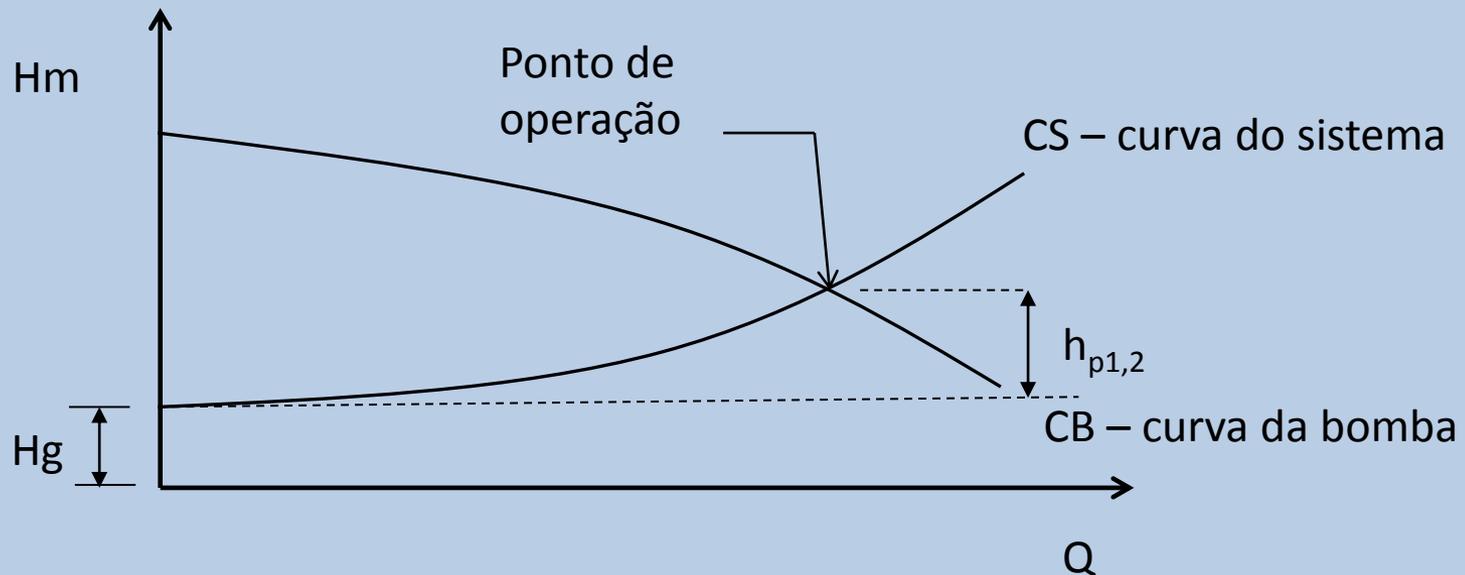


# Operações Unitárias I - Aula 4

Prof. Geronimo

# Curva da bomba versus curva do sistema

- Uma bomba tem sua operação definida em função do sistema de bombeamento (altura geométrica e perda de carga total) e da curva característica da bomba. Desta forma, o ponto de operação de uma bomba num dado sistema é a interseção da curva característica da bomba (CB) com a curva do sistema de tubulação (CS).



Curva característica da bomba versus curva do sistema de tubulação

# Curva do sistema de tubulação

A equação do sistema de tubulação, para a curva anterior, sujeito à mesma pressão atmosférica é obtida pela equação:

$$H_m = H_g + \Delta h_{p1,2}$$

Sendo:

$H_m$  – altura manométrica;

$H_g$  – altura geométrica;

$\Delta h_{p1,2}$  – perda de carga total na tubulação.

Utilizando o método dos comprimentos equivalentes para o cálculo da perda de carga localizada.

$$\Delta h = \beta \frac{Q^n}{D^m} L_v$$

# Curva do sistema de tubulação

Portanto, numa instalação cuja altura geométrica, diâmetro e comprimento virtual sejam conhecidos, a equação característica do sistema é dependente somente da vazão.

