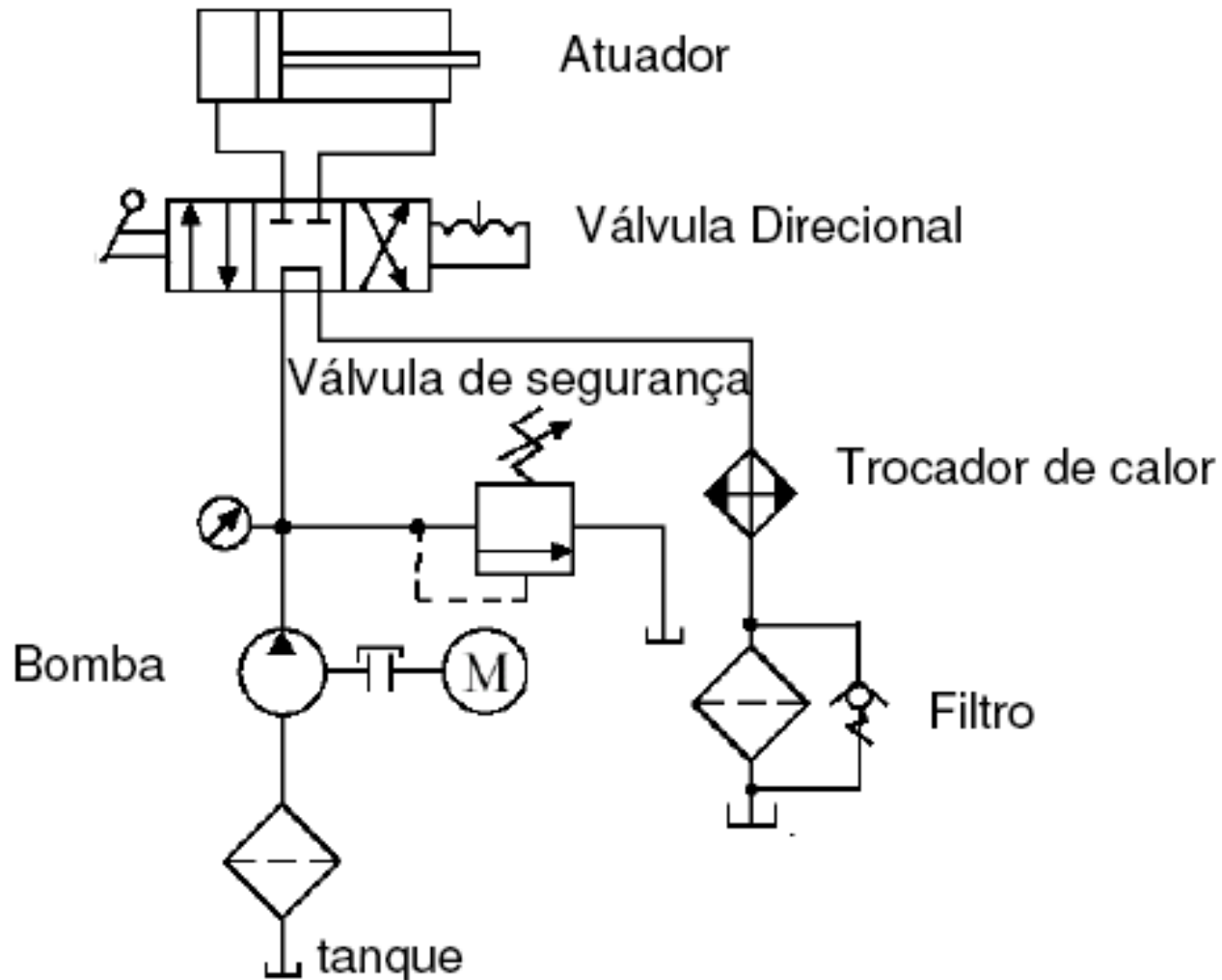
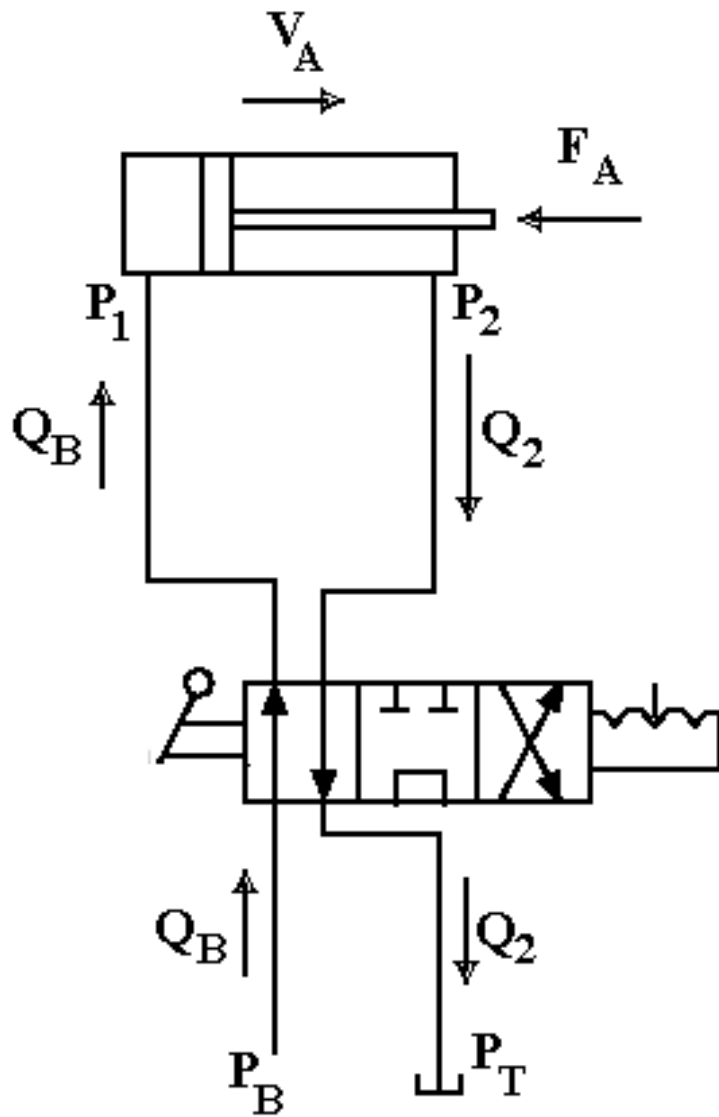


