



CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL PEDRO MARTINS GUERRA

# ***HIDROPNEUMÁTICA***

***Itabira***

***2004***

FIEMG

CIEMG

SESI

**SENAI**

IEL

**Sistema FIEMG**



**Presidente da FIEMG**

Robson Braga de Andrade

**Gestor do SENAI**

Petrônio Machado Zica

**Diretor Regional do SENAI e**

**Superintendente de Conhecimento e Tecnologia**

Alexandre Magno Leão dos Santos

**Gerente de Educação e Tecnologia**

Edmar Fernando de Alcântara

**Elaboração/Organização**

Geraldo Magela de Oliveira

**Unidade Operacional**

Centro de Formação Profissional Pedro Martins Guerra

FIEMG

CIEMG

SESI

**SENAI**

IEL

Sistema FIEMG



# Sumário

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>05</b>
<b>1. AR COMPRIMIDO</b> .....	<b>06</b>
1.1 Desenvolvimento da Técnica do Ar Comprimido .....	06
1.2 Produção do Ar Comprimido .....	10
1.3 Distribuição do Ar Comprimido .....	18
1.4 Preparação do Ar Comprimido .....	21
<b>2. ELEMENTOS PNEUMÁTICOS DE TRABALHO</b> .....	<b>30</b>
2.1 Movimentos Lineares .....	30
2.2 Movimentos Rotativos .....	33
2.3 Motores Pneumáticos .....	34
<b>3. VÁLVULAS PNEUMÁTICAS</b> .....	<b>39</b>
3.1 Válvulas Direcionais .....	39
3.1.1 Tipos de Válvulas Direcionais .....	43
3.2 Válvulas de Bloqueio .....	51
3.3 Válvulas de Fluxo .....	53
3.4 Válvulas de Pressão .....	55
3.5 Combinações de Válvulas .....	58
<b>4. CONSTRUÇÃO DE CIRCUITOS PNEUMÁTICOS</b> .....	<b>62</b>
4.1 Cadeia de Comandos .....	62
4.2 Designação dos Elementos .....	63
4.3 Possibilidades de Representação dos Movimentos .....	67
4.4 Desenvolvimento do Esquema de Comando .....	72
<b>5. SIMBOLOGIA PNEUMÁTICA</b> .....	<b>76</b>
5.1 Símbolos Especiais – Não Normalizados .....	85
<b>6. COMANDOS HIDRÁULICOS</b> .....	<b>86</b>
6.1 Princípios Básicos .....	86
6.2 Fluxo em Sistemas Hidráulicos .....	89
6.3 Força do Atuador .....	89
6.4 Velocidade do Fluido (Atuador Linear e Encanamento) .....	89
6.5 Potência em um Sistema Hidráulico .....	90
6.6 Fluidos Hidráulicos .....	90
6.6.1 Principais Fluidos Hidráulicos .....	92
6.7 Exercícios .....	95
6.8 Reservatórios .....	96
6.8.1 Construção .....	97
6.9 Filtros .....	98
6.10 Exercícios .....	101

---

FIEMG

---

CIEMG

---

SESI

---

**SENAI**

---

IEL

---

<b>7. BOMBAS</b> .....	<b>102</b>
7.1 Tipos .....	<b>102</b>
7.2 Grupo de Acionamento .....	<b>103</b>
7.3 Função das Bombas Hidráulicas .....	<b>103</b>
7.4 Exercícios .....	<b>111</b>
<b>8. ATUADORES</b> .....	<b>112</b>
8.1 Atuadores Lineares .....	<b>112</b>
<b>9. ACESSÓRIOS</b> .....	<b>114</b>
9.1 Acumuladores .....	<b>114</b>
9.2 Pressostatos .....	<b>114</b>
9.3 Intensificadores .....	<b>114</b>
9.4 Manômetros .....	<b>114</b>
9.5 Rotâmetros .....	<b>115</b>
9.6 Exercícios .....	<b>116</b>
<b>10. SIMBOLOGIA DE COMPONENTES E</b>	
<b>SISTEMAS HIDRÁULICOS – DIN ISO 1219</b> .....	<b>117</b>
10.1 Unidades .....	<b>127</b>
10.2 Esquemas Hidráulicos .....	<b>128</b>
10.3 Guia Para Localização de Defeitos .....	<b>133</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>145</b>



## Apresentação

**“Muda a forma de trabalhar, agir, sentir, pensar na chamada sociedade do conhecimento. “  
Peter Drucker**

O ingresso na sociedade da informação exige mudanças profundas em todos os perfis profissionais, especialmente naqueles diretamente envolvidos na produção, coleta, disseminação e uso da informação.

O **SENAI**, maior rede privada de educação profissional do país, sabe disso, e, consciente do seu papel formativo, educa o trabalhador sob a égide do conceito da competência:” *formar o profissional com responsabilidade no processo produtivo, com iniciativa na resolução de problemas, com conhecimentos técnicos aprofundados, flexibilidade e criatividade, empreendedorismo e consciência da necessidade de educação continuada.*”

Vivemos numa sociedade da informação. O conhecimento, na sua área tecnológica, amplia-se e se multiplica a cada dia. Uma constante atualização se faz necessária. Para o **SENAI**, cuidar do seu acervo bibliográfico, da sua infraestrutura, da conexão de suas escolas à rede mundial de informações – internet – é tão importante quanto zelar pela produção de material didático.

Isto porque, nos embates diários, instrutores e alunos, nas diversas oficinas e laboratórios do **SENAI**, fazem com que as informações, contidas nos materiais didáticos, tomem sentido e se concretizem em múltiplos conhecimentos.

O **SENAI** deseja, por meio dos diversos materiais didáticos, aguçar a sua curiosidade, responder às suas demandas de informações e construir *links* entre os diversos conhecimentos, tão importantes para sua formação continuada !

***Gerência de Educação e Tecnologia***

# 1. AR COMPRIMIDO

## 1.1 DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DO AR COMPRIMIDO

Embora a base da pneumática seja um dos mais velhos conhecimentos da humanidade, foi preciso aguardar o século XIX para que o estudo do seu comportamento e propriedades se tornasse sistemático. Porém, pode-se dizer que somente após o ano de 1950 é que ela foi realmente introduzida no meio industrial.

Antes, porém, já existiam alguns campos de aplicação e aproveitamento da pneumática, como por exemplo, a indústria de mineração, a construção civil e a indústria ferroviária (freio a ar comprimido).

A introdução de forma mais generalizada da pneumática na indústria, começou com a necessidade, cada vez maior, da automatização e racionalização dos processos de trabalho.

Apesar de sua rejeição inicial, quase que sempre proveniente da falta de conhecimento e instrução, ela foi aceita e o número de campos de aplicação tornou-se cada vez maior.

Hoje, o ar comprimido tornou-se indispensável, e nos mais diferentes ramos industriais instalam-se equipamentos pneumáticos.

### Vantagens

Quantidade: o ar, para ser comprimido, se encontra em quantidades ilimitadas praticamente em todos os lugares.

Transporte: o ar comprimido é facilmente transportável por tubulações, mesmo para distâncias consideravelmente grandes. Não há necessidade de preocupação com o retorno do ar.

Armazenamento: no estabelecimento não é necessário que o compressor esteja em funcionamento contínuo. O ar pode ser sempre armazenado em um reservatório e, posteriormente, tirado de lá. Além disso é possível o transporte em reservatórios.

Temperatura: o trabalho realizado com ar comprimido é insensível às oscilações da temperatura. Isto garante, também em situações térmicas extremas, um funcionamento seguro.

Segurança: não existe o perigo de explosão. Portanto, não são necessárias custosas proteções contra explosões. (cuidado com explosões mecânicas).

Limpeza: o ar comprimido é limpo. O ar que eventualmente escapa das tubulações ou outros elementos inadequadamente vedados, não polui o

ambiente. Esta limpeza é uma exigência, por exemplo, nas indústrias alimentícias, madeireiras, têxteis e químicas.

Construção dos elementos: os elementos de trabalho são de construção simples e portanto, de custo vantajoso.

Velocidade: o ar comprimido é um meio de trabalho rápido, permitindo alcançar altas velocidades de trabalho. (A velocidade de trabalho dos cilindros pneumáticos oscila entre 1-2m/Seg.).

Regulagem: as velocidades e forças de trabalho dos elementos a ar comprimido são reguláveis sem escala.

Proteção contra sobrecarga: os elementos e ferramentas a ar comprimido são carregáveis até a parada total e portanto seguros contra sobrecargas.

### **Limitações**

Preparação: o ar comprimido requer uma boa preparação. Impureza e umidade devem ser evitadas, pois provocam desgastes nos elementos pneumáticos.

Compressibilidade: não é possível manter uniforme e constante as velocidades dos cilindros e motores pneumáticos mediante ar comprimido.

Forças: o ar comprimido é econômico somente até uma determinada força, limitado pela pressão normal de trabalho de 700 kPa (7 bar), e também pelo curso e velocidade. O limite está fixado entre 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kPa).

Escape de ar: o escape de ar é ruidoso. Com o desenvolvimento de silenciadores, este problema está atualmente solucionado.

### **Fundamentos Físicos**

A superfície terrestre é totalmente cercada por uma camada de ar. Este ar, que é de interesse vital, é uma mistura gasosa da seguinte composição:

- Nitrogênio aproximadamente 78% do volume.
- Oxigênio aproximadamente 21% do volume.

Além disso, o ar contém resíduos de Dióxido de Carbono, Argônio, Hidrogênio, Neônio, Hélio, Criptônio e Xenônio.

Para melhor compreender as leis e o comportamento do ar, devemos antes considerar as grandezas físicas e sua classificação nos sistemas de medidas. Com o fim de estabelecer relações inequívocas e claramente definidas, os cientistas e técnicos na maioria dos países estão empenhados em definir um só sistema de medidas que será válido para todos, denominado "SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS", abreviadamente "SI".

A seguinte apresentação estabelece a relação entre “SISTEMA TÉCNICO DE MEDIÇÃO” e novo “SISTEMA DE UNIDADES SI”

### Grandezas Fundamentais

UNIDADES E SÍMBOLOS			
Unidade	Símbolo	Sistema Técnico	Sistema S.I.
Comprimento	L	Metro (m)	Metro (m)
Massa	m	Kp.s <sup>2</sup> /m	Kilograma (kg)
Tempo	t	Segundos (s)	Segundos (s)
Temperatura	T	Celcius (°C)	Kelvin (K)
Intensidade de Corrente	I	Ampére (A)	Ampére (A)
Intensidade Luminosa	I		Candella (cd)
Quantidade de Substância	n		Mol (mol)

Tabela 1.1

### Grandezas Derivadas

UNIDADES E SÍMBOLOS			
Unidade	Símbolo	Sistema Técnico	Sistema S.I.
Força	F	Kilopond (kp) Kilograma força (Kgf)	Newton (N) 1 Kg . m N = S <sup>2</sup>
Área	A	Metro quadrado (m <sup>2</sup> )	Metro quadrado (m <sup>2</sup> )
Volume	V	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
Vazão	Q	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
Pressão	p	Atmosfera (at) (kp/cm <sup>2</sup> )	Pascal (Pa) 1 Pa = 1 N / m <sup>2</sup> 1 Bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 100KPa

Tabela 1.2

### Conversão De Unidades

Massa	$1 \text{ (Kg)} = \frac{1}{9,81} \frac{\text{Kp} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$
Força	1 (kp) – 9.81 (N) para cálculos aproximados pode-se empregar 1 kp = 10 N
Temperatura	Diferença de temperatura: 1°C = 1 K (kelvin) Ponto zero: 0°C = 273 K (kelvin)
Pressão	Além das unidades de pressão mencionadas (at no sistema técnico, bem como Bar e Pascal no sistema SI), outras expressões serão ainda usadas freqüentemente. Para completar o já exposto, as mesmas serão apresentadas a seguir.
	1) Atmosfera, at (pressão absoluta no sistema técnico) 1 at = 1 kp/cm <sup>2</sup> = 0,981 bar (98,1 Kpa)
	2) Pascal, Pa Bar, (bar) (pressão absoluta no sistema padrão SI) $1 \text{ Pa} = \frac{1\text{N}}{\text{m}^2} = 10^{-5}\text{bar}$ $1\text{bar} = \frac{10^5\text{N}}{\text{m}^2} = 10^5\text{Pa} = 1,02 \text{ at}$
	3) Atmosfera física, atm (pressão absoluta no sistema físico) 1 atm = 1,033 at = 1,013 bar (101,3 kPa)
	4) Coluna de água, mmH <sub>2</sub> O 10.000 mm H <sub>2</sub> O = 1 at = 0,981 bar (98,1 kPa)
5) Coluna de mercúrio, mm Hg (corresponde à unid. De pressão Torr) 1 mm Hg = 1 Torr 1 at = 736 Torr, 100 kPa (1 bar) = 750 Torr (Torricelli)	

Como tudo na terra está submetido à pressão atmosférica, ela não é notada. Portanto, torna-se a correspondente pressão atmosférica  $P_{amb}$ .

Como pressão de referência e qualquer valor acima desta, se designa de sobre-pressão  $P_e$ .

### Escalas De Pressão

A pressão do ar não é sempre constante. Ela muda de acordo com a situação geográfica e as condições atmosféricas. A faixa compreendida entre a linha zero absoluto e a linha variável da pressão do ar é denominada faixa de pressão ( $-P_e$ ) e a faixa que está acima dessa linha, denomina-se de sobre-pressão ( $+P_e$ ).

A pressão absoluta  $P_{abs}$  é constituída das pressões  $-p_e$  e  $+p_e$ . Na prática são utilizados manômetros que somente indicam a sobre-pressão ( $+p_e$ ). Na indicação da pressão  $P_{abs}$ , o valor marcado é aumentado de 100 kPa (1 bar).

Com a ajuda das grandezas básicas apresentadas é possível explicar as principais características físicas do ar.

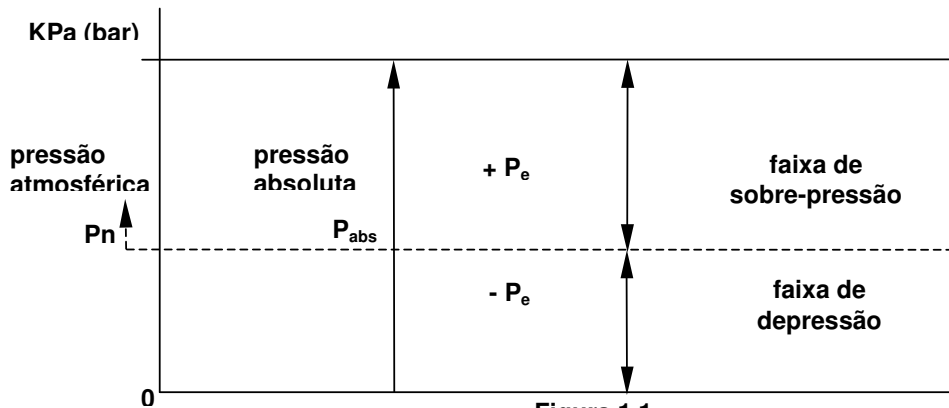


Figura 1.1

### Compressibilidade do Ar

Como todos os gases, o ar comprimido não tem uma forma definida. O ar se altera à menor resistência, ou seja, ele se adapta à forma do ambiente. O ar se deixa comprimir (compressão), mas tende sempre a se expandir (expansão).

O que nos demonstra isto é a lei de BOYLE-MARIOTTE.

Sob temperatura constante para uma determinada quantidade de gás.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{constante}$$

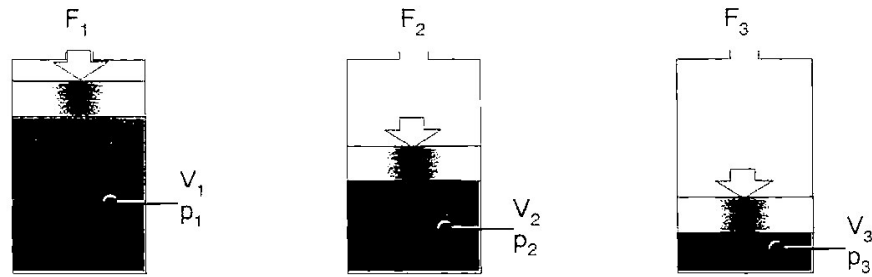


Figura 1.2 - Se a pressão permanece constante e a temperatura se eleva 1K partindo de 273 K , o ar se dilata  $\frac{1}{273}$  do seu volume.

Isto é demonstrado pela lei de Gay- Lussac:

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

sendo:  $V_1$  - volume da temperatura  $T_1$

$V_2$  - volume da temperatura  $T_2$

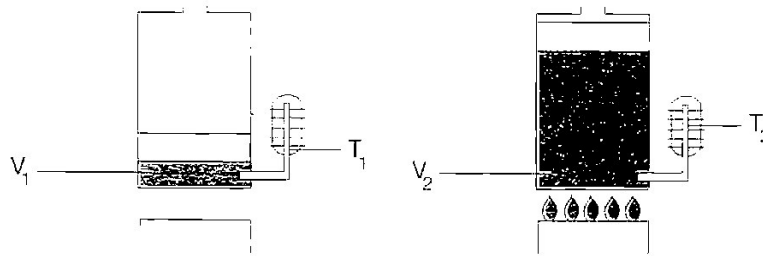


Figura 1.3 - Para o ar comprimido vale também a equação geral dos gases:

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

## 1.2 PRODUÇÃO DO AR COMPRIMIDO

Para a produção de ar comprimido são necessários compressores, os quais comprimem o ar para a pressão de trabalho desejada. Na maioria dos acionamentos e comandos pneumáticos se encontra, geralmente, uma estação central de distribuição de ar comprimido. Não é necessário calcular e planejar a transformação e transmissão da energia para cada consumidor individual. A instalação de compressão fornece o ar comprimido para os devidos lugares através de uma rede tubular.

Instalações móveis de produção são usadas, principalmente, na indústria de mineração, ou para máquinas que freqüentemente mudam de local.

Já ao projetar, devem ser consideradas a ampliação e aquisição de outros novos aparelhos pneumáticos. Por isso é necessário sobredimensionar a instalação para

que mais tarde não venha se constatar que ela está sobrecarregada. Uma ampliação posterior da instalação se torna geralmente muito cara.

Muito importante é o grau de pureza do ar. Um ar limpo garante uma longa vida útil da instalação. A utilização correta dos diversos tipos de compressores também deve ser considerado.

### Tipos de Compressores

Existem dois tipos básicos de compressores. O primeiro se trata de um tipo baseado no princípio de redução de volume. Aqui se consegue a compressão, sugando o ar para um ambiente fechado, e diminuindo-se posteriormente o tamanho destes ambientes. Este tipo de construção denomina-se compressor de êmbolo ou pistão (compressores de êmbolo de movimento linear).

O outro tipo de construção funciona segundo o princípio de fluxo. Sucção do ar de um lado e compressão no outro por aceleração da massa (turbina)

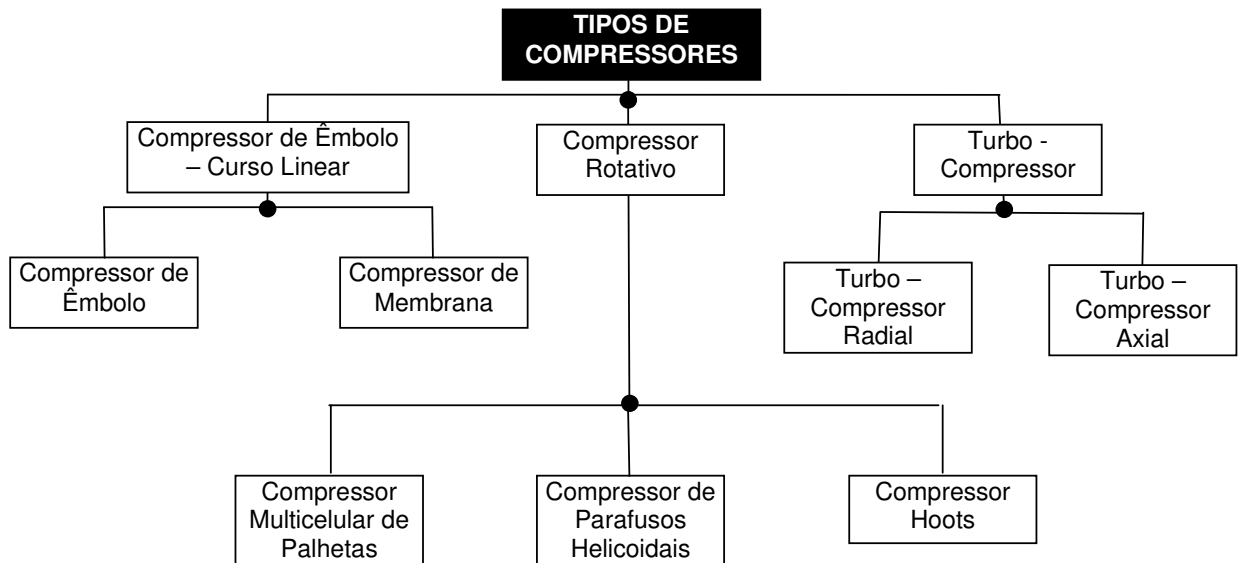


Figura 1.4

## Compressores de Êmbolo

Compressor de pistão: este tipo de compressor de êmbolo com movimento linear é hoje o mais utilizado. Ele é apropriado não só para baixas e médias pressões, mas também para altas pressões. O campo de pressão é de cerca de 100 kPa (1bar) até milhares de kPa.

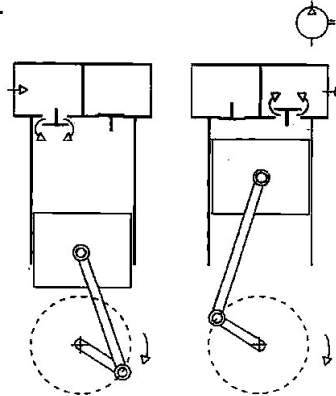


Figura 1.5 – Compressor de pistão

Compressor de pistão de 2 ou mais estágios: para se obter ar a pressões elevadas, são necessários compressores de vários estágios de compressão. O ar aspirado será comprimido pelo primeiro êmbolo (pistão), refrigerado intermediariamente, para logo ser comprimido pelo segundo êmbolo (pistão). O volume da Segunda câmara de compressão é, em relação ao primeiro, menor. Durante o trabalho de compressão se forma uma quantidade de calor, que tem que ser eliminada pelo sistema de refrigeração.

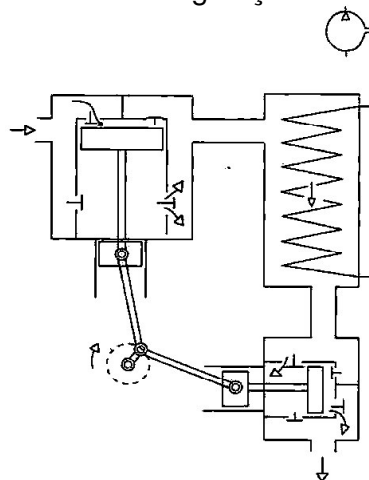


Figura 1.6 – Compressor de pistão de 2 ou mais estágios

Os compressores de êmbolo podem ser refrigerados por ar ou água. Para pressões mais elevadas são necessários mais estágios, como segue:

até 400kPa	(4 bar),	1 estágio
até 1500kPa	(15 bar),	2 estágios
acima de 1500kPa	(15 bar),	3 ou mais estágios



Compressor de membrana: este tipo pertence ao grupo dos compressores de êmbolo. Uma membrana separa o êmbolo da câmara de trabalho; o ar não tem contato com as peças móveis. Portanto, o ar comprimido está isento de resíduos de óleo.

Estes compressores são utilizados com preferência nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e químicas.

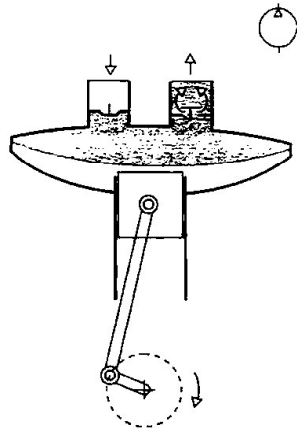


Figura 1.7 – Compressor de membrana

### Compressores Rotativos

Neste tipo, se estreitam (diminuem) os compartimentos, comprimindo então o ar contido em seu interior.

Compressor rotativo multicelular: em um compartimento cilíndrico, com aberturas de entrada e saída, gira um rotor alojado excentricamente. O rotor tem palhetas que em conjunto com as paredes, formam pequenos compartimentos (células). Quando em rotação, as palhetas serão pela força centrífuga apertadas contra a parede. Devido a excentricidade de localização do rotor há uma diminuição e aumento das células.

As vantagens deste compressor estão em sua construção, bem como em seu funcionamento silencioso, contínuo e equilibrado, e no fornecimento uniforme de ar, livre de qualquer pulsação.

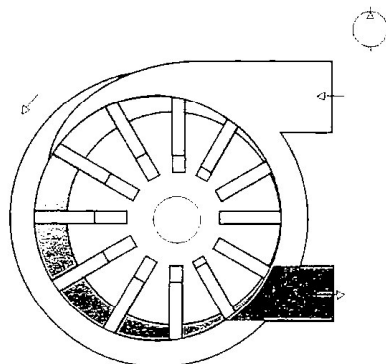


Figura 1.8 – Compressor rotativo multicelular

Compressor duplo parafuso (dois eixos): dois parafusos helicoidais, os quais, pelos perfis côncavo e convexo comprimem o ar que é conduzido axialmente.

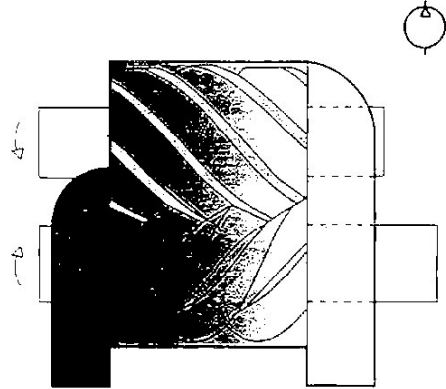


Figura 1.9 – Compressor duplo parafuso (dois eixos)

Compressor rots: nestes compressores o ar é transportado de um lado para o outro sem alteração de volume. A compressão (vedação) é feita no lado da pressão pelos cantos dos êmbolos.

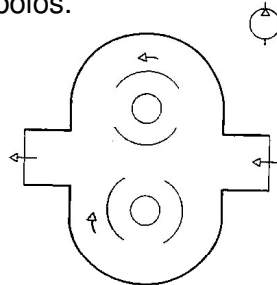


Figura 1.10 – Compressor rots

### Turbo-Compressores

Estes tipos trabalham segundo o princípio de fluxo e são adequados para o funcionamento de grandes vazões. Os turbo-compressores são construídos em duas versões: axial e radial.

Em ambos os tipos de construções o ar é colocado em movimento por uma ou mais turbinas, e esta energia de movimento é então transformada em energia de pressão.

Turbo-compressor axial: a compressão, neste tipo de compressor, se processa pela aceleração do ar aspirado no sentido axial do fluxo.

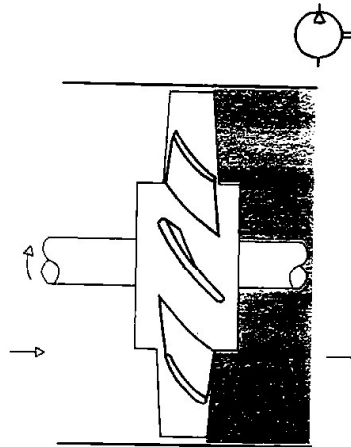


Figura 1.11 – Turbo-compressor axial

Turbo-compressor radial: neste tipo, o ar é impelido para as paredes da câmara e posteriormente em direção ao eixo e daí no sentido radial para outra câmara sucessivamente em direção à saída.

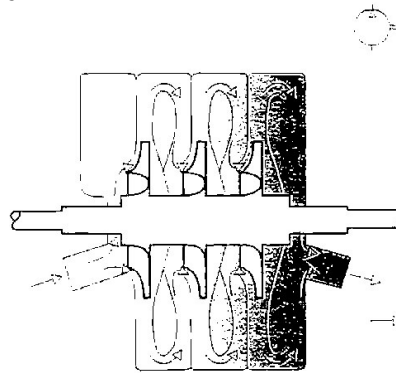


Figura 1.12 – Turbo-compressor radial

### Regulagem dos Compressores

Para combinar o volume fornecido com o consumo de ar é necessária uma regulagem dos compressores. Dois valores limites pré-estabelecidos (pressão máxima/mínima), influenciam o volume.

Existem diferentes tipos de regulagem:

#### 1) Regulagem de Marcha em Vazio

- a) Regulagem por descarga
- b) Regulagem por fechamento
- c) Regulagem por garras

#### 2) Regulagem de Carga Parcial

- a) Regulagem na rotação
- b) Regulagem por estrangulamento.

## 1) Regulagem de Marcha em Vazio

### a) Regulagem por descarga

Na saída do compressor existe uma válvula limitadora de pressão. Quando no reservatório é alcançada a pressão desejada, a válvula abre dando passagem e permitindo que o ar escape para a atmosfera. Uma válvula de retenção impede o retorno do ar do reservatório para o compressor (usado somente em pequenas instalações).

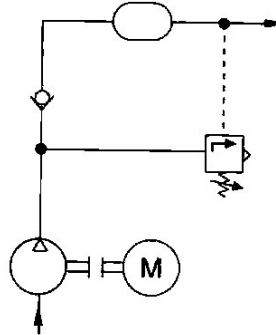


Figura 1.13 – Regulagem por descarga

### b) Regulagem de Fechamento

Neste tipo, é fechado o lado da sucção. Com a entrada de ar fechada, o compressor não pode aspirar e continua funcionando em vazio. Esta regulagem é utilizada principalmente em compressores rotativos e também nos de êmbolo.

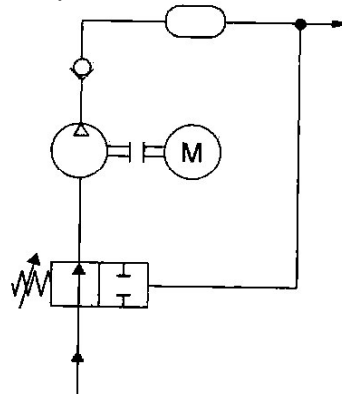


Figura 1.14 – Regulagem de fechamento

### c) Regulagem por Garras

Esta é utilizada em compressores de êmbolo de grande porte. Mediante garras, mantém-se aberta a válvula de sucção, evitando assim que o compressor continue comprimindo. A regulagem é muito simples.

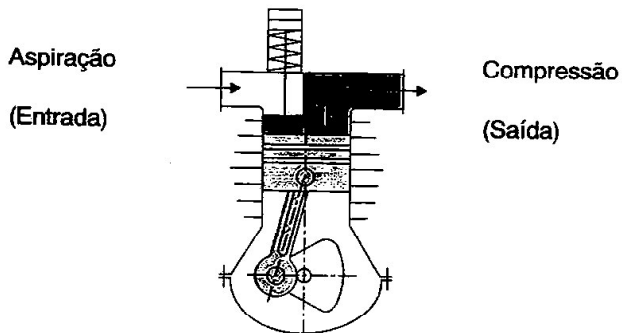


Figura 1.15 – Regulagem por cargas

## 2) Regulagem de Carga Parcial

### a) Regulagem na rotação

Sobre um dispositivo, ajusta-se o regulador de rotação do motor a explosão. A regulagem da rotação pode ser feita manualmente ou também automaticamente, dependendo da pressão de trabalho.

### b) Regulagem por estrangulamento

A regulagem se faz mediante simples estrangulamento no funil de sucção, e o compressor pode assim ser regulado para determinadas cargas parciais. Encontra-se esta regulagem em compressores de êmbolo rotativo e em turbo compressores.

## **Regulagem Intermitente**

Com esta regulagem, o compressor funciona em dois campos (carga máxima e parada total). Ao alcançar a pressão máxima, o motor acionador do compressor é desligado e quando a pressão chega ao mínimo, o motor é ligado, e o compressor trabalha novamente.

A frequência de comutação pode ser regulada num pressostato, e para que os períodos de comando possam ser limitados a uma média aceitável, é necessário um grande reservatório de ar comprimido.

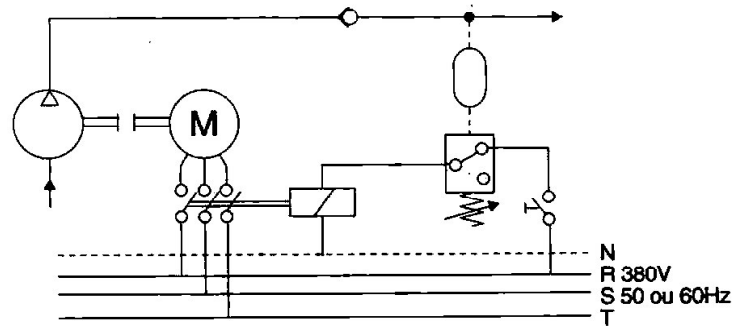


Figura 1.16

### 1.3 DISTRIBUIÇÃO DO AR COMPRIMIDO

Como resultado da racionalização e automatização dos dispositivos de fabricação, as indústrias necessitam continuamente de uma maior quantidade de ar. Cada máquina e equipamentos necessitam de uma determinada quantidade de ar, sendo abastecidos por um compressor, através da rede tubular de distribuição.

O diâmetro da tubulação deve ser escolhido de maneira que, se o consumo aumentar, a queda de pressão entre o depósito e o consumidor não ultrapasse 10 kpa (0,1 bar). Se a queda de pressão ultrapassar esse valor, a rentabilidade do sistema é prejudicada diminuindo consideravelmente sua capacidade. No projeto de novas instalações deve-se prever uma futura ampliação para maior demanda (consumo) de ar, cujo motivo deverá ser previsto um diâmetro maior dos tubos da rede de distribuição. A montagem posterior de uma rede distribuidora de maiores dimensões (ampliação), acarretará despesas elevadas.

#### Dimensionamento da Rede Distribuidora

A escolha do diâmetro da tubulação não é realizada por quaisquer fórmulas empíricas para aproveitar tubos por acaso existentes no depósito, mas sim considerando-se:

- o volume corrente (vazão)
- o comprimento da tubulação
- a queda de pressão (admissível)
- a pressão de trabalho
- o número de pontos de estrangulamento na rede

#### Rede de Distribuição de Ar Comprimido

É de importância não somente o correto dimensionamento, mas também a montagem das tubulações.

As tubulações de ar comprimido requerem uma manutenção regular, razão pela qual as mesmas não devem, dentro do possível, ser montadas dentro de paredes

ou cavidades estreitas, pois isto dificulta a detecção de fugas de ar. Pequenos vazamentos são causas de consideráveis perdas de pressão.

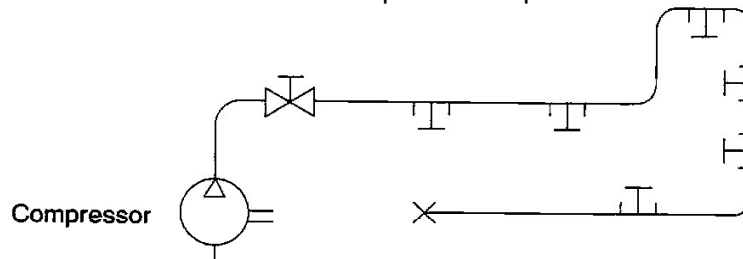


Figura 1.17

As tubulações, em especial as redes em circuito aberto devem ser montadas com um declive de 1 a 2%, na direção do fluxo.

Por causa da formação de água condensada, é fundamental em tubulações horizontais, instalar os ramais de tomadas de ar, na parte superior do tubo principal.

Dessa forma evita-se que a água condensada eventualmente existente na tubulação principal possa chegar às tomadas de ar através dos ramais. Para interceptar e drenar a água condensada devem ser instaladas derivações com drenos na parte inferior da tubulação principal.

Geralmente as tubulações são montadas em circuito fechado. Partindo da tubulação principal, são instaladas as ligações em derivação.

Quando o consumo de ar é muito grande, consegue-se, mediante esse tipo de montagem, uma alimentação uniforme. O ar flui em ambas as direções.

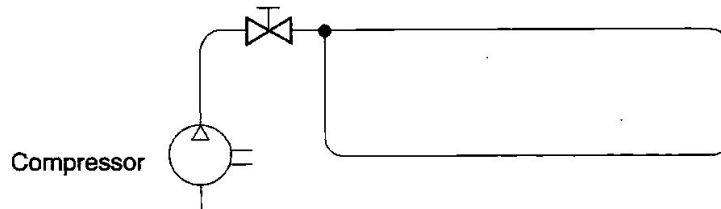


Figura 1.18

A rede combinada também é uma instalação em circuito fechado, a qual por suas ligações longitudinais e transversais oferece a possibilidade de fornecimento de ar em qualquer local.

Mediante válvula de fechamento, existe a possibilidade de bloquear determinadas linhas de ar comprimido quando as mesmas não forem usadas ou quando for necessário pô-las fora de serviço por razões de reparação e manutenção. Também pode ser feito um melhor controle de estanqueidade.

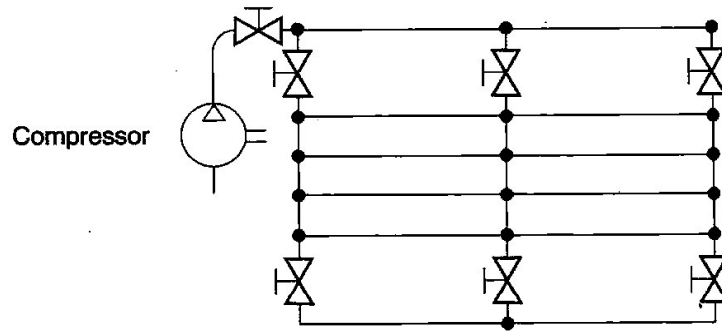


Figura 1.19

### Material da Tubulação

Na escolha do material da tubulação, temos várias possibilidades:

- Cobre, tubo de aço preto;
- Latão, tubo de aço zincado (galvanizado);
- Aço liga e material sintético.

Toda tubulação deve ser fácil de instalar, resistente à corrosão e de preço vantajoso.

Tubulações instaladas para um tempo indeterminado devem ter uniões soldadas que serão de grande vantagem, pois são bem vedadas e não muito custosas. As desvantagens destas uniões são as escamas, que se criam ao soldar. Estas escamas devem ser retiradas da tubulação. A costura da solda também é sujeita a corrosão e isto requer a montagem de unidades de conversação.

