

# ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS



Ana Raquel Fernandes

Prof<sup>o</sup> Raimundo Ferreira Ignácio

Michelli Maciel

# POR QUE UTILIZAR MAIS DE UMA BOMBA?

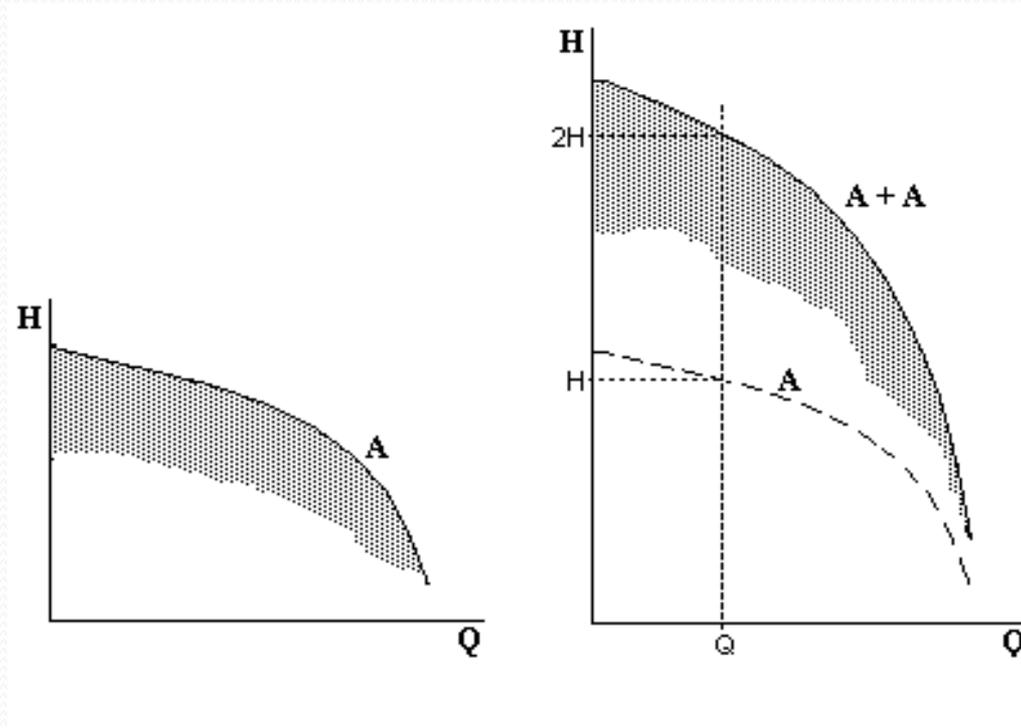
# Bombas em Série

- Variar altura manométrica

$$Q \rightarrow \text{para vazões iguais} \rightarrow H_{\text{Bass}} = H_{\text{B(a)}} + H_{\text{B(b)}}$$

- No cruzamento da CCI com a CCB, há pequena variação da vazão
- Aplicação
- Precauções

# Bombas em Série



Fonte: “Bombas centrífugas”. Disponível em <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Bombo4.html>. Último acesso: 20 de novembro de 2009

