

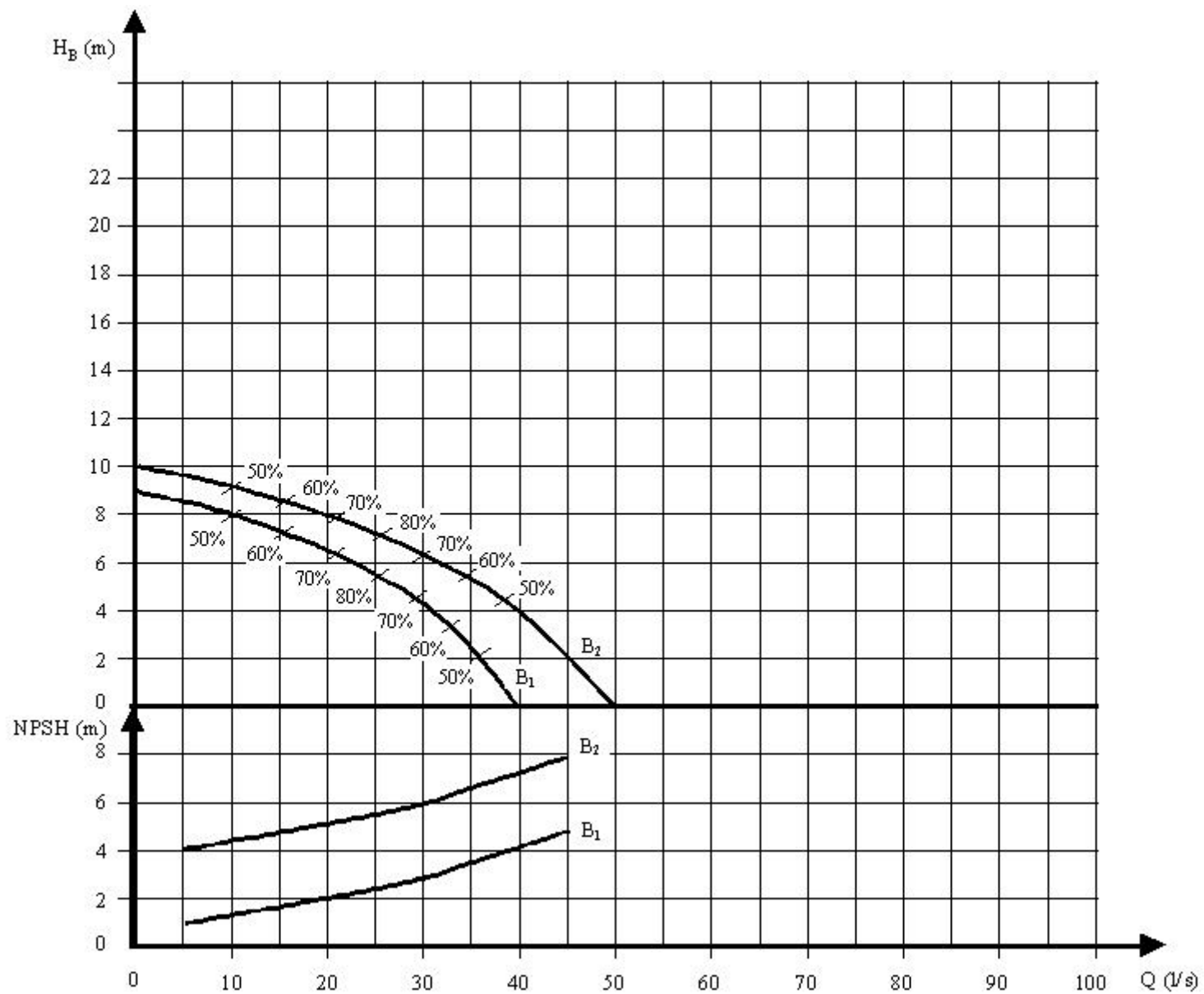
Décima segunda aula

06/05/2008

Resolução da 14^a atividade

Para as bombas hidráulicas cujas CCB são fornecidas no próximo slide, pede-se determinar o ponto de trabalho, quando as mesmas são associadas em série e quando para esta situação se tem a CCI originando as características a seguir.

