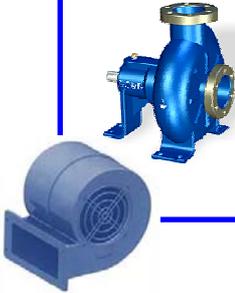


Universidade Federal do Paraná  
Curso de Engenharia Industrial Madeireira

## MÁQUINAS HIDRÁULICAS AT-087



M.Sc. Alan Sulato de Andrade

[alansulato@ufpr.br](mailto:alansulato@ufpr.br)

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

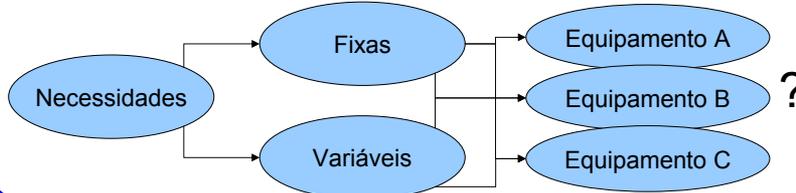
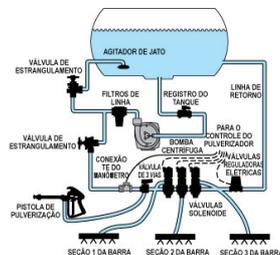
# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

## INTRODUÇÃO:

- Em inúmeras aplicações industriais bem como em sistemas elevatórios de água ou esgoto, o campo de variação da descarga e da altura manométrica pode ser excessivamente amplo, para ser abrangido pelas possibilidades de uma única bomba.

# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

## INTRODUÇÃO:



# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

## INTRODUÇÃO:

- Desta forma um sistema poderá exceder às faixas de operação de bombas de simples estágio. Nestes casos, uma das soluções é a associação de bombas.



# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

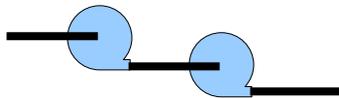
## INTRODUÇÃO:

- Podemos avaliar algumas razões para a associação destes dispositivos:
  - Razões técnicas: quando um desnível elevado acarretar em um rotor de grande diâmetro e alta rotação, e com isso altas acelerações centrífugas e dificuldades na especificação de materiais.
  - Razões econômicas: quando o custo de duas bombas menores é inferior ao de uma bomba de maiores dimensões para fazer o mesmo serviço.

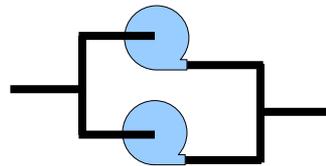
# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

## INTRODUÇÃO:

- Recorre-se então a associações ou ligações de duas ou mais bombas em série ou em paralelo.



Associação em série



Associação em paralelo

# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

## ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:

- Este sistema é utilizado quando se necessita variar muito a altura manométrica de elevação.

Características:

A vazão não é alterada,

A pressão é aumentada a medida que passa pelo equipamento,

Altura manométrica:  $H_t = H_{bomba(a)} + H_{bomba(b)}$

# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

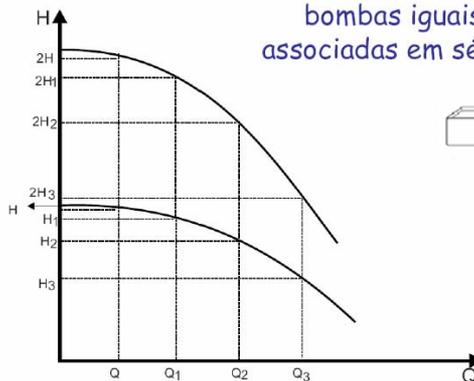
## ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:

- O sistema é empregado quando a elevatória deve atender a reservatórios em níveis ou distâncias diferentes ou a processamentos industriais onde reservatórios sob pressões diferentes devam ser sucessivamente abastecidos, ou ainda quando num processo houver condições de pressões bastante diversas.

# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

## ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:

Associação de duas bombas iguais associadas em série:



# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:



# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:

- Podemos concluir que, quando associamos duas ou mais bombas em série, para uma mesma vazão, a carga manométrica será a soma da carga manométrica fornecida por cada bomba.
- Portanto, para se obter a curva característica resultante de duas bombas em série, iguais ou diferentes, basta somar as alturas manométricas totais, correspondentes aos mesmos valores de vazão, em cada bomba.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:

- Quando a altura manométrica for muito elevada, devemos analisar a possibilidade do emprego de bombas em série, pois esta solução poderá ser mais viável, tanto em termos técnicos como econômicos.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:

- Como principal precaução neste tipo de associação, devemos verificar se cada bomba a jusante tem capacidade de suporte das pressões de montante na entrada e de jusante no interior da sua própria carcaça. Para melhor operacionalidade do sistema é aconselhável a associação de bombas idênticas, pois este procedimento flexibiliza a manutenção e reposição de peças.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- Este sistema é utilizado quando se necessita variar muito a vazão.