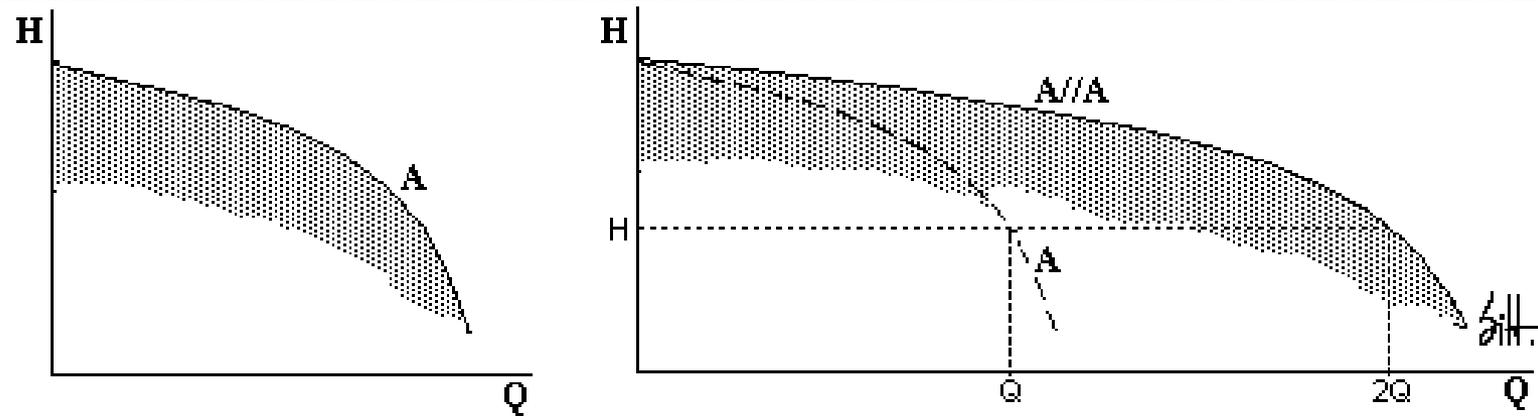
# Bombas em Paralelo

- Variar vazão

$$Q \rightarrow \text{para } H_B \text{ iguais} \rightarrow Q_{\text{ass}} = Q_{(a)} + Q_{(b)}$$

- No cruzamento da CCI com a CCB, há pequena variação da altura manométrica
- Aplicação
- Precauções