Q(l/s)	H _{SA} (m)
0	8
15	10
30	14
40	18
50	22



Inicia-se a solução obtendo-se a CCB da associação em série, para isto deve-se manter a vazão e somar as cargas manométricas. Exemplo:

Q (l/s)	H _{B1} (m)	H _{B2} (m)	H _{Bas} (m)
0	9,5	10	19,5

Obtida a CCB da associação em série, traça-se a CCI, e esta ao cruzar a CCB da associação define o ponto de trabalho, onde iremos ler: a vazão (Q), a carga manométrica (H_B), o $NPSH_{\text{requerido}}$ de cada bomba

Já o rendimento da associação tem que ser calculado.

Ao se ler a vazão da associação cruza-se com a CCB da B_2 e com a CCB da B_1 é e nestes cruzamentos que se lêem as cargas manométricas e os rendimentos que serão utilizados para o cálculo do rendimento da associação.

$$\eta_{Bas} = \frac{H_{Bas}}{\frac{H_{B_1}}{\eta_{B_1}} + \frac{H_{B_2}}{\eta_{B_2}}}$$

No próximo slide mostra-se a determinação do ponto de trabalho desta atividade.

GABARITO
 (aceito até ± 5%)

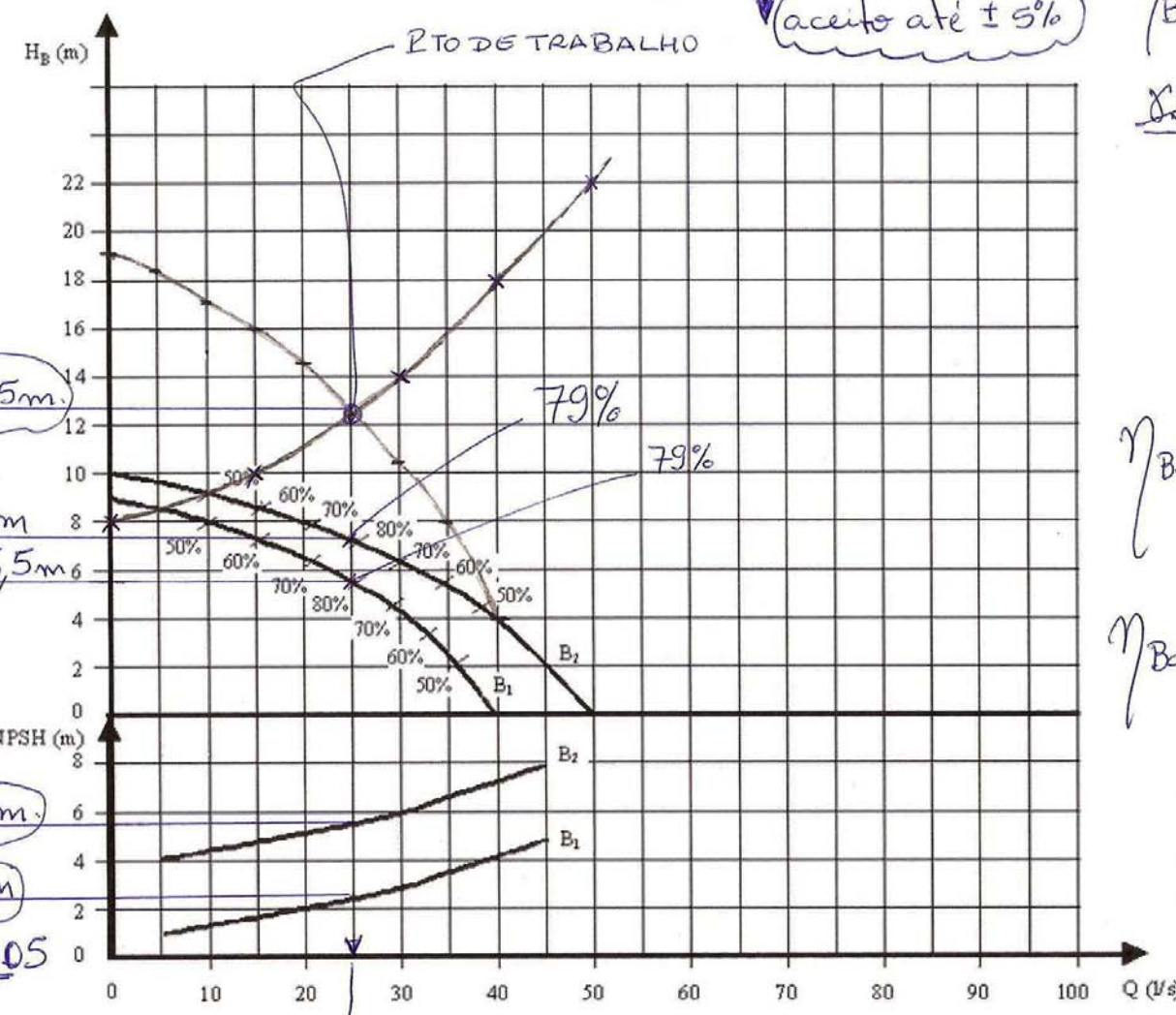
$$\eta_{Bas} = ?$$

$$\frac{\sum Q_i H_{Bas}}{\eta_{Bas}} = \frac{\sum Q_i H_{B1}}{\eta_{B1}} + \frac{\sum Q_i H_{B2}}{\eta_{B2}}$$

$$\eta_{Bas} = \frac{H_{Bas}}{\frac{H_{B1}}{\eta_{B1}} + \frac{H_{B2}}{\eta_{B2}}}$$

$$\eta_{Bas} = \frac{12,75}{\frac{5,5}{0,79} + \frac{7,25}{0,79}}$$

$\eta_{Bas} = 0,79$ ou 79%
 ↓
0,2



0,1
 $H_{B2} = 12,75$ m

$0,8 - 2$
 $0,3 - x$
 $x = 0,75$

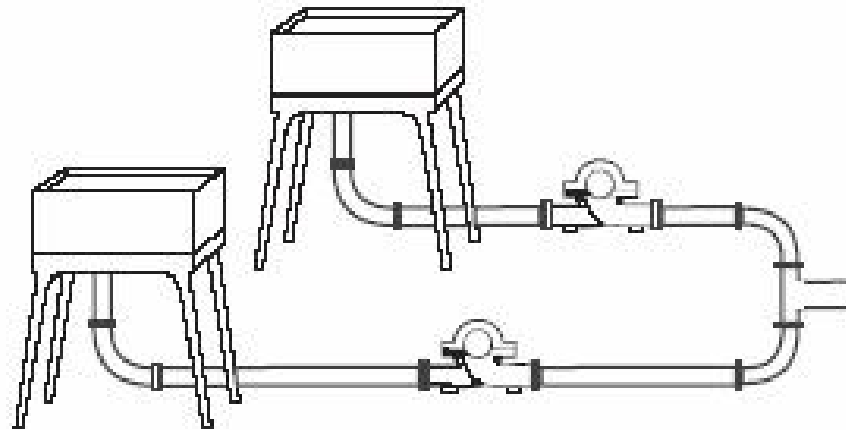
0,05
 $NPSH_{req} = 5,5$ m
 $NPSH_{req} = 2,5$ m