Em redes feitas com tubos de aço zincado (galvanizado), o ponto de conexão nem sempre é totalmente vedado. A resistência à corrosão nestes tubos é muito melhor do que a do tubo de aço preto. Lugares decapados (roscas) também podem enferrujar, razão pela qual também aqui é importante o emprego de unidades de conservação. Em casos especiais prevêm-se tubos de cobre ou material sintético (plástico).

### Tubulações Secundárias

Tubulações à base de borracha (mangueiras) somente devem ser usadas onde for requerida uma certa flexibilidade e onde, devido a um esforço mecânico mais elevado, não possam ser usadas tubulações de material sintético. Tubulações à base de borracha podem ser mais caras e menos desejáveis do que as de material sintético.

Tubulações à base de polietileno e poliamida hoje são mais freqüentemente usadas em maquinários, e aproveitando novos tipos de conexões rápidas, as tubulações de material sintético podem ser instaladas de maneira rápida e simples, sendo ainda de baixo custo.



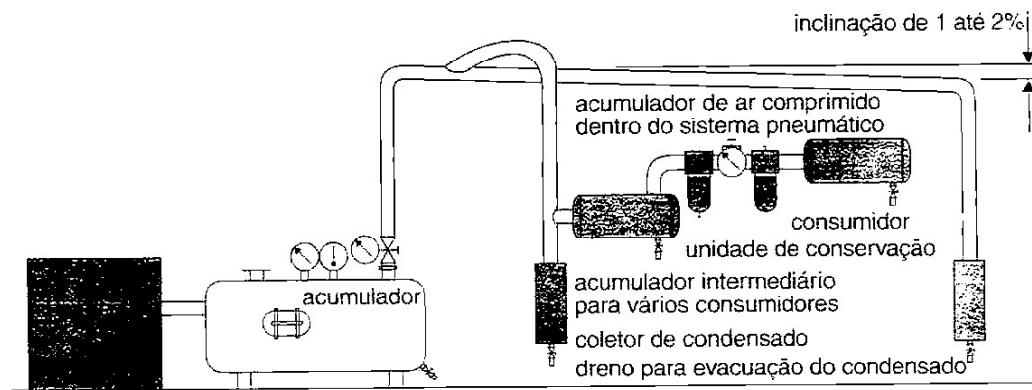


Figura 1.20

## 1.4 PREPARAÇÃO DO AR COMPRIMIDO

### Impurezas

Impurezas em forma de partículas de sujeira ou ferrugem, restos de óleo e umidade original muitas vezes falhas nas instalações e equipamentos e avarias nos elementos pneumáticos.

Enquanto a eliminação primária de condensado é feita no separador após o resfriador, a separação final, filtragem e outros tratamentos secundários do ar comprimido são executados no local de consumo.

É necessária especial atenção para a umidade contida no ar comprimido.

A água (umidade) penetra na rede através do ar aspirado pelo compressor. A quantidade de umidade em primeiro lugar da umidade relativa do ar, que por sua vez, depende da temperatura e condições atmosféricas.

### Secagem por Absorção

A secagem por absorção é um processo puramente químico. Neste processo, o ar comprimido passa sobre uma camada solta de um elemento secador. A água ou vapor de água que entra em contato com esse elemento, combina-se quimicamente com ele e se dilui formando uma combinação elemento secador-água.

Esta mistura deve ser removida periodicamente do absorvedor. Essa operação pode ser manual ou automática.

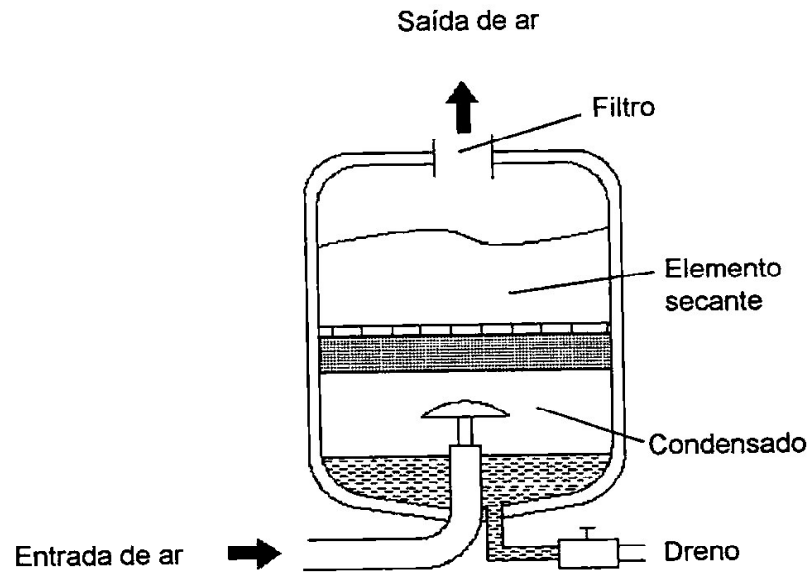


Figura 1.21

Com o tempo, o elemento secador é consumido e o secador deve ser reabastecido periodicamente (duas e quatro vezes por ano).

O secador por absorção separa ao mesmo tempo vapor e partícula de óleo. Porém, quantidades maiores de óleo influenciam no funcionamento do secador. Devido a isso é conveniente antepor um filtro ao secador.

O processo de absorção caracteriza-se por:

- Montagem simples da instalação;
- Desgaste mecânico mínimo já que o secador não possui peças móveis;
- Não necessita de energia externa.

### Secador por Absorção

A secagem por absorção está baseada num processo físico. (**Absorver:** admitir uma substância à superfície de outra.)

O elemento secador é um material granulado com arestas ou em forma de pérola. Este elemento secador é formado por quase 100% de dióxido de silício também conhecido por “GEL” (sílica gel).

Cada vez que o elemento secador estiver saturado, poderá ser regenerado de uma maneira fácil: fazendo-se fluir ar quente pelo interior da câmara saturada, a umidade é absorvida por este ar e eliminada do elemento.

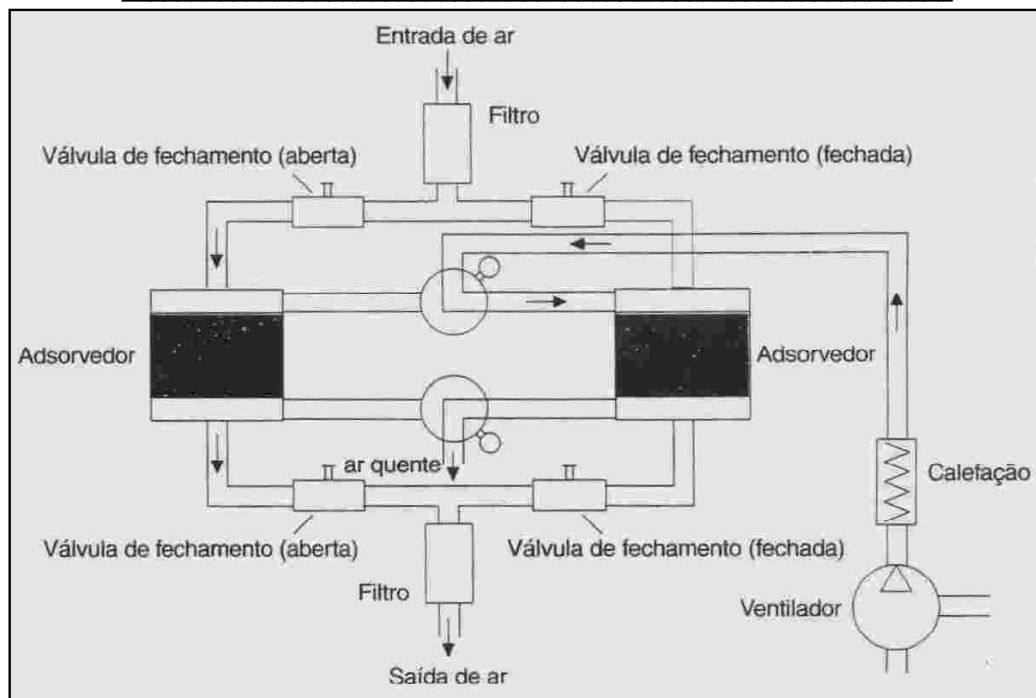


Figura 1.22

A energia calorífica para a regeneração pode ser gerada por eletricidade ou por ar comprimido quente.

Mediante a montagem paralelo de duas instalações de adsorção, uma delas pode ser ligada para secar enquanto a outra está sendo tratada com ar quente (regeneração).

### Secagem por Resfriamento

O secador de ar comprimido por resfriamento funciona pelo princípio da diminuição de temperatura até o ponto de orvalho.

A temperatura do ponto de orvalho é a temperatura à qual deve ser esfriado um gás para obter a condensação do vapor de água nele contido. O ar comprimido a ser tratado entra no secador, passando primeiro pelo denominado trocador de calor ar-ar.

Mediante o ar frio e seco proveniente do trocador de calor (vaporizador) é esfriado o ar que está entrando

A formação de condensado de óleo e água é eliminada pelo trocador de calor.

Esse ar comprimido pré-esfriado circula através do trocador de calor (vaporizador) e devido a isso, sua temperatura desce até 274,7 k (1,7°C) aproximadamente. Desta maneira o ar é submetido a uma segunda separação de condensado de água e óleo.

Posteriormente, o ar comprimido pode ainda passar por um filtro fino a fim de serem eliminados corpos estranhos.

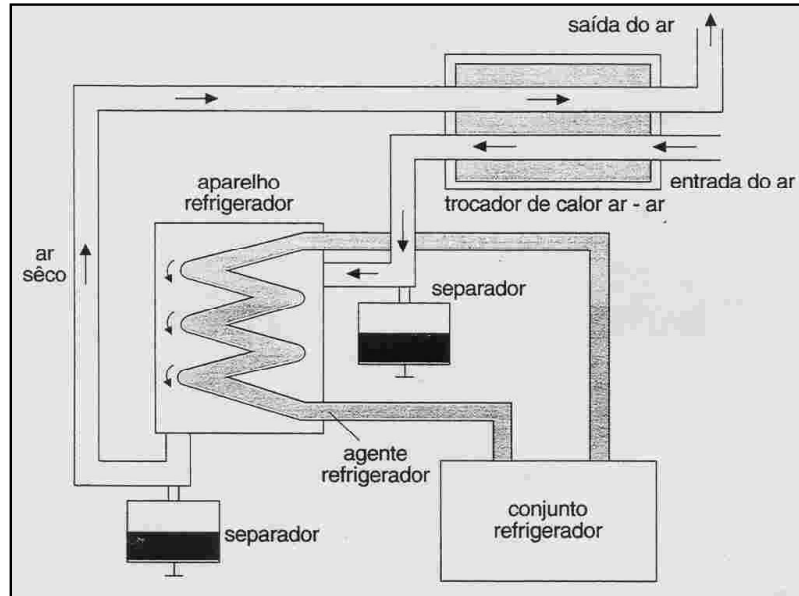


Figura 1.23

### Filtro de Ar Comprimido

O filtro de ar comprimido retém as impurezas que fluem através de si principalmente de água condensada. O ar comprimido é conduzido através de uma chapa guia para dentro da câmara do filtro e colocado em rápido movimento giratório. Assim as partículas de sujeira mais pesadas e gotas de água são impulsionadas para a parede da câmara pela força centrífuga, onde se fixam. O produto de condensação acumula-se na parte inferior da câmara e deve ser retirado através do parafuso de esgotamento, quando a marca superior for alcançada.

Partículas menores são retiradas pelo elemento de filtro, pelo qual o ar é forçado a passar no caminho para o receptor. O elemento de filtro deve ser limpo ou substituído regularmente.

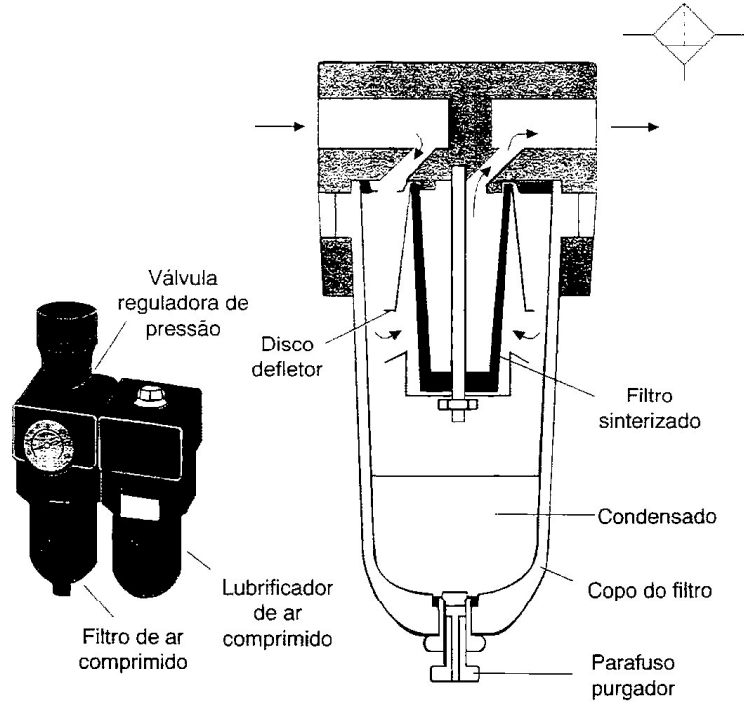


Figura 1.24

## Filtros de Ar Comprimido com Regulador de Pressão

A função do filtro de ar comprimido é reter as partículas de impureza, bem como a água condensada.

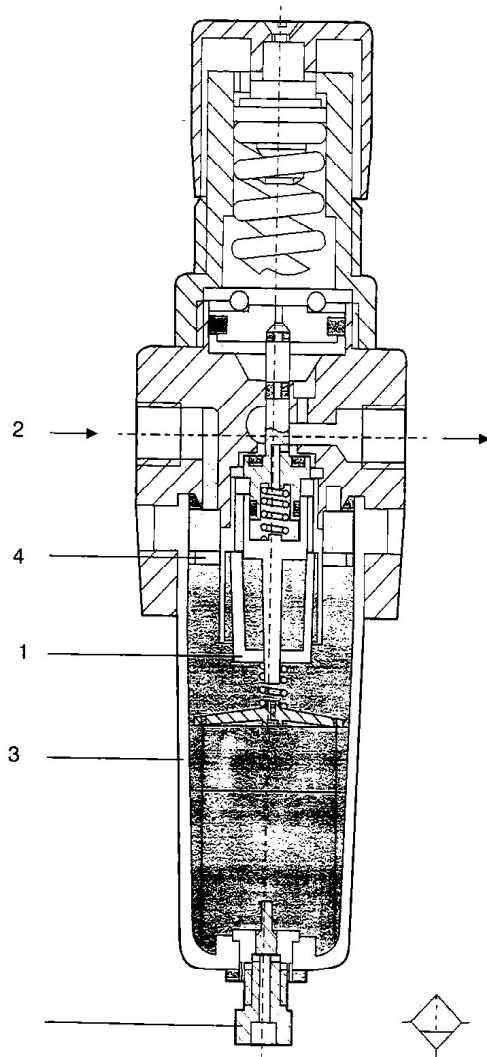


Figura 1.25 – Regulador de pressão

Para entrar no copo (1) o ar comprimido deve passar por uma chapa defletora (2) com ranhuras direcionais. Como consequência, o ar é forçado a um movimento de rotação. Com isso, separam-se as impurezas maiores, bem como as gotículas de água por meio de força centrífuga, depositando-se no fundo do copo coletor.

O filtro(4) sintetizado tem uma porosidade que varia entre 30 e 70  $\mu\text{M}$ .

Por ele, as partículas sólidas maiores são retiradas. O elemento filtrante deve ser limpo ou substituído em intervalos regulares quando estiver saturado.

O ar limpo passa então pelo regulador de pressão e chega à unidade de lubrificação e daí para os elementos pneumáticos.

O condensado acumulado no fundo do copo deve ser eliminado ao atingir a marca do nível máximo admissível, através de um parafuso

Purgador (3). Se a quantidade de água é elevada, convém colocar no lugar do parafuso (3) um dreno automático.

Dessa forma a água acumulada no fundo do copo pode ser eliminada, porque, caso contrário, a água será arrastada novamente pelo ar comprimido para os elementos pneumáticos.

*Observação:* O funcionamento do regulador de pressão está explicado detalhadamente em capítulos posteriores..

## Lubrificador de Ar Comprimido

O lubrificador tem a tarefa de abastecer suficientemente, com material lubrificante, os elementos pneumáticos. O elemento lubrificante é necessário para garantir um desgaste mínimo dos elementos móveis, manter tão mínimo quanto possível as forças de atrito e proteger os aparelhos contra corrosão.

Os lubrificadores trabalham geralmente, segundo o princípio de “VENTURI”. A diferença de pressão  $\Delta p$  (queda de pressão), entre a pressão antes do bocal nebulizador e a pressão no ponto estrangulado no bocal, será aproveitada para sugar óleo de um reservatório e misturá-lo com ar, formando uma neblina.

O lubrificador somente começa a funcionar quando existe fluxo suficientemente grande. Quando houver uma pequena demanda de ar, a velocidade no bocal é insuficiente para gerar uma depressão (sucção) que possa sugar o óleo do reservatório.

Deve-se, portanto, prestar atenção aos valores (fluxo) indicados pelos fabricantes.

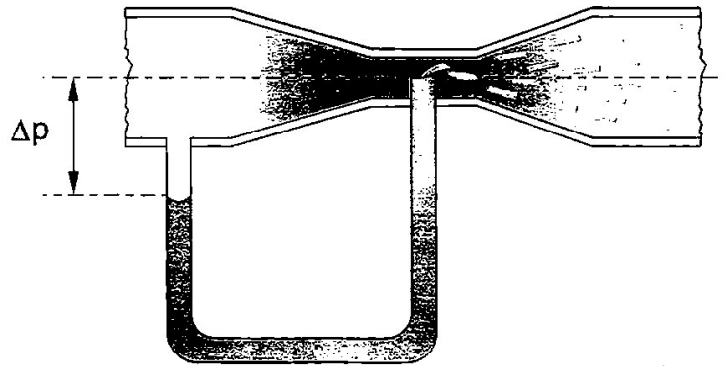


Figura 1.26 – Lubrificador de ar comprimido

Com o lubrificador de ar comprimido, o ar que o atravessa é adicionado de óleo finamente pulverizado. Desta maneira as partes móveis dos elementos pneumáticos são abastecidas de lubrificante, reduzindo o atrito e o desgaste.

## Funcionamento

O ar atravessa o lubrificador de A para B. Uma parte do ar fluente é elevado a um bocal. A queda de pressão que assim se verifica, leva “aspiração de óleo por um tubo de elevação de um reservatório de óleo. Junto ao bocal, as gotas de óleo são arrastadas pelo fluxo de ar e pulverizadas.

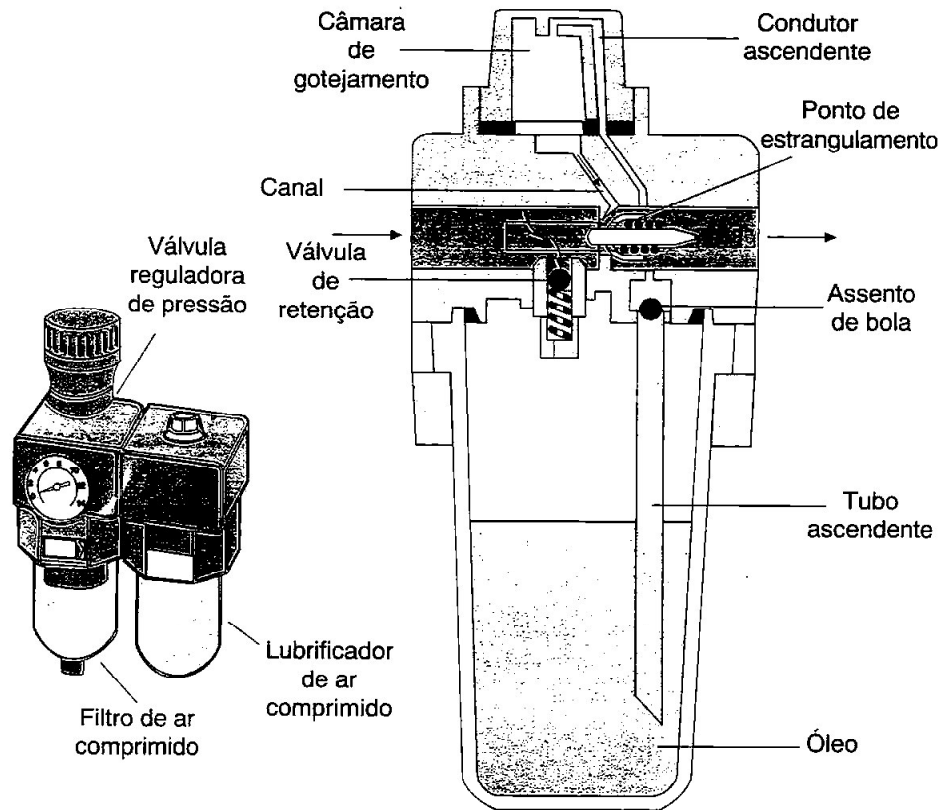


Figura 1.27

## Unidade de Conservação

A unidade de conservação é uma combinação dos seguintes elementos:

- Filtro de ar comprimido;
- Regulador de pressão;
- Lubrificador de ar comprimido.

Devem-se observar os seguintes pontos:

1. A vazão total de ar em  $m^3$  /hora é determinante para o tamanho da unidade. Uma demanda (consumo) de ar grande demais provoca uma queda de pressão nos aparelhos. Devem-se observar rigorosamente os dados indicados pelos fabricantes.



2. A pressão de trabalho nunca deve ser superior à indicada no aparelho. A temperatura ambiente não deve ser maior que 50°C (máximo para copos de material sintético).

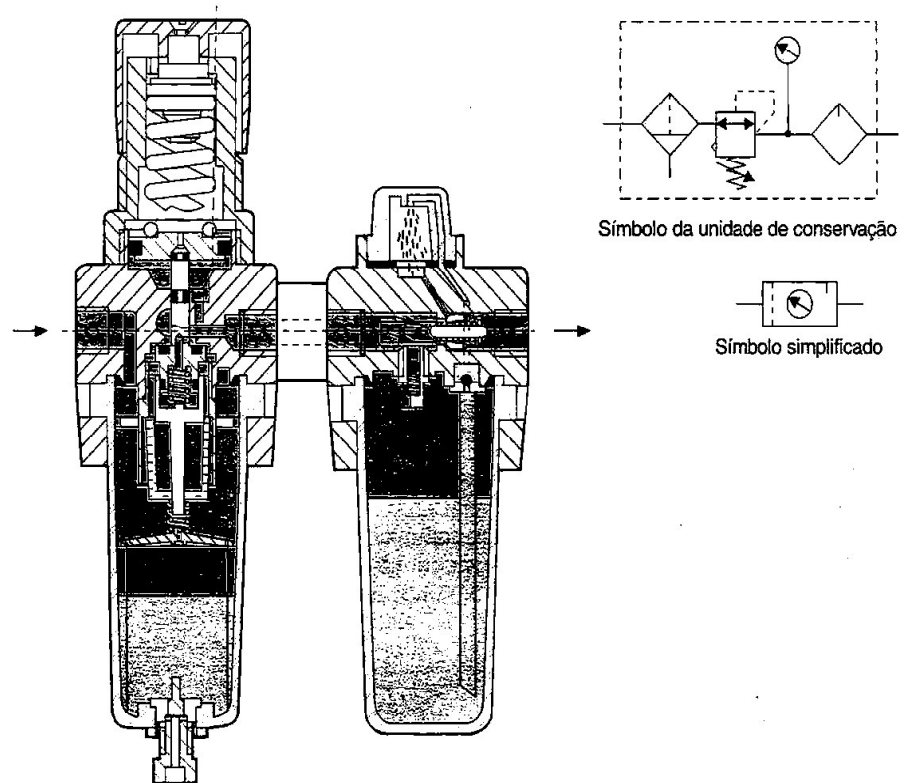


Figura 1.28

### Manutenção das Unidades de Conservação

São necessários os seguintes serviços freqüentes de manutenção:

Filtro de ar comprimido: o nível de água condensada deve ser controlado regularmente, pois a altura marcada no copo coletor não deve ser ultrapassada. A água condensada acumulada pode ser arrastada para a tubulação de ar comprimido e para os equipamentos. Para drenar a água condensada deve-se abrir um parafuso de dreno no fundo do copo coletor.

O cartucho filtrante, quando sujo, também deve ser limpo ou substituído.

Regulador de pressão: na existência de um filtro de ar comprimido antes do regulador, este não necessita da manutenção.

Lubrificador de ar comprimido: controlar o nível de óleo no copo do lubrificador. Se necessário, completar o óleo até a marcação. Filtros de material plástico e copo do lubrificador devem ser limpos somente com querosene. Para o lubrificador devem ser usados somente óleos minerais.

## 2. ELEMENTOS PNEUMÁTICOS DE TRABALHO

A energia pneumática é transformada em movimento e força através dos elementos de trabalho. Esses movimentos podem ser lineares ou rotativos.

Os movimentos lineares são executados pelos cilindros e os movimentos rotativos pelos motores pneumáticos e cilindros rotativos.

### 2.1 MOVIMENTOS LINEARES

Os **cilindros de simples ação** realizam trabalho recebendo ar comprimido em apenas um de seus lados. Em geral o movimento de avanço é o mais utilizado para a atuação com ar comprimido, sendo o movimento de retorno efetuado através de mola ou por atuação de uma força externa devidamente aplicada.

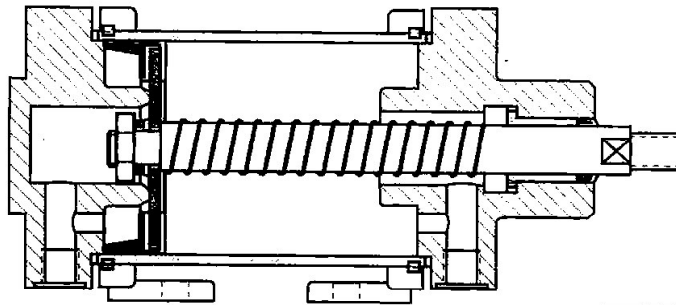


Figura 2.1 - Cilindro de simples ação com retorno por mola.

A força da mola é calculada apenas para que se possa repor o êmbolo do cilindro à sua posição inicial com velocidade suficientemente alta, sem absorver energia elevada.

O curso dos cilindros de simples ação está limitado ao comprimento da mola. Por esta razão não são fabricados cilindros de simples ação com atuação por mola com mais de 100mm.

Os cilindros de simples ação são especialmente utilizados em operações que envolvam fixação, expulsão, extração e prensagem entre outras.

Os cilindros de simples ação podem ainda ser construídos com elementos elásticos para reposição. É o caso dos cilindros de membrana onde o movimento de retorno é feito por uma membrana elástica presa à haste.

A vantagem da membrana está na redução do atrito porém a limitação da força nestes casos, se torna uma desvantagem. Estes cilindros são usados especialmente em situações de pequenos espaços disponíveis para operações de fixação e indexação de peças ou dispositivos.

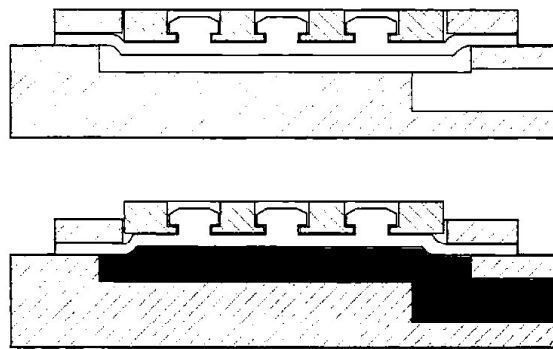


Figura 2.2 - Cilindros de simples ação com retorno por membrana.

Os **cilindros de dupla ação** realizam trabalho recebendo ar comprimido em ambos os lados. Desta forma realizam trabalho tanto no movimento de avanço como no movimento de retorno. Um sistema de comando adequado permite ao ar comprimido atingir uma câmara de cada vez, exaurindo o ar retido na câmara oposta. Assim quando o ar comprimido atinge a câmara traseira estará em escape a câmara dianteira e o cilindro avançará. No movimento de retorno, o ar comprimido que chega à câmara dianteira e à câmara traseira estará em escape.

Como não há a presença da mola, as limitações impostas aos cilindros de dupla ação, estão ligadas às deformações da haste quanto à flexão e à flambagem.

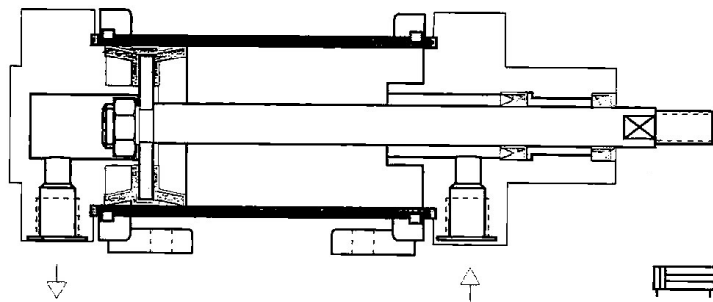


Figura 2.3 – Movimento de retorno

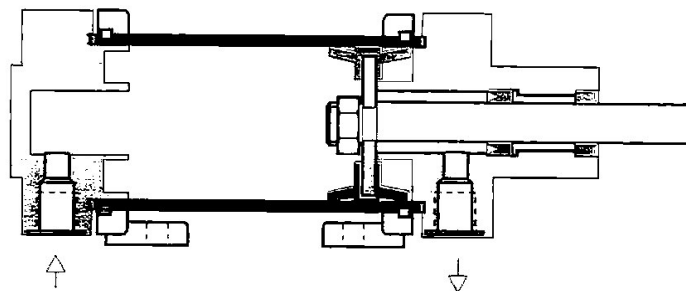


Figura 2.4 – Movimento de avanço

Os cilindros de dupla ação, quando sujeitos a cargas e velocidades elevadas, sofrem grandes impactos, especialmente entre o êmbolo e as tampas. Com a introdução de um sistema de amortecimento, os cilindros podem trabalhar sem o

risco do impacto que, na maioria das vezes, danifica o cilindro, causando vazamento e reduzindo o rendimento e a vida útil do cilindro de dupla ação.

Para evitar tais danos, antes de alcançar a posição final de curso, um êmbolo de amortecimento interrompe o escape direto do ar, deixando somente uma pequena passagem regulável.

Com o escape de ar restringido, cria-se uma sobrepressão que, para ser vencida absorve parte da energia, o que resulta em perda de velocidade nos finais de curso.

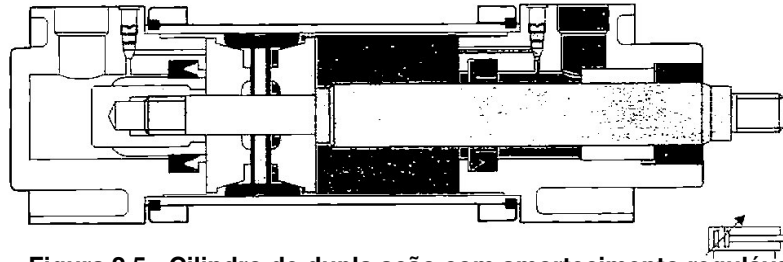


Figura 2.5 - Cilindro de dupla ação com amortecimento regulável

### Cilindros Especiais

Em muitas aplicações industriais, os cilindros convencionais de simples ação e dupla ação não podem ser utilizados satisfatoriamente. Para esses casos, foram desenvolvidos cilindros diferenciados dos padrões normais.

Com **cilindros com haste passante**, pode-se efetuar trabalho em ambos os lados ao mesmo tempo. Pode-se também utilizar um dos lados somente para acionamento de elementos de sinal. Um ponto positivo importante deste tipo de cilindro é o fato de que, por possuir dois mancais de apoio para as hastes, ele pode suportar cargas laterais maiores, porém, por possuir hastes em ambos os lados ele tem sua capacidade de forças reduzidas em relação a cilindros convencionais com uma única haste.

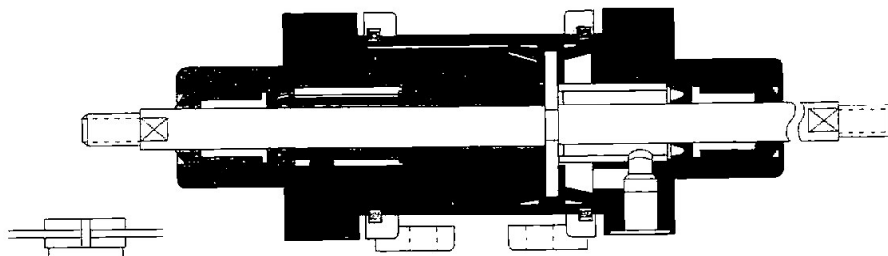


Figura 2.6 – Cilindro com haste passante

O **cilindro de múltiplas posições** é formado por dois ou mais cilindros unidos por suas câmaras traseiras. Desta forma se consegue um curso mais longo em um pequeno espaço físico. Além disso, pode-se conseguir posicionamentos intermediários escalonados.

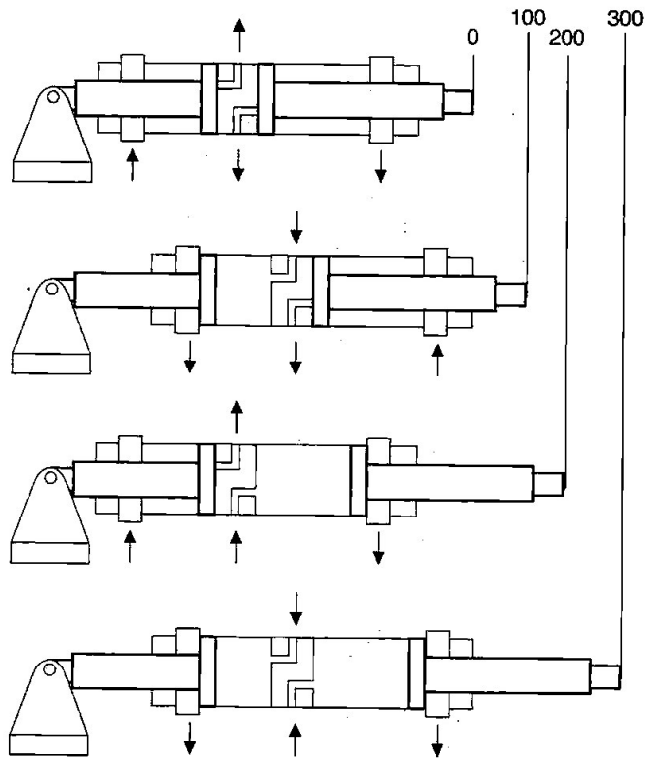


Figura 2.7 – Posicionamentos intermediários escalonados

O cilindro **sem haste** é constituído de um êmbolo que desliza livremente no interior da camisa do cilindro. No lado externo à camisa temos um cursor que desliza junto com o êmbolo. A força que faz com que o cursor externo deslize juntamente com o êmbolo, é obtida através de um pacote de ímãs, situado na face interna ao cursor.

Com o cilindro sem haste, se reduz a necessidade de grandes espaços para a instalação. Se comparados aos cilindros convencionais, esse espaço é reduzido em 50%.

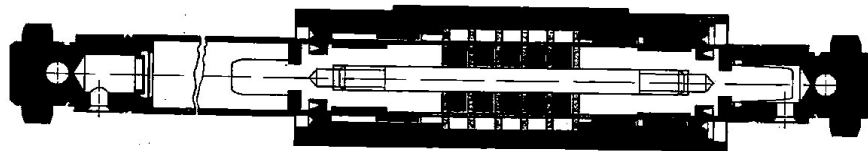


Figura 2.8 – Cilindro sem haste

## 2.2 MOVIMENTOS ROTATIVOS

O **cilindro rotativo (cremalheira)** transforma movimento linear de um cilindro comum em movimento rotativo de giro limitado.

O ar atinge o êmbolo do cilindro movimentando-o. Preso ao êmbolo encontra-se a Haste e em sua extremidade, uma cremalheira que transforma o movimento linear em movimento rotativo. O ângulo máximo de rotação pode ser ajustado mediante um parafuso. Os ângulos mais utilizados são:  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $360^\circ$ . Como aplicações

mais comuns estão as operações de giro de peças, curvar tubos, abertura e fechamento de válvulas, registros, etc.

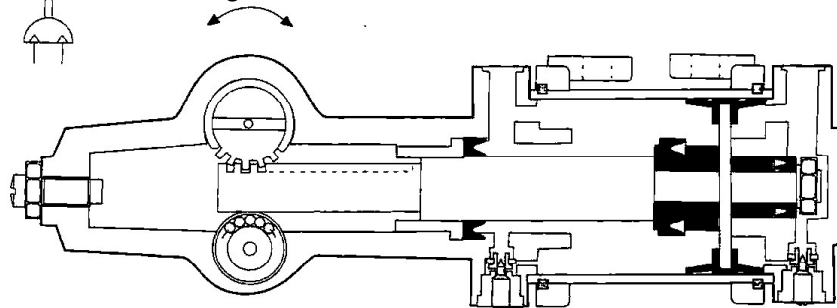


Figura 2.9 – Cilindro rotativo (cremalheira)

Com o **cilindro rotativo “DSR”** se conseguem movimentos rotativos de até 180º graus, ajustáveis.

São utilizados especialmente para abertura e fechamento de válvulas de grande porte e para rotação de peças ou dispositivos.

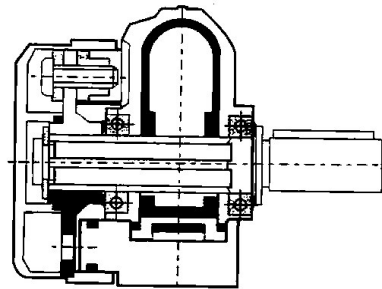


Figura 2.10 - Cilindro rotativo “DSR”

## 2.3 MOTORES PNEUMÁTICOS

Através de motores pneumáticos podemos executar movimentos rotativos de forma ilimitada. A grande característica destes motores pneumáticos é a alta rotação que se pode atingir. Como exemplo de aplicação, podemos citar as ferramentas pneumáticas e as “Brocas” utilizadas por dentistas que podem atingir até 500.000rpm. (Turbo-motores).

