

PROJETO DE UMA INSTALAÇÃO DE BOMBEAMENTO BÁSICA



RAIMUNDO FERREIRA IGNÁCIO

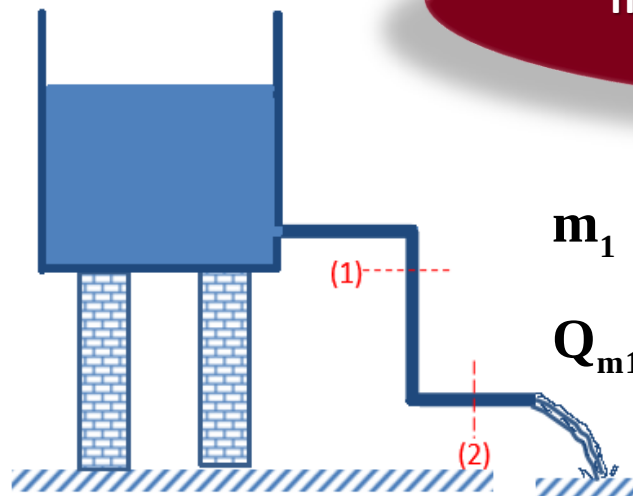


Unidade 4



**1.20 - Equação da
energia para um
escoamento
incompressível e em
regime permanente**

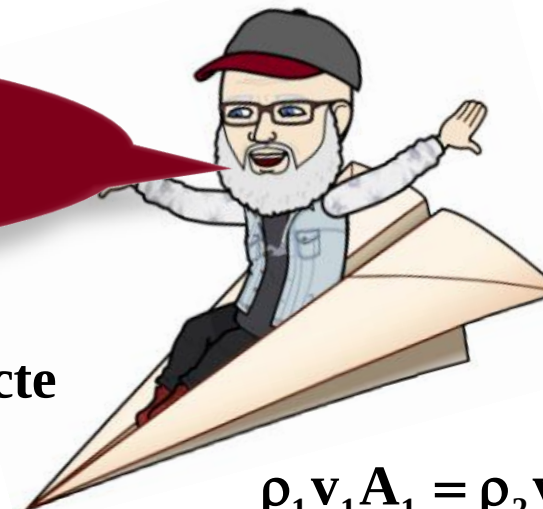




Observa-se que não existe acúmulo nem falta de massa entre as seções (1) e (2), portanto:

$$m_1 = m_2 = \text{cte} \rightarrow (\div t) \Rightarrow \frac{m_1}{t} = \frac{m_2}{t} = \text{cte}$$

$$Q_{m1} = Q_{m2}$$



$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \rightarrow \rho_1 = \rho_2$$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \therefore Q_1 = Q_2 = \text{cte}$$



Por outro lado, sabemos que está associado ao deslocamento de massa um deslocamento de energias e aqui estudamos o balanço dessas energias entre duas seções do escoamento, onde sabemos que a energia não pode ser criada, nem tão pouco destruída, mas simplesmente transformada.



Então,
vamos
estuda-los!

IMPORTANTE

O balanço de massa (equação da continuidade) associado ao balanço de energia (equação da energia) permite resolver inúmeros problemas práticos, tais como: transformações de energias, determinação de perdas ao longo do escoamento, determinação de potências de máquinas hidráulicas, etc. ...





Antes, reforço que pelo fato de considerarmos o escoamento incompressível e em regime permanente, só analisaremos o balanço de energias mecânicas, já que as térmicas permanecem praticamente constante, pois o escoamento é considerado isotérmico.

Considerando a unidade de energia no SI, ou seja, joule, não consigo visualizá-la!

Nem eu, é por isso que trabalhamos com carga, que representamos por H, e que é definida por energia por unidade de peso, portanto, terá como unidade, uma unidade de comprimento e aí todos têm a possibilidade de visualizá-las.

$$[H] = \frac{[\text{Energia}]}{[\text{peso}]} = \frac{\text{J}}{\text{N}} = \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{N}}$$

$$[H] = \text{m}$$

Ah! Então é por isso que vejo muitas vezes o pessoa definir carga por mca.



A equação da energia para um escoamento incompressível e em regime permanente possibilita o balanço de cargas entre duas seções do escoamento, exemplo seções (1) e seção (2).

Supondo sistema com uma entrada e uma saída e que o escoamento ocorre de (1) para (2), temos:

$$\left(\begin{array}{l} \text{carga total} \\ \text{em (1)} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{carga da} \\ \text{máquina} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{carga total} \\ \text{em (2)} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{perda de carga} \\ \text{indo de (1) para (2)} \end{array} \right)$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$

H_1 $H_{\text{máquina}}$ H_2 H_{perdas}

Legal!

Vamos refletir sobre cada uma dessas parcelas!

