos não são todos que podem ser desmontados para limpeza e troca de peças. Consultar o fabricante.

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

c - Elemento filtrante

Existem vários tipos de elemento filtrante utilizados pelos fabricantes sendo os mais comuns: bronze sinterizado e tela de nylon. Verificar como encontra-se a sua superfície. Em muitos casos com muita sujeira. Em muitos casos com muita sujeira proveniente do ar, ao local onde o compressor faz a captação, da própria tubulação e ambas impregnadas com óleo de compressor.

Deve-se lavar com água morna e sabão neutro e uma escova macia removendo-se toda sujeira depositada em sua superfície. Logo após passar várias vezes por sua superfície, de dentro para fora, jatos de ar para removermos o produto utilizado na limpeza e secarmos o elemento.

Se observarmos que este tipo de limpeza não surtiu o resultado esperado, pois nota-se que a vazão de ar continua comprometida, devemos substituir o elemento filtrante por um novo.

d - Defletores superior e inferior

Normalmente confeccionado em plástico de engenharia, devemos verificar se não existem rachaduras e se suas roscas não estão danificadas.

Lavar com água e sabão neutro e seca-los com jato de ar. Caso encontre-se rachaduras e roscas gastas que possam comprometer o funcionamento do filtro, substitui-los por novos.

e - Anéis de vedação

Verificar toda a sua superfície observando a possível existência de pequenos cortes. Verificar também se não encontra-se ressecado, inchado (com suas dimensões alteradas) ou se esta ovalado. Se encontrarmos alguma das ocorrências acima deve-se substitui-los por novos.

Observação

Caso uma ou mais ocorrências citadas acima for observada procurar saber o motivo e solucionar o problema causador dos defeitos.

f - Corpo principal

Existem corpos de materiais diferentes tais como alumínio, zamac e plástico de engenharia. Verificar estado geral do corpo observando possíveis danos nas roscas de fixação de elementos internos, obstrução dos orifícios internos e danos nas conexões. Nos corpos em plástico de engenharia observar a existência de pequenas trincas ou folgas excessivas nas conexões

insertadas, normalmente provocadas por excesso de aperto de montagem. Lavar com água morna e sabão neutro. Passar jato de ar para secagem e remoção do excesso de produto utilizado na limpeza.

Após verificar a existência de rebarbas e ou cantos vivos que possam estar danificado os anéis de vedação. Caso encontre procure remove-los com auxílio de ferramenta apropriada.

Regulador de pressão

Ao ser desmontado devemos verificar as condições atuais do conjunto haste-disco, diafragma ou guarnição "U" cup nos de êmbolo, anéis de vedação, molas e conjunto de regulagem, formado por acento de mola e parafuso, tampas, manopla de regulagem e corpo principal.

a - Conjunto haste-disco

Verificar estado da borracha de vedação do disco, que é a responsável por não deixar passar o ar quando o regulador esta fechado, estado da haste e do local de encaixe entre disco e haste. Verificar também os anéis de vedação que são montados no conjunto haste-disco.

Qualquer irregularidade como, marcas profundas na vedação do disco, anéis ovalizados ou com pequenos cortes devem ser substituídos. Em alguns casos a ponta da haste que entra em contato com o acento do diafragma pode estar desgastada o que irá comprometer o funcionamento quando for trocada a vedação correspondente, neste caso substituir a haste.

Lavar estes componentes com água morna e sabão neutro e seca-los com jatos de ar.

b - Diafragma ou guarnição "U" cup

Verificar estado geral do diafragma, observar se a borracha não está soltando-se da trama (bolha), se não existem pequenos cortes ou furos e se no local onde é montado o encosto da mola e acento da haste não existe oxidação que possa vir danificar o diafragma. Verificar também o estado do anel de vedação que vai no centro do acento da haste.