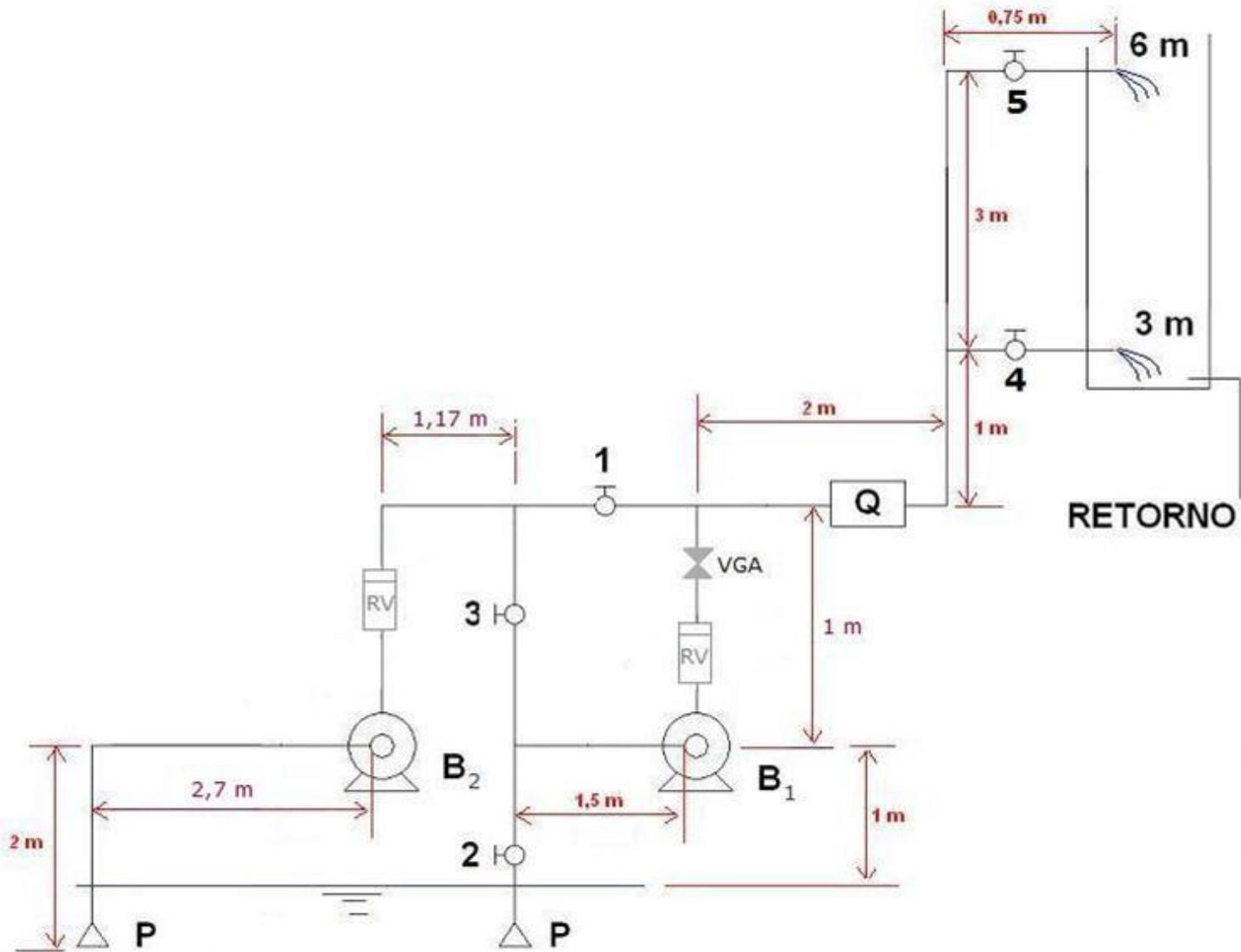
# Bombas em Paralelo



Fonte: “Bombas centrífugas”. Disponível em <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Bombo4.html>. Último acesso: 20 de novembro de 2009

# EXERCÍCIO PROPOSTO

Considere a instalação a seguir, que pode operar tanto com bombas associadas em série ou em paralelo, quanto com só uma bomba. A variação da altura de recalque é feita através das válvulas da seguinte forma:  $H_o = 6$  m associação em série das bombas e  $H_o' = 3$  m associação paralelo das bombas.



# Dados

- Singularidades e seus L equivalentes.

