SEMELHANÇA ENTRE BOMBAS

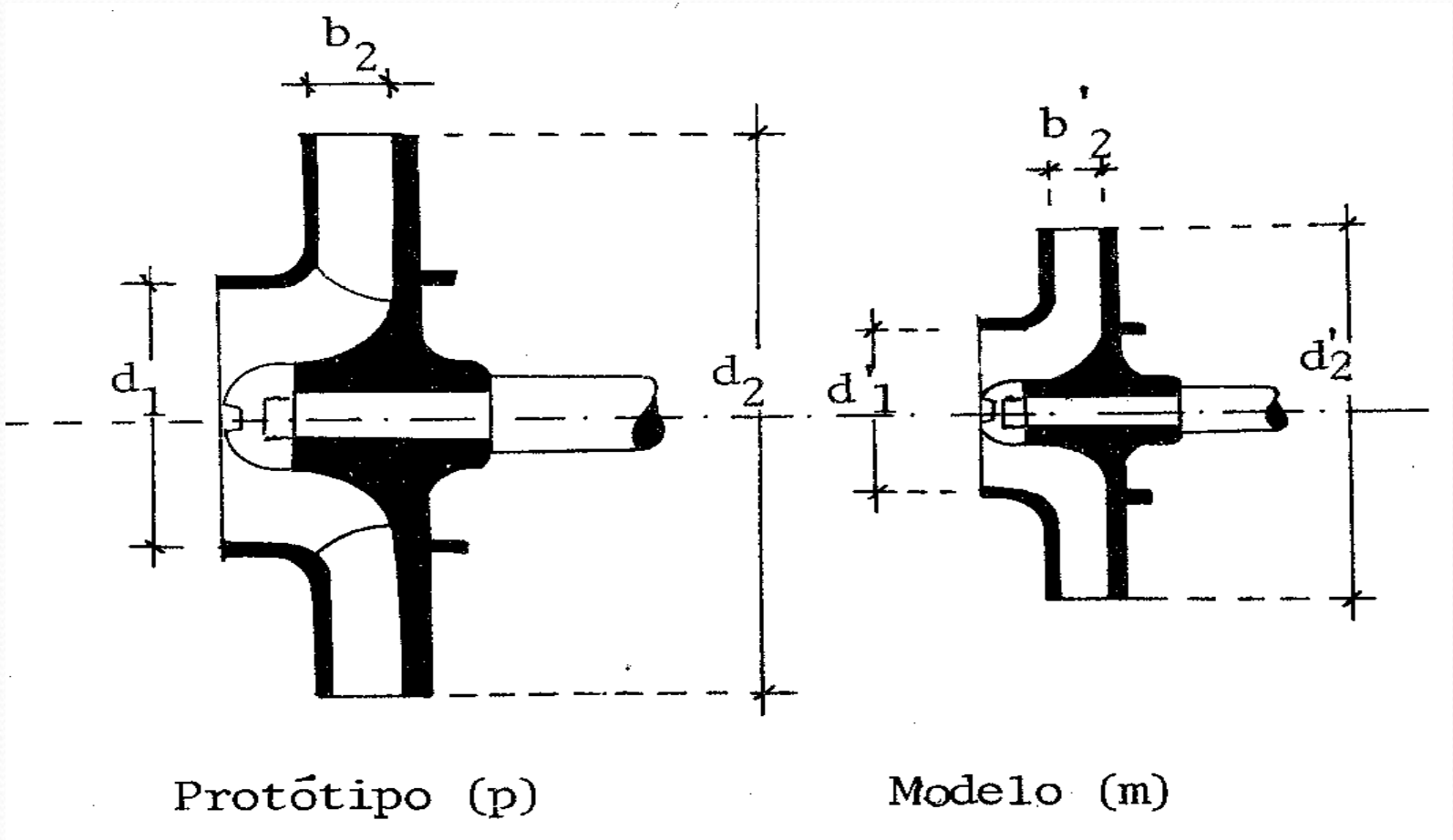
Prof. Hugo Alexandre Soares Guedes
E-mail: hugo.guedes@ufpel.edu.br
Website: wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/

