UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS ALTO PARAOPEBA

CAMILA CRISTINA OLIVEIRA

CARLOS HENRIQUE SOUSA RIBEIRO CAMPOS

# PORTFÓLIO DE EXERCÍCIOS DA UNIDADE CURRICULAR DE MECÂNICA DOS FLUIDOS PARA ENGENHARIA QUÍMICA

OURO BRANCO-MG

2020

CAMILA CRISTINA OLIVEIRA

CARLOS HENRIQUE SOUSA RIBEIRO CAMPOS

# PORTFÓLIO DE EXERCÍCIOS DA UNIDADE CURRICULAR DE MECÂNICA DOS FLUIDOS PARA ENGENHARIA QUÍMICA

O PORTFÓLIO FOI SOLICITADO PELO PROFESSOR FABIANO LUIZ NAVES COMO REQUISITO PARA APROVAÇÃO NA UNIDADE CURRICULAR DE MECÂNICA DOS FLUIDOS DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

OURO BRANCO - MG

NOVEMBRO DE 2020

**Questão 1**: Tem-se duas placas com uma distância entre elas. A placa inferior é fixa e a superior se move com determinada velocidade. Se os espaços entre essas placas for preenchido com óleo com determinada viscosidade e uma determinada massa específica. Elabore uma forma de determinar a tensão de cisalhamento do óleo e a força tangencial necessária para colocar a placa superior em movimento.

Farei algumas considerações para auxiliar na resolução desse problema.

Considerações:

- Trabalhamos com o Sistema Internacional de Unidades;
- Consideramos o perfil de velocidade linear;
- Tanto o perfil de velocidade do fluido quanto a espessura de tubo serão fornecidas;
- A velocidade cinemática e massa específica também serão fornecidas.

É necessário conhecer o fluido (óleo) que passa entre as duas placas, pois as características de viscosidade e massa específica são particulares de cada um.

Como foi fornecido a viscosidade cinemática, deve-se encontrar a viscosidade dinâmica que será utilizada no cálculo da tensão de cisalhamento

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho}$$

rearranjando a equação acima, temos

$$\mu = \upsilon.\rho$$

Encontrando a viscosidade dinâmica, podemos calcular a tensão de cisalhamento, usando a fórmula

$$\tau = \mu.\frac{V}{\varepsilon}$$

Após encontrar a tensão de cisalhamento e lembrando da fórmula

$$\tau = \frac{F_t}{A}$$

Rearranjando-a

$$F_t = \tau.A$$

Podemos encontrar a força tangencial necessária para movimentar a placa superior.

**Questão 2:** Pressão no manômetro sendo zero.

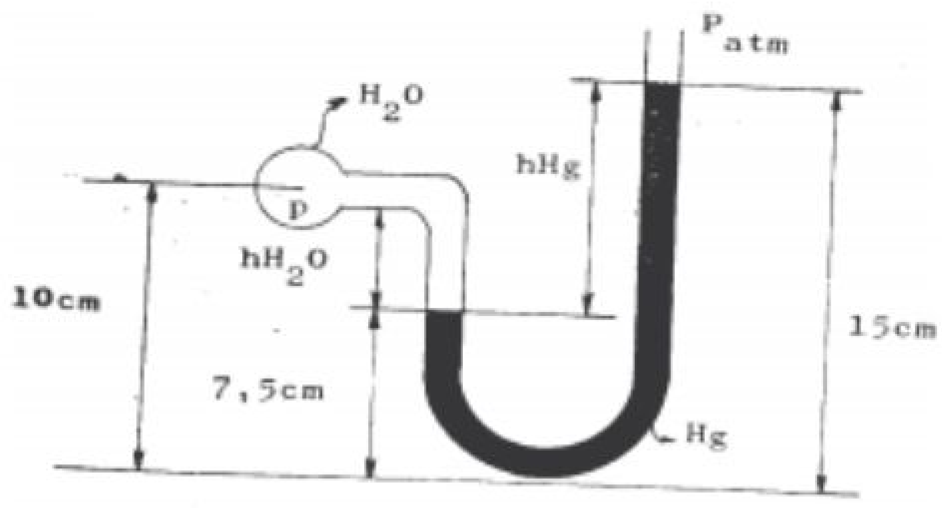
A pressão que o aluno tomou pode apresentar o valor de zero no manômetro se a pressão da tubulação for igual a zero ao compará-la com a pressão atmosférica, pois o manômetro tem a sua calibração baseada na pressão atmosférica. Outro fator importante é a possibilidade da tubulação estar ao nível do mar (onde a altitude é zero), e neste caso a pressão atmosférica é considerada zero, logo o manômetro poderá mostrar o valor de zero.

**Questão 3:** Criar uma planilha no Excel para cálculo de conversão de unidades de pressão.

O documento estará anexado junto ao portfólio.

**Questão 4:** Encontre duas formas para resolver o problema

Determinar a pressão p.




Dados:

$\gamma_{H_2O} = 1000\ kgf/m^3$

$\gamma_{Hg} = 13600\ kgf/m^3$

1º modo de calcular:

$P + \gamma_{H2O}.h_{H2O} - \gamma_{Hg}.h_{Hg} = P_{atm}$

$P + 1000.0,025 - 13600.0,075 = 0$

$P = 995\ \frac{kgf}{m^2}$

2ª maneira de calcular:

$P + \gamma_{Hg}.h_{Hg} - \gamma_{H2O}.h_{H2O} = P_{atm}$

P+13600.0,075-1000.0,025=0

$P = 995\ \frac{kgf}{m^2}$

**Questão 5 :** Encontre qual a relação entre vazão mássica ou em massa e volumétrica.

Quando referimos a vazão volumétrica, referimos ao volume de fluido que passa em uma determinada área específica em um dado tempo, e é calculada pela fórmula

$Q = \frac{V}{t}$

suas unidades são $cm^3$/s, $m^3$/min, $m^3$/h, l/s, l/min, l/h.

Quando referimos a vazão mássica, referimos a massa de fluido que atravessa uma determinada seção de escoamento em um dado tempo, e é calculado por

$Q_m = \frac{m}{t}$

suas unidades são g/s, g/min, kg/min, kg/s, kg/h, utm/s, utm/min.

Partindo dessa breve apresentação sobre o que vem a ser as vazões volumétricas e mássica, pode-se retirar uma relação entre elas.