Válvula de pé com crivo - 17,07 m

Cotovelo de 90° - 1,41 m

Válvula de retenção - 17,07 m

T de saída lateral - 2,06 m

T de passagem direta - 0,25 m

T de saída bilateral - 2,50 m

Válvula esfera - 0,55 m

Venturi - 4,36 m

Saída de tubulação - 1,00 m

Válvula globo angular - 5,79 m

# Dados

- Equação do rendimento:

$$\eta (\%) = -0,084.Q^2 + 1,526.Q + 49,28$$

- Água a 20 °C

$$\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma = 9782,36 \text{ N/m}^3$$

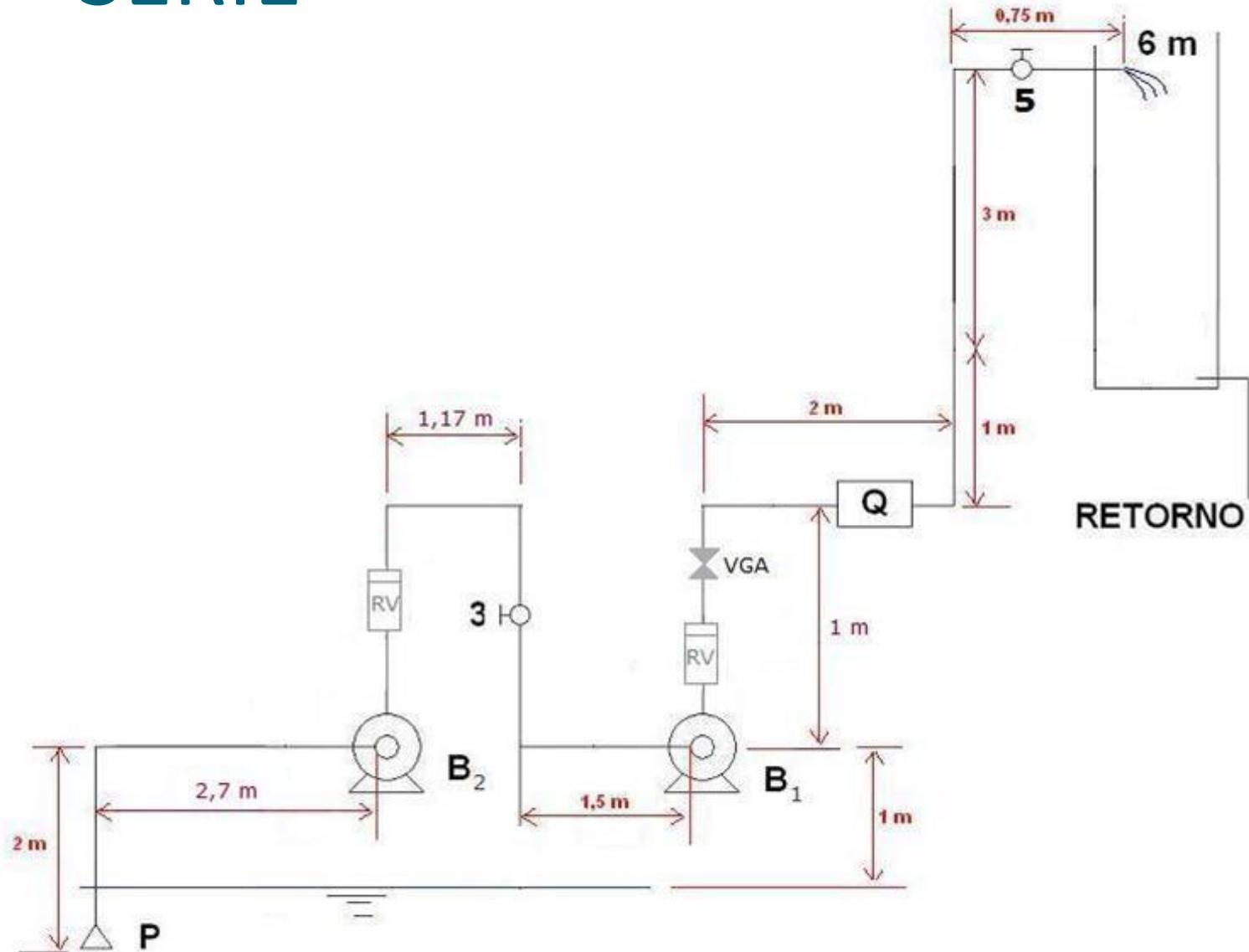
$$\nu = 1,004 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