CONCEITOS

- Modelo: objeto de estudo (reduzido, ampliado ou inalterado)

- Protótipo: objeto nas suas dimensões reais

- Semelhança Geométrica: existe semelhança geométrica entre modelo e protótipo quando a relação entre as suas dimensões lineares homólogas for constante.



$$\frac{d_1}{d_1''} = \frac{b_2}{b_2''} = \frac{d_2}{d_2''}$$

FUNCIONAMENTO DE BOMBAS SEMELHANTES

- Sejam duas máquinas (1) e (2), geometricamente semelhantes e rendimentos iguais:

a) $$\frac{Q_1}{n_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{n_2 D_2^3} \rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$$

Se $D_1 = D_2$ (Bombas iguais) $$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

FUNCIONAMENTO DE BOMBAS SEMELHANTES

b) $$\frac{\Delta p_1}{\rho_1 n_1^2 D_1^2} = \frac{\Delta p_2}{\rho_2 n_2^2 D_2^2} \rightarrow \frac{H_{m1}}{H_{m2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

Se $\rho_1 = \rho_2$ e $D_1 = D_2$:

$$\frac{H_{m1}}{H_{m2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

FUNCIONAMENTO DE BOMBAS SEMELHANTES

c) $$\frac{Pot_1}{\rho_1 n_1^3 D_1^5} = \frac{Pot_2}{\rho_2 n_2^3 D_2^5} \rightarrow \frac{Pot_1}{Pot_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5$$

Se $D_1 = D_2$ e $\rho_1 = \rho_2$:

$$\frac{Pot_1}{Pot_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

VELOCIDADE ESPECÍFICA (n_s)

- É a rotação na qual deverá operar a bomba modelo, unicelular e sucção simples, para elevar a vazão de 1 m^3/s a altura manométrica de 1m, com o máximo rendimento.

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}}$$ (Bomba unicelular e simples sucção)

Tipo de bomba	Velocidade Específica (n_s)
Radial ou centrífuga	10 - 70
Diagonal ou mista	70 - 120
Axial	120 - 200

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q / n_i}}{(H_m / n_e)^{3/4}}$$

n_i = número de sucções

n_e = número de estágios

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS

- Relação entre a vazão recalcada com a altura manométrica, com a potência absorvida, com o rendimento e às vezes com a altura máxima de sucção da bomba.

- Bancadas de ensaio:

  $H_m = f(Q)$

  $Pot = f(Q)$

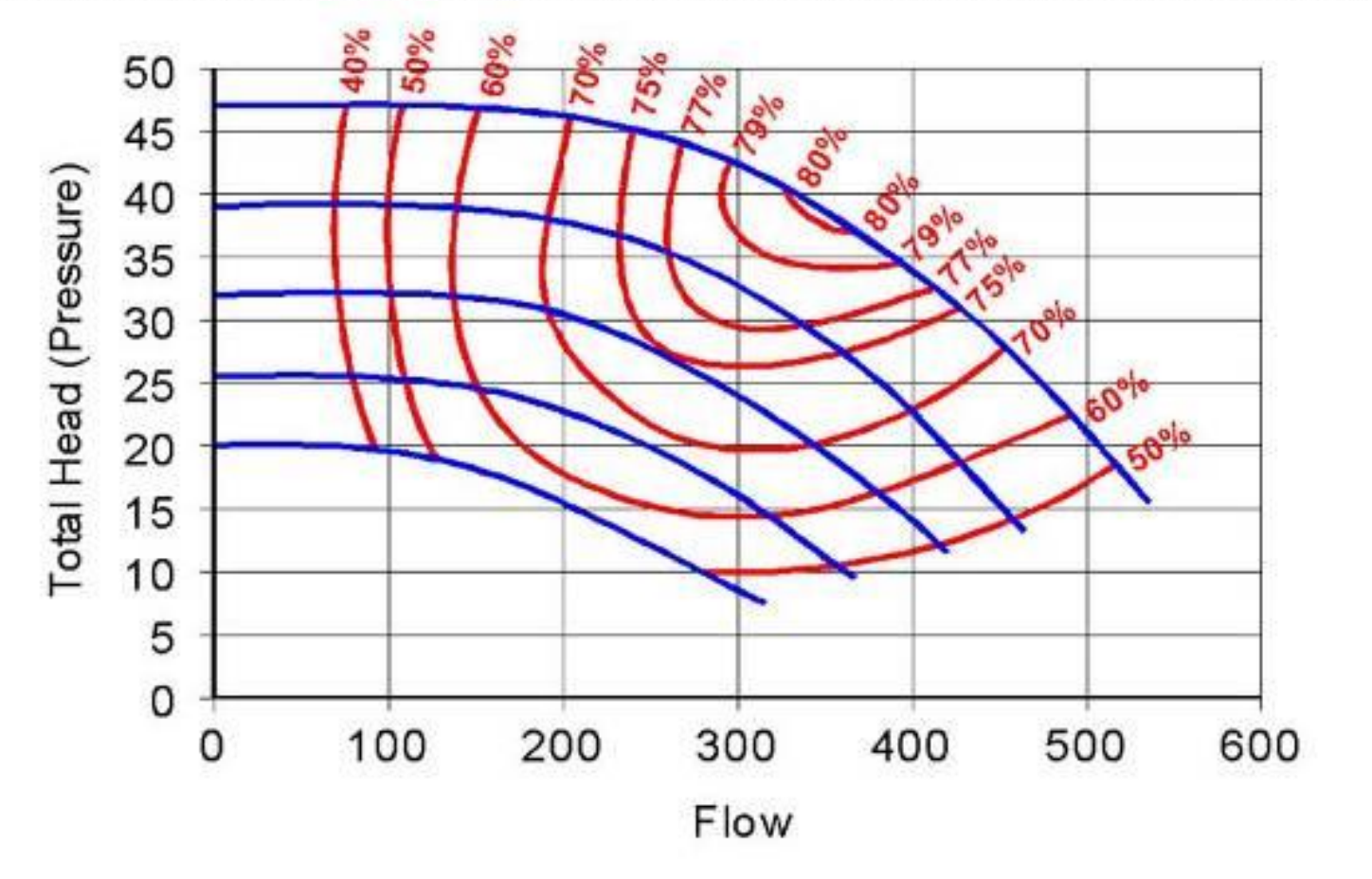
  $\eta = f(Q)$

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS

- Bombas Centrífugas (n = cte)
- Bombas Axiais (n = cte)
- Conclusões tiradas das curvas características das bombas

CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS

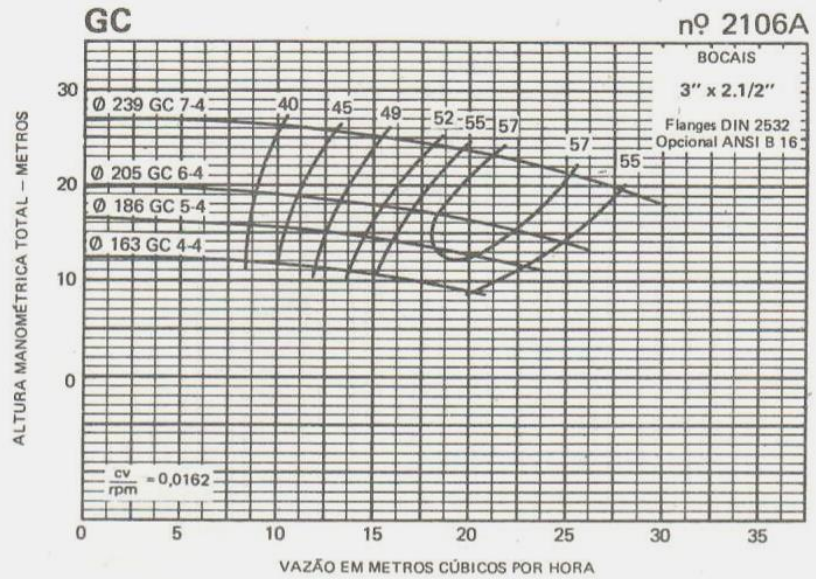
- Exemplo de Curva Característica de Bomba Centrífuga:

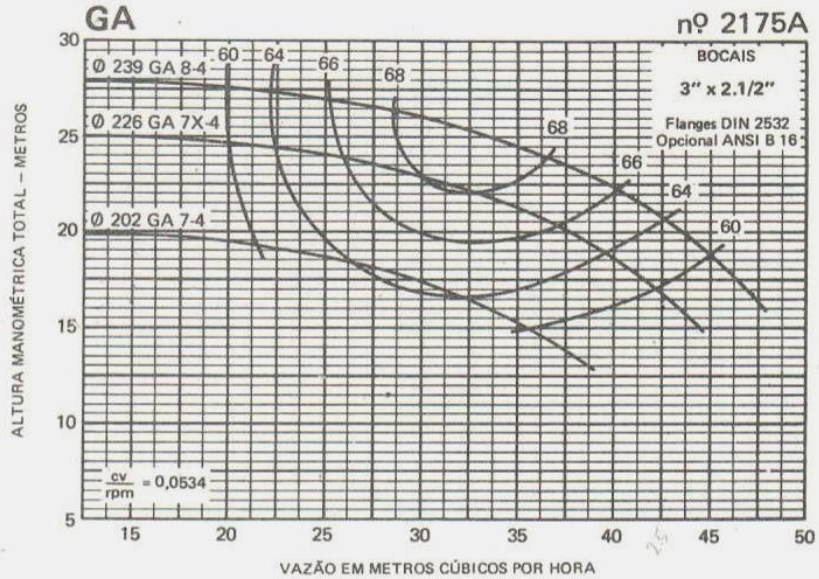


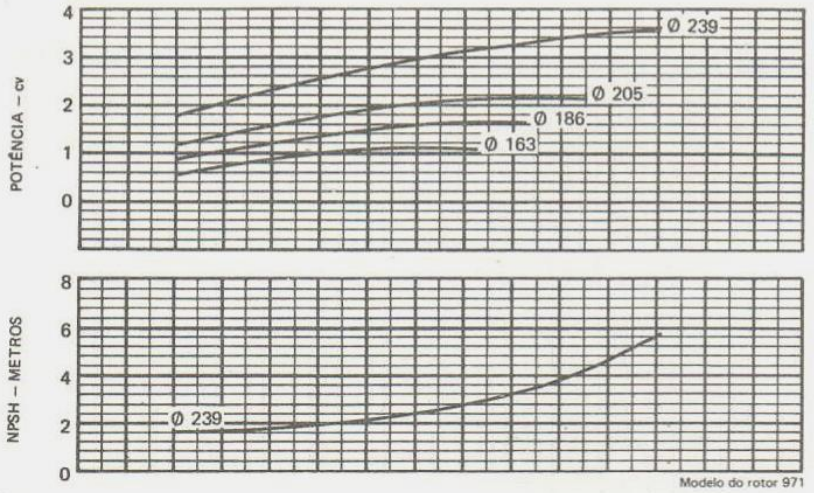
MARK PEERLESS

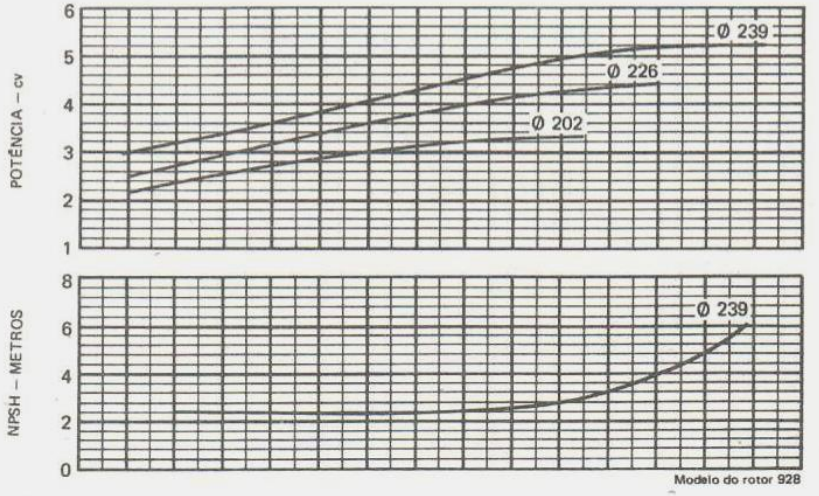
BOMBAS CENTRÍFUGAS MONOESTÁGIO 1750 rpm

VEDAÇÃO: Selo mecânico Opcional: Gaxeta