Como foi dito a vazão volumétrica é calculada pela primeira equação e como sabemos a variável volume pode ser dada por

$\rho = \frac{m}{V}$

Isolando o volume ficamos com

$V = \frac{m}{\rho}$

Substituindo na fórmula, ficamos com

$Q = \frac{m}{\rho}.\frac{1}{t}$

Lembrando da definição de vazão mássica, e substituindo nas equações encontradas, temos

$Q = \frac{m}{t} \cdot \rho$

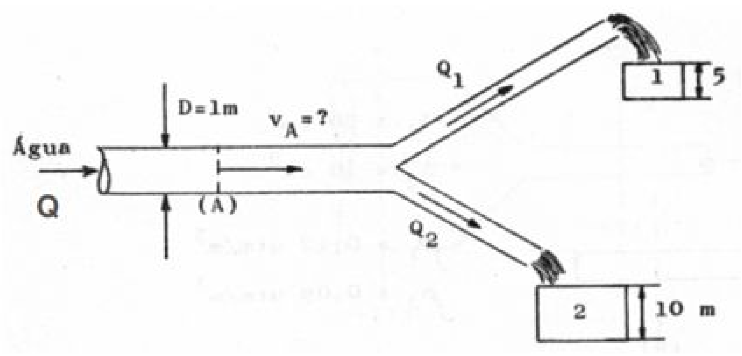
Rearranjando essa equação, ficamos com

$Q_m = Q \cdot \rho$

A fórmula acima relaciona a vazão volumétrica e a vazão mássica.

**Questão 6:** Os reservatórios (1) e (2) da figura são cúbicos. São enchidos pelos tubos respectivamente em 100 seg. e 500 seg. Determinar a velocidade da água na seção A indicada, sabendo-se que o diâmetro é 1m.

Os reservatórios (1) e (2) da figura são cúbicos.
São enchidos pelos tubos respectivamente em 100 seg. e 500 seg.
Determinar a velocidade da água na seção A indicada, sabendo-se que o diâmetro é 1m.




**Equação da Continuidade**

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = \frac{V_1}{t_1} = \frac{125}{100}$$

$$Q_1 = 1{,}25\,m^3/s$$

Qual será a velocidade da água na seção A?

Para resolver, deve-se considerar que:

$\Delta t1 = 100s$;

$\Delta t2 = 500s$

$V_1: 5m \cdot 5m \cdot 5m \rightarrow V_1: 125\,m^3$ (reservatório 1)

$V_2: 10m \cdot 10m \cdot 10\,m \rightarrow V_2: 1000\,m^2$ (reservatório 2)

Logo os cálculos de vazão serão dados pelos valores de Q1 e Q2, como implica a Equação da Continuidade, como foi descrito na figura.

$$Q_1 = \frac{V_1}{\Delta t_1} \rightarrow Q_1 = \frac{125\ m^3}{100\ s} \therefore Q_1 = 1,25\ m^3/s$$

$$Q_2 = \frac{V_2}{\Delta t_2} \rightarrow Q_2 = \frac{1000\ m^3}{500\ s} \therefore Q_2 = 2,00\ m^3/s$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \rightarrow Q = 1,25\ m^3/s + 2,00\ m^3/s \therefore Q = 3,25\ m^3/s$$

Porém, para encontrar VA, devemos considerar que:

$Q = Q_1 + Q_2$ e $Q = v \cdot A$, desta forma temos:

$$V_A \cdot A_A = Q$$

$$V_A \left(\frac{\pi d^2}{4}\right) = 3,25\ m^3/s$$

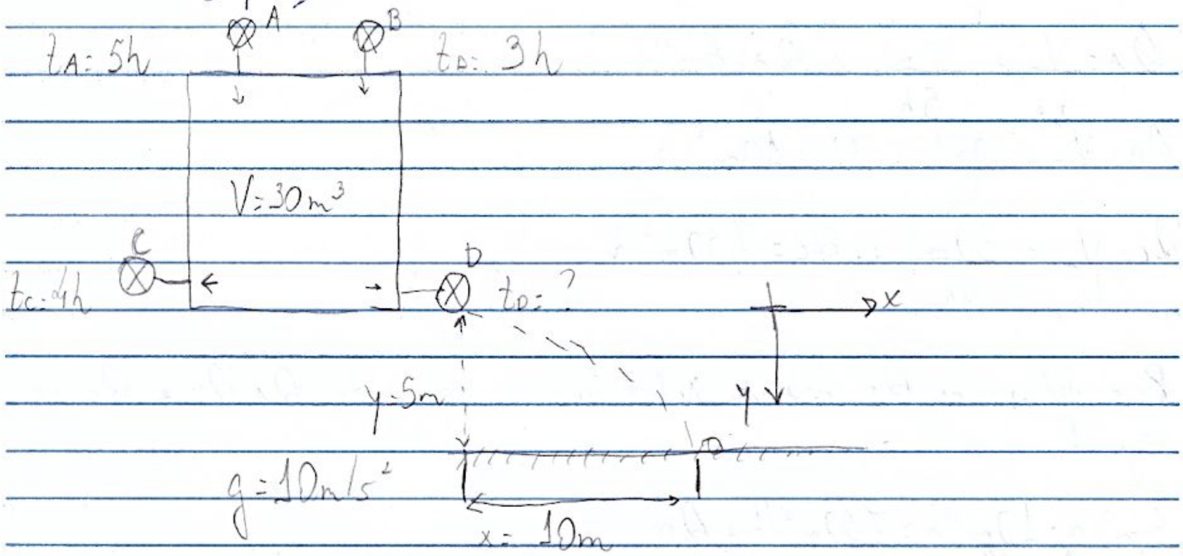
$$V_A \cdot \left[\frac{\pi (1\ m)^2}{4}\right] = 3,25\ m^3/s$$

$$V_A \cdot 0,785\ m^2 = 3,25\ m^3/s$$

$$V_A = \frac{3,25\ m^{\cancel{3}}/s}{0,785\ \cancel{m^2}} \therefore \boxed{V_A = 4,14\ m/s}$$

**Questão 7:** O tanque da figura pode ser enchido pela água que entra pela válvula A em 5 h, pelo que entra por B em 3 h e pode ser esvaziado (quando totalmente cheio) pela válvula C em 4 h (supondo vazão constante). Abrindo todas as válvulas (A, B, C e D) ao mesmo tempo o tanque mantém-se totalmente cheio. Determinar a área da seção de saída de D se o jato de água deve atingir o ponto 0 da figura.

