

TCM - Lista de Exercícios 2

Propriedades da água ($20^\circ C$):

$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ e $\mu = 0,001 \text{ kg/(m} \cdot \text{s)}$.

Equação de Bernoulli

Exercício 1. Um tanque contendo água, fechado e pressurizado, como mostra a figura 1, tem um orifício de 10 cm de diâmetro na parte inferior, onde a água é descarregada para a atmosfera. O nível da água na superfície está $2,5 \text{ m}$ acima do nível na saída. A pressão do ar do tanque acima do nível da água é de 250 kPa (absoluta) enquanto a pressão atmosférica é de 100 kPa . Desprezando todas as perdas, determine a vazão de descarga inicial da água do tanque. **Resposta:** $\dot{V} = 0,147 \text{ m}^3/\text{s}$.

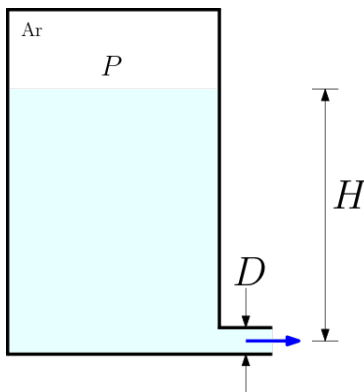


Figura 1: Tanque.

Exercício 2. Um tubo de Pitot como o da figura 2 é utilizado para medir as pressões estática e de estagnação (estática + dinâmica) em um tubo de água, como mostra a figura. Para as alturas das colunas de água indicadas, determine a velocidade no centro do tubo. **Resposta:** $1,53 \text{ m/s}$.

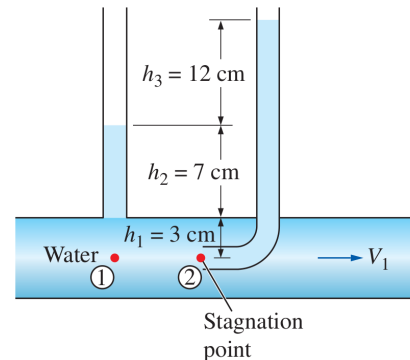


Figura 2: Pitot.

Exercício 3. Para o reservatório representado na figura 3, use a equação de Bernoulli para obter uma expressão para a distância X , que é a distância em que o jato livre de água irá alcançar na horizontal antes de tocar o chão. Para qual razão h/H essa distância X será máxima? **Respostas:** $X = 2\sqrt{h(H-h)}$; X será máximo para $h/H = 0,5$.

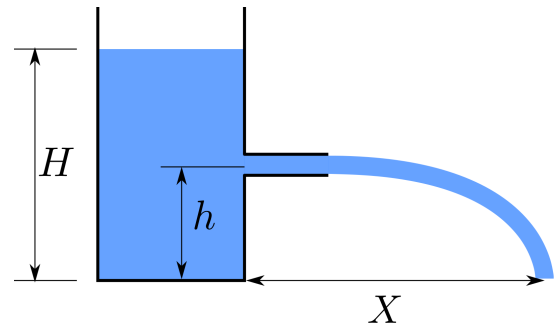


Figura 3: Reservatório.

Exercício 4. O tubo em U da figura 4 funciona como um sifão. O ponto mais alto deste tubo está a 1 m acima da superfície livre da água, e a saída situa-se a 7 m abaixo dessa superfície. Desprezando os efeitos viscosos, (a) determine a velocidade do jato livre e a pressão absoluta do fluido no ponto mais alto

do sifão. **Resposta:** $11,7 \text{ m/s}$ e $22,8 \text{ kPa}$.

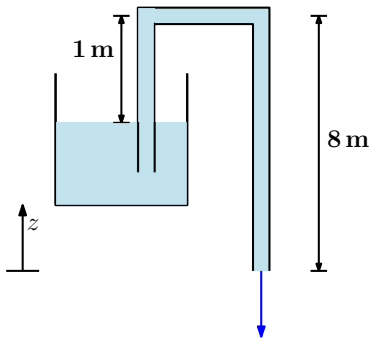


Figura 4: Sifão.

Equação da Energia

Exercício 5. Um conjunto bomba-motor consome 25 kW de energia elétrica enquanto bombeia óleo ($\rho = 860 \text{ kg/m}^3$) a uma vazão de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Os diâmetros de entrada e saída do tubo são 8 cm e 12 cm , respectivamente (ver figura 5). Se a elevação da pressão do óleo na bomba for medida como 250 kPa , determine a potência de bomba necessária para manter o escoamento. **Resposta:** $\dot{W}_{bomba} = 11,3 \text{ kW}$.