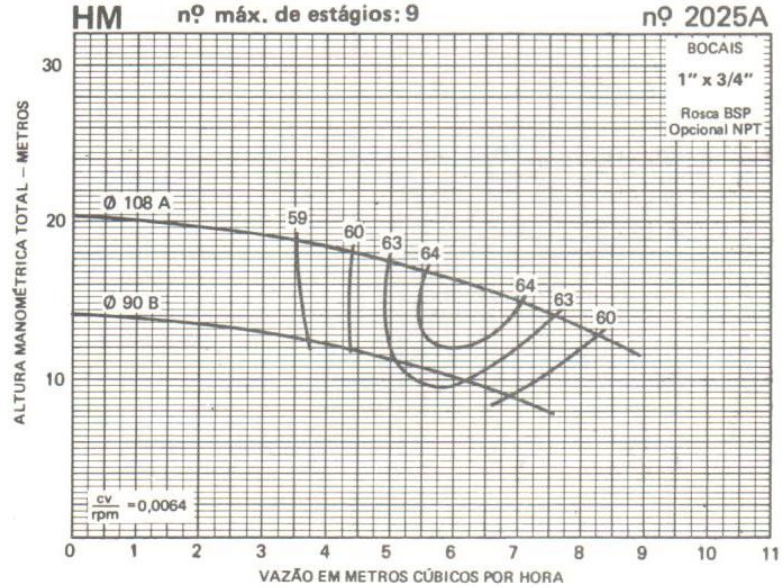


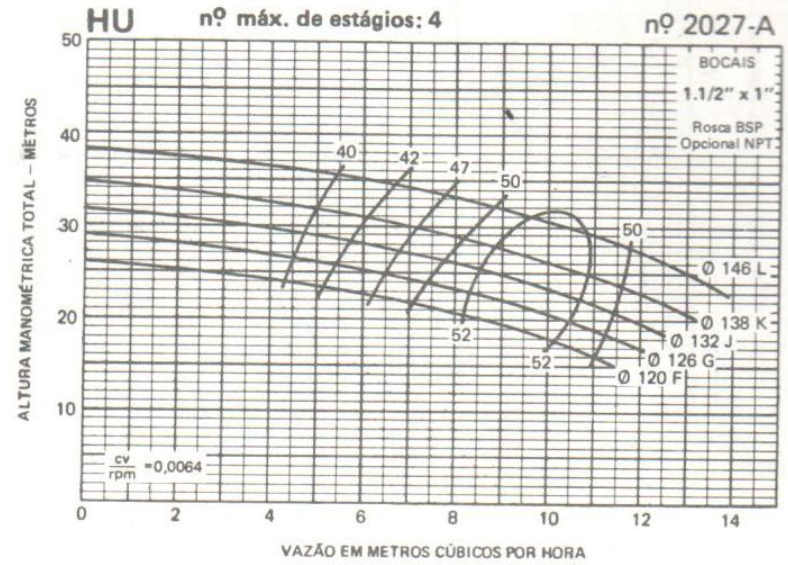


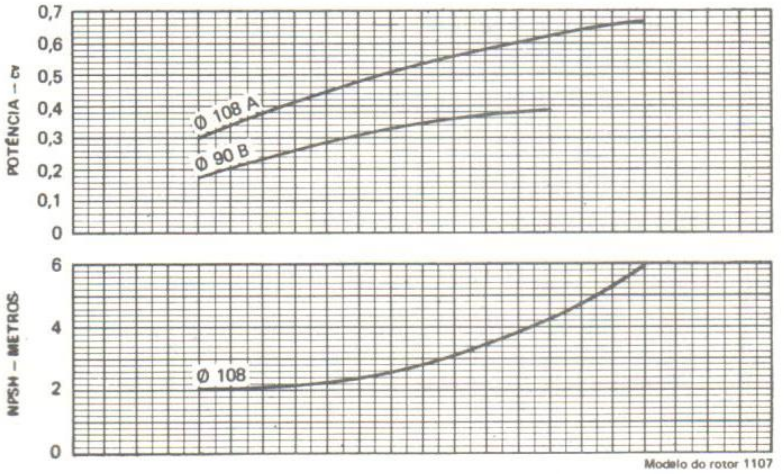


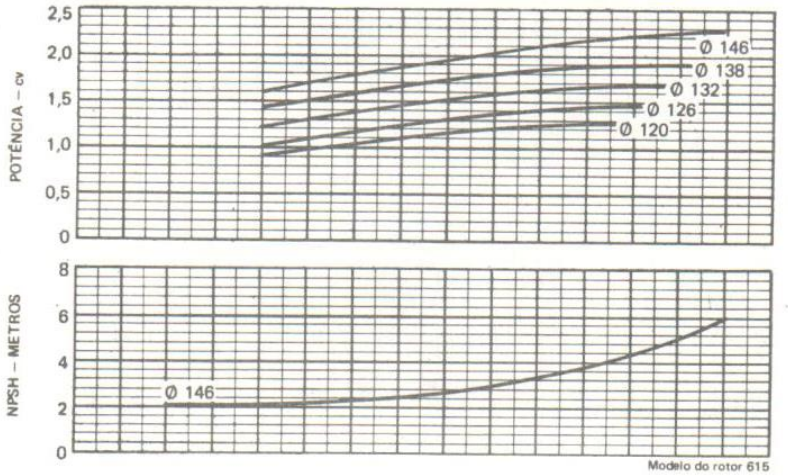
BOMBAS CENTRÍFUGAS MULTIESTÁGIO 3500 rpm