## Circuito Hidráulico Básico:

- O circuito hidráulico mais simples consiste no comando de avanço e recuo de um cilindro de dupla ação, utilizando uma bomba de vazão constante e uma válvula direcional de acionamento manual. Logicamente, pelo tipo de bomba escolhida, é necessária a utilização de uma válvula limitadora de pressão para evitar danos ao sistema.
- Esquemáticamente, este circuito é mostrado na figura a seguir. Nos esquema da figura, foram também colocados um filtro de sucção e , na linha de retorno, um trocador de calor e um filtro de retorno.

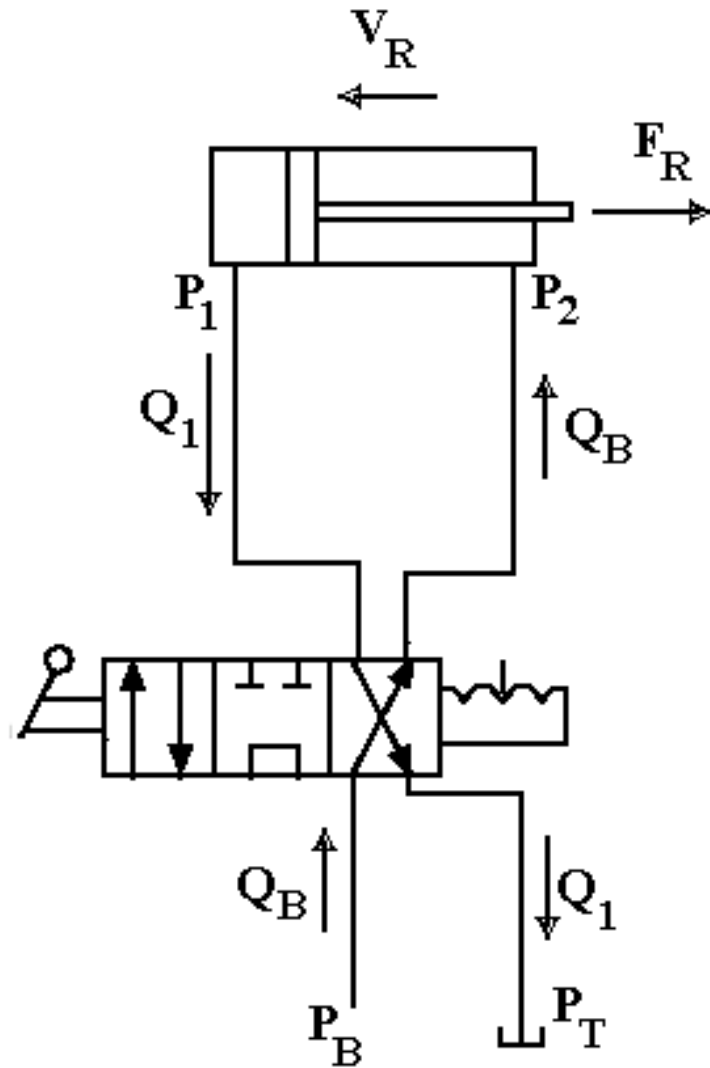
## Circuito hidráulico básico:





A velocidade de avanço pode ser calculada por :

$$V_A = \frac{Q_B}{A_P} \quad (1)$$



A velocidade de retorno pode ser calculada por :

$$V_R = \frac{Q_B}{A_C} \quad (2)$$

## Vazão induzida

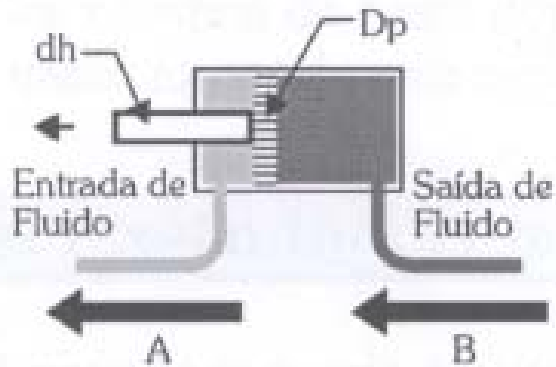


Figura 2.5 - Avanço.

$$Q_2 = V_A A_C$$

o que indica que a vazão na linha de retorno será menor que a na linha de avanço. Esta vazão de retorno é denominada vazão induzida no avanço ( $Q_{ia}$ )

Analogamente pode-se analisar o retorno do cilindro, tomando como base o esquema da figura a seguir

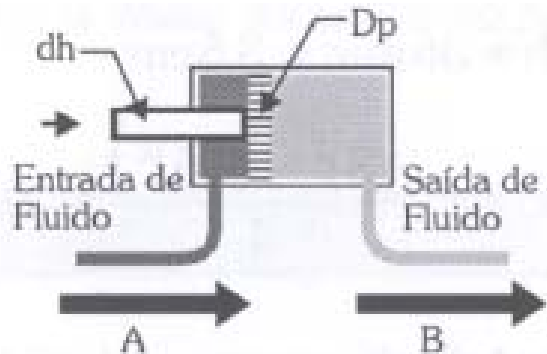


Figura 2.6 - Retorno.

$$Q_1 = V_R A_P$$

o que indica que a vazão na linha de retorno será maior que a na linha de avanço. Essa vazão é denominada vazão induzida de retorno  $Q_{ir}$ .

**Exemplo:** Suponhamos ter uma bomba que forneça 32,6 l/min a um cilindro de 80 mm de diâmetro de pistão e 36 mm de diâmetro de haste. Pede-se calcular a vazão induzida no avanço e no retorno do cilindro.

$$A_P = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 0,0050265 \text{ m}^2$$

$$A_C = \frac{\pi \cdot (0,08^2 - 0,036^2)}{4} = 0,0040087 \text{ m}^2$$

$$Q_B = 32,6 \frac{\ell}{\text{min}} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{60} = 0,0005433 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_B = V_a \cdot A_P \Rightarrow V_a = \frac{Q_B}{A_P} = \frac{0,0005433}{0,0050265} = 0,1081 \text{ m/s}$$

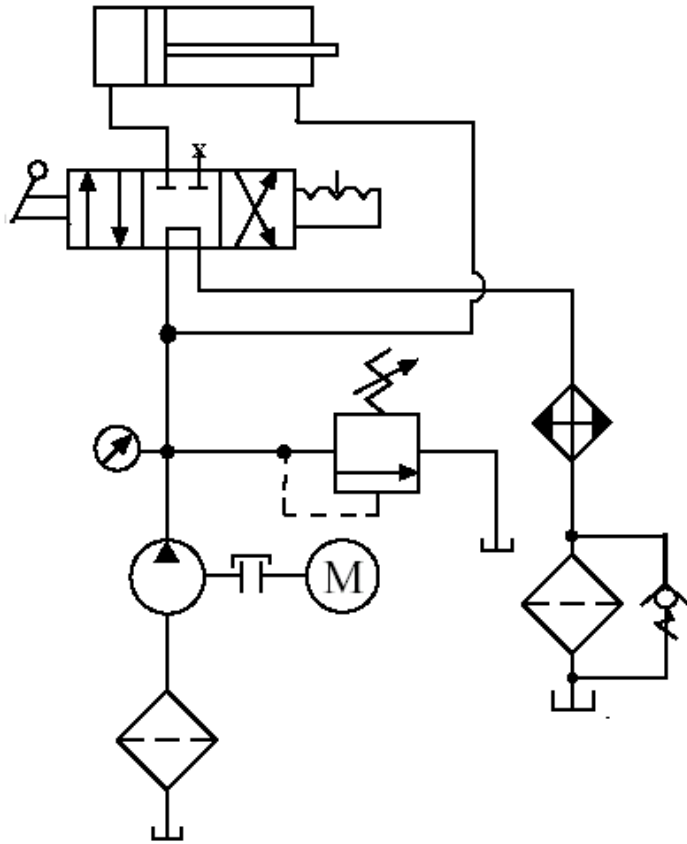
$$Q_{ia} = V_a \cdot A_C = 0,1081 \cdot 0,0040087 \cdot 1000 \cdot 60 = 26 \ell / \text{min}$$