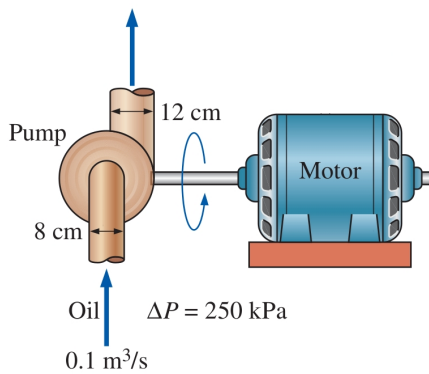


Figura 5: Bomba.

Exercício 6. Água entra em uma turbina hidráulica por meio de um tubo com 30 cm de diâmetro e uma vazão de $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e sai através de um tubo com 25 cm de diâmetro,

como mostra a figura 6. A queda de pressão na turbina é medida por um manômetro de mercúrio, sendo de $1,2 \text{ mHg}$. Determine o trabalho de turbina neste caso. **Resposta:** $\dot{W}_{turbina} = 72,6 \text{ kW}$.

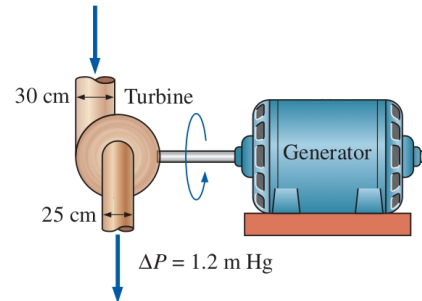


Figura 6: Turbina.

Exercício 7. O sistema bomba-turbina da figura 7 retira água do reservatório superior durante o dia para produzir energia elétrica para uma cidade. À noite, o sistema bombeia água do reservatório inferior para o superior para restaurar a situação. Para uma vazão de projeto de $56,8 \text{ m}^3/\text{min}$ em ambas as direções, a perda de carga por atrito é de $5,2 \text{ m}$. Calcule a potência em kW (a) extraída pela turbina e (b) entregue pela bomba. **Respostas:** (a) $\dot{W}_{turbina} = 3,06 \times 10^5 \text{ W}$; (b) $\dot{W}_{bomba} = 4,02 \times 10^5 \text{ W}$.

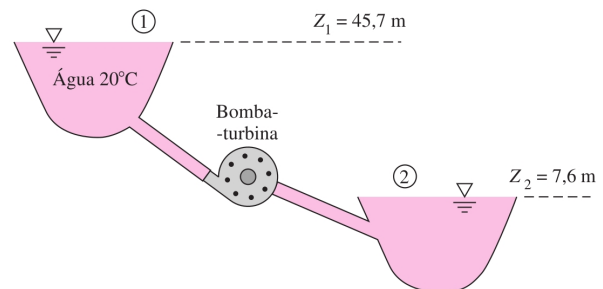


Figura 7: Bomba-turbina.

Exercício 8. Quando a bomba da figura 8 bombeia $220 \text{ m}^3/\text{h}$ de água do reservatório,

a perda de carga total por atrito é de 5 m . O escoamento descarrega através de um bocal para a atmosfera. Calcule a potência da bomba em kW entregue para a água. **Respostas: $33,73\text{ kW}$.**

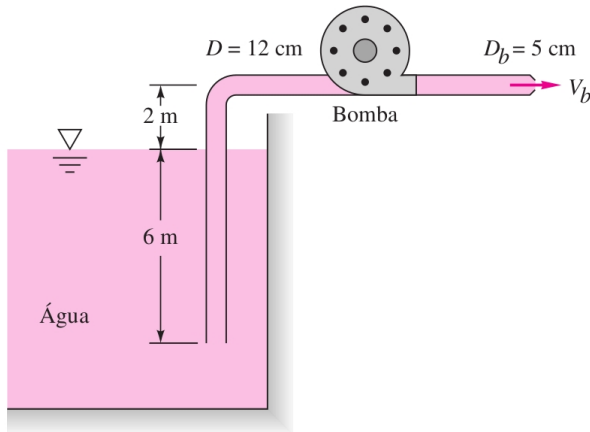


Figura 8: Bomba.