NO BALANÇO SÓ CONSIDERAMOS AS CARGA MECÂNICAS:

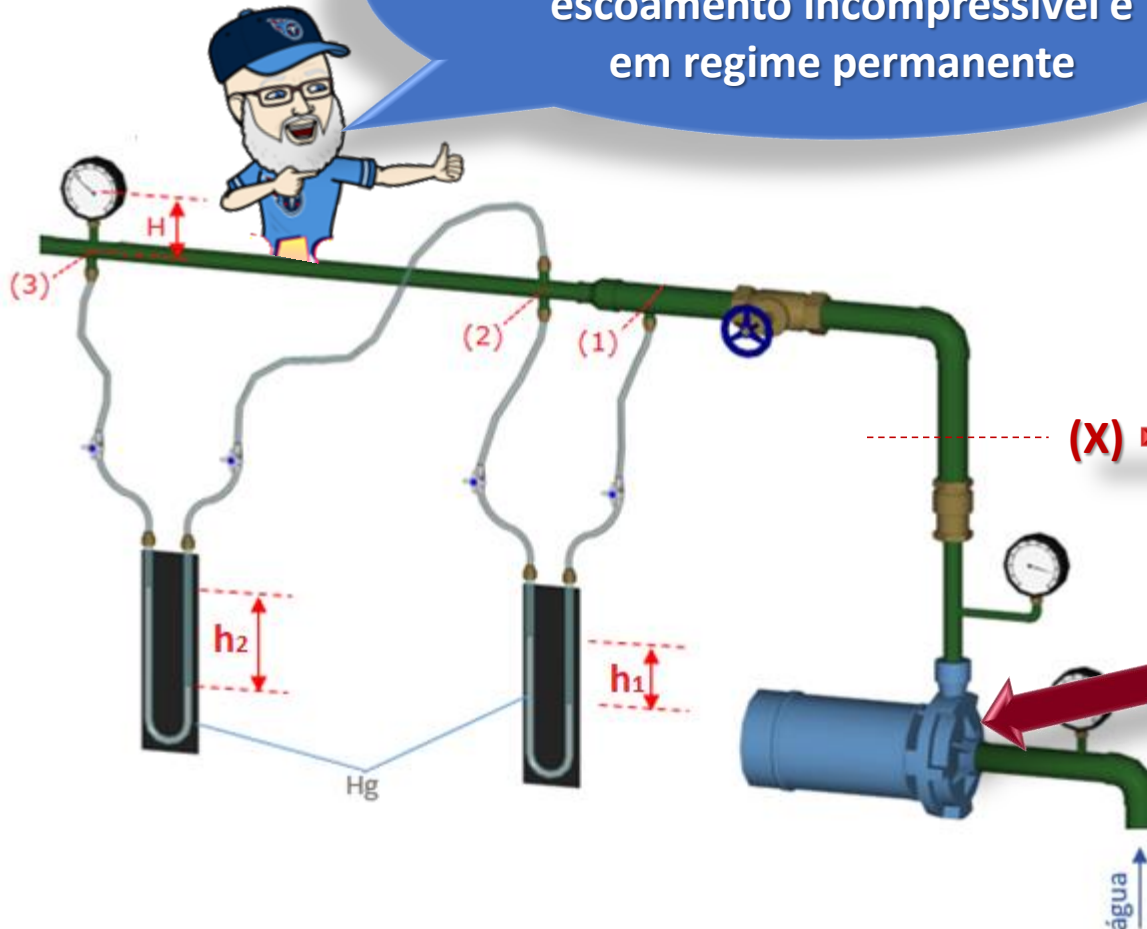


$$\Rightarrow \text{carga potencial de posição} = z = \frac{mgz}{mg} \rightarrow [z] = L$$

$$\Rightarrow \text{carga de pressão} = h = \frac{p}{\gamma} \rightarrow [h] = L$$

$$\Rightarrow \text{carga cinética} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mg} = \frac{v^2}{2g} \rightarrow \left[\frac{v^2}{2g} \right] = L$$

1.21 - Tipos de cargas mecânicas observadas em uma seção do escoamento incompressível e em regime permanente



(X)

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g}$$

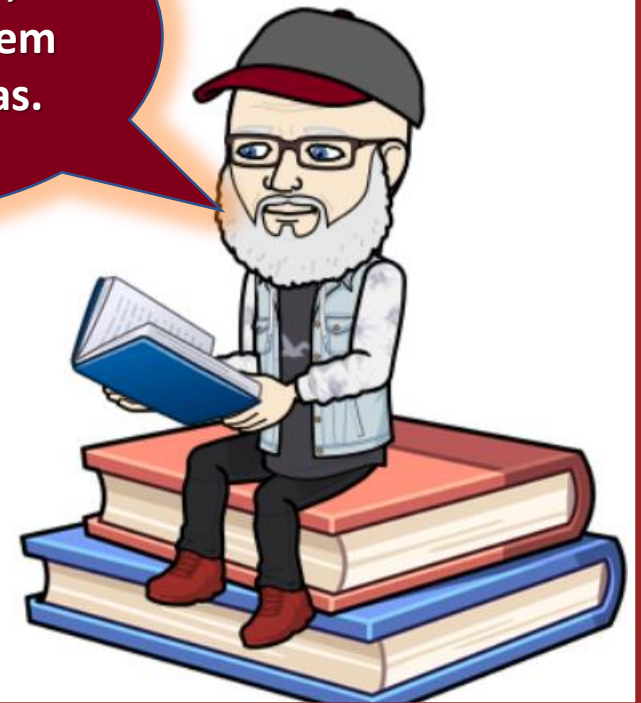
Vamos evocar
o conceito de
máquina
hidráulica!