**Motores de palhetas** podem atingir rotações entre 3000 e 8500 rpm com potências que vão de 0,1 a 24 cv, à pressão normal.

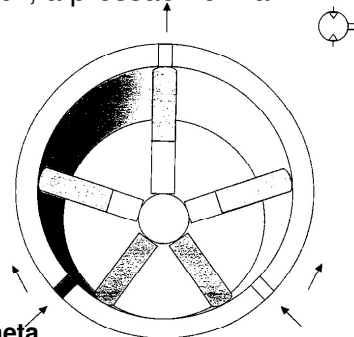


Figura 2.11 – Motor de palheta

Os motores de pistões radiais podem atingir rotações até 5.000 rpm com potências variando entre 2 a 25cv, a pressão normal.

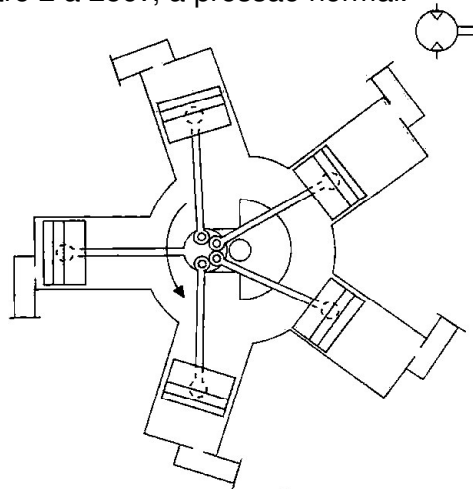


Figura 2.12 – Motor de pistão.

### Tipos de Fixação

A posição em que o cilindro vai ser instalado na máquina ou dispositivo, determina o tipo de fixação que será utilizado. A forma como o cilindro vai ser instalado deve prever o menor esforço possível, seja o esforço transversal (flexão) ou longitudinal (Flambagem). Assim o cilindro poderá trabalhar com o melhor rendimento possível com o menor desgaste.

- A** – Fixação rosqueada na tampa dianteira
- B** – Fixação rosqueada na tampa traseira
- C e D** – Fixação por meio de pés
- E** – Fixação por meio de pé único
- F** – Fixação por flange dianteira
- G** – Fixação por flange traseira
- H** – Fixação basculante

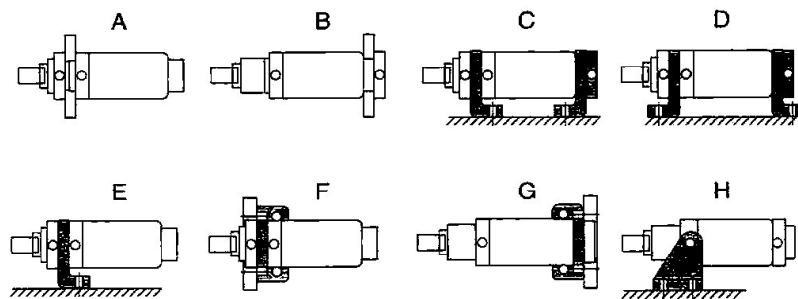


Figura 2.13 – Tipos de fixação

## Cálculos Para Cilindros

Forças: as forças realizadas pelos cilindros, dependem da pressão do ar, do diâmetro do êmbolo e das resistências impostas pelos elementos de vedação.

A força teórica exercida pelo cilindro é calculada segundo a fórmula abaixo:

$$F_t = P \times A$$

sendo:  $F_t$  = Força teórica do êmbolo (N)

$A$  = Superfície útil do êmbolo ( $\text{cm}^2$ )

$P$  = Pressão de trabalho (Kpa,  $10^5 \text{ N/m}^2$ , bar)

Cilindro de simples ação:  $F_{av} = A \cdot p - (F_r + F_f)$

Cilindro de dupla ação (avanço):  $F_{av} = P \times A - F_r$  ou  $F_{av} = p \times \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) - F_r$

Cilindro de dupla ação (retorno):  $F_{ret} = P \times A_2 - F_r$  ou  $F_{ret} = P \times \left( \frac{\pi \cdot D^2 - d^2}{4} \right) - F_r$

$F_n$  = Força efetiva do êmbolo (N)

$A$  = Superfície útil do êmbolo ( $\text{cm}^2$ )

$P$  = Pressão de trabalho (kPa,  $10^5 \text{ N/m}^2$ , bar)

$F_r$  = Resistência de atrito (N) (3-20% de  $F_t$ )

$F_f$  = Força da mola de retrocesso (N)

$D$  = Diâmetro do cilindro (cm)

$d$  = Diâmetro da haste do êmbolo (cm)

Na prática, a força efetiva de trabalho deve ser a teórica, menos as resistências internas ao cilindro.

Em condições normais de trabalho (faixa de pressão de 400 a 800 Kpa/4-8 bar), esta resistência pode absorver de 3% a 20% da força calculada.

## TIPOS DE VEDAÇÃO

A vedação das câmaras tem papel fundamental no desempenho dos cilindros, tanto quanto a realização de forças como em relação às velocidades.



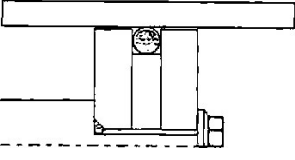
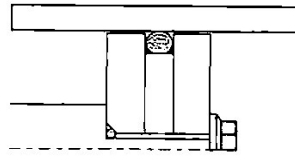
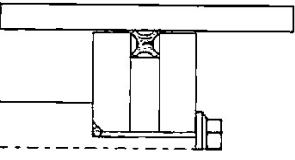
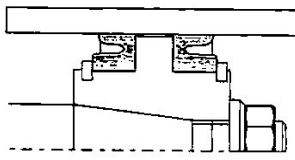
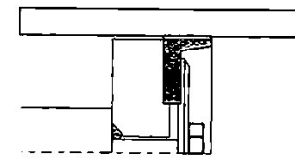
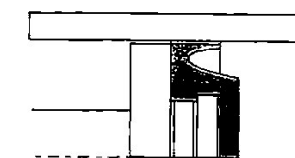
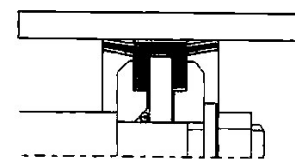

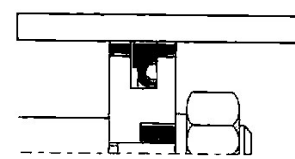
<p>Junta toroidal ou o'ring</p> 	<p>Junta toroidal achatada internamente</p> 
<p>Quadrang (perfil quadrado)</p> 	<p>Juntas copo de encaixe bilateral</p> 
<p>Junta tipo faca (lábio simples)</p> 	<p>Junta copo de encaixe unilateral</p> 
<p>Junta duplo lábio (T-duo)</p> 	<p>Junta duplo copo com anel deslizante</p> 
<p>Anel de vedação em "L"</p> 	

Tabela 2.1

### Unidades Especiais

Unidade hidropneumática: em muitos casos os cilindros pneumáticos não fornecem velocidades constantes e uniformes de trabalho. Na unidade hidropneumática a uniformidade dos movimentos é dada por um cilindro hidráulico de amortecimento em circuito fechado. Com isso a parte pneumática da unidade passa a ter velocidade constante e uniforme de acionamento.

A unidade consiste de um cilindro de ar comprimido, um cilindro hidráulico funcionando como freio com válvula de regulagem de fluxo unidirecional para regulagem de velocidade na parte hidráulica no curso de avanço, e ajuste na válvula de 5/2 vias anexa.

A trave une as hastes de êmbolo de ambos os cilindros e a haste de comando.

No acréscimo de pressão do cilindro de ar comprimido, o êmbolo do cilindro de freio hidráulico e a haste de comando são arrastadas através da trave. O comando de inversão se dá diretamente através da haste de comando ou por um sinal remoto.

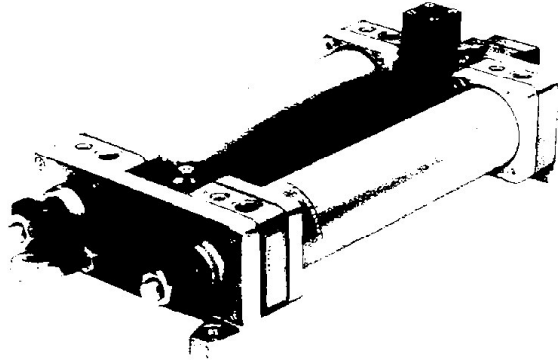


Figura 2.14 – Unidade hidropneumática

O **alimentador de avanço compassado** tem por função transportar compassadamente e em ciclos contínuos, materiais que se encontram principalmente em chapas ou bobinas. Este dispositivo serve para alimentação contínua em processos de corte, dobra, prensagem, etc.

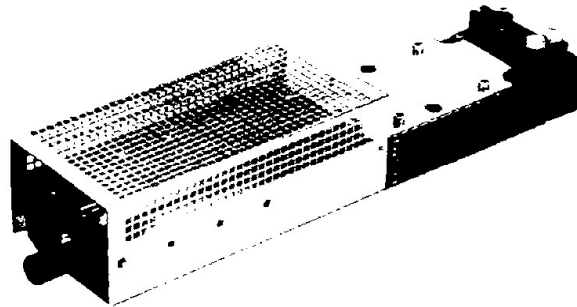


Figura 2.15 – Alimentador de avanço compassado

Muitos processos necessitam de movimentos compassados circulares. A melhor maneira de se conseguir esse movimento é através de uma **mesa giratória**. A mesa giratória possui regulagem que possibilita movimentos de 4, 6, 12 e 24 ciclos.

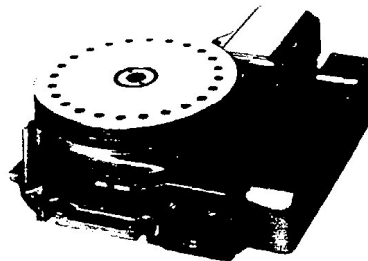
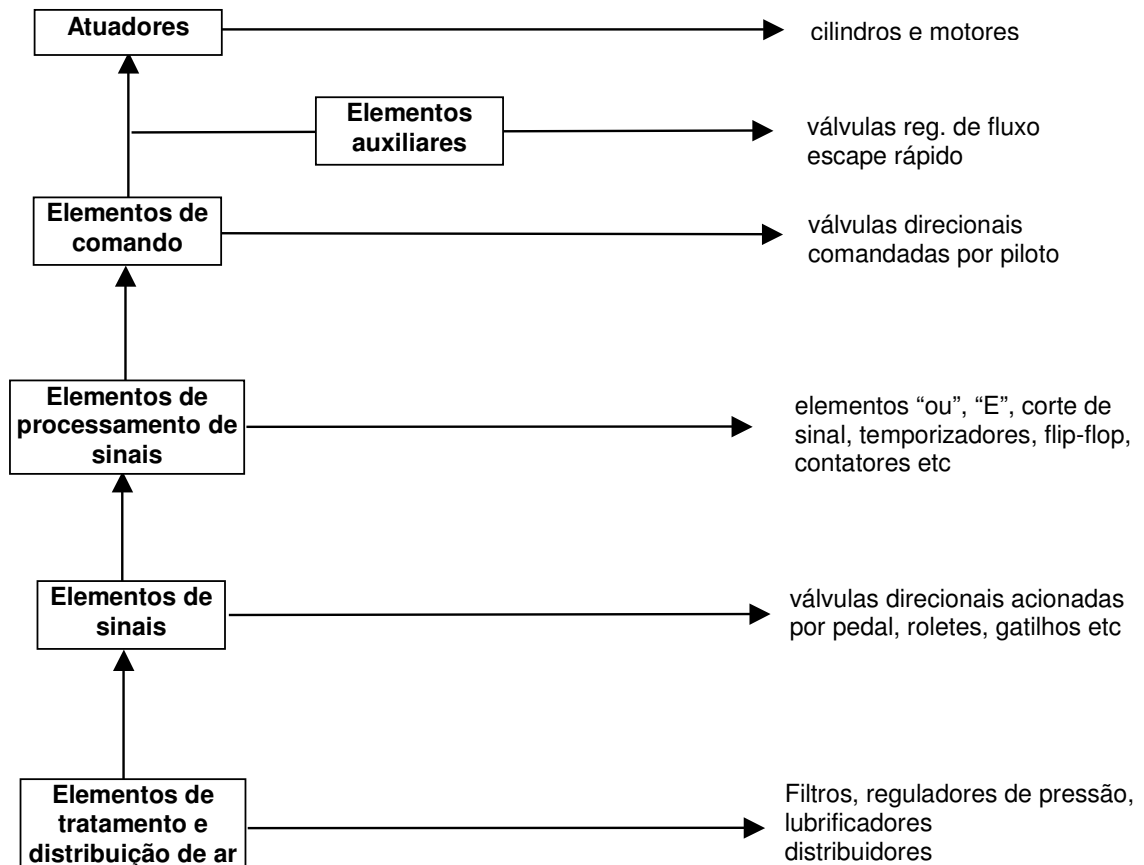


Figura 2.16 – Mesa giratória

### 3. VÁLVULAS PNEUMÁTICAS

Os circuitos pneumáticos são divididos em várias partes distintas e em cada uma dessas divisões, elementos pneumáticos especiais estão posicionados.

Esses elementos estão agrupados conforme suas funções dentro dos sistemas pneumáticos. As múltiplas funções quando devidamente posicionadas dentro de uma hierarquia, formam o que chamamos de “Cadeia de Comandos”.



Pelo esquema anterior podemos observar que válvulas do mesmo tipo podem assumir funções em vários pontos do circuito. Por exemplo válvulas direcionais podem tanto ser elementos de sinais como elementos de comando. Trataremos a partir de agora, as válvulas de acordo com sua construção e não por sua função no circuito.

#### 3.1 VÁLVULAS DIRECIONAIS

Variando consideravelmente, tanto em construção como em operação, são usadas para controlar a direção do fluxo e para que sejam obtidos os movimentos desejados dos atuadores (cilindros, motores, etc), de maneira a efetuar o trabalho exigido.

São válvulas que interferem na trajetória do fluxo de ar, desviando-o para onde for mais conveniente em um determinado momento por ação de um acionamento externo.

Para a representação das válvulas direcionais nos circuitos pneumáticos utilizamos simbologia normalizada conforme norma "DIN ISO 1219". Esta norma nos dá a função da válvula e não considera a construção da mesma.

O desenvolvimento dos símbolos nos dá a noção exata de como compreender a simbologia completa das válvulas.

### Desenvolvimento dos Símbolos

Um quadrado representa a posição de comutação.



O número de quadrados mostra quantas posições a válvula possui.



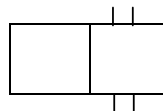
Setas indicam a direção de passagem do fluxo de ar.



Desta forma são representados os bloqueios, nas válvulas.



As conexões são indicadas por traços na parte externa, na posição à direita da válvula ou ao centro em casos de válvulas de 3 posições.



### Identificação das Posições e Conexões

**Posição de repouso (ou posição normal)** é aquela em que a válvula se encontra quando não está acionada. Neste caso para as válvulas de 2 posições, a posição de repouso é aquela que está situada à direita da válvula e para válvulas de 3 posições de repouso será a posição central.

## Identificação das Conexões

Conforme a norma DIN ISO 5599 temos a representação das conexões através de números e segundo a norma DIN ISO 1219 temos representação feita por letras

Conexão	DIN ISO 5599	DIN ISO 1219
Pressão	1	P
Exaustão	3,5	R (3/2) R,S (5/2)
Saída	2,4	B,A
Piloto	14,12	Z,Y

Tabela 3.1

2/2	Válvulas direcional 2 vias 2 posições normal aberta (N. A.)	
3/2	Válvula Direcional 3 vias, 2 posições normal fechada (N. F.)	
3/2	Válvula Direcional 3 vias, 2 posições normal aberta	
4/2	Válvula Direcional 3 vias, 2 posições	
5/2	Válvula Direcional 4 vias, 2 posições	
5/3	Válvula Direcional 5 vias, 3 posições centro fechado	

Tabela 3.2 - Número de vias e número de posições

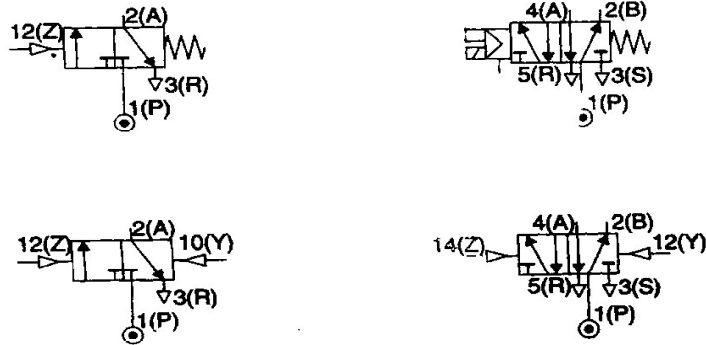


Figura 3.1 - Exemplo de designação de conexões

### Tipos de Acionamentos

A comutação das válvulas direcionais depende de acionamentos externos, esses acionamentos podem ser: mecânicos, manuais, elétricos, pneumáticos ou ainda combinados. O acionamento deve ser compatível com o momento do acionamento. Por exemplo: Para um sinal de início de ciclo normalmente se usa um acionamento muscular (botão, pedal, alavanca). Quando o acionamento vai ser executado por um cilindro no meio do ciclo, um acionamento mecânico (rolete, gatilho, came) é o mais indicado.

Muscular		Mecânico	
Operação manual geral		Rolete	
Botão		Gatilho	
Alavanca			
Alavanca com trava			
Pedal			
Mola (retorno)			
Centragem por mola			
Pneumático		Elétrico	
Piloto direto		Simples solenóide	
Servo Piloto		Duplo solenóide	
Decréscimo de pressão		Solenóides com operação por piloto e manual	

Tabela 3.3

### Características Construtivas das Válvulas Direcionais

As características de construção das válvulas determinam sua vida útil, força de acionamento, possibilidades de ligação e tamanho.

#### 3.1.1 TIPOS DE VÁLVULAS DIRECIONAIS

Segundo a construção podemos distinguir os tipos:

##### Válvulas de assento

- Válvulas de sede esférica
- Válvulas de sede de prato

##### Válvulas corrediças

- Corrediça longitudinal (carretel)
- Corrediça plana longitudinal (comutador)
- Corrediça giratória (disco)

Nas **válvulas de sede ou assento**, as ligações são abertas por esferas, prato ou cone. Estas válvulas possuem poucas peças sujeitas a desgaste e por isso apresentam longa vida útil, bem como são bastante tolerantes a impurezas, porém possuem forças relativamente altas de comutação.

**Válvula de sede esférica:** ao ser acionada, bloqueia-se a passagem de A para R, liberando a passagem do ar de P para A . Ao ser desacionada, a mola repõe a esfera em seu assento bloqueando a conexão P e liberando a passagem de A para R.

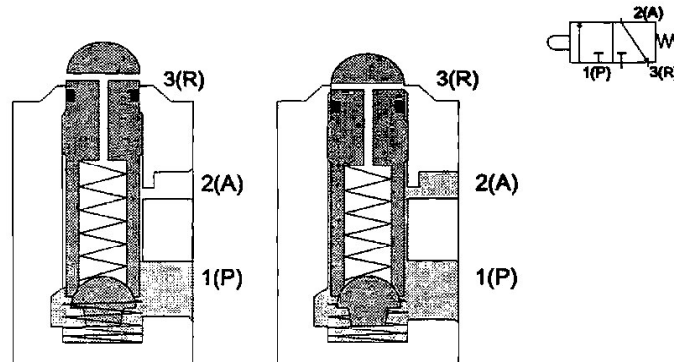


Figura 3.2 – Válvula de sede ou assento

**Válvula de sede de prato (acionamento mecânico):** ao ser acionado, o apalpador veda primeiro a passagem de A para R. Logo em seguida, desloca o prato de seu assento conectando P com A . No desacionamento é desligada primeiro a conexão P com A e logo após é ligada a conexão R com A .

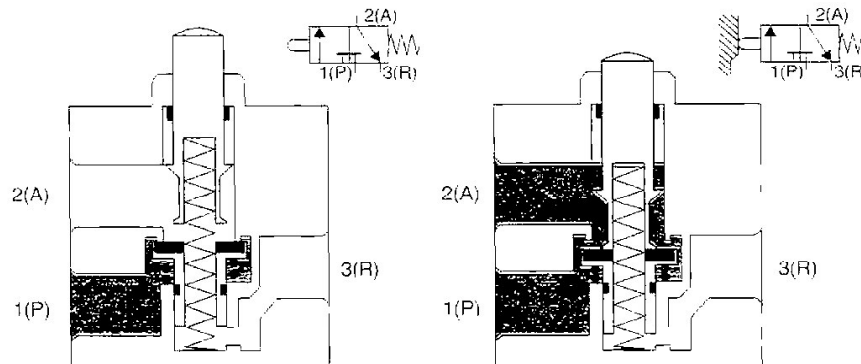
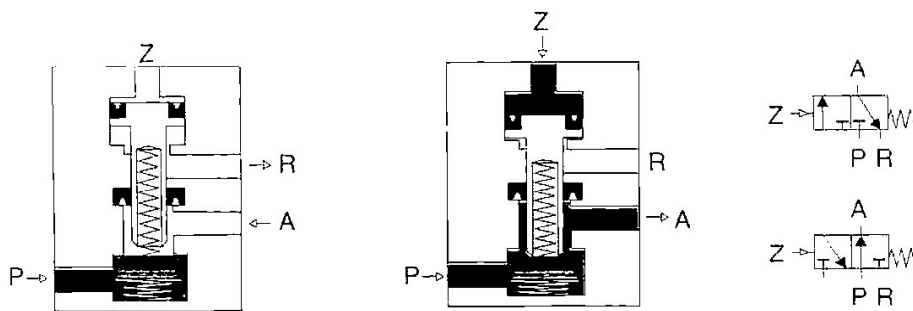


Figura 3.3 – Válvula de sede de prato (acionamento mecânico)

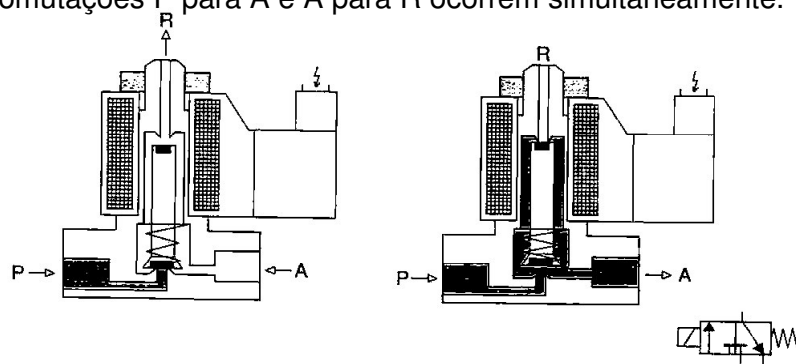
**Válvula de sede de prato (acionamento pneumático):** ao se acionado, o piloto Z atua sobre a área maior do pistão principal efetuando o bloqueio da passagem de A para R. Logo após desloca o prato de vedação de seu assento, conectando P com A . Esta válvula também pode ser normal aberta, bastando para isso apenas inverter as conexões P e R.





**Figura 3.4 – Válvula de sede de prato (acionamento pneumático)**

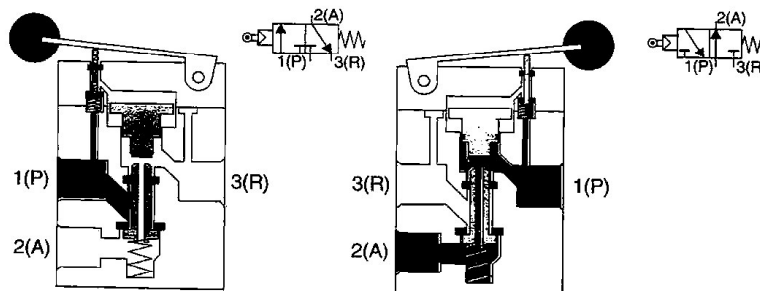
Válvula de sede de prato (acionamento eletromagnético): o funcionamento desta válvula é semelhante às anteriores, o que muda é apenas o acionamento e o fato de que as comutações P para A e A para R ocorrem simultaneamente.



**Figura 3.5 – Válvula de sede de prato (acionamento eletromagnético)**

Válvula de sede de prato (acionamento por rolete/ servo-pilotada): com o auxílio de um sistema de acionamento servo-piloto (indireto) tem-se a redução da força necessária ao acionamento, tornando a válvula bastante sensível.

Com o acionamento do rolete libera-se a passagem de ar de P para o piloto do carretel principal, que faz a vedação da conexão R com A e logo após abre a passagem de ar de P para A.



**Figura 3.6 – Válvula de sede de prato (acionamento por rolete/servo-pilotada)**

Válvula de sede de membrana: esta válvula possui pequeno curso, vedação positiva e pequenas forças de acionamento.

Quando o piloto Z é acionado, o carretel se desloca para a direita comutando P com A e a conexão B com S para escape. Quando o piloto Y é comutado, liga-se a conexão P com B e a conexão A com R para escape.

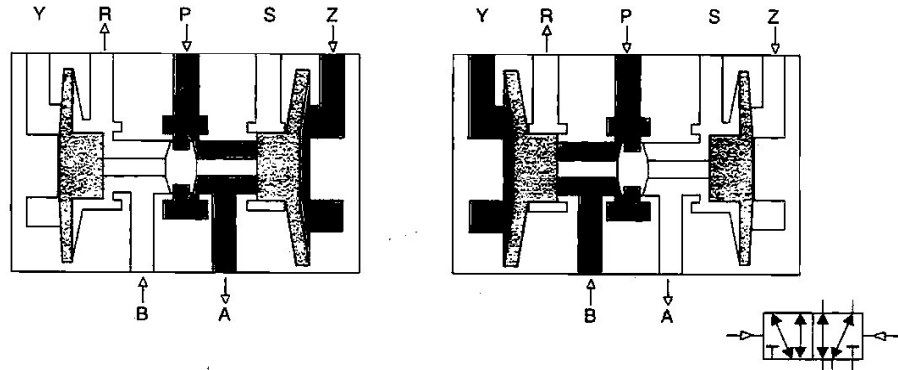


Figura 3.7 – Válvula de sede de membrana

### Válvulas Corrediças

Válvula de corredeira longitudinal (carretel): nesta válvula a força de acionamento é pequena porém o curso de comutação é longo, o que torna a válvula lenta na comutação.

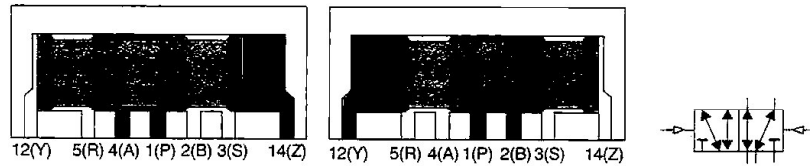


Figura 3.8 – Válvula de corredeira longitudinal (carretel)

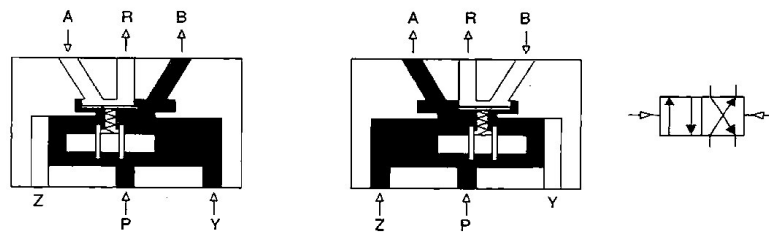


Figura 3.9 - Válvula corredeira longitudinal plana

Válvula corredeira giratória disco: estas válvulas são normalmente acionadas por alavanca. A comutação se dá pela sobreposição de discos.

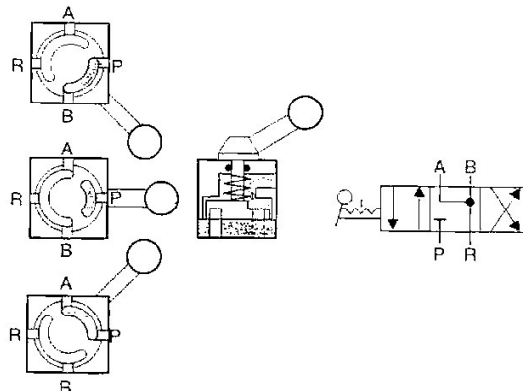


Figura 3.10 – Válvula corredeira giratória disco

Válvula de retenção simples: possui um pistão ou esfera apoiada contra uma sede pela ação de uma mola.

Com excelente característica de vedação, é utilizada para permitir o fluxo livre em um sentido e impedir o fluxo em sentido contrário.

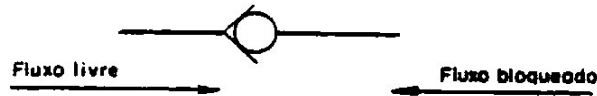


Figura 3.11 – Válvula de retenção simples

Válvula de retenção pilotada: construída para permitir fluxo livre numa direção e bloquear o fluxo de retorno até o momento em que uma pressão piloto desloque o pistão ou esfera e abra a válvula.

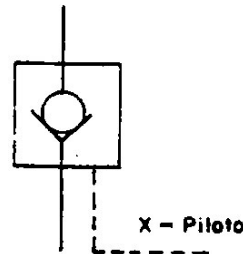


Figura 3.12 – Válvula de retenção pilotada

Válvula direcional de carretel deslizante: nesta válvula, uma peça cilíndrica, com diversos rebaixos (carretel), desloca-se dentro de um corpo no qual são usinados diversos furos, por onde entra e sai o fluido. Os rebaixos existentes no carretel são utilizados para intercomunicar as diversas tomadas de fluido desse corpo, determinando a direção do fluxo.

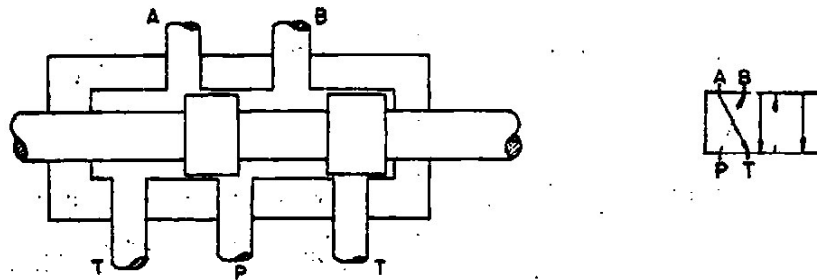


Figura 3.13 – Válvula direcional de carretel deslizante

A válvula direcional pode assumir duas, três ou mais posições.

O número de vias é contado a partir do número de tomadas para o fluido e deve ser igual em cada posição, devendo existir uma correspondência lógica entre elas.

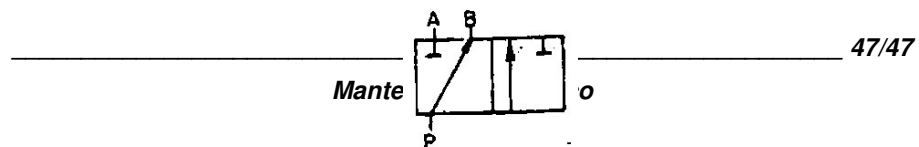


Figura 3.14

Existem diversas maneiras de acionar o carretel de uma válvula direcional, como no esquema representado na tabela seguinte.



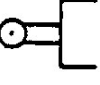




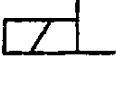
Manual		Alavanca	
Mecânico		Piloto	
Pedal		Controlado por solenóide, operado por piloto	
Botão		Solenóide	

Tabela 3.4

O carretel pode ser com mola ou detente.

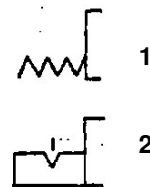


Figura 3.15  
1 – Mola  
2 – Detente

Válvulas controladoras de pressão: são válvulas de posicionamento infinito, isto é, podem assumir qualquer posição, desde totalmente fechadas a totalmente abertas, dependendo da pressão.

A maioria opera através de um balanço entre pressão e força de mola.

A PRESSÃO PILOTO ATUA  
NESTA CAMARA PARA  
DESLOCAR O CARRETEL  
PARA A DIREITA.

PASSAGEM DE TANQUE (T)

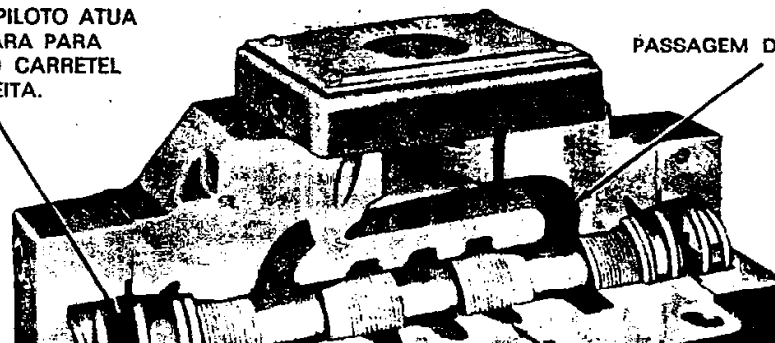


Figura 3.16 – Válvula operada por piloto

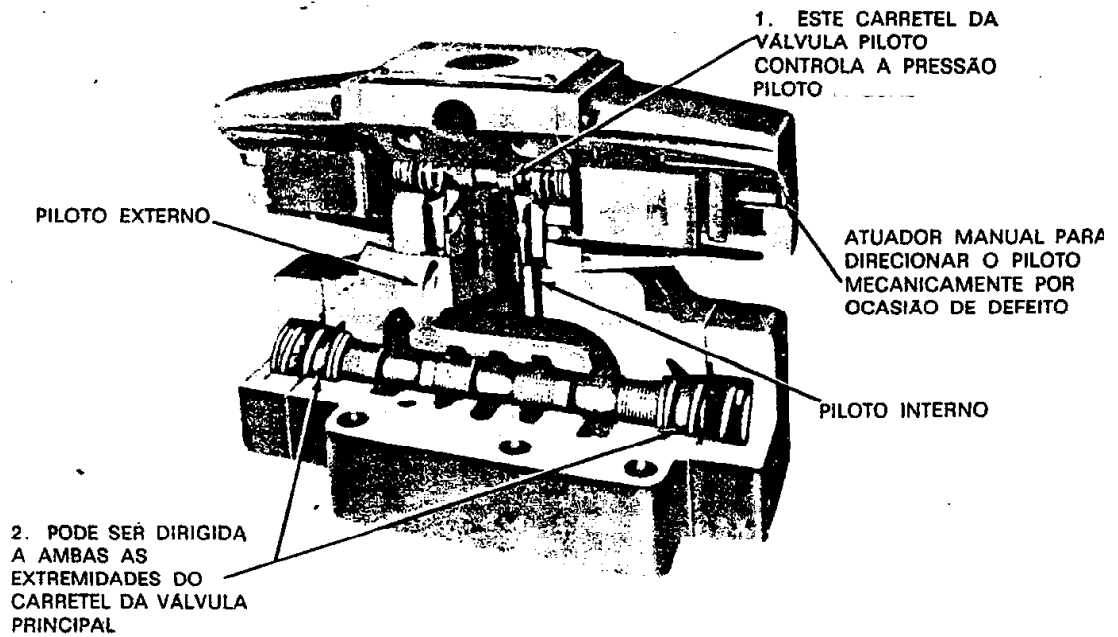


Figura 3.17 – Válvula operada por piloto, controlada por solenóide

Válvula de descarga: é usada para descarregar, à baixa pressão, toda a vazão da bomba.

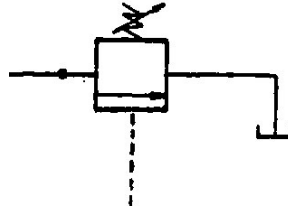


Figura 3.18 – Válvula de descarga

Válvula de contrabalanço: empregada para controlar um cilindro na vertical, de tal modo que seja evitada a sua descida livre pela ação da carga.

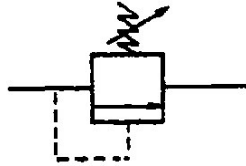


Figura 3.19 – Válvula de contrabalanço

Válvula de frenagem: esta válvula é usada para evitar que o motor acelere por ação da carga.

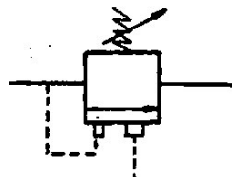


Figura 3.20 – Válvula de frenagem

Válvulas de controle de fluxo: as válvulas controladoras de volume ou de fluxo são usadas para regular velocidades. Permitem uma regulagem simples e rápida da velocidade do atuador, através da limitação da vazão de fluido que entra ou sai do atuador modificando assim a velocidade de seu deslocamento.

Válvula controladora de fluxo simples: empregada onde as pressões permanecem relativamente constantes e as faixas de velocidade não são críticas.

Pode-se controlar o fluxo com uma restrição fixa ou então com uma válvula variável. Existem, no entanto, unidades mais sofisticadas que incluem uma válvula de retenção para o retorno livre do fluxo.

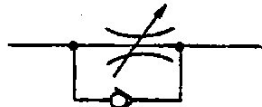
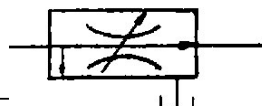


Figura 3.21 – Válvula controladora de fluxo simples

Válvula controladora de fluxo com pressão compensada: a do **tipo By - pass** combina uma proteção de sobrecarga com um controle de fluxo de pressão compensada. Possui um hidrostato, normalmente fechado, que se abre para desviar, no tanque, o fluido que excede ao ajuste da válvula.



Mantenedor Mecânico

Figura 3.22 – Válvula controladora de fluxo com pressão compensada tipo By-pass

A do **tipo restrição** também mantém um diferencial por meio de hidrostato, normalmente aberto, tendendo a se fechar, bloqueando a passagem do fluxo em excesso proveniente da bomba e que não pode passar através do ajuste.

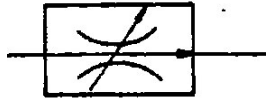


Figura 3.22 – Válvula controladora de fluxo com pressão compensada tipo restrição

Válvula controladora de fluxo com compensação de pressão e temperatura: o fluxo que passa através de uma válvula deste tipo está sujeito a variar conforme a temperatura do óleo.

Com a compensação de temperatura, apesar de o óleo fluir mais facilmente quando quente, mantém-se um fluxo constante, diminuindo a abertura quando se eleva a temperatura. Consegue-se este resultado com uma haste compensadora, a qual se expande quando aquecida e se contrai quando resfriada.

