FT I Resolução Exercícios

Felipe B. Pinto 61387 - MIEQB

27 de outubro de 2022

Conteúdo

I – Resolução

Questão 1 – 1

Indicar as dimensões em M, L, T, θ das unidades de força, energia, pressão, potência e viscosidade (que são unidades derivadas) e definir estas unidades nos sistemas SI, CGS e Britânico.

(i) **Força**

$$[F] = [m][a] = \mathrm{g\,m/s^2} = \mathrm{M\,L\,T^{-2}}$$

SI: $\mathrm{kg\,m\,s^{-2}}$ CGS: $\mathrm{g\,cm\,s^{-2}}$ Brit: $\mathrm{lb\,ft\,s^{-2}}$

(ii) **Energia**

$$[E] = [F][d] = \mathrm{M\,L\,T^{-2}\,m} = \mathrm{M\,L\,T^{-2}\,L} = \mathrm{M\,L^2\,T^{-2}}$$

SI: $\mathrm{kg\,m^2\,s^{-2}}$ CGS: $\mathrm{g\,cm^2\,s^{-2}}$ Brit: $\mathrm{lb\,ft^2\,s^{-2}}$

(iii) **Pressão**

$$[P] = [F]/[A] = \mathrm{M\,L\,T^{-2}/m^2} = \mathrm{M\,L\,T^{-2}\,L^{-2}} = \mathrm{M\,T^{-2}\,L^{-1}}$$

SI: $\mathrm{kg\,s^{-2}\,m^{-1}}$ CGS: $\mathrm{g\,s^{-2}\,cm^{-1}}$ Brit: $\mathrm{lb\,s^{-2}\,ft^{-1}}$

(iv) Potência

$$[P] = [E]/[s] = \mathrm{M\,L^2\,T^{-2}\,T^{-1}} = \mathrm{M\,L^2\,T^{-3}}$$

SI: $\mathrm{kg\,m^2\,s^{-3}}$ CGS: $\mathrm{g\,cm^2\,s^{-3}}$ Brit: $\mathrm{lb\,ft^2\,s^{-3}}$

(v) Viscosidade

$$\left[-\mu\frac{\mathbf{d}v}{\mathbf{d}x}\right] = [\mu](\mathrm{L/T})/\mathrm{L} = [F/A] = \mathrm{M\,L\,T^{-2}/L^2} =$$
$$= \mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-2}} \implies [\mu] = \frac{\mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-2}}}{\mathrm{T^{-1}}} = \mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-1}}$$

SI: $\mathrm{kg\,m^{-1}\,s^{-1}}$ CGS: $\mathrm{g\,cm^{-1}\,s^{-1}}$ Brit: $\mathrm{lb\,ft^{-1}\,s^{-1}}$

Questão 1 – 2

Calcular, para cada grandeza derivada indicada em 1-1, os factores de conversão entre os três sistemas.

(i) Força

$$\mathrm{M\,L\,T^{-2}} = 1\,\mathrm{kg\,m\,s^{-2}} = 10^{3+2}\,\mathrm{g\,cm\,s^{-2}} = 10^{5}\,\mathrm{g\,cm\,s^{-2}} =$$
$$= 10^{5}\,\mathrm{g\,cm\,s^{-2}}\frac{\mathrm{lb}}{453.59\,\mathrm{g}}\frac{\mathrm{ft}}{0.3048\,\mathrm{m}} = \frac{10^{5-2}}{453.59 * 0.3048}\,\mathrm{lb\,ft\,s^{-2}} \cong 7.23\,\mathrm{lb\,ft\,s^{-2}}$$

(ii) Energia

$$\mathrm{M\,L^2\,T^{-2}} = \mathrm{kg\,m^2\,s^{-2}} = 10^{3+2^2}\,\mathrm{g\,cm^2\,s^{-2}} = 10^7\,\mathrm{g\,cm^2\,s^{-2}} =$$
$$= 10^7\,\mathrm{g\,cm^2\,s^{-2}}\,\frac{\mathrm{lb}}{453.59\,\mathrm{g}}\left(\frac{\mathrm{ft}}{0.3048\,\mathrm{m}}\right)^2 = \frac{10^{7-2^2}}{453.59 * 0.3048^2}\,\mathrm{lb\,ft^2\,s^{-2}} \cong$$
$$\cong 23.73\,\mathrm{lb\,ft^2\,s^{-2}}$$