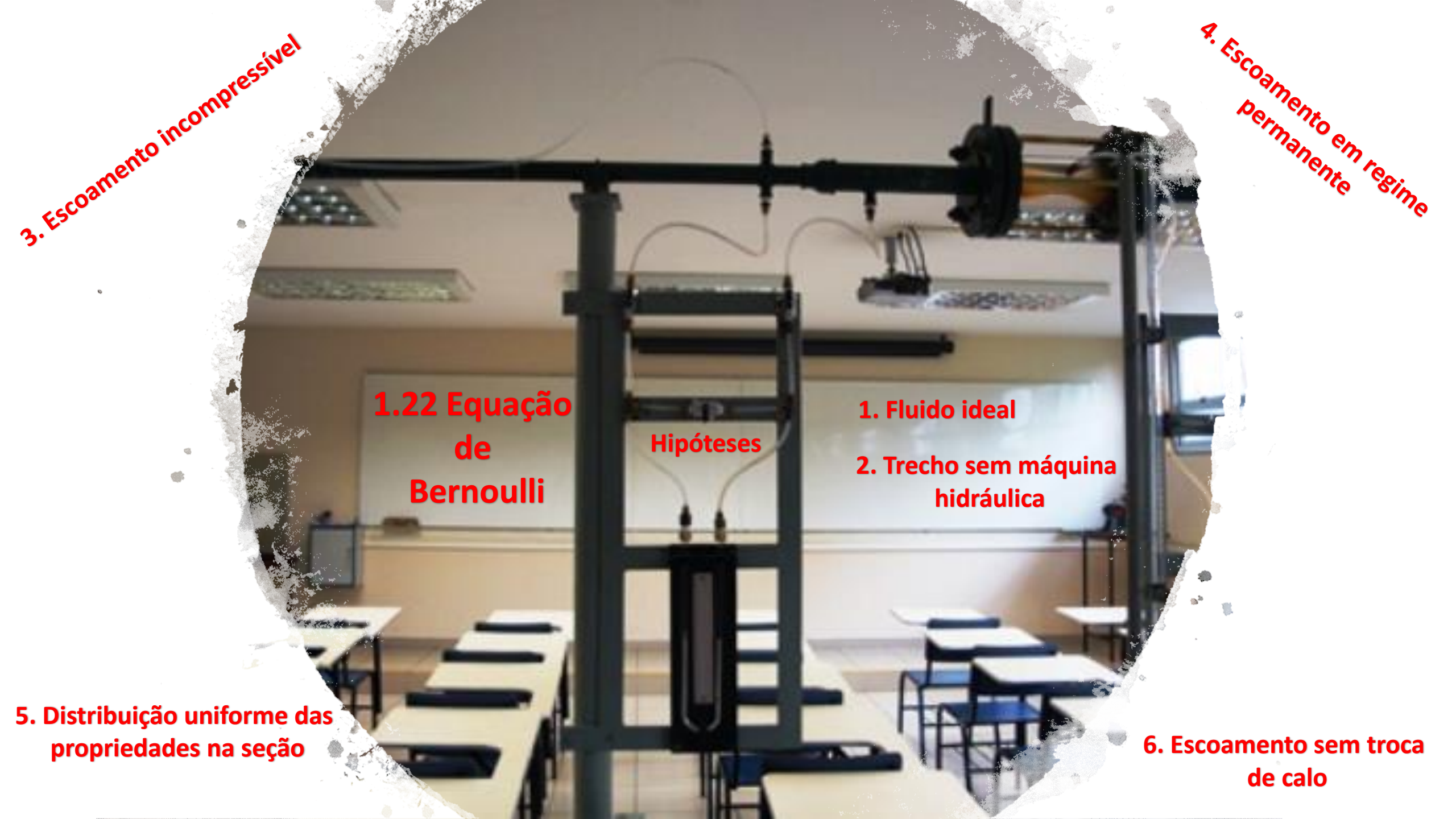


Máquina hidráulica é o dispositivo que fornece, ou retira ou modifica a carga do fluido.



Para começar, vamos pensar em trecho sem elas.





3. Escoamento incompressível

4. Escoamento em regime permanente

1.22 Equação de Bernoulli

Hipóteses

1. Fluido ideal

2. Trecho sem máquina hidráulica

5. Distribuição uniforme das propriedades na seção

6. Escoamento sem troca de calor



Estabeleceu que:

$$H_{\text{inicial}} = H_{\text{final}}$$

$$z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} = z_f + \frac{p_f}{\gamma} + \frac{v_f^2}{2g}$$

Vamos ver uma aplicação prática dessa equação.



Aplicamos:

1. Equação de Bernoulli
2. Eq manométrica
3. Eq. da continuidade

Venturi



Vamos ver como
chegamos aí!