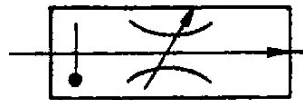


Figura 3.23 – Válvula controladora de fluxo com compensação de temperatura e pressão

### 3.2 VÁLVULAS DE BLOQUEIO

Válvulas de bloqueio são elementos que em geral bloqueiam a passagem de ar em um sentido, permitindo a passagem livre no sentido oposto. A pressão no lado do bloqueio atua sobre o elemento vedante, permitindo assim a vedação perfeita da válvula.

Válvula de retenção: impedem completamente a passagem do ar em uma direção, permitindo que o ar passe praticamente livre com a mínima queda de pressão na direção oposta. O fechamento pode ser efetuado através de cone, esfera, membrana ou placa.

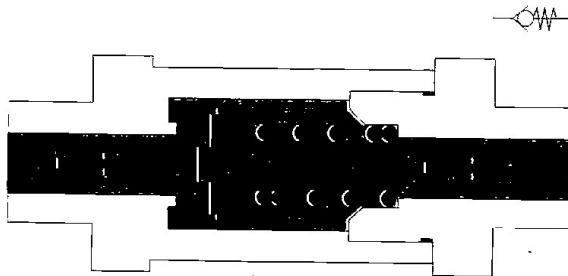


Figura 3.24 – Válvula de retenção

**Válvula alternadora:** esta válvula possui duas entradas X e Y, e uma saída A . Quando o ar comprimido entra em X, a esfera bloqueia a entrada Y e o ar circula de X para A . Em sentido contrário, quando o ar circula de Y para A, a entrada X fica bloqueada. Quando um lado de um cilindro ou de uma válvula entra em exaustão, a esfera permanece na posição em que se encontrava antes do retorno do ar.

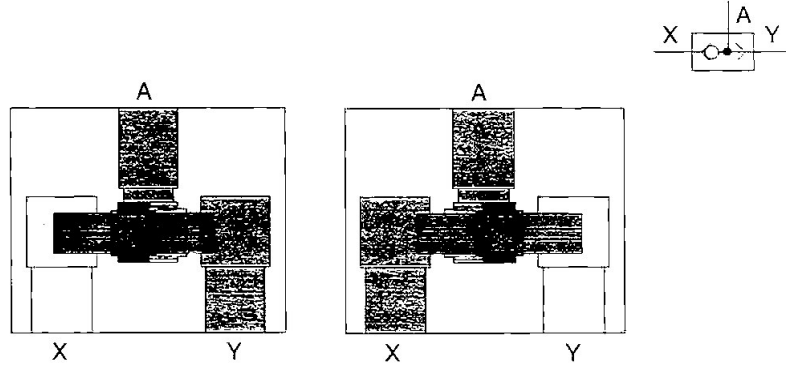


Figura 3.25 – Válvula alternadora

Estas válvulas são chamadas também de “elemento OU (OR)” e seleciona sinais emitidos por válvulas de “sinais” provenientes de diversos pontos e impede o escape de ar por uma segunda válvula.

Se um cilindro ou uma válvula de comando devem ser acionados de dois ou mais lugares, é necessária a utilização desta válvula (alternadora).

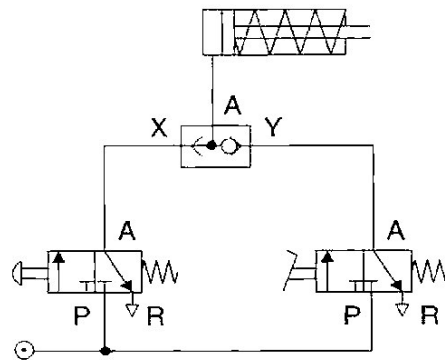


Figura 3.26 - Exemplo de aplicação

**Válvula de simultaneidade:** esta válvula possui duas entradas X e Y e uma saída A . O ar comprimido pode passar somente quando houver pressão em ambas as entradas. Um sinal de entradas X ou Y impede o fluxo para A em virtude do desequilíbrio das forças que atuam sobre a peça móvel. Quando existe uma diferença de tempo das pressões, a última é a que chega na saída A . Se os sinais de entrada são de pressões diferentes, a maior bloqueia um lado da válvula



e a pressão menor chega até a saída A . Esta válvula é também chamada de “elemento E (AND)”.

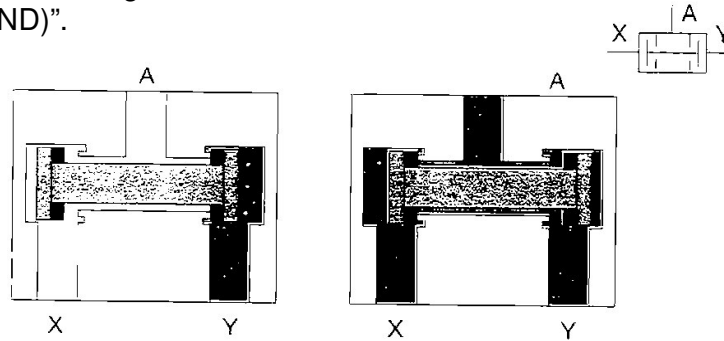


Figura 3.27 – Válvula de simultaneidade

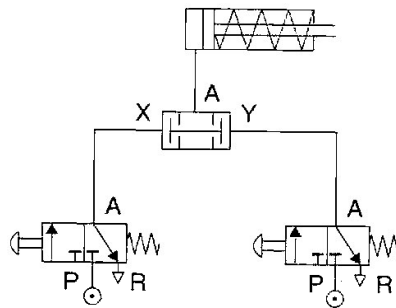


Figura 3.28 - Exemplo de aplicação

Válvula de escape rápido: estas válvulas são usadas para aumentar a velocidade dos êmbolos dos cilindros. Tempos de retorno elevados, especialmente em cilindros de ação simples podem ser eliminados dessa forma.

A válvula é dotada de uma conexão de pressão P, uma conexão de escape R bloqueado e uma saída A .

Quando se aplica pressão em P, a junta desloca-se contra o assento e veda o escape R. O ar circula até a saída A . Quando a pressão em P deixa de existir, o ar que agora retorna pela conexão A, movimenta a junta contra a conexão P provocando seu bloqueio. Dessa forma o ar pode escapar por R rapidamente para a atmosfera. Evita-se com isso, que o ar de escape seja obrigado a passar por uma canalização longa e de diâmetro pequeno até a válvula de comando. O mais recomendável é colocar o escape rápido diretamente no cilindro ou então o mais próximo possível do mesmo.

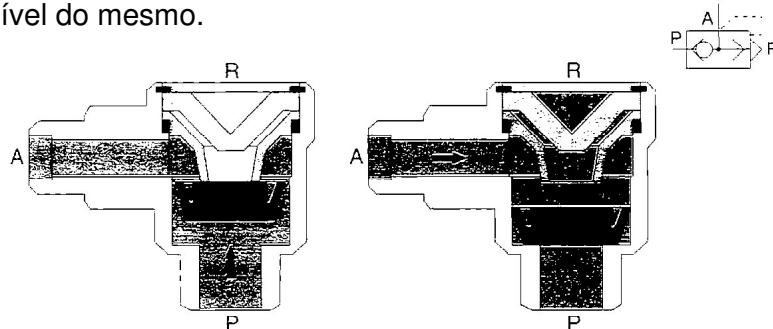


Figura 3.29 – Válvula de escape rápido

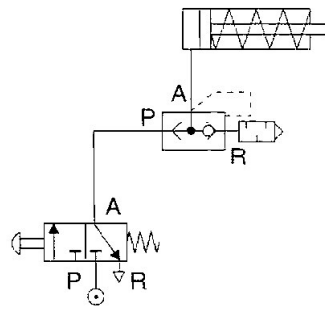


Figura 3.30 - Exemplo de aplicação

### 3.3 VÁLVULAS DE FLUXO

Válvulas de fluxo influenciam a quantidade de ar que passa ao atuador. Este controle tem como finalidade ajustar a velocidade de atuação dos cilindros ou a rotação de giros dos motores.

Válvula reguladora de fluxo bidimensional: com válvulas reguladoras de fluxo bidirecionais pode-se ajustar a velocidade e/ou rotação de um atuador em ambas as direções de movimento regulável. Pode-se diminuir a quantidade de ar disponível ao cilindro, variando assim sua velocidade.

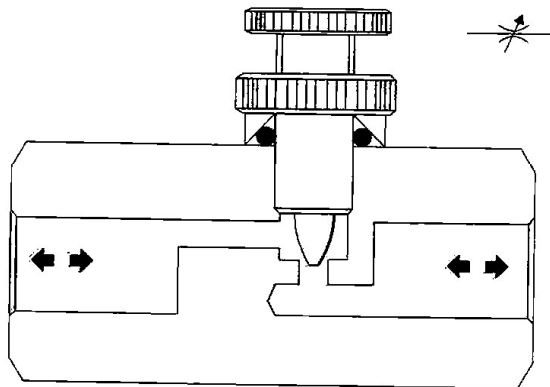


Figura 3.31 – Válvula reguladora de fluxo bidimensional

Válvula reguladora de fluxo unidirecional: nesta válvula, a regulagem do fluxo é feita somente em uma direção. Uma válvula de retenção fecha a passagem numa direção e o ar pode fluir somente através da secção regulável. Em sentido contrário o ar passa livre através da válvula de retenção aberta. Estas válvulas são utilizadas para a regulagem da velocidade em cilindros pneumáticos.

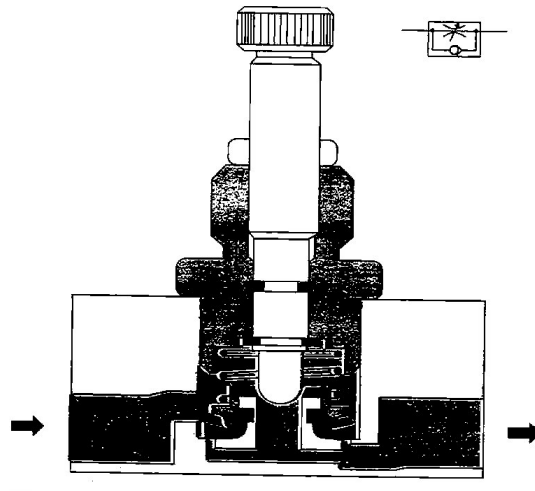


Figura 3.32 – Válvula reguladora de fluxo unidirecional

### Regulagem da Entrada de Ar

Neste caso, as válvulas reguladoras de fluxo unidirecional são montadas de modo que o estrangulamento seja feito na entrada do ar para o cilindro. O ar de retorno pode fluir para atmosfera pela válvula de retenção. Ligeiras variações de carga na haste do pistão, provocadas, por exemplo, ao passar pela chave fim de curso, resultam em grandes diferenças de velocidade do avanço. Por esta razão, a regulagem na entrada é utilizada unicamente para cilindros de ação simples ou de pequeno volume.

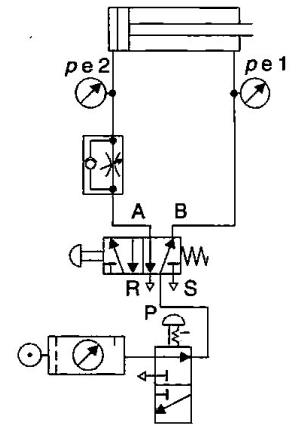


Figura 3.33

### Regulagem da Saída de Ar

Neste caso o ar de alimentação entra livremente no cilindro, sendo estrangulado o ar de saída. Com isso o êmbolo fica submetido a duas pressões de ar. Esta montagem da válvula reguladora de fluxo unidirecional melhora muito a conduta do avanço, razão pela qual a regulagem em cilindros de ação dupla deve ser efetuada na saída do ar da câmara do cilindro.

Em cilindros de pequeno diâmetro (pequeno volume) ou de pequeno curso, a pressão do lado da exaustão não pode aumentar com suficiente rapidez, sendo eventualmente obrigatório o emprego conjunto de válvula reguladora de fluxo unidirecional para a entrada e para a saída do ar das câmaras dos cilindros, a fim de se conseguir a velocidade desejada.

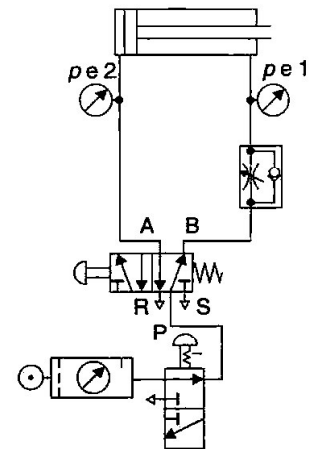


Figura 3.34

## 3.4 VÁLVULAS DE PRESSÃO

São válvulas que influenciam a pressão dos sistemas pneumáticos. Estão divididas em 3 grupos:

- Reguladoras de Pressão;
- Limitadoras de pressão;
- Válvulas de seqüência.

Regulador de pressão com orifício de escape: o regulador tem por função manter constante a pressão de trabalho (secundária) independente da pressão da rede (primária) e consumo de ar. A pressão primária tem que ser sempre maior que a pressão secundária. A pressão é regulada por meio de uma membrana (1). Uma das faces da membrana é submetida à pressão de trabalho, enquanto a outra é pressionada por uma mola (2) cuja pressão é ajustável por meio de um parafuso de regulagem(3).

Com o aumento da pressão de trabalho, se movimenta contra a força da mola. Com isso a secção nominal de passagem na sede da válvula (4) diminui até o fechamento completo. Isto significa que a pressão é regulada pela vazão.

Por ocasião do consumo, a pressão diminui e a força da mola reabre a válvula. Com isso, manter a pressão regulada se torna um constante abrir e fechar da válvula. Para evitar a ocorrência de uma vibração indesejável, sobre o prato da válvula (6) é constituído um amortecedor por mola (5) ou ar. A pressão de trabalho é indicada por manômetro.

Se a pressão crescer demasiadamente do lado secundário, a membrana é pressionada contra a mola. Com isso, abre-se o orifício da parte central da membrana e o ar em excesso sai pelo furo de escape para a atmosfera.

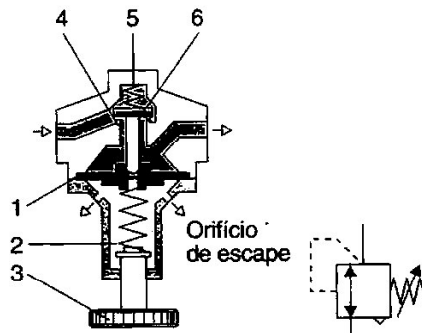


Figura 3.35 – regulador de pressão com orifício de escape

Regulador de pressão sem orifício de escape: no comércio encontram-se reguladores de pressão sem abertura de escape. Nesses casos, não se pode permitir a fuga do ar contido no sistema para a atmosfera.

### Funcionamento

Por meio do parafuso de ajuste (2) é tensionada a mola (8) juntamente com a membrana (3). Conforme a regulagem da mola (8) a passagem do primário para o

secundário se torna maior ou menor. Com isso o pino (6) encostado à membrana (3) afasta ou aproxima a vedação (5) do assento.

Se no lado secundário não houver passagem de ar, a pressão aumenta a força à membrana (3), contra a mola (8). Desta forma, a mola (7) pressiona o pino para baixo e a passagem é fechada pela vedação(5). Somente quando houver demanda de ar pelo lado secundário é que o ar comprimido do lado primário voltará a fluir.

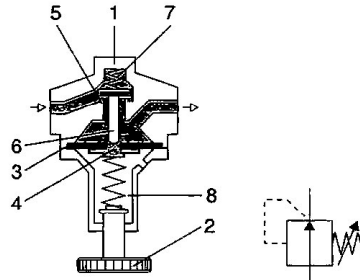


Figura 3.36 – Funcionamento do regulador de pressão sem orifício de escape

Válvula limitadora de pressão: estas válvulas são utilizadas, sobretudo, como válvula de segurança(válvula de alívio). Não permitem um aumento da pressão no sistema, acima da pressão máxima ajustada. Alcançada na entrada da válvula o valor máximo da pressão, abre-se a saída e o ar escapa para a atmosfera. A válvula permanece aberta até que a mola, após a pressão ter caído abaixo do valor ajustado, volte a fechá-la.

Também chamada válvula de segurança, é normalmente fechada e situa-se entre a linha de pressão (saída de bomba) e o reservatório. Sua função é limitar a pressão no sistema.

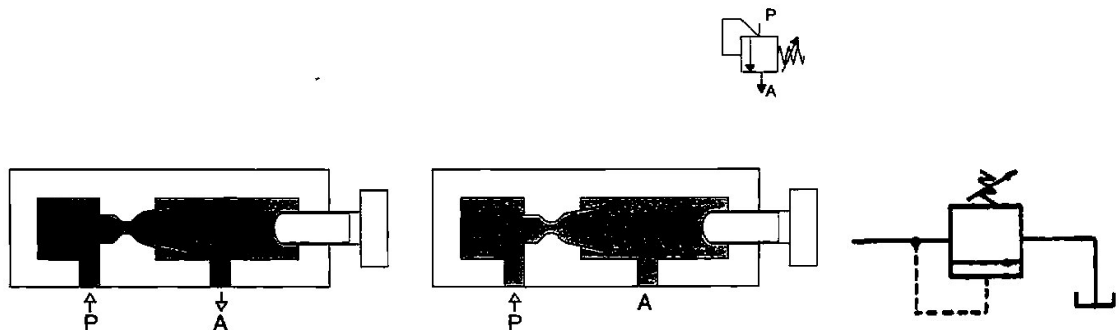


Figura 3.37 – Válvula limitadora de pressão

Válvula redutora de pressão: sua função é manter pressões reduzidas em certos ramos de um sistema. Normalmente encontra-se aberta. Ao ser atuada pela pressão de saída, tende a se fechar quando o ajuste é atingido.

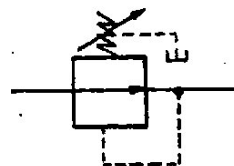


Figura 3.38 – Válvula redutora de pressão

**Válvula de seqüência:** o funcionamento é muito similar ao da válvula limitadora de pressão. Abre-se a passagem quando é alcançada uma pressão superior à ajustada pela moda. Quando no comando Z é atingida uma certa pressão pré-ajustada, o êmbolo atua uma válvula 3/2 vias, de maneira a estabelecer um sinal na saída A .

É utilizada para acionar os atuadores em uma determinada ordem, mantendo uma pressão na linha que vai ao atuador que avança primeiro.

Estas válvulas são utilizadas em comandos pneumáticos que atuam quando há necessidade de uma pressão fixa para o processo de comutação (comando em função da pressão). O sinal é transmitido somente quando for alcançada a pressão de comando.

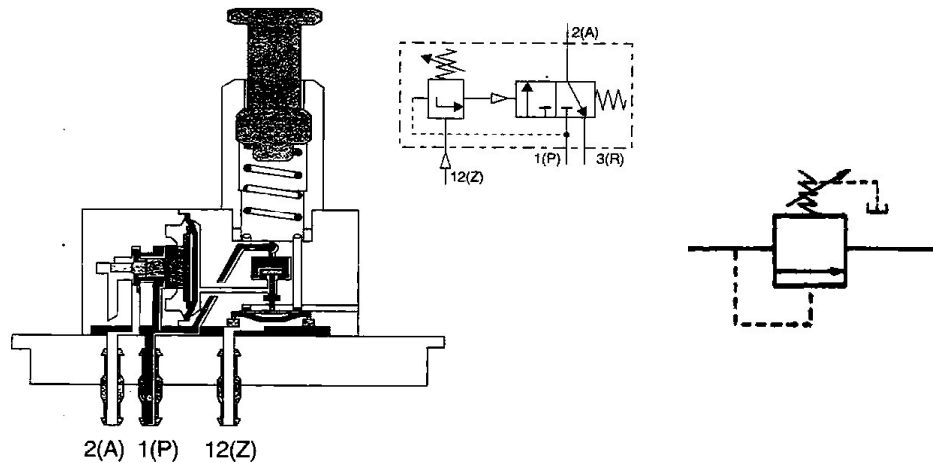


Figura 3.39 – Simbologia não normalizada

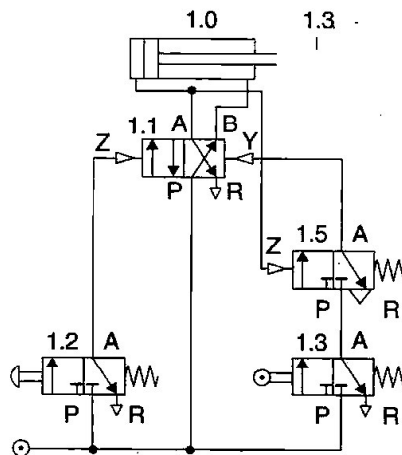


Figura 3.40 – Exemplo de aplicação

### 3.5 COMBINAÇÕES DE VÁLVULAS

As válvulas temporizadas são utilizadas para promover um retardo na emissão de um sinal. Normalmente as válvulas temporizadas são compostas de uma válvula direcional 3/2 vias acionada por piloto, uma válvula reguladora de fluxo unidirecional e um reservatório de ar.

Válvula temporizada normal fechada: o ar comprimido entra na válvula pelo orifício P. O ar de comando entra na válvula pelo orifício Z e passa através de uma reguladora de fluxo unidirecional; conforme o ajuste da válvula, passa uma quantidade maior ou menor de ar por unidade de tempo para o depósito de ar incorporado. Alcançada a pressão necessária de comutação, o êmbolo de comando afasta o prato do assento da válvula dando passagem de ar de P para A. O tempo de formação da pressão no reservatório corresponde ao retardo da válvula.

Para que a válvula temporizada retorne à sua posição inicial, é necessário exaurir o ar do orifício Z. O ar do reservatório escapa através da válvula reguladora de fluxo; o piloto da válvula direcional fica sem pressão, permitindo que a mola feche a válvula, conectando a saída A com o escape R.

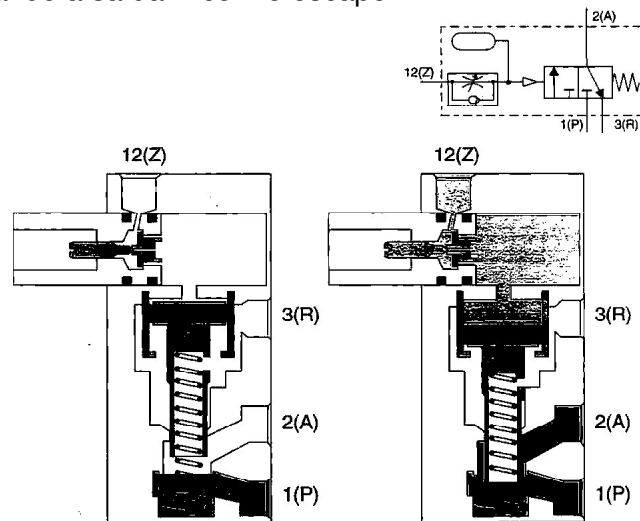


Figura 3.41 – Válvula temporizada normal fechada

Válvula temporizada normal aberta: esta válvula também é uma combinação de válvulas, integrada por uma válvula de 3/2 vias, uma válvula reguladora de fluxo unidirecional e um reservatório de ar. A válvula direcional 3/2 vias é uma válvula normalmente aberta.

Também neste caso, o ar de comando entra em Z; uma vez estabelecida no reservatório, a pressão necessária para o comando, é atuada a válvula de 3/2 vias. Devido a isso, a válvula fecha a passagem P para A. Nesse instante o orifício A entra em exaustão com R. O tempo de retardo corresponde também ao tempo necessário para estabelecer a pressão no reservatório. Caso for retirado o ar de Z, a válvula de 3/2 vias voltará à posição inicial.

Em ambos os temporizadores, o tempo de retardo normal é de 0 a 30 segundos. Este tempo pode ser prolongado com um depósito adicional. Se o ar é limpo e a pressão constante, podem ser obtidas temporizações exatas.

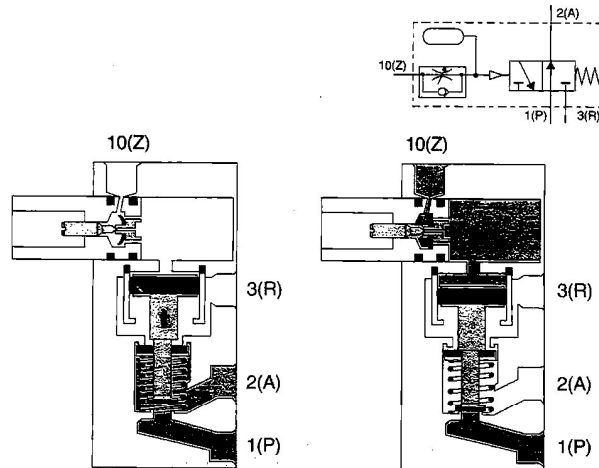


Figura 3.42 – Válvula temporizada normal aberta

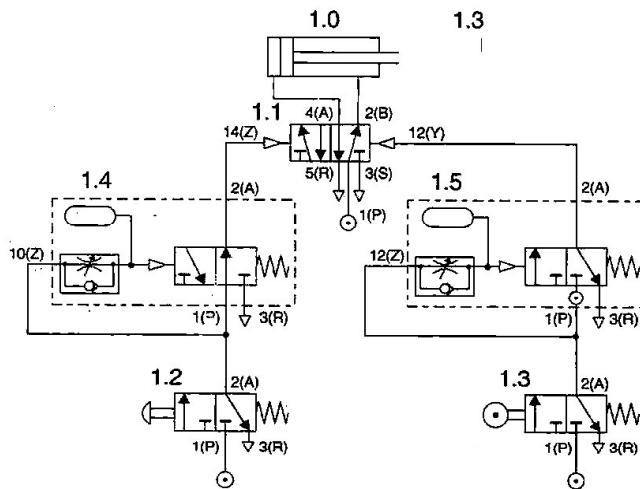


Figura 3.43 - Exemplo de aplicação

**Divisor binário (flip-flop):** este elemento consiste de uma válvula direcional de 3/2 vias normalmente fechada, um êmbolo de comando com haste basculante e um came. O acionamento é pneumático.

Quando o êmbolo de comando não está submetido à pressão, a haste encontra-se fora do alcance de comando (fig.1). Se for introduzido ar no orifício Z o êmbolo de comando e a haste se deslocam em direção à válvula de 3/2 vias. A haste avança e penetra no rebaixo do came girando-o; com isso, o apalpador da válvula de 3/2 vias é acionado e esta estabelece as ligações de P para A, fechando o escape R (fig.2).



Retirando o ar de Z, o êmbolo de comando e a haste retornam à sua posição normal. Devido ao travamento por atrito, o came permanece em sua posição, mantendo aberta a válvula de 3/2 vias (fig3).

Mediante um novo sinal em Z, A haste do êmbolo de comando avança e penetra no outro rebaixo do came, girando-o. Com isso, libera o apalpador da válvula 3/2 vias, que retorna pela ação da mola, a esfera bloqueia a passagem de P para A e o ar de A escapa por R (fig.1). Retirando o ar de Z o êmbolo e a haste retornam à sua posição inicial.

Esta válvula é utilizada para o movimento alternado de retorno e avanço de um cilindro.

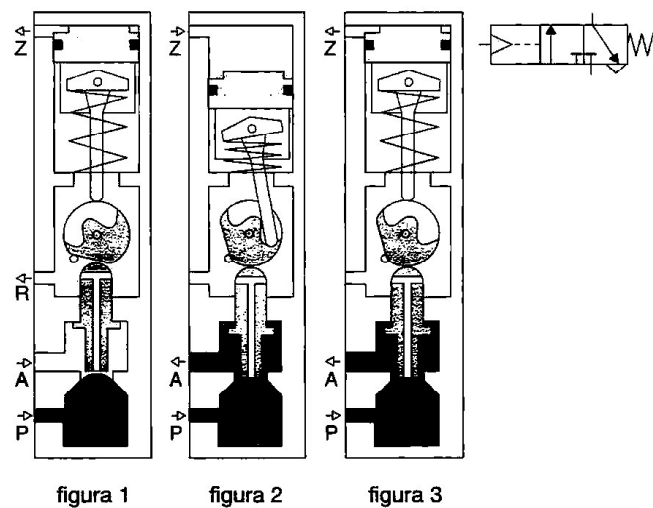


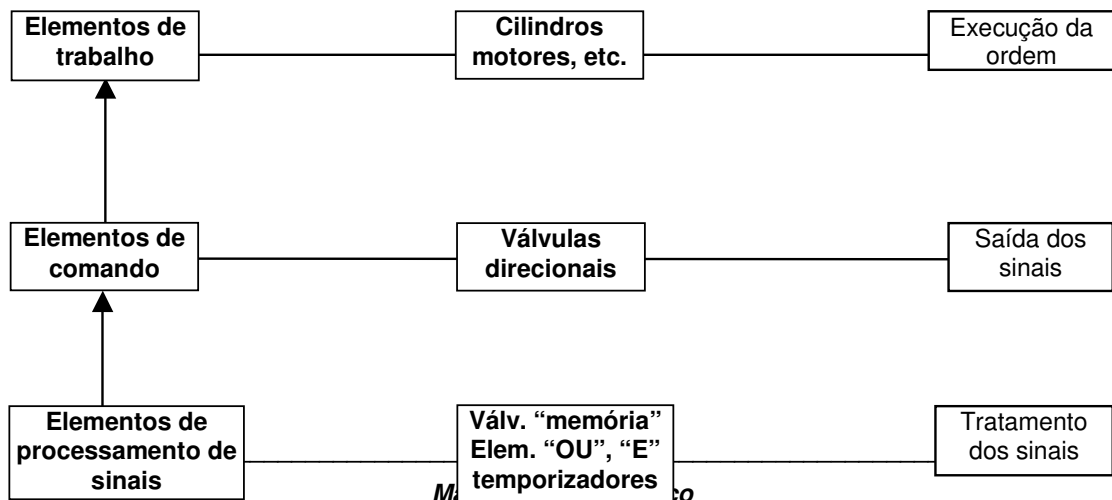
Figura 3.43 – Divisor binário (flip-flop)

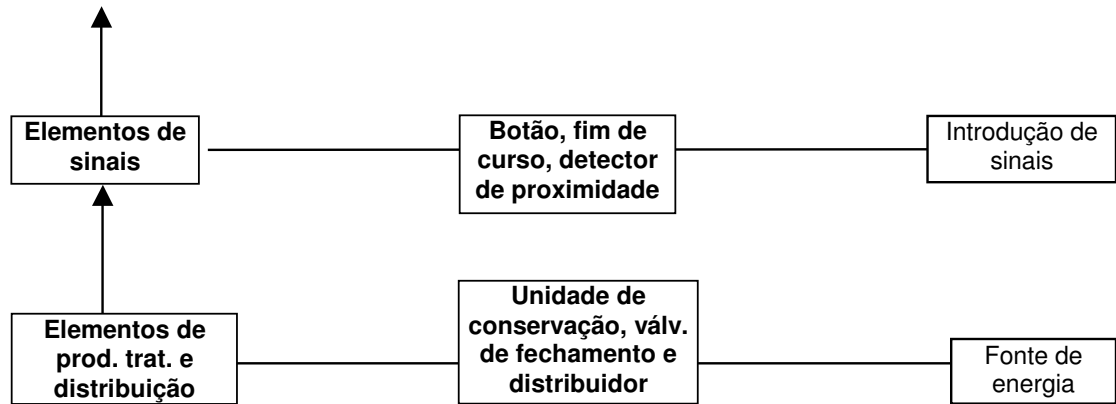
## 4. CONSTRUÇÃO DE CIRCUITOS PNEUMÁTICOS

### 4.1 CADEIA DE COMANDOS

A disposição gráfica dos diferentes elementos é análoga à representação esquemática da cadeia de comando, ou seja, o fluxo dos sinais é de baixo para cima. A alimentação é um fator muito importante e deve ser bem representada. É recomendável representar elementos necessários à alimentação na parte inferior e distribuir a energia, tal como mencioná-la de maneira ascendente.

Para circuitos relativamente volumosos pode-se simplificar, desenhando numa parte do esquema a fonte de energia (unidade de conservação, válvula de fechamento, distribuidor, etc.) assinalando os diferentes elementos por meio da simbologia simplificada (ver resumo de símbolos).





O quadro mostrado predetermina que o esquema seja desenhado sem considerar a disposição física real dos elementos, recomendando-se ainda representar todos os cilindros e válvulas direcionais horizontalmente.

Como exemplo, podemos considerar a disposição seguinte:

A haste de um cilindro de dupla ação deve avançar quando acionado um botão ou um pedal. Após alcançada a posição final dianteira, a haste do cilindro deverá retornar à sua posição inicial.

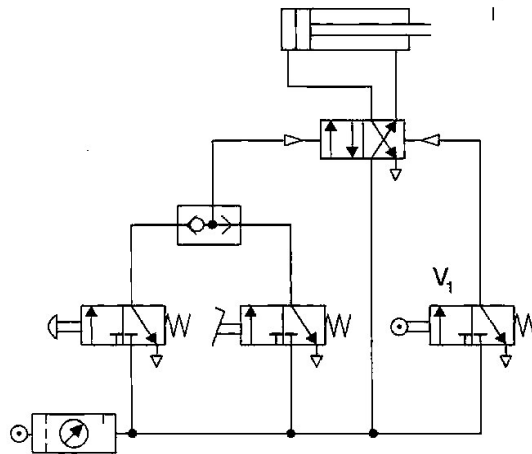


Figura 4.1

No esquema pneumático pode-se observar, além da disposição segundo o esquema da cadeia de comando, a separação da situação do elemento final de

curso. Esse final de curso "V1" será na realidade instalado na posição final dianteira do cilindro.

Como porém se trata de um módulo de sinal, o mesmo está representando na parte inferior do esquema. Para se obter a correspondência entre as duas disposições, a situação real é representada por um traço (I), com a respectiva indicação.

Em comandos onde há vários elementos de trabalho, convém decompor o mesmo em várias cadeias de comandos individuais, podendo se formar uma cadeia de comando para cada elemento de trabalho.

Convém que cada cadeia de comando seja representada, se possível, na seqüência do transcurso do movimento, lado a lado.

## 4.2 DESIGNAÇÃO DOS ELEMENTOS

Dois tipos podem ser encontrados com freqüência:

- Identificação por algarismos;
- Identificação por letras.

### Identificação Por Algarismos

Cada elemento dentro de um circuito pneumático tem sua função e para a sua identificação é utilizada a seguinte regra:

A identificação é composta de um número de grupo e a numeração seguinte indica a função do elemento.

### Classificação dos grupos

- Grupo 0 : Elementos que constituem a alimentação da energia.  
 Grupo 1,2,3.... Designação das diversas cadeias de comando (normalmente número dado ao cilindro).

### Numeração Contínua

- . 0: Elemento de trabalho, por exemplo, 1.0,2.0...  
 . 1: Elemento de comando, por exemplo, 1.1,1.2...  
 . 2, .4,....: Elementos que influenciam no avanço do elemento de trabalho, por exemplo, 2.2,2.4(número pares).  
 .3,.5,.....: Elementos que influenciam no retorno do elemento de trabalho, por exemplo, 1.3,2.5(números ímpares)  
 . 01, .02,.....: Elementos que auxiliam no movimento(lento rápido) dos

elementos de trabalho. Para avanço número par e retorno número ímpar por exemplo, 1.01,1.02

O sistema de numeração, orienta de acordo com as funções dos elementos e têm a vantagem, para o homem de manutenção, na prática, conhecer a atuação do sinal de cada elemento por intermédio da numeração.

Ao comprovar algum defeito no elemento 2.0, pode-se então partir da premissa de que a causa deve estar no grupo 2 e portanto, em elementos que levam a primeira numeração 2.

Na figura seguinte pode-se notar a correspondência dessa numeração.

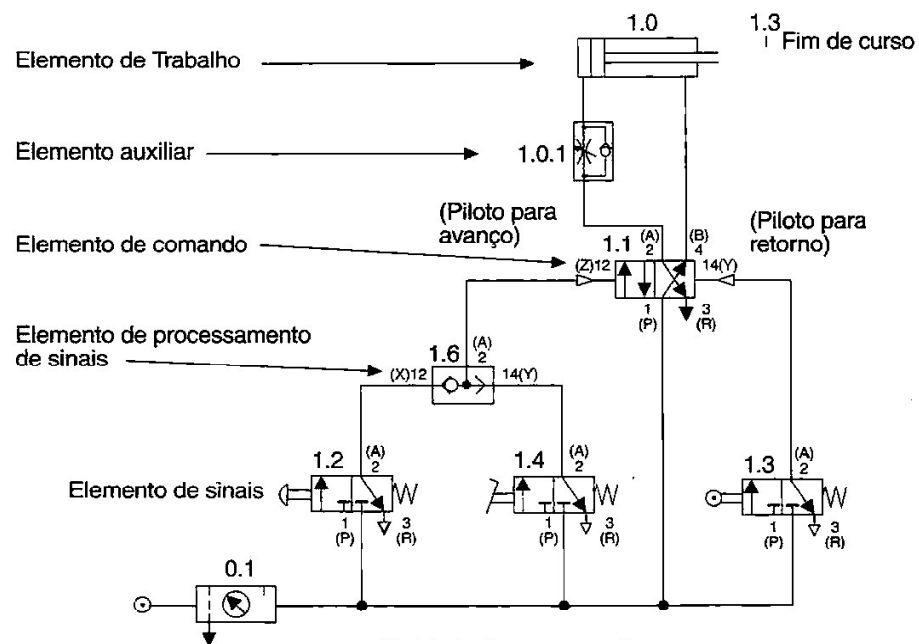


Figura 4.2 – Unidade de conservação

Em comandos mais complexos existem, na maioria das vezes, sobreposições, isto é, sinais de um elemento que age sobre diversos grupos.

### Identificação por Letras

Este método é muito importante no estudo de esquemas para os comandos programados em função de trajetória. Seu estudo necessita cálculos, desenho do diagrama e tabelas e a utilização deste método, através de letras, facilita a supervisão.

Os elementos de trabalho são identificados por letras maiúsculas e os fins de curso com letras minúsculas, identificados em função da sua posição e do cilindro que os aciona.

A, B, C,... Elementos de trabalho.

ao, bo, co,... Elementos fins de curso colocados na posição traseira das hastes dos cilindros

a1, b1, c1,... Elementos fins de curso colocados na posição dianteira das hastes dos cilindros.