$$Q_B = V_r \cdot A_C \Rightarrow V_r = \frac{Q_B}{A_C} = \frac{0,0005433}{0,0040087} = 0,1355 \text{ m/s}$$

$$Q_{ir} = V_r \cdot A_P = 0,1355 \cdot 0,0050265 \cdot 1000 \cdot 60 = 40,86 \ell / \text{min}$$

$$Q_{ia} < Q_B < Q_{ir}$$

Circuito Regenerativo



$$Q_A = Q_B + Q_{ia}$$

$$V_A \cdot A_p = Q_B + V_A \cdot A_c$$

$$V_A (A_p - A_c) = Q_B$$

$$V_A = \frac{Q_B}{(A_p - A_c)}$$

$$= \frac{Q_B}{A_p \left(1 - \frac{A_c}{A_p}\right)}$$

$$= \frac{Q_B}{A_p \left(1 - \frac{1}{r}\right)}$$

$$= \frac{Q_B}{A_p \left(\frac{r-1}{r}\right)}$$

## Dimensionamento de bomba

- Vimos que  $Q_{ia} < Q_b < Q_{ir}$
- Deve-se lembrar também que  $P_b \geq P_{trabalho} + \text{perda de carga}$
- Cálculo do Tamanho Nominal da Bomba

$$V_g = \frac{1000 \cdot Q_B}{n \cdot \eta_v} \left[ \frac{\text{cm}^3}{\text{rot}} \right]$$

Volumem de absorção (cilindrada)

$Q_B$  = litros por minuto

$n$  = rotação em rpm

$\eta_v$  = Rendimento volumétrico (0.91 - 0.93)



- Momento de Torção  $M_t$  (torque N.m)

$$M_t = \frac{9549 \cdot N}{n}$$

$N$  = potencia em kW

$n$  = rotação em rpm

- Potência da bomba

$$N = \frac{M_t \cdot n}{9549} = \frac{Q_B \cdot P(\text{bar})}{600 \cdot \eta_T}$$

$Q_B$  = litros por minuto

$\eta_T$  = rendimento total (0,75 a 0,90)

Bomba de Engrenagens Tipo G2										
Capacidade de vazão e potência										
Tamanho Nominal	$V_g \left( \frac{\text{cm}^3}{\text{rot}} \right)$	Vazão efetiva $Q_{ef}$ e potência de acionamento necessária $N$ , com $n=1750 \text{ rpm}$ , $\nu = 36 \text{ cSt (mm}^2/\text{s)}$ e $t = 50^\circ\text{C}$								
		P(bar)	10	50	100	150	175	200	210	250
002	2,5	$Q_{ef}$ (l/min)	4,10	4,10	4,00	3,90	3,70	3,60	3,60	3,50
		N (Kw)	0,24	0,73	1,12	1,56	1,83	2,08	2,20	2,60
003	3,5	$Q_{ef}$ (l/min)	5,80	5,80	5,60	5,40	5,30	5,20	5,10	4,70
		N (Kw)	0,40	0,80	1,57	2,18	2,55	2,92	3,06	3,65
004	4,5	$Q_{ef}$ (l/min)	7,20	7,10	7,00	6,70	6,90	6,60	6,50	6,50
		N (Kw)	0,45	1,31	2,02	2,81	3,28	3,75	3,94	4,68
005	5,5	$Q_{ef}$ (l/min)	9,00	8,90	8,80	8,70	8,60	8,50	8,40	8,30
		N (Kw)	0,40	1,33	2,28	3,43	4,00	4,60	4,80	5,73
008	8,6	$Q_{ef}$ (l/min)	14,80	14,70	14,60	14,60	14,50	14,20	14,20	14,10
		N (Kw)	0,62	1,82	3,13	4,68	5,47	6,25	6,56	7,81
011	11,3	$Q_{ef}$ (l/min)	19,50	19,40	19,20	19,20	19,10	18,90	18,90	18,70
		N (Kw)	0,75	1,86	3,73	5,60	6,53	7,46	7,83	9,320
016	16,2	$Q_{ef}$ (l/min)	28,00	27,90	27,80	27,80	27,60	27,40	27,40	27,30
		N (Kw)	1,18	2,95	5,90	8,85	10,33	11,81	12,40	14,76
019	19,3	$Q_{ef}$ (l/min)	32,70	32,70	32,60	32,60	32,50	32,20	32,20	---
		N (Kw)	1,38	3,46	6,93	10,40	12,12	13,88	14,58	---
022	22,4	$Q_{ef}$ (l/min)	38,60	35,50	38,40	38,4	38,30	---	---	---
		N (Kw)	1,630	4,10	8,16	12,25	14,30	---	---	---

Tabela 3.1 - Exemplo de tabela para seleção de Bomba hidráulica (REXROTH).

