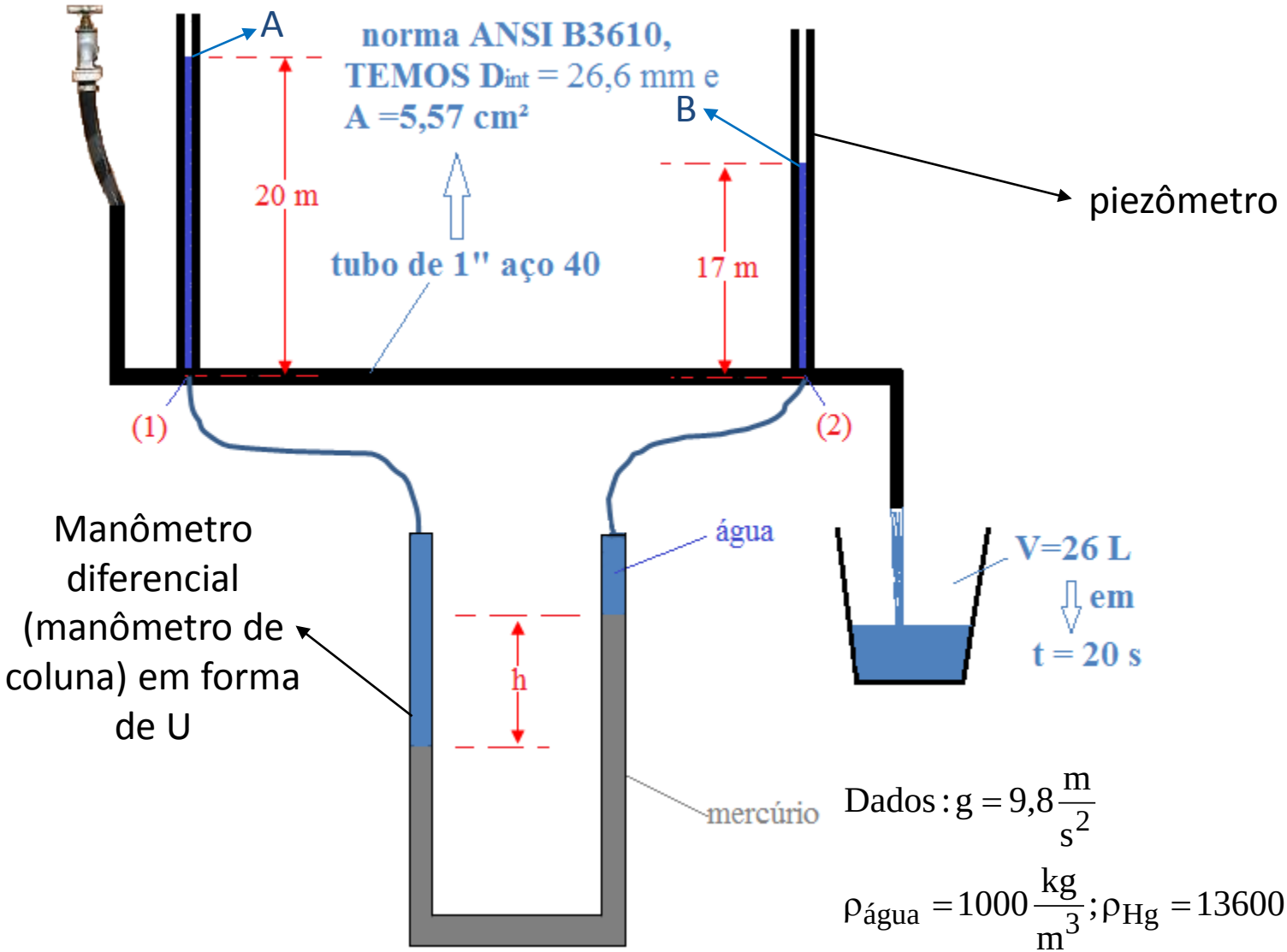
Decima aula de FT

Segundo semestre de 2015

Vou iniciar resolvendo um exercício proposto.