No regulador de embolo verifica o estado da guarnição "U" cup observando se os lábios não apresentam desgaste excessivo, pequenos cortes ou mesmo endurecimento. Nos casos citados acima substituir os componentes.

c - molas e conjuntos de regulagem

Verificar se as molas não encontram-se mais curtas, comparando-as com molas novas originais, e ou oxidadas. Em virtude do desgaste natural perde sua elasticidade e oxida-se na maioria dos casos pelo excesso de umidade encontrada no ar.

Em alguns casos estas molas podem ser de aço inox e devemos encontrar somente a perda da elasticidade. Quanto ao conjunto de regulagem podemos encontrar desgaste acentuado nas roscas tanto do acento de mola como do parafuso de regulagem, pois em muitos casos o regulador de pressão é usado indevidamente como registro, provocando com isso desgaste prematuro neste conjunto que deverá ser substituído.

Não encontrando nenhum destas ocorrências deve-se lavar os componentes com água morna e sabão neutro neutro e secar com jatos de ar.

O conjunto de acento de mola e parafuso de regulagem deve receber uma pequena camada de graxa para deixar seu funcionamento mais suave.

d - Tampas e manoplas

Como na maioria dos equipamentos estas peças são de plásticos de engenharia devemos verificar se não existem trincas, deformações causadas por algum produto que possa entrar em contato, desgastes por uso de ferramenta inadequada, e principalmente se as roscas destes componentes não encontram-se desgastadas. Devemos usar o bom senso antes de substituímos estes componentes.

e - Corpo principal

Verificar estado do corpo observando possíveis danos nas conexões (veja filtro de ar), nas roscas de fixação e obstruções no orifícios internos.

Nos reguladores de êmbolo, verificar a existência de riscos e ou ovalização na região onde a guarnição "U" cup entra em contato. Neste caso verificar a possibilidade de eliminar ou minimizar os riscos e ovalização sem comprometer o funcionamento do regulador de pressão. Esta atitude pode ser tomada quando o corpo for metálico, quando o corpo for de plástico de engenharia fica muito difícil um retrabalho.

Não sendo possível reparar o corpo substituí-lo por uma novo. Lavar com água morna e sabão neutro. Passar jato de ar para remover o excesso e secar.

Filtro regulador

Ao ser desmontado devemos verificar o estado do copo policarbonato, elemento filtrante, defletores superior e inferior, molas, anéis de vedação, diafragma ou guarnição "U" cup nos êmbolo, conjunto haste-disco, conjunto de regulagem, formado por acento de mola e parafuso, tampas, manopla e corpo principal.

Seguir os mesmos procedimentos de filtro de ar e regulador de pressão.

Lubrificador

Ao ser desmontado devemos verificar o estado do copo de policarbonato, cúpula visora, anéis de vedação, sistema de reabastecimento, tubo pescador, parafuso de regulagem e corpo principal.

a - Copo de policarbonato e cúpula visora

Na cúpula estas trincas podem aparecer na vertical em toda superfície ou próximas a rosca. Observar também a transparência da cúpula. Para copo e cúpula seguir os mesmos procedimentos de análise do filtro de ar.

b - Anéis de vedação

Verificar toda a sua superfície observando a possível existência de pequenos cortes. Verificar também se não encontra-se ressecado, inchado (com suas dimensões alteradas) ou se está ovalado. se encontramos alguma das ocorrências acima deve-se substituí-los por novos.

c - Sistema de reabastecimento

Verificar se o parafuso que dá acesso ao orifício de reabastecimento encontra-se em boas condições, se a válvula de despressurização do copo encontra-se funcionando adequadamente e se o orifício de reabastecimento encontra-se desobstruído.

d - Tubo pescador e parafuso de regulagem

O tubo pescador deve estar totalmente livre para a passagem de óleo. Quanto ao parafuso de regulagem na maioria das vezes este elemento é recravado no corpo justamente para evitar a sua retirada e consequentemente perda da esfera de retenção.

