

# Reservatórios Hidro-Pneumáticos de Pressão

Eng.º PAULO DE PAIVA CASTRO

Diretor da Divisão do Planejamento e Obras,  
do DAE.

É cada vez maior o uso de reservatórios hidro-pneumáticos de pressão, automáticos, para o abastecimento de água, em substituição às torres, no caso de rêsdes de distribuição, e em substituição às caixas elevadas, no caso de prédios de apartamentos. Também, êle é muito usado nas Instalações de Tratamento de Água para o acionamento das válvulas de comando hidráulico. Enfim, pode ser usado em tôda a instalação em que a demanda de água seja variável.

Usado em conexão com um ou mais grupos de recalque, êle age como equalizador da demanda de água.

Podemos dizer que um reservatório hidro-pneumático de pressão é simplesmente um reservatório de água, fechado, parcialmente cheio de ar. O seu funcionamento é muito simples: êle é inserido em um sistema, cuja demanda máxima de água deve ser fornecida pelo grupo de recalque. O ar age como u'a mola, forçado em compressão pelo recalque até ser atingida a pressão máxima admitida no sistema. Automaticamente, o grupo de recalque é, então, desligado, mas a água continua a sair do reservatório, empurrada pelo ar comprimido. O volume de água no reservatório diminue e o volume de ar se expande, e a pressão decresce até ser alcançada uma pressão mínima permissível, quando automaticamente, também, o grupo de recalque entra, novamente, em funcionamento.

Os reservatórios hidro-pneumáticos de pressão são, em geral, e por economia de espaço, executados na forma vertical, sendo raras as execuções na forma horizontal. Entretanto, o que se segue é válido para os dois casos.

Os dados do problema, que devem ser conhecidos são: vazão máxima da água a ser distribuída e pressão mínima a ser mantida.

A vazão, no caso de bombas à pistão, é constante, porém, para bombas centrífugas ela será a vazão média entre as vazões que a bomba fornecer com pressão máxima e com pressão mínima. A pressão máxima é a pressão de parada do grupo de recalque e a pressão mínima, a pressão sob a qual o grupo de recalque parte.

O cálculo dos reservatórios hidro-pneumáticos são baseados na lei de Boyle e Mariotte de que o

volume de um gás diminue na mesma razão em que a pressão sôbre êle aumente, desde que a temperatura se conserve constante. Por outras palavras, se chamarmos P a pressão constante absoluta em um gás e V o seu volume, ao variarmos P para P<sub>1</sub>, teremos:

$$P \times V = P_1 \times V_1 = C_{te}$$

Se chamarmos de: (ver fig. 1)

pn = pressão mínima, em atmosferas

pm = pressão máxima, em atmosferas

V<sub>T</sub> = volume total do reservatório

V<sub>A</sub> = volume ativo do reservatório

S = volume útil de água

R = volume morto de água

teremos:

$$V_T = V_A + R$$

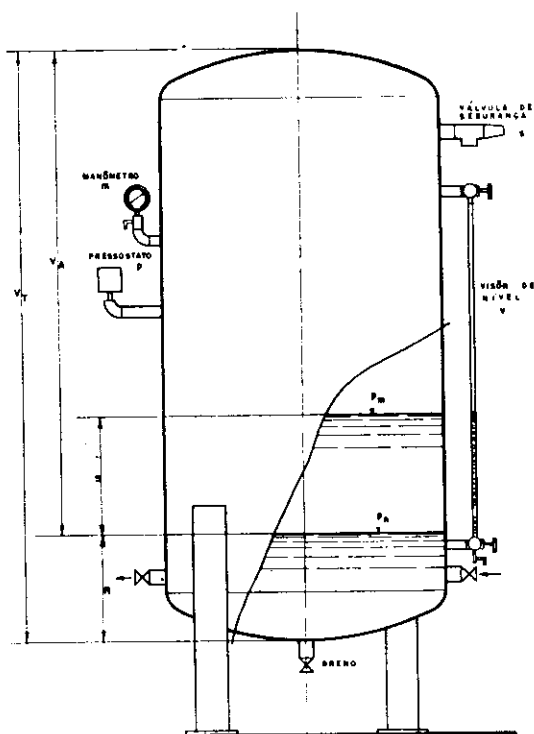


Fig. 1

e pela lei acima referida:

$(pm + 1) (V_A - S) = (pn + 1) V_A$ , que desenvolvendo dá:

$$(V_A - S) - V_A = \frac{(pn + 1) V_A}{pm + 1} - V_A$$

$$\frac{(V_A - S) (pm + 1)}{pm + 1} = \frac{(pn + 1) V_A - V_A (pm + 1)}{pm + 1}$$

$$= -S = \frac{V_A (pn - pm)}{pm + 1} \text{ ou } S = \frac{V_A (pm - pn)}{pm + 1}$$