Exercício 9. Querosene a 20°C ($\rho = 750\text{ kg/m}^3$) escoam através da bomba da figura 9 a 65 L/s . As perdas de carga entre 1 e 2 são de $2,4\text{ m}$ e a bomba entrega 8 hp para o escoamento. Qual deve ser a leitura h do manômetro de mercúrio?

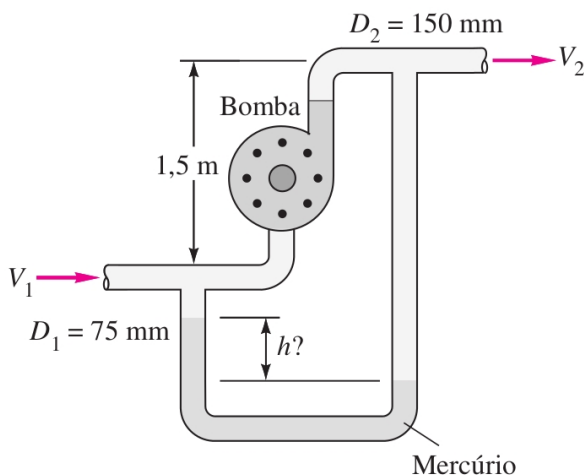


Figura 9: Bomba.

Exercício 10. No bocal da figura 10, o diâmetro de saída é de 2 cm . Sabendo que

a eficiência da bomba é de 80% , e o fluido é água, calcule a potência necessária para que a altura no ponto mais alto do jato, A, seja a indicada. O ângulo entre o bocal e a horizontal é de 30° . **Resposta: $10,67\text{ kW}$.**

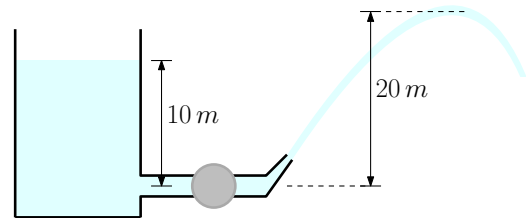


Figura 10: Bocal.

Equação do Momento

Exercício 11. Água escoam em regime permanente através do cotovelo de 90° mostrado na figura 11. Na entrada do cotovelo, em 1, a pressão manométrica é 120 kPa e a área da seção transversal é $0,01\text{ m}^2$. Na saída, a área da seção transversal é $0,0025\text{ m}^2$ e a velocidade média é 16 m/s . O cotovelo descarrega para a atmosfera. Determine a força necessária para manter o cotovelo no lugar. **Resposta: $\vec{F} = (-1,36\hat{i} - 0,64\hat{j})\text{ kN}$.**

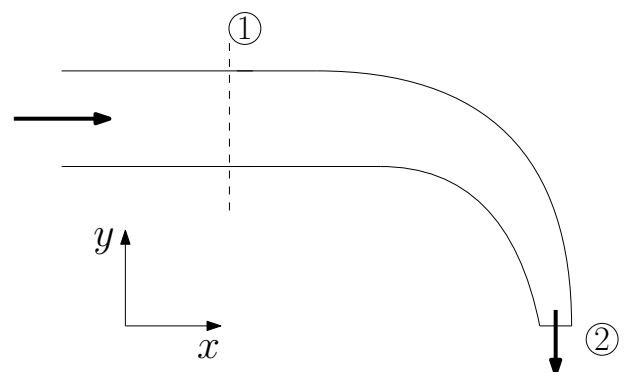


Figura 11: Cotovelo.

Exercício 12. Água escoam em regime permanente através do cotovelo de 180° mos-

trado na figura 12. Na entrada do cotovelo, em 1, a pressão manométrica é 120 kPa e a área da seção transversal é $0,01 \text{ m}^2$. Na saída, a área da seção transversal é $0,0025 \text{ m}^2$ e a velocidade média é 16 m/s . O cotovelo descarrega para a atmosfera. Determine a força necessária para manter o cotovelo no lugar. **Resposta:** $\vec{F} = (-2, 0\hat{i} + 0\hat{j}) \text{ kN}$.

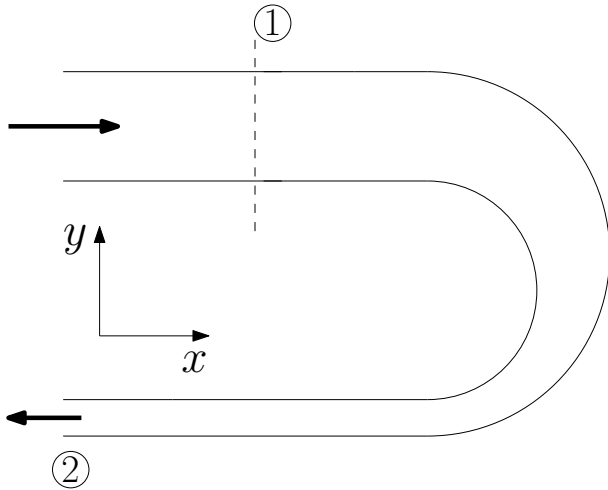


Figura 12: Cotovelo.