Para efetuarmos a limpeza desta região deve-se abrir todo o parafuso e com bico de ar procurar remover a possível impureza ali localizada. Após realizada lim-

Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido

peça devemos certificar-nos que o tubo bengala esta desobstruído. Em alguns lubrificadores esta regulagem está na própria cúpula visora e quando algum problema ocorre somente substituindo a peça por uma nova.

e - Corpo principal

Verificar se os orifícios de passagem principalmente o venturi, estnao desobstruídos e livres. Observar também o estado das roscas (veja filtro de ar). Lavar com água morna e sabnao neutro.

Depois passar jato de ar para secar e remover o excesso do produto de limeza.

Inspeções periódicas

Verificar diariamente o nível de condensado no filtro, não deixando o condensado ultrapassar o defletor inferior. Efetuar a drenagem, que deve ser sempre realizada com o equipamento pressurizado, pois o ar ajudará a empurrar o condensado com as impurezas para fora.

Lembramos que na maioria dos drenos manuais as roscas são à esquerda e que não devemos utilizar ferramentas para esta operação, pois chama-se manual e nnao ferramental.

Após a drenagem devemos fechar o dreno o suficiente para eliminar algum vazamento. A pressão deverá estar regulada conforme dados de projeto.

Qualquer alteração deverá ser consultada para não prejudicar as características de trabalho do equipamento. Aumentar a pressão do equipamento não o faz trabalhar mais rápido.

O nível de óleo deve ser verificado constantemente e quando abaixo do indicado deverá ser repostado. Nunca deve-se misturar marcas e viscosidades de óleos dieferentes.

Em alguns casos nota-se que água mistura-se ao óleo, isto indica que temos excesso de condensado no ar. Verificar a sua procedência e procurar sanar esta ocorrência. Substituir o óleo misturado com água por novo.

Tabela prática para identificação de defeitos

Equipamento	Defeito	Possível causa	Solução
Filtro de ar	Não passa ar	Registro fechado Elemento entupido	Verificar/abrir, efetuar limpeza ou substituí-lo por novo
	Não drena	Dreno entupido	Efetuar limpeza
	Não filtra	Elemento rompido	Substituí-lo por novo
	Vazamentos	Corpo trincado Anel "o"ring Conexões incompatíveis Falta vedação	Substituí-lo por novo Substituí-lo por novo Verificar tipo de rosca Rosca NPT usa veda-rosca/Rosca BSP ane de vedação
Regulador de pressão	Vazamentos pelo orifício sangria	Mola balanc. quebrada/sem força Anel "o"ring do acento da haste Diafragma rompido Anel "o"ring do disco inchado (travado) Anel "o"ring do disco com folga	Substituí-la por nova Substituí-lo por novo ou inverte-lo Substituí-lo por novo Substituí-lo por novo, lubrificar local Verificar anel "o"ring e tampa de acesso, substituir se necessário
	Manopla travava	Conjunto de regulagem Anel "o"ring da haste inchado	Efetuar limpeza e lubrificação, se necessário trocar por novo Verificar, efetuar troca e lubrificar local
	Não indica pressão	Falta ar Manômetro com defeito Anel "o"ring da haste (inchado) Pressão de entrada fora da especificação Orifício comunicação manômetro obstruído Mola de regulagem	Verificar registros Substituí-lo por novo Substituí-lo por novo e lubrificar local Verificar vazamentos e compressor Efetuar limpeza Substituí-la por nova ou correta
Lubrificador	Não goteja	Falta de óleo Óleo muito viscoso Copo não pressurizado Tubo pescador danificado ou entupido Parafuso de regulagem fechado Cúpula visora com vazamento Venturi obstruído Válvula de fluxo ou membranas abertas	Verificar nível e repor Efetuar limpeza do lubrificador e colocar óleo correto Verificar canal de pressurização e válvulas internas Substituí-lo por novo ou desobstruí-lo Efetuar regulagem Verificar anel de vedação ou Substituí-la por nova Efetuar limpeza Verificar mola de fechamento, elasticidade da membrana. Substituí-las se necessário
	Jato de óleo	Parafuso regulagem aberto	Efetuar regulagem
	Vazamentos	Corpo trincado	Substituí-lo por novo
	Demora gotejar	Cúpula trincada	Substituí-la por nova
	Bolha de ar tubo pescador	Retenção do pescador Copo despressurizado	Verificar se necessário repor ou substituí-la por nova Verificar vazamentos e válvulas internas