$$H_m = H_g + rQ^n \quad \text{sendo} \quad r = \frac{\beta L_v}{D^m}$$

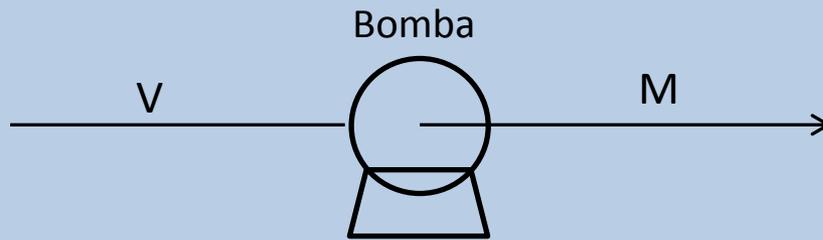
Dependendo da fórmula de perda de carga utilizada, os valores de  $\underline{r}$  e  $\underline{n}$  na equação acima correspondem a:

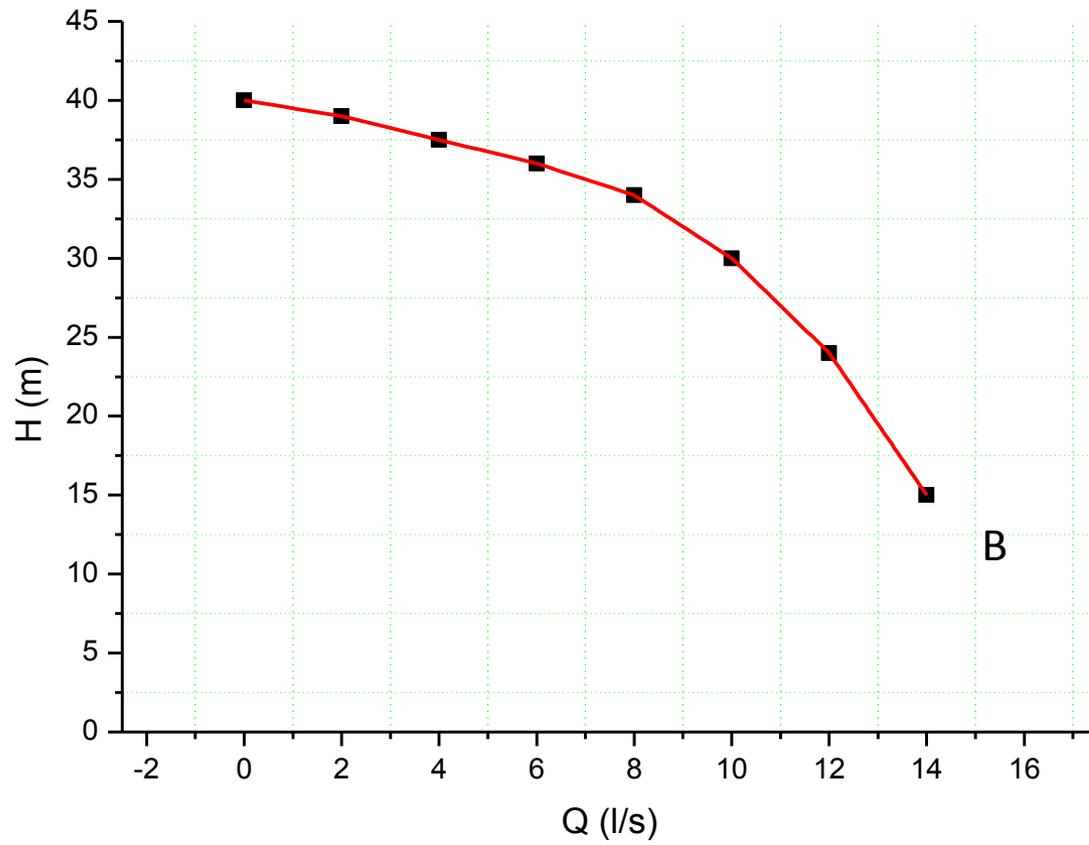
Hazen-Williams:  $n = 1,85$  e  $r = \frac{10,64}{C^{1,85} D^{4,87}} L_v$

Fórmula universal:  $n = 2$  e  $r = \frac{8f}{\pi^2 g D^5} L_v$

## Exercícios

- Certa bomba, empregada num processo industrial, possui a curva característica  $H_m \times Q$  representada na figura a seguir por “B”. Esta bomba aspira água de um poço de sucção e alimenta um reservatório, no qual a pressão absoluta é 2 atmosferas. Sabendo-se que o desnível entre o reservatório e o poço é de 13,0 m e que um vacuômetro e um manômetro instalados na sucção e no recalque, bem próximos da bomba, com os centros dos mostradores nivelados, acusam as pressões de  $V = -0,5 \text{ kgf/cm}^2$  e  $M = 2,5 \text{ kgf/cm}^2$ , respectivamente, pede-se:
  - a) a equação e a curva característica da tubulação;
  - b) o novo ponto de funcionamento da bomba, se a regulação de um registro acarretasse um aumento de perda de carga dado por  $\Delta h'' = 0,02Q^2$  (sendo  $Q$  a vazão em l/s e  $\Delta h''$  a perda de carga localizada em m).