Exercício de Aplicação




Dados:

- $t_A$: 5h
- $t_B$: 3h
- $t_C$: 4h
- V: 30m³
- y: 5m
- x: 10m
- g: 10m/s²

- Enche pela válvula A → 5h;
- Enche pela válvula B → 3h;
- Esvaziado pela válvula C → 4h (totalmente cheio e vazão constante);
- Abrir A, B, C e D ao mesmo tempo, o tanque se mantém cheio;

Determinar: a área da seção de D, e se o jato atinge o ponto O da figura.

Logo: usar a Eq. da Continuidade.

$Q_A + Q_B = Q_C + Q_D$ (1)

Determinando os valores de $Q_A$, $Q_B$, $Q_C$ e $Q_D$:

$$Q_A = \frac{V}{t_A} = \frac{30m^3}{5h} \therefore Q_A = 6m^3/h$$

$$Q_B = \frac{V}{t_B} = \frac{30m^3}{3h} \therefore Q_B = 10m^3/h$$

$$Q_C = \frac{V}{t_C} = \frac{30m^3}{4h} \therefore Q_C = 7{,}50\,m^3/h$$

Para determinar QD, deve-se substituir os valores de $Q_A$, $Q_B$ e $Q_C$ na equação 1:

$$6\,m^3/h + 10\,m^3/h = 7{,}50\,m^3/h + Q_D$$
$$Q_D = 16\,m^3/h - 7{,}50\,m^3/h$$
$$Q_D = 8{,}5\,m^3/h$$

Para calcular a área do tubo D, devemos usar a eq.: $Q_D = A_D * V_X$, temos $Q_D$, mas devemos encontrar o valor de $V_X$:

Logo, deve-se decompor a projeção do lançamento em um plano cartesiano e calcular o lançamento horizontal.

$$V_x = \frac{\Delta S_x}{\Delta t} \qquad V_y = g.t$$
$$V_x = \frac{10\,m}{1\,s} \qquad V_y^2 = 2g.\Delta S_y$$
$$V_x = 10\,m/s \qquad \therefore \Delta S_y = \frac{g\,t^2}{2}$$
$$5\,m = \frac{10\,m/s^2 \cdot t^2}{2}$$
$$t = \sqrt{\frac{5\,\cancel{m}/s^2}{5\,\cancel{m}}}$$
$$t = 1\,s$$

Calculando a área:

$A_D = \frac{Q_D}{V_X}$, e substituir os valores de $Q_D$ e $V_X$, depois converter hora em segundos em $Q_D$.

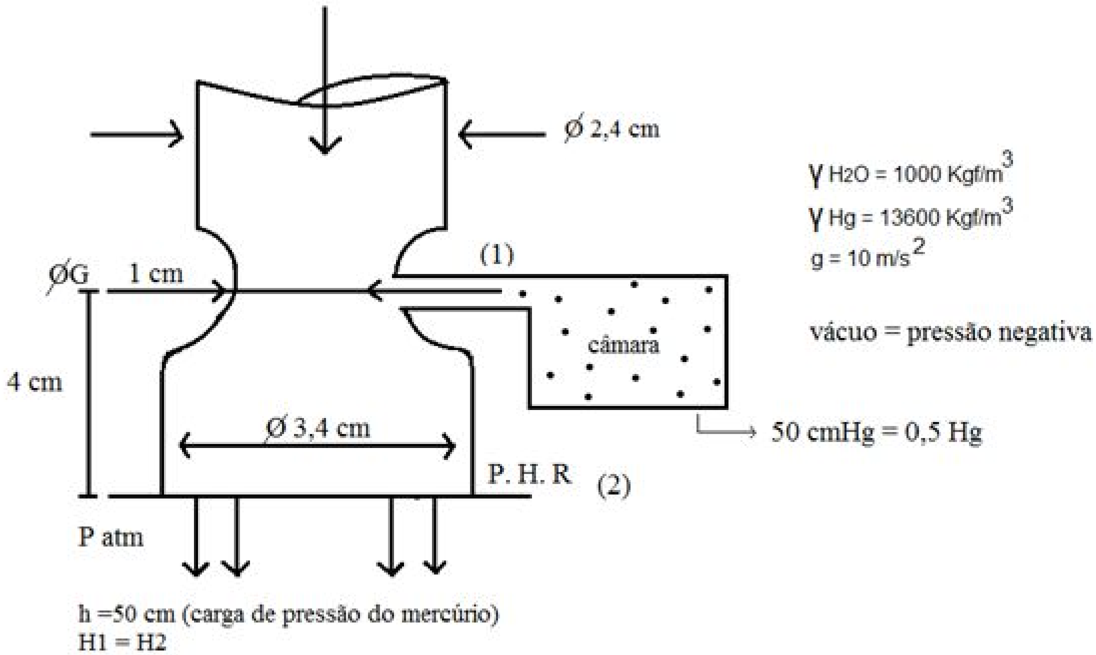
$$Q_D = \frac{8{,}5\,m^3}{\cancel{h}} \cdot \frac{1\,\cancel{h}}{3600\,s} \therefore Q_D = 0{,}00236\,m^3/s$$

$$A_D = \frac{0{,}00236\,m^{\cancel{3}}/\cancel{s}}{10\,\cancel{m}/\cancel{s}} \therefore A_D = 2{,}36 \times 10^{-4}\,m^2$$

Para transformar a área de $A_D$ de $m^2$ para $cm^2$, deve-se multiplicar o resultado por $10^4$, logo:

$$A_D = 2{,}36 \times \cancel{10^{-4}}\,m^2 \cdot \cancel{10^4} \rightarrow A_D = 2{,}36\,cm^2$$

**Questão 8:** Um dos métodos para produzir vácuo numa câmera é descarregar água por um tubo convergente como é mostrado na figura. Qual deverá ser a vazão em massa no tubo da figura para produzir um vácuo de 50 mmHg na câmera?