(iii) Pressão

$$\mathrm{M\,T^{-2}\,L^{-1}} = 1\,\mathrm{kg\,s^{-2}\,m^{-1}} = 10^{3-2}\,\mathrm{g\,s^{-2}\,cm^{-1}} = 10\,\mathrm{g\,s^{-2}\,cm^{-1}} =$$
$$= 10\,\mathrm{g\,s^{-2}\,cm^{-1}}\,\frac{\mathrm{lb}}{453.59\,\mathrm{g}}\,\frac{0.3048\,\mathrm{m}}{\mathrm{ft}} = \frac{10^{1+2} * 0.3048}{453.59}\,\mathrm{lb\,s^{-2}\,ft^{-1}} \cong$$
$$\cong 671.97\,\mathrm{E{-}3}\,\mathrm{lb\,s^{-2}\,ft^{-1}}$$

Questão 1 – 3

Agrupe as variáveis dos problemas que se seguem na forma de grupos adimensionais, aplicando o teorema π de Buckingham:

Q1 – 3 a)

Diferença de pressão entre as duas extremidades dum tubo pelo qual esteja a passar um fluído:

$$\Delta P = f(\rho, \mu, v, D, L)$$

$$[\Delta P] = \mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-2}}$$

$$[\rho] = \mathrm{M\,L^{-3}} \qquad [\mu] = \mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-1}} \qquad [v] = \mathrm{L\,T^{-1}}$$
$$[D] = \mathrm{L} \qquad [L] = \mathrm{L}$$

(i) π_1

$$\pi_1 = \frac{\Delta P}{D^a\,v^b\,\rho^c} \wedge \frac{[\Delta P]}{[D]^a\,[v]^b\,[\rho]^c} = \frac{\mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-2}}}{(\mathrm{L})^a\,(\mathrm{L\,T^{-2}})^b\,(\mathrm{M\,L^{-3}})^c} =$$
$$= \mathrm{M}^{1-c}\,\mathrm{L}^{-1-a-b+3\,c}\,\mathrm{T}^{-2+2\,b} = 1 \implies$$
$$\implies \left\{\begin{aligned} c &= 1 \\ b &= 2 \\ a &= -1-b+3\,c = 0 \end{aligned}\right\} \wedge \pi_1 = \frac{\Delta P}{v^2\,\rho}$$

(ii) π_2

$$\pi_2 = \frac{\mu}{D^a\,v^b\,\rho^d} \wedge = \frac{[\mu]}{[D]^a\,[v]^b\,[\rho]^c} = \frac{\mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-1}}}{(\mathrm{L})^a\,(\mathrm{L\,T^{-1}})^b\,(\mathrm{M\,L^{-3}})^c} =$$
$$= \mathrm{M}^{1-c}\,\mathrm{L}^{-1-a-b+3\,c}\,\mathrm{T}^{-1+b} \implies \left\{\begin{aligned} c &= 1 \\ b &= 1 \\ a &= -1-b+3\,c = 1 \end{aligned}\right\} \wedge \pi_2 = \frac{\mu}{D\,v\,\rho}$$

Nota: Para ter a formula em função de uma variável espeçifica não ha incluímos no grupo das variáveis de recurso

(iii) pi_3

$$\pi_3 = \frac{L}{D^a\, v^b\, \rho^d} = \frac{L}{D}$$

Q1 – 3 b)

Força actuante sobre uma esfera no seio dum fluído em movimento relativamente a ela:

$$F = f(\rho, \mu, v_r, D)$$

$$\left.\begin{cases} [F] = \mathrm{M\,L\,T^{-2}} \\ \\ [\rho] = \mathrm{M/L^3} \qquad [\mu] = \mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-1}} \\ [v_r] = \mathrm{L/T} \qquad [D] = \mathrm{L} \end{cases}\right\} \implies$$
$$\implies \{D, v_r, \rho\}$$

- 5 Numero de variáveis
- 3 Numero de grandezas fund presentes
- $5 - 3 = 2$ grupos adimensionais

$$|F| = F[\rho]^a\,[v_r]^b\,[D]^c = |F|(\mathrm{M\,L\,T^{-2}})\,(\mathrm{M/L^3})^a\,(\mathrm{L/T})^b\,(\mathrm{L})^c = |F|\mathrm{M}^{1+a}\,\mathrm{L}^{1-3\,a+b+c}\,\mathrm{T}^{-2-b}$$
$$\implies \left\{\begin{aligned} 1 + a = 0 \implies a = -1 \\ -2 - b = 0 \implies b = -2 \\ 1 - 3\,a + b + c = 1 - 3\,(-1) + (-2) + c = 0 \implies c = -2 \end{aligned}\right\} \implies$$
$$\implies |F| = F/\rho\,v_r^2\,D^2$$