**Exemplo:** Dimensionar a bomba de um sistema hidráulico que trabalhará a 1750 rpm, com um rendimento volumétrico de 0,92, a fim de suprir dois atuadores lineares com as seguintes características: avanço e retorno simultâneo,  $D_p = 63$  mm,  $d_h = 45$  mm,  $V_a = 5$  cm/s e  $V_r = 8$  cm/s.

$$Q_a = V_a \cdot A_p = 0,05 \cdot \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} \cdot 1000 \cdot 60 \cdot 2 = 18,70 \text{ l / min}$$

$$Q_r = V_r \cdot A_c = 0,08 \cdot \frac{\pi \cdot (0,063^2 - 0,045^2)}{4} \cdot 1000 \cdot 60 \cdot 2 = 14,66 \text{ l / min}$$

$$V_g = \frac{1000 \cdot Q_B}{n \cdot \eta_v} = \frac{1000 \cdot 18,7}{1750 \cdot 0,92} = 11,61 \text{ cm}^3 / \text{rot}$$

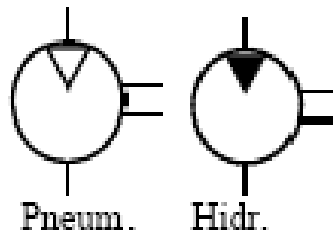
Bomba TN11

## Motores Hidráulicos

São os responsáveis pela transformação da energia de pressão em energia mecânica de rotação. Utilizados principalmente como acionadores de ferramentas manuais, tem também larga aplicação na indústria, principalmente em ambientes com vapores de gases inflamáveis, como também pelo baixo consumo de energia e velocidade variável. Podem ser:

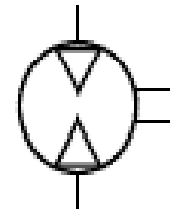


com um sentido de rotação  
fluxo fixo

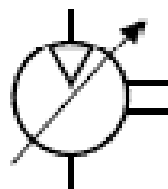


Pneum. Hidr.

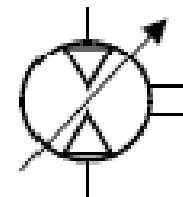
com dois sentidos de rotação  
fluxo fixo



com um sentido de rotação  
fluxo variável



com dois sentidos de rotação  
fluxo variável



**São classificados, conforme a construção, nos seguintes tipos:**

**-TURBINA**

**-PALHETAS**

**-ENGRENAGENS**

**-PISTÕES RADIAIS**

**- PISTÕES AXIAIS**

## Motores de Turbina

Opera de forma contrária ao turbo-compressor, ou seja, a energia cinética do ar é convertida em movimento rotativo. Apresentam péssimo rendimento devido às altas perdas de ar, sendo econômico apenas para baixas potências, no entanto são capazes de atingir rotações elevadíssimas com baixo torque que variam de 80.000 r.p.m. até 400.000 r.p.m. Para baixas rotações e altos torques não é vantajoso a sua utilização pois necessita de ser acoplado a um redutor.

Uma aplicação clássica é a "broca do dentista" que chega a atingir 500.000 r.p.m. Também usado em fresadoras e retificadoras de alta rotação.

## Motor de Palhetas

Motor tipo palheta ilustrado, consiste em um rotor e em palhetas que podem deslocar-se para dentro e para fora nos alojamentos das palhetas.

O rotor do motor é montado em um centro que está deslocado do centro da carcaça. O eixo do rotor está ligado a um objeto que oferece resistência. Conforme o fluido passa pela conexão de entrada, a energia de trabalho hidráulica atua em qualquer parte da palheta exposta no lado da entrada.

Uma vez que a palheta superior tem maior área exposta à pressão, a força do rotor fica desbalanceada e o rotor gira. Conforme o líquido alcança a conexão de saída, onde está ocorrendo diminuição do volume, o líquido é recolocado.