$0,8 - 2$
 $0,2 - x$
 $x = 0,5$

$Q_G = 25$ l/s → 0,1

Nova reflexão

Associação paralelo de bombas

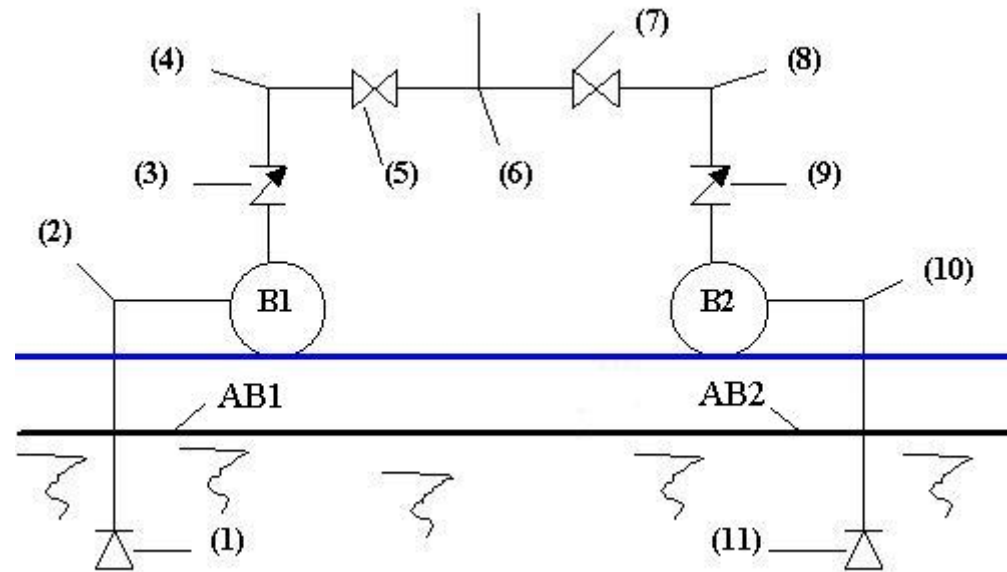


Quando se deve pensar em associar bombas hidráulicas em paralelo?

As razões que nos levam a usar a associação de bombas são várias e de natureza diversas, por exemplo: não existe uma bomba centrífuga que possa sozinha atender a vazão requerida; há variação da vazão com o decorrer do tempo, há casos em que ocorre variação no consumo (abastecimento de água) ou da vazão afluyente (sistema de esgoto) no mesmo período (dia).

As razões de associação de bombas são, portanto de natureza técnico-comercial.

Uma das possibilidades de se viabilizar a associação em paralelo de bombas



No funcionamento somente da bomba B1, a bomba B2 deve ser considerada como uma bomba reserva.

Visualizando a associação em
paralelo no laboratório de
mecânica dos fluidos

Centro Universitário da FEI
sala IS01

A foto ao lado mostra o caminho percorrido pela água na associação em paralelo das bombas da bancada 7 (B7) e da bancada 8 (B8).

Para viabilizar o escoamento mencionado, necessita-se:

- 1º - manter a válvula esfera 1 aberta;
- 2º - manter a válvula globo 2 fechada;
- 3º - manter a válvula gaveta 3 fechada;
- 4º - manter a válvula gaveta 4 aberta;
- 5º - manter a válvula globo 5 fechada;
- 6º - manter a válvula esfera 6 aberta;
- 7º - manter a válvula globo 7 fechada;
- 8º - manter a válvula esfera 8 fechada;
- 9º - manter as válvulas esfera 9, 10 e 11 fechadas;
- 10º - manter a válvula esfera 12 fechada;
- 11º - controlar a vazão pela válvula globo 13.

Importante:

Na foto ao lado ainda se tinha a mesma bomba (INAPI) nas duas bancadas.



BANCADAS ATUAIS COM BOMBAS NOVAS

A foto ao lado mostra o caminho percorrido pela água na associação em paralelo das bombas da bancada 7 (B7) e da bancada 8 (B8).

Para viabilizar o escoamento mencionado, necessita-se:

- 1º - manter a válvula esfera 1 aberta;
- 2º - manter a válvula globo 2 fechada;
- 3º - manter a válvula gaveta 3 fechada;
- 4º - manter a válvula gaveta 4 aberta;
- 5º - manter a válvula globo 5 fechada;
- 6º - manter a válvula esfera 6 aberta;
- 7º - manter a válvula globo 7 fechada;
- 8º - manter a válvula esfera 8 fechada;
- 9º - manter as válvulas esfera 9, 10 (vide slide anterior) e 11 fechadas;
- 10º - manter a válvula esfera 12 fechada (vide slide anterior);
- 11º - controlar a vazão pela válvula globo 13 (vide slide anterior).