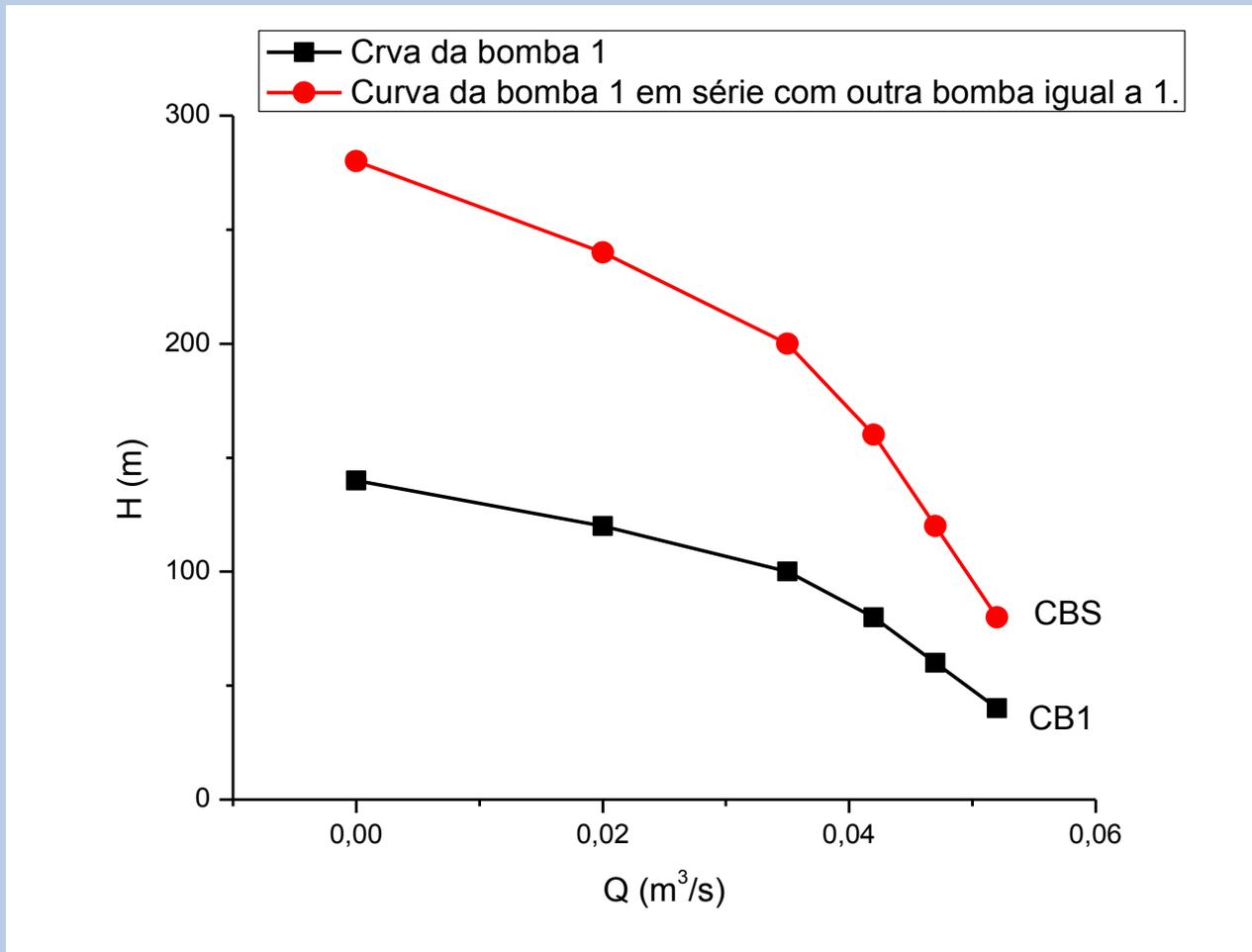


# Operação de Múltiplas bombas centrífugas

- As exigências das instalações são muito variadas em termos de vazão e altura manométrica e nem sempre é possível encontrar essas características em uma bomba somente.
- Associação de bombas em Paralelo e Série.