Obtemos

$$Q_{\text{teórica}} = \frac{\pi D_2^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times g \times h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4}}$$

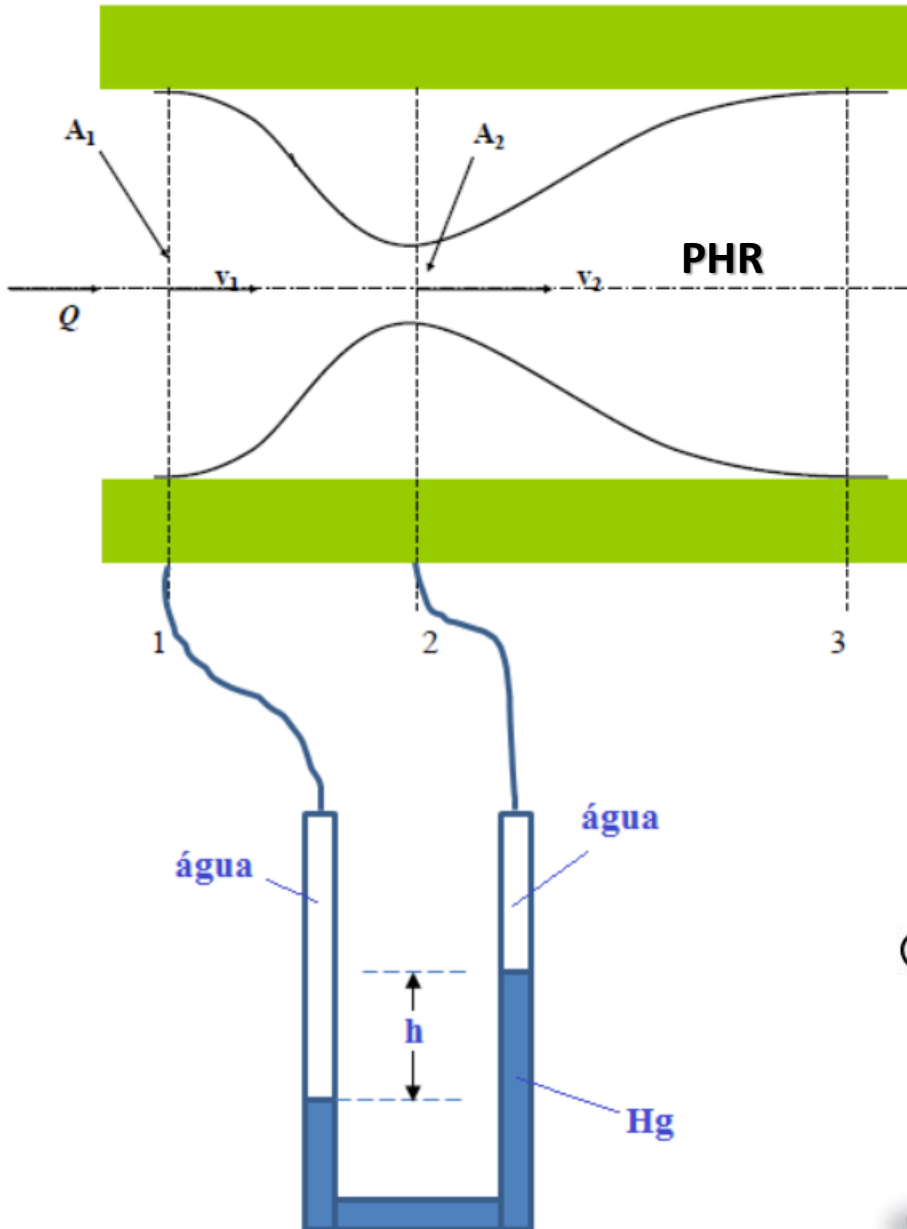


Aplicamos a equação de Bernoulli de (1) a (2):

$$H_1 = H_2$$

$$\cancel{z_1} + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \cancel{z_2} + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \rightarrow (I)$$



