

## FICHA 5B – HIDRODINÂMICA – PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

### Exercício 1

Num conduto de ferro fundido novo ( $\kappa = 0,25$  mm e  $n = 0,0125$  m<sup>-1/3</sup>s) de **30 mm** de diâmetro circula um caudal de **0,35 l/s**. Considere a viscosidade cinemática da água igual a  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

- Utilize o número de Reynolds ( $Re$ ) para classificar o regime do escoamento.
- Calcule o factor de resistência ao escoamento ( $f$ ) pelo ábaco de Moody, pela expressão do regime laminar, pela equação de **S.E. Haaland** e pela equação de Colebrook-White. Compare e comente os resultados.
- Determine a perda de carga unitária com os diferentes  $f$  obtidos na alínea anterior.
- Use a equação de Manning-Strickler para determinar a perda de carga unitária ( $J$ ) e relacione-a com o  $J$  obtido na alínea anterior (considere apenas o  $J$  calculado a partir do  $f$  estimado pela equação de Colebrook-White).

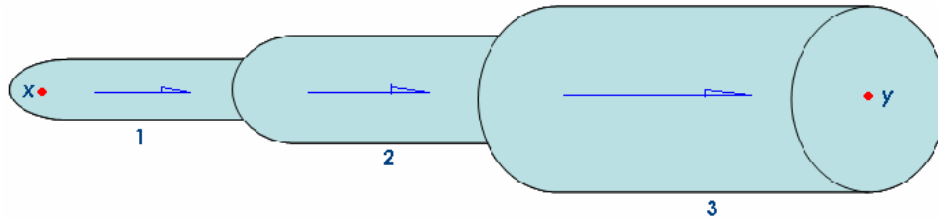
### Exercício 2

Num conduto de **600 mm** de diâmetro circula o caudal de **350 l/s**. Considere a viscosidade cinemática da água igual a  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

- Admitindo que o conduto é de fibrocimento: classifique o regime de escoamento e determine a perda de carga unitária.
- Admitindo que o conduto é de ferro fundido ( $\kappa = 0,25$  mm e  $K = 80$  m<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup>) calcule a perda de carga unitária para  $f$  dado pela equação de **S.E. Haaland**. Obtenha também a perda de carga usando a equação de Manning-Strickler. Compare os resultados obtidos.

### Exercício 3

Considere três condutos em série como indica a **FIGURA 1**. A variação total de pressão é  $p_x - p_y = 120 \text{ kPa}$  e a variação de cota é  $z_x - z_y = 4,0 \text{ m}$ . Os dados referentes às características dos condutos constam do quadro seguinte.



**FIGURA 1.** Condutos em série.

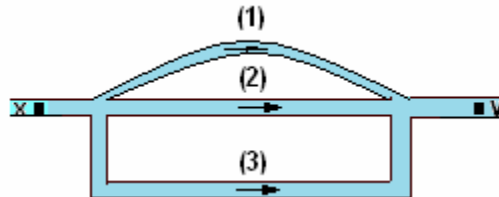
Conduto	Comprimento (L)	Diâmetro (D)	Coef. Rugosidade equivalente (k)	k/D
	(km)	(mm)	(mm)	(-)
1	0,08	500	0,20	0,005
2	0,10	900	0,24	0,003
3	0,15	700	0,12	0,002

Considere ainda que o fluido transportado é água e calcule o caudal que se escoar na instalação. Efectue os cálculos através da **folha de cálculo Excel** e apresente os resultados de modo a que se possa verificar os valores de  $Re$ ,  $f$ ,  $h_f$  e  $J$  para cada um dos condutos. Classifique também o regime do escoamento.

Sugere-se ainda que obtenha o  $f$  pela equação de **S.E. Haaland**.

### Exercício 4

Considere os três condutos em paralelo como indica a **Figura 2**. A variação total de pressão é  $p_x - p_y = 140 \text{ kPa}$  e a variação de cota é  $z_x - z_y = 5,0 \text{ m}$ . Os dados referentes às características dos condutos constam do quadro seguinte.