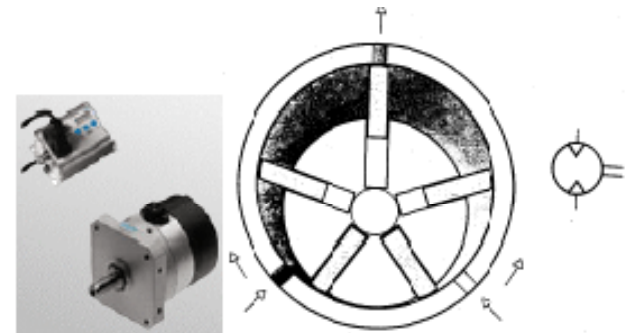
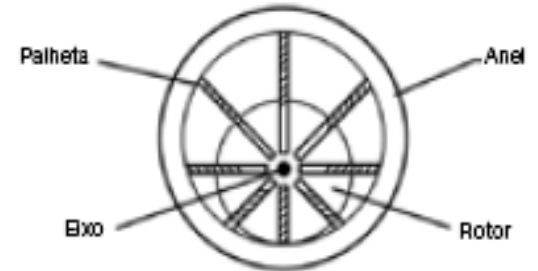
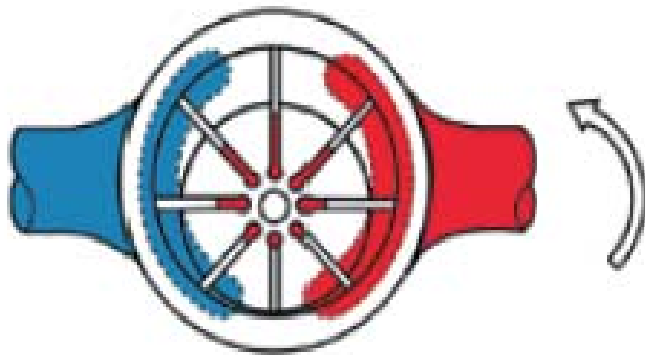


Figura 8.1.1.1 - Motor de palhetas.

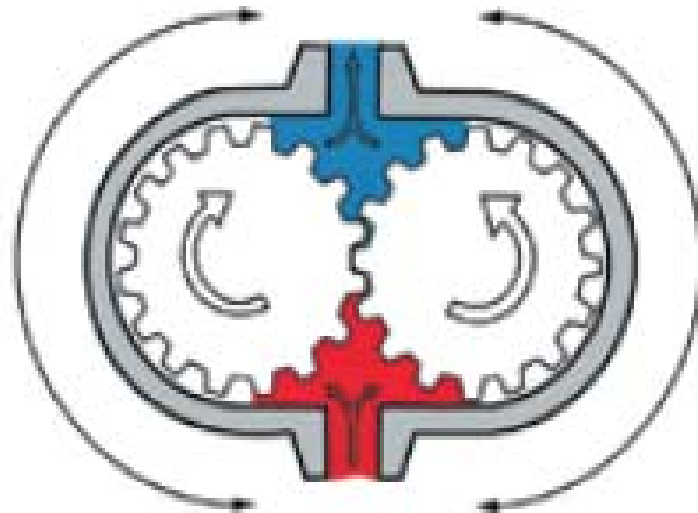
## Motor de Engrenagens

Um motor de engrenagem é um motor de deslocamento positivo que desenvolve um torque de saída no seu eixo através da ação da pressão hidráulica nos dentes da engrenagem.

Um motor de engrenagem consiste basicamente em uma carcaça com aberturas de entrada e de saída e

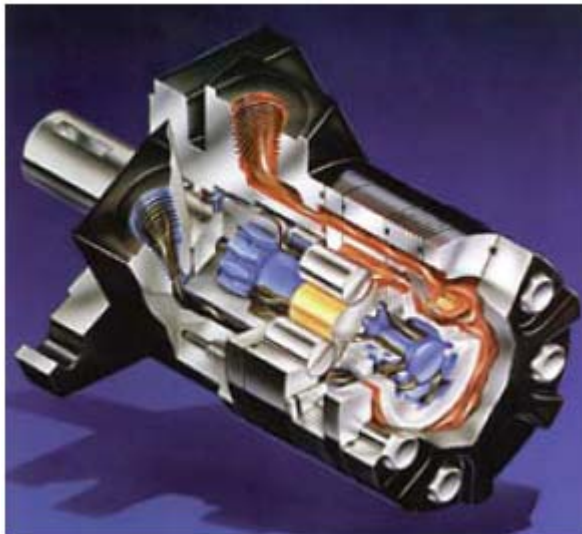
um conjunto rotativo composto de duas engrenagens.

Uma das engrenagens, a engrenagem motora, é ligada a um eixo que está ligado a uma carga. A outra é a engrenagem movida





### Motor tipo gerotor



São motores de baixa velocidade e alto torque, utilizam o conceito internamente de rotor gerotor com vantagens construtivas. O rotor, elemento de potência não orbita, somente gira. Esta função é executada pela orbitação do anel externo, eixo feito de uma única peça.

O complexo engrenamento é mantido entre o eixo e o rotor, desde que não haja movimento relativo entre eles.

Rolos que vedam entre compartimentos no elemento de potência são ajustados entre o rotor e o anel externo, como ilustrado na próxima figura. Quando selam entre os compartimentos de alta e baixa pressão, eles agem de maneira similar a uma válvula de retenção.

Quanto maior a pressão, maior a vedação. O rolo está livre para assumir alguma posição no sistema, ainda se alguma mudança devida ao dimensional ocorrer no rotor, a vedação entre o compartimento de alta e baixa pressão não será afetada.