VEDAÇÃO: Selo mecânico









CURVA CARACTERÍSTICA DA TUBULAÇÃO

- **Segunda expressão da altura manométrica**

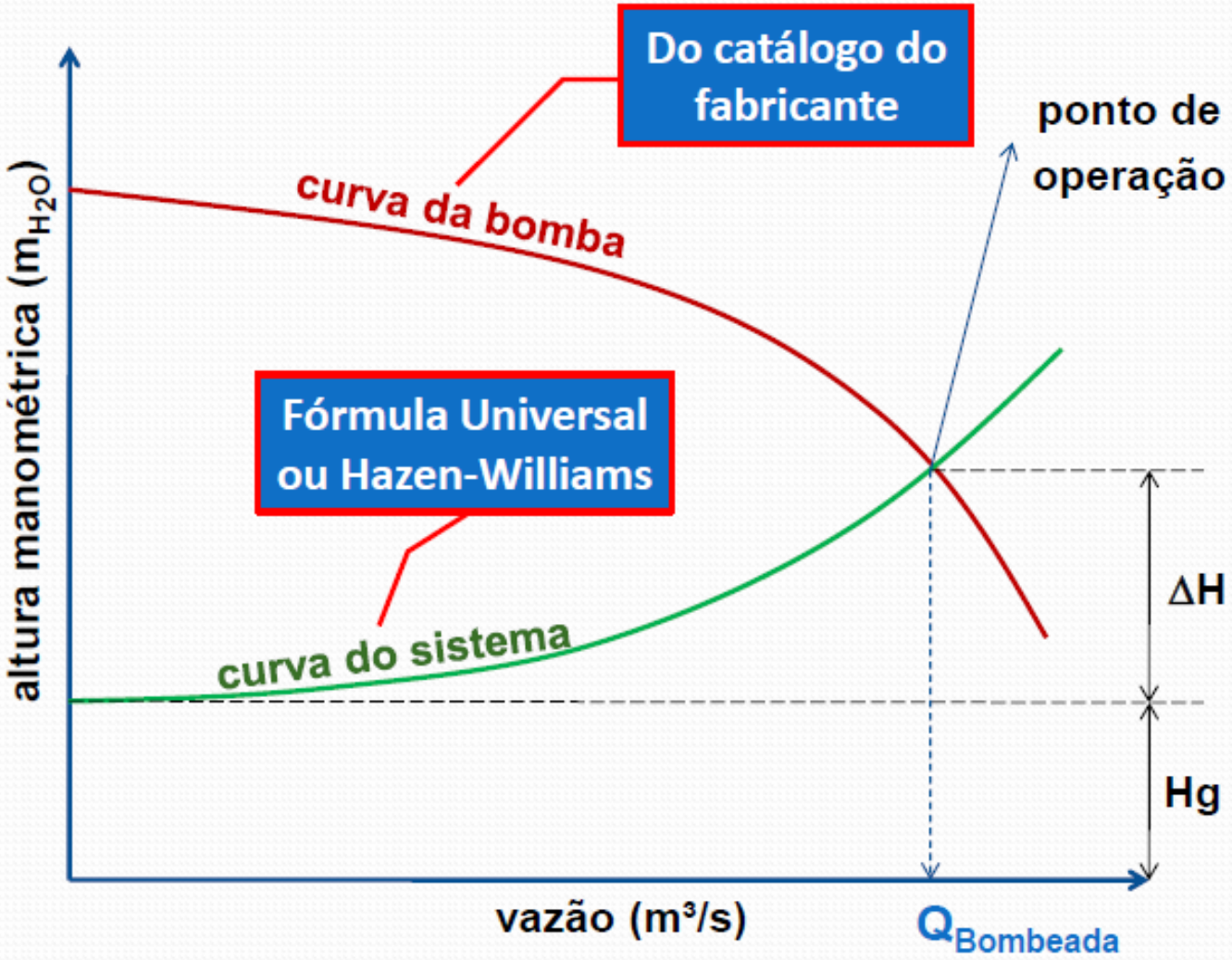
$$Hm = H_G + h_t$$

$$h_t = h_f + h_a$$

$$Hm = H_G + KQ^2$$ **(FÓRMULA UNIVERSAL)**

$$Hm = H_G + K'Q^{1,852}$$ **(FÓRM. HAZEN-WILLIANS)**

ESTUDO DO CONJUNTO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DA BOMBA E DO SISTEMA



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

VARIAÇÃO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS

- Variando a rotação do rotor (para um mesmo diâmetro)
- Variando o diâmetro do rotor (para uma mesma rotação)
- Variando o diâmetro e a rotação ao mesmo tempo
- Variando a forma do rotor
- Com o tempo de uso

VARIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO ROTOR

- Diâmetro é mantido constante

- Rendimento deverá ser mantido para ambas rotações (a rotação conhecida e a rotação a ser calculada)