Exercício 13. Água de um bocal estacionário é dirigida normalmente contra uma placa plana, como mostra a figura 13. O escoamento subsequente é paralelo à placa. Determine a força horizontal sobre placa. Dados: $V = 13 \text{ m/s}$; área de saída do bocal: $0,005 \text{ m}^2$. **Resposta:** $F = 845 \text{ N}$.

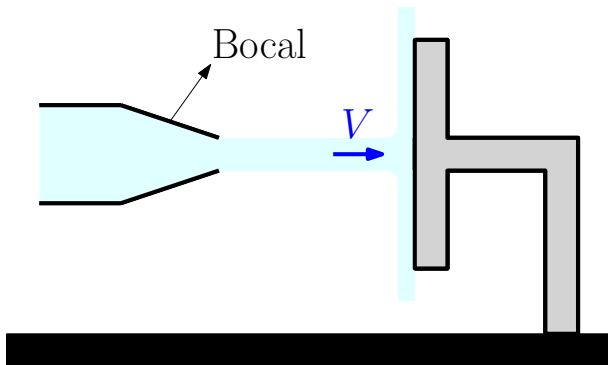


Figura 13: Placa.

Exercício 14. Um carro com uma superfície curva sobre ele é atingido por um jato de água, com velocidade $V = 12 \text{ m/s}$ e área de fluxo de $0,03 \text{ m}^2$, como mostra a figura 14. O carro está parado. Sabendo que $M = 300 \text{ kg}$, determine o ângulo θ que a superfície faz com a horizontal na saída da água. **Resposta:** $\theta = 71,4^\circ$.

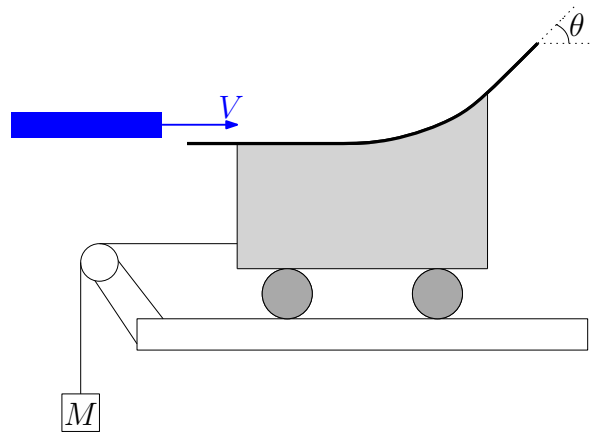


Figura 14: Carro.

Análise Dimensional

Exercício 15. Gás escoar através de um furo em uma tubulação. A vazão deve ser expressa em termos das variáveis importantes do problema, quais sejam, a diferença de pressões, a viscosidade cinemática ν , a densidade ρ e o raio do furo, r . Mostre que

$$\frac{Q}{r^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}} = f \left(\frac{r}{\nu} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \right) .$$

Exercício 16. Quando um fluido entra em um tubo e é acelerado linearmente a partir do repouso, ele começa a escoar como um escoamento laminar e em seguida sofre uma transição para a turbulência em um instante t_{tr} , que depende do diâmetro D do tubo, da

aceleração a do fluido, da densidade ρ e viscosidade μ . Arranje esses termos em uma relação adimensional entre t_{tr} e D . **Resposta:**

$$t_{tr} \left(\frac{\rho a^2}{\mu} \right)^{1/3} = f \left(D \left(\frac{\rho^2 a}{\mu^2} \right)^{1/3} \right)$$

Escoamento em Tubo

Exercício 17. Óleo ($\rho = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ e $\mu = 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) escoam a $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ através de um tubo de ferro fundido novo ($\epsilon = 0,26 \text{ mm}$) de 200 m de comprimento e 200 mm de diâmetro. Determine (a) a queda de pressão ΔP_L ao longo do tubo, (b) a perda de carga h_L e (c) a diferença de pressão entre a entrada e a saída, se o tubo tem um ângulo de aclive de 15° no sentido do escoamento. **Respostas:** (a) $\Delta P_L = 110 \text{ kPa}$; (b) $h_L = \Delta P_L / (\rho g) = 12,5 \text{ m}$; (c) $\Delta P = P_1 - P_2 = 567 \text{ kPa}$.