A diferença de volume R entre o volume total  $V_T$  e o volume ativo do reservatório é dado um valor arbitrário. Ele deve ser suficiente a impedir que o ar alcance a entrada ou saída do reservatório. Em geral, é dado a esse volume um valor igual a 20% do volume total  $V_T$  e a fórmula acima se transforma em:

$$S = 0,8 \times V_T \times \frac{pm - pn}{pm + 1} \quad (1)$$

Para se determinar o valor de S, devemos levar em consideração que a quantidade de água contida nesse espaço determinará a frequência do número de partidas do motor do grupo de recalque. Se o consumo máximo de água for  $Q$  (m<sup>3</sup>/hora) e o tempo de parada entre 2 ligações do conjunto de recalque for de K minutos, então, o espaço S deverá conter

$\frac{Q}{60} \times K$  metros cúbicos de água. Da fórmula (2) tiramos:

$$V_T = \frac{S (pm + 1)}{0,8 (pm - pn)}$$

Analisando esta fórmula notamos que o espaço  $V_T$  deve ser muitas vezes maior que S; que quanto maior for a variação de pressão, maior deverá ser o reservatório e que quanto menor S, portanto, (quanto maior for a frequência do número de par-

tidas do grupo de recalque, menor deverá ser o reservatório.)

Agradecendo a gentileza da K.S.B. do Brasil que nos autorizou a reprodução do ábaco e tabela abaixo tirados do manual "Pumpen", editado por aquela organização e ao Sr. Alex Balbachevsky, que traduziu do alemão para o português, as legendas e descrições, damos abaixo um método de cálculo simples e que não dá lugar a hesitações.

O tamanho do reservatório, como vimos, é relacionado ao número admissível de ligações da instalação, por hora, tendo em vista o aquecimento do motor elétrico e o desgaste dos contatos. Nas instalações de grande porte esse número de ligações pode ser admitido como sendo de 6 a 8 por hora. Nas instalações de porte médio esse número está entre 8 e 12 e nas de pequeno porte ele poderá atingir 15 a 30. Chamamos esse número de N.

Escolhidos os dados N, pm e pn, tira-se do ábaco da fig. 2 o valor da relação  $Q/V_T$  correspondente, ficando assim conhecido o volume  $V_T$  do reservatório, para uma determinada vazão Q em metros cúbicos por hora. O volume de água útil S e, conseqüentemente, a posição do nível de parada é calculado pela fórmula (1).

Antes de por em funcionamento, o reservatório deverá ser cheio com água até o nível de partida e em seguida estabelecida a pressão de partida pn por meios convenientes (compressor de ar).

Se a pré-compressão for insuficiente ( $< pn$ ) ou inexistente, o reservatório encher-se-á até um nível mais alto e quando a pressão da bomba alcançar o valor pm, o volume ativo do reservatório e o volume útil de água S, serão muito diminuídos, e poderá acontecer que o reservatório se torne insuficiente para um funcionamento normal.

A relação do volume útil de água para o volume total do reservatório ( $S/V_T$ ) depende, exclusivamente, da pressão de partida e da pressão de parada e é indicada na tabela seguinte:

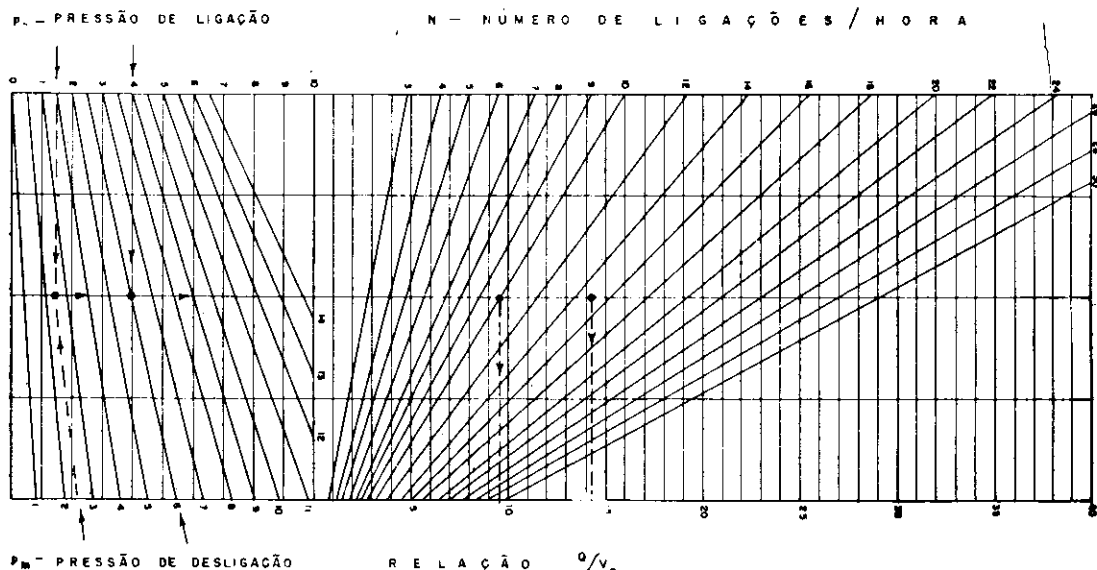


Fig. 2

Pressão de partida pn (at)		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Valor S/V <sub>T</sub> para pressão de parada pm (at)	2	0,27	0,13					
	3	0,40	0,30	0,20	0,10			
	4		8,40	0,32	0,24	0,16	0,08	
	5			0,40	0,33	0,26	0,20	0,13
	6				0,40	0,34	0,29	0,23

Verificamos que a escolha de pm e de pn, tem influência na fixação do tamanho do reservatório.