- Equações a serem utilizadas:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \qquad \frac{Hm_1}{Hm_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \qquad \frac{Pot_1}{Pot_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}$$

VARIAÇÃO DA ROTAÇÃO DO ROTOR

- Variação da rotação do rotor da ordem de 30 a 40%, para que o rendimento seja mantido constante

- Parábola de iso - rendimento ou iso - eficiência:

$$\frac{Hm_1}{Hm_2} = \frac{Q_1^2}{Q_2^2} \quad \text{ou} \quad \frac{Hm_1}{Q_1^2} = \frac{Hm_2}{Q_2^2} = cte$$

VARIAÇÃO DO DIÂMETRO DO ROTOR

- Rotação é mantida constante;
- Operação mais indicada para bombas centrífugas (paralelismo das faces à saída do rotor);
- Usinagem de no máximo 20% do diâmetro original do rotor (o que mantém o rendimento aproximadamente constante entre o rotor original e o usinado);

VARIAÇÃO DO DIÂMETRO DO ROTOR

- Equações experimentais:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1^2}{D_2^2} \qquad \frac{Pot_1}{Pot_2} = \frac{D_1^3}{D_2^3}$$

$$\frac{Hm_1}{Hm_2} = \frac{Q_1^2}{Q_2^2} \quad \text{OU} \quad \frac{Hm_1}{Q_1^2} = \frac{Hm_2}{Q_2^2} = cte$$