Bomba de Arquimedes (298 a 212 AC)
(bomba de parafuso)

Hidráulica 1 – SHS0409
HIDRÁULICA DOS CONDUTOS FORÇADOS

Sistemas Elevatórios – Curva do sistema (associação de tubulações em paralelo) e Curva de Bombas (associação de Bombas série e Paralelo)

Aplicação de Conceitos – Exercícios

(Aula 15)

CONTEÚDO AULA 15

09/06/14

Sistemas Elevatórios ou de recalque

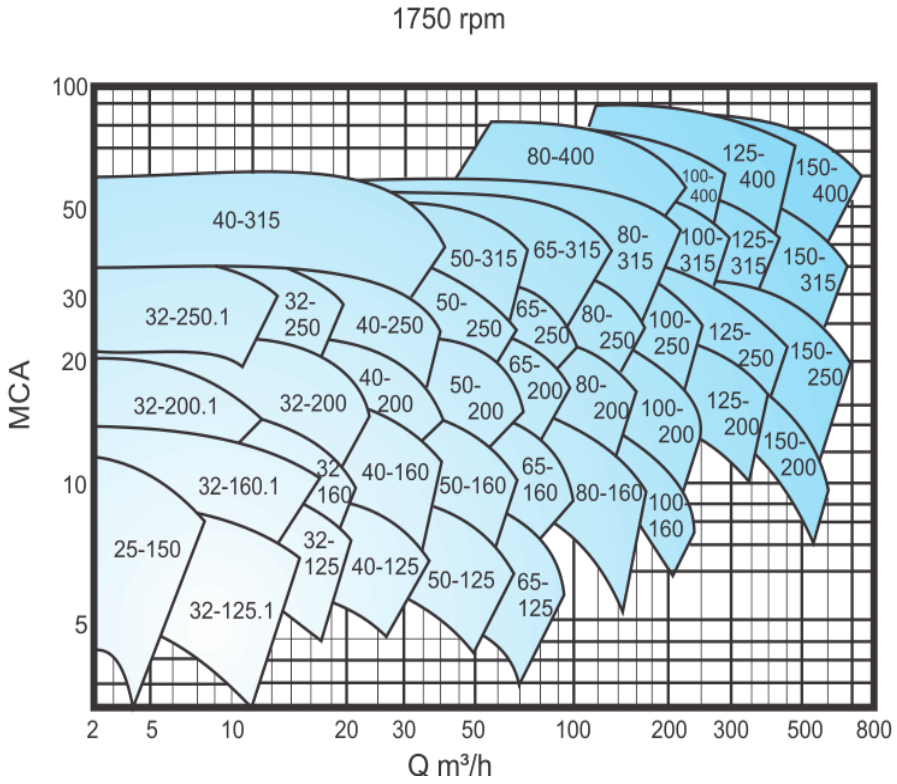
- Curva de Bombas (associação em série e paralelo) – Exemplo 5.4
- Curva da Tubulação e Sistema de Tubulações (série e paralelo) – Exemplo 5.3

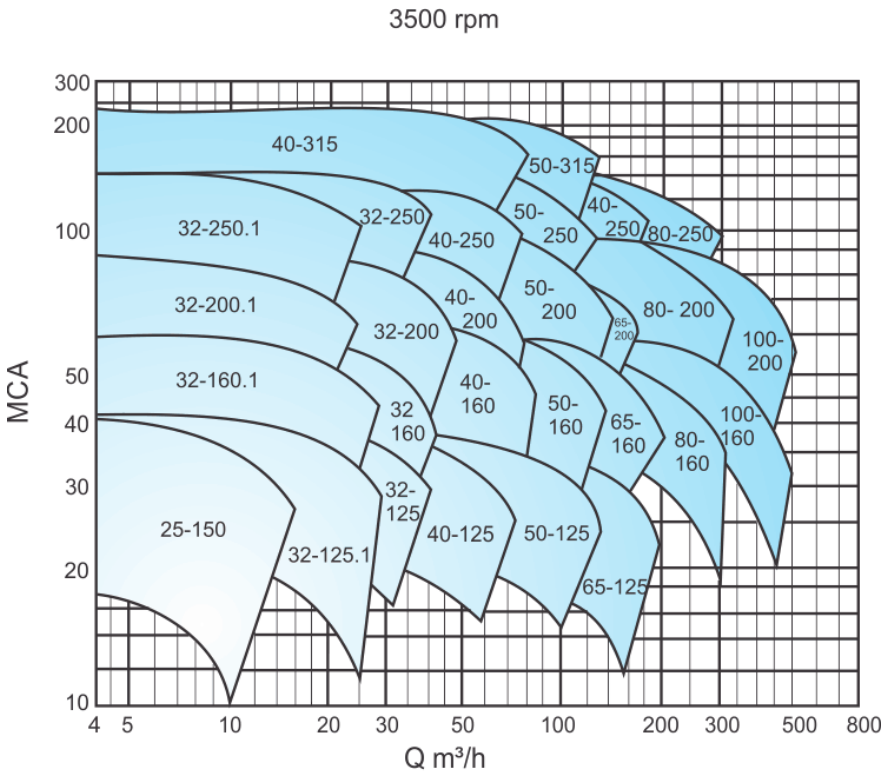
- Aplicação de conceitos:

Exercícios 5.8 (livrinho) – uma única bomba, associação em série e paralelo

Exercícios 5.29 (livrinho) – tubulação em paralelo (≠Hg) c/ bomba em série

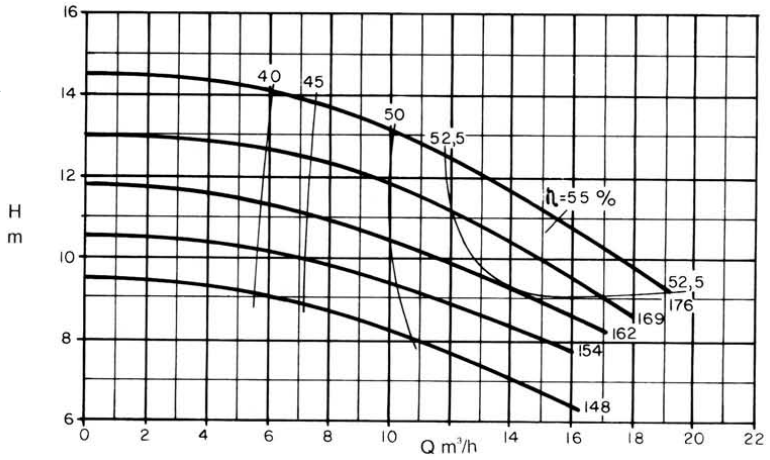
Escolha da bomba





Curva da Bomba

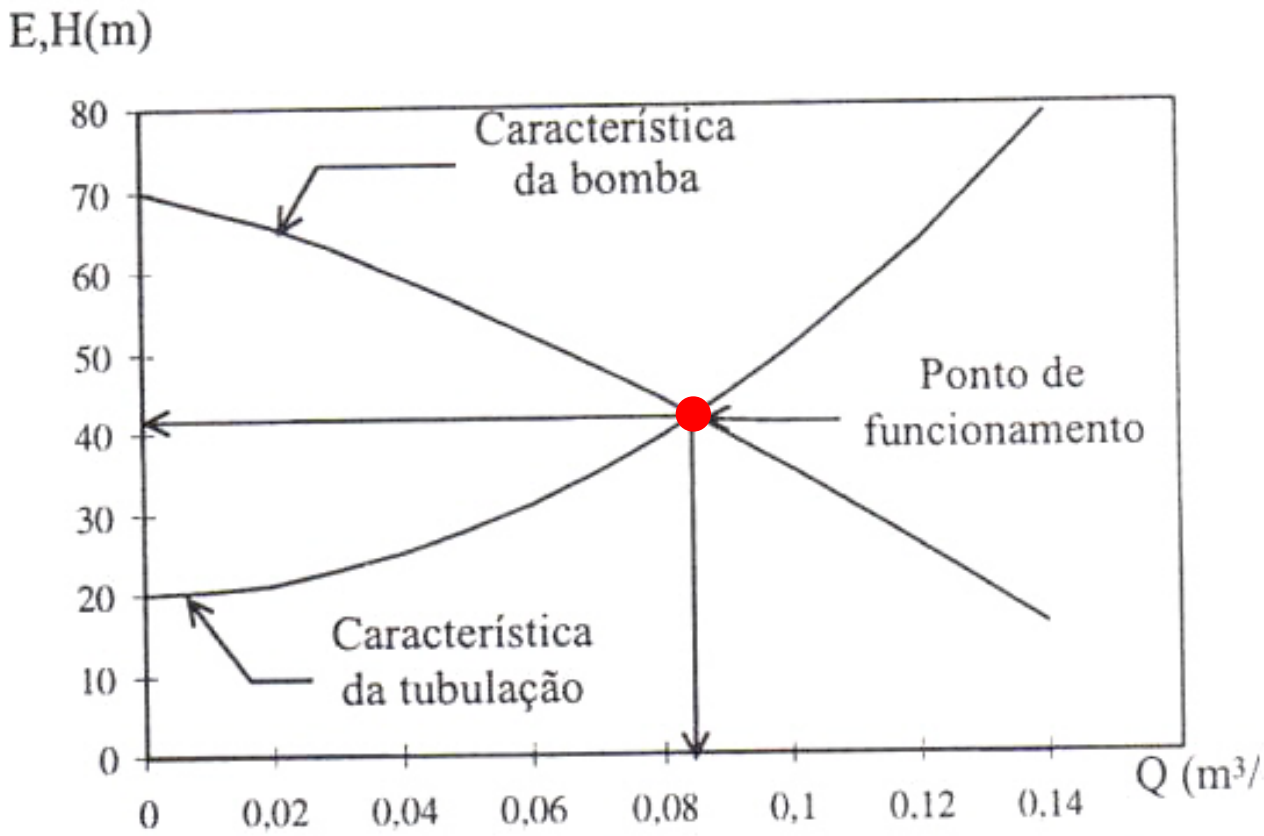
- 1 única Bomba (catálogo fabricante)
  - Hm/η x Q
  - Pot x Q
  - NPSHr x Q
- Potência do motor



Potência exigida pela bomba - Pot	folga recomendável (%)
até 2,0 cv	50
2,0 a 5,0 cv	30
5,0 a 10,0 cv	20
10,0 a 20,0 cv	15
acima de 20,0 cv	10

SISTEMAS ELEVATÓRIOS - BOMBAS

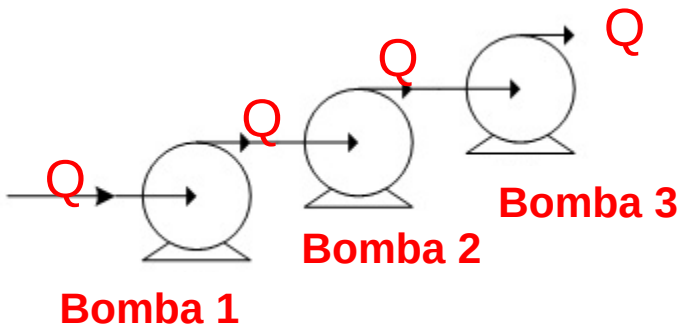
- Ponto de operação ou ponto de funcionamento:



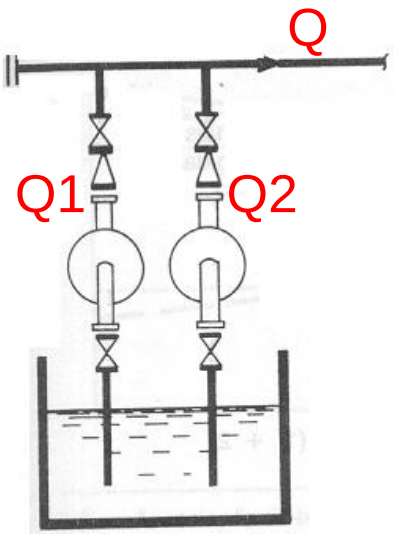
Determinação gráfica do ponto de funcionamento de uma bomba

