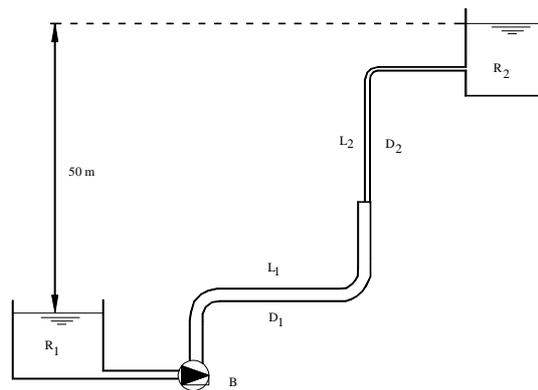




- 1 – Uma bomba eleva um caudal  $Q$  de um reservatório R1 para um reservatório R2, desnivelado de  $Z_2 - Z_1$ . Supondo a existência de “n” perdas de carga localizadas, determine a expressão genérica da curva característica da instalação.
- 2 – Traçar a curva característica da instalação abaixo indicada, desprezando as perdas de carga localizadas e considerando  $L_1 = L_2 = 300$  m,  $D_1 = 150$  mm,  $D_2 = 100$  mm,  $\lambda_1 = 0.02$  e  $\lambda_2 = 0.03$ .



- 3 – Pretende-se elevar diariamente um volume de  $550 \text{ m}^3$  de água de um reservatório com a superfície livre à cota 10.0 m para um outro com a superfície livre à cota 16.0 m, bombando durante cerca de 10 horas por dia. A perda de carga total na conduta de aspiração e na conduta elevatória, desprezando as perdas de carga localizadas e admitindo o coeficiente de resistência,  $\lambda$ , constante, é dada pela seguinte equação,

$$\Delta H = 8000 Q^2 \quad (\Delta H, m; Q, m^3 / s)$$

A figura 1 representa um diagrama em mosaico de utilização de um determinado tipo de bombas e a figura 2 representa a colina de rendimentos e as curvas características para vários diâmetros da roda da bomba.

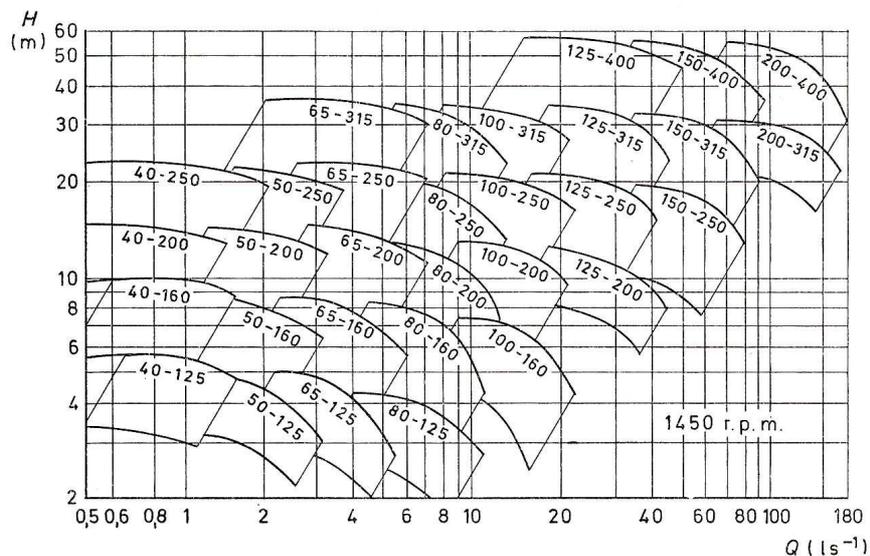


Figura 1 – Diagrama em mosaico de utilização de um determinado tipo de bombas.

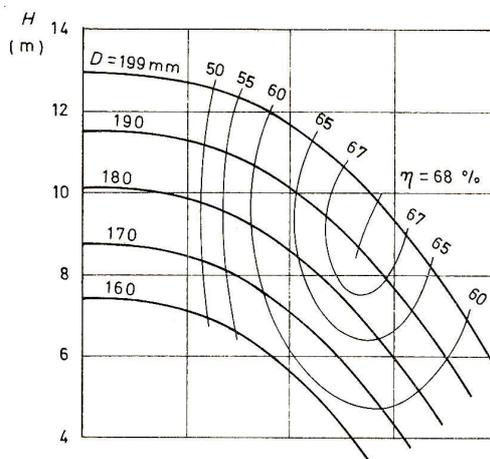


Figura 2 – Colina de rendimentos e curvas características para vários diâmetros da roda da bomba.