Q1 – 3 c)

Potência necessária para accionar um ventilador:

$$P = f(\rho, \mu, N, D, Q)$$

$$\left\{\begin{array}{ll} [P] = \mathrm{J\,s^{-1}} = \mathrm{kgm^2/s^3} = \mathrm{M\,L^2/T^3} & \\ [\rho] = \mathrm{M/L^3} & [\mu] = \mathrm{M/L\,T} \\ [N] = \mathrm{T^{-1}} & [D] = \mathrm{L} \\ [Q] = \mathrm{M\,L^2/T^2} & \end{array}\right\}$$

- 6 Variávies
- 3 Fundamentais
- $6 - 3 = 3$ Adimensionais

(i)

$$|P| = P[\rho]^a\,[N]^b\,[D]^c = |P|\,\mathrm{M\,L^2/T^3}\,(\mathrm{M/L^3})^a\,(\mathrm{T^{-1}})^b\,(\mathrm{L})^c =$$
$$= |P|\,(\mathrm{M}^{1+a}\,\mathrm{L}^{2-3\,a+c}\,\mathrm{T}^{-3-b}) \implies$$
$$\implies \left\{\begin{array}{r} 1 + a = 0 \implies a = -1 \\ -3 - b = 0 \implies b = -3 \\ 2 - 3\,a + c = 2 - 3\,(-1) + c = 0 \implies c = -5 \end{array}\right\} \implies$$
$$\implies |P| = P/\rho\,N^3\,D^5$$

Q1 – 3 d)

Força actuante sobre um corpo flutuante num líquido em movimento:

$$F = f(\rho, \mu, g, L, V_r)$$

$$[F] = \mathrm{M\,L\,T^{-2}}$$

$$[\rho] = \mathrm{M\,L^{-3}} \qquad [\mu] = \mathrm{M\,L^{-1}\,T^{-2}} \qquad [g] = \mathrm{L\,T^{-2}}$$
$$[L] = \mathrm{L} \qquad [v_r] = \mathrm{L\,T^{-1}}$$

$$\{\rho, L, v_r\}$$

(i) π_1

$$\pi_1 = \frac{\mu}{\rho^a\,L^b\,v_r^c} \wedge \frac{[\mu]}{[\rho]^a\,[L]^b\,[v_r]^c} = \frac{\mathrm{M^1\,L^{-1}\,T^{-2}}}{(\mathrm{M\,L^{-3}})^a\,(\mathrm{L})^b\,(\mathrm{L\,T^{-1}})^c} =$$
$$= \mathrm{M}^{1-a}\,\mathrm{L}^{-1+3\,a-b-c}\,\mathrm{T}^{-2+c} = 1 \implies \begin{cases} a = 1 \\ c = 2 \\ b = -1 + 3\,a - c = 0 \end{cases} \wedge \pi_1 = \frac{\mu}{\rho\,v_r^2}$$

(ii) π_2

$$\pi_2 = \frac{g}{\rho^a\,L^b\,v_r^c} \wedge \frac{[g]}{[\rho]^a\,[L]^b\,[v_r]^c} = \frac{\mathrm{L^1\,T^{-2}}}{(\mathrm{M\,L^{-3}})^a\,(\mathrm{L})^b\,(\mathrm{L\,T^{-1}})^c} =$$
$$= \mathrm{m}^{0-3\,a}\mathrm{L}^{1+3\,a-b-c}\,\mathrm{T}^{-2+c} = 1 \implies \begin{cases} a = 0 \\ c = 2 \\ b = 1 + 3\,a - c = -1 \end{cases} \wedge \pi_2 = \frac{g}{L^{-1}\,v_r^2}$$

II – Resolução

III – Exercícios

Questão 2 – 1

Qual é a tensão tangencial que se deve aplicar a uma placa plana móvel que se encontra separada 1 mm de outra placa plana fixa, para que ela se movimente a uma velocidade de $0.5\,\mathrm{m\,s^{-1}}$, sabendo que entre as 2 existe água a 20 °C?

Se a placa tiver 1 m de comprimento e 1.5 m de largura, qual o valor da força aplicada?