Admitindo que H1 = H2 podemos abrir a equação de bernoulli para descobrir as perdas de carga de energia, Consideramos P2 e Z2 zero pois está aberto para a atmosfera e está no nível do eixo respectivamente. Assim,temos:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Rearranjando os termos

$$\frac{V1^2 - V2^2}{2g} = -Z_1 - \frac{P1}{\gamma} \quad [1]$$

Usando a equação da continuidade sabemos que a vazão que entra é a mesma que sai, e que é a multiplicação de velocidade e área. Assim:

Q1 = Q2

V1 x A1 = V2 x A2

Isolando V1 e admitindo que a área é dada por $\pi \times D^2/4$:

$V1 = (V2 \times \pi \times D_1^2) /4 \ / \pi \times D_2^2 /4$

Cancelando os termos repetidos;

$V1 = V2 \times (D_1^2 / D_2^2)$

Como o diâmetro da entrada e da saída nos foi dado, temos:

$V1 = V2 \times (3{,}4^2 / 1^2)$

$V1 = V2 \times 11{,}56$ m/s [2]

Substituindo em [1]:

$((11{,}56 \times V2)^2 – V2^2) / 2g = -Z1 – P1/\gamma$

- Z1 é 4 metros,
- P1 usaremos a definição de pressão, que é o peso específico do mercúrio multiplicado pela cota de 0,5 metros.

$P1 = -13600 \times 0{,}5$

$P1 = -6800$ Kgf/m$^3$

Assim:

$((11{,}56 \times V2)^2 – V2^2) / 2g = -Z1 – P1/\gamma$

$((11{,}56 \times V2)^2 – V2^2) / 20 = -4 + 6800/1000$

$133{,}6 \times V2^2 –V2^2 = 2{,}8 \times 20$

$V2^2 (133{,}6 – 1) = 56$

$V2^2 = 56 / 132{,}6$

$V2^2 = 0{,}42$

$V2 = 0{,}65$ m/s

Substituindo em [2] temos :

$V1 = V2 \times 11{,}56$

V1 = 0,65 x 11,56

V1 = 7,5 m/s

Com os valores já estabelecidos de velocidade e área podemos agora encontrar a vazão de entrada, que será:

Q1 = V1 x A1

Q1 = 7,5 x $(\pi D^2)/4$

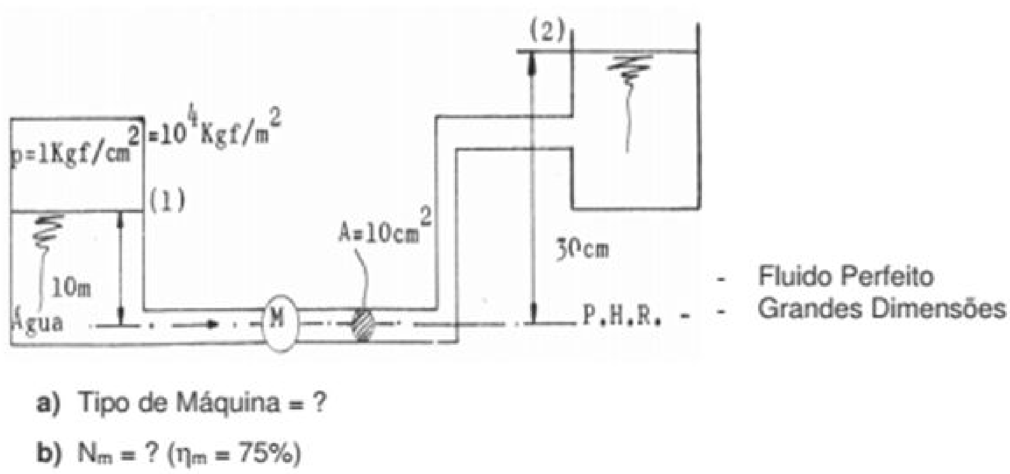
Q1 = 7,5 x (3,14 x $(1x10^{-3})^2$) /4

Q1 = 7,5 x $2,5x10^{-7}$

Q1 = $5,89x10^{-6}$ m/s

Enfim, a vazão necessária para provocar um vácuo de 50cmHg no tubo será de $5,89x10^{-6}$ m/s.

**Questão 9:**




Calculando o tipo de máquina

Primeiramente aplicamos a equação de Bernoulli no trecho (1) - (2)

$H_1 + H_m = H_2$

Isolando o $H_m$

$H_m = H_2 - H_1$

Fazendo o cálculo de $H_1$

$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = 10 + \frac{10^4}{10^3} = 20m$

Fazendo o cálculo de $H_2$

$H_2 = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = 30m$

Assim, $H_m = 10m$

Como $H_m > 0$, $M$ é *uma bomba*

Calculando agora a potência da bomba temos,

$N = \frac{\gamma Q H_B}{75} = \frac{10^3.10^{-2}.10}{75} = 1,33\ C.V.$

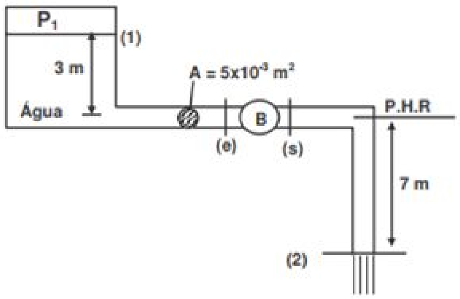
Assim, calculamos o $N_B$

$N_B = \frac{\gamma Q H_B}{n.75} = \frac{10^3.10^{-2}.10}{75.0,75} = 1,78$

Assim, temos que a potência da bomba é de 1,78 C.V.

**Questão 10**:

Dada a instalação da figura, pedem-se:




a) $P_1$

b) $P_e$

c) $P_s$

Q = 25 $\ell$/s

$H_{P_{1,2}} = 3\, m.c.a.$

$H_{P_{1,e}} = 0{,}5\, m.c.a.$

$g = 10 m / s^2$

$\gamma = 10^3$ kgf/m$^3$

$N = 1\, C.V.$

Fazendo os cálculos para encontrar $P_1$

$$H_1 + H_B = H_2 + HP_{1,2}$$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + HP_{1,2}$$

Rearranjando a equação acima, temos

$$\frac{P_1}{\gamma} = Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2g} + HP_{1,2} - H_B$$

Onde $Z_1$= 3 metros e $Z_2$= -7 metros

Sabendo que a velocidade pode ser calculada pela equação

$$V_2 = \frac{Q}{A}$$

Calculamos essa velocidade, adequando todas as unidades para o Sistema Internacional de Unidades

$$Q = \frac{25l}{s} \cdot \frac{1m^3}{1000l} = \frac{0{,}025m^3}{s}$$

$$V_2 = \frac{0{,}025m^3}{s} \div 5{,}0.10^{-3}m^2 = \frac{5m}{s}$$

Encontramos $HP_{1,2}$ de 3m

Utilizando a fórmula

$\eta = \gamma Q_B H_B$

Encontramos a perda de carga da bomba, representada por $H_B$

$H_B = 4,0.10^{-3} m$

Utilizando a equação

$\frac{P_1}{\gamma} = Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2g} + HP_{1,2} - H_B$

Temos,

$\frac{P_1}{\gamma} = 7m - 3m + \frac{25}{20} + 3 - 3 =- 8,75$

Assim,

$P_1 =- 8750 \frac{kgf}{m^3}$

Calculando $P_e$

Aplicamos Bernoulli de (1) - (e), assim $H_1 = H_e + H_{p1,e}$

A velocidade é a mesma de 5m/s.