Outra maneira de se determinar a vazão

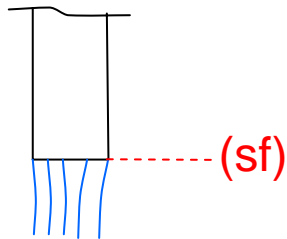
Determinação da vazão (Q)

$$Q = \frac{A_{\text{tanque}} \times \Delta h}{t}$$

$A_{\text{tanque}} = 0,546 \text{ m}^2 \rightarrow$ área da seção transversal do tanque

$\Delta h \rightarrow$ variação do nível da água no tanque em um tempo t

Enxergando a seção final



Obtenção da CCI

Para tal efetua-se um balanço de potências, isto porque existe mais do que uma vazão no escoamento.

Para o balanço de potências considera-se as seções (AB1), (AB2) e (sf):

$$\gamma Q_{B7} H_{AB1} + \gamma Q_{B8} H_{AB2} + \gamma Q_{B7} H_{SB7} + \gamma Q_{B8} H_{SB8} = \gamma(Q_{B7} + Q_{B8}) H_{sf} + \gamma Q_{B7} H_{p1-B1} + \gamma Q_{B7} H_{pB1-X} + \gamma Q_{B8} H_{p11-B2} + \gamma Q_{B8} H_{pB2-X} + \gamma(Q_{B7} + Q_{B8}) H_{pX-sf} \rightarrow (I)$$

Como as bombas são iguais, tem - se que :

$$\gamma Q_{B7} H_{SB7} + \gamma Q_{B8} H_{SB8} = \gamma Q_{ap} H_{Sap}$$

$$Q_{B7} = Q_{B8} = \frac{Q_{ap}}{2}$$

Considerando o escoamento em regime permanente e adotando - se o PHR nele :

$$H_{AB1} = H_{AB2} = 0$$

$$\therefore \gamma Q_{ap} H_{Sap} = \gamma Q_{ap} H_{sf} + \gamma \frac{Q_{ap}}{2} H_{p1-B1} + \gamma \frac{Q_{ap}}{2} H_{pB1-X} + \gamma \frac{Q_{ap}}{2} H_{p11-B2} + \gamma \frac{Q_{ap}}{2} H_{pB2-X} + \gamma Q_{ap} H_{pX-sf}$$

$$H_{Sap} = H_{sf} + \frac{1}{2} H_{p1-B1} + \frac{1}{2} H_{pB1-X} + \frac{1}{2} H_{p11-B2} + \frac{1}{2} H_{pB2-X} + H_{pX-sf}$$

Importante :

H_{p1-B1} ; H_{pB1-X} ; H_{p11-B2} e H_{pB2-X} são obtidas com $\frac{Q_{ap}}{2}$

H_{pX-sf} é obtida com Q_{ap}

No caso prático existe uma pequena diferença entre as vazões da B7 e B8

$$Q_{B7} \neq Q_{B8}$$

$$H_{Sap} = H_{sf} + \frac{Q_{B7}}{Q_{ap}} H_{p1-B1} + \frac{Q_{B7}}{Q_{ap}} H_{pB1-X} + \frac{Q_{B8}}{Q_{ap}} H_{p11-B2} + \frac{Q_{B8}}{Q_{ap}} H_{pB2-X} + H_{pX-sf}$$

Importante :