A vantagem deste tipo de identificação consiste em que de imediato se pode dizer que, o elemento de sinal fica acionado, quando um elemento de trabalho passa a uma determinada posição. Assim é que por exemplo, o movimento de "A+" resulta em um acionamento "a1" e ao movimento de "B-" resulta em um final de curso "bo".

Isto quer dizer também que, existe possibilidade de utilizar, como na elétrica, uma combinação de números e letras para a identificação dos elementos.

### **Representação dos Elementos**

Todos os elementos devem ser representados no esquema na posição inicial de comando. Caso isso não seja possível ou caso não se proceda dessa maneira, é necessário fazer uma observação.

Quando válvulas de composição normal forem desenhadas em estados acionados, isto deve ser indicado, por exemplo, em caso de elemento fim de curso, através do desenho do ressalto.

### **Definição das Posições (Conforme VDI 3260)**

#### **a) Posição de repouso da instalação**

A instalação está sem energia. O estado dos componentes é definido pela configuração geral do sistema.

#### **b) Posição de repouso dos componentes**

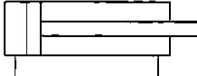
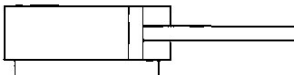
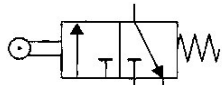
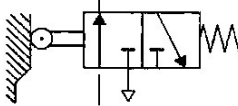
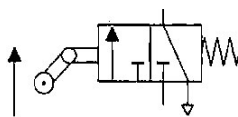

Posição que assumem as partes móveis de uma válvula quando esta não estiver acionada (para válvulas que possuem uma posição definida de repouso, por exemplo, retorno por mola).

Na prática se usa no lugar de posição de repouso a terminologia zero (0).

**c) Posição inicial**

Posição que assumem as partes móveis de uma válvula após sua montagem na instalação e na conexão de ar comprimido da rede com a qual se torna possível o funcionamento da instalação.

**Representação Simbólica**

<b>CILINDRO</b>	
Inicialmente recuado	
Inicialmente avançado	
<b>VÁLVULAS</b>	
Na posição de repouso	
Inicialmente acionada	
Sentido de acionamento	
No esquema deve ser indicado o sentido de acionamento do	

gatilho.

Tabela 4.1

### 4.3 POSSIBILIDADES DE REPRESENTAÇÃO DOS MOVIMENTOS

A necessidade de representar seqüências de movimentos e estados de comutação de elementos de trabalho de maneira facilmente visíveis não necessita de maiores esclarecimentos.

Assim que existir um problema um tanto mais complexo, as relações não são reconhecíveis rápida e seguramente, se não for escolhida uma forma apropriada da representação. Uma representação simples facilita a compreensão em um âmbito maior.

Observe o exemplo seguinte:

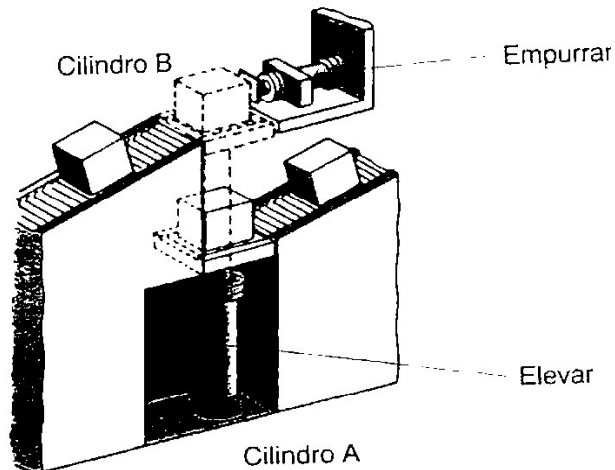


Figura 4.3: Pacotes que chegam por um transportador são elevados por um cilindro pneumático "A" e empurrados para outro transportador por um cilindro "B". Existe uma condição de que o cilindro "B" somente retorne quando "A" tiver alcançado sua posição inicial.

#### Representação por Ordem Cronológica

- O cilindro "A" avança e eleva os pacotes.
- O cilindro "B" empurra os pacotes sobre o transportador.
- O cilindro "A" retorna.
- O cilindro "B" retorna.



## Representação em Forma de Tabela

PASSO DE TRABALHO	MOVIMENTAÇÃO CILINDRO "A"	MOVIMENTO CILINDRO "B"
1	Avança	Parado Recuado
2	Parado Avançado	Avança
3	Recua	Parado Avançado
4	Parado Recuado	Recua

Tabela 4.2

## Representação em Forma Vetorial

Representação simplificada:

- Avanço da haste representado por uma seta →
- Retorno da haste representado por uma seta ←

A →

B →

A ←

B ←

## Representação em Forma Algébrica

- Para avanço da haste: "+"
- Para retorno da haste: "-"
- A+ B+ A – B –

ou

A+
B+
A –
B –

## Representação Gráfica em Forma de Diagrama

Os diagramas de funcionamento são utilizados para a representação das seqüências funcionais, de comandos mecânicos, pneumáticos, hidráulicos, elétricos e eletrônicos assim como para combinações destes tipos de comandos, por exemplo, eletropneumáticos e eletrohidráulicos.

O diagrama de funcionamento é, em muitos casos, a base para a elaboração dos esquemas de funcionamento.

Na representação dos comandos seqüenciais se distinguem dois tipos de diagramas:

- Diagrama de movimentos;
- Diagrama de Comando.

Enquanto no diagrama de movimentos se representam os estados dos elementos de trabalho e as unidades construtivas, o diagrama de comando fornece informações sobre o estado de elementos de comando individual.

### Diagramas de Movimentos

Diagrama trajeto-passo: neste caso, se representa a seqüência de operação em um elemento de trabalho, levando-se ao diagrama a indicação do movimento em dependência de cada passo considerando (passo: variação do estado de qualquer unidade construtiva). Se existirem diversos elementos de trabalho, estes estão representados da mesma maneira e desenhados uns sobre os outros. A correspondência é realizada através de passos.

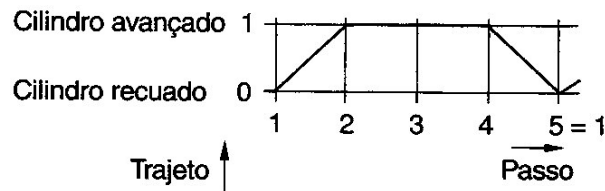


Figura 4.4 – Diagrama trajeto-passo para cilindro pneumático

Do passo “1” até o passo “2”, o cilindro avança da posição final traseira para a posição final dianteira, sendo que esta é alcançada no passo “2”. A partir do passo “4”, o cilindro retorna e alcança a posição final traseira no passo “5”.

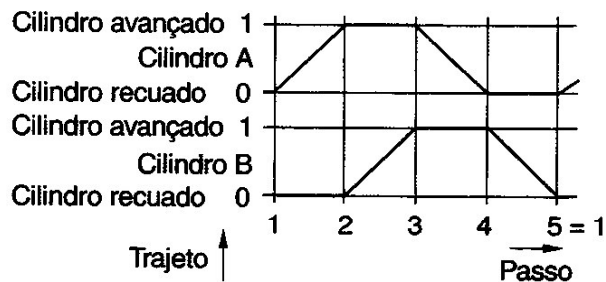


Figura 4.5 – Diagrama trajeto-passo do 1 ao 5

Recomendações para o traçado do diagrama:

- Os passos devem ser desenhados horizontalmente e com as mesmas distâncias.
- O trajeto não deve ser desenhado em escala e deve ser igual para todas as unidades construtivas.
- No caso de haver várias unidades, a distância vertical entre os trajetos não deve ser muito pequena (1/2 até 1 passo).

- Podem ser introduzidos passos intermediários se durante o movimento altera-se a condição da instalação, por exemplo, pela atuação de uma chave fim de curso na posição central do cilindro, ou pela modificação da velocidade de avanço.
- A designação da condição da instalação pode ser de duas formas: através de indicação da posição (atrás-frente), em cima-espaco etc) ou também através de números (por exemplo, “0” para a posição final traseira e “1” ou “L” para a posição final (dianteira).
- A designação da representativa unidade deve ser anotada ao lado esquerdo do diagrama, por exemplo, cilindro A.

Diagrama trajeto – tempo: neste diagrama, o trajeto de uma unidade construtiva é desenhado em função do tempo, contrariamente ao diagrama “trajeto-tempo”. Neste caso o tempo é desenhado e representa a união cronológica na seqüência, entre as distintas unidades.

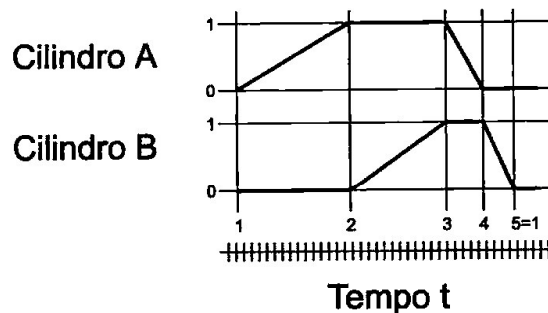


Figura 4.6 – Diagrama trajeto-tempo

Para a representação gráfica vale, aproximadamente, o mesmo que para o diagrama trajeto-passo, cuja relação está clara através das linhas de união (linhas dos passos), sendo que as distâncias entre elas correspondem ao respectivo período de duração do trajeto na escala de tempo escolhida.

Enquanto o diagrama trajeto-passo oferece uma melhor visão das trajetórias e suas correlações, no diagrama trajeto-tempo, pode-se representar com mais clareza, as sobreposições e as diferentes velocidades de trabalho.

Recomenda-se o seguinte:

- Os diagramas trajeto-passo devem ser utilizados com preferência para o projeto e representação de comandos de percurso planejado (comandos de seqüência guiados pelo processo), visto que neste caso, o tempo desempenha uma função secundária.
- Os diagramas trajeto-tempo devem ser utilizados com preferência para o projeto e representação de comandos de tempo planejados (comandos de seqüência guiados pelo tempo), visto que nestes diagramas a dependência cronológica da seqüência do programa está claramente representada.
- Caso seja necessário elaborar diagramas para elementos rotativos de trabalho (por exemplo: motores elétricos, motores pneumáticos), deverão ser utilizadas as mesmas formas básicas. Porém, não é levada em consideração a seqüência cronológica da modificação da condição, isto é, no diagrama trajeto-

passo, uma modificação da condição (por exemplo: ligar um motor elétrico) não passa ao longo de todo um passo, mas sim é desenhado diretamente na linha do passo.

**Diagrama de comando:** no diagrama de comando, anotam-se os estados de comutação dos elementos de introdução de sinais e dos elementos de processamento de sinais, sobre os passos, não considerando-se os tempos de comutação, por exemplo, o estado de válvulas “a1”.

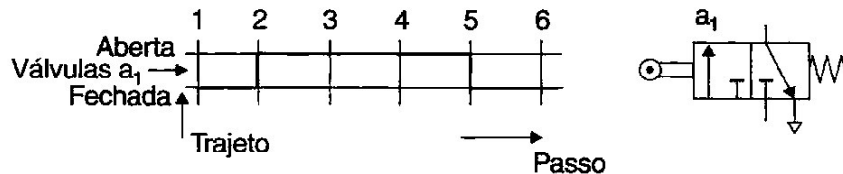


Figura 4.7 – Diagrama de comando

No exemplo anterior, um elemento de fim de curso é acionado no passo “2” e desacionado no passo “5”.

Recomenda-se o seguinte:

- O diagrama de comando deve, se possível, ser desenhado em combinação com o diagrama de movimentos.
- Os passos ou tempos devem ser desenhados em forma horizontal.
- A distância vertical das linhas de movimentos pode ser igual, porém devem ser bem visíveis.

A figura seguinte mostra o diagrama funcional (diagrama de movimento e de comando) para o exemplo. O diagrama de comando mostra os estados dos elementos (‘1.1’ para “A” e “2.1” para “B”) e o estado do fim de curso “2.2”, que está instalado no final de curso dianteiro do cilindro A .

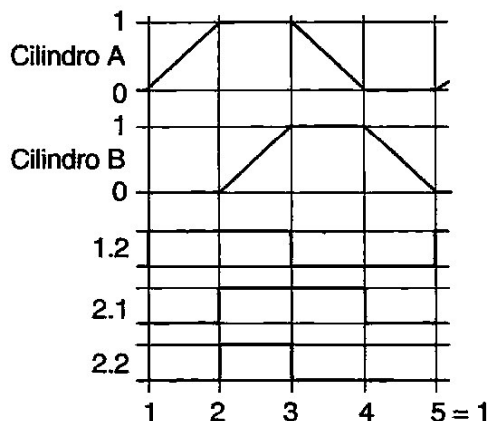


Figura 4.8 – Diagrama funcional (movimento e comando)

Como já havia sido mencionado, os tempos de comutação dos equipamentos não são considerados no diagrama de comando. Entretanto, como mostrado na chave

de fim de curso 2.2., linhas de acionamento para chaves fim de curso devem ser desenhadas antes ou após a linha de passo, uma vez que na prática, o acionamento também não é exatamente no final do curso mas sim certo tempo antes ou depois. Esta maneira de representação determina circunstâncias, uma vez que se torna bastante explícito que o sinal está totalmente presente em cada passo, portanto sobre a linha de passo.

#### 4.4 DESENVOLVIMENTO DO ESQUEMA DE COMANDO

##### Transporte de Pacotes: Resolução Intuitiva Básica

Pacotes que chegam sobre uma esteira de rolos são elevados por um cilindro pneumático e empurrados para uma segunda esteira. O cilindro "B" apenas pode retornar quando o cilindro "A" tiver alcançado a posição final traseira. O sinal de partida deve ser dado através de um botão manual para cada ciclo de trabalho.

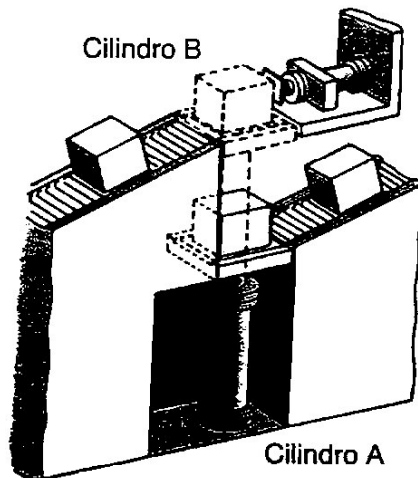


Figura 4.9 - Esboço da situação

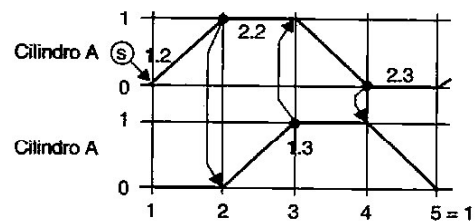


Figura 4.10 - Diagrama de movimentos

##### Realização do Esquema

Como já mencionado, o procedimento para o traçado do esquema depende do desligamento do sinal. O traçado fica mais simples quando se escolhe um desligamento mediante a utilização da válvula de gatilho ou rolete escamoteável.

Para a confecção do projeto se recomenda o seguinte:

- a) Determinar o diagrama de movimentos;
- b) Colocar no diagrama de movimentos os elementos fins de curso a serem utilizados;
- c) Desenhar os elementos de trabalho;
- d) Desenhar os elementos de comando correspondentes;
- e) Desenhar os elementos necessários sem os símbolos de acionamento. Caso se utilizem válvulas de impulso como elementos de comando, necessita-se inicialmente de dois sinais de pilotagem para cada válvula;

Uma vez utilizados os pontos “a” até “e”, o esquema se apresenta da seguinte forma:

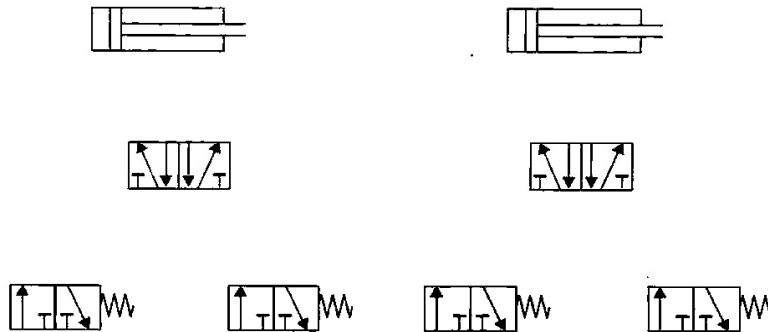


Figura 4.11

- f) Desenhar os elementos de abastecimento de energia;
- g) Traçar as linhas dos condutores de sinais de comando e de trabalho;
- h) Numerar os elementos;
- i) Colocar, no esquema, a posição correta dos fins de curso conforme o diagrama de trajeto-passo;

Após esses procedimentos, resulta o esquema da figura a seguir:

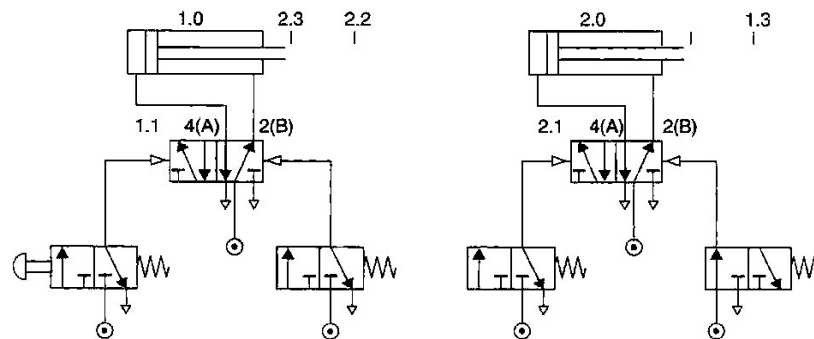


Figura 4.12

- j) Verificar se é necessário alguma anulação de sinais permanentes em função do diagrama de comando;
- k) Determinar os tipos de acionamentos dos emissores de sinais;
- l) Introduzir as condições marginais.

No diagrama de comando pode-se notar a influência de sinais.

Por regra geral, o diagrama de comando é desenhado como se houvesse apenas válvulas com acionamento por rolete ou por came na função de chave fim de curso. Além disso deve-se observar se os sinais que influenciam o mesmo cilindro estão desenhados na mesma cadeia de comandos, se têm efeitos contrários, como por exemplo o "1.2" e o "1.3". Uma contra-pressão de sinais aparece quando ambos os sinais que se representam em um elemento de comando chegam simultaneamente (valor de sinal "1"). Para uma fácil compreensão com respeito a contra-pressão, é recomendável desenhar, no diagrama de comando, um elemento abaixo do outro.

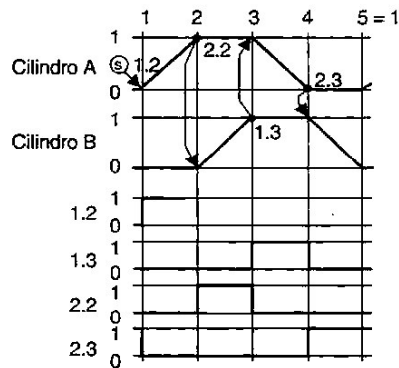


Figura 4.13

Observe que no circuito em questão não há contra-pressão ou a necessidade de desligamento de sinal, pressupondo que no elemento de sinal "1.2" não existe sinal "1", pouco antes do passo "3". Como se trata de acionamento por botão manual, não é necessariamente seguro. Se o botão "1.2" permanecer acionado por mais tempo, bloqueará o sinal de "1.3" e o movimento fica parado no passo "3", até que o botão seja liberado.

Resta considerar que a válvula "2.3" está acionada na posição de partida (aberta).

Isto não apresenta inconveniente, pois "2.3" ficará livre quando o cilindro "A" avançar, não havendo, portanto, contra-pressão em "2.1".

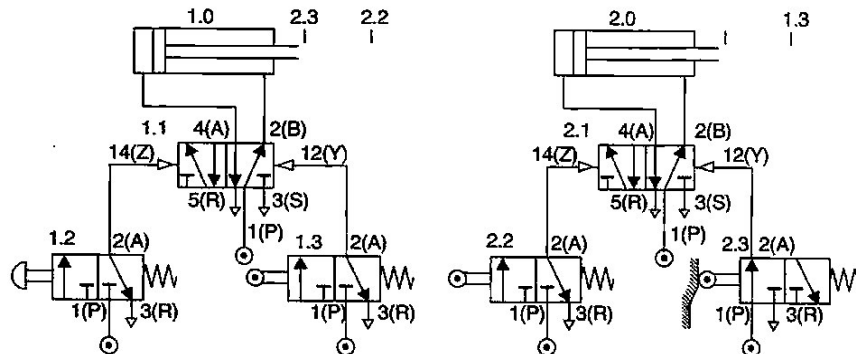
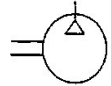


Figura 4.14 - Circuito completo

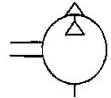
## 5. SIMBOLOGIA PNEUMÁTICA

### TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA

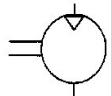
Compressor



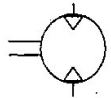
Bomba de vácuo



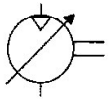
Motor pneumático de velocidade constante com um sentido de Rotação



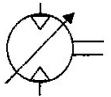
Motor pneumático de velocidade constante com dois sentidos de rotação



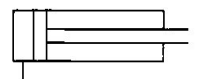
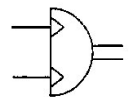
Motor pneumático com velocidade variável com 1 sentido de rotação



Motor pneumático com velocidade variável com dois sentidos de rotação



Mantenedor Mecânico



FIEMG

CIEMG

SESI

**SENAI**

IEL



Cilindro pneumático com campo giratório limitado

Cilindro de ação simples retorno por força externa

Cilindro de ação simples retorno por mola

Cilindro de ação dupla com haste de êmbolo unilateral

Cilindro de ação dupla com haste de êmbolo passante

Cilindro diferencial com haste de êmbolo reforçada

Cilindro de ação dupla com amortecimento regulável em ambos os lados

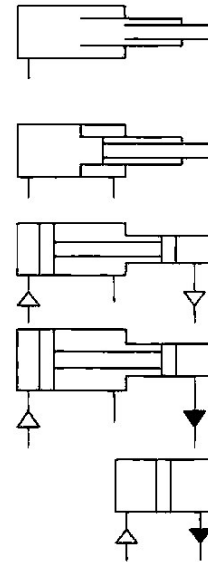
Cilindro telescópico de ação simples com retorno por força externa

Cilindro telescópico de ação dupla

Intensificador para o mesmo meio de pressão

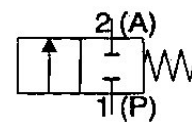
Intensificador para ar e óleo

Conversor do meio de pressão, por ex. de ar para óleo

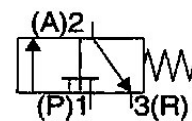
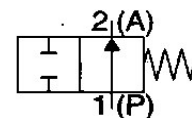


**COMANDO E REGULAGEM DE ENERGIA: VÁLVULAS DIRECIONAIS**

Válvula direcional de 2 vias – 2 posições – posição normal fechada



Válvula direcional de 2 vias – 2 posições – posição normal



(A)2

aberta

Válvula direcional de 3 vias – 2 posições – posição normal fechada

Válvula direcional de 3 vias – 2 posições – posição normal aberta

Válvula direcional de 3 vias – 3 posições – posição intermediária fechada

Válvula direcional de 4 vias – 2 posições

Válvula direcional de 4 vias – 3 posições – posição intermediária fechada

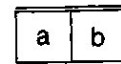
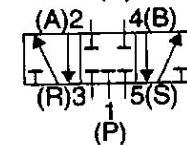
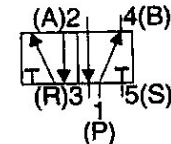
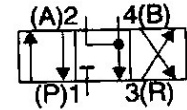
Válvula direcional de 4 vias – 3 posições – posição intermediária com saídas em exaustão

Válvula direcional de 5 vias – 2 posições

Válvula direcional de 5 vias – 3 posições - posição intermediária fechada

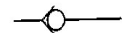
Válvula direcional com posições intermediárias de comando e com 2 posições finais

Válvula direcional com representação simplificada. Por exemplo: com 4 vias – 2 posições

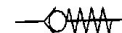


**VÁLVULAS DE BLOQUEIO**

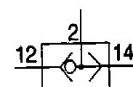
Válvula de retenção sem mola



Válvula de retenção com mola



**Mantenedor Mecânico**



Válvula de retenção comandada

Válvula alternadora (Elemento "OU")

Válvula de escape rápido

Válvula de simultaneidade (Elemento "E")

**VÁLVULAS DE PRESSÃO**

Válvula limitadora de pressão regulável (Alívio)

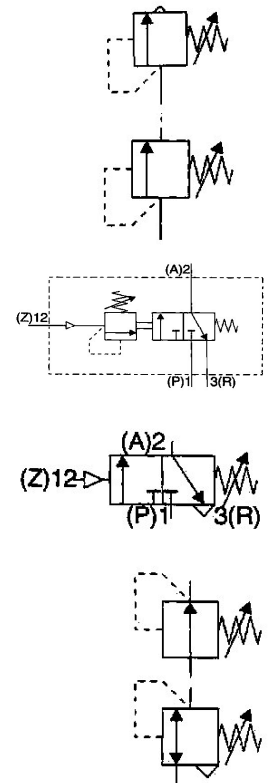
Válvula de seqüência regulável com escape

Válvula de seqüência, regulável (função de 3 vias), com escape.

Simbologia não normalizada para válvula de seqüência regulável, com escape.

Válvula reguladora de pressão sem orifício de escape

Válvula reguladora de pressão com orifício de escape



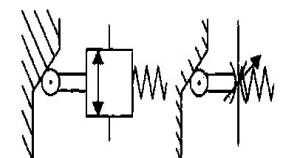
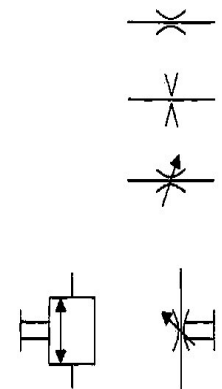
**VÁLVULAS DE FLUXO**

Válvulas de fluxo com estrangulamento constante

Válvula de diafragma com estrangulamento constante

Válvula reguladora de fluxo com estrangulamento regulável nos dois sentidos

Válvula reguladora de fluxo, acionamento manual



Válvula reguladora de fluxo, acionamento mecânico ou rolete e retorno por mola

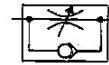
**VÁLVULA DE FECHAMENTO**

Válvula de fechamento, representação simplificada

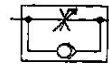


**VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUXO COM VÁLVULA DE RETENÇÃO EM LIGAÇÃO PARALELA**

Válvula reguladora de fluxo com retorno livre (unidirecional)

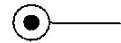


Válvula reguladora de fluxo com diafragma e retorno livre (unidirecional)



**TRANSMISSÃO DE ENERGIA**

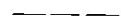
Fonte de pressão



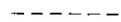
Linha de trabalho (utilização)



Linha de comando (pilotagem)



Linha de escape (exaustão)



Tubulação flexível



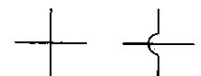
Instalação elétrica



Conexão Fixa (derivação)



Cruzamento de linhas não interligadas



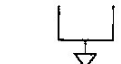
Ponto de escape



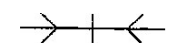
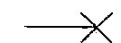
Escape livre



Escape dirigido



**Mantenedor Mecânico**



Ponto de ligação de pressão fechado

Ponto de ligação de pressão com conexão

Conexão rápida, acoplada com válvulas de bloqueio sem abertura mecânica

Conexão rápida, acoplada com válvulas de bloqueio com abertura mecânica (engate rápido)

Conexão rápida, desacoplada, canal fechado

Conexão rápida, desacoplada, canal aberto

Conexão giratório em um só sentido

Conexão giratória nos dois sentidos

Silenciador

Reservatório pneumático (acumulador)

Filtro

Separador de água com dreno manual

Separador de água com dreno automático

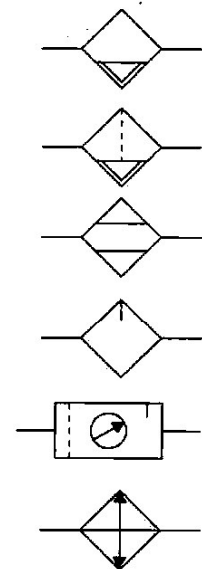
Filtro com separador de água com dreno automático

Secador de ar

Lubrificador

Unidade de conservação (filtro, válvula reguladora de pressão, lubrificador e manômetro). Simbolização simplificada

Refrigerador (resfriador)

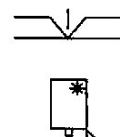


**ACIONAMENTO – PEÇAS MECÂNICAS**

Eixo, movimento giratório em um sentido



**Mantenedor Mecânico**



Eixo, movimento giratório em dois sentidos

Engate (trava)

Trava (símbolo para o meio de acionamento para destravar)

Dispositivo de avanço intermitente

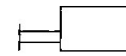
Conexão articulada, simples

Conexão articulada com eixo de alavanca passante

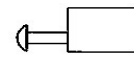
Articulação com ponto fixo (oscilante)

**MEIOS DE ACIONAMENTO – ACIONAMENTO MANUAL (MUSCULAR)**

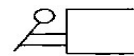
Geral



Por botão



Por alavanca

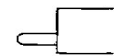


Por pedal



**ACIONAMENTO MECÂNICO**

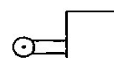
Por came (pino)



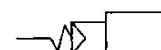
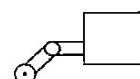
Por mola



Por rolete apalpador



**Mantenedor Mecânico**

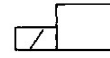


Por rolete apalpador com retorno em vazio (gatilho)

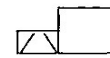
Por apalpador servo-comandado (não normalizado)

**ACIONAMENTO ELÉTRICO**

Por eletro-ímã com um enrolamento ativo (bobina solenóide)



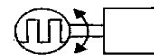
Por eletro-ímã com duas bobinas atuando em sentido contrário



Por motor elétrico com movimento giratório contínuo

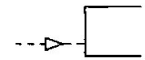


Por motor elétrico de passo (intermitente)

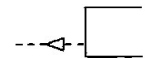


**ACIONAMENTO POR PRESSÃO**

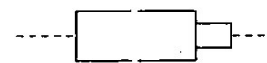
Direto por aumento de pressão (positivo)



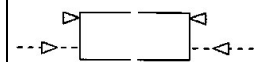
Direto por alívio de pressão (negativo)



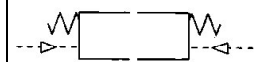
Por acionamento de pressão diferencial



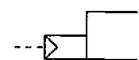
Centragem por pressão



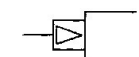
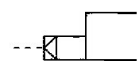
Centragem por mola



Indireto por aumento de pressão (servopiloto)



**Mantenedor Mecânico**



Indireto por alívio de pressão (servopiloto negativo)

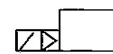
Por amplificador (não normalizado)

Por amplificador, indireto (não normalizado)

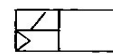
Por pressão, cada acionamento gerando um estado alternado, divisor binário (não normalizado)

**ACIONAMENTO COMBINADO**

Por eletro-ímã e válvula servocomandada



Por eletro-ímã ou válvula de servocomando

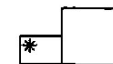


Por eletro-ímã ou acionamento manual com mola de retorno



Geral:

\*Símbolo explicativo para acionamentos diversos (especificar no rodapé)



**APARELHOS DIVERSOS**

Indicador de pressão (manômetro)



Indicador de pressão diferencial



Indicador de temperatura



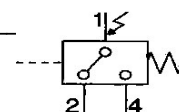
Aparelho medidor de fluxo (vazão)



Aparelho medidor de fluxo (volume)



Mantenedor Mecânico





Conversor pneumático-elétrico

Aparelho sensível de pressão (pressostato)

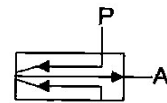
Aparelho sensível de temperatura (termostato)

Aparelho sensível de fluxo

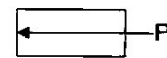
Indicador óptico

### 5.1 SÍMBOLOS ESPECIAIS – NÃO NORMALIZADOS

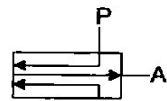
Sensor de reflexão



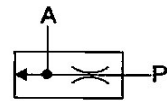
Bocal emissor para barreira de ar



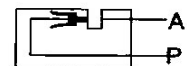
Bocal receptor alimentado para barreira de ar



Detector por obstrução de fuga



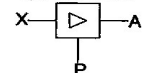
Barreira de ar (forma de garfo)



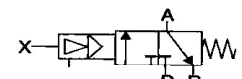
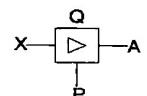
#### AMPLIFICADORES

Amplificador (por exemplo: 0,5 mbar a 100 mbar)

0,5/100 mbar



#### Mantenedor Mecânico

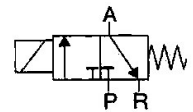


Amplificador de vazão

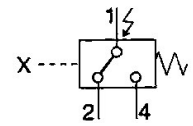
Amplificador de pressão (com pré-amplificador)

**CONVERSORES DE SINAIS – NÃO NORMALIZADOS**

Elétrico-pneumático

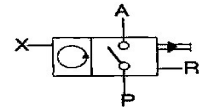


Pneumático-elétrico

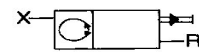


**CONTADORES – NÃO NORMALIZADOS**

Contador de subtração



Contador por diferença



Contador por adição



**6. COMANDOS HIDRÁULICOS**

**6.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS**

A palavra hidráulica provém do grego hydra que significa água, e aulos que significa cano.

A hidráulica consiste no estudo das características e uso dos fluidos confinados ou em escoamento como meio de transmitir energia.

Abordaremos a óleo-hidráulica, um ramo da hidráulica que utiliza o óleo como fluido.

**Lei de Pascal**

O cientista francês Blaise Pascal enunciou o seguinte princípio : “A pressão exercida em um ponto qualquer de um líquido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais.”

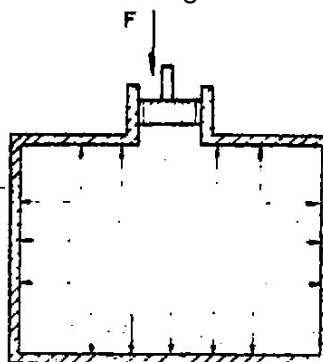


Figura 6.1

Somente a partir do início da revolução industrial é que o mecânico britânico Joseph Bramah veio a utilizar a descoberta de Pascal para desenvolver uma prensa hidráulica.

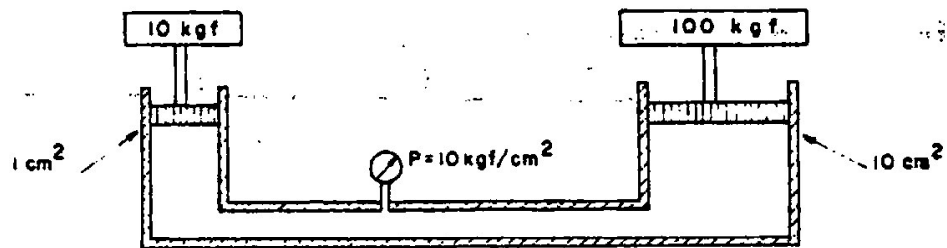


Figura 6.2

Como se pode constatar através da figura, uma força de  $10 \text{ kgf}$ , aplicada a um pistão de  $1 \text{ cm}^2$  de área, desenvolverá uma pressão de  $10 \text{ kgf/cm}^2$  em todos os sentidos dentro do recipiente. Essa pressão suportará um peso de  $100 \text{ kgf}$  se tivermos uma área de  $10 \text{ cm}^2$  (as forças são proporcionais às áreas dos pistões) :

$$\frac{10 \text{ kgf}}{1 \text{ cm}^2} = \frac{100 \text{ kgf}}{10 \text{ cm}^2}$$

### Definição de Pressão

Pressão é a força exercida por unidade de área. Na hidráulica, é expressa em  $\text{kgf/cm}^2$ ,  $\text{Atm}$  ou  $\text{Bar}$ .

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

$$P = \text{kgf/cm}^2$$

$$F = \text{kgf}$$

$$A = \text{cm}^2$$

**Observação:** Na prática, consideramos  $1 \text{ Atm} = 1 \text{ Bar} = 1 \text{ kgf/cm}^2$

### Conservação e Transmissão de Energia Hidráulica

A energia não pode ser criada e nem destruída. A multiplicação de força, na hidráulica, não significa obter-se alguma coisa de nada. Como se vê na figura 2, o pistão maior, movido pelo fluido deslocado do pistão menor, faz com que a distância de cada pistão seja inversamente proporcional às suas áreas. O ganho em relação à força tem que ser sacrificado em distância ou velocidade.

A hidráulica é um meio de transmitir energia pressionando um líquido confinado. Num sistema hidráulico, o componente de entrada chama-se bomba e o de saída, atuador, conforme mostra a figura seguinte.

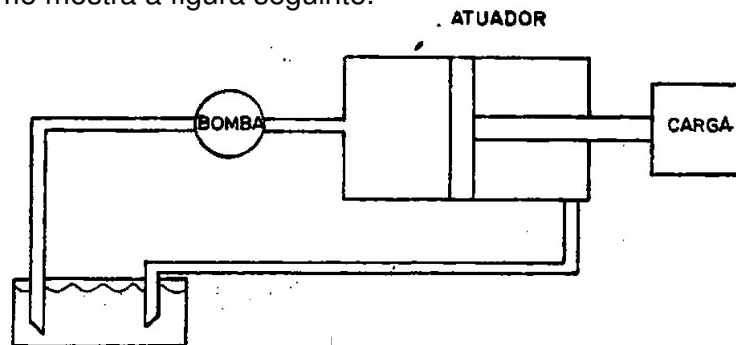


Figura 6.3

### Pressão em um Sistema Hidráulico

Pressão de coluna: é a pressão exercida pelo próprio peso de uma coluna (altura) de óleo sobre sua base.

O peso do óleo cria uma pressão de aproximadamente  $0,090 \text{ kgf/cm}^2$  no fundo de uma coluna de 1m de óleo. Assim, para calcular a pressão no fundo de uma coluna de óleo, basta multiplicar a altura em "m" por  $0,090 \text{ kgf/cm}^2$ . (O resultado será dado em  $\text{kgf/cm}^2$ ).