Assim,

$\frac{P_e}{1000} = 3 - \frac{8750}{1000} - \frac{25}{20} - 0,5 = \ -7,5$

$P_e =- 7500 \frac{kgf}{m^2}$

Calculando $P_s$

Aplicamos Bernoulli de (e) - (s), assim $H_e + H_B = H_S$

Assim,

$Z_e + \frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2g} + H_B = Z_S + \frac{P_S}{\gamma} + \frac{V_S^2}{2g}$

$\frac{P_S}{\gamma} = \frac{P_e}{\gamma} + H_B =- 7,5 + 3 =- 4,5$

$P_S =- 4500 \ \frac{kgf}{m^2}$

**Questão 11:** Importância dos números adimensionais para Mecânica dos Fluidos aplicada em Engenharia Química.

Para determinar os números adimensionais mais importantes na Mecânica dos Fluidos, devemos saber as unidades utilizadas para obtê-los:

- F (ρ, v, L, μ, F, g, c) = 0;
- ρ = massa específica do fluido;
- v = velocidade característica;
- L = comprimento característico;
- μ = viscosidade dinâmica do fluido;
- F = força oposta ao movimento;
- g = aceleração da gravidade;
- c = velocidade do som.

Número de Reynolds (Re): utilizado para obter o escoamento de fluido incompressível em condutos forçados.

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu} = \frac{vL}{\frac{\mu}{\rho}} = \frac{vL}{\upsilon}$$

$$Re = \frac{forças\ de\ inércia}{forças\ de\ atrito\ viscosos} = \frac{F_i}{F_v}$$

É utilizado parâmetros diferentes para saber como o fluxo do fluido pode ser classificado.

- Re ≤ 2.000, escoamento laminar;
- 2.000 < Re < 4.000, escoamento de transição;
- Re ≥ 4.000, escoamento turbulento.

Número de Euler (Eu): utilizado para obter o escoamento de fluidos em torno de corpos submersos (aerodinâmica), em máquinas hidráulicas, e em tubos.

$$Eu = \frac{F}{\rho v^2 L^2} = \frac{\Delta P}{\rho v^2}$$

$$Eu = \frac{forças\ de\ inércia}{forças\ de\ atrito\ viscosas} = \frac{F_i}{F_{\Delta p}}$$

Número de Froude (Fr): utilizado para obter o escoamento de em canais, rios, vertedouros, ação de ondas sobre estruturas de navios, e etc.

$$Fr = \frac{v^2}{gL} = \frac{\Delta P}{\rho v^2}$$

$$Fr = \frac{forças\ de\ inércia}{forças\ de\ gravidade} = \frac{F_i}{F_g}$$

Número de Mach (□): utilizado para obter o escoamento de fluidos compressíveis.

$$\square = \frac{v}{c}$$

$$\square = \sqrt{\frac{forças\ de\ inércia}{forças\ de\ compressibilidade}} = \sqrt{\frac{F_i}{F_c}}$$

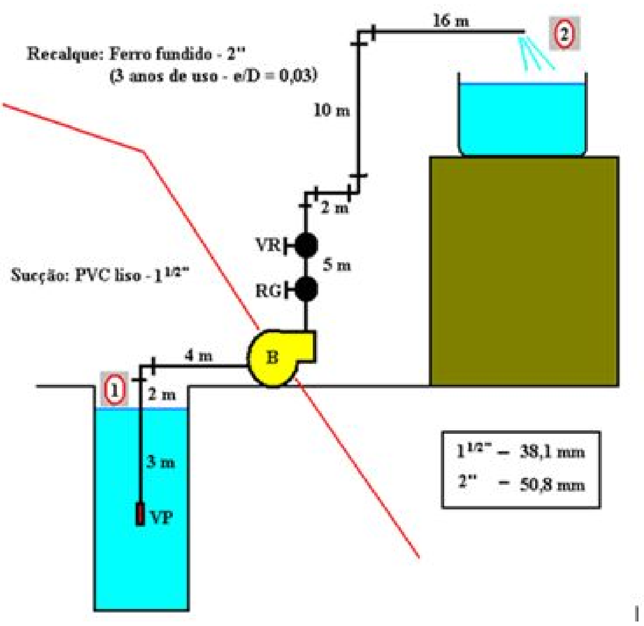
É utilizado parâmetros diferentes para saber como o fluxo do fluido pode ser classificado.

- □ < 1 e v < c, escoamento subsônico;
- □ = 1 e v = c, escoamento de sônico;
- □ > 1 e v > c, escoamento supersônico.

**Questão 12:** Qual a potência teórica da bomba para a instalação esquematizada a seguir, considerando-se que a vazão de água transportada é de 10 $\frac{m^3}{h}$ ?

Utilize o método da fórmula universal

Qual a potência teórica da bomba para a instalação esquematizada a seguir, considerando-se que a vazão de água transportada é de 10 m³ /h?