- Com base nas figuras 1 e 2 escolher a bomba ( $N=1450$  r.p.m.), determinar o caudal elevado, a potência da bomba e o número de horas de bombagem.
- Se o diâmetro da tubagem for de 200 mm e o seu comprimento de 1000 m, qual o valor do coeficiente de resistência,  $\lambda$ , considerado?
- Supondo que se pretende elevar o mesmo volume diário de água, bombando um caudal próximo de 10 l/s e conservando a bomba e o motor, determinar a energia consumida anualmente, admitindo que:
  - a bomba conserva a mesma roda da alínea a);
  - a roda da bomba é substituída por outra mais conveniente.
- Nas condições da alínea c1) de que forma é possível manter a altura geométrica inicial?

4 – De acordo com o diagrama apresentado na figura 2, a bomba 100-200, com a roda de 199 mm, funcionando com 1450 r.p.m., apresenta as seguintes características:

Q (l/s)	5	10	15
H (m)	12,7	11,7	9,4
$\eta$ (-)	<0,50	0,625	0,675

Atendendo às relações de semelhança, determine os valores correspondentes para uma bomba com uma velocidade de rotação de 2900 r.p.m..

5 – Uma bomba centrífuga, cuja velocidade de rotação normal é de 1000 r.p.m. tem uma curva característica definida pelos seguintes valores:

Q (l/s)	0	75	150	225	300	375
H (m)	22.5	22.2	21.6	19.5	14.1	0



As tubagens de compressão e de aspiração têm um diâmetro de 300 mm ( $k=0.001$  mm) e um comprimento total de 75 m. A tubagem de compressão descarrega na atmosfera a uma cota superior em 15 m, acima do nível de aspiração. A perda de carga localizada à entrada da tubagem é equivalente a 6 m de comprimento do tubo. Determine:

- O caudal elevado nesta instalação;
- A velocidade de rotação necessária, se se pretendesse reduzir o caudal a metade;
- O caudal elevado, se em vez de uma bomba, fosse também utilizada outra igual em série e em paralelo.

**6 –** Uma bomba de um grupo electrobomba, com as características das indicadas na figura 2 e dotada de uma roda de 199 mm, está instalada numa conduta que liga dois reservatórios, com superfícies livres às cotas 100 m e 102 m, a montante e a jusante, respectivamente. A conduta tem um diâmetro de 150 mm e um comprimento de 3000 m. Considerando desprezáveis as perdas de carga localizadas, determine:

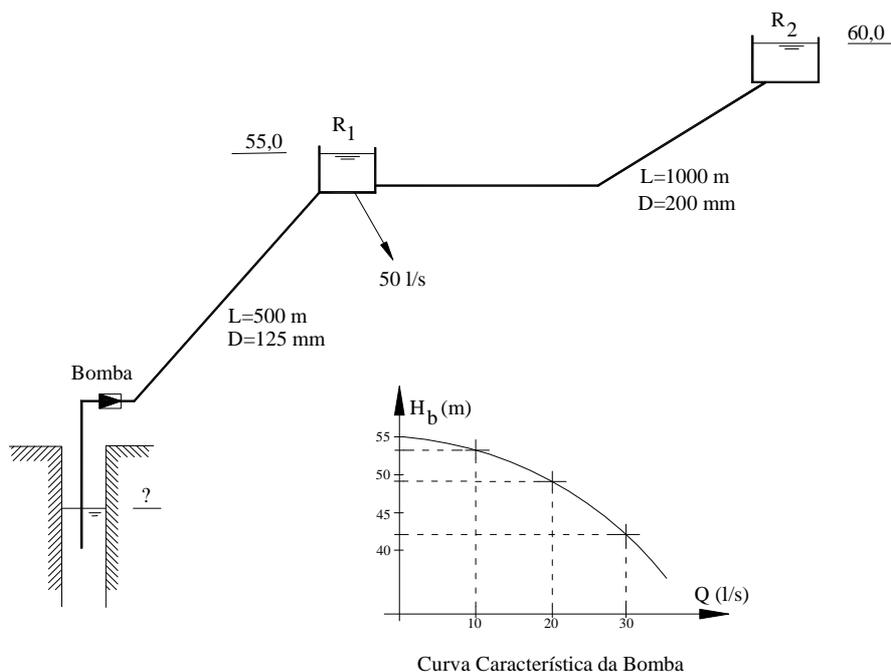
- O caudal escoado e a potência da bomba;
- o caudal escoado quando nas condições da alínea a), se instala junto da bomba mencionada uma outra igual, montada em paralelo e em série.