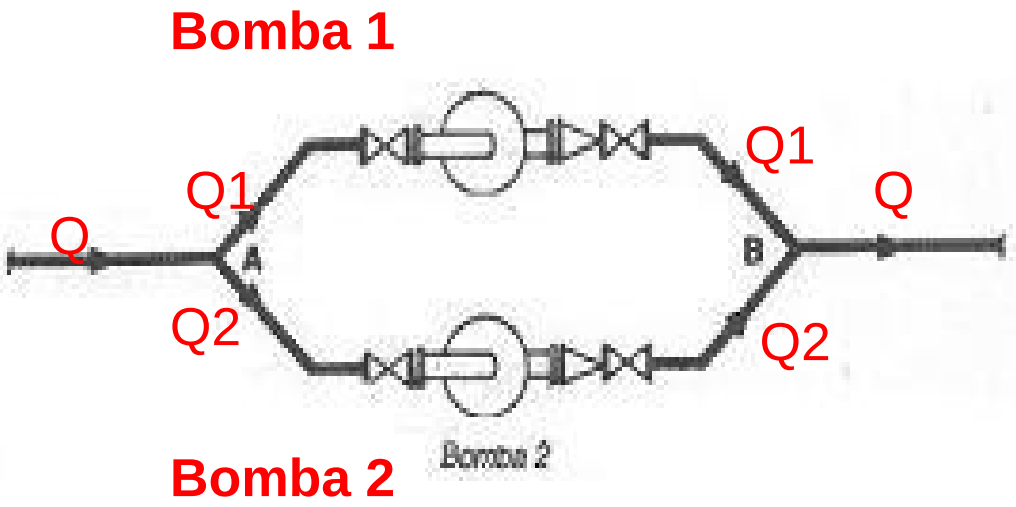
Associação de Bombas

em série



em paralelo





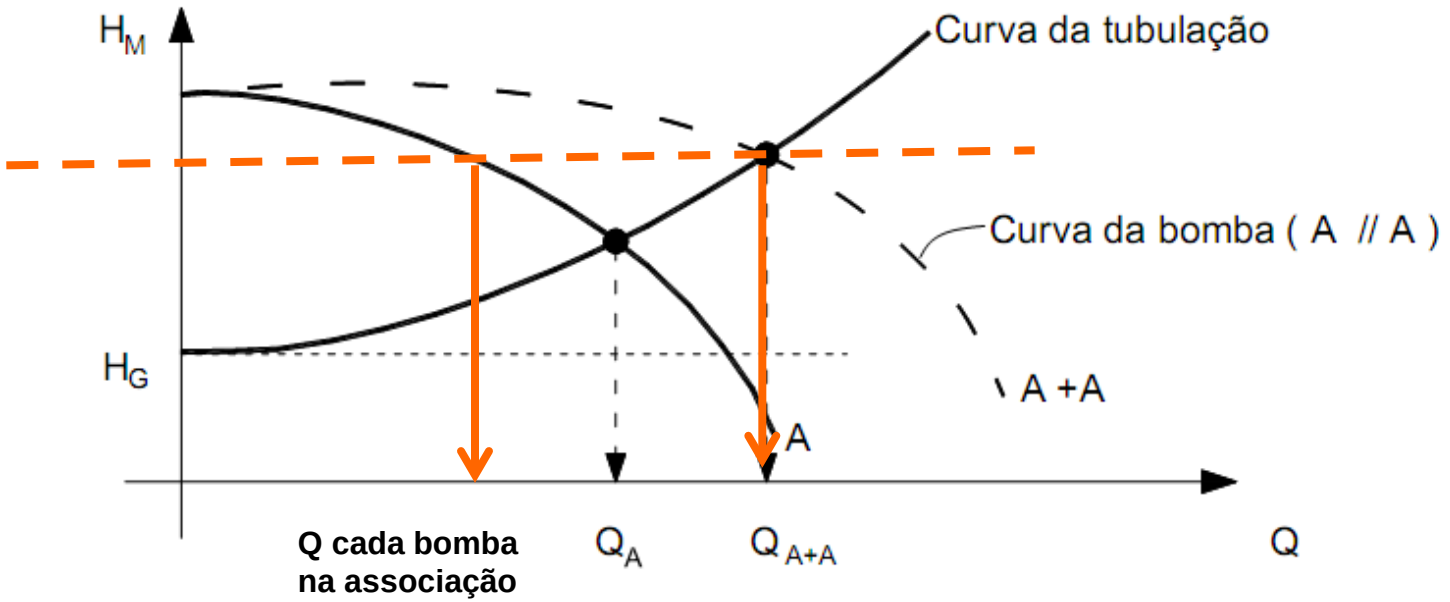
Associação de Bombas em paralelo
2 bombas iguais

A) Associação em paralelo

Ex.: duas bombas iguais

–Paralelo → quando quero aumentar a Q (vazão é muito grande)

H é a mesma e soma-se Q



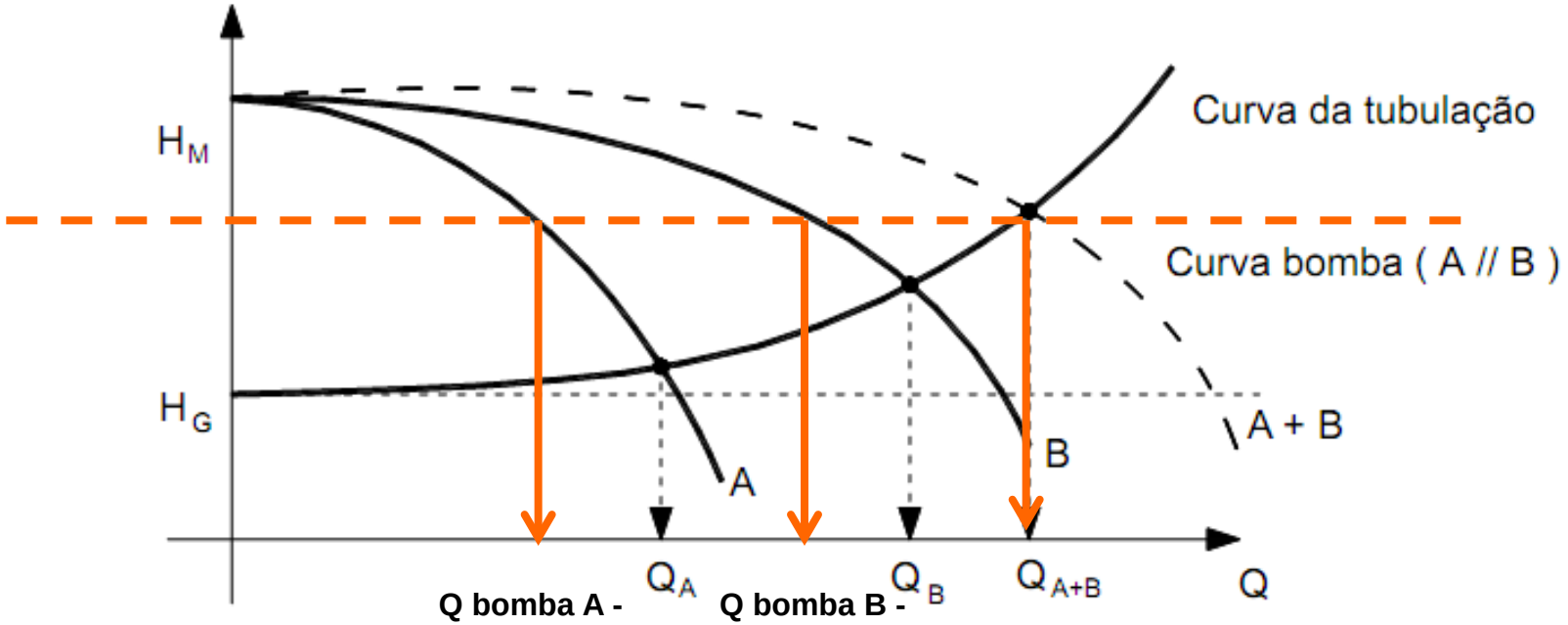
Procedimentos:

1. Plotam-se as curvas H_M x Q isoladamente
2. Para uma altura de elevação comum, somam-se as vazões

Associação de Bombas

2 bombas diferentes em paralelo

Ex.: duas bombas diferentes

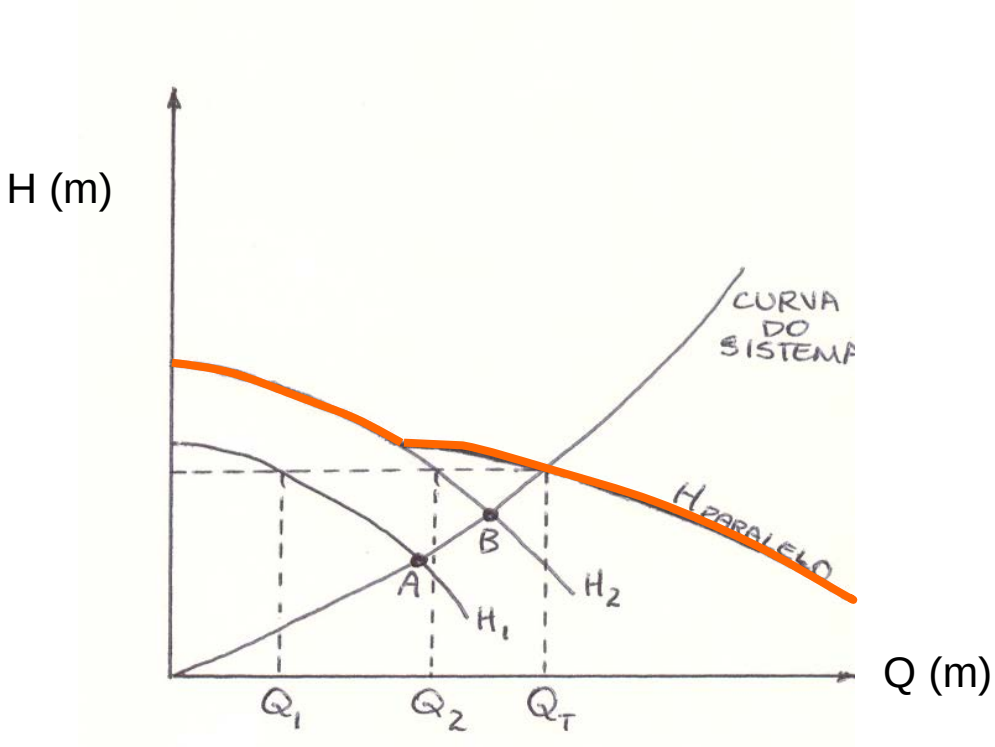


Procedimentos:

1. Plotam-se as curvas H_M x Q isoladamente
2. Para uma altura de elevação comum, somam-se as vazões

Associação de Bombas

2 bombas diferentes em paralelo



Ponto de Trabalho: (Q_T,H)

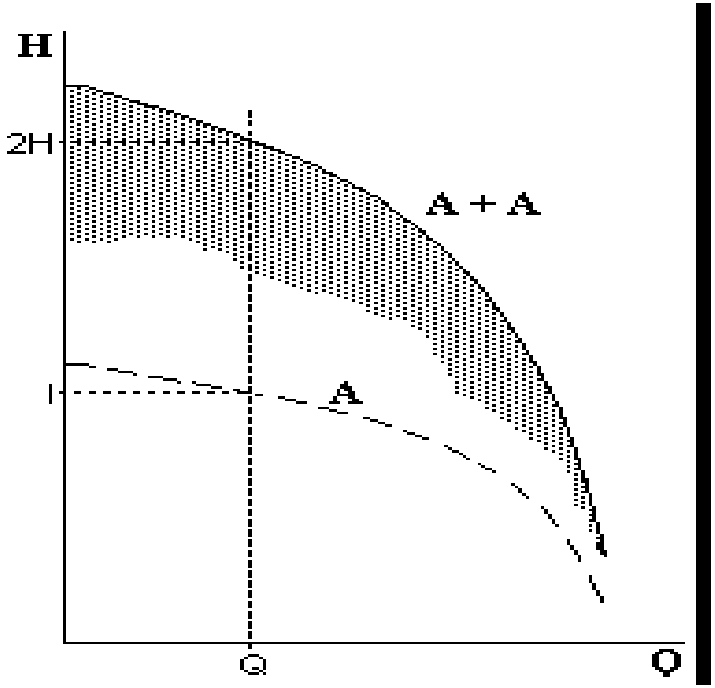
Cada bomba irá operar com:
Bomba 1 : Vazão = Q_1 e H ,
Bomba 2 : Vazão = Q_2 e H