Normalmente, na hidráulica industrial, a pressão de coluna é desprezada, salvo na linha de sucção, onde pode ocorrer o fenômeno da cavitação se a altura manométrica negativa (pressão de coluna) for grande.

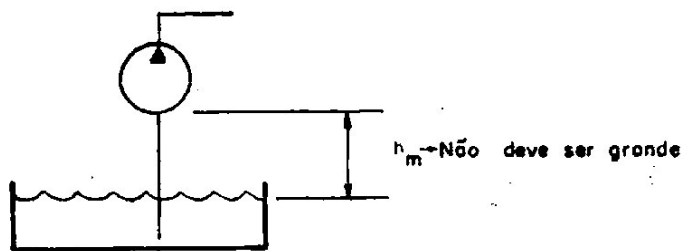


Figura 6.4 – Pressão de coluna

**Observação:** A cavitação ocorre quando o líquido não enche inteiramente o espaço existente (geralmente está associada à entrada da bomba). O excesso de vácuo na linha de sucção vaporiza o óleo, que, quando em contato com a linha de pressão, “implode”, arrancando pequenos pedaços na saída da bomba. Tem como causas:

- excesso de altura da bomba ao nível do óleo (negativa);
- filtro de entrada sujo;
- tubulação de sucção mal dimensionada;
- viscosidade do óleo alta;
- alta rotação da bomba.

Pressão criada pela resistência: a pressão resulta também da resistência oferecida ao fluxo do fluido em função:

- da carga de um atuador;
- de um orifício na tubulação;
- do atrito, etc

Lembre-se: a bomba fornece fluxo (vazão) e não pressão.

## 6.2 FLUXOS EM UM SISTEMA HIDRÁULICO

Fluxo em paralelo: os líquidos sempre procuram o caminho que lhes ofereça menor resistência. Assim, quando houver duas ou três vias de fluxo em paralelo, cada qual com resistência diferente, a pressão só aumenta o necessário para permitir a passagem do líquido.

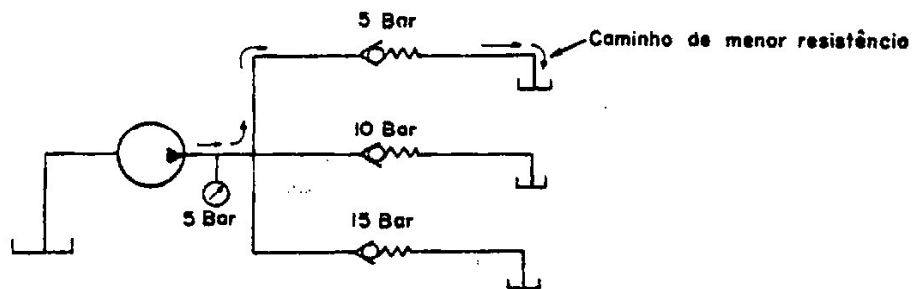


Figura 6.5 – Fluxo em paralelo

Fluxo em série: em sistemas com fluxo em série, as resistências encontradas somam-se.

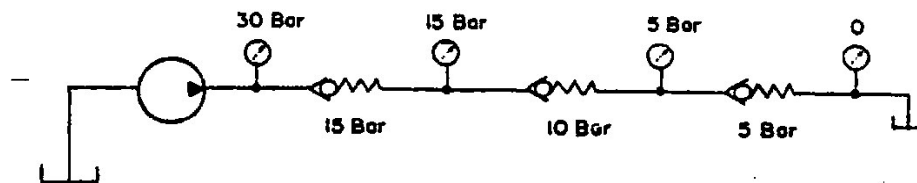


Figura 6.6 – Fluxo em série

Fluxo através de uma restrição (orifício): para que haja fluxo de óleo de um orifício, tem que haver uma diferença ou queda de pressão ( $\Delta P$ ). Inversamente, se não houver fluxo, não haverá queda de pressão.

### 6.3 FORÇA DO ATUADOR

A força do atuador é proporcional à pressão e à área:

$$F = P \cdot A$$

F = força, em kgf

P = pressão, em kgf/ cm<sup>2</sup>

A = área, em cm<sup>2</sup>

### 6.4 VELOCIDADE DO FLUIDO (ATUADOR LINEAR E ENCANAMENTO)

A velocidade nos tubos e cilindros depende de suas dimensões e da quantidade de fluido que estes estão recebendo:

$$V = \frac{Q}{A}$$

V = velocidade, em dm/min

Q = vazão, em l/min

A = área, em dm<sup>2</sup>

### 6.5 POTÊNCIA EM UM SISTEMA HIDRÁULICO

A potência requerida para girar a bomba depende da vazão e da pressão máxima de trabalho. Considerando que o sistema não tenha 100% de eficiência, usamos:

$$N = \frac{Q \cdot P}{426}$$

N = potência, em cv

Q = vazão, em l/min

P = pressão, em kgf/ cm<sup>2</sup>

$$N = 0,0007 \cdot Q \cdot P$$

N = potência, em H. P.

Q = vazão, em G.P.M.

P = pressão, em P.S.L.

*Observação:*  $1cv = 0,986 H.P.$

## 6.6 FLUIDOS HIDRÁULICOS

A seleção e o cuidado na escolha do fluido hidráulico terão um efeito importante no desempenho e na vida dos componentes hidráulicos de uma máquina.

A formação e aplicação dos fluidos hidráulicos são, por si mesmas, uma ciência bem além da finalidade deste estudo.

Nesta fase da publicação, encontram-se apenas os fatores básicos envolvidos na escolha de um fluido e sua utilidade.

Um fluido é definido como qualquer líquido ou gás. Entretanto o termo “fluido”, no uso geral em hidráulica, refere-se ao líquido utilizado como meio de transmitir energia.

Nesta etapa, “fluido” significará o fluido hidráulico, seja um óleo de petróleo, um óleo especialmente composto, ou um fluido especial à prova de fogo, que pode ser um composto sintético.

### As Funções do Fluido

O fluido hidráulico tem quatro funções primárias:

- transmitir energia;

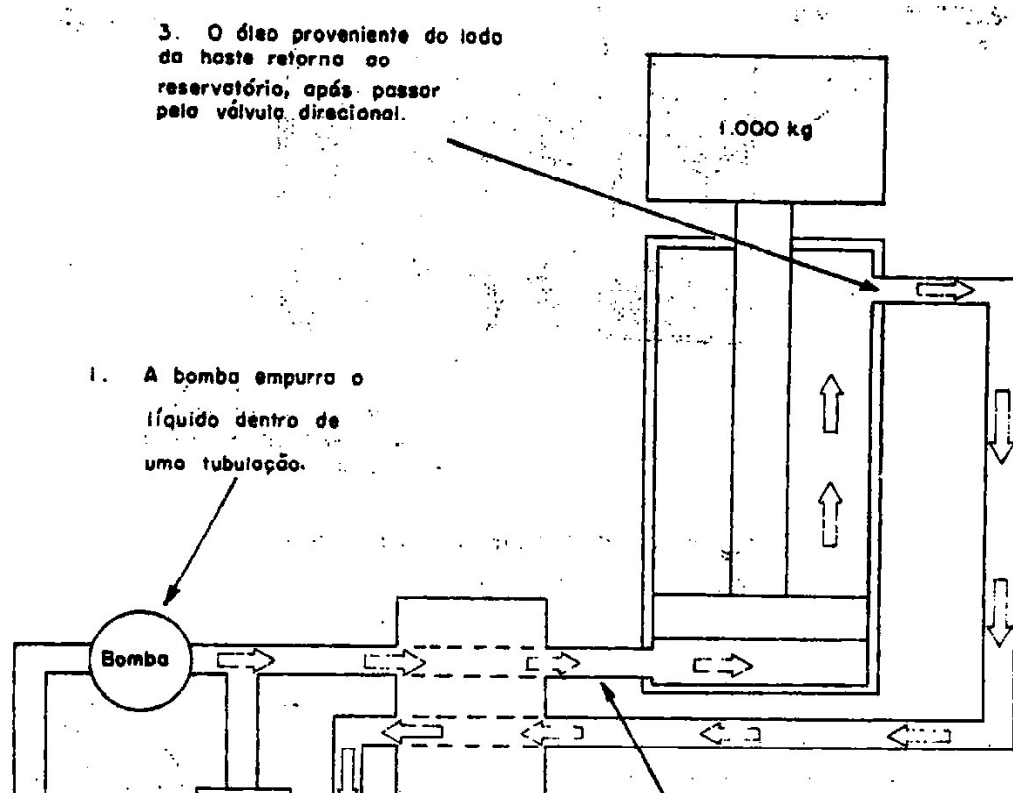


Figura 6.7 – Transmissão de energia hidráulica

- lubrificar peças móveis;
- vedar folgas entre estas peças;

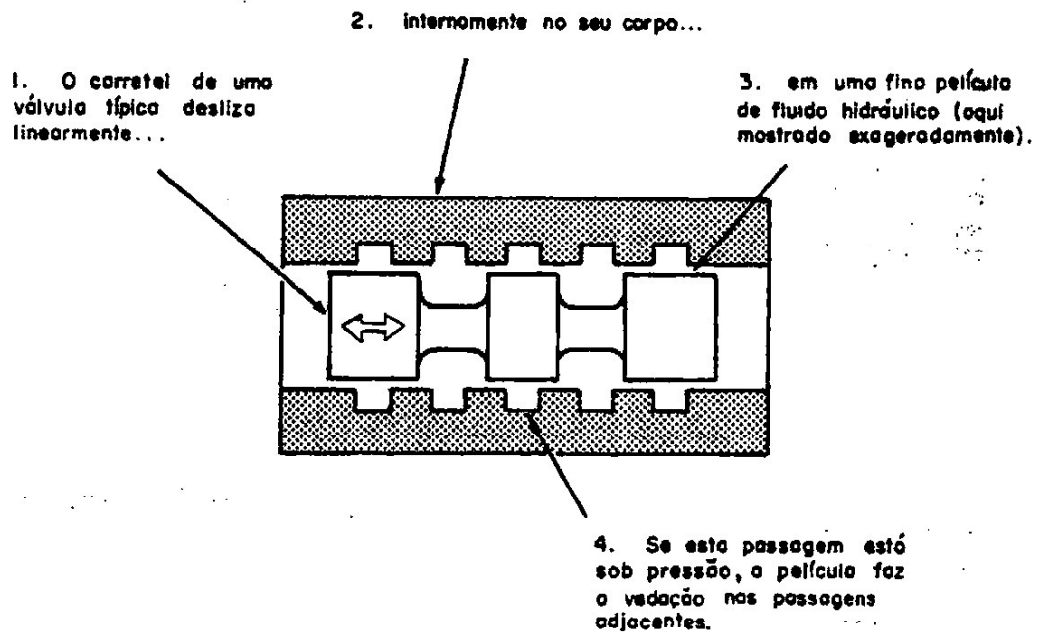


Figura 6.8 – O fluido lubrifica as partes móveis



- resfriar ou dissipar o calor.

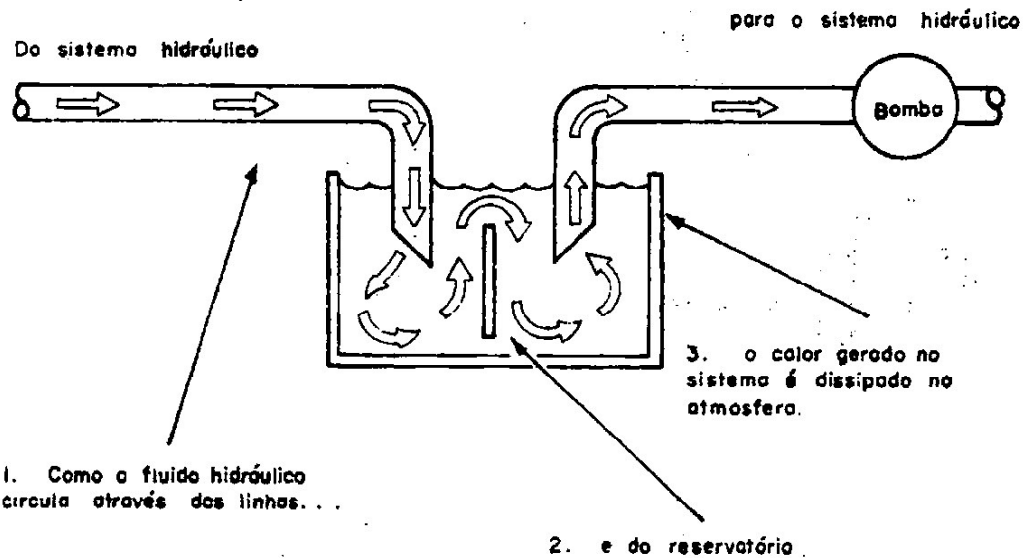


Figura 6.7 – A circulação resfria o sistema

### 6.6.1 PRINCIPAIS FLUIDOS HIDRÁULICOS

Óleos minerais: são os fluidos hidráulicos mais usados. Fora a água, são os fluidos mais baratos, sendo compatíveis com a maioria dos materiais comumente encontrados nos sistemas. Suas propriedades lubrificantes são bastante conhecidas, e a faixa de temperatura para sua utilização é bem ampla. Apresentam também compressibilidade superior à da água.

Fluidos sintéticos: são compostos químicos que podem trabalhar acima dos limites dos óleos minerais. São eles: éteres complexos, silicatos, silicones, aromáticos de alto peso molecular (polifenilas e éteres de fenila).

Estes fluidos são de custo mais elevado devido aos problemas de fabricação e, dentro de certos limites, satisfazem plenamente todas as necessidades dos sistemas hidráulicos.

Ao contrário dos óleos minerais, podem não ser compatíveis com alguns componentes do sistema. Por essa razão, é preciso cuidado na escolha do fluido sintético a ser usado.

Fluidos resistentes ao fogo: muitos compostos químicos se enquadram nesta categoria, porém os comumente utilizados são: emulsões de óleo em água, soluções de glicol em água e fluidos não-aquosos.

As emulsões de óleo em água são algumas vezes usadas em sistemas hidráulicos normais, enquanto os outros somente são empregados em casos específicos.

### Escolha do Fluido Hidráulico

Na seleção do fluido hidráulico, devemos inicialmente verificar não só o tipo de sistema mas também as condições a que fluido será submetido.

O requisito básico para que um fluido seja utilizado como meio hidráulico é que o mesmo seja virtualmente incompressível e suficientemente fluido para permitir eficiente transmissão de energia. São também essenciais suas boas propriedades lubrificantes.

Complementando as funções primárias, o fluido hidráulico poderá ter um número de outras exigências de qualidade, como:

- prevenir ferrugem;
- prevenir a formação de lodo, goma e verniz;
- diminuir a formação de espuma;
- manter sua estabilidade e reduzir o custo de substituição;
- manter um índice de viscosidade relativamente estável, numa faixa larga de variações de temperatura;
- prevenir contra a corrosão e erosão;
- separação da água;
- compatibilidade com os vedadores e gaxetas.

*Observação:* Frequentemente são incorporados aditivos para melhorar as características acima citadas. Também se costuma adicionar aditivos para prevenir o desgaste dos componentes mecânicos do sistema.

A característica mais importante a ser observada na escolha de um fluido hidráulico é a viscosidade, que deve estar dentro dos limites especificados pelo fabricante da bomba. Considerada o coração do sistema hidráulico, sua eficiência depende essencialmente da viscosidade do fluido a ser bombeado.

### **Uso de Aditivos**

Como a maioria das propriedades desejáveis de um fluido é localizada nos aditivos, pode-se pensar que os aditivos comerciais deveriam ser incorporados em qualquer óleo para torná-lo adequado a um sistema hidráulico.

Os fabricantes, entretanto, advertem que os aditivos têm de ser compatíveis com o fluido, bem como com eles mesmos, e que essa compatibilidade não pode ser determinada no campo. Salvo se houver facilidades de laboratório para acertar a compatibilidade, seria melhor deixar o uso de aditivos a critério do fabricante do fluido.

### **Viscosidade**

Viscosidade é a medida de resistência do fluido a escoar, ou seja, uma medida inversa à de fluidez.

Se um fluido escoar facilmente, sua viscosidade é baixa (pode-se dizer que o fluido é fino ou que falta corpo). Um fluido que escoar com dificuldade tem alta viscosidade (é grosso ou tem bastante corpo).

## 6.7 EXERCÍCIOS

1. Assinale as afirmativas verdadeiras:

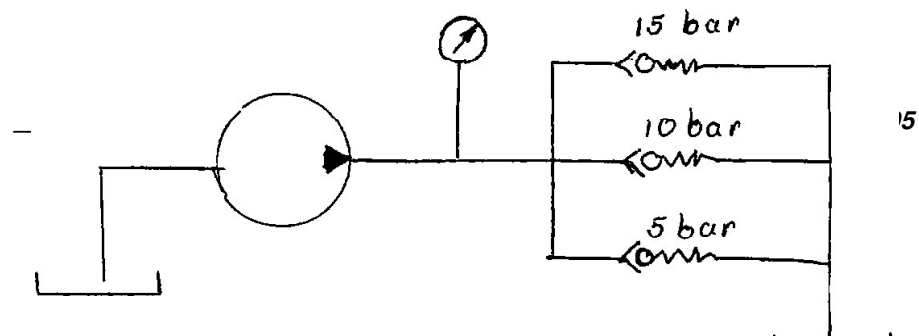
A hidráulica consiste no uso do fluido confinado para:

- a) ( ) ser fonte de energia
- b) ( ) ser meio de transmissão de energia
- c) ( ) multiplicar forças
- d) ( ) multiplicar energia

2. Complete:

Pressão é a \_\_\_\_\_ exercida por unidade de \_\_\_\_\_ expressa em \_\_\_\_\_ ou \_\_\_\_\_

3. De acordo com o desenho abaixo, dê o valor da pressão a ser lida no manômetro.



4. Cite as funções do fluido hidráulico

5. Quais são os itens de exigência de qualidade na escolha do fluido hidráulico?

## 6.8 RESERVATÓRIOS

O projeto de sistemas hidráulicos industriais tem uma vantagem sobre o de sistemas aeronáuticos ou de equipamento móvel. Essa vantagem está na flexibilidade do desenho de um reservatório, pois, se não houver problemas de localização ou de tamanho, este pode ser projetado para cumprir várias funções.

Basicamente, o reservatório armazena o fluido até que este seja solicitado pelo sistema, devendo no entanto:

- ter espaço para separação do ar do fluido;
- permitir que os contaminadores se assentem;
- ajudar a dissipar o calor gerado pelo sistema.

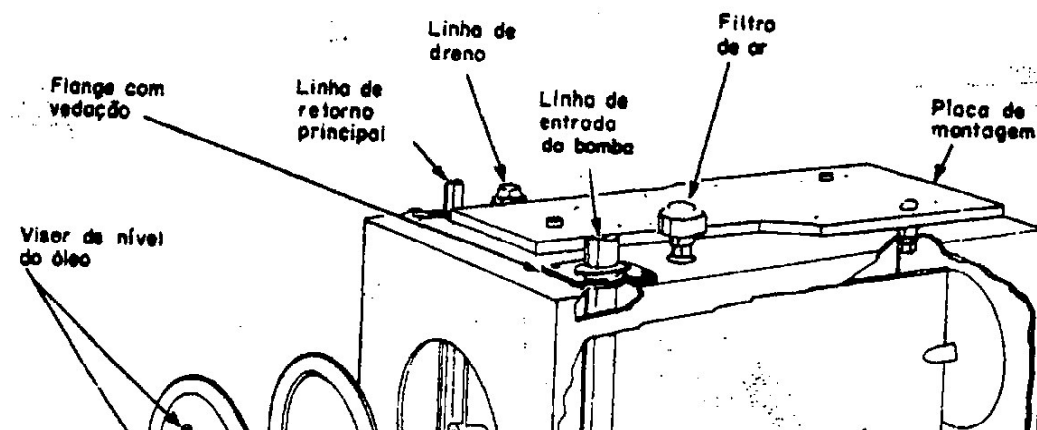
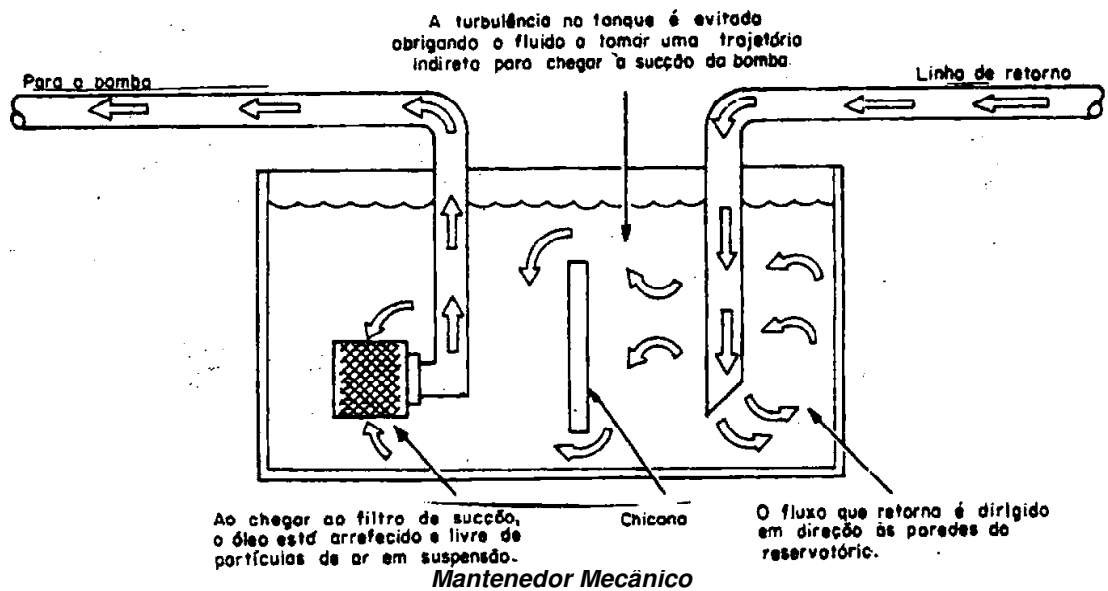


Figura 6.8 – O reservatório deve ser projetado visando à fácil manutenção.

### 6.8.1 CONSTRUÇÃO

Um reservatório industrial típico, conforme as normas da indústria, é demonstrado abaixo.



**Figura 6.9 – Uma placa de separação (chicana) controla a direção do fluxo no tanque.**

Construído com placas de aço soldadas, é separado do chão por suportes que o isolam da umidade.

Seu interior é pintado com tinta especial, com o fluido usado, a fim de reduzir a ferrugem porventura resultante da condensação da umidade.

Com o objetivo de facilitar a manutenção do fluido, é projetado com as seguintes características:

- fundo do tanque construído de forma que o fluido possa se drenado através de um plugue;
- tampas de fácil remoção, para facilitar a limpeza;
- uso de visores, para facilitar as verificações do nível do fluido;
- tela filtrante, para evitar a contaminação do fluido quando aberto o tanque para abastecimento.

### **Chicana**

Uma chicana, que se estende longitudinalmente através do centro do tanque, deve ter uma altura equivalente a dois terços do nível do fluido, sendo usada para separar as linhas de entrada e de retorno, evitando assim a recirculação contínua do mesmo óleo.

São funções básicas de uma chicana:

- evitar turbulência no tanque;
- permitir o assentamento de material estranho;
- ajudar a dissipar o calor através das paredes do tanque.

### **Dimensionando um Reservatório**

É sempre desejável um tanque grande para promover o resfriamento e a separação dos contaminadores. No mínimo, um tanque deve conter todo o fluido do sistema, assim como manter um nível suficientemente alto para que não haja o efeito de redemoinho na linha de sucção. Se isto ocorrer, haverá mistura de ar com o fluido.

São fatores que devem ser considerados no dimensionamento de um reservatório:

- a dilatação do fluido devido ao calor;

- alterações do nível devido à operação do sistema;
- a área interna do tanque exposta à área interna do tanque exposta à condensação de vapor de água;
- o calor gerado no sistema.

*Observação:* Em equipamento industrial, é costume dimensionar um reservatório em pelo menos duas ou três vezes a capacidade da bomba em litros por minuto.

### Regra Geral

Volume do tanque = capacidade da bomba em litro/minuto x 2 ou 3.

Em sistemas móveis ou aeronáuticos, os benefícios de um reservatório de maiores proporções, às vezes, têm que ser sacrificados, devido ao limite de espaço e peso.

## 6.9 FILTROS

Os filtros têm a função de reter os contaminadores insolúveis de um fluido. Em geral, devem ser dimensionados para uma vazão nominal de três vezes a vazão máxima que passa por eles.

No sistema hidráulico, podem estar localizados em três áreas distintas: na linha de entrada, na linha pressão ou na linha de retorno.

A filtragem do líquido sob pressão nas instalações hidráulicas tem grande importância para conservar as funções e o tempo de vida dos equipamentos. A abrasão metálica, o desgaste dos elementos de vedação, o pó e impurezas do ar, se misturam com o óleo, especialmente durante o trabalho. Estas partículas devem ser continuamente filtradas, pois em caso contrário, obstruiriam pouco a pouco os condutores e aberturas mais importantes da instalação.

As perturbações produzidas podem ser graves, pois estas impurezas produzem um desgaste muito grande nas peças móveis da instalação hidráulica.

Os filtros de rede imantada garantem uma filtragem suficiente. Com a montagem de um elemento filtrante de malha de aço pré-imantado, cria-se um forte ímã.

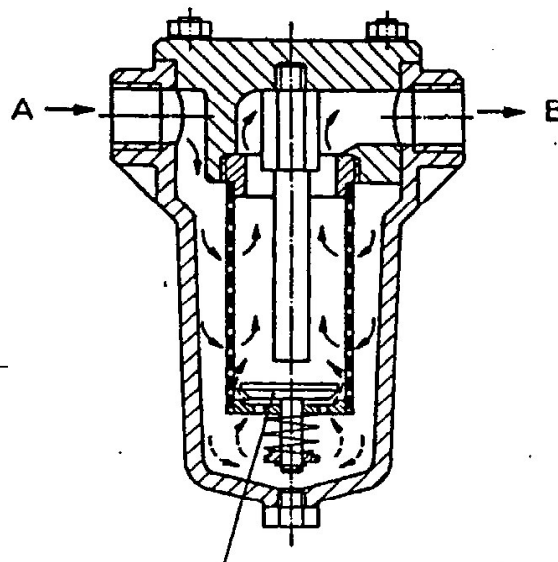


Figura 6.10

**Filtragem do Líquido Sob Pressão**

Filtragem do volume de fluxo principal:

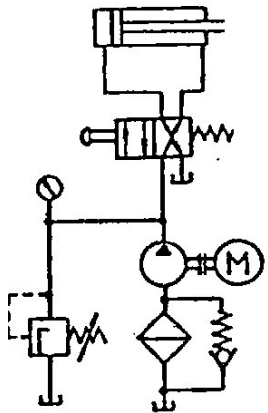


Figura 6.11 – Linha de sucção

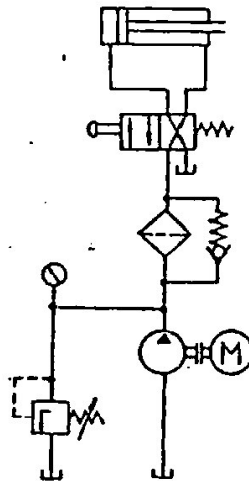


Figura 6.12 – Linha de pressão

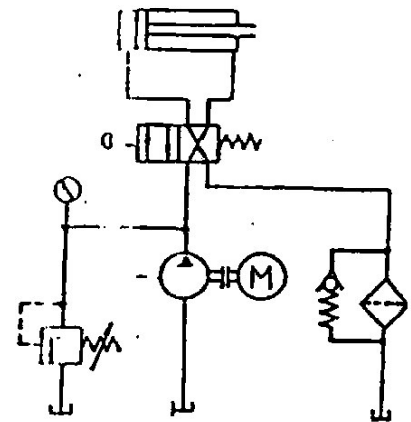


Figura 6.13 – Linha de retorno

Filtragem do volume de fluxo em derivação: apenas uma parte do volume de fluxo em uma bomba de grande vazão é filtrada e também é resfriada. A válvula de retenção, neste caso, tem a função de válvula limitadora de pressão.

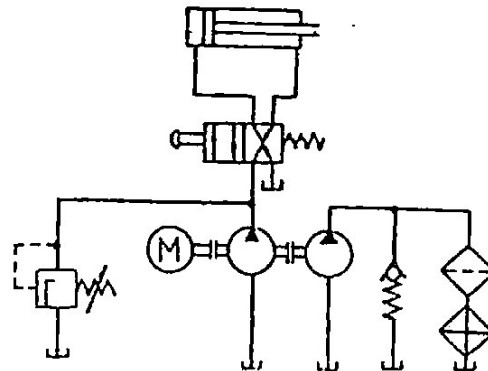


Figura 6.14

Existem diferentes tipos de filtragem:



**1. Filtragem por aspiração**

O filtro é montado na linha de sucção: emprega-se para proteger a bomba de danos causados por corpos estranhos. Pode, porém, produzir danos à bomba, por cavitação quando os filtros estiverem sujos.

**2. Filtragem por pressão**

O filtro é montado na linha de pressão para proteger os elementos hidráulicos (Ex: válvulas servo-pilotadas) contra corpos estranhos (pouco utilizados).

**3. Filtragem de retorno**

O filtro é montado na tubulação de retorno (mais empregado).

**6.10 EXERCÍCIOS**

1. Complete:

a) O reservatório tem como função armazenar o \_\_\_\_\_,  
devido no entanto \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) A filtragem pode ser na linha de \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_

2. Marque os 4 itens que compõem um reservatório.

- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| ( ) Chicana               | ( ) Tubulação         |
| ( ) Placa de distribuição | ( ) Filtro sucção     |
| ( ) Visor de nível        | ( ) Válvula de alívio |

( ) Tampa de inspeção

3. Responda:

a) Qual é a função de um filtro?

b) Como funciona a filtragem em derivação?

## 7. BOMBAS

No circuito hidráulico, as bombas são utilizadas para converter energia mecânica em energia hidráulica. A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, permitindo que a pressão atmosférica force a fluido do tanque, através da linha de sucção, a penetrar em seu interior. A bomba, por sua vez, passará o fluido para a abertura de saída, forçando-o através do sistema hidráulico.

As bombas são classificadas basicamente em dois tipos:

- deslocamento positivo;
- deslocamento não-positivo.

### 7.1 TIPOS

#### Bomba de Deslocamento Positivo

As bombas de deslocamento positivo fornecem uma dada quantidade de fluido para cada rotação ou ciclo.

A saída do fluido, com exceção de perdas por vazamentos, é independente da pressão. Por essa razão, praticamente todas as bombas necessárias para transmitir força hidráulica, tanto em equipamento industrial como em maquinário de construção ou aviação, são do tipo de deslocamento positivo.

Uma bomba de deslocamento positivo produz um fluxo de forma pulsativa.

Tipos de bombas positivas:

- engrenagens;
- palhetas;
- pistões.

### Bomba de Deslocamento Não-Positivo

As bombas de deslocamento não-positivo, tais como centrífuga ou de turbina, são usadas para transferir os fluidos para onde a única resistência é aquela criada pelo peso do fluido e atrito.

Embora estas bombas forneçam fluxo suave e contínuo, seu deslocamento de fluido é reduzido quando aumentar a resistência.

É possível bloquear completamente o pórtico da saída em pleno funcionamento da bomba. Por isso, as bombas de deslocamento não-positivo são raramente usadas em sistemas hidráulicos.

## 7.2 GRUPO DE ACIONAMENTO

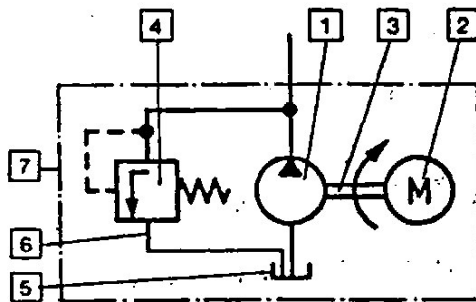


Figura 7.1  
 1 - Bomba hidráulica  
 2 - Motor elétrico  
 3 - Eixo  
 4 - Válvula limitadora de pressão  
 5 - Reservatório  
 6 - Tubulação  
 7 - Traço e ponto

A bomba hidráulica e o motor elétrico são unidos pelo eixo. Distingue-se como “grupo de acionamento” o bloco formado por traço e ponto.

### 7.3 FUNÇÃO DAS BOMBAS HIDRÁULICAS

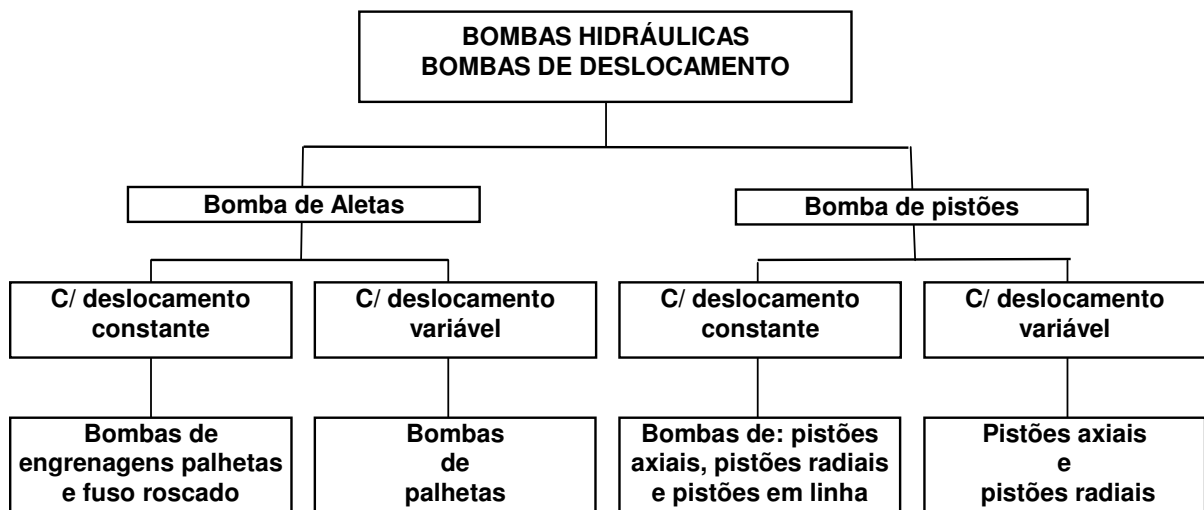
A função das bombas é a transformar a energia mecânica ( motor de acionamento) em energia hidráulica (transmissão de pressão através do fluxo).

A instalação de bombas em um sistema hidráulico, visa produzir um fluxo capaz de transmitir pressão, por exemplo, como em bombas de elevação, de enchimento ou lubrificação.

#### Tipos de Construção

Todas as bombas hidráulicas funcionam segundo o princípio de deslocamento. São denominadas de acordo com a forma do deslocamento do líquido sob pressão.

#### Classificação das Bombas Hidráulicas Segundo o Deslocamento



As bombas hidráulicas trabalham pelo princípio de deslocamento. Isto significa que o líquido sob pressão é pressionado para dentro das tubulações e deslocado em direção ao elemento de trabalho (geralmente cilindros).

O deslocamento do líquido é efetuado por pistões, bombas rotativas (palhetas), fusos helicoidais, ou também pelos dentes de engrenagens.

As construções são, portanto, bastante variadas. Todas elas efetuam o deslocamento do líquido sob pressão em direção ao elemento de trabalho. Porém, devido ao tipo construtivo da bomba, o fluxo do líquido sob pressão pulsa.

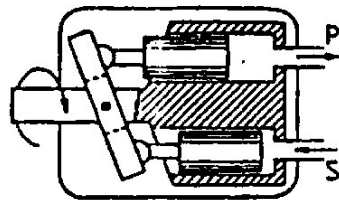


Figura 7.2 – Bomba de êmbolos axiais

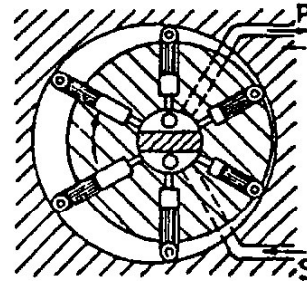


Figura 7.3 – Bomba de êmbolos radiais

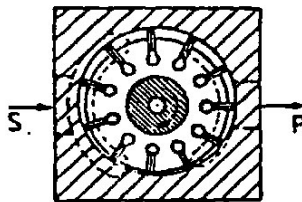


Figura 7.4 – Bomba de palhetas

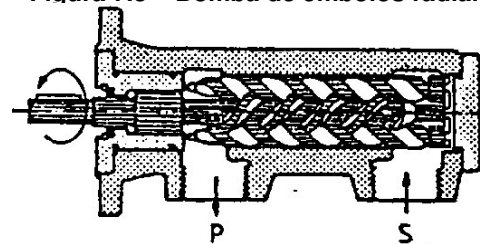


Figura 7.5 – Bomba de fusos rosqueados

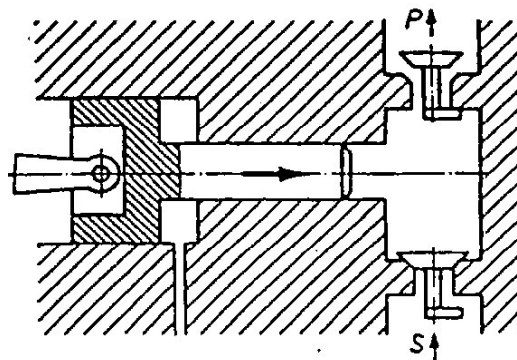
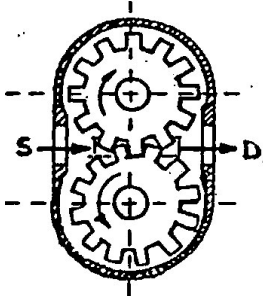

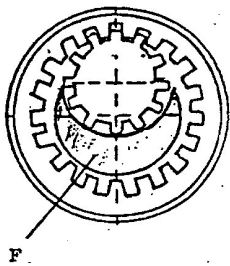
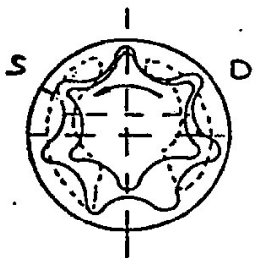
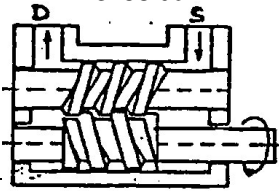


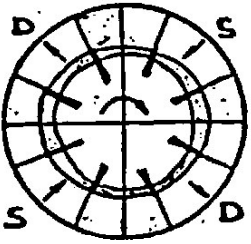
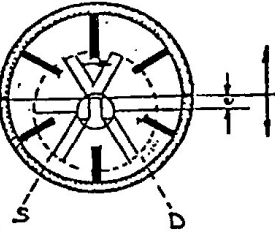

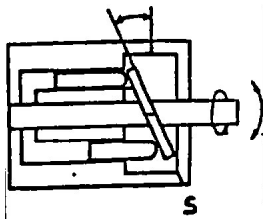

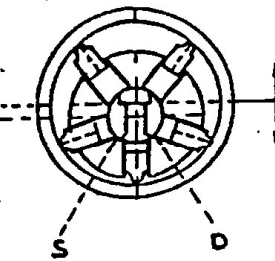
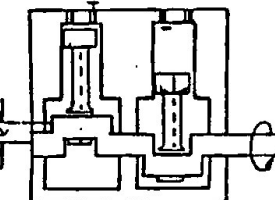
Figura 7.6 – Bomba de êmbolo

Os elementos de deslocamento movimentam-se dentro da bomba, a fim de produzir a vazão. Em conseqüência, estes elementos pressionam o líquido em direção ao elemento de trabalho. Na bomba de pistão, isto está claro. Devido ao curso de retorno, produzem fortes oscilações de pressão.