9. Segurança

Ar comprimido e segurança

Que o ar comprimido possui diversas utilidades, muita gente já sabe. Mas nem todos estão cientes de que este mesmo produto pode ser perigoso, se manuseado incorreta e imprudentemente. Em contato com o corpo humano, o ar comprimido pode causar sérios problemas à saúde incluindo lesões fatais.

O ar pode penetrar através da pele e percorrer uma longa distância por debaixo dela, lesionando órgãos internos. É importante que as pessoas estejam cientes dos males a que estão sujeitas e conheçam a forma mais segura de lidar com o ar comprimido nas indústrias.

O ar comprimido possui impurezas, como partículas de óleo e matérias graxas e, quando é introduzido pelos poros, pode causar sérias inflamações nos tecidos ou causar hemorragia interna.

A lesão pode ser fatal caso ocorra em um vaso sanguíneo e produza borbulhas que interrompam a circulação do sangue. O ar comprimido jamais deve ser empregado na limpeza de uniformes de trabalho, para tirar o pó ou a sujeira do corpo e muito menos para limpar feridas.

Dependendo da força, um jato de ar pode romper um tímpano. Com apenas 40 libras, é capaz de arremessar partículas de metal ou outros materiais a altas velocidades, tornando-os projeteis perigosos contra o corpo, especialmente o rosto.

Portanto, tenha muito cuidado. Deve-se verificar todos os procedimentos de uso do ar comprimido e jamais direcioná-lo às pessoas. Além disso, mantenha-o longe de seus ouvidos, nariz e olhos. A precaução, fruto da conscientização, é o melhor instrumento para garantir a saúde.

10. Referência

- MPL - Marllins Equipamentos
- Metalplan Equipamentos
- Revista ABHP
- Apostila Treinamento Técnico Schulz
- Manual Prático de Hidráulica e Pneumática - ABHP



Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.
Av. Lucas Nogueira Garcez 2181
Esperança Caixa Postal 148
12325-900 Jacareí, SP
Tel.: 12 3954-5100
Fax: 12 3954-5262
www.parker.com.br

Parker Hannifin

A Parker Hannifin

A Parker Hannifin é uma empresa líder mundial na fabricação de componentes destinados ao mercado de Controle do Movimento, dedicada a servir seus clientes, prestando-lhes um padrão impecável de atendimento. Classificada como a corporação de número 200 pela revista Fortune, nossa empresa está presente na Bolsa de Valores de Nova York e pode ser identificada pelo nosso símbolo PH. Nossos componentes e sistemas somam 3.200 linhas de produtos, os quais têm a função essencial de controlar movimentos amplamente aplicados nos segmentos Industrial e Aeroespacial, em mais de 1.275 mercados.

A Parker é o único fabricante a oferecer aos seus clientes uma ampla gama de soluções hidráulicas, pneumáticas e eletromecânicas para o controle de movimentos. Nossa companhia possui a maior rede de Distribuidores Autorizados deste mercado, com mais de 8.300 distribuidores, atendendo mais de 380.000 clientes em todo o mundo.

Aeroespacial

Líder em desenvolvimento, projeto, manufatura e serviços de sistemas de controle e componentes para o mercado aeroespacial e segmentos relacionados com alta tecnologia, alcançando crescimento lucrativo através de excelência no atendimento ao cliente.