Associação de Bombas
2 bombas iguais em série

B) Associação em série

Ex.: duas bombas iguais

–**Série** → quando quero aumentar H
(H é muito grande)
Q é a mesmo e soma-se H



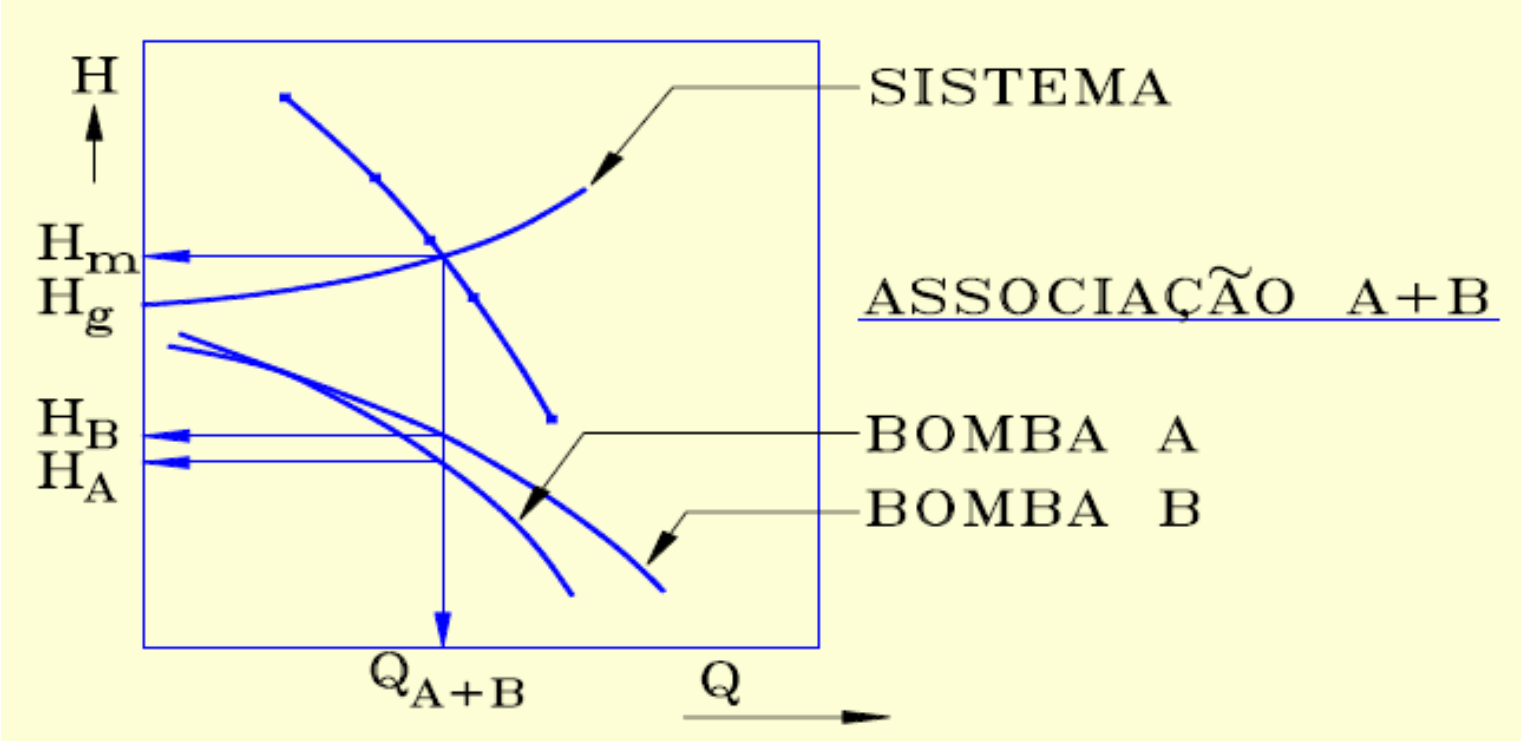
Procedimentos:

1. Plotam-se as curvas H_M x Q isoladamente
2. Para uma vazão comum, somam-se as vazões as alturas de elevação

Associação de Bombas

2 bombas diferentes em série

Ex.: duas bombas diferentes

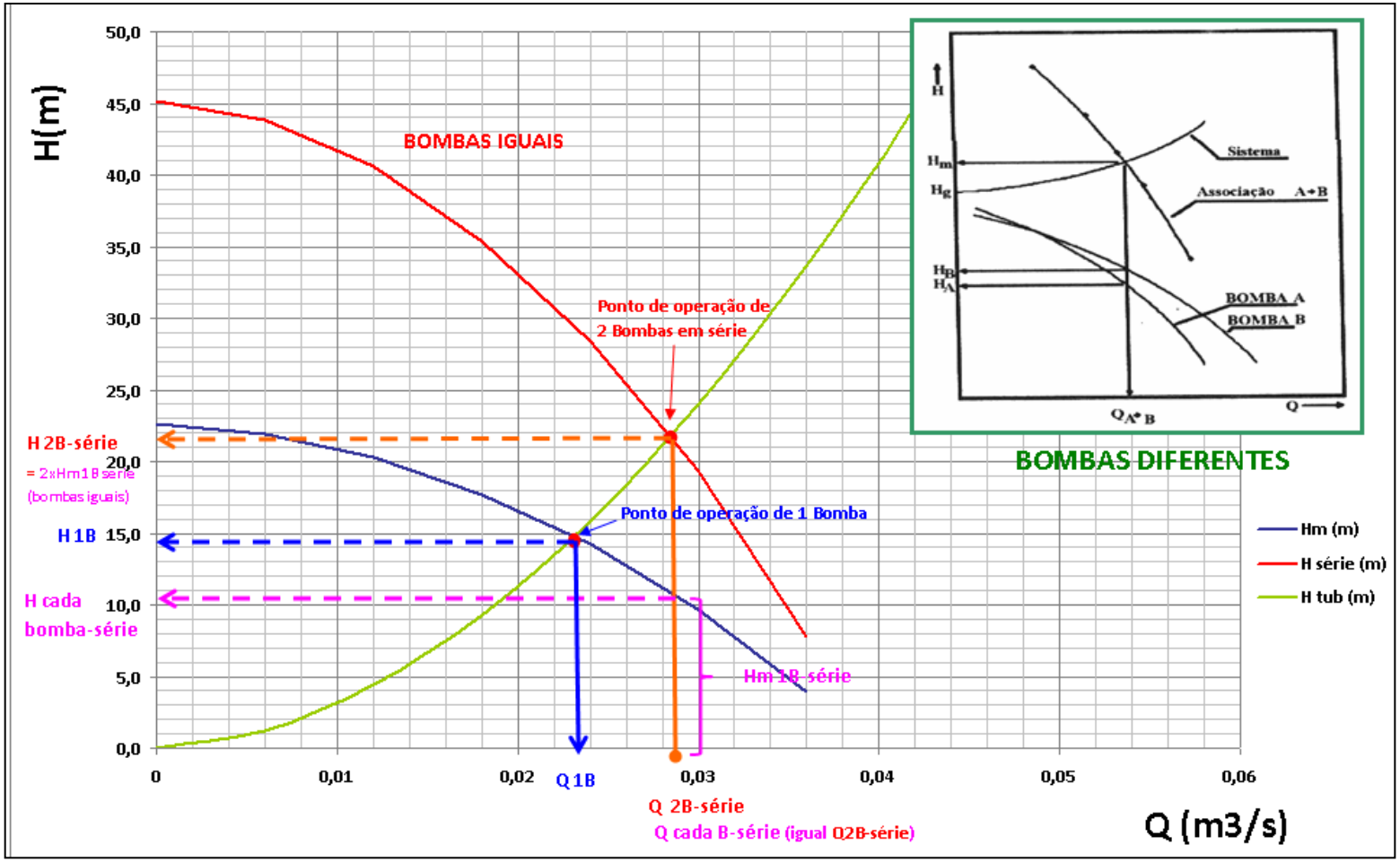


Procedimentos:

1. Plotam-se as curvas H_M x Q isoladamente
2. Para uma vazão comum, somam-se as alturas de elevação

Associação de Bombas

2 bombas em série



Curva da Tubulação (sistema)

- 1 única Tubulação (traçar curva Hm x Q)

$$H_m = H_g + \Delta H_s + \Delta H_r$$

Para uma tubulação real (ou existente):

$\Delta H = KQ^n$ → equação de resistência ao escoamento

$\Delta H \rightarrow$ perdas de carga distribuídas e localizadas na sucção e no recalque

Fórmula Universal : $\Delta H = 0{,}0827 \cdot \frac{f.L.Q^2}{D^5}$

Hazen-Williams: $\Delta H = \frac{10{,}643.L.Q^{1,85}}{C^{1,85}.D^{4,87}}$

Pela F.U : **n = 2**

Pela F. H. W : **n = 1,85**

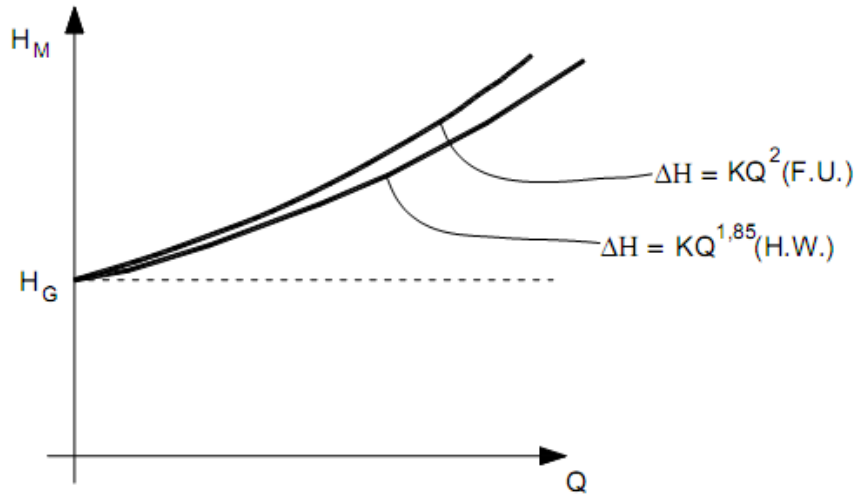
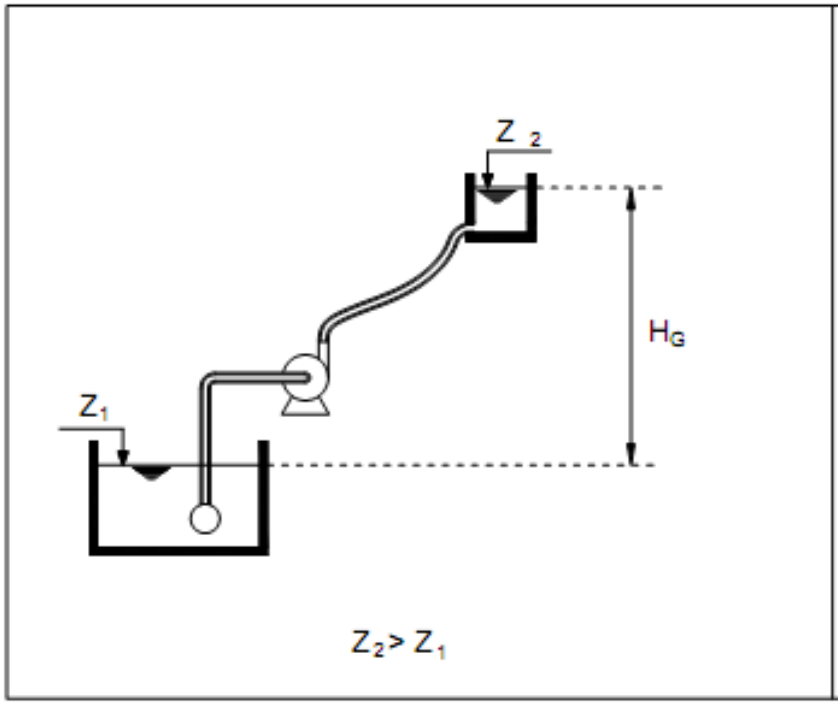