Mesmo se, numa bomba de pistões, vários pistões forem acionados por um eixo, a vazão continuará sendo pulsante. O mesmo ocorre nas bombas rotativas de palhetas e nas bombas de engrenagens. As bombas de fuso helicoidal trabalham quase sem pulsações.

Em algumas bombas hidráulicas, a vazão é regulável. A regulagem se efetua modificando o volume da câmara de bomba.

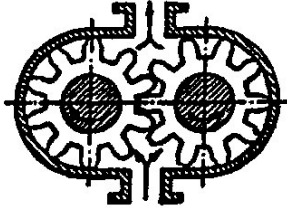
Representação Esquemática	Funcionamento	Propriedade e campo de aplicação	Símbolo
<p><b>Bomba de Engrenagens de Dentes Externos</b></p> 	<p>Ao girarem as engrenagens, o óleo é arrastado desde a câmara de sucção (S), através dos vãos dos dentes e deslocado para o interior da câmara de pressão (D). No engrenamento dos dentes, é retido o óleo comprimido por estes (10%), o qual retorna à câmara de pressão, através de uma ranhura.</p>	<p>Construção simples, robusta, econômica e de grande segurança de funcionamento. Existem bombas de engrenagens múltiplas. Pressões até 200 bar. Aplicáveis em todos os campos da construção de máquinas.</p>	
<p><b>Bombas de Engrenagens com Dentes Internos</b></p> 	<p>Em princípio, funciona como a bomba de engrenagens de dentes externos. Ao girar a engrenagem de dentes internos, a engrenagem de dentes externos também gira, razão pela qual o óleo é arrastado através dos vãos dos dentes. A peça de enchimento F separa a câmara de sucção da câmara de pressão</p>	<p>Sem ruído, bom efeito vedante. Pressões até 315 bar.</p>	
<p><b>Bomba de Anel Dentado</b></p> 	<p>A engrenagem externa tem um dente a mais que a engrenagem interna. A forma de denteamento está escolhida de tal forma que cada dente da engrenagem interna toca a engrenagem externa. Ao girar a engrenagem interna, o óleo é arrastado desde a câmara de sucção até a câmara de pressão</p>	<p>Sem ruídos, boa vedação. Pressões até 100 bar.</p>	
<p><b>Bomba de Fuso Helicoidal</b></p> 	<p>Dois fusos engrenados entre si, transportam o óleo através das câmaras existentes entre o passo da rosca e a carcaça, até a câmara de pressão.</p>	<p>Sem pulsações no fluxo de óleo, silenciosa, por causa do elevado atrito, pouco rendimento. Pressões até 200 bar. Máquinas operatrizes, máquinas de usinagem de precisão.</p>	

<p><b>Bomba Rotativa de Palhetas, Admissão Externa, Curso Duplo</b></p> 	<p>Ao girar o rotor, as palhetas são pressionadas contra uma superfície curva de deslizamento, transportando desta maneira, o óleo desde a câmara de sucção até a câmara de pressão. A fim de aliviar os mancais, freqüentemente se colocam duas câmaras de sucção e duas câmaras de pressão, uma frente à outra. A vazão, neste tipo de construção, não é variável</p>	<p>Pouco atrito, portanto elevado rendimento, poucas pulsações, marcha silenciosa. Pressões até 175 bar.</p>	
<p><b>Bomba Rotativa de Palhetas, Admissão Interna, Curso Simples</b></p> 	<p>Nas bombas rotativas reguláveis, de palhetas, tanto no caso de admissão interna como externa, o rotor está montado em forma excêntrica. O óleo é transportado tangencialmente desde o lado da sucção até o lado da pressão. Mediante a regulagem da excentricidade, pode-se variar o fluxo e inverter a direção deste.</p>	<p>As forças da bomba não estão compensadas, portanto, na generalidade dos casos, estas bombas são aptas somente para pressões menores.</p>	
<p><b>Bomba de Pistões Axiais com Disco Inclinado</b></p> 	<p>Ao girar o disco inclinado S, os pistões movimentam-se em vai e vem, desta maneira, os pistões enchem e esvaziam. Basculando o disco inclinado, é possível variar o volume e inverter a direção do fluxo.</p>	<p>Graças à grande exatidão de fabricação, reduzidas perdas por vazamento e portanto, grande rendimento. Pressões até 400 bar. Técnica de transporte, construção de veículos, construção de máquinas operatrizes.</p>	
<p><b>Bomba de Pistões Radiais, Admissão Interna</b></p> 	<p>Ao girar o rotor, montado excêntricamente, os pistões executam um curso, que aumenta gradativamente, na câmara de sucção e diminui na câmara de pressão. É possível variar o volume e inverter a direção do fluxo, através da regulagem da excentricidade.</p>	<p>Elevados coeficientes de rendimento. Elevada capacidade. Pressões até 630 bar. Técnica do transporte, construção de veículo, construção de máquinas operatrizes.</p>	
<p><b>Bombas de Pistões em Linha</b></p> 	<p>O eixo de manivelas ao girar, produz o movimento dos pistões, impulsionando portanto, um fluxo de óleo.</p>	<p>Utilizada principalmente como bomba de injeção. Pressões até 500 bar.</p>	

--	--	--	--

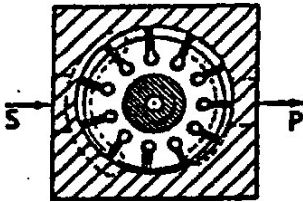
Tabela 7.1

**Bomba de Engrenagem**



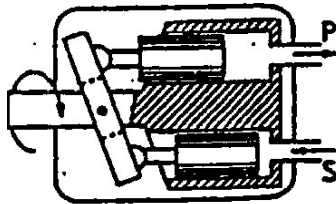
Pressão p.	10	50	100	150	175	200	225	250
Vazão Q	6	5,9	5,8	5,8	5,7	5,5	5,4	5,4

**Bomba de Palhetas**



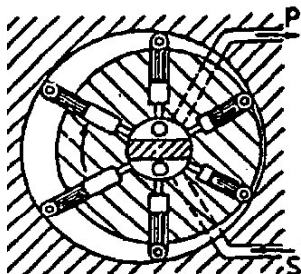
Pressão p.	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vazão Q	7	6,95	6,9	6,85	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0

**Bomba de Pistão Axial**



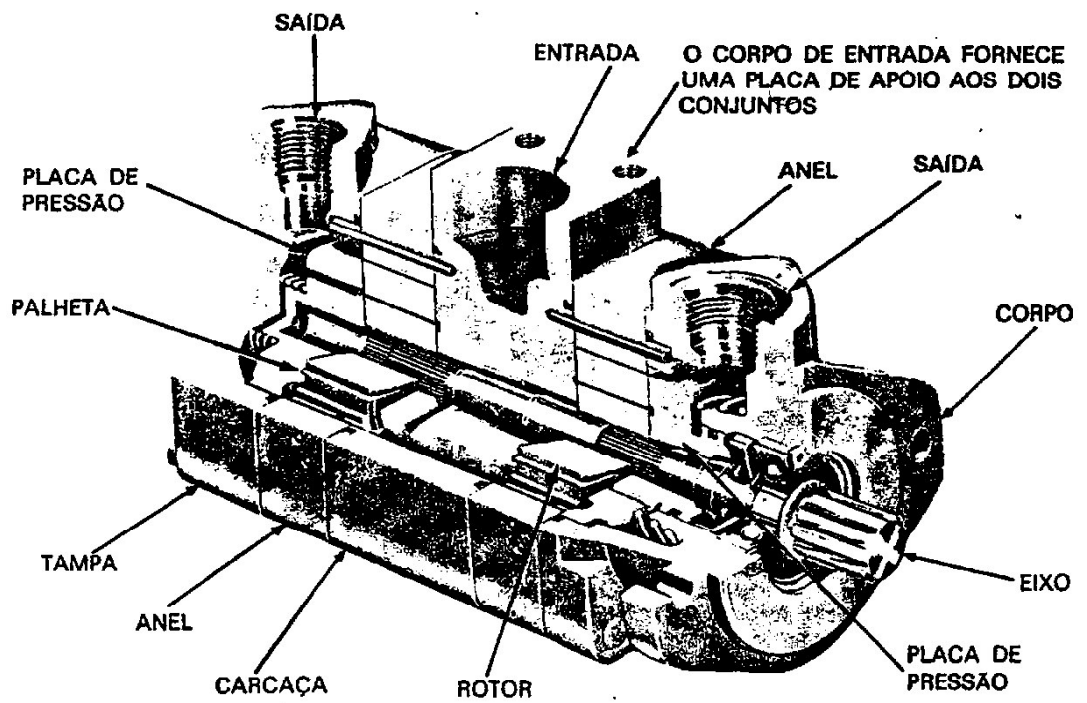
Pressão p.	50	100	150	200	250	300
Vazão Q	47,5	46,8	46,1	45,4	44,7	44,0

**Bomba de Pistão Radial**





Press. p.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	630
Vazão Q	2,9	2,85	2,75	2,7	2,65	2,6	2,55	2,55	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

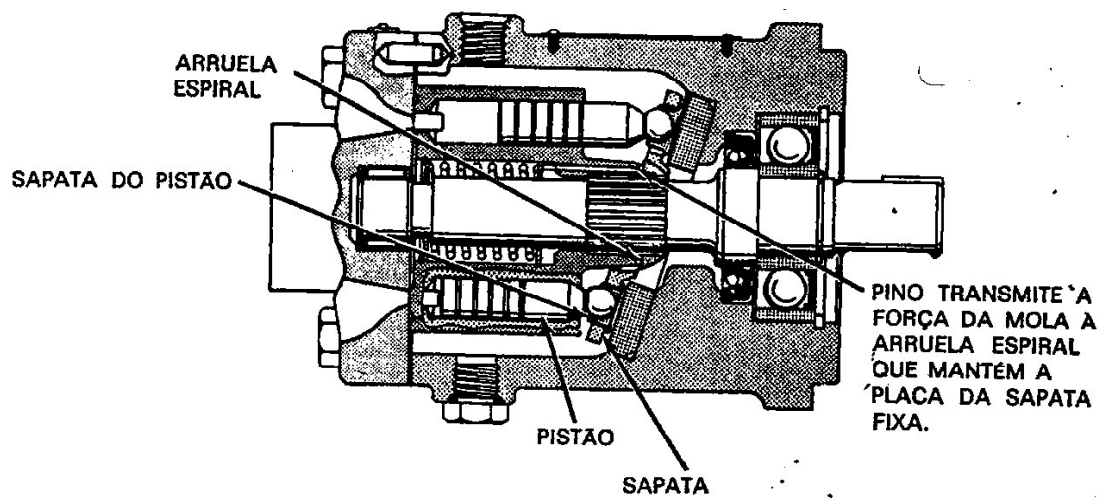


FIEMG  
 CIEMG  
 SESI  
**SENAI**  
 IEL

Sistema FIEMG

ENTRADA

Figura 7.7 – Bombas de palhetas de alta eficiência



FIEMG  
CIEMG  
SESI  
**SENAI**  
IEL

Sistema FIEMG

Figura 7.8 – Bombas de pistões em linha

## 7.4 EXERCÍCIOS

1. Complete:

a) As bombas são classificadas em dois tipos: \_\_\_\_\_  
e \_\_\_\_\_.

b) As bombas usadas para transmitir força hidráulica são do tipo \_\_\_\_\_.

c) Os dois tipos básicos de bombas de pistões são: \_\_\_\_\_  
e \_\_\_\_\_.

d) As bombas de deslocamento variável têm o seu volume variado através da \_\_\_\_\_.

2. Quais são os tipos de bombas de deslocamento positivo?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Descreva o funcionamento da bomba de engrenagens.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Descreva o funcionamento da bomba de palheta.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 8. ATUADORES

Os atuadores têm como finalidade transformar a energia hidráulica em energia mecânica. Um fluido separado sob pressão é transformado pelo atuador em força mecânica que, ao se deslocar, produz trabalho.

Classificam-se basicamente em dois tipos:

- atuadores lineares: movimento retilíneo e
- atuadores rotativos: movimento de rotação.

### 8.1 ATUADORES LINEARES

Cilindros de ação simples: são acionados por pressão em apenas um dos lados, portanto realizam trabalho em um só sentido.

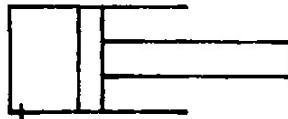


Figura 8.1 – Cilindro de ação simples

Cilindros de dupla ação: são acionados por pressão, tanto no avanço como no retorno, portanto realizam trabalho nos dois sentidos.



Figura 8.2 – Cilindro de dupla ação (ou padrão)

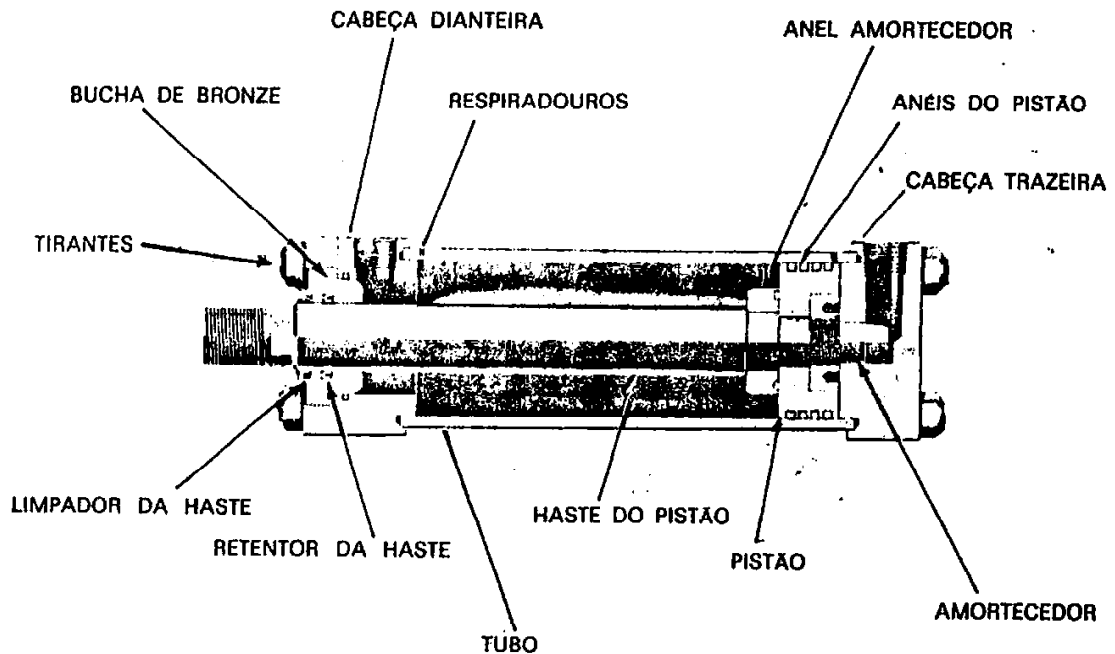


Figura 8.3 – Construção de um cilindro

## Manutenção de Cilindros

A manutenção preventiva de cilindros visa eliminar a penetração de impurezas, evitar escoriações na haste e nas partes internas dos cilindros, como também não permitir vazamentos internos e externos. Esses objetivos podem ser alcançados com as seguintes medidas preventivas:

### a) Montagem dos componentes

Seguir as recomendações gerais sobre ajustes e tolerâncias;  
O retentor limpador deve ser montado com o lábio para fora;  
Colocar sempre o filtro no orifício do respirador nos cilindros de ação simples.

### b) Instalação dos cilindros na máquina

Os cilindros devem ser cuidadosamente alinhados, deixando os pivôs livres;  
Os parafusos de fixação dos cilindros montados na base devem ser devidamente apertados e travados, para não se soltarem em serviço.

### c) Em serviço

- Riscos ou quaisquer outras falhas observadas na haste do cilindro devem ser corrigidas imediatamente;
- Os vazamentos externos devem ser analisados: devem ser verificados os retentores, o afrouxamento de parafusos ou porcas e trincas;
- Os vazamentos internos podem ser provocados por desgaste dos anéis ou por arranhões das paredes internas dos cilindros.

*Observação:* Os sintomas de vazamento interno são parecidos com os provocados pelo vazamento de válvulas. As válvulas devem ser verificadas antes de serem abertos os cilindros.

- Nos cilindros posicionados de tal maneira que o ar do circuito não tenha possibilidade de escapar por si mesmo, faz-se periodicamente sangria de ar;
- Deve-se evitar o aperto demasiado da gaxeta da haste para não grimpar ou desgastá-la rapidamente por falta de lubrificação.

## 9. ACESSÓRIOS

### 9.1 ACUMULADORES

Diferindo dos gases, os fluidos usados nos sistemas hidráulicos não podem ser comprimidos e armazenados ao mesmo tempo para serem usados numa hora ou local distintos. Esta situação se modifica se é possível contar com o auxílio do acumulador, cuja vantagem é a de fornecer meios de armazenar esses fluidos incompressíveis sob pressão. Isto se consegue quando o fluido hidráulico, sob pressão, entra numa câmara do acumulador, de três modos distintos:

1. comprimindo uma mola;
2. comprimindo gases;
3. levantando um peso.

Qualquer queda de pressão na abertura de entrada criará uma reação no elemento que forçará o fluido a sair.

### 9.2 PRESSOSTATOS

São conversores de sinal hidráulico em sinal elétrico. Têm como função ligar ou desligar circuitos elétricos às pressões desejadas para ativarem as válvulas operadoras por solenóides ou outros dispositivos usados no sistema (alarmes, lâmpadas, etc).

### 9.3 INTENSIFICADORES

São acessórios usados nos circuitos hidráulicos para multiplicar a pressão gerada pela bomba.

O multiplicador de pressão, ou intensificador, atua somente no momento final da operação, isto é, quando toda a câmara do cilindro está cheia de fluido.

A pressão da bomba atua sobre a superfície de área maior. A área menor, para resistir, requer uma pressão maior.

### 9.4 MANÔMETROS

São instrumentos destinados a ajustar as válvulas controladoras de pressão e a determinar as forças que um cilindro ou motor desenvolvem.

Os dois tipos principais de manômetros de pressão são o tubo de Bourdon e o tipo Schrader.

A maioria dos manômetros registra zero à pressão atmosférica e é calibrada em  $\text{kfg/cm}^2$  ou em  $\text{ib/pol}^2$ .

## 9.5 ROTÂMETROS

São instrumentos destinados a medir o fluxo que passa por um determinado ponto do circuito. Um rotâmetro típico consiste em um peso colocado num tubo cônico e graduado na posição vertical. O óleo bombeado entra na parte inferior e sai na parte superior do tubo, levantando o peso a uma altura proporcional ao fluxo.



## 9.6 EXERCÍCIOS

1. Assinale a alternativa correta:

A finalidade de um atuador é:

- a) ( ) Transformar energia mecânica em energia hidráulica.
- b) ( ) Transformar energia hidráulica em energia mecânica.
- c) ( ) Transformar energia hidráulica em energia elétrica.
- d) ( ) Acumular força.

2. Descreva o funcionamento do cilindro de dupla ação com amortecimento interno.

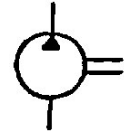
3. Qual é a função do acumulador?

4. Cite 5 tipos de cilindros hidráulicos.

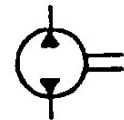
## 10. SIMBOLOGIA DE COMPONENTES E SISTEMAS HIDRÁULICOS - CONFORME DIN-ISO 1219

### TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA

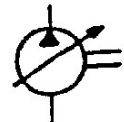
Bomba hidráulica com deslocamento constante com um sentido de fluxo



Bomba hidráulica com deslocamento constante com dois sentidos de fluxo



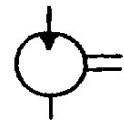
Bomba hidráulica com deslocamento variável com um sentido de fluxo



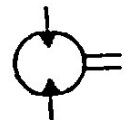
Bomba hidráulica com deslocamento variável com dois sentidos de fluxo



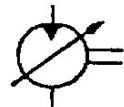
Motor hidráulico com deslocamento constante com um sentido de fluxo



Motor hidráulico com deslocamento constante com dois sentidos de fluxo



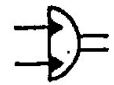
Motor hidráulico com deslocamento variável com um sentido de fluxo



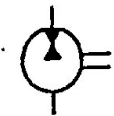
Motor hidráulico com deslocamento variável com dois sentidos de fluxo



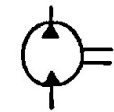
Motor hidráulico com campo giratório limitado



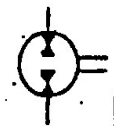
Bomba/motor de deslocamento fixo com reversão do sentido de fluxo



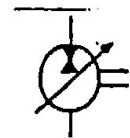
Bomba/motor de deslocamento fixo com único sentido de fluxo



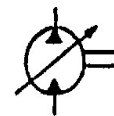
Bomba/motor de deslocamento fixo com dois sentidos de fluxo



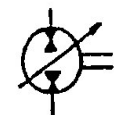
Bomba/motor de deslocamento variável com reversão de sentido do fluxo



Bomba/motor de deslocamento variável com um único sentido de fluxo



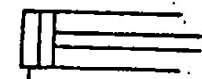
Bomba/motor de deslocamento variável com reversão do sentido de fluxo



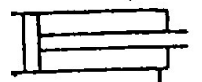
Unidade variadora de velocidade



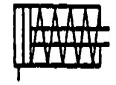
Cilindro de ação simples retorno por força não especificada



Cilindro de ação simples avanço por força não especificada



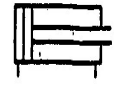
Cilindro de ação simples retorno por mola



Cilindro de ação simples avanço por mola



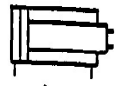
Cilindro de ação dupla com haste simples



Cilindro de ação dupla com haste passante



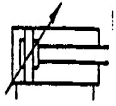
Cilindro diferencial



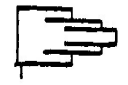
Cilindro com amortecedor fixo dois sentidos



Cilindro com amortecedor regulável dois sentidos



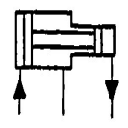
Cilindro telescópico de simples ação com retorno por força externa



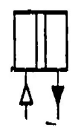
Cilindro telescópico de dupla ação



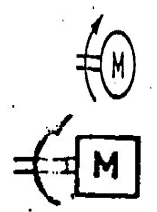
Intensificador para o mesmo meio de pressão



Conversor do meio de pressão por ex: de ar para óleo



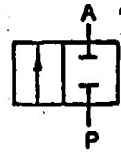
Motor elétrico



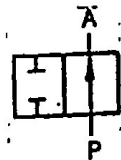
Motor térmico

**COMANDO E REGULAGEM DE ENERGIA - VÁLVULAS DIRECIONAIS**

Válvula direcional de 2 vias – 2 posições- posição normal fechada



Válvula direcional de 2 vias – 2 posições- posição normal aberta



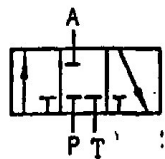
Válvula direcional de 3 vias – 2 posições - posição normal fechada



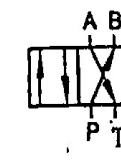
Válvula direcional de 3 vias – 2 posições – posição normal aberta



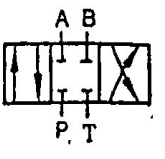
Válvula direcional de 3 vias – 3 posições – posição intermediária fechada



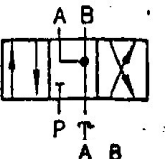
Válvula direcional de 4 vias – 2 posições



Válvula direcional de 4 vias – 3 posições – posição intermediária fechada



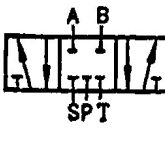
Válvula direcional de 4 vias – 3 posições – posição intermediária com saídas em retorno



Válvula direcional de 5 vias – 2 posições



Válvula direcional de 5 vias – 3 posições – posição intermediária



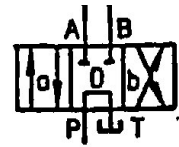
1.

fechada

Válvula direcional de 4 vias – 3 posições – posição intermediária aberta

Válvula direcional com posições intermediárias de comando e com duas posições finais

Válvula de simbolização simples. Por exemplo : com 4 vias – 2 posições

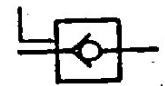
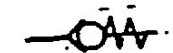
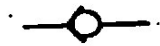


**COMANDO E REGULAGEM DE ENERGIA - VÁLVULAS DE BLOQUEIO**

Válvula de retenção sem mola

Válvula de retenção com mola

Válvula de retenção pilotada



**COMANDO E REGULAGEM DE ENERGIA - VÁLVULAS DE FLUXO**

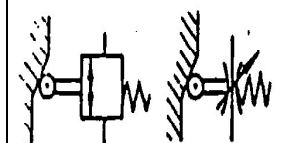
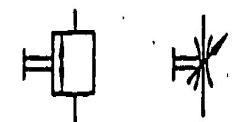
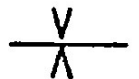
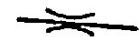
Válvula de fluxo com estrangulamento constante

Válvula de orifício com estrangulamento constante

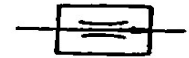
Válvula reguladora de fluxo com estrangulamento regulável nos dois sentidos

Válvula reguladora de fluxo, acionamento manual

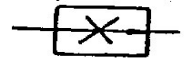
Válvula reguladora de fluxo, acionamento mecânico ou rolete e retorno por mola



Válvula reguladora de fluxo de 2 vias – vazão fixa – estrangulador



Válvula reguladora de fluxo de 2 vias - vazão fixa – orifício



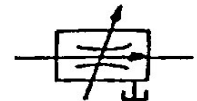
Válvula reguladora de fluxo de 3 vias – vazão fixa – estrangulador descarga ao reservatório



Válvula reguladora de fluxo de 2 vias – vazão variável – estrangulador

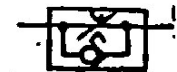


Válvula reguladora de fluxo de 3 vias – vazão variável – estrangulador descarga ao reservatório



**COMANDO E REGULAGEM DE ENERGIA - VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUXO COM VÁLVULAS DE RETENÇÃO EM LIGAÇÃO PARALELA**

Válvula reguladora de fluxo com retorno livre



Válvula reguladora de fluxo com orifício e retorno livre.



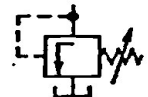
**COMANDO E REGULAGEM DE ENERGIA - VÁLVULA DE FECHAMENTO**

Válvula de fechamento, simbolização simplificada

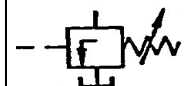


**COMANDO E REGULAGEM DE ENERGIA - VÁLVULA DE PRESSÃO**

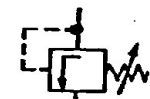
Válvula limitadora de pressão regulável (alívio)



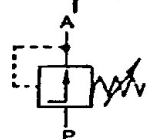
Válvula limitadora de pressão pilotada através de controle remoto



Válvula de seqüência



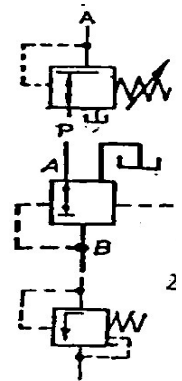
Válvula reguladora de pressão sem alívio



Válvula reguladora de pressão com alívio

Válvula reguladora de pressão com alívio com controle remoto

Válvula reguladora de pressão diferencial



**TRANSMISSÃO DE ENERGIA**

Linha de trabalho (utilização)

Linha de comando (pilotagem)

Linha de retorno

Linha de contorno. Delimitação de um conjunto de funções em um único corpo

Tubulação flexível

Instalação elétrica

Conexão fixa (derivação)

Cruzamento de linhas não ligadas

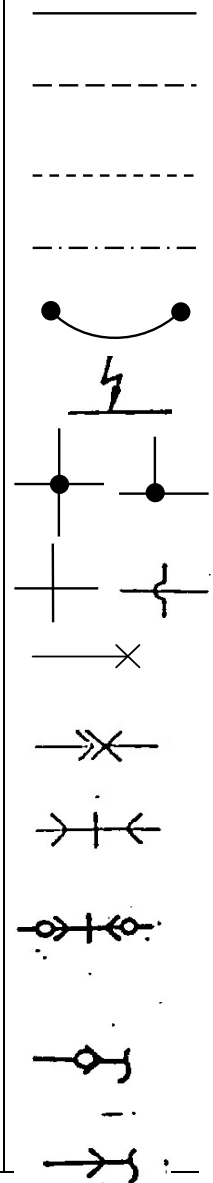
Ponto de ligação de pressão fechado

Ponto de ligação de pressão com conexão

Conexão rápida, acoplada com válvulas de bloqueio sem abertura mecânica

Conexão rápida, acoplada com válvula de bloqueio com abertura mecânica (engate rápido)

Conexão rápida, desacoplada, canal fechado



164/127



Conexão rápida, desacoplada, canal aberto

Conexão giratória em um só sentido

Conexão giratória nos dois sentidos

Reservatório aberto

Reservatório de entrada com a extremidade acima de nível de fluido

Reservatório de entrada com a extremidade abaixo do nível do fluido

Reservatório com linha sob carga

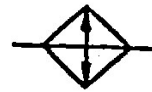
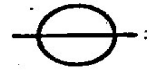
Reservatório pressurizado

Acumulador

Filtro

Refrigerador (resfriador)

Refrigerador com representação das linhas de fluxo do fluido refrigerante


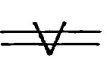

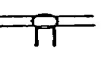
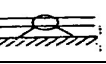


**ACIONAMENTO PEÇAS MECÂNICAS**

Eixo, movimento giratório em um sentido

Eixo, movimento giratório nos dois sentidos

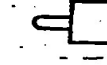
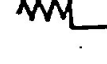

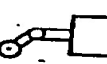


Engate (trava)	
Trava (símbolo para o meio de acionamento para destravar)	
Dispositivo de avanço intermitente	
Conexão articulada, simples	
Conexão articulada com eixo de alavanca passante	





**MEIOS DE ACIONAMENTO - ACIONAMENTO MANUAL (MUSCULAR)**

Geral	
Por botão	
Por alavanca	
Por pedal	


**MEIOS DE ACIONAMENTO - ACIONAMENTO MECÂNICO**

Por came ou apalpador	
Por rolete apalpador	
Por rolete apalpador	
Por rolete apalpador com retorno em vazio (gatilho)	

**MEIOS DE ACIONAMENTO - ACIONAMENTO ELÉTRICO**

Por eletro – ímã com enrolamento ativo (bobina solenóide)	
Por eletro – ímã com duas bobinas atuando em sentido contrário	
Por motor elétrico com momento giratório contínuo	
Por motor elétrico de passo a passo (intermitente)	

**MEIOS DE ACIONAMENTO - ACIONAMENTO POR PRESSÃO**

	
--	---

Direto pro acréscimo de pressão	
Áreas atuantes diferentes	
Indireto por acréscimo de pressão (servo – pilotagem)	
Indireto por decréscimo de pressão (servo – pilotagem)	
Centragem por pressão	
Centragem por mola	
<b>MEIOS DE ACIONAMENTO - ACIONAMENTOS COMBINADOS</b>	
Por solenóide e válvula piloto	
Por solenóide ou válvula piloto	
<b>MEIOS DE ACIONAMENTO - APARELHOS DIVERSOS</b>	
Indicador de pressão (manômetro)	
Indicador de pressão diferencial	
Indicador de temperatura	
Aparelho medidor de fluxo (vazão)	
Aparelho medidor de fluxo (volume)	
Conversor hidráulico – elétrico	
Aparelho sensetivo de pressão (pressostato)	
Aparelho sensetivo de temperatura (termostato)	
Aparelho sensetivo de fluxo	

10.1 UNIDADES

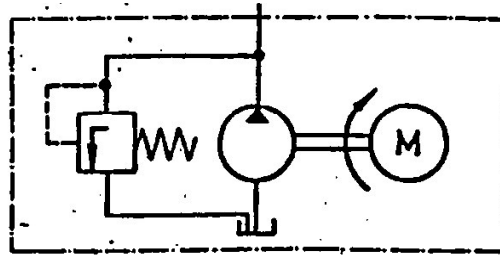


Figura 10.1 - Grupo de acionamento com uma bomba

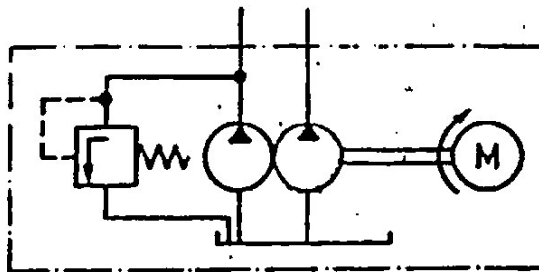


Figura 10.2 - Grupo de acionamento com duas bombas de vazões iguais.