Na equação (I) temos quatro Incógnitas: p_1 , p_2 , v_1 e v_2

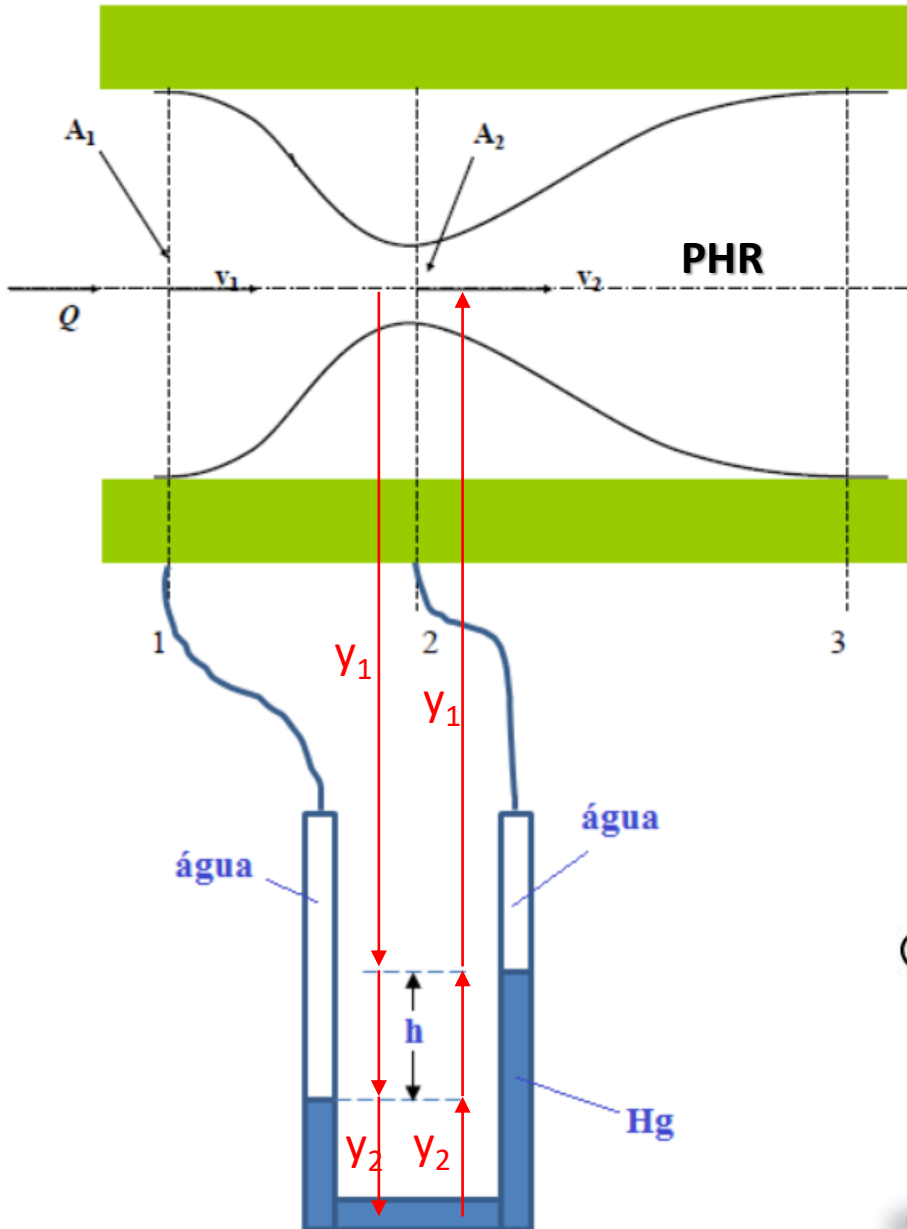
Aplicamos a equação manométrica de (1) a (2):

$$p_1 + \cancel{\gamma_{\text{água}} \times y_1} + \gamma_{\text{água}} \times h + \cancel{\gamma_{\text{água}} \times y_2} - \cancel{\gamma_{\text{água}} \times y_2} - \cancel{\gamma_{\text{água}} \times y_1} - \gamma_{\text{água}} \times h = p_2$$

$$\therefore p_1 - p_2 = h \times (\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{água}}) \Rightarrow (\text{II})$$

Da equação (II) em (I) reduzimos para duas Incógnitas: v_1 e v_2

$$h \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{água}}}{\gamma_{\text{água}}} \right) = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \rightarrow (\text{III})$$



Aplicamos a equação da continuidade de (1) a (2):