- Sabendo que a tubulação é de aço 40, com diâmetro nominal de 1,5”, que as válvulas são da MIPEL e os acessórios da TUPY, determinar:
- CCI para cada associação

# SÉRIE

- Equação da energia do início à seção final.

# SÉRIE



# PARALELO

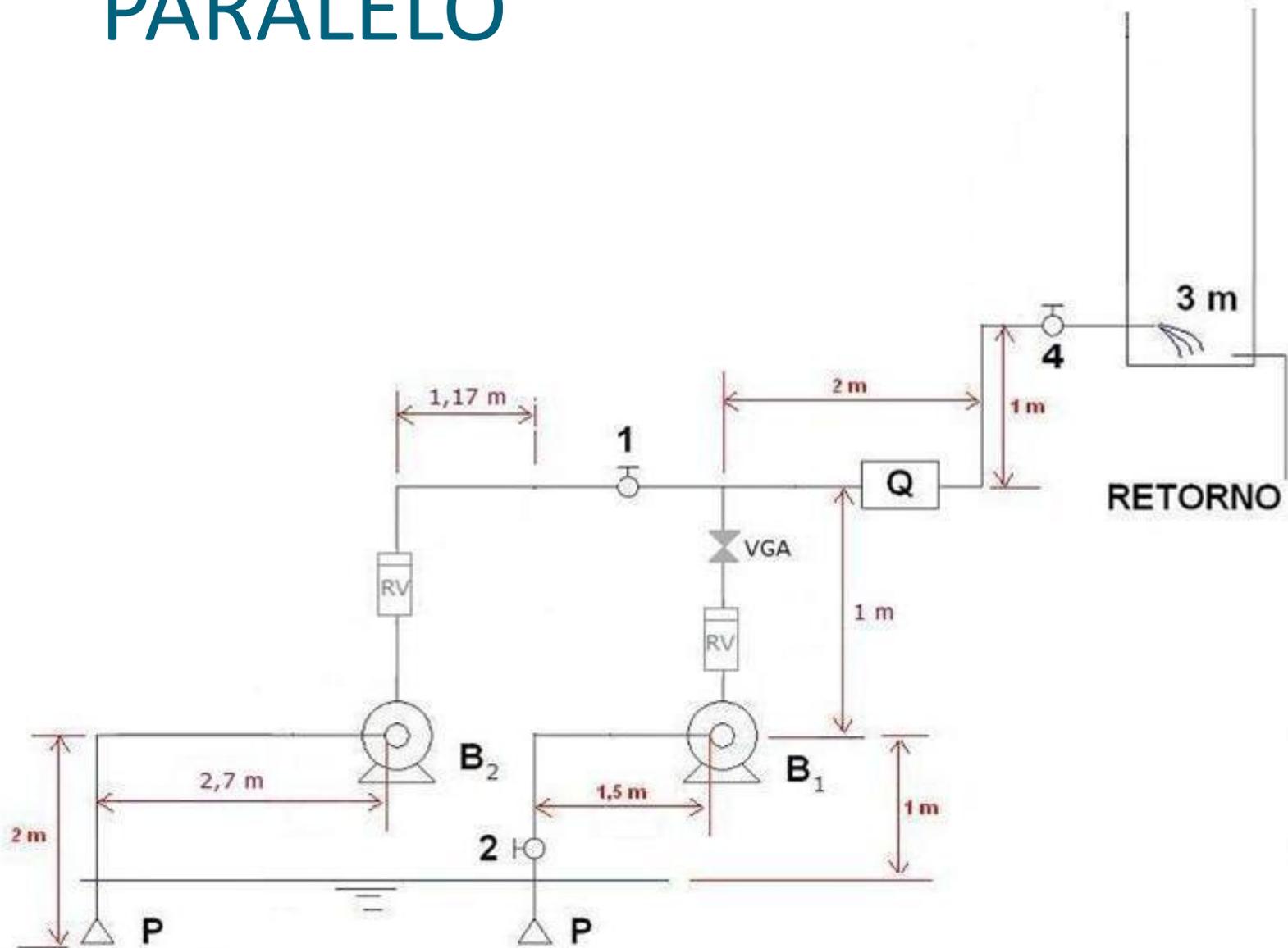
- Balanço de potência:

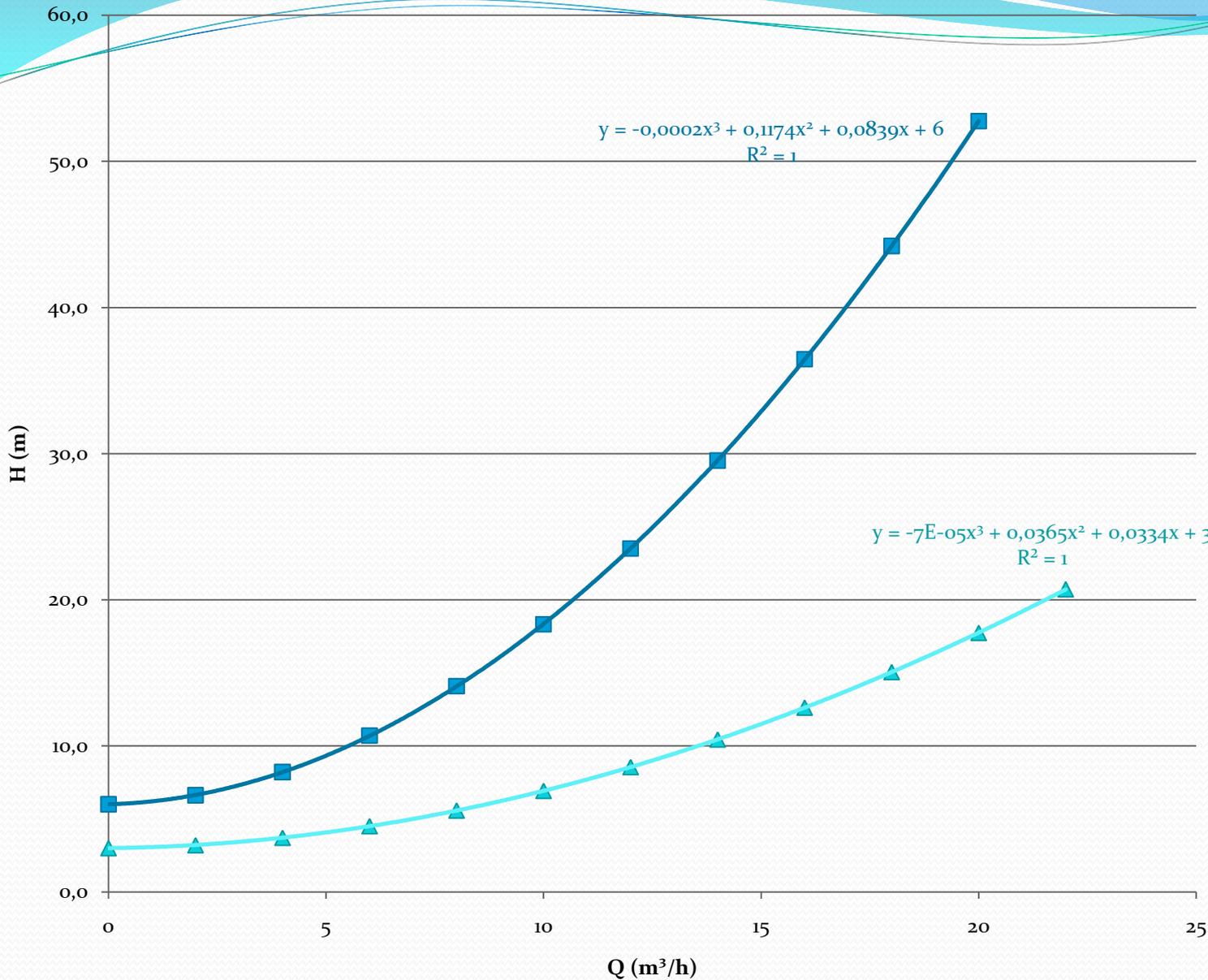
$$N_1 + N_{B1} + N_2 + N_{B2} = N_{\text{diss}} + N_{\text{sf}}$$