Primeiramente calculamos o fluxo de massa

$$\frac{10m^3}{h} \div \frac{1h}{3600s} = 2,77.10^{-3}\frac{m^3}{s} = 0,00277\frac{m^3}{s}$$

Tendo a área de cada seção (sucção e recalque), determinamos as velocidades

$$V_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$V_2 = \frac{0,00277}{0,00202} = 1,371 \frac{m}{s}$

Sendo $V_2$ a velocidade de escoamento da água no ponto 2 (saída)

$V_1 = \frac{Q}{A_1}$

$V_1 = \frac{0,00277}{0,00144} = 2,429 \frac{m}{s}$

Sendo $V_1$ a velocidade de escoamento da água no ponto 1 (entrada)

Calculamos as perdas de carga localizadas, utilizando a fórmula abaixo

$h_S = K_S.\frac{V_X^2}{2g}$

$h_{S\,sucção} = h_{S\,\text{válvula pé}} + h_{S\,\text{curva }90^\circ} + h_{S\,\text{trecho reto}}$

Para facilitar, calcularei separadamente cada perda de carga e posteriormente somarei as perdas de cargas

$h_{S\,\text{válvula pé}} = K_S.\frac{V_1^2}{2g} = 1,75.\frac{(2,429)^2}{20} = 0,51625\ m$

$h_{S\,\text{curva }90^\circ} = K_S.\frac{V_1^2}{2g} = 0,4.\frac{5,9}{20} = 0,118\ m$

$h_{S\,\text{trecho reto}} = 9,0\ m$

Assim, ao somar os valores de perda de carga calculados acima, ficamos com a seguinte perda de carga para a sucção

$h_{S\,\text{sucção}} = 0,51625\ m + 0,118\ m + 9,0\ m = 9,6343\ m$

Fazemos o mesmo procedimento para calcular a perda de carga localizada para o recalque

$h_{S\,\text{recalque}} = h_{S\,\text{registro de gaveta}} + h_{S\,\text{válvula de retenção}} + h_{S\,\text{trecho reto}} + 3.h_{S\,\text{curva }90^\circ} + h_{S\,\text{saída}}$

Calculando separadamente as perdas de carga, obtemos

$h_{S\,\text{registro de gaveta}} = K_S.\frac{V_2^2}{2g} = 0,2.\frac{(1,371)^2}{20} = 0,0188\ m$

$h_{S\,\text{válvula de retenção}} = K_S.\frac{V_2^2}{2g} = 2,5.0,094 = 0,235\ m$

$h_{S\,\text{trecho reto}} = 5,0\ m + 2,0\ m + 16,0\ m + 10,0\ m = 33,0\ m$

$h_{S\,\text{curva }90^\circ} = K_S.\frac{V_2^2}{2g} = 0,4.0,094 = 0,0376\ m$

$h_{S_{saída}} = K_S.\frac{V_2^2}{2g} = 1,0.0,094 = 0,094\ m$

Assim, ao somarmos as perdas de carga localizadas, encontramos a perda de carga localizada no recalque

$h_{S_{reca.que}} = 0,0188\ m + 0,235\ m + 33,0\ m + 3.(0,0376)\ m + 0,094\ m = 33,46\ m$

Com as velocidades podemos determinar os números de Reynolds para a sucção e para o recalque

$R_e = V.\frac{D}{\upsilon}$

Onde $\upsilon$ é a velocidade cinemática e vale $1,006.10^{-6}$.