## 10.2 ESQUEMAS HIDRÁULICOS

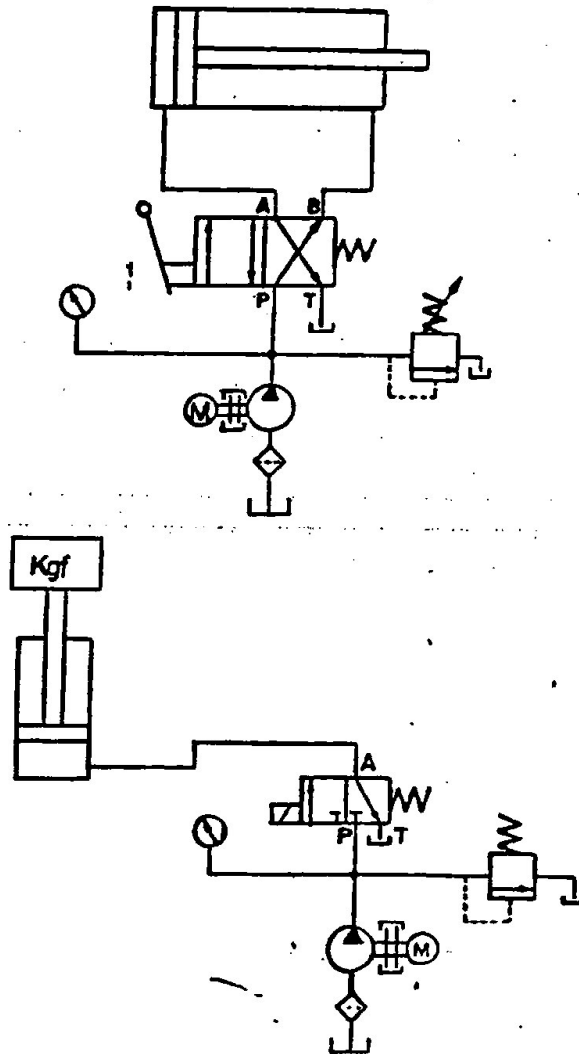


Figura 10.3 - Circuitos básicos

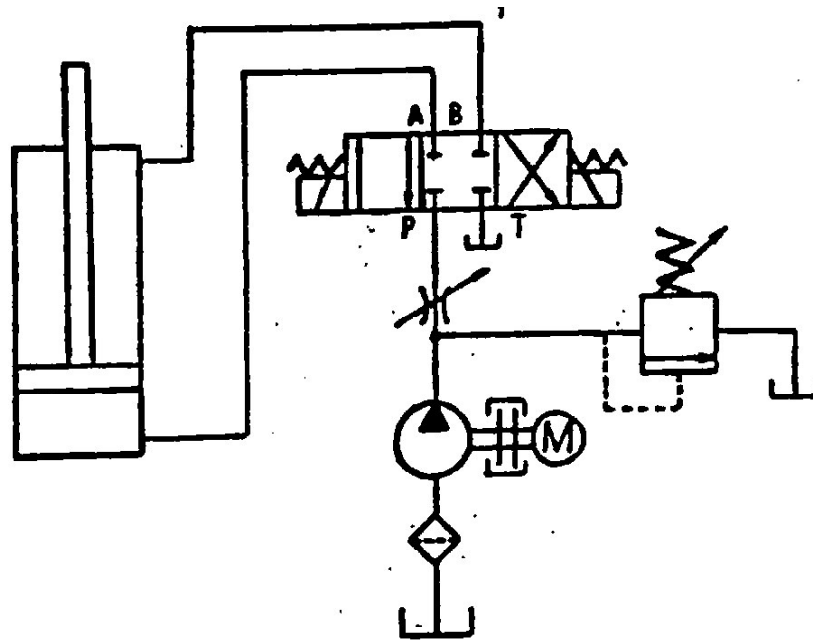


Figura 10.4 - Regulação de vazão antes da direcional

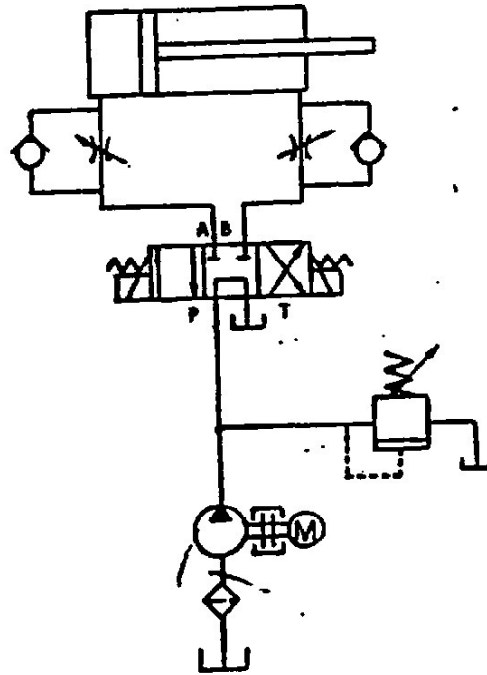


Figura 10.5 - Regulação de vazão na entrada do atuador

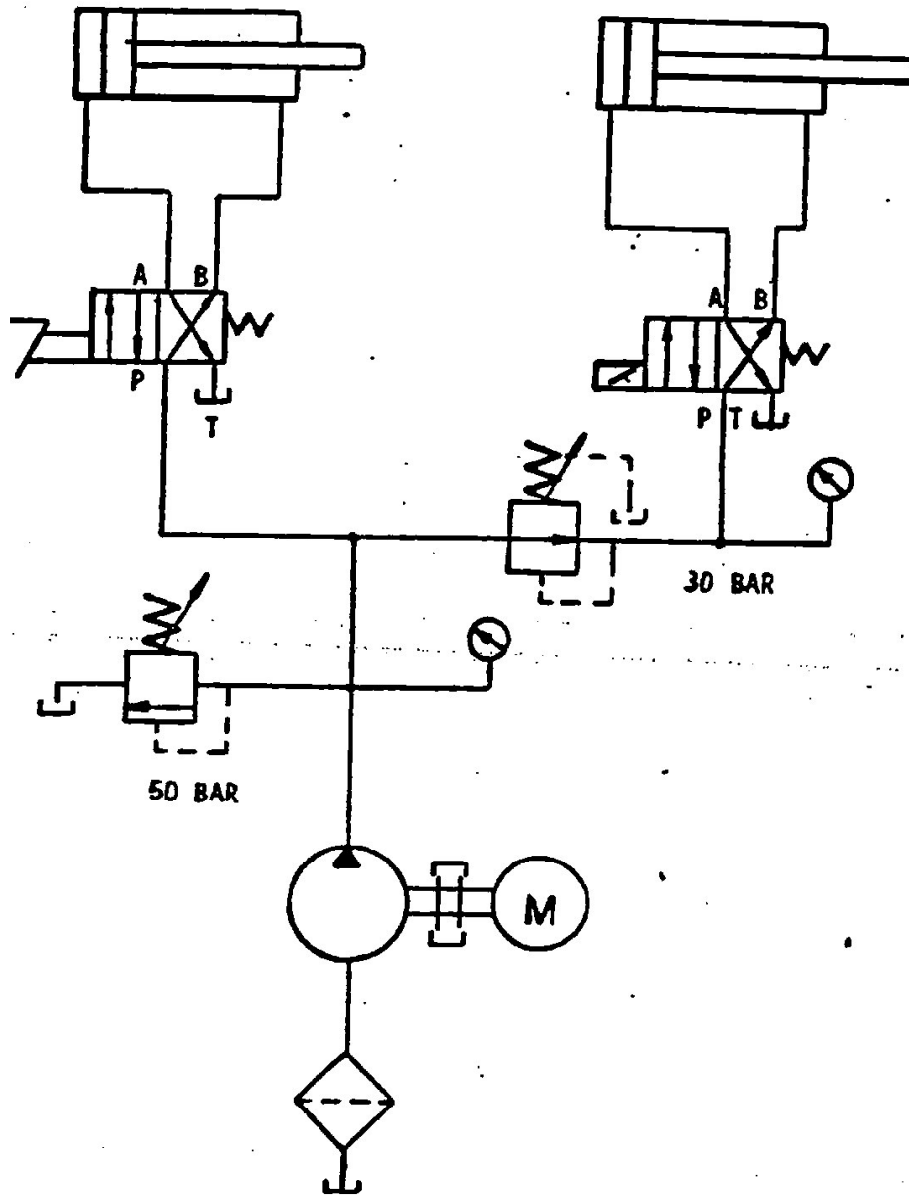


Figura 10.6 - Sistema com redução de pressão

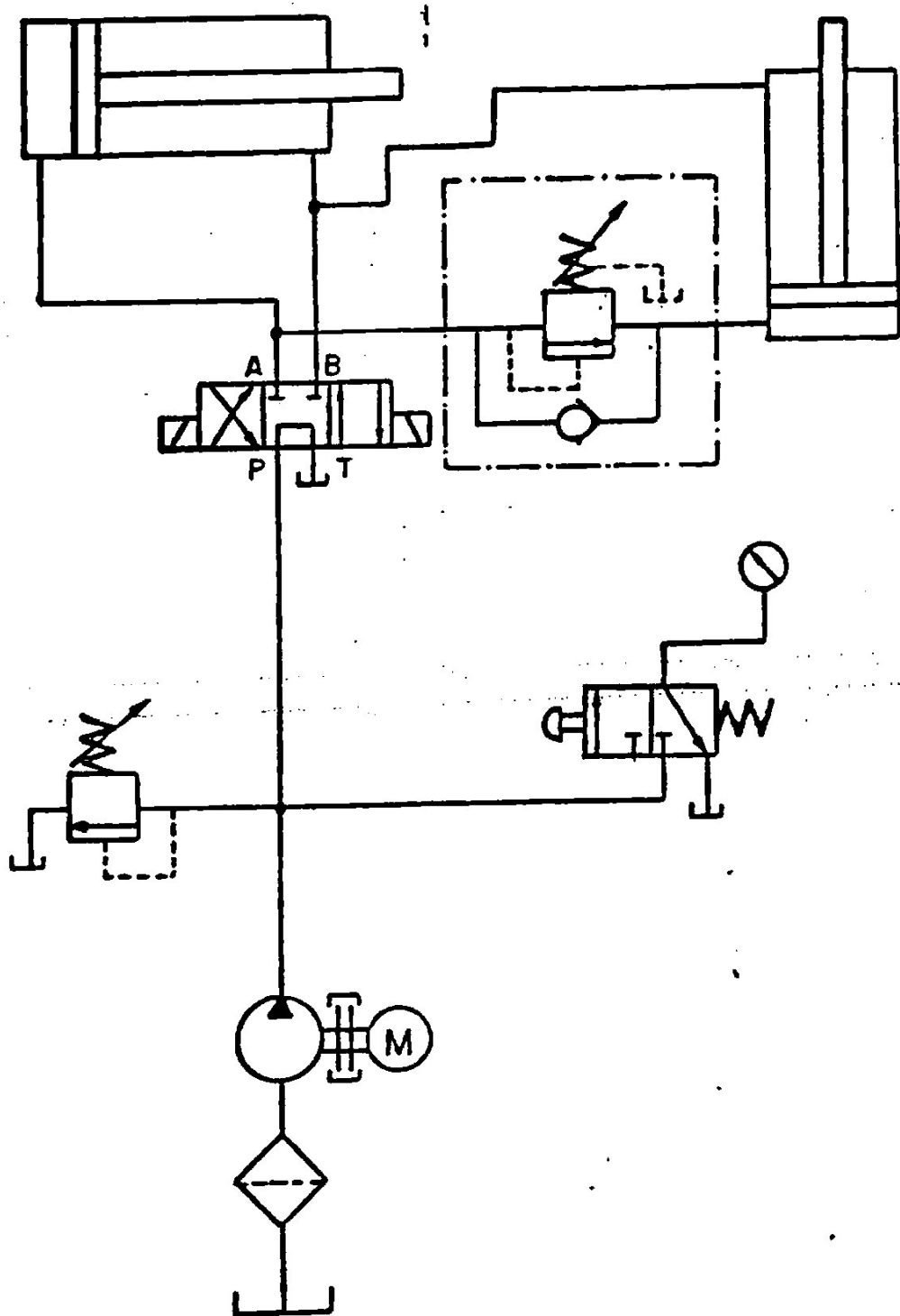


Figura 10.7 - Circuito seqüencial



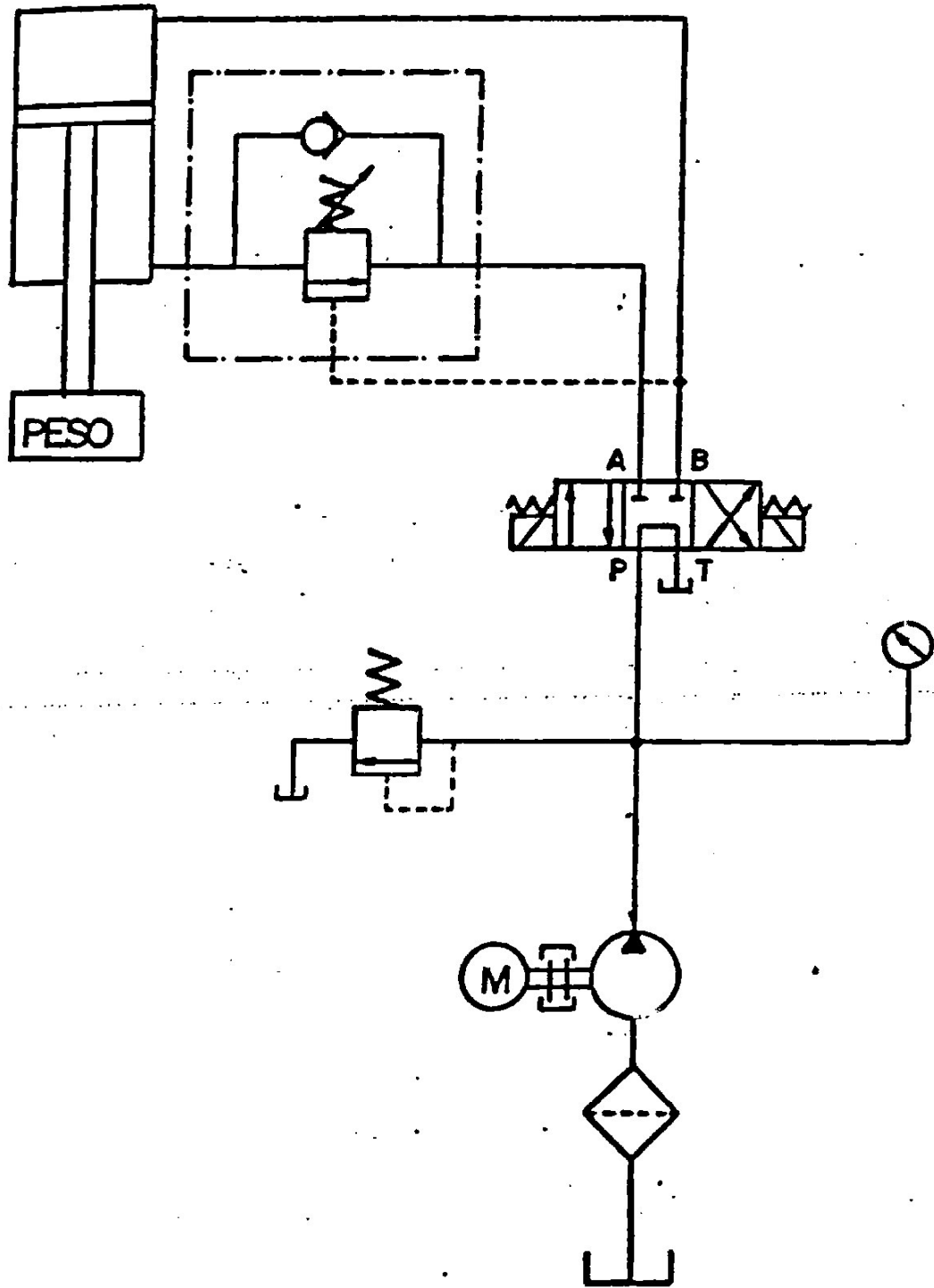


Figura 10.8 - Circuito de contrabalanço

## 10.3 GUIA PARA LOCALIZAÇÃO DE DEFEITOS

### Objetivo

Identificar defeitos em circuitos hidráulicos (sistema geral).

### Manutenção Planificada

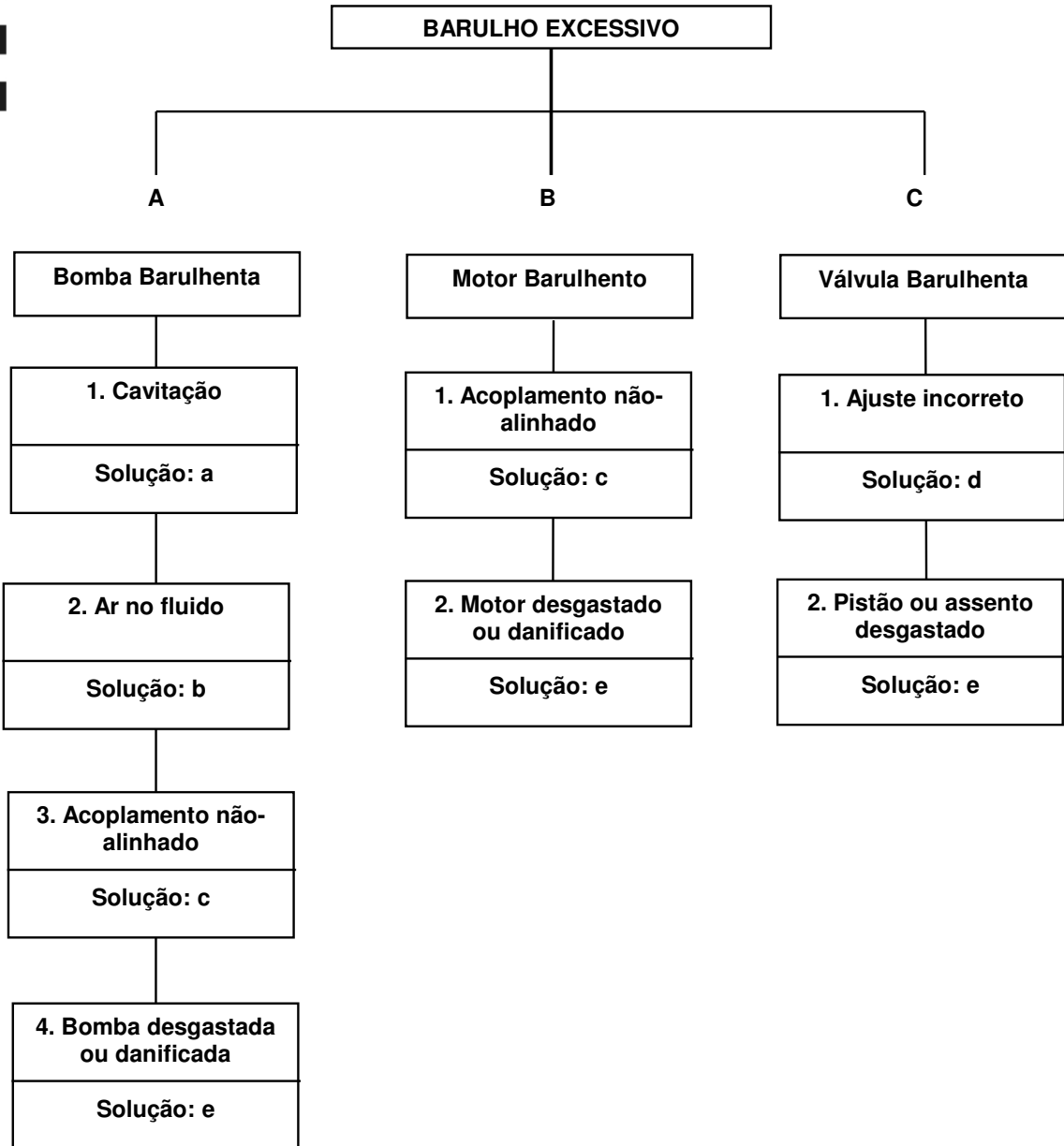
Três procedimentos simples melhoram o funcionamento, eficiência e vida de um sistema hidráulico e, pela simplicidade, muitas vezes passam despercebidos.

São eles:

- a – trocar filtros;
- b – manter o óleo, do tipo e viscosidade apropriada, limpo e no nível certo;
- c – manter sempre apertadas as conexões (porém, não exageradamente) a fim de impedir entradas falsas de ar no sistema.

### Organogramas Para Localização de Defeitos

Os organogramas seguintes, para localização de defeitos e sugestões para manutenção, são de um sistema geral.



**Soluções**

**a) Alguma ou todas as soluções seguintes:**

- substituir filtros sujos;
- eliminar restrição do encanamento na entrada da bomba;
- limpar o filtro do respiro do reservatório;
- trocar o óleo;
- verificar a rotação do motor;
- revisar ou trocar a bomba de superalimentação.

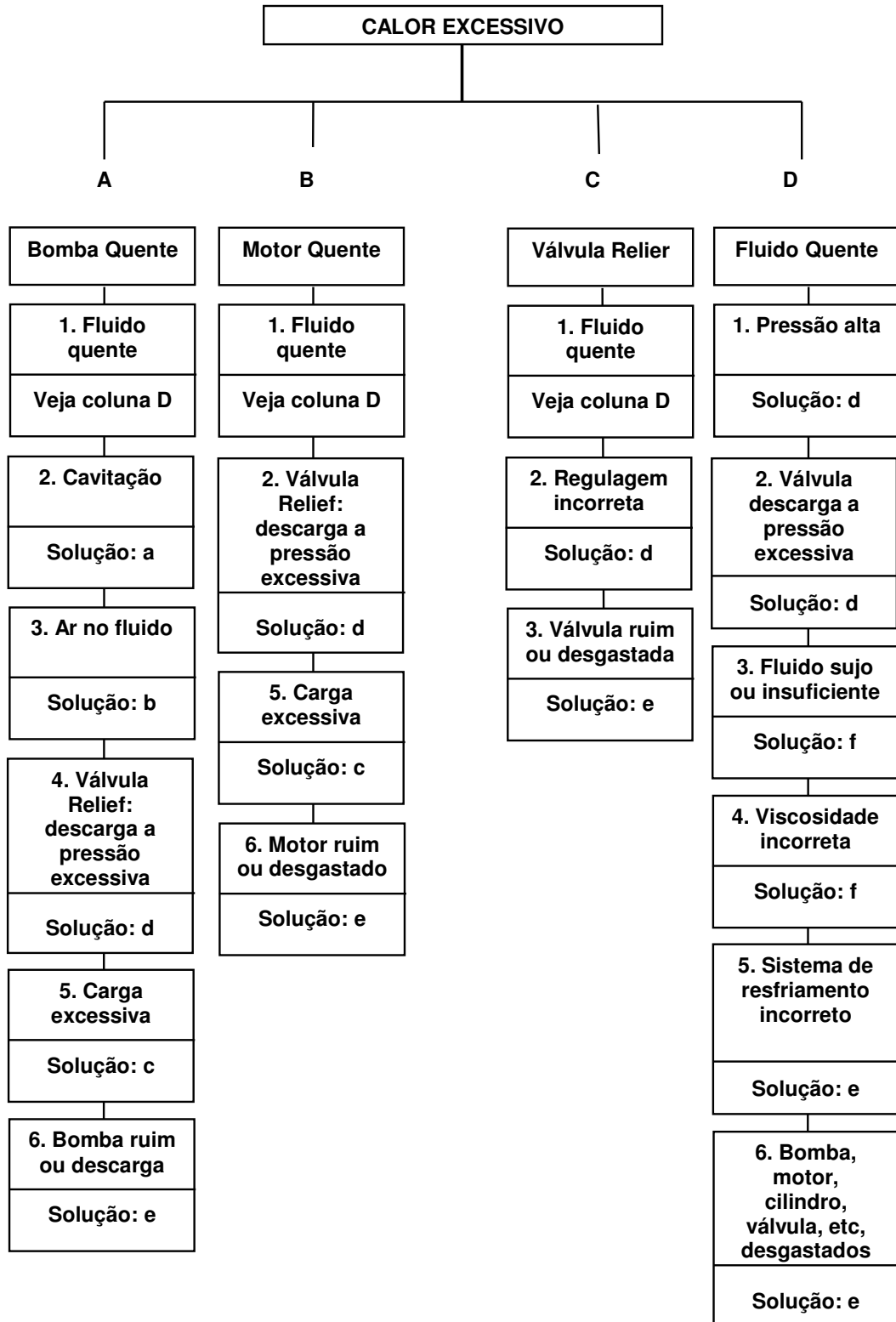
**b) Alguma ou todas as soluções seguintes:**

- apertar as conexões;
- encher o reservatório no nível certo (com raras exceções), todas as linhas de descarga devem ser mergulhadas no óleo);
- sangrar o ar do sistema;
- substituir o retentor da bomba.

- c) – Alinhar a unidade.**
- Verificar a condição dos retentores e rolamentos.

**d) Instalar manômetro e regular a pressão correta.**

**e) Revisar ou substituir.**



**Soluções**

a) Alguma ou todas as soluções seguintes:

- substituir filtros sujos;
- limpar e desentupir o encanamento na entrada da bomba;
- trocar o óleo;
- verificar a rotação do motor;
- revisar e substituir a bomba de superalimentação.

b) Alguma ou todas as soluções seguintes:

- apertar conexões com vazamento;
- completar, ao nível certo, o óleo no reservatório;
- sangrar o ar do sistema;
- trocar o retentor da bomba.

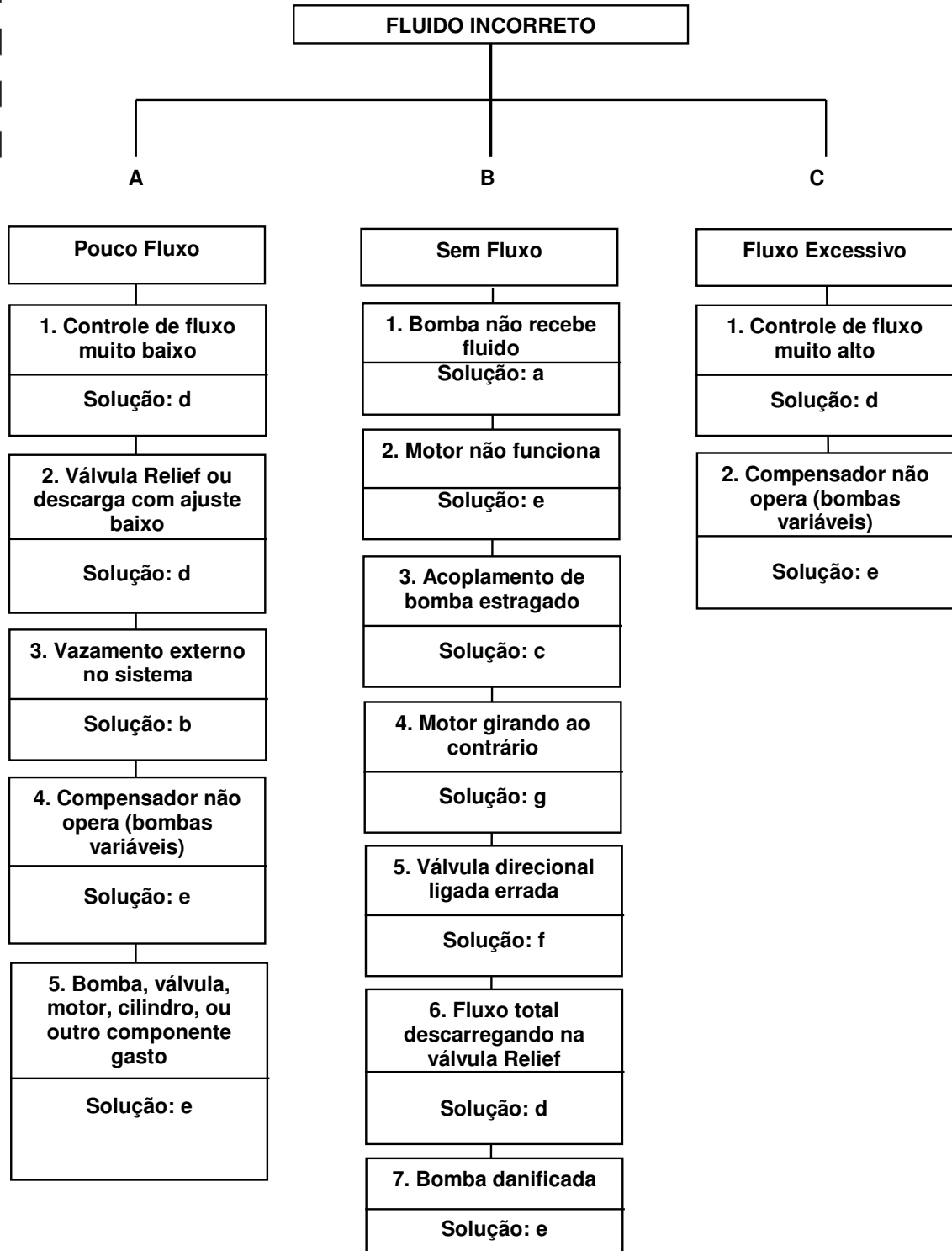
c) Alinhar a unidade e

- Verificar a condição dos retentores e rolamento;
- Localizar e corrigir qualquer engripamento mecânico;
- Verificar, com desenho, se existe sobrecarga.

d) Regular com manômetros a pressão correta do trabalho.

e) Revisar ou substituir.

f) substituir filtros e o óleo se a sua viscosidade não for adequada;  
encher o reservatório ao nível correto.



**Soluções**

**a)** Alguma ou todas as soluções seguintes:

- substituir filtros sujos;
- limpar ou desentupir o encanamento da entrada;
- limpar o respiro do reservatório;
- verificar o nível do óleo;
- revisar ou substituir a bomba de alimentação.

**b)** – apertar as conexões que vazam;  
– sangrar o ar do sistema.

**c)** – verificar a bomba ou o motor;  
– substituir e alinhar o acoplamento.

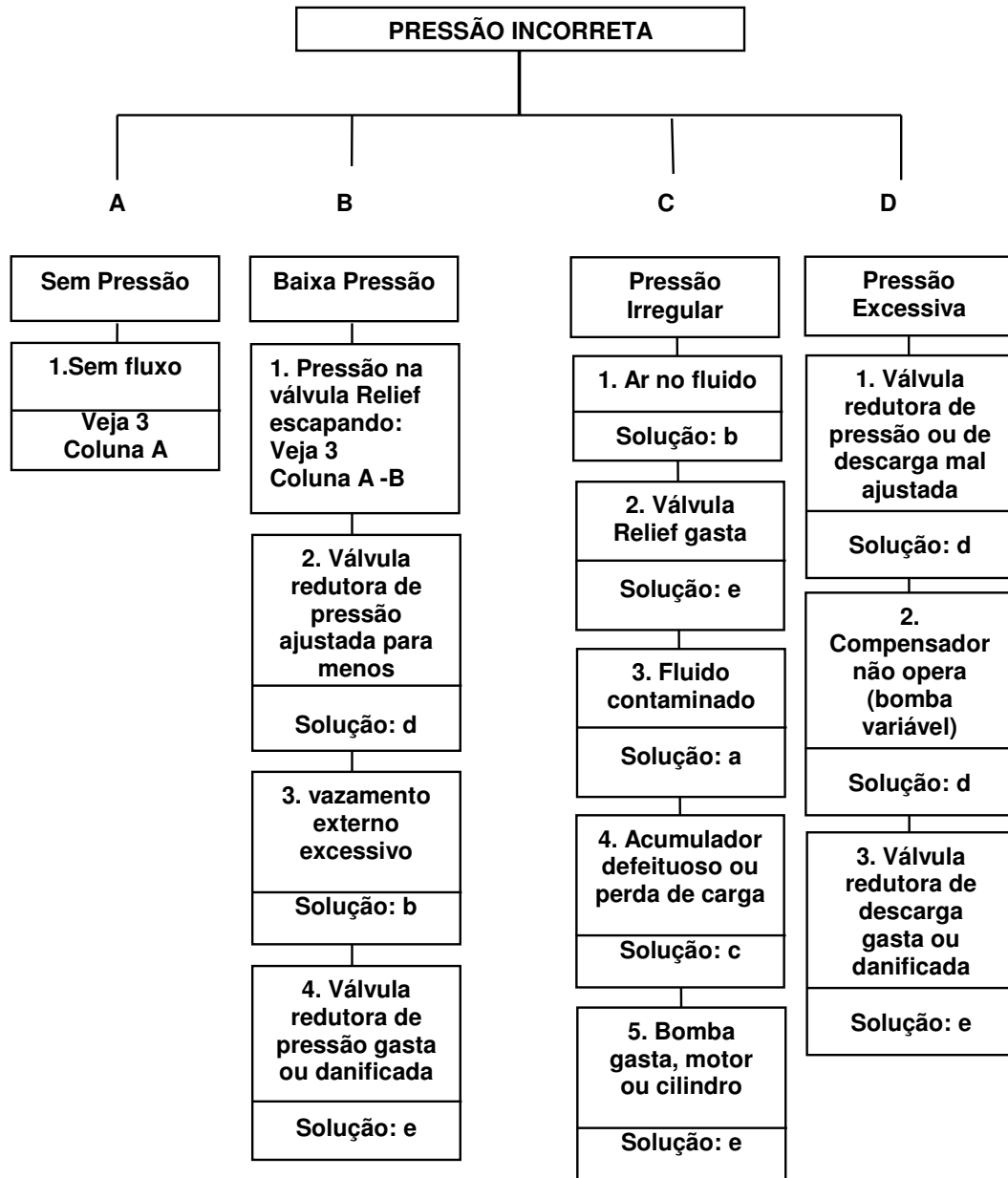
**d)** Ajustar.

**e)** Revisar.

**f)** – verificar a posição de controles manuais;  
– verificar o circuito elétrico nos controles operados por solenóides.

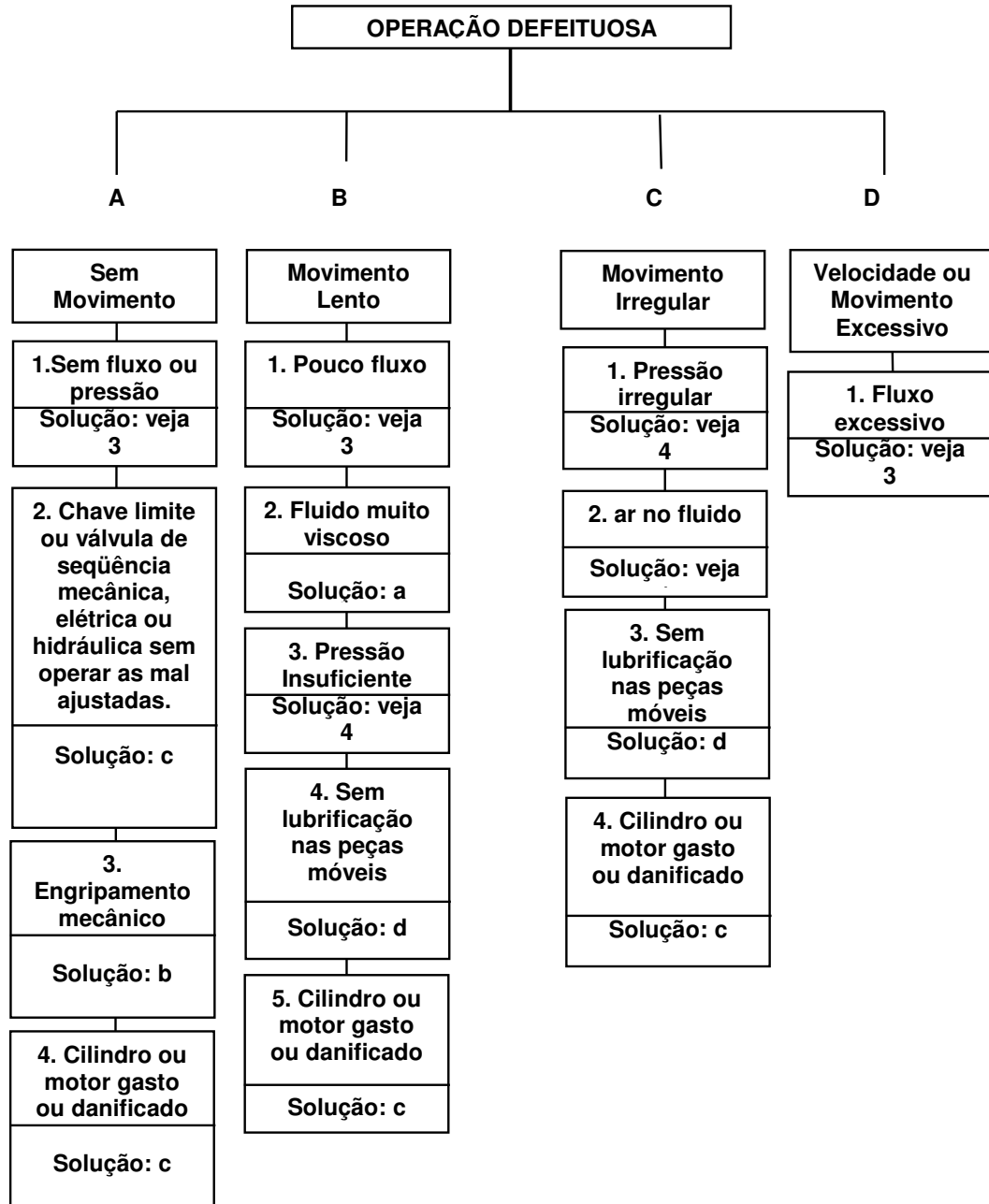
**g)** Inverter o sentido de rotação.





**Soluções**

- a) Substituir os filtros sujos e o fluido.
- b) Apertar as conexões com vazamento (completar o reservatório ao nível correto e sangrar o ar do sistema).
- c) Verificar a válvula do acumulador para possível vazamento; carregá-lo à pressão correta e revisá-lo se estiver defeituoso.
- d) Ajustar.
- e) Revisar ou substituir.



## Soluções

- a) O fluido pode estar muito frio ou, então, deve ser substituído por óleo com viscosidade correta.
- b) Localizar e corrigir o engripamento.
- c) Revisar ou substituir.
- d) Lubrificar.

## Vazamento

O vazamento de óleo do sistema hidráulico geralmente é classificado como interno e externo.

O vazamento interno é caracterizado pela redução da eficiência no sistema hidráulico e poderá resultar em outras dificuldades, mas não resulta em perda efetiva de óleo.

O vazamento externo, entretanto, resulta numa perda direta de óleo e poderá resultar igualmente em outros efeitos, indesejáveis.

### Vazamento Interno

Embora qualquer espécie de vazamento resulte em perda da eficiência, um vazamento interno deve ser incluído nos componentes do sistema hidráulico para proporcionar a lubrificação das bobinas e válvulas, pistões e outras peças imóveis.

O óleo não é perdido com este tipo de vazamento, pois retorna ao reservatório através das linhas de retorno ou drenos proporcionais especiais para esse fim.

O vazamento interno excessivo tende a atrasar o funcionamento do sistema e causa desperdício de potência com a geração de calor.

Em alguns casos, pode contribuir para o arrastamento ou inclinação dos cilindros em operação e reduzir eficácia do controle de vazão.

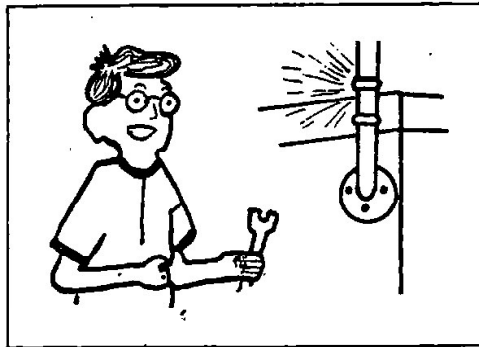
O vazamento interno aumenta com o uso normal. É acelerado com o uso de óleo que tenha baixa viscosidade (ou índice de viscosidade), pois esse óleo tende a afinar-se mais facilmente com as pressões de operação e a tornar-se excessivo a pressões além dos limites recomendados.

### Vazamento Externo

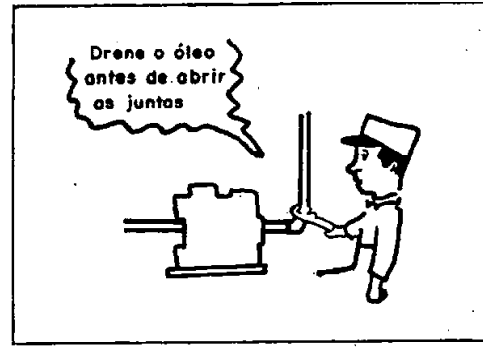
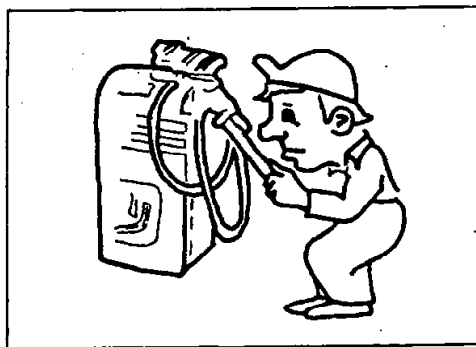
Além de apresentar um problema de ordem doméstica, o vazamento externo de óleo é arriscado, caro e pouco estético.

Infelizmente, todo óleo que falta e é acrescentado a um sistema é considerado, freqüentemente, resultado de um vazamento. A substituição do óleo é muitas vezes necessária não devido a vazamento, mas sim ao manejo descuidado do sistema.

O óleo drenado para permitir reparos ou substituições de linhas é conservado. Naturalmente, deve ser recolhido e guardado em recipientes limpos para evitar contaminação.



Vazamento em junções de canos, conexões e tubos e outra fontes externas podem indicar procedimentos incorretos de manutenção. Em muitos casos, o vazamento começa com choques e vibrações dentro do sistema e deve ser corrigido, eliminando-se a causa. Linhas com suportes adequados podem melhorar essas condições. O uso de válvulas montadas em gaxetas e conexões com roscas retas também poderá ser útil.



Ao contrário da opinião geral, vazamento de componentes compreende apenas parte do problema total. O cuidado na montagem, o uso de gaxetas e de vedadores novos na época da revisão podem tornar mínimo o vazamento do componente.

## Referências Bibliográficas

1. INTRODUÇÃO À PNEUMÁTICA – P111 – Festo Didatic – Brasil – Indústria Gráfica Senador Ltda. – SP – nov/1998
2. COMANDOS HIDRÁULICOS – Caderno Técnico – Mecânica – Divisão de Estudos e Avaliação – BH - 1998