Exercício 18. Água escoam em regime permanente em um tubo horizontal de 30 m de comprimento e 5 cm de diâmetro feito de aço inoxidável ($\epsilon = 0,002 \text{ mm}$) a uma vazão de 9 L/s (figura 15). Determine (a) a queda de pressão ao longo do tubo e (b) a perda de carga. **Resposta:** $h_L = 10,1 \text{ m}$.

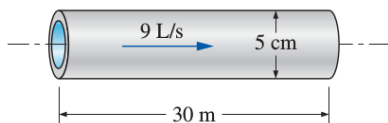


Figura 15: Tubo.

Exercício 19. Qual nível h deve ser mantido no tanque de água, representado na figura 16, para fornecer uma vazão de $0,425 \text{ L/s}$ pelo tubo de aço comercial ($\epsilon = 0,045 \text{ mm}$) de 13 mm de diâmetro e $24,4 \text{ m}$ de comprimento? **Resposta:** $h \approx 22,1 \text{ m}$.

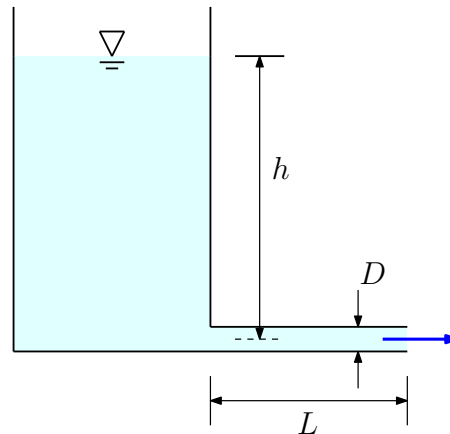


Figura 16: Tanque.

Exercício 20. O escoamento no tubo da figura 17 é produzido pelo ar pressurizado no reservatório. Que pressão P_1 manométrica é necessária para fornecer uma vazão $\dot{V} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ de água? **Resposta:** $P_1 \approx 2,4 \text{ MPa}$.

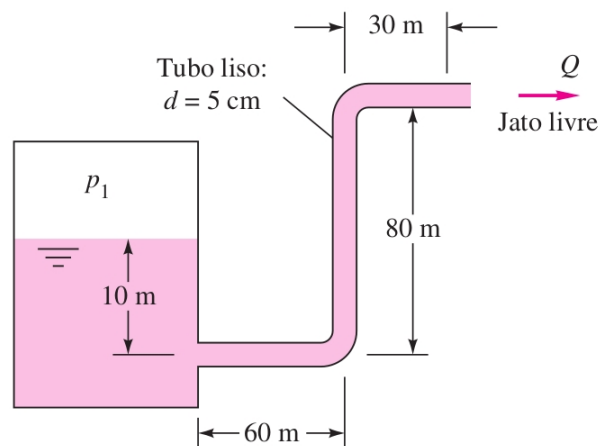


Figura 17: Reservatório.

Exercício 21. Água deve ser bombeada por um tubo de 610 m do reservatório 1 para o reservatório 2 a uma taxa de 85 L/s , como mostra a figura 18. Se o tubo é de ferro fundido ($\epsilon = 0.25\text{ mm}$) de 150 mm de diâmetro, qual é a potência necessária, em kW , para a bomba?

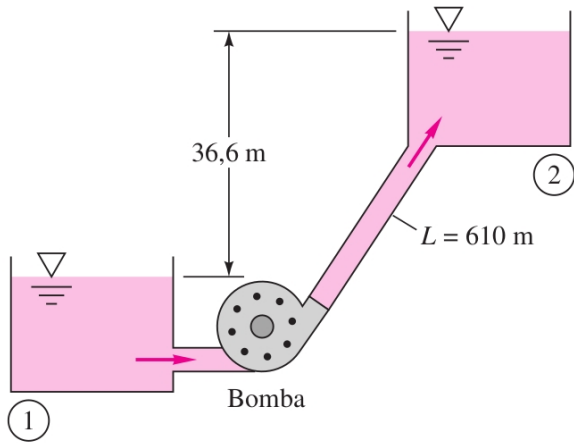


Figura 18: Reservatórios.