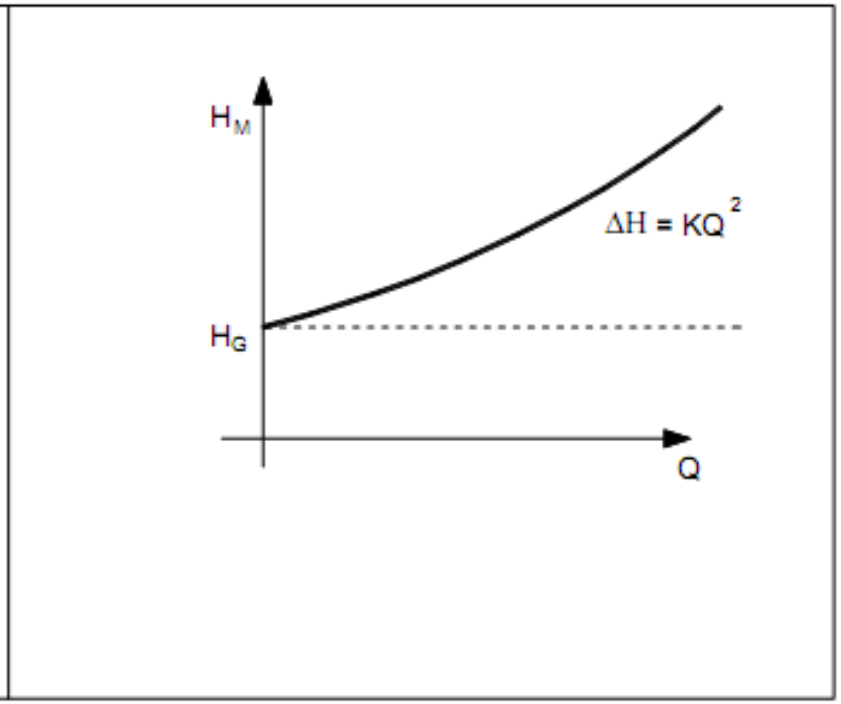
Figura: Curvas características das tubulações ou curvas do sistema (Hm x Q)

Curva da Tubulação
(curva do sistema)

- Para diferentes valores de Hg

1. Caso em que $H_G > 0$.

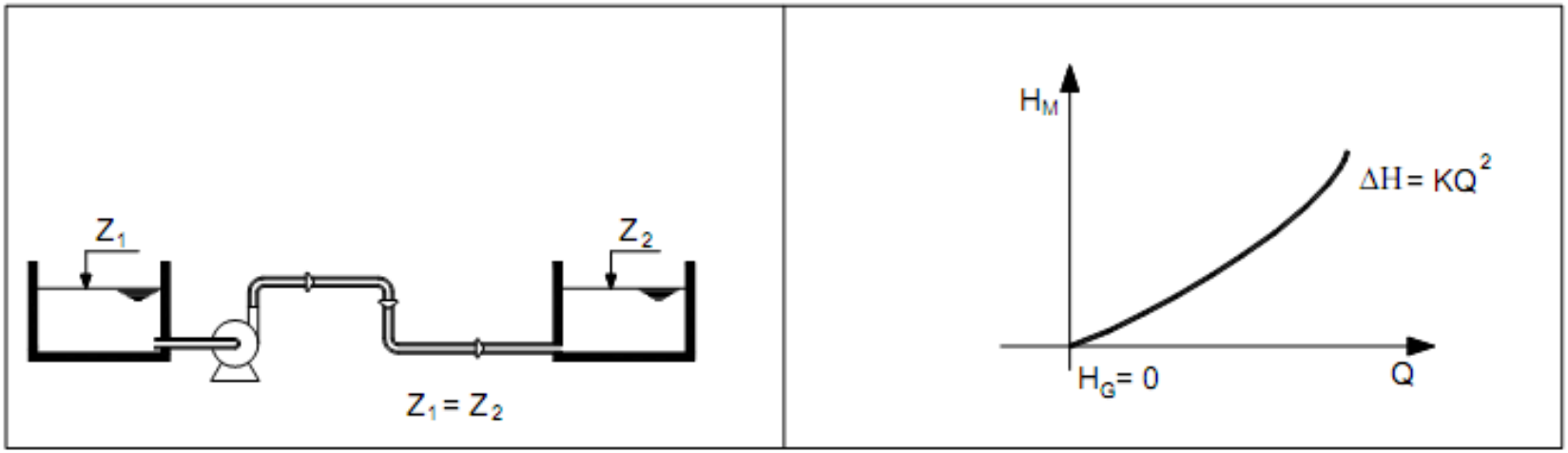




Curva da Tubulação
(curva do sistema)

- Para diferentes valores de Hg

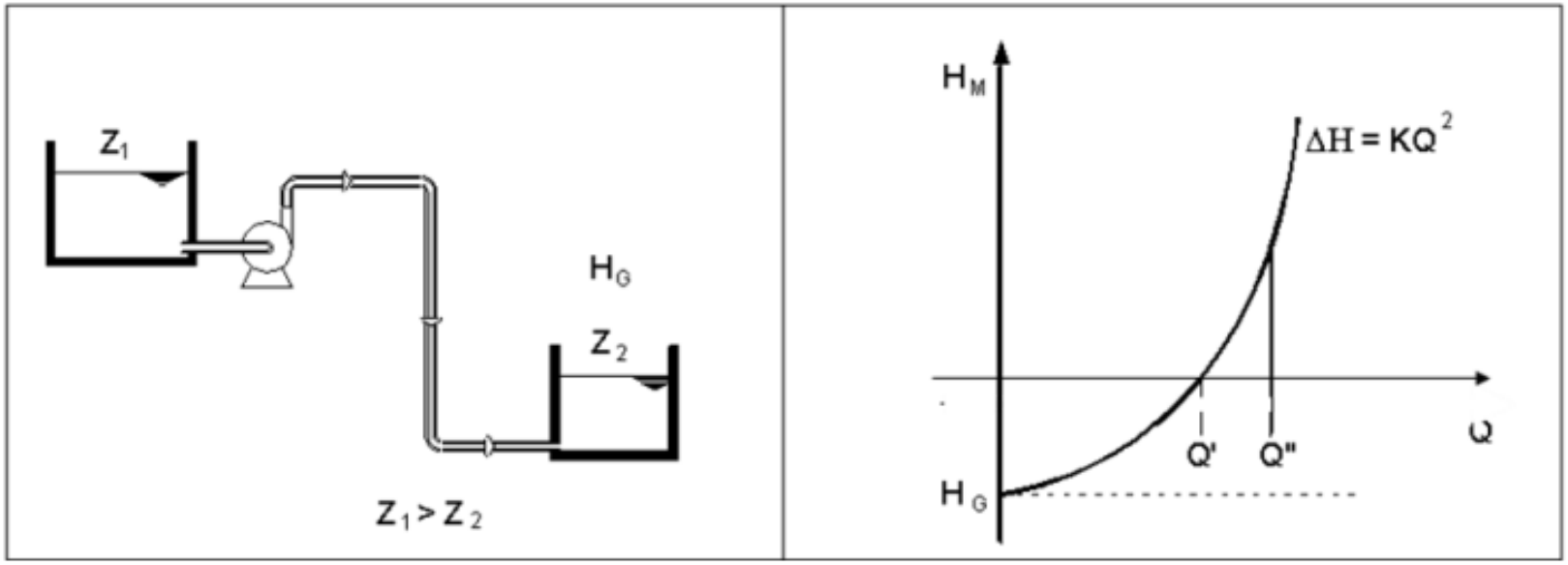
2. Caso em que $H_G = 0$



Curva da Tubulação
(curva do sistema)

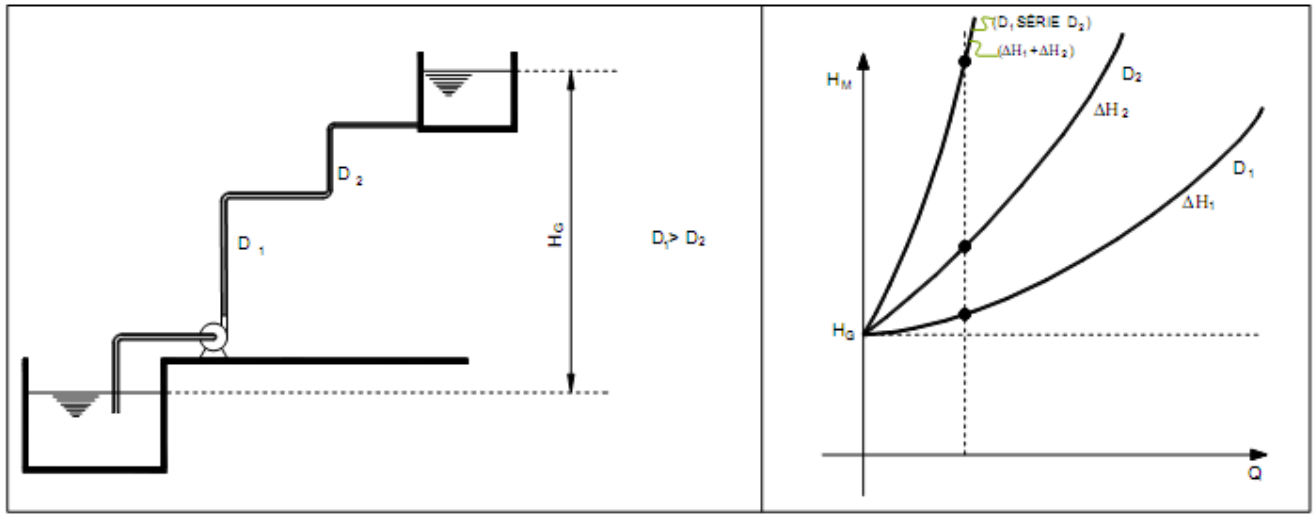
- Para diferentes valores de Hg

3. Caso em que $H_G < 0$



Associação de Curvas características de Tubulações (série e paralelo)

- Sistemas de tubulações em série e paralelo:
  - Série → mesma Q e soma-se ΔH de cada trecho:



  - Paralelo→ soma-se Q e ΔH é o mesmo → adotar procedimento gráfico: traçar as curvas E=f(Q) para cada tubulação e somar as abscissas (Q)

Associação de Curvas características de Tubulações (série)

Procedimentos para traçado das curvas características das tubulações associadas em série:

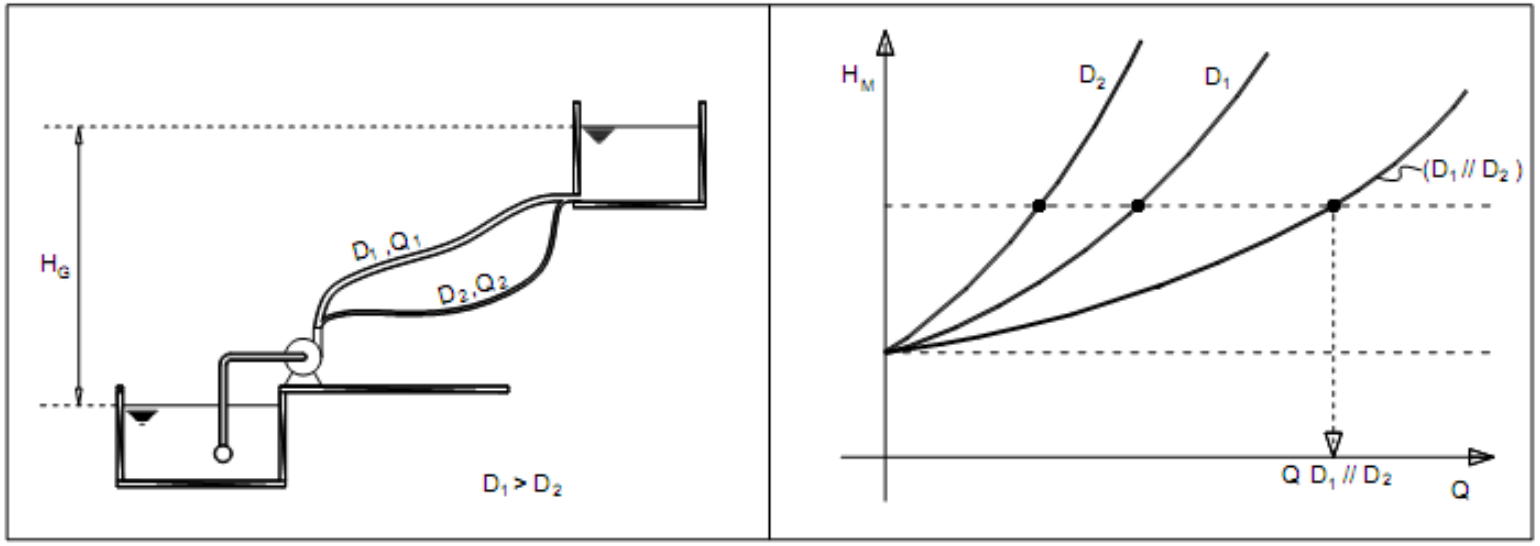
Traçam-se as curvas H_M x Q separadamente, para as tubulações 1 (D_1) e 2 (D_2).

Para cada vazão Q, somam-se a partir de H_G as respectivas perdas de carga ΔH_1 e ΔH_2.