### Exercícios Complementares

**7 – (Recurso – 08/07/1994)**

No sistema hidráulico indicado, o reservatório R1 abastece uma rede de distribuição com um caudal de 50 l/s, obtido simultaneamente a partir do reservatório R2 e da conduta elevatória alimentada pela bomba B.

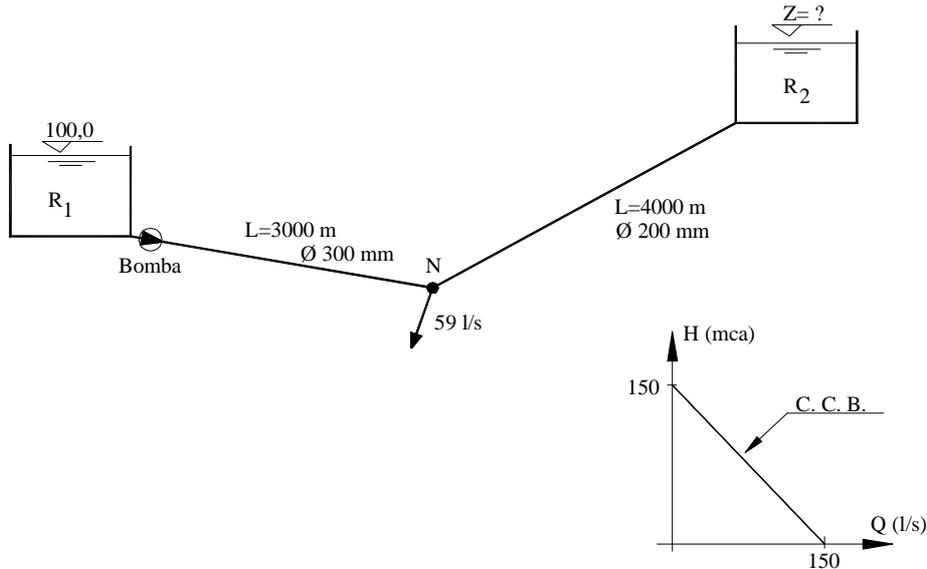
Determine os caudais de alimentação de R1 e a cota da água no poço de bombagem ( $\nu=1.31 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s,  $k=0.05$  mm).





8 – (Recurso – 08/07/1995)

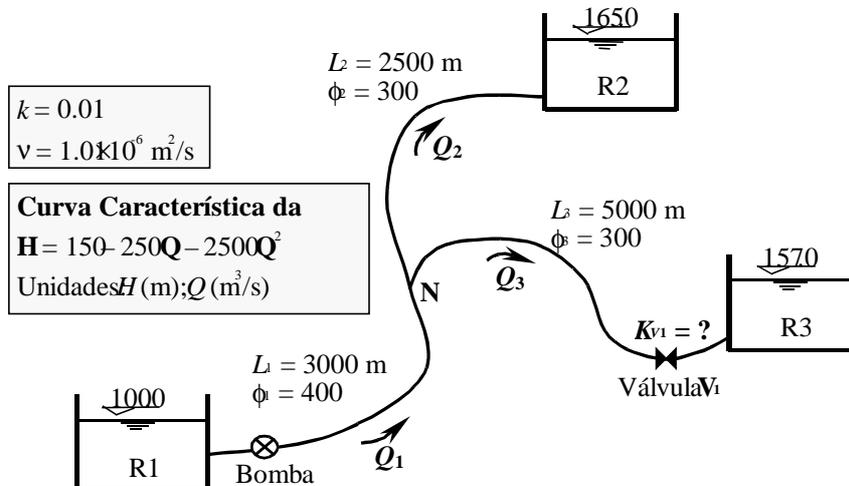
A bomba instalada imediatamente a jusante do reservatório R1 eleva um caudal de 90 l/s. Tendo em conta os dados indicados na figura, determine a cota da superfície livre da água no reservatório R2)



9 – (1ª Chamada – 11/06/2001)

Considere a instalação hidráulica representada na figura e os dados nela indicados ( $v=1.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k=0.02 \text{ mm}$ ).