## Motores de Pistões

Entre as características desse motor temos:

- Elevado torque de arranque e na faixa de rotação;
- Baixa rotação (até 5000 r.p.m.);
- Faixa de potência varia de 2W até 20 kW;

A figura ilustra um motor de pistões radiais em execução estrela onde a transformação do movimento linear do pistão ocorre por um mecanismo biela-manivela (como no motor de automóvel). São utilizados em equipamentos de elevação.

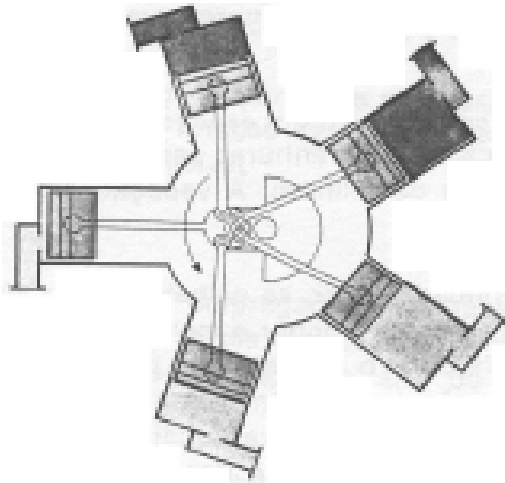


Figura 8.2.1 - Motor de pistões radiais.

### Motores de pistão radial Denison Calzoni

Motores hidráulicos de altíssimo torque e baixa rotação.



Motor de pistões axiais onde a transformação ocorre por disco oscilante. Esse motor apresenta uniformidade no movimento de rotação com um funcionamento silencioso e sem vibrações, sendo utilizado em equipamentos de elevação.

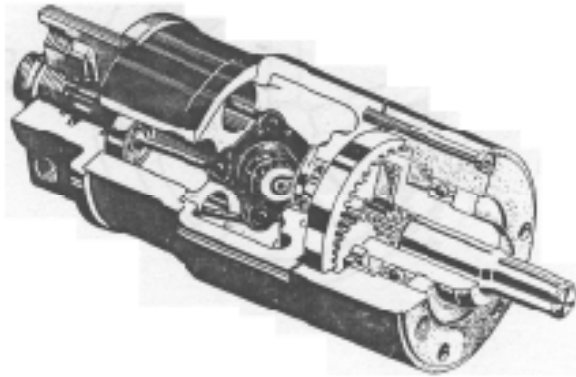


Figura 8.2.2 - Motor de pistões axiais.

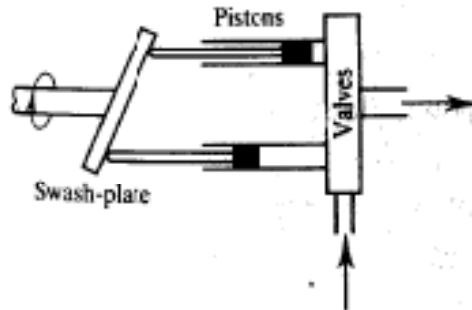
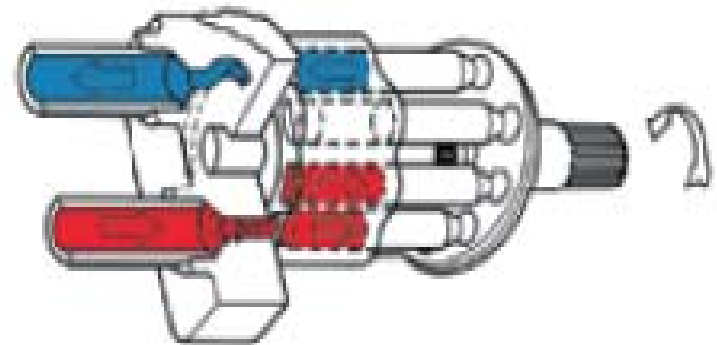


Figura 8.2.3 - Esquema de funcionamento do motor de pistões axiais.