Verifica-se que na associação em série, pelo fato das perdas de cargas se somarem para uma vazão comum, a curva associada tende a crescer mais rapidamente na direção vertical que na horizontal.

Associação de Curvas características de Tubulações (paralelo)

– Paralelo→ soma-se Q e ΔH é o mesmo → adotar procedimento gráfico: traçar as curvas E=f(Q) para cada tubulação e somar as abscissas (Q)



Associação de Curvas características de Tubulações (paralelo)

Procedimentos para traçado das curvas características das tubulações associadas em paralelo

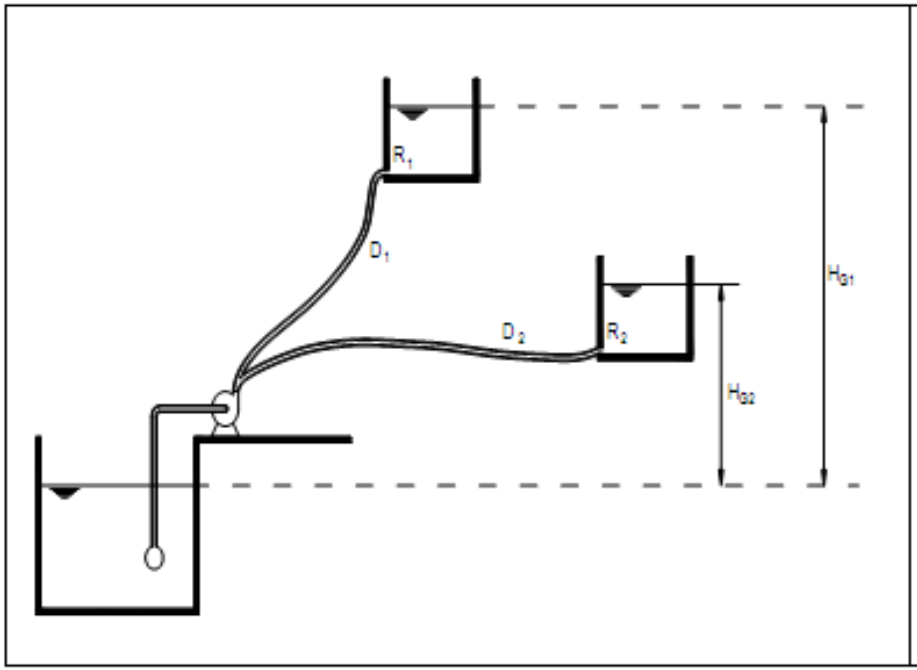
Traçam-se as curvas H_M x Q separadamente, para as tubulações 1 (D_1) e 2 (D_2).

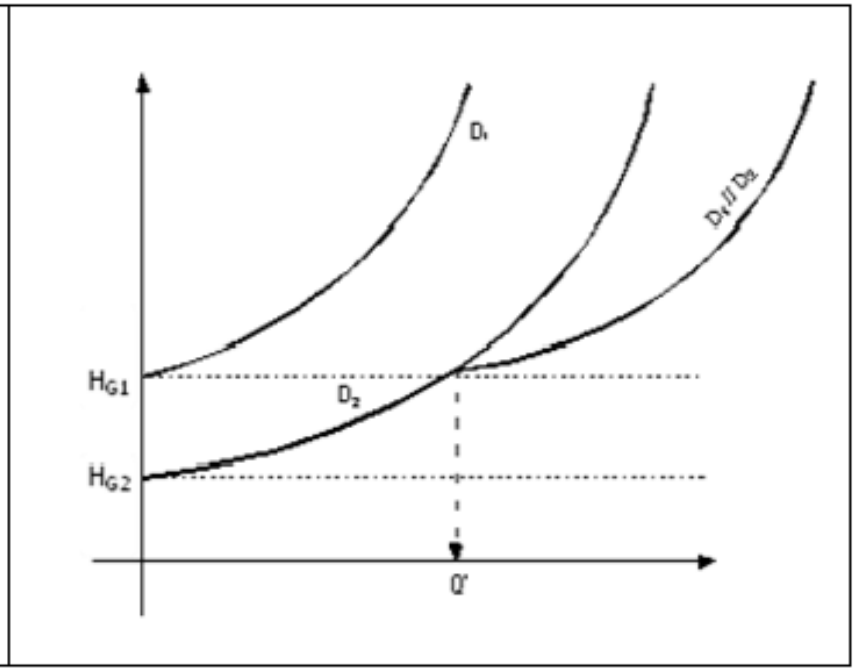
Para cada perda ΔH, somam-se, a partir da abscissa, as respectivas vazões Q_1 e Q_2.

Verifica-se que na associação em paralelo, pelo fato das vazões parciais se somarem para uma perda de carga comum, a curva associada tende a crescer mais rapidamente na direção horizontal que na vertical.

Associação de Curvas características de Tubulações (paralelo)

- Bombeamento com cotas de chegada em níveis diferentes ($Hg_1 \neq Hg_2$)





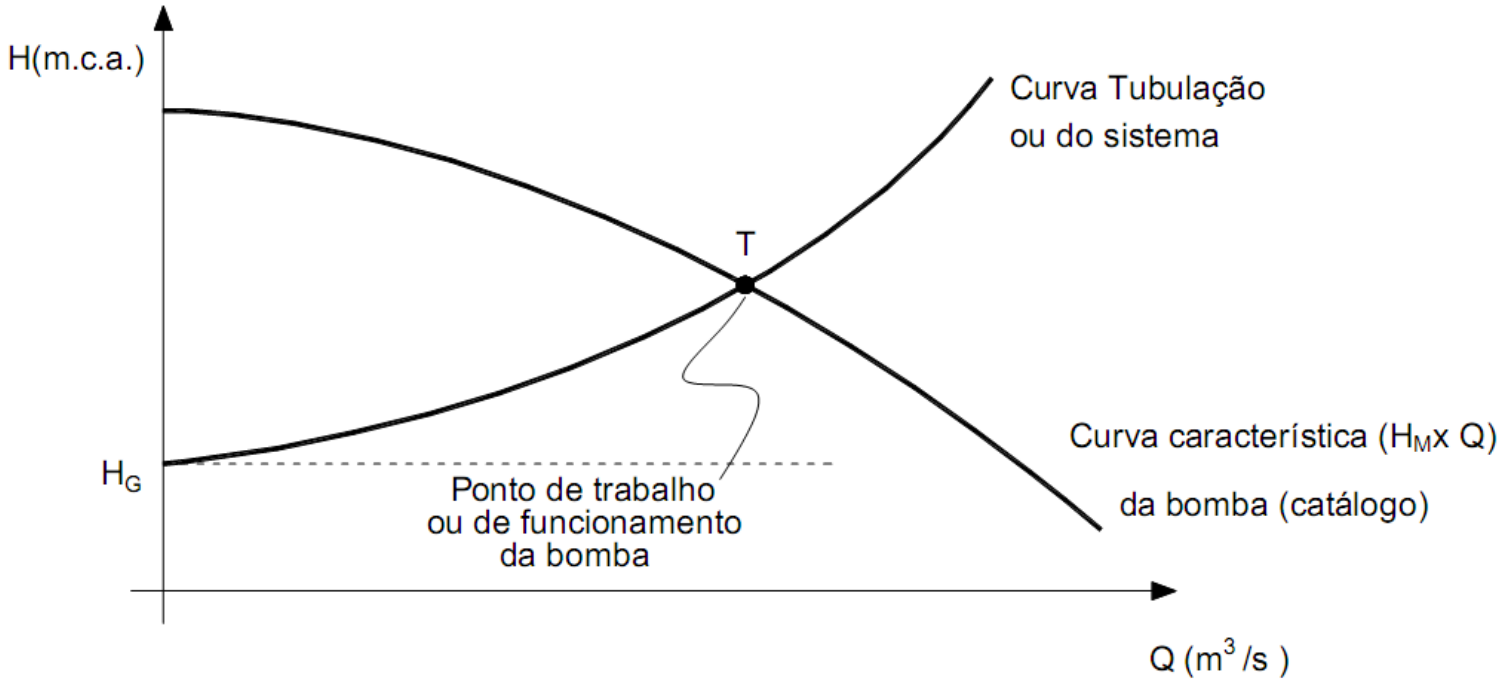
Ver exemplo: 5.3 (pág. 142)

Procedimentos para traçado das curvas características das tubulações em sistemas de bombeamento com cotas de chegada em níveis diferentes:

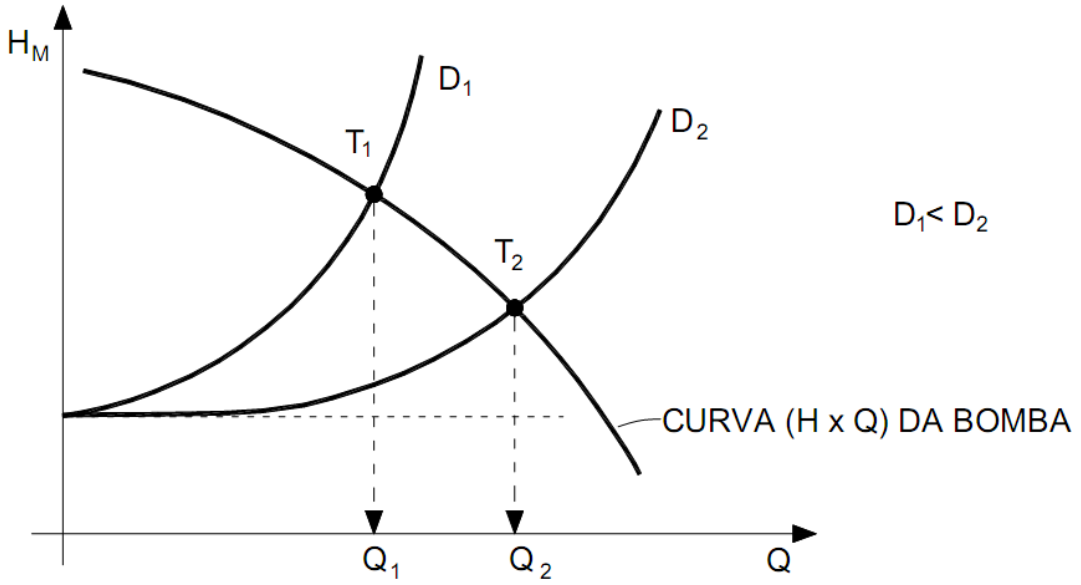
Traçam-se as curvas separadamente. Observar que, nesse caso, os desníveis geométricos H_{G1} e H_{G2}, são distintos.

Para cada perda ΔH, somam-se, a partir da abscissa, as respectivas vazões Q_1 e Q_2. Verificar que o procedimento é análogo ao caso da associação em paralelo.