Assim,

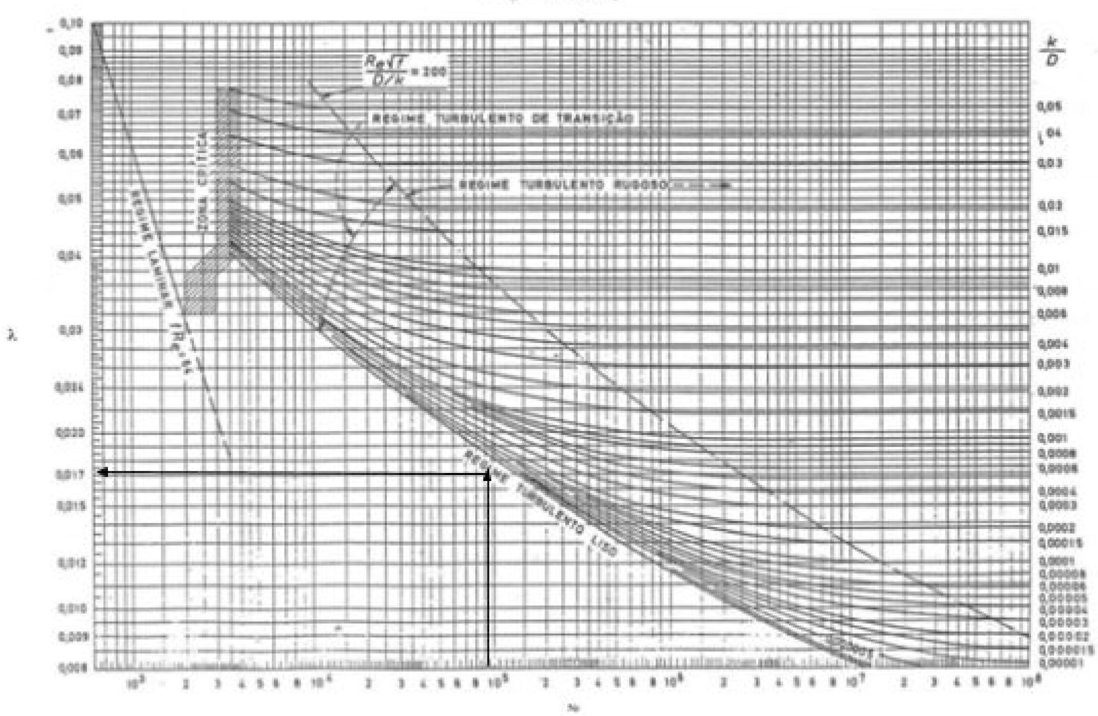
$Re_{sucção} = 9,2.10^4 > 4000$

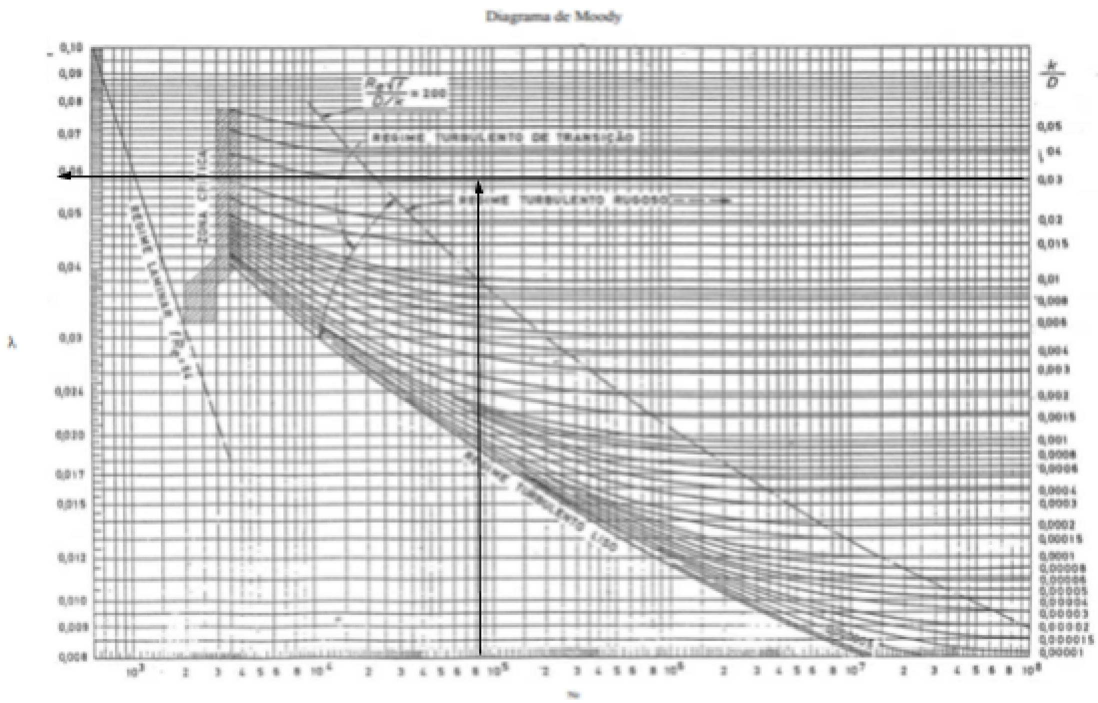
$Re_{recalque} = 6,9.10^4 > 4000$

Como o Reynolds foi acima de 4000, trabalhamos com sistema turbulento.

Com Reynolds e sabendo que na sucção o tubo é liso e no recalque o tubo tem rugosidade estimada da forma $\frac{\varepsilon}{D} = 0,03$, encontramos os valores dos fatores de atrito f da sucção e do recalque.

Diagrama de Moody






No diagrama de Moody (f), encontramos os seguintes valores. O fator de atrito na sucção (liso) foi de 0,018 e o fator de atrito no recalque (rugoso) foi de 0,058.

Com os valores de f podemos calcular a perda de carga na sucção e no recalque, utilizando a seguinte fórmula

$$\Delta e = \frac{f.L.V^2}{2D} + h_s$$

$$\Delta e_1 = \frac{0{,}018.9{,}6343.(2{,}429)^2}{2.0{,}0381} + 9,6343$$

$$\Delta e_1 = 23,06\frac{m^2}{s^2}$$

$$\Delta e_2 = \frac{0{,}058.33{,}46.(1{,}371)^2}{2.0{,}0508} + 33,46$$

$$\Delta e_2 = 69,36\frac{m^2}{s^2}$$

Somando as perdas de carga encontradas acima, temos a perda de carga total que é

$$\Delta e = \Delta e_1 + \Delta e_2$$

$$\Delta e = 23,06 + 69,36 = 92,42\frac{m^2}{s^2}$$

Finalmente, calculamos a potência da bomba da seguinte forma

$$Q_m = Q.\rho$$

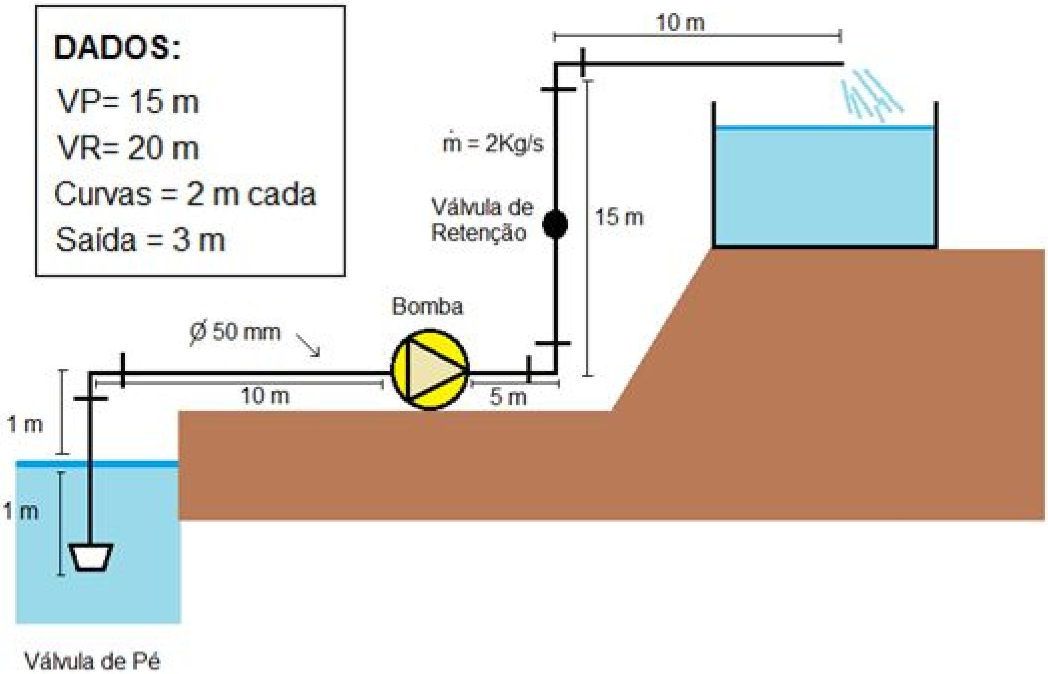
$Q_m = 0,00277 \frac{m^3}{s} . 10^3 \frac{kg}{m^3} = 2,77 \frac{kg}{s}$

$W_b = Q_m \left[ \frac{V_2^2}{2} + g z_2 + \Delta e_t \right]$

$W_b = 2,77. \left[ \frac{(1,371)^2}{2} + 9,8.17 + 92,42 \right] = 720,1\ w$

Assim, a potência da bomba encontrada foi de 720,1 w.

**Questão 13:** Qual a potência da bomba?




transformando todas as unidades para o sistema internacional:

- Diâmetro da tubulação: $50x10^{-3}$ metros
- Vazão: $2x10^{-3}$ $m^3/s$.