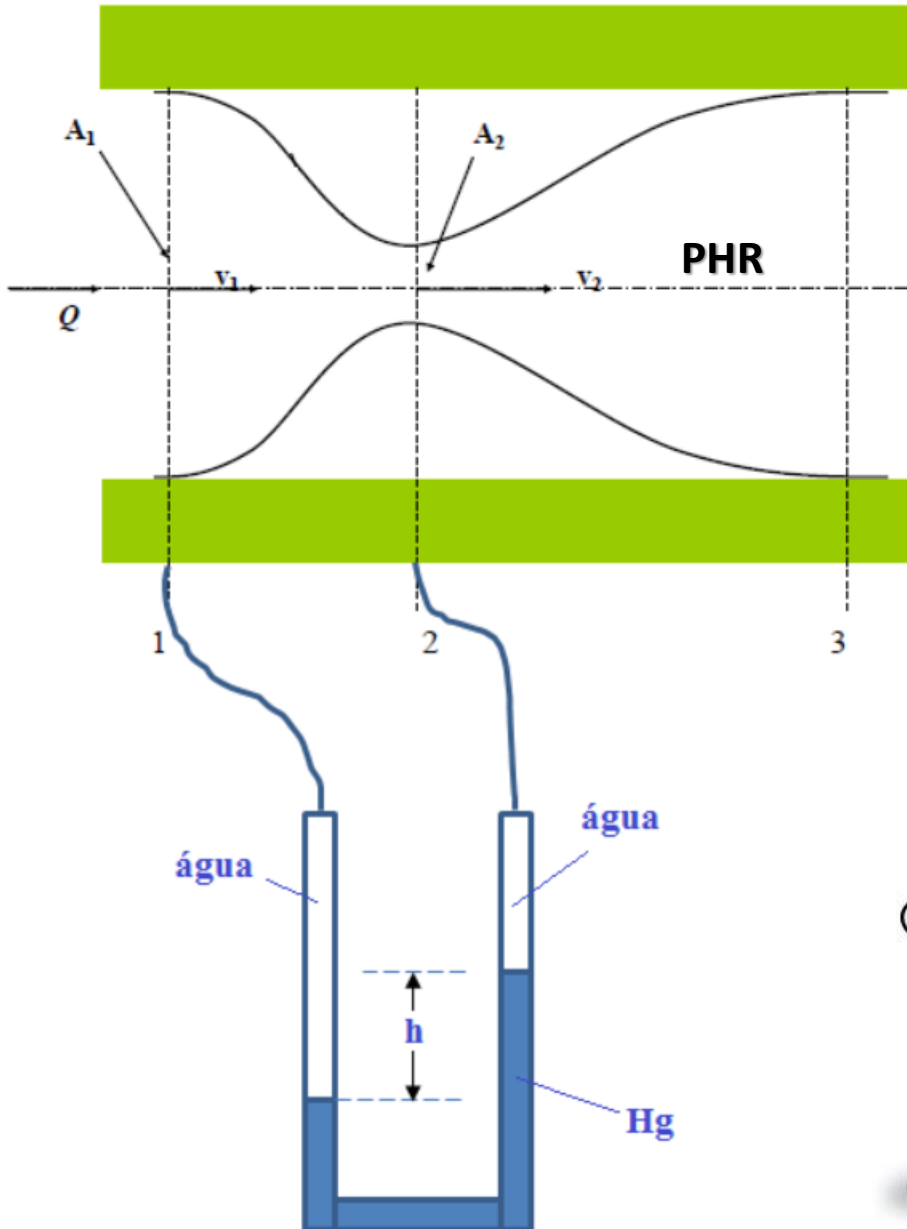
$$Q_1 = Q_2$$

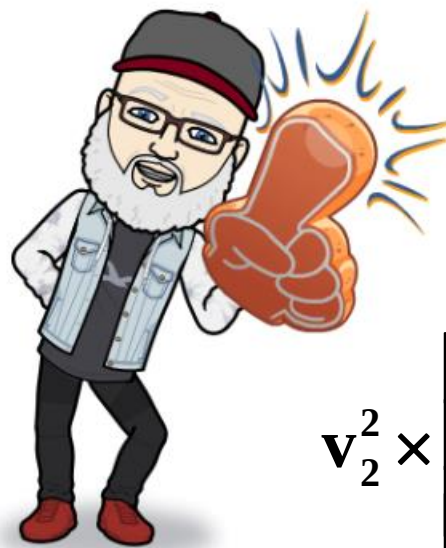
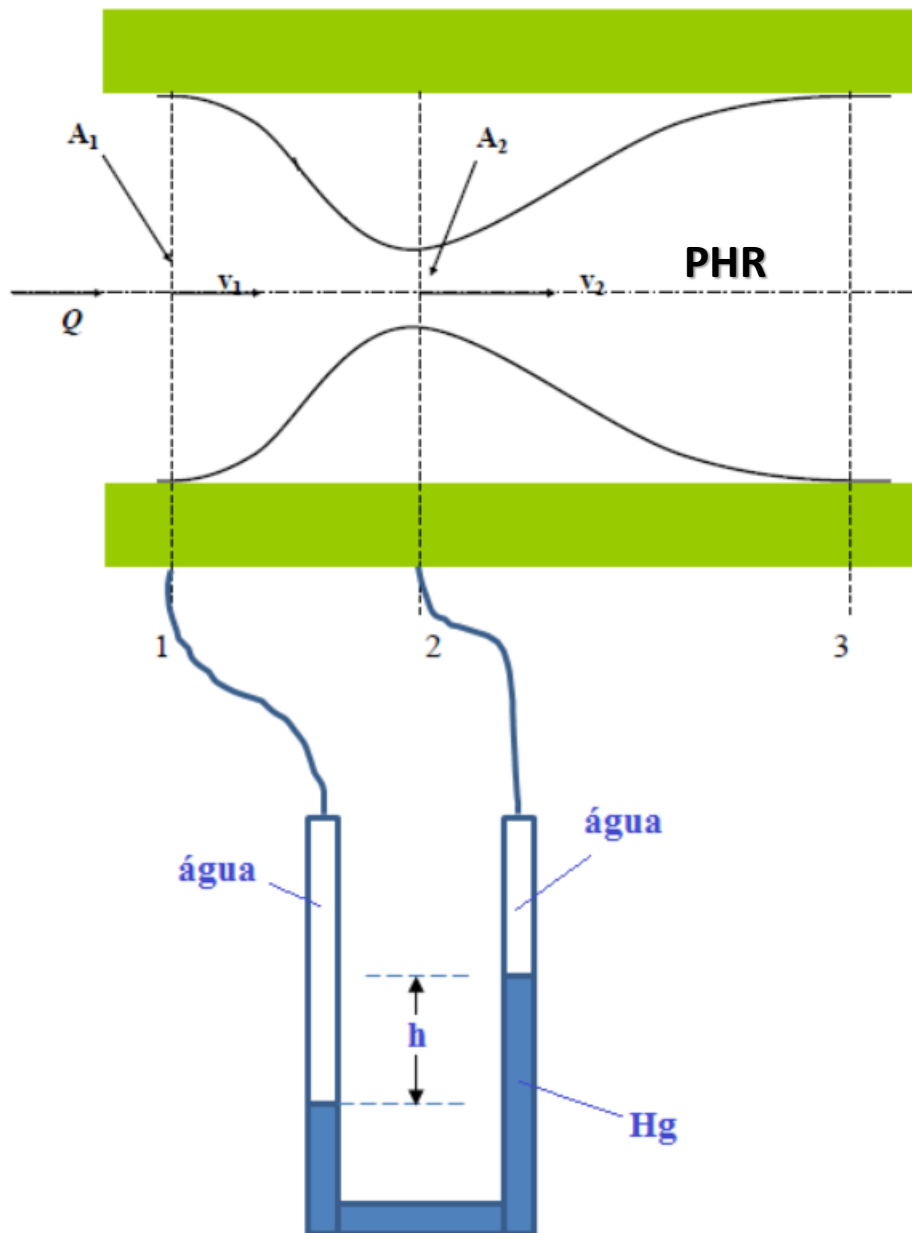
$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \Rightarrow v_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = v_2 \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$v_1^2 = v_2^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4 \rightarrow \text{(IV)}$$