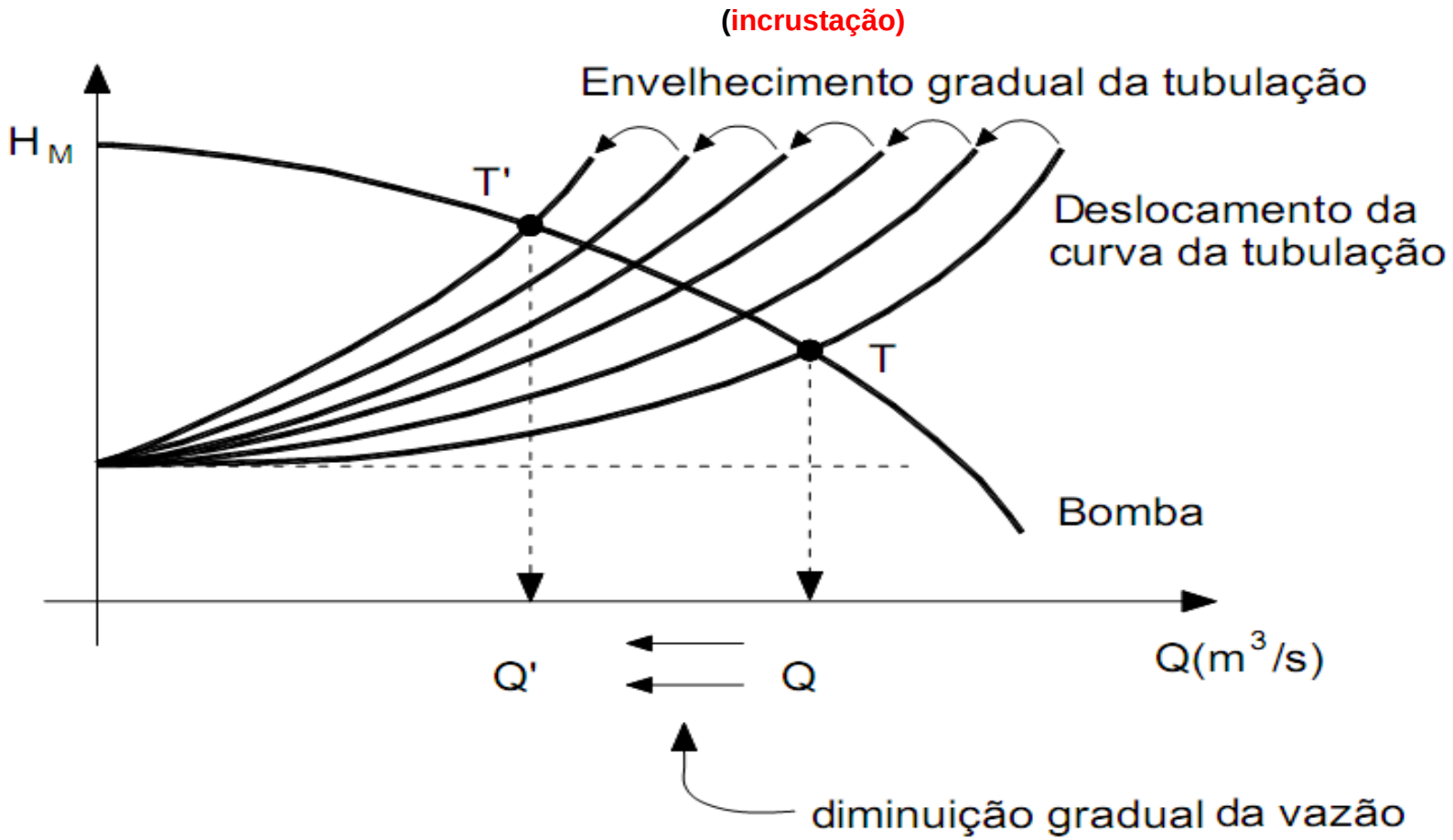
OBS.: Chama a atenção o ponto Q' destacado no gráfico. É possível observar que até a vazão Q', apenas o reservatório R_2 está sendo abastecido, pois só neste momento foi atingido o desnível geométrico H_{G1}. A partir desse ponto, ambos os reservatórios passam a ser alimentados, cada qual com a respectiva vazão.



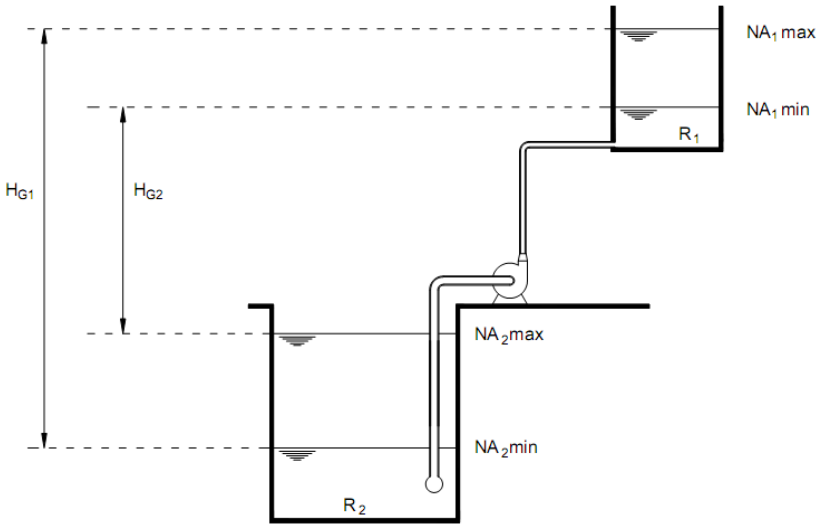
Efeito da **variação** do **Diâmetro** na curva da Tubulação

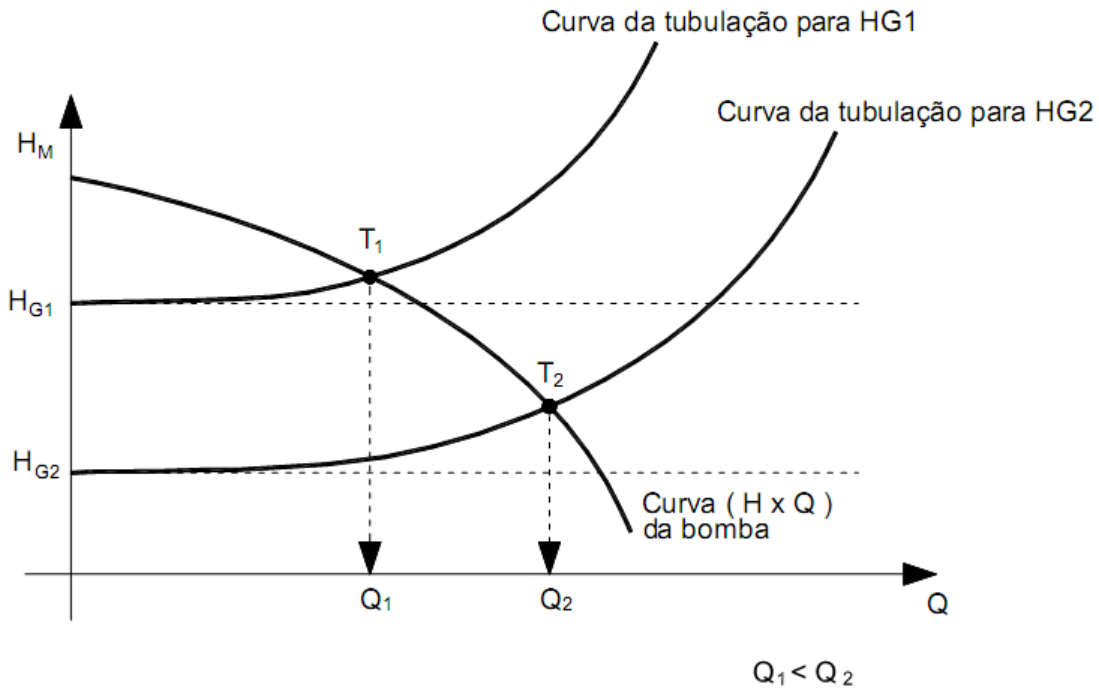


Efeito do **envelecimento** gradual **da tubulação** na curva da Tubulação



Efeito do **variaçao dos níveis dos reservatórios** na curva da Tubulação



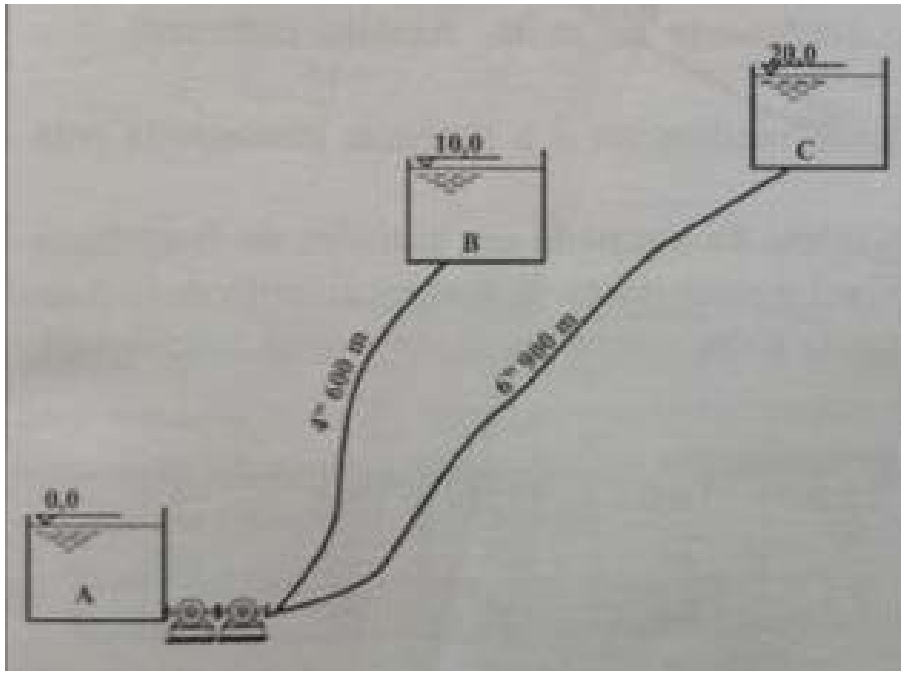


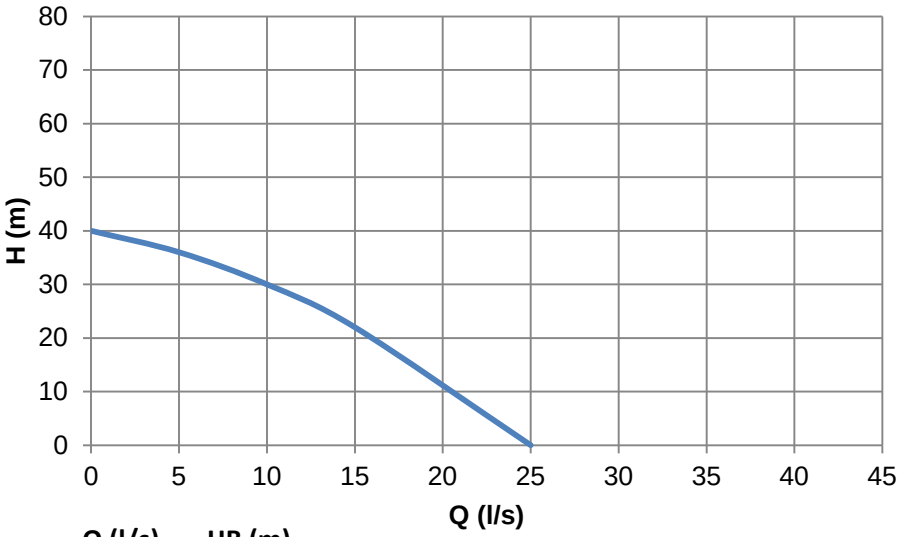
Aplicação

Exercícios 5.29 e 5.8

Ex. 5.29-livrinho

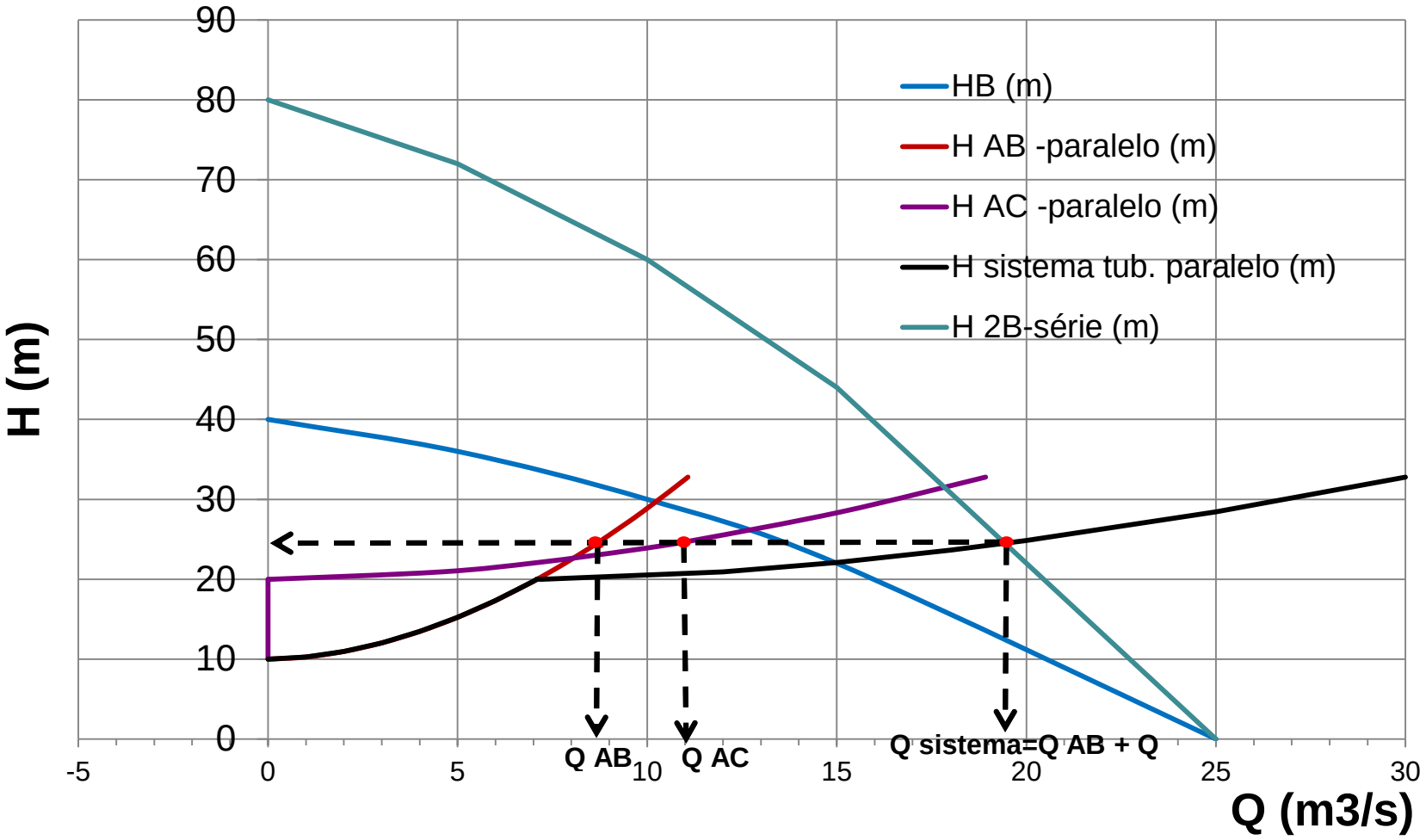
- No sistema de recalque mostrado na figura, determinar as vazões que chegam aos reservatórios e a cota piezométrica após a segunda bomba. As bombas estão em série e é fornecida a curva característica de uma bomba. Coef de rugosidade das tubulações C=100.



