

Associação de Bombas em Instalações de Recalque.

Eng^o Luiz Camargo

O presente texto tem por finalidade a análise de alguns aspectos da associação de bombas a serem considerados no dimensionamento de tubulações de recalque.

Existem motivos e circunstâncias de distintas naturezas que levam à necessidade de associar bombas, sendo que muitas delas são decorrentes de exigências operacionais, tanto em termos de vazão quanto de pressão, nas quais uma só bomba não atende. Denículi (1993) e Silvestre (1983) elencam como motivos:

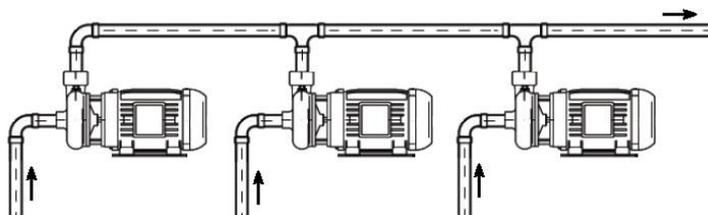
- a) Inexistência no mercado de máquinas que possam, isoladamente, satisfazer a demanda de vazão;
- b) Inexistência no mercado de máquinas que possam, isoladamente, vencer a altura manométrica do projeto;
- c) Aumento de demanda com o decorrer do tempo.

Duas ou mais bombas são associadas **em série** quando não se atende com uma só bomba a altura manométrica a ser vencida. Nestes sistemas se verificam alturas manométricas elevadas ou grandes variações de pressão na descarga.

Já a associação **em paralelo**, a mais comum, é empregada quando uma só unidade não é capaz de atender a demanda de vazão, como por exemplo, no abastecimento de água nos sistemas de saneamento básico, o aumento da vazão com o aumento populacional com o passar dos anos.

1 - Associação em Paralelo.

A operação em paralelo implica em que todas as bombas trabalham sob a mesma altura manométrica, qual seja, para a mesma altura manométrica total, as vazões se somam. Melhor dizendo, duas ou mais bombas operam num mesmo conduto, onde cada uma introduz no mesmo uma parte da vazão total.



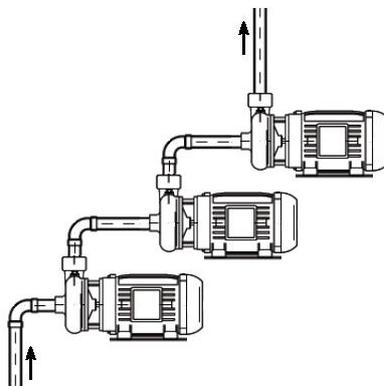
Quando duas ou mais bombas se associam em paralelo, no caso de as bombas terem as mesmas características, como é aconselhado por muitos autores, a vazão total é dividida igualmente entre as unidades da associação.

Denículi (1993) demonstra que se duas bombas funcionam isoladamente com vazões individuais Q_1 e Q_2 , a vazão total Q_1+Q_2 é maior que a vazão Q_3 da associação em paralelo Q_1 e Q_2 , e que esta diferença será tanto mais acentuada quanto mais inclinada for a curva do sistema. Conclui-se, portanto, que aumentando o número de bombas em paralelo o ganho em capacidade de vazão é cada vez menor. Sobre este quesito, Jardim (1992), lembra da existência da regra geral: "O número ideal (n) de bombas em paralelo é aquele que, ao se acrescentar a bomba ($n+1$), o custo adicional não é compensado pelo que se obtém pelo acréscimo de vazão".

Embora não muito recomendável, em alguns casos associam-se bombas de características diferentes em paralelo. Conforme ressalta Jardim (1992), um dos inconvenientes desta associação é a possibilidade de refluxo na direção da bomba mais potente para a de menor potência.

2 - Associação em Série.

A operação em série implica em que todas as bombas trabalham sob a mesma vazão, qual seja, para a mesma vazão, as alturas manométricas se somam. Em outras palavras, as bombas operam num mesmo conduto, onde a anterior introduz a vazão na posterior fazendo com que o líquido receba uma maior quantidade de energia ao passar por cada uma delas.



Quando duas ou mais bombas se associam em série, no caso de as bombas terem as mesmas características, como é aconselhado por muitos autores, a vazão total é dividida igualmente entre as unidades da associação.

Silvestre (1983), demonstra que se duas bombas iguais operam isoladamente com alturas manométricas individuais H_m e com vazões individuais Q , quando associadas em série bombeiam a mesma vazão Q para a altura manométrica $2H_m$. Demonstra também que se duas bombas de características diferentes bombeiam isoladamente a mesma vazão Q com alturas manométricas, respectivamente, H_{m1} e H_{m2} , quando associadas em série bombearão a mesma vazão Q , porém com altura manométrica $H_{m1}+H_{m2}$.