Na equação (IV) em (III) achamos v_2 :

$$v_2^2 \times \left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right] = 2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{água}}}{\gamma_{\text{água}}} \right)$$

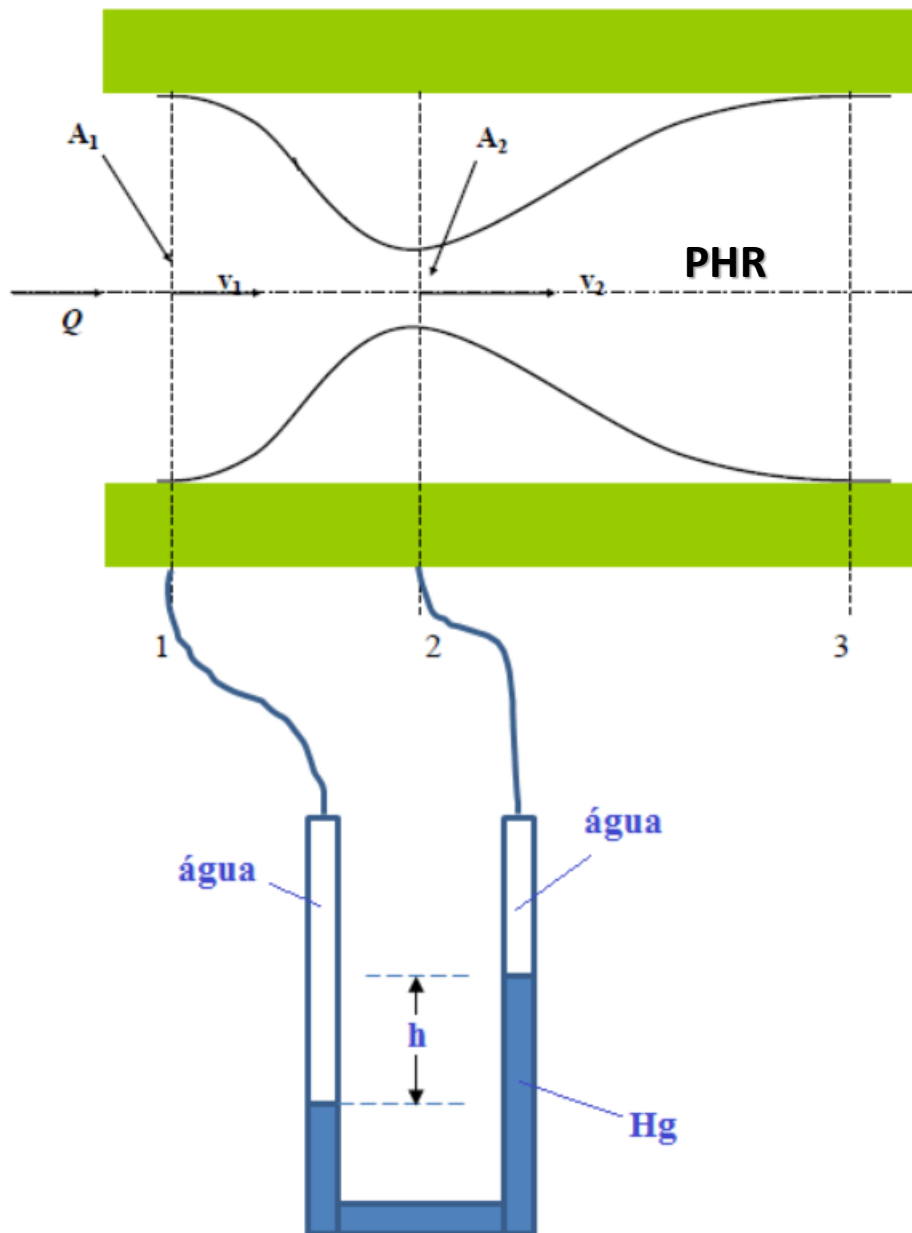




Na equação (IV) em (III) achamos v_2 :

$$v_2^2 \times \left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right] = 2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{água}}}{\gamma_{\text{água}}} \right)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{água}}}{\gamma_{\text{água}}} \right)}{\left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right]}}$$