H_{p1-B1} e H_{pB1-X} são calculadas com Q_{B7}

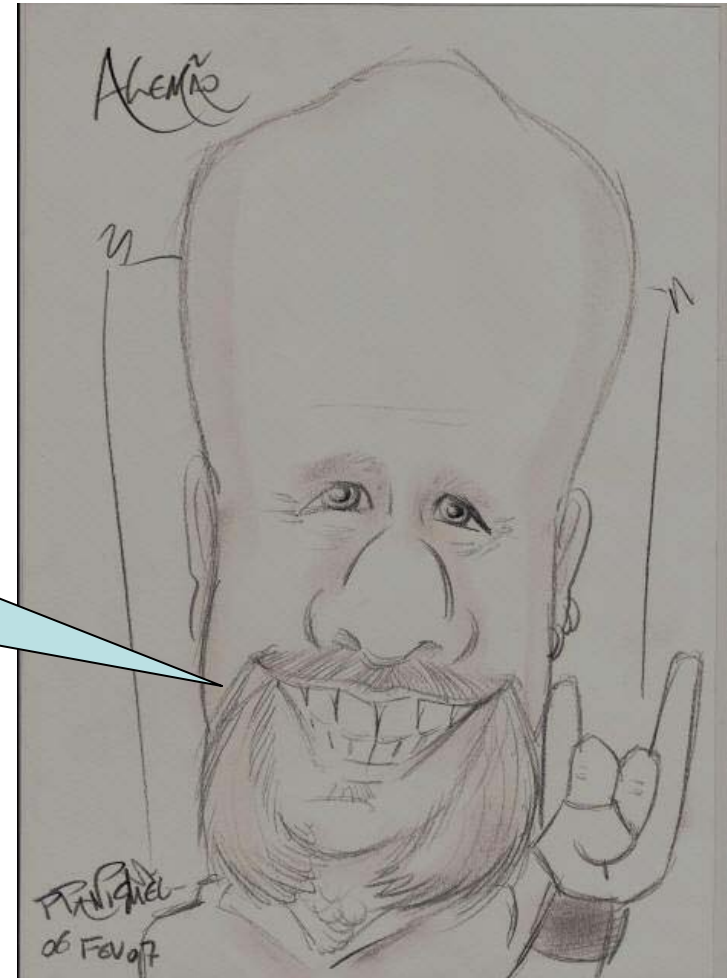
H_{p11-B2} e H_{pB2-X} são calculadas com Q_{B8}

H_{pX-sf} é calculada com Q_{ap}

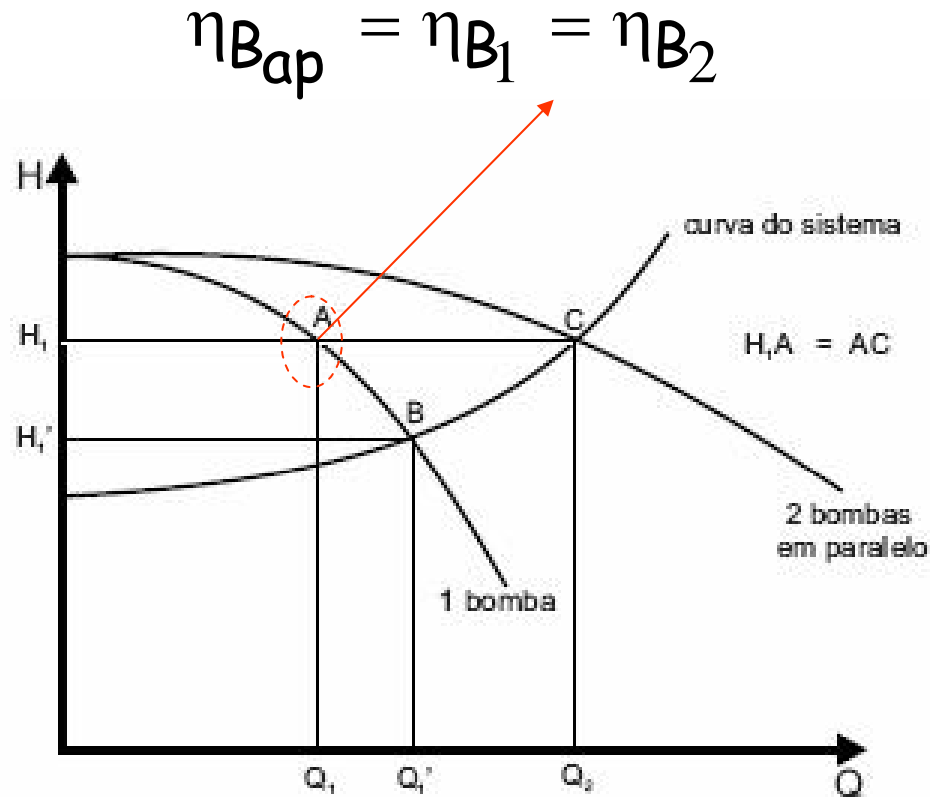
Após a obtenção da equação da CCI, para se especificar o ponto de trabalho, é preciso se obter a CCB da associação em paralelo e para tal tem-se que:

$$H_{B_{ap}} = H_{B_1} = H_{B_2}$$

$$Q_{ap} = Q_1 + Q_2$$



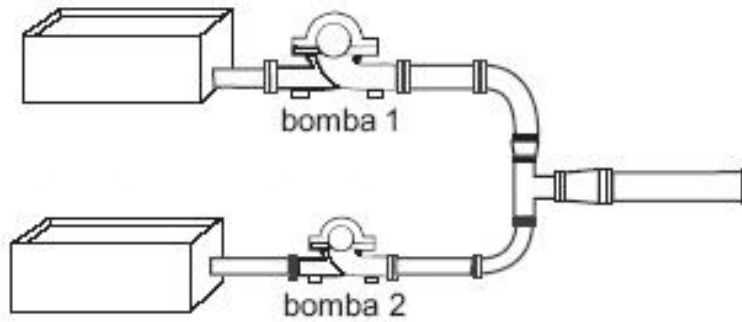
Na associação de bombas hidráulicas iguais, tem-se a curva característica da associação obtida como mencionado no slide anterior e como mostrado a seguir:



No caso das bombas serem diferentes, para se obter a CCB da associação aplica-se novamente:

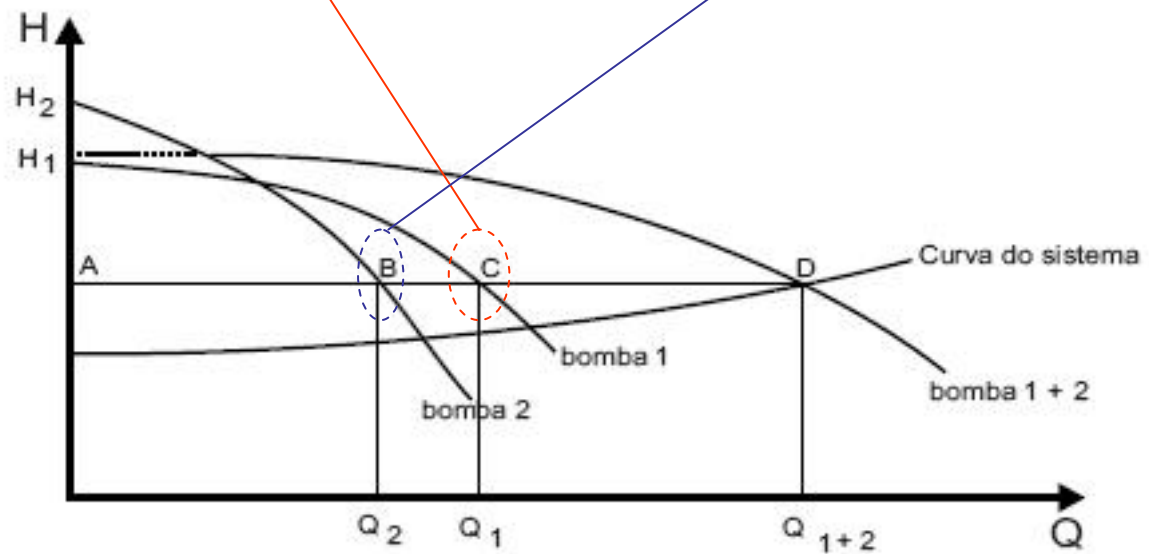
$$H_{B_{ap}} = H_{B_1} = H_{B_2}$$

$$Q_{ap} = Q_1 + Q_2$$



$$\eta_{B_{ap}} = \frac{Q_{ap}}{\frac{Q_1}{\eta_{B_1}} + \frac{Q_2}{\eta_{B_2}}}$$

onde η_{B_1} se lê no ponto C e η_{B_2} se lê no ponto B



17^a atividade

Considerando a associação em paralelo da B7 e B8 do laboratório, pede-se:

1. a equação da CCI em função dos "f" e da "Q";
2. conhecidas as CCBs da B7 e B8, pede-se especificar o ponto de trabalho.

Dados da B7 e B8

$Q_{\text{fabricante}}$ (m ³ /h)	$H_{\text{Bfabricante}}$ (m)
0	39,5
2	39,5
4	38,8
6	37,5
8	35,6
10	33,0
12	30,0
14	26,2
16	21,7

CCB

$$y = -0,0779x^2 + 0,1366x + 39,5$$
$$R^2 = 0,9999$$