$$\begin{aligned} \gamma Q_1 H_1 + \gamma Q_1 H_{B1} + \gamma Q_2 H_2 + \gamma Q_2 H_{B2} = & \gamma Q_1 H_{P1-x} \\ & + \gamma Q_2 H_{P2-x} + \gamma Q_{\text{ass}} H_{P_x\text{-sf}} + \gamma Q_{\text{ass}} H_{\text{sf}} \end{aligned}$$

$$H_{\text{ass}} = H_{\text{sf}} + H_{P1-x} \cdot (1/2) + H_{P2-x} \cdot (1/2) + H_{P_x\text{-sf}}$$

# PARALELO



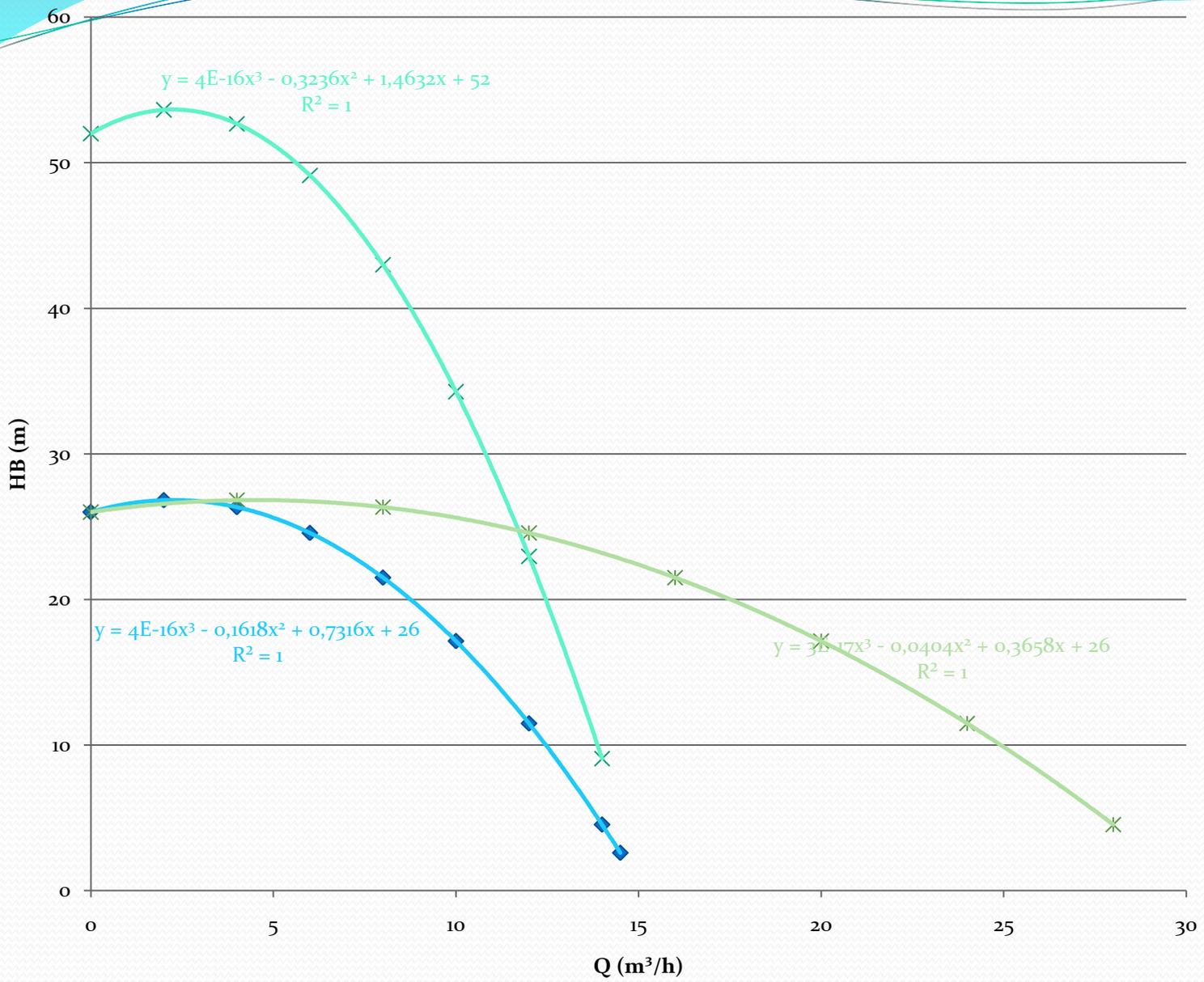


$$y = -0,0002x^3 + 0,1174x^2 + 0,0839x + 6$$
$$R^2 = 1$$

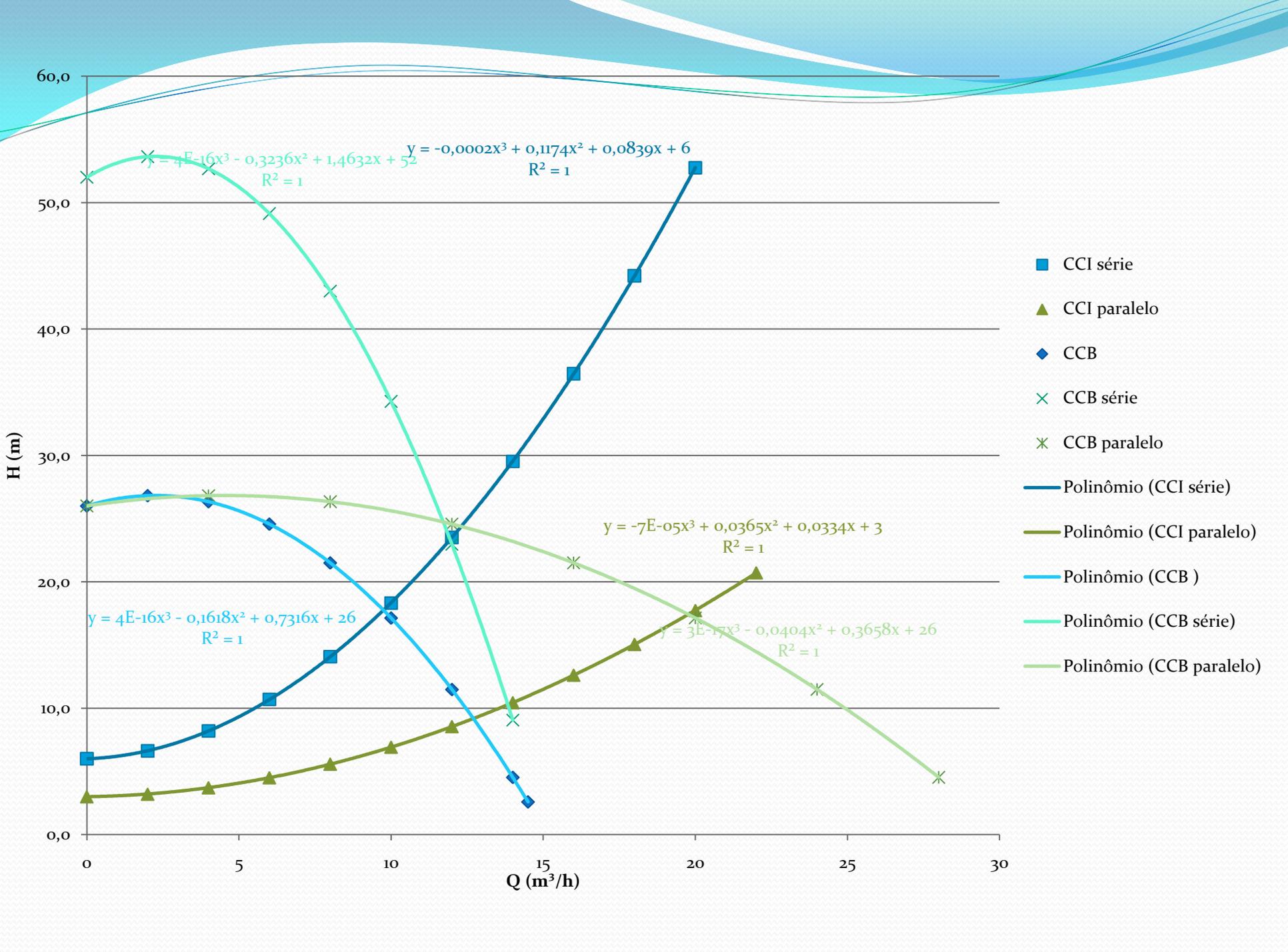
$$y = -7E-05x^3 + 0,0365x^2 + 0,0334x + 3$$
$$R^2 = 1$$