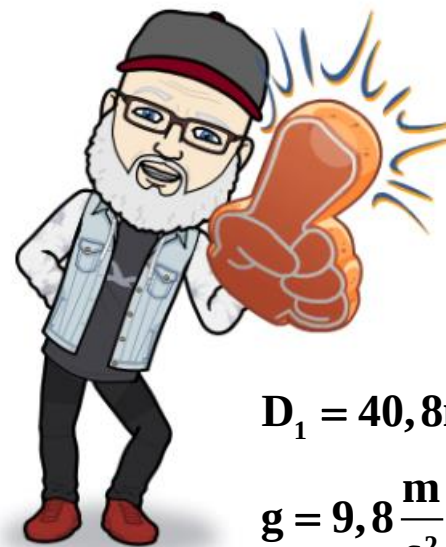
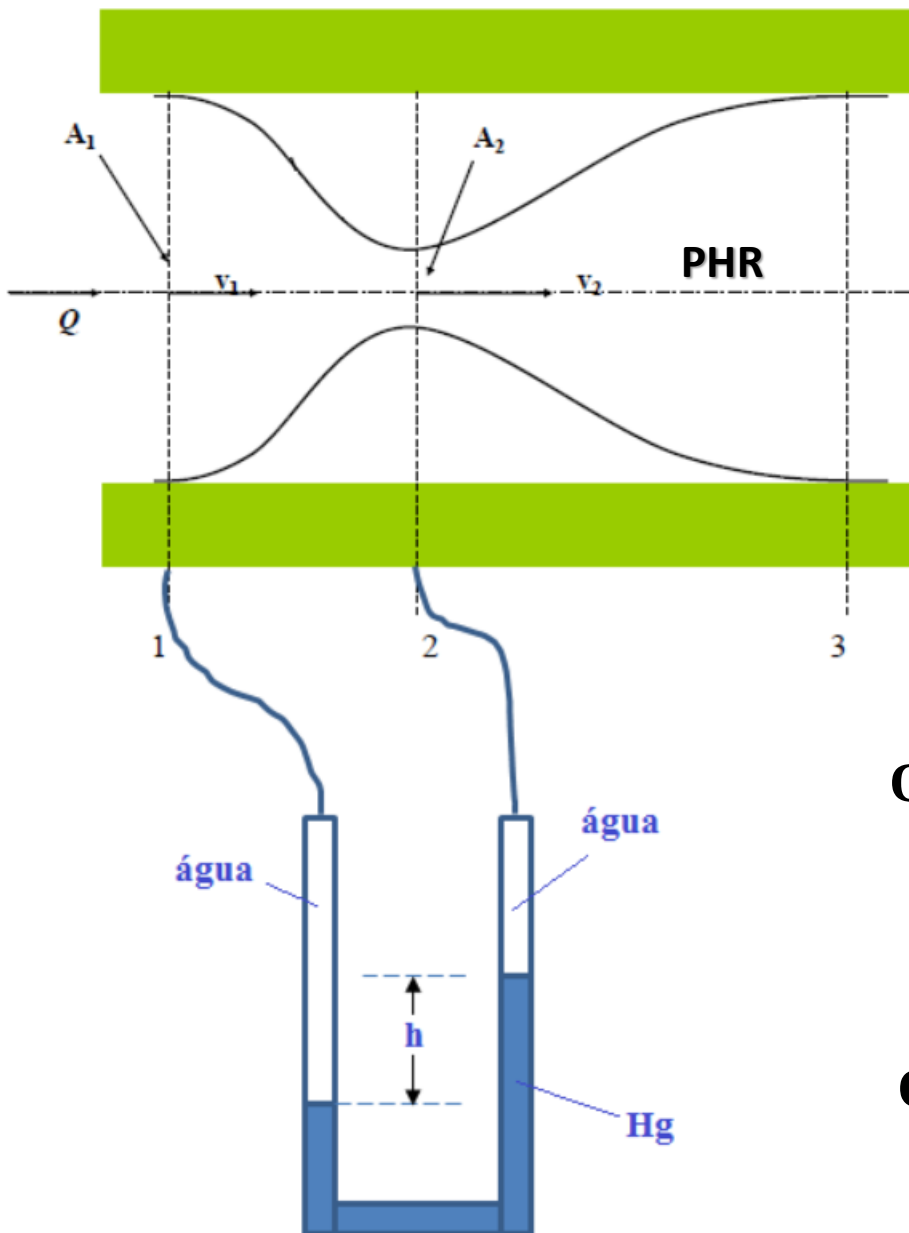


Agora é lembra do “ALEMÃO Q VA’

$$Q = v_2 \times A_2 = v_2 \times \frac{\pi D_2^2}{4}$$

Esta é uma vazão teórica, pois consideramos
O escoamento de um fluido ideal de (1) para (2):

$$Q_{\text{teórica}} = \frac{\pi D_2^2}{4} \times \sqrt{\frac{2gh \times \left(\frac{\gamma_{\text{Hg}} - \gamma_{\text{água}}}{\gamma_{\text{água}}} \right)}{\left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right]}}$$



Aplicação numérica

Calcule a vazão de escoamento, que no caso é teórica, para os seguintes dados:

$$D_1 = 40,8\text{mm} \quad (A_1 = 13,1\text{cm}^2); D_2 = 25\text{mm} \quad (A_2 = 4,91\text{cm}^2);$$

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \rho_{\text{água}} = 998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \rho_{\text{Hg}} = 13546 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; h = 68\text{mm}$$

$$Q_{\text{teórica}} = \frac{\pi \times 0,025^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 0,068 \times \left(\frac{9,8 \times (13546 - 998,2)}{9,8 \times 998,2} \right)}{\left[1 - \left(\frac{25}{40,8} \right)^4 \right]}}$$

$$Q_{\text{teórica}} \cong 2,17 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 2,17 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$