Fluid Connectors

Projeta, manufatura e comercializa conectores rígidos e flexíveis como mangueiras, conexões e produtos afins para aplicação na condução de fluidos.



Hidráulica

Projeta, manufatura e comercializa uma linha completa de componentes e sistemas hidráulicos para fabricantes e usuários de máquinas e equipamentos no segmento industrial e mobil.



Automação

Líder no fornecimento de componentes e sistemas pneumáticos e eletromecânicos para clientes em todo o mundo.



A Missão da Parker

Ser o líder mundial na manufatura de componentes e sistemas para fabricantes e usuários de bens duráveis. Mais especificamente, nós iremos projetar, fabricar e comercializar produtos para o controle do movimento, vazão e pressão.

Nós alcançaremos crescimento lucrativo através da excelência no serviço ao cliente.

Informações sobre Produtos

Os clientes Parker Hannifin no Brasil dispõem de um Serviço de Atendimento ao Cliente - SAC, que lhes prestará informações sobre produtos, assistência técnica e distribuidores autorizados mais próximos, através de uma simples chamada grátis para o número 0800-PARKER-H

Climatização e Controles Industriais

Projeta, manufatura e comercializa componentes e sistemas para controle de fluidos para refrigeração, ar condicionado e aplicações industriais em todo o mundo.



Seal

Projeta, manufatura e comercializa vedações industriais, comerciais e produtos afins, oferecendo qualidade superior e satisfação total ao cliente.



Filtração

Projeta, manufatura e comercializa produtos para filtração e purificação, provendo a seus clientes maior valor agregado, com qualidade, suporte técnico e disponibilidade global para sistemas.



Instrumentação

Líder global em projeto, manufatura e distribuição de componentes para condução de fluidos em condições críticas para aplicações na indústria de processo, ultra-alta-pureza, médica e analítica.



Parker Hannifin Filiais

Belo Horizonte - MG

Rua Pernambuco 353 - cj. 306/307
Funcionários
30130-150 Belo Horizonte, MG
Tel.: 31 3261-2566
Fax: 31 3261-4230
belohorizonte@parker.com

Campinas - SP

Rua Tiradentes 289 - sl. 21 e 22
Guanabara
13023-190 Campinas, SP
Tel.: 19 3235-3400
Fax: 19 3235-2969
campinas@parker.com

Jacareí - SP

Av. Lucas Nogueira Garcez 2181
Esperança Caixa Postal 148
12325-900 Jacareí, SP
Tel.: 12 3954-5100
Fax: 12 3954-5262
valeparaiba@parker.com

Joinville - SC

Rua Alexandre Doehler 129 - sl. 701
Centro
89201-260 Joinville, SC
Tel.: 47 3028-9444
Fax: 47 3028-9444
joinville@parker.com

Porto Alegre - RS

Av. Frederico Ritter 1100
Distrito Industrial
94930-000 Cachoeirinha, RS
Tel.: 51 3470-9144
Fax: 51 3470-9281
brazilhydraulics@parker.com

Recife - PE

Rua Santa Edwirges 135
Bairro do Prado
50830-220 Recife, PE
Tel.: 81 2125-8000
Fax: 81 2125-8009
recife@parker.com

Rio de Janeiro - RJ

Av. das Américas 500 - bl. 20 - sl. 233 - Downtown
Barra da Tijuca
22640-100 Rio de Janeiro, RJ
Tel.: 21 2491-6868
Fax: 21 3153-7572
riodejaneiro@parker.com

São Paulo - SP

Rodovia Anhangüera km 25,3
Perus
05276-977 São Paulo, SP
Tel.: 11 3915-8500
Fax: 11 3915-8516
saopaulo@parker.com



Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.
Av. Lucas Nogueira Garcez 2181
Esperança Caixa Postal 148
12325-900 Jacareí, SP
Tel.: 12 3954-5100
Fax: 12 3954-5262
training.brazil@parker.com

Distribuidor Autorizado