**Figura 2.** Condutos em paralelo.

Conduto	Comprimento (L)	Diâmetro (D)	Coef. Rugosidade equivalente (k)	k/D
	(km)	(m)	(mm)	(-)
1	0,10	0,08	0,24	0,003
2	0,08	0,04	0,20	0,005
3	0,15	0,06	0,12	0,002

Considere ainda que o fluido transportado é água e calcule o caudal que se escoia na instalação. Efectue os cálculos através de folha de cálculo Excel e apresente os resultados de modo a que se possa verificar os valores de  $h_f$ ,  $f$ ,  $Re$  e  $J$  para cada um dos condutos. Classifique também o regime do escoamento.

Sugere-se ainda que obtenha o  $f$  pela equação de **S.E. Haaland**.

### Exercício 5

Considere a instalação apresentada na **FIGURA 3**. Sabendo que a bomba eleva a água do reservatório **R3** para o reservatório **R1** (a montante), obtenha o caudal do **troço 3** e a potência da bomba. Dados relevantes: o caudal do **troço 1** é  $Q_1 = 0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ ; o material dos condutos é ferro fundido novo ( $K = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ); despreze as perdas de carga localizadas; o rendimento da bomba é de 80%; e os restantes dados estão indicados na **FIGURA 2**.

2007

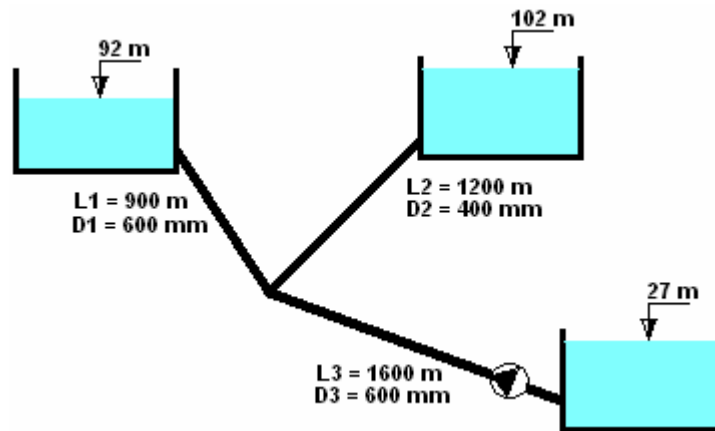


FIGURA 3. Instalação com bomba.

### Exercício 6

Considere a instalação apresentada na FIGURA 4. Determine os caudais dos diferentes troços desprezando as perdas de carga singulares. Admita que o material de que é feito o conduto é rigorosamente igual ao do exercício anterior.

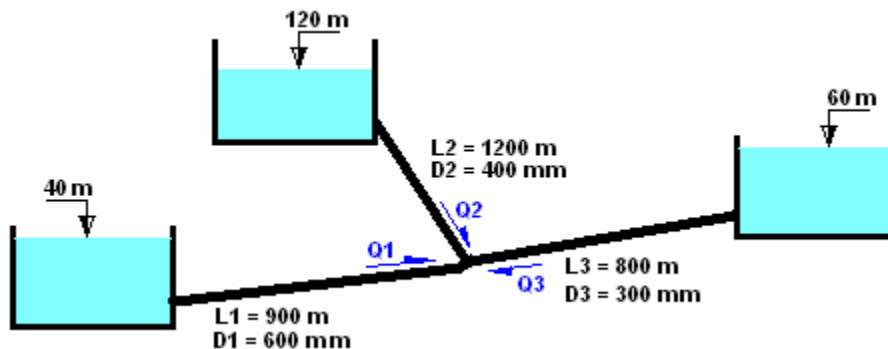
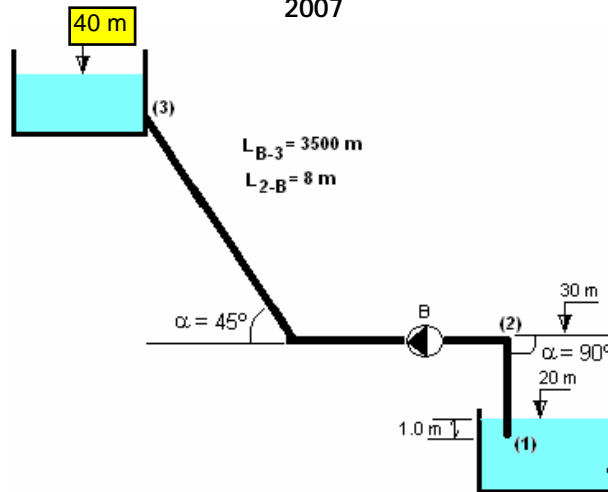


FIGURA 4. Instalação com três reservatórios.