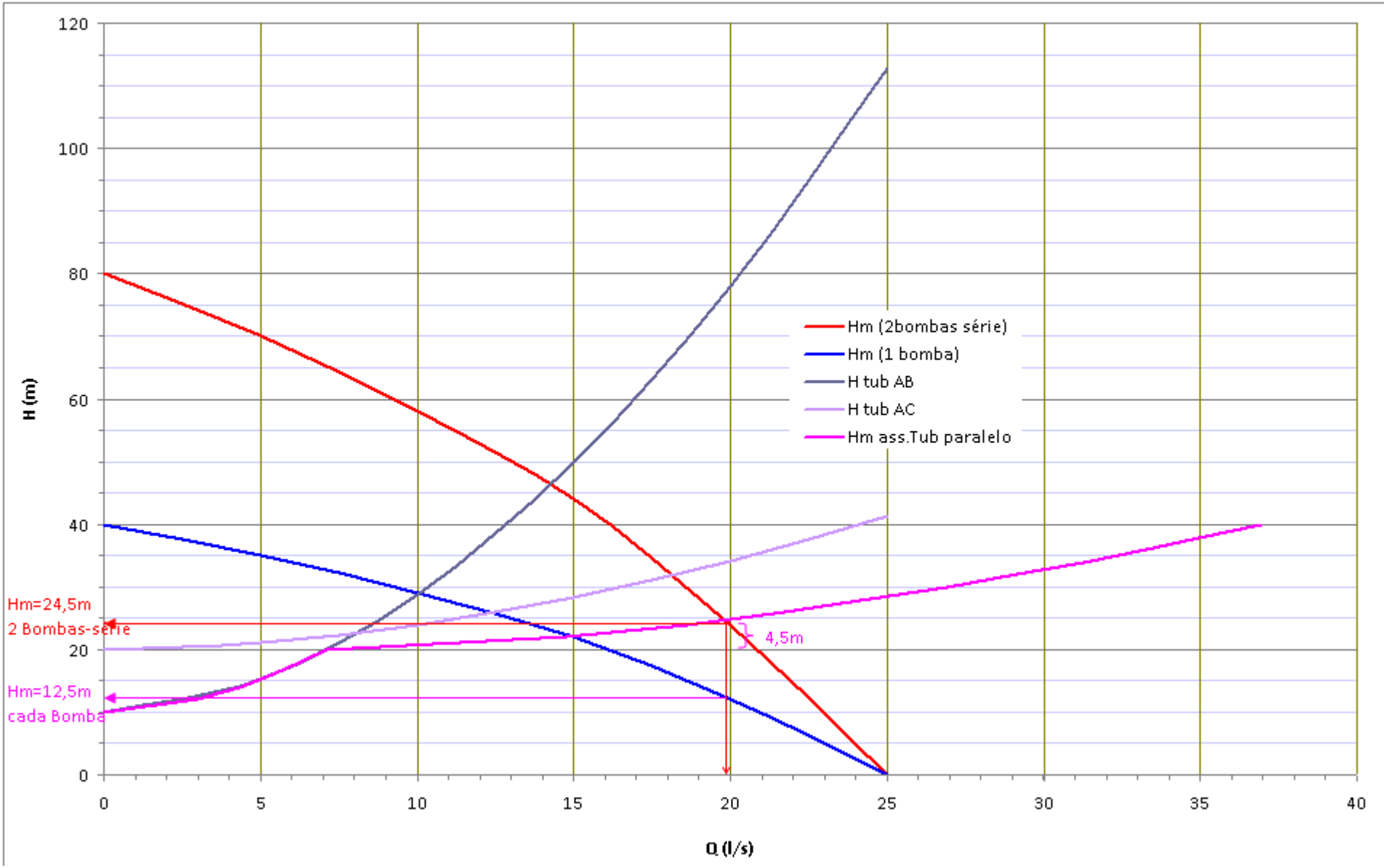


Q (l/s)	HB (m)
0	40
5	36
10	30
15	22
25	0

Ex. 5.29 - livrinho

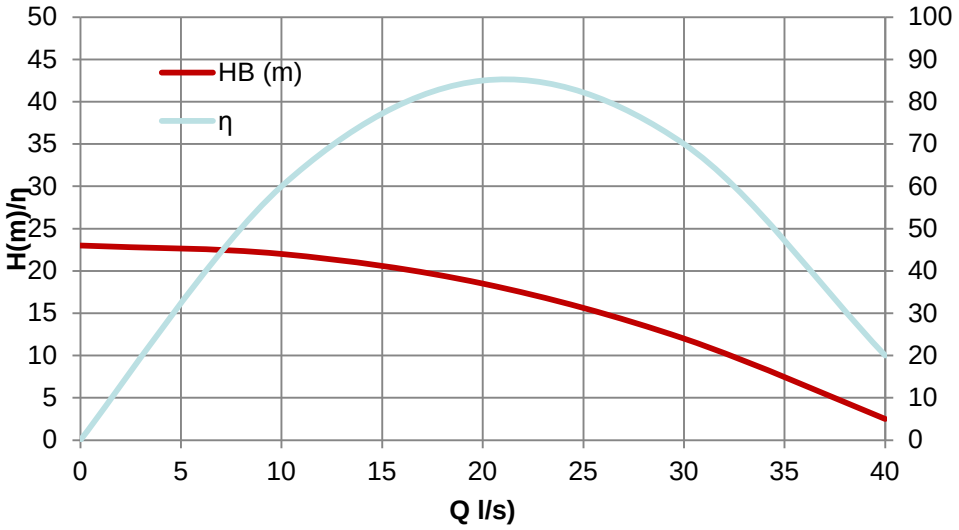


Resposta - Exercício 5.29- livrinho



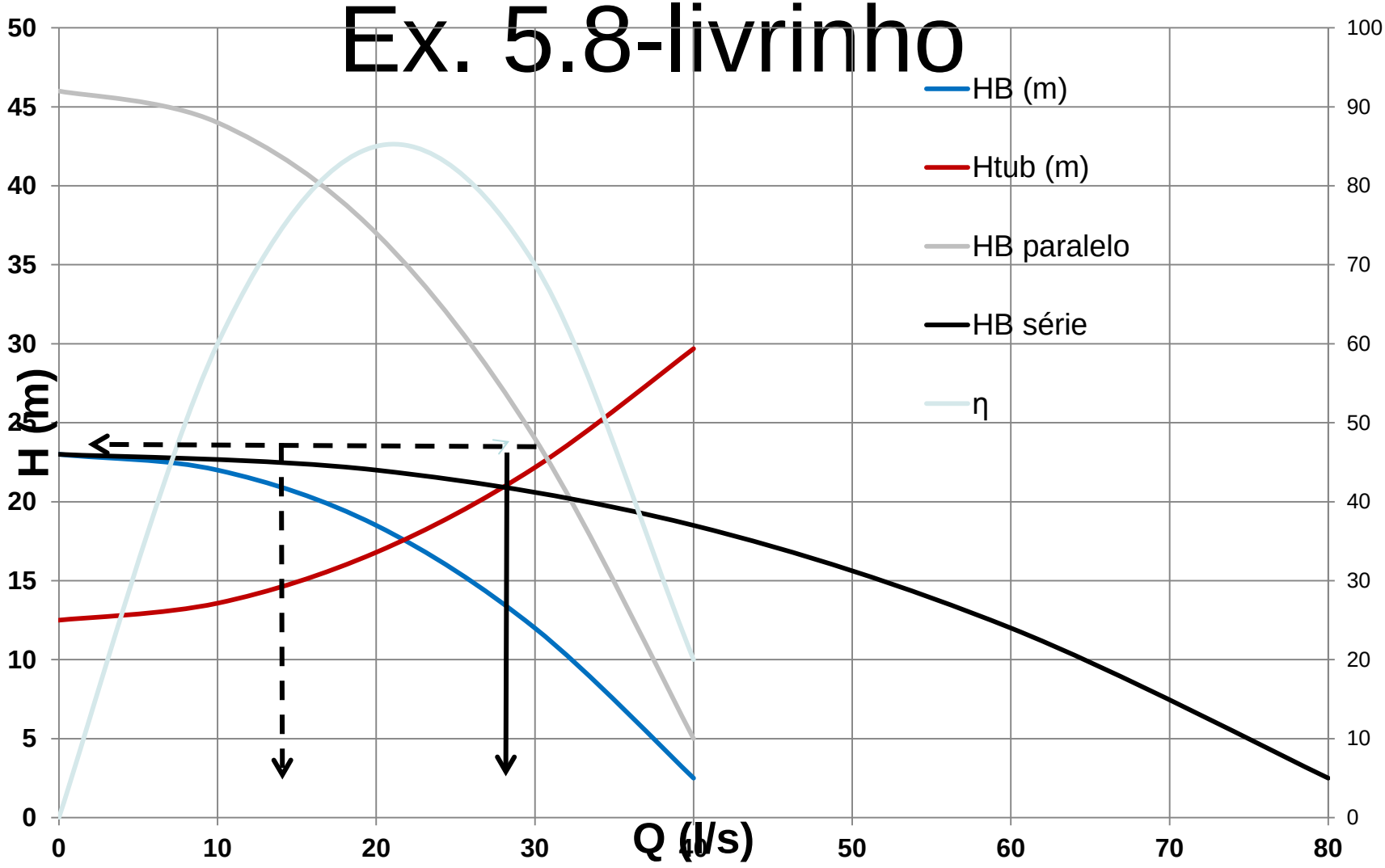
Ex. 5.8-livrinho

- A curva característica de uma bomba centrífuga, em certa rotação constante, é mostrada no gráfico anexo. A bomba é usada para elevar água vencendo uma altura geométrica de 12,5 m, por meio de uma tubulação de 0,10 m de diâmetro, 65 m de comprimento (incluindo os comprimentos equivalentes das peças existentes) e coef. de atrito, supostamente constante, f=0,02.
- a- determinar a vazão recalcada e a potência consumida pela bomba.
- b-necessitando-se aumentar a vazão pela adição de uma segunda bomba



Q (l/s)	HB (m)	η
0	**23**	0
10	**22**	60
20	**18,5**	85
30	**12**	70
40	**2,5**	20