1 Reologia

Tipos de Fluidos

1.1 Fluidos Newtonianos

$$\frac{\mathbf{d}v}{\mathbf{d}x} = cte$$

Viscosidade constante com a viscosidade de corte

1.2

$$\frac{\mathbf{d}v}{\mathbf{d}x} = f(x) \vee f(t)$$
$$\mu_a = \frac{\tau_y}{\left|\frac{\mathbf{d}v}{\mathbf{d}x}\right|}$$

μ_a: Viscosidade aparente (ponto a ponto)

Viscosidade variada com a v de corte Divididos em

- Viscosidade varia com o tempo
- Viscosidade não varia com o tempo

1.3 Plastico de Bingham

$$\tau_y = \tau_0 - k\frac{\mathbf{d}v}{\mathbf{d}x}$$

Até ser aplicada a tensão de corte o fluido se comporta como sólido exemplo:

- pasta de dentes
- Geleia
- Suspensões de argila em agua

1.4 Fluidos pseudo plásticos

Diminuem viscosidade aplicada tensão

Exemplo

- Ketschup

1.5 Fluidos Dilatantes

$$\tau_y = -k\,\frac{\mathbf{d}v}{\mathbf{d}x}\bigg|^n$$

Almentam a resistencia quão maior a tensão aplicada em um curto periodo de tempo

Exemplo

- Suspensões amido
- de silicato
- Areia da práia
- Areia movedissa

Questão 2 – 2

Considere duas placas planas paralelas que estão separadas entre si de 5.1 cm. Uma delas movimenta-se a $5.1\,\mathrm{cm\,s^{-1}}$ e a outra, no sentido oposto a $17.8\,\mathrm{cm\,s^{-1}}$. A viscosidade ($\mu$) do fluído entre elas é constante e vale $363\,\mathrm{lb\,ft^{-1}\,h^{-1}}$.

- $\mu = 363\,\mathrm{lb\,ft^{-1}\,h^{-1}}$
- $\tau_c = 0.4792\,\mathrm{kg\,m^{-1}\,s^{-2}}$

Q2 – 2 a)

Calcular a tensão de corte (τ) em cada placa.

Q2 – 2 b)

Calcular a velocidade do fluído em intervalos de 1.3 cm duma placa à outra.

$$\tau \int_{x_1}^{x} \mathrm{d}x = \mu \int_{v_1}^{v} \mathrm{d}v \implies V = V_1 - \frac{\tau}{\mu}(x - x_1) = 5.1 - \frac{6.74}{1.5}(x - 0) =$$
$$= \begin{cases} 5.1 - 4.493 * 1.3 = -0.741 \\ 5.1 - 4.493 * 2.6 = -6.583 \\ 5.1 - 4.493 * 3.9 = -12.424 \end{cases}$$

Q2 – 2 c)

Determinar a tensão de corte e os perfis de velocidade se o fluído não fôr newtoniano, mas sim um plástico de Bingham com:

$$\tau_y = \tau_c - \mu \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} \implies$$
$$\implies (\tau_y - \tau_c) \int_{x_1}^{x_2} \mathrm{d}x (\tau_y - \tau_c)\, \Delta x|_{x_1}^{x_2} = -\mu \int_{V_2}^{V_1} \mathrm{d}V = -\mu\, \Delta V|_{v_1}^{v_2} \implies$$
$$\implies \tau_y = -\mu \frac{v_2 - v_1}{x_2 - x_1} + \tau_c = \tau_a + \tau_c \cong (6.74 + 4.79)\mathrm{g\,cm^{-1}\,s^{-2}} \cong$$
$$\cong 11.53\,\mathrm{g\,cm^{-1}\,s^{-2}} \implies V = V_1 - \frac{\tau - \tau_c}{\mu}(x - x_1) \cong (5.1 - 6.74\,x)\mathrm{g\,cm^{-1}\,s^{-2}}$$

Questão 2 – 3

Um óleo flui laminarmente num tubo com diâmetro interno de 1.27 cm e um caudal de 4.55e-4 $\mathrm{m^3/s}$. Sendo $\mu = 300\,\mathrm{cP}$ e a densidade de 959.8 $\mathrm{kg/m^3}$, calcular:

$$\mu = 300\,\mathrm{cP}$$

Q2 – 3 a)

A queda de pressão por metro de comprimento do tubo.