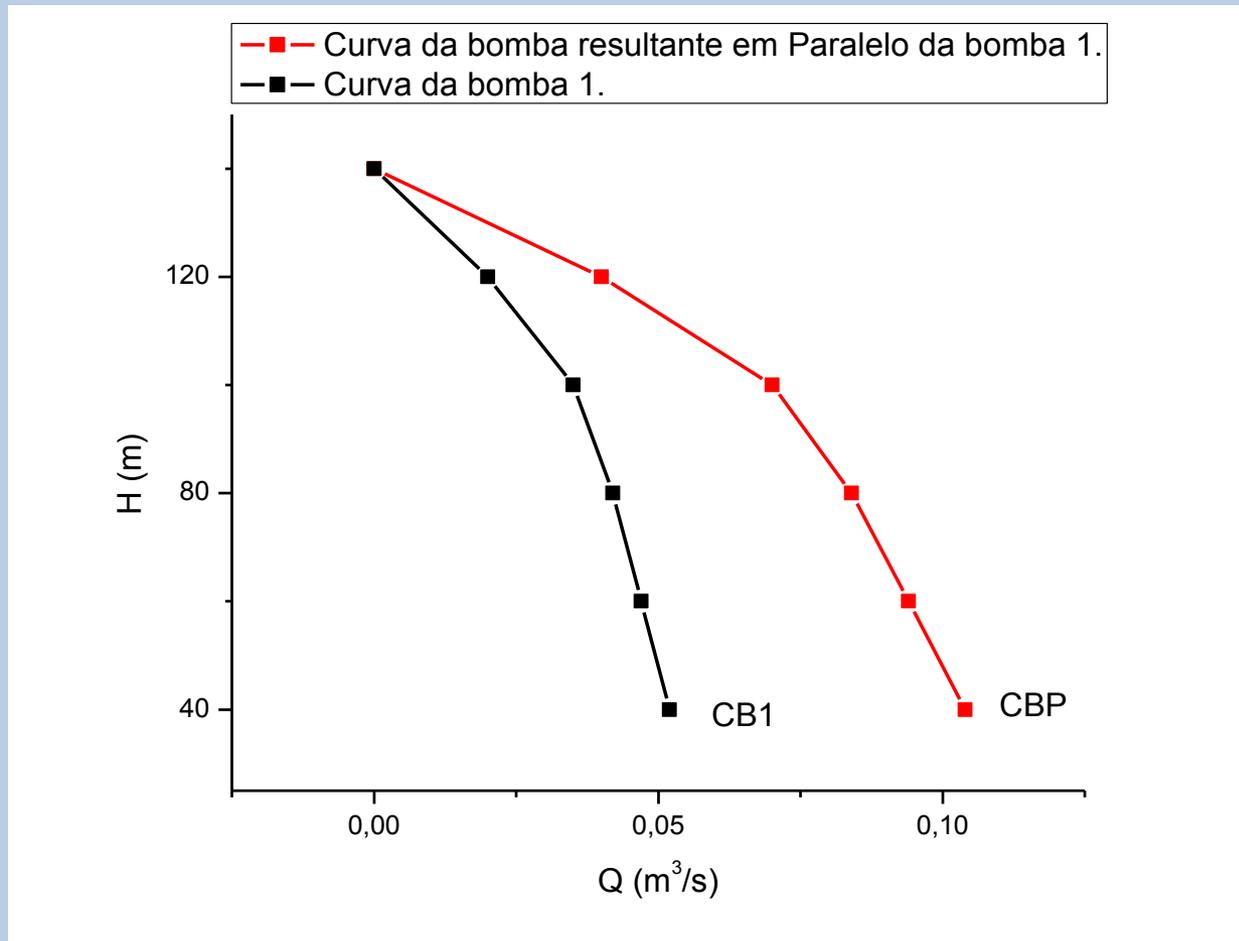
## □ Associação em Série:

É utilizada para vencer uma altura manométrica muito elevada. A curva resultante é obtida somando as ordenadas ( $H_m$ ) das curvas de cada bomba, para uma mesma vazão.



Curva característica resultante da associação em série da bomba 1.

Obs: Mantém a vazão e soma-se a altura manométrica.



Curva característica resultante da associação em paralelo da bomba 1 com outra Bomba 1 igual.

Obs: Mantém a altura manométrica e soma-se a vazão.