Ex. 5.8-livrinho



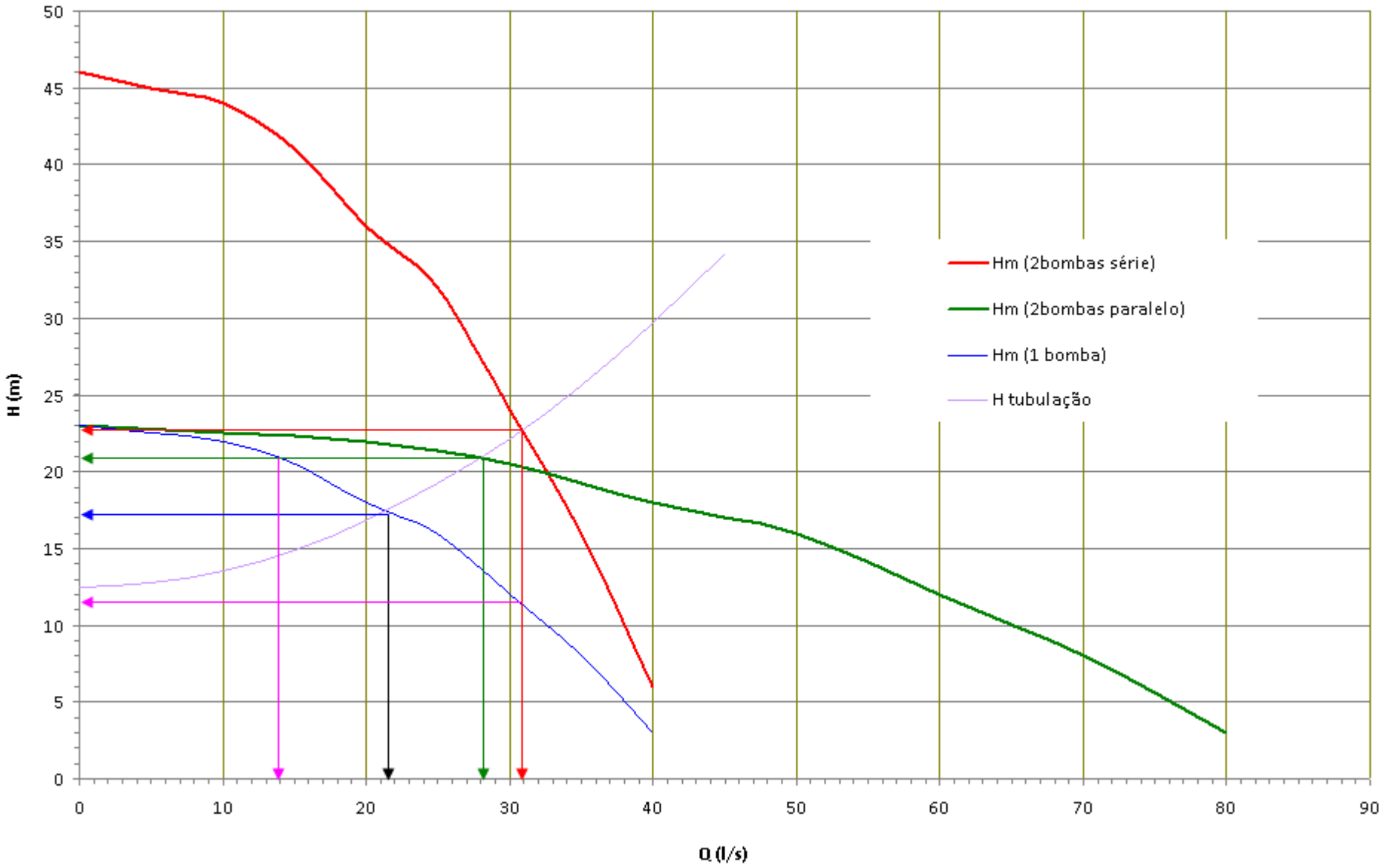
Exercício 5.8 - livrinho

A curva característica de uma bomba centrífuga, em certa rotação constantes, é mostrada no gráfico aenxo. A bomba é usada para elevar água vencendo uma altura geométrica de 12,5 m, por meio de uma tubulação de 0,10 m de diâmetro, 56 m de comprimento (incluindo os comprimentos equivalentes das peças existentes) e coeficiente de atrito, suposto constante, f = 0,020.

a) Determinar a vazão recalcada e a potência consumida pela bomba.

b) Necessitando-se aumentar a vazão pela adição de uma egunda bomba idêntica, investigue se a nova bomba deve ser instalada em série ou em paralelo com a bomba original. Justifique sua resposta pela determinação do acréscimo de vazão e potência consumida por cada bomba. Faça os comentários pertinentes.

Resposta - Exercício 5. 8- livrinho

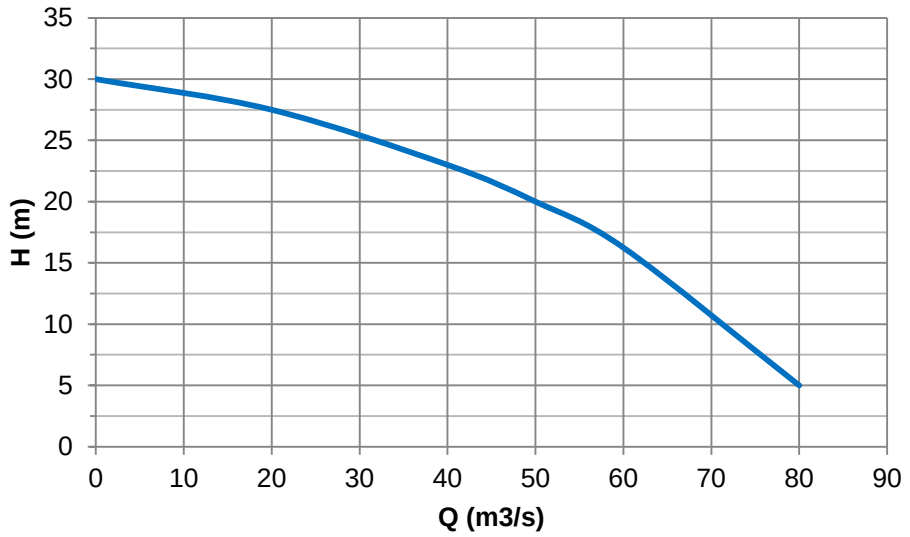


Ex. 5.8-livro

- Inverno-verão

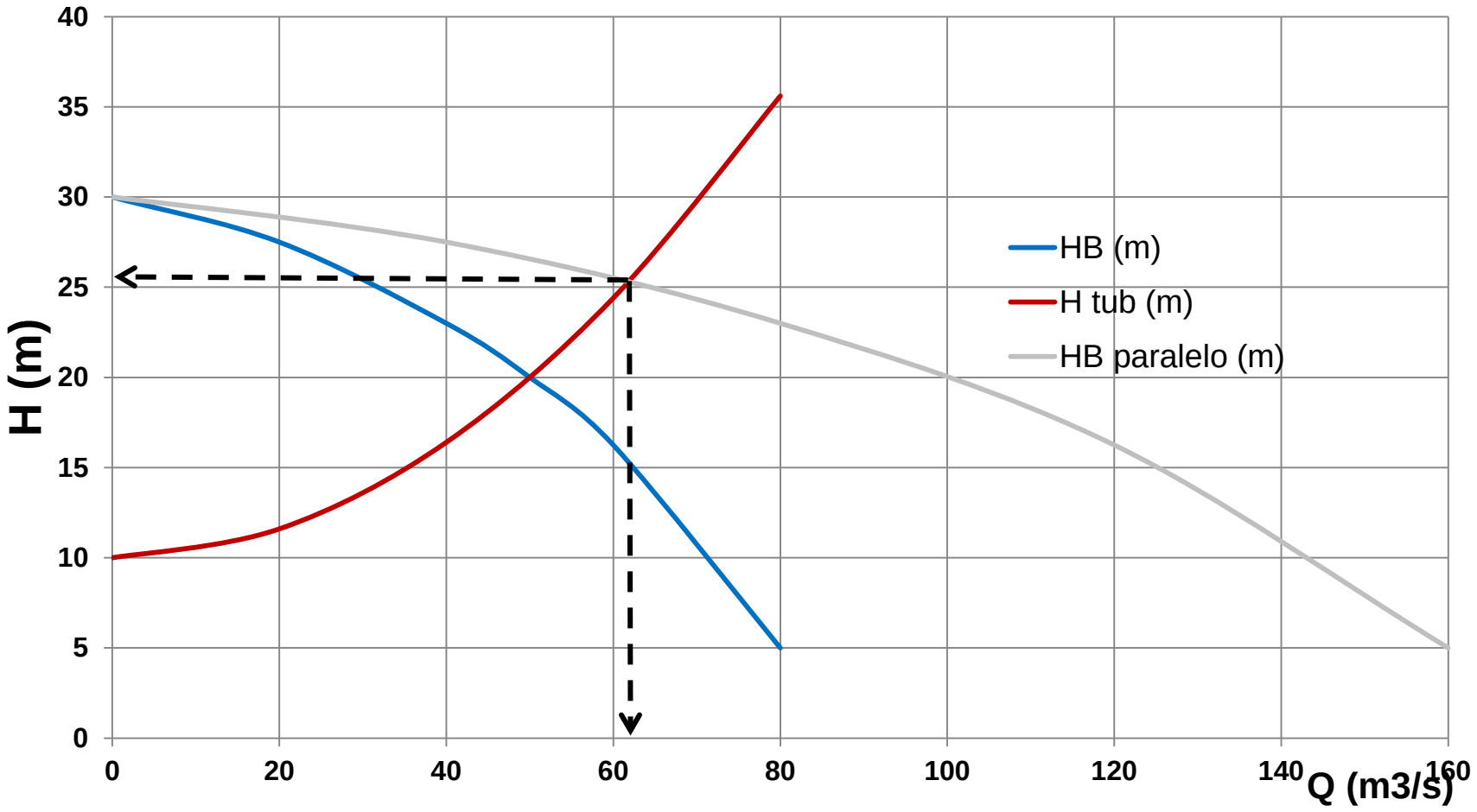
Ex. 5.27- livrinho

- Um sistema elevatório com altura geométrica de 10 m possui uma bomba com curva característica dada abaixo. As tubulações de sucção e recalque são do mesmo material e diâmetro e o manômetro instalado imediatamente após a bomba indica uma pressão de 171,5 kPa e o vacuômetro instalado imediatamente antes da bomba indica uma pressão de -24,5 kPa (centro dos mostradores no mesmo nível). Usando a equação de Darcy-Weisbach, determine o ponto de funcionamento do sistema quando se instalam duas bombas iguais à atual em paralelo.



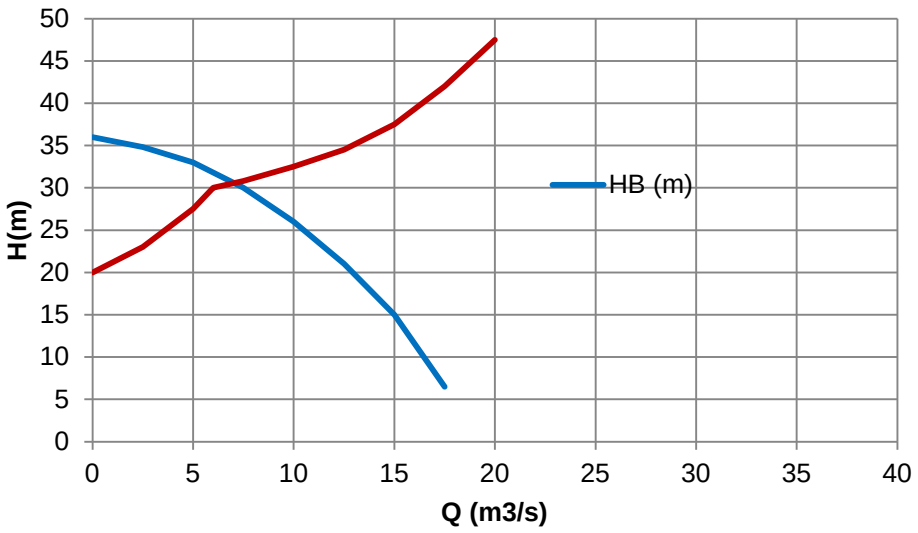
Q (m3/s)	HB (m)
0	30
20	27,5
40	23
50	20
60	16,25
80	5

Ex. 5.27-livrinho



Ex.5.18-livro

- O sistema de bombeamento mostrado na figura consiste de duas bombas iguais, instaladas em paralelo, e duas tubulações de mesmo diâmetro, comprimento e coef. de rugosidade. Usando a fórmula de Hazen-Willians e conhecendo a curva característica de uma bomba e a curva característica do sistema de tubulações, determine a vazão em dada tubulação e a cota piezométrica na saída das bombas. Despreze as perdas localizadas e as cargas cinéticas nas tubulações.



Q (m3/h)	HB (m)	H sistema (m)
0	36	
2,5	34,8	
5	33	
7,5	30	
10	26	
12,5	21	
15	15	
17,5	6,5	
0		20
2,5		23
5		27,5
6		30
7,5		30,8
10		32,5
12,5		34,5
15		37,5
17,5		42
20		47,5

- Obrigada!