- CCI série
- ▲ CCI paralelo
- Polinômio (CCI série)
- Polinômio (CCI paralelo)

- Ponto de trabalho:  $Q_\tau$ ,  $H_\tau$ ,  $\eta_\tau$



- ◆ CCB
- × CCB série
- \* CCB paralelo
- Polinômio (CCB )
- Polinômio (CCB série)
- Polinômio (CCB paralelo)



- **Série:** igualando a CCB e CCI

- $0,44 \cdot Q^2 - 1,38 \cdot Q - 46 = 0$        $Q_\tau = 11,9 \text{ m}^3/\text{h}$

- Substituindo na CCI ou na CCB:

$$H_{B\tau} = 23,6 \text{ m}$$

- Como as bombas são iguais,  $\eta_{\text{ass}} = \eta_1 = \eta_2 = \eta_B$ .  
Usa-se  $Q_\tau/2$  na equação do rendimento.

$$\eta_{\text{ass},s} = 55,5\%$$

- **Paralelo:** igualando a CCB e CCI

$$0,076.Q^2 - 0,332.Q - 23 = 0 \quad Q_\tau = 19,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Substituindo na CCI ou na CCB:

$$H_{B\tau} = 17,6 \text{ m}$$

- Como as bombas são iguais,  $\eta_{\text{ass}} = \eta_1 = \eta_2 = \eta_B$ .  
Usa-se  $Q_\tau$  na equação do rendimento.

$$\eta_{\text{ass,p}} = 56,2\%$$

- Consumo mensal para cada associação, considerando que a instalação funcione 16 horas por dia, 20 dias por mês e que a rede elétrica seja de 220 V.

$$N_{\text{ass}} = (\gamma Q_{\text{ass}} H_{\text{ass}}) / \eta_{\text{ass}}$$

Considerando que o rendimento do motor elétrico seja 90%:  $N_m = N_{\text{ass}} / 0,9$

Com  $N_m$  em CV, escolher um motor comercial:

Motores em CV  $\rightarrow$  1/2; 3/4; 1; 1,5; 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 75; 100; 125; 150 e 200.

$N_m \cdot 9,8.75 \cdot (\text{horas/dia}) \cdot (\text{dia/mês}) = \text{consumo em kWh/mês}$

- **Série:**

- Potência de uma bomba sozinha:  $Q_{\tau}$ ,  $H_{B\tau}/2$ ,  $\eta_{\tau}$

$$NB = (23,6 \cdot 11,9 \cdot 9782,36) / (3600 \cdot 2 \cdot 0,555) = 687,5 \text{ W}$$

$$Nm = 763,9 \text{ W} = 1,04 \text{ CV}$$

$$\text{Motor escolhido: } Nm = 1 \text{ CV} = 735 \text{ W}$$

- Consumo de dois motores (associação)

$$0,735 \cdot 2 \cdot 16 \cdot 20 = 470,4 \text{ kWh/mês}$$

- **Paralelo:**

- Potência de uma bomba sozinha:  $Q_{\tau}/2, H_{B\tau}, \eta_{\tau}$

$$NB = (19,7 \cdot 17,6 \cdot 9782,36) / (3600 \cdot 2 \cdot 0,562) = 838,2 \text{ W}$$

$$Nm = 931,3 \text{ W} = 1,27 \text{ CV}$$

$$\text{Motor escolhido: } Nm = 1,5 \text{ CV} = 1102,5 \text{ W}$$

- Consumo de dois motores (associação)

$$1,1025 \cdot 2 \cdot 16 \cdot 20 = \mathbf{705,6 \text{ kWh/mês}}$$