### Motores de pistão axial



## Dimensionamento do Motor Hidráulico

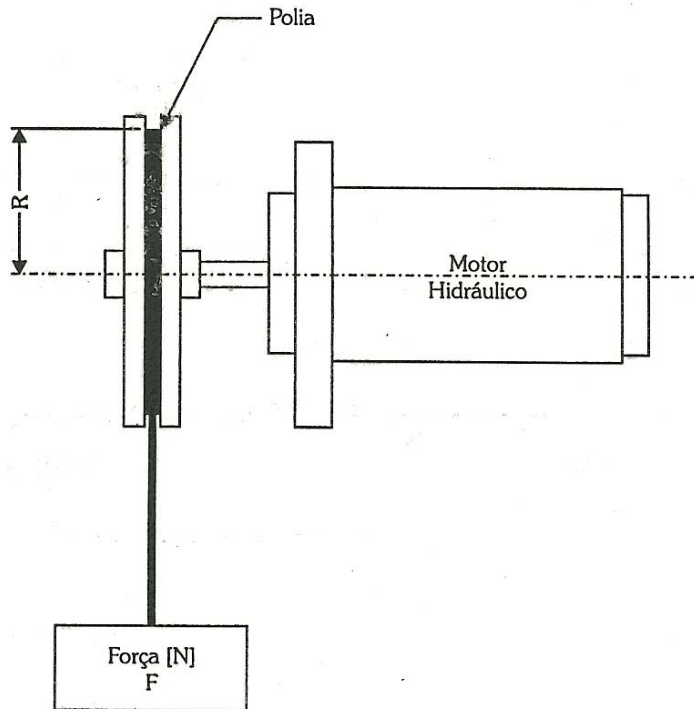


Figura 3.12 - Movimentação de uma carga por um motor hidráulico.

$$M_t = F \cdot R [\text{N} \cdot \text{m}]$$

número de rotações (rpm)

$$n = \frac{v}{2\pi R}$$

onde  $v$  = velocidade de deslocamento da massa em m / min

Potência de saída

$$N = \frac{M_t \cdot n}{7121} [\text{HP}]$$

*A potência pode também ser determinada como:*

$$N = \frac{W}{745,7 \cdot t} [HP] \text{ onde } W = \text{trabalho} = F \cdot d [N \cdot m] \text{ e } t \text{ é o tempo em segundos}$$

*Vazão no motor hidráulico*

$$Q = \frac{V_g \cdot n}{1000 \cdot n_v} \text{ onde } V_g [cm^3 / \text{rot}]; n \text{ em rpm; e } Q \text{ em } \ell / \text{min}$$

*A pressão no motor hidráulico será:*

$$\Delta P(\text{bar}) = \frac{20 \cdot \pi \cdot M_t}{V_g}$$

<b>Tamanho Nominal</b>		<b>16</b>	<b>32</b>	<b>45</b>	<b>63</b>	<b>90</b>	<b>125</b>	<b>180</b>
<b>Deslocamento</b>	<b>Vg (cm<sup>3</sup>/rot)</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>45,6</b>	<b>63</b>	<b>90</b>	<b>125</b>	<b>180</b>
Rotação Máx.	n-- (RPM)	6000	4750	4250	3750	3350	3000	2650
Vazão Máx.	Q (L/min)	96	152	194	236	301	375	477
Const. torque	Mk (N.m/bar)	0,25	0,509	0,725	1,0	1,43	1,99	2,86
Torque Máx. a P =350 bar	Mt (N.m)	88	178	254	350	501	697	1001
Torque Máx. a P =400 bar	Mt (N.m)	100	204	290	-	572	796	-
Potência Máx. a P =350 bar	N (HP)	75,1	119,4	151,5	185,1	236	293,7	372,8
Potência Máx. a P =400 bar	N (HP)	85,8	135,4	173	-	269,5	335,3	-
Momento de Inércia (eixo)	J (Kg.m <sup>2</sup> )	4E-4	12E-3	24E-3	42E-3	72E-3	0,0116	0,022
Peso	M (kg)	5,4	9,5	13,5	18	23	32	45

*Tabela 3.3 - Motores Hidráulicos Comerciais (Catálogo REXROTH).*

**Exemplo:** Dimensionar o motor hidráulico da figura 3.12 dados os seguintes valores:  
 Carga = 500 kg; diâmetro da polia = 20 cm; deslocamento da carga  $d = 15$  m; tempo para deslocamento = 10 s;  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>.

$$M_t = F \cdot R [N \cdot m] = 500 \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 490,5 \text{ N.m}$$

*número de rotações (rpm)*

$$n = \frac{v}{2\pi R} = \frac{\frac{15}{10} \cdot 60}{2\pi \cdot 0,1} = 143,24 = 143 \text{ rpm}$$

*onde  $v$  = velocidade de deslocamento da massa em m / min*

*Potência de saída*

$$N = \frac{M_t \cdot n}{7121} [HP] = \frac{490,5 \cdot 143}{7121} = 9,85 = 10 \text{ HP}$$

*Vazão no motor hidráulico*

$$Q = \frac{Vg \cdot n}{1000 \cdot n_v} \text{ onde } Vg [cm^3 / \text{rot}]; n \text{ em rpm}; e Q \text{ em } \ell / \text{min}$$

Da tabela do fabricante para um  $M_t = 490,5 \text{ N.m}$  retira-se o motor hidráulico TN90 de  $V_g = 90 \text{ cm}^3/\text{rot}$  e  $M_t = 501 \text{ N.m}$  e  $DP = 350 \text{ bar}$ . Adotando um rendimento volumétrico de 0,8 a vazão de alimentação será:

$$Q = \frac{90 \cdot 143}{1000 \cdot 0,8} = 16,09 \text{ } \ell / \text{min}$$

Essa é a vazão de alimentação que a bomba deverá fornecer para o motor hidráulico.