Calculando as perdas de carga localizadas:

$L_{sucção}$ = VP + Curva + CaminhoReto

$L_{sucção}$ =15 + 2 + 12

$L_{sucção}$ = 29 metros

$L_{Recalque}$ = CaminhoReto + 2 Curvas + VR + Saída

$L_{Recalque} = 30 + 4 + 20 + 3$

$L_{Recalque}$ = **57** metros

Somando as duas perdas teremos:

$L_{total} = L_{sucção} + L_{Recalque}$

$L_{total} = 29 + 57$

$L_{total}$ = 86 metros

Determinando a velocidade dentro da tubulação usando a equação da continuidade:

$V = Q/A$

$V = 2x10^{-3}/(\pi D^2)/4$

$V = 2x10^{-3}/3{,}14 \text{ x } (50x10^{-3})^2/4$

$V = 1{,}019$ m/s

Para encontrar o fator de atrito primeiramente precisamos calcular o Reynolds, onde $\upsilon$ é a velocidade cinemática e vale $1{,}006x10^{-6}$. Assim:

$$R_e = V \cdot \frac{D}{\upsilon}$$

$Re = (1{,}019 \text{ x } 50x10^{-3}) / 1{,}006x10^{-6}$

$Re = 50646{,}13$ regime turbulento.

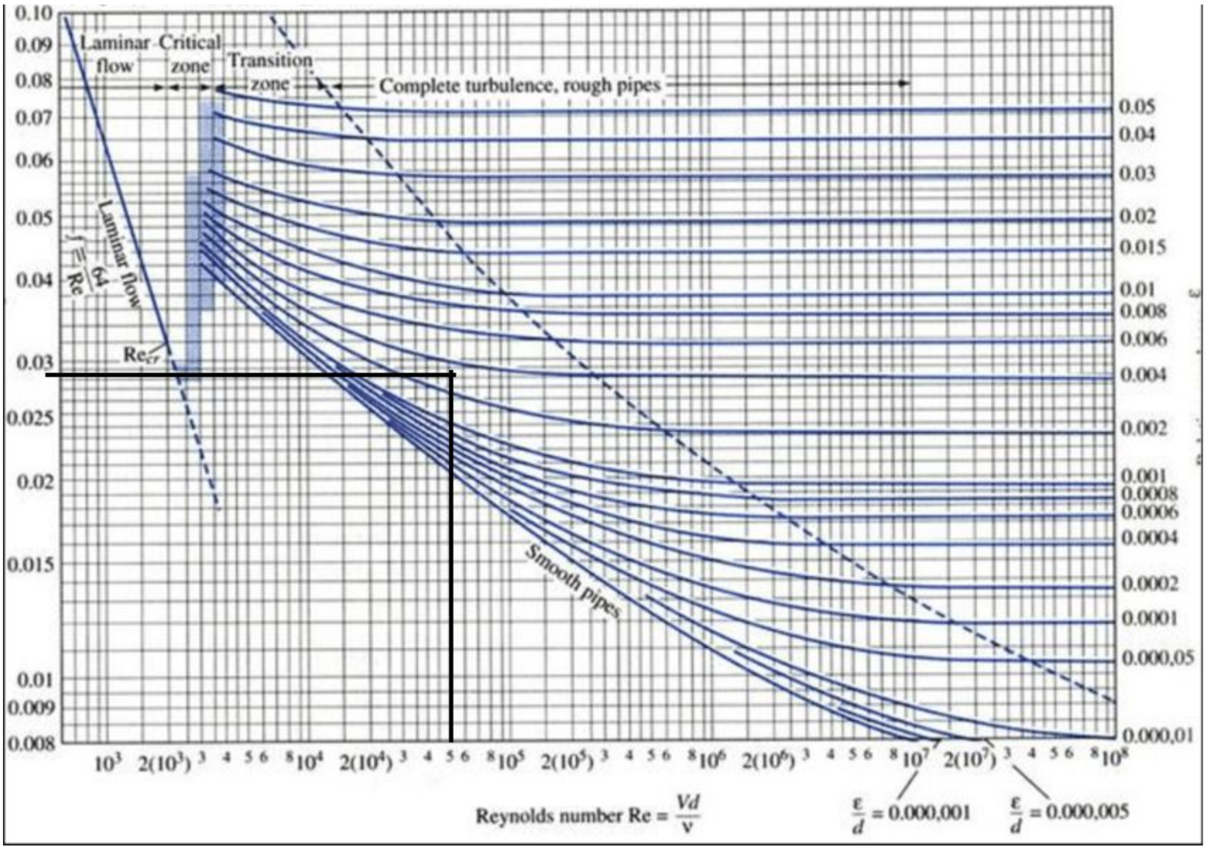
Admitindo que a tubulação é feita de Ferro Fundido com rugosidade de $0{,}15x10^{-3}$m temos que a rugosidade relativa será:

$\varepsilon_R = \varepsilon/D$

$\varepsilon_R = 0{,}15x10^{-3} / 50x10^{-3}$

$\varepsilon_R = 0{,}003$

Traçando uma linha vertical no número de Reynolds e uma horizontal na rugosidade relativa, determinamos que o fator de atrito é de aproximadamente 0,029.




Para encontrar as perdas totais usaremos a seguinte equação, onde f é o fator de atrito encontrado anteriormente, L o comprimento total da tubulação, D o diâmetro do tubo, v a velocidade nas áreas e g a aceleração da gravidade.

$$\Delta e = \frac{f.L.V^2}{2D} + h_s$$

$$\Delta e \ = \frac{0{,}029\ x\ 41\ x\ .(1{,}019)^2}{2\ x\ 50x10{-}3} + 86$$

$$\Delta e \ = 98{,}34\ \frac{m^2}{s^2}$$

Para determinar as perdas da bomba, admitiremos que H1 + Hb = H2 + Hpt. Abrindo a equação de energia temos que:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_B = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Hpt$$

- P1 e P2 serão zero pois estão abertos para a atmosfera
- Z1 é zero pois é o eixo de referência
- V1 e V2 são iguais portanto se cancelarão

Assim resta:

$Hb = Z2 + Hpt$

$Hb = 15 + 98,35$

$Hb = 113,35$

Calculamos enfim a potência dessa bomba baseada na seguinte equação:

$N = \gamma Q Hb / 75$

- $\gamma$ é o peso específico da água em kgf/m3
- Q a vazão
- Hb a perda de energia da bomba

$N = (1000 \times 2\times10^{-3} \times 113,75) / 75$

N = **3,03** C.V