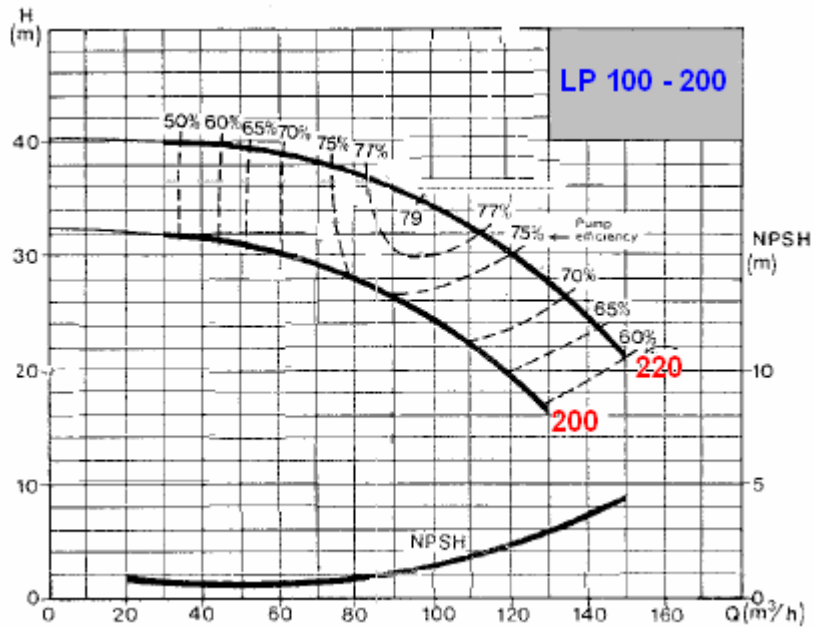
### Exercício 7

Considere uma bomba com uma roda de **220 mm**. A bomba impulsiona a água de um reservatório de alimentação para outro, conforme indicado na FIGURA 5. O conduto é em ferro fundido ( $K = 75 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ). O conduto tem um diâmetro de **250 mm**. Considere as perdas de carga singulares nas curvaturas e na entrada do reservatório situado à cota elevada.



**FIGURA 5.** Instalação com bomba.

Determine o caudal impulsionado e a potência da bomba. Na resolução verifique também as condições de funcionamento da bomba (para tal utilize o diagrama de **colina** da bomba – ver figura seguinte).



### Exercício 8

Considere um conduto em PVC (com capacidade de carga máxima de **40 m c.a.**,  $k_c = 20$  e  $D/e = 43$ ) de diâmetro  $D = 220$  mm e comprimento  $L = 2000$  m. Sabendo que o conduto transporta um caudal de **650 l/s**, recorra aos métodos simplificados para analisar a influência do golpe de aríete provocado por manobras lenta e rápida. Comente os resultados obtidos face às características do material do conduto. Indique as possíveis medidas de prevenção, se necessário, e apresente um resumo das causas e consequências do golpe de aríete (nota: para responder a esta pergunta deverá ler também o trabalho realizado pelo Prof., no âmbito da disciplina de Hidráulica Computacional do Mestrado, e disponibilizado na Internet como **pdf3**).

Construa um **gráfico** (em Excel) que mostre a evolução das cargas piezométricas máximas e mínimas para diferentes caudais (sugestão: na construção do gráfico considere os seguintes caudais: 0 l/s; 10 l/s; 20 l/s; 30 l/s; ... 100 l/s).

### Exercício 9

Indique os tipos de regimes variáveis que conhece e descreva-os sucintamente.

**Nota final:** os alunos deverão apresentar a dedução completa das equações das instalações. Os problemas deverão ser resolvidos numa folha de cálculo Excel e apresentados em tabelas anexas ao trabalho. A clareza e a qualidade da apresentação será considerada na avaliação.