$$\frac{\Delta P}{\Delta y} = \bar{V} \frac{32\,\mu}{D_1^2}$$
$$\wedge\ \bar{V} = \frac{\rho_v}{S} = \frac{4.55\ \mathrm{E}-10}{\pi\, r^2} = \frac{4.55\ \mathrm{E}-10}{\pi\,(1.27/2)^2} \cong 359.36\,\mathrm{E{-}12} \implies$$
$$\implies\ \bar{V} = \frac{32 * 300\ \mathrm{E}-2}{(1.27)^2} \frac{4.55\ \mathrm{E}-10}{\pi\,(1.27/2)^2} \cong 21.38\,\mathrm{E{-}9}$$

Q2 – 3 b)

A tensão de corte nas paredes.

$$\tau_{r=R} = \frac{2.14\,\mathrm{E{-}3}}{2} \frac{1.27}{2} \cong 67.95\,\mathrm{E3}\,\mathrm{g\,m^{-1}\,s^{-2}}$$

Q2 – 3 c)

A velocidade no eixo do tubo.

$$V_{r=0} = \frac{1}{4 * 0.3} * 2.14\ \mathrm{E}\,5 * \frac{1.27\ \mathrm{E}-2}{2} \cong 7.18\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$

Q2 – 3 d)

A posição radial do ponto no qual a velocidade é igual à velocidade média.

$$3.59 = \frac{1}{4 * 0.3} 2.14\ \mathrm{E}\,5 \left(\frac{1.27\ \mathrm{E}{-}2}{2} - r^2 \right) = 0.0045 \implies$$
$$\implies\ r = 0.45\,\mathrm{cm}$$

Questão 2 – 3

Um óleo flui laminarmente num tubo com diâmetro interno de 1.27 cm e um caudal de 4.55 E −4 $m^3\,s^{-1}$. Sendo $\mu = 300\,\mathrm{cP}$ e a densidade de 959.8 $kg\,m^{-3}$, calcular:

Q2 – 3 a)

A queda de pressão por metro de comprimento do tubo.

$$-\frac{\Delta P}{\Delta L} = \frac{32\,\mu}{D^2}\bar{v} = \frac{32 * 300\ \mathrm{E}-3}{(1.27\ \mathrm{E}-2)^2}\frac{4.55\ \mathrm{E}-4}{\pi(1.27\ \mathrm{E}-2/2)^2} = \frac{32 * 300}{(1.27)^2}\frac{4.55}{\pi(1.27/2)^2}\ \mathrm{E}\,1 \cong$$
$$\cong 213.79\,\mathrm{E}3$$

Q2 – 3 b)

A tensão de corte nas paredes.

$$\tau = -\frac{\Delta P}{\Delta L}\frac{r_1}{2} = 213.79\,\mathrm{E}3\,\frac{(1.27\ \mathrm{E}-2/2)}{2} = 2.14\,\frac{(1.27/2)}{2}\ \mathrm{E}\,1 \cong 6.79$$

Q2 – 3 c)

A velocidade no eixo do tubo.

$$v = \frac{1}{4\,\mu}\left(-\frac{\Delta P}{\Delta L}\right)(r_1^2 - r^2) \cong \frac{1}{4 * 300\ \mathrm{E}-3}\,213.79\,\mathrm{E}3\,((1.27\ \mathrm{E}-2/2)^2 - 0) = \frac{1}{4 * 300}\,2.14\,($$

Q2 – 3 d)

A posição radial do ponto no qual a velocidade é igual à velocidade média.

$$\frac{1}{4\,\mu}\left(-\frac{\Delta P}{\Delta L}\right)(r_1^2 - R^2) = \bar{v} = \frac{G_v}{S} \implies$$
$$\implies R = -\sqrt{r_1^2 - \frac{G_v}{S}4\,\mu\left(-\frac{\Delta P}{\Delta L}\right)^{-1}} =$$
$$= \sqrt{(1.27/2)^2 - \frac{4.55\ \mathrm{E}-4}{\pi\,(1.27/2)^2}4 * 300\ \mathrm{E}-2 * 213.79^{-1}} =$$
$$= \sqrt{(1.27/2)^2 - \frac{4.55}{\pi\,(1.27/2)^2}4 * 300 * 213.79^{-1}}\ \mathrm{E}-4 \cong -444.50\,\mathrm{E}-6$$

Questão 3 – 5

Pretende-se bombear $4\,\mathrm{dm}^3/\mathrm{s}$ de uma solução de ácido sulfúrico através dum tubo de 2.5 cm de diâmetro, em chumbo, e a uma altura de 25 m. O tubo tem 30 m de comprimento e contém dois joelhos em ângulo recto. Calcular a potência da bomba teoricamente necessária.