Pretende-se que os reservatórios R2 e R3 sejam igualmente abastecidos ( $Q_2 = Q_3$ ) por R1. Para controlar o caudal afluente a R3 instalou-se uma válvula (V1) imediatamente a montante deste reservatório. Determine o respectivo coeficiente de perda de carga ( $K_{V1}=?$ ).



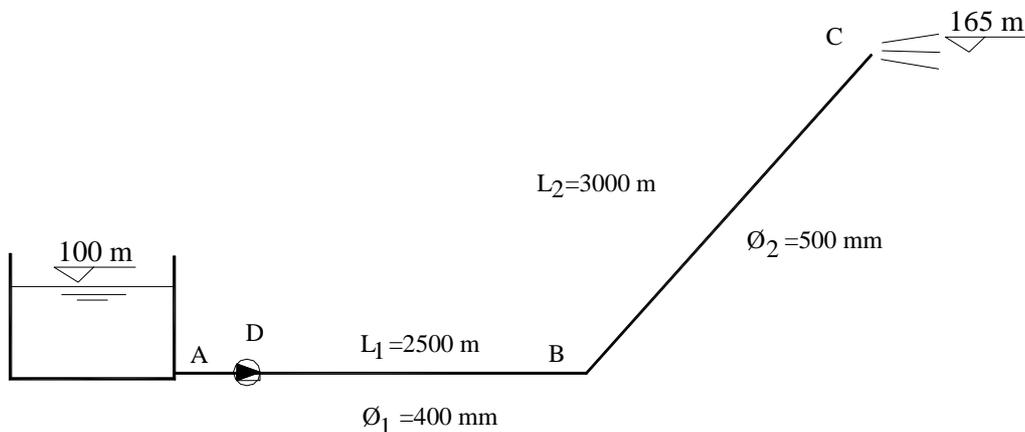


**10 – (2ª Chamada – 11/06/2001)**

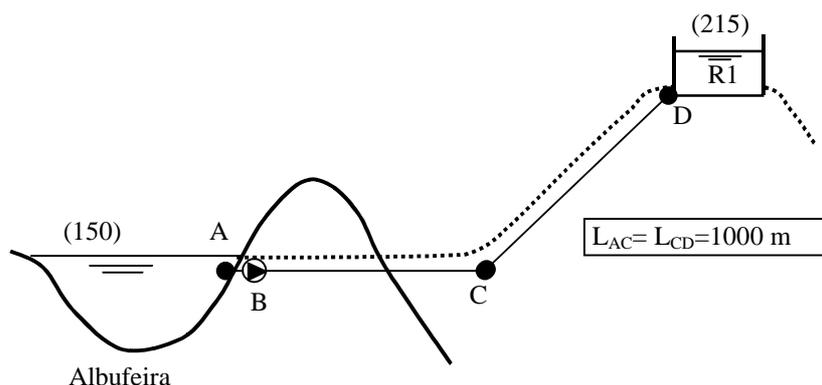
Considere a instalação hidráulica representada na figura e os dados nela indicados. A curva característica da bomba D é,

$$H = 0.015 N^2 - 2.5 N Q - 2500 Q^2 \quad (H, m; N, \text{rad} / s; Q, \text{m}^3 / s)$$

- Pretende-se elevar um caudal  $Q=150 \text{ l/s}$  através da conduta ABC. Nestas circunstâncias, qual a velocidade de rotação a que deverá funcionar a bomba D?
- Qual o caudal que será possível elevar caso a bomba D seja substituída por duas bombas semelhantes à bomba D, a funcionar em paralelo com uma velocidade de rotação de  $80 \text{ rad/s}$ ?



**11 – (2ª Chamada – 11/06/2001)**



Considere a instalação hidráulica representada na figura e os dados nela indicados.

Para a conduta ABCD, considerando  $K_A=1.0$ ,  $K_C=5.0$  e  $K_D=0.5$  e sabendo que a curva característica da bomba é dada pela equação  $H=150-2500Q^2$  ( $H$ (m) e  $Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )), determine:

- A curva característica da instalação;
- O caudal bombado ( $\nu=1.05 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k=0.02 \text{ mm}$ ).