Bombas de múltiplos estágios operam como múltiplas bombas em série. Cada rotor acelera e pressuriza o líquido em escoamento introduzindo-o no rotor seguinte, num processo onde a vazão se mantém constante, mas sofre múltiplas sobrepressões. Esse tipo de bomba é utilizado na alimentação de caldeiras geradoras de vapor e de edifícios muito altos, onde são requeridas grandes pressões.

Para evitar pressões muito elevadas (classes de pressão especiais elevadas não comerciais e muito onerosas, ou mesmo riscos à segurança) em condutos muitos longos, usa-se várias estações de bombeamento em série. Com isto consegue-se reduzir as pressões e conseqüentemente os custos dos condutos, tendo, contudo, elevação dos custos construtivos. Há que se pesar os custos.

Há ainda a possibilidade de se associar duas ou mais bombas, alternativamente, em série ou em paralelo, quando condições especiais assim o exigirem. É a chamada associação série-paralelo ou mista. São associações para atender a grandes vazões simultaneamente com grandes alturas manométricas.

Os "boosters" são bombeamentos pressurizadores de reforço que, inseridos num sistema de bombeamento, propiciam a elevação da pressão, compensando, desta maneira, as perdas na linha.

Há instalações de bombeamento para vencer elevações bem como para vencer o atrito. Pode haver instalações de bombeamento até em instalações gravitacionais quando o custo para bombear certa vazão com menor diâmetro for inferior ao custo para a mesma vazão com maior diâmetro por gravidade, como mostra o software VIAB-ECO.BAS (não analisado neste texto).

3 - Potência e Rendimento em Associação de Bombas.

3.1 - Bombas em Paralelo.

Potência das bombas individualmente:

$$Pot_1 = \frac{\gamma Q_1 H_m}{75 \eta_1} \quad (1)$$

$$Pot_2 = \frac{\gamma Q_2 H_m}{75 \eta_2} \quad (2)$$

$$Pot_3 = \frac{\gamma Q_3 H_m}{75 \eta_3} \quad (3)$$

Já na associação das bombas, tem-se:

$$Pot = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta_T} \quad (4)$$

onde:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

$$Pot = Pot_1 + Pot_2 + Pot_3 \quad (6)$$

Substituindo a Eq. (5) na Eq. (4) e as Eqs. (1) a (4) na Eq. (6):

$$\frac{\gamma Q_1 H_m}{75 \eta_1} + \frac{\gamma Q_2 H_m}{75 \eta_2} + \frac{\gamma Q_3 H_m}{75 \eta_3} = \frac{\gamma (Q_1 + Q_2 + Q_3) H_m}{75 \eta_T}$$

Simplificando:

$$\frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2} + \frac{Q_3}{\eta_3} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\eta_T}$$

Generalizando, o rendimento total para **n** bombas em paralelo é dado por:

$$\eta_T = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{\eta_i}} \quad (7)$$

3.2 - Bombas em Série.

Potência das bombas individualmente:

$$Pot_1 = \frac{\gamma Q H m_1}{75 \eta_1} \quad (8)$$

$$Pot_2 = \frac{\gamma Q H m_2}{75 \eta_2} \quad (9)$$

Já na associação das bombas, tem-se:

$$Pot = \frac{\gamma Q H m}{75 \eta_T} \quad (10)$$

onde:

$$Hm = Hm_1 + Hm_2 \quad (11)$$

$$Pot = Pot_1 + Pot_2 \quad (12)$$

Substituindo a Eq. (11) na Eq. (10) e as Eqs. (8) e (9) na Eq. (12):

$$\frac{\gamma Q H m_1}{75 \eta_1} + \frac{\gamma Q H m_2}{75 \eta_2} = \frac{\gamma Q (Hm_1 + Hm_2)}{75 \eta_T}$$

Simplificando:

$$\frac{Hm_1}{\eta_1} + \frac{Hm_2}{\eta_2} = \frac{Hm_1 + Hm_2}{\eta_T}$$

Generalizando, o rendimento total para **n** bombas em série é dado por:

$$\eta_T = \frac{\sum_{i=1}^n Hm_i}{\sum_{i=1}^n \frac{Hm_i}{\eta_i}} \quad (13)$$

onde:

Pot = potência da bomba (CV)

Hm = altura manométrica (m)

Q = vazão (m³/s)

γ = peso específico do líquido (kgf/m³)

η = rendimento da bomba (%)

Referências Bibliográficas:

- 1 - Deniculi, W.; "Bombas Hidráulicas", Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- 2 - Jardim, S. B.; "Sistemas de Bombeamento", Sagra-DC Luzzatto, Porto Alegre, 1992.
- 3 - Silvestre, P.; "Fundamentos de Hidráulica Geral", Editorial Limusa, México, 1983.

LC, Vitória, 30/09/2020.