- $\rho_{\text{solução ácido}} = 1531\,\mathrm{kg/m^3}$;
- $\mu_{\text{solução ácido}} = 0.065\,\mathrm{kg\,m^{-1}\,s^{-1}}$;
- rugosidade chumbo $= 0.05\,\mathrm{mm}$.

- $G_v = 4\ \mathrm{E}-3\,\mathrm{m^3/s}$
- $\Delta z = 25\,\mathrm{m}$
- 2 Joelhos ⊠90
- $D = 2.5\ \mathrm{E}-2\,\mathrm{m}$
- $L = 30\,\mathrm{m}$

$$Pot_b = \mathit{\Delta} P_b\, G_v = (h_{bomba}\,\rho\, g)\, G_v = \begin{pmatrix} \mathit{\Delta} P \\ +\dfrac{\mathit{\Delta} v^2}{2\, g} \\ +\dfrac{\mathit{\Delta} P}{\rho\, g} \\ +h_{at} \end{pmatrix} \rho\, g G_v = \rho\, g\, G_v \begin{pmatrix} 0 \\ +\dfrac{\left(\frac{G}{\pi\,(D/2)^2}\right)^2}{2\, g} \\ +0 \\ +\dfrac{4\, \mathit{\Phi}\, v^2\, L}{g\, D} \end{pmatrix} =$$

$$= \rho\, g\, G_v \begin{pmatrix} \dfrac{\left(\frac{G}{\pi\,(D/2)^2}\right)^2}{2\, g} \\ +\dfrac{4\, f\,(Re, e/D)\ v^2\, L}{g\, D} \end{pmatrix} = \rho\, g\, G_v \begin{pmatrix} \dfrac{\left(\frac{G}{\pi\,(D/2)^2}\right)^2}{2\, g} \\ +\, f\left(\dfrac{\rho\, v\, D}{\mu}, \dfrac{\varepsilon}{D}\right)\ \dfrac{4\, v^2\, L}{g\, D} \end{pmatrix} =$$

$$= \rho\, G_v \left(\frac{G}{\pi\,(D/2)^2}\right)^2 \begin{pmatrix} 0.5 \\ +\, f\left(\dfrac{\rho\,\left(\frac{G}{\pi\,(D/2)^2}\right)\ D}{\mu}, \dfrac{\varepsilon}{D}\right)\ \dfrac{4\, L}{D} \end{pmatrix} =$$

$$= (1531)\,(4\ \mathrm{E}-2)\ \left(\frac{4\ \mathrm{E}-2}{\pi\,((2.5\ \mathrm{E}-2)/2)^2}\right)^2 *$$

$$* \begin{pmatrix} 0.5 \\ +\, f\left(\dfrac{1531\ \left(\frac{4\ \mathrm{E}-3}{\pi\,(2.5\ \mathrm{E}-2/2)^2}\right)\ 2.5\ \mathrm{E}-2}{0.065}, \dfrac{0.05\ \mathrm{E}-3}{2.5\ \mathrm{E}-2}\right)\ \dfrac{4\,(30)}{D} \end{pmatrix}$$

IV – Exercicios

Questão 4 – 1

Bombeia-se um produto petrolífero a um certo caudal por um tubo horizontal com um comprimento de $100\,\mathrm{m}$ e um diametro (D) de $0.15\,\mathrm{m}$. A queda de pressão por atrito no tubo é $70\,\mathrm{kN\,m^{-2}}$ Durante uma reparação no tubo usou-se tubagem alternativa ($70\,\mathrm{m}$ de $0.2\,\mathrm{m}$ de diâmetro, seguidos de $50\,\mathrm{m}$ de $0.1\,\mathrm{m}$ de diâmetro). A bomba existente tem uma pressão de descarga de $350\,\mathrm{kN\,m^{-2}}$. Trabalhando com o mesmo caudal pode-se continuar a usar a mesma bomba durante as reparações? Despreze a variação de energia cinética.

Outros dados

Rugosidade da Superfície: $\varepsilon = 0.005\,\mathrm{mm}$

$\mu = 0.5\ \mathrm{E}{-3}\,\mathrm{kg\,m^{-1}\,s^{-1}}$

Densidade: $\rho = 700\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$