Características:

A vazão é alterada,

A pressão é aumentada,

Altura manométrica se mantém praticamente constante.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- O emprego de bombas em paralelo permitirá uma vantagem operacional de que havendo falha no funcionamento em uma das bombas, não acontecerá a interrupção completa e, sim, apenas uma redução da vazão bombeada pelo sistema. No caso de apenas uma bomba aconteceria a interrupção total, pelo menos temporária, no fornecimento.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- Em uma segunda situação a associação em paralelo possibilitará uma flexibilização operacional no sistema, pois como a vazão é variável poderemos retirar ou colocar bombas em funcionamento em função das necessidades e sem prejuízo da vazão requerida.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- A associação de bombas em paralelo, no entanto requer precauções especiais por parte do projetista. Algumas "lembranças" são básicas para se ter uma boa análise da situação, como por exemplo, quando do emprego de bombas iguais com curvas estáveis.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- *Vazão* - uma bomba isolada sempre fornecerá mais vazão do que esta mesma bomba associada em paralelo com outra igual porque a variação na perda de carga no recalque é diferente;
- *NPSHr*- este será maior com uma só bomba em funcionamento, pois neste caso a vazão de contribuição de cada bomba será maior que se a mesma estiver funcionando em paralelo;

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

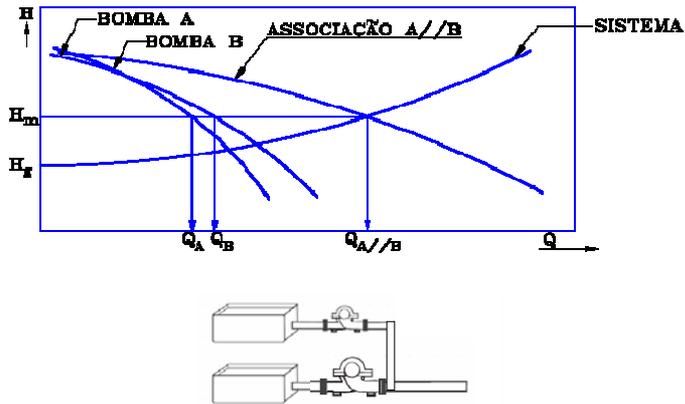
### ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- *Potência consumida* - este item dependerá do tipo de fluxo nas bombas, onde temos para o caso de fluxo radial potência maior com uma bomba, fluxo axial potência maior com a associação em completo funcionamento e, no caso de fluxo misto, será necessário calcularmos para as diversas situações para podermos indicar o motor mais adequado.



# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:



# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- Curva característica de uma associação em paralelo:
- Soma das curvas originais de cada bomba, seguindo o critério de que ambas as bombas estão sujeitas à mesma pressão manométrica.
- Como a pressão é a mesma e as bombas contribuem cada uma com a sua vazão, referente àquela pressão, a curva da associação em paralelo é obtida pela soma das vazões de cada curva, para cada pressão.

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### ASSOCIAÇÃO EM PARALELO:

- Muitas vezes a utilização deste tipo de associação é realizada apenas como um sistema de segurança e não visando ou aumento ou a variação da vazão. Um exemplo deste tipo de situação é a bomba reserva que é necessário no sistema de alimentação de água em um gerador de vapor (caldeira).

## ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### RENDIMENTO NAS ASSOCIAÇÕES:

- Na associação em série de duas bombas, a vazão das bombas é igual à da associação. O rendimento da associação em série pode ser explicitado conforme a equação:

$$\eta_{A/B} = \frac{H_{A/B}}{\frac{H_A}{\eta_A} + \frac{H_B}{\eta_B}}$$

# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

RENDIMENTO NAS ASSOCIAÇÕES:

- No caso de uma associação em paralelo, as bombas vão experimentar o mesmo diferencial de pressões, portanto:  $H_{A/B} = H_A = H_B$ . Deste modo, o rendimento para uma associação em paralelo de duas bombas é:

$$\eta_{A/B} = \frac{Q_{A/B}}{\frac{Q_A}{\eta_A} + \frac{Q_B}{\eta_B}}$$

# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

ASSOCIAÇÕES

- Em virtude de diversos fatores mencionados e em função das características intrínsecas ao sistema de transporte de fluídos a ser projetado, se verifica a necessidade de um cuidadoso estudo técnico e econômico do sistema a ser instalado.