A seguir, daremos 2 exemplos, para fixar bem os valores indicados:

### 1.º exemplo:

Suponhamos uma pequena rede de distribuição de água, cuja vazão nos dias e horas de maior consumo seja de 30 litros por segundo, ou 108 m<sup>3</sup>/hora. A pressão na rede poderá variar entre 1,5 at e 2,5 at. Admitamos um número de ligações por hora N = 10. Então, temos:

$$pm = 2,5 \text{ at}$$

$$pn = 1,5 \text{ at}$$

$$N = 10$$

$$Q = 108 \text{ m}^3/\text{hora}$$

No ábaco da fig. 2, encontramos:  $\frac{Q}{V_T} = 9,7$

portanto,  $V_T = \frac{108}{9,7} = 11,2 \text{ m}^3$  da fórmula

(1), tiramos:

$$S = 11,2 \times 0,8 \times \frac{2,5 - 1,5}{2,5 + 1} = 2,58 \text{ m}^3$$

Se adotarmos um reservatório com 3 m de altura, o diâmetro será  $D = \sqrt{\frac{11,2}{3} \times \frac{4}{\pi}} = 2,18 \text{ m}$ , e a altura correspondente ao volume útil S, será:

$$\frac{2,56}{11,2} = 0,70 \text{ m.}$$

No caso especial de redes de distribuição, será interessante dividir a vazão total por 2 ou mais grupos de recalque, de maneira que nas horas de maior consumo funcionem todos os grupos e nas horas de consumo mínimo, só funcione 1 grupo. Para se conseguir esse funcionamento, automaticamente, será suficiente que cada grupo seja comandado por um pressostato independente. Por exemplo, no caso acima, poderemos empregar 2 grupos de recalque, cada um com a vazão de 15 l/seg. O primeiro grupo seria comandado por um pressostato com pm igual a 2,5 at e pn igual a 1,5 at; já o pressostato que comandaria o segundo grupo, deveria ter pm = 2,0 at e pn = 1,5 at.

### 2.º exemplo:

Suponhamos que o reservatório de pressão de uma estação de tratamento deva fornecer água sob

pressão para o comando das válvulas hidráulicas de 2 filtros, que podem ser lavados ao mesmo tempo. Se os filtros tiverem cada um, 10 válvulas, os cilindros dessas válvulas absorverão, durante a lavagem, uma vazão correspondente a 8 m<sup>3</sup>/hora (filtros de tamanho grande). Sabemos, ainda, que a pressão da água para manobra dos cilindros das válvulas, poderá variar entre 4 e 6 at. Sendo uma instalação pequena podemos adotar N = 15. Então, no ábaco da fig. 2, teremos, entrando com os valores: pm = 6. pn = 4 e N = 10:

$$\frac{Q}{V_T} = 14,2$$

logo:

$$V_T = \frac{8}{14,2} = 0,565 \text{ m}^3$$

$$S = 0,565 \times 0,8 \times \frac{6 - 4}{6 - 1} = 0,130 \text{ m}^3$$

Adotando-se um diâmetro de 0,8 m teremos para o reservatório a altura de 1,15 m e a altura do volume útil será de 0,26 m.

\* \* \*

Os reservatórios hidro-pneumáticos de pressão devem ser equipados, ainda, com um visor de vidro v (fig. 1) para observação do nível d'água, um manômetro m, um pressostato p (ou mais de um), uma válvula de segurança s, que nas instalações médias e grandes pode ser substituída por um apito, ou equivalente.

Normalmente, nas instalações pequenas, são previstas uma entrada e uma saída, com os respectivos registros. Nas instalações médias e grandes, pode ser adotada uma disposição com uma só ligação, que serve para entrada e saída da água.

Será necessário, ainda, prever um meio de repor o ar, que aos poucos vai sendo absorvido pela água sob pressão.

Em geral, o meio adotado é automático e para as instalações pequenas pode ser empregada uma válvula de bóia, que comanda o funcionamento de um injetor, que absorve ar, na sucção das bombas. Para as médias e grandes instalações pode ser usado um pequeno compressor de ar, como os usados para pintura, comandado por chave de bóia, especial com contatos de prata ou de mercúrio ou, ainda, por eletrodos, colocados dentro do reservatório.

Os reservatórios hidro-pneumáticos de pressão são construídos em chapa de aço e devem ser provados a uma pressão igual ao dobro da pressão máxima de serviço.