Considerando o trecho da instalação representado abaixo, pede-se calcular o desnível h do mercúrio.



$$\text{Dados}: g = 9{,}8\,\frac{m}{s^2}$$

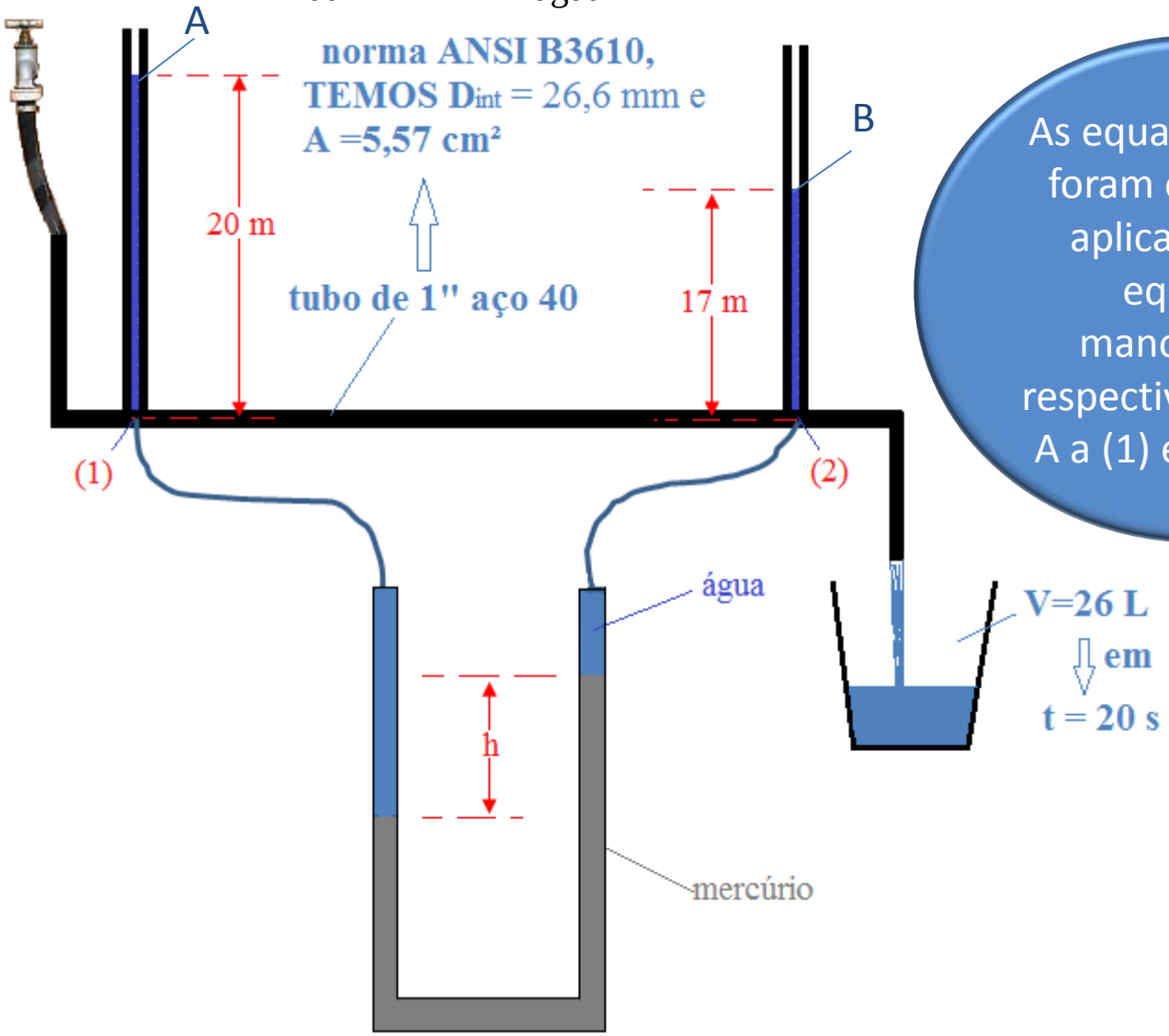
$$\rho_{água} = 1000\,\frac{kg}{m^3};\ \rho_{Hg} = 13600\,\frac{kg}{m^3}$$

TRECHO DA NORMA ANSI B36.10

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm^2)	Área da seção de metal (cm^2)	Superfície externa (m^2/m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm^4)	Momento resistente (cm^3)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
¼ -- 13,7	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430
	Std, 40, 40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067	0,138	0,202	0,413
	XS, 80, 80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046	0,157	0,229	0,393
1 -- 33	Std, 40, 40S	3,37	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07
	XS, 80, 80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46	4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
1¼	Std, 40, 40S	3,56	35	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37
	XS, 80, 80S	4,85	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83	10,06	4,77	1,33

$$p_{atm} + 20 \times \gamma_{água} = p_1 \Rightarrow p_1 = 20 \times 1000 \times 9{,}8 = 196000 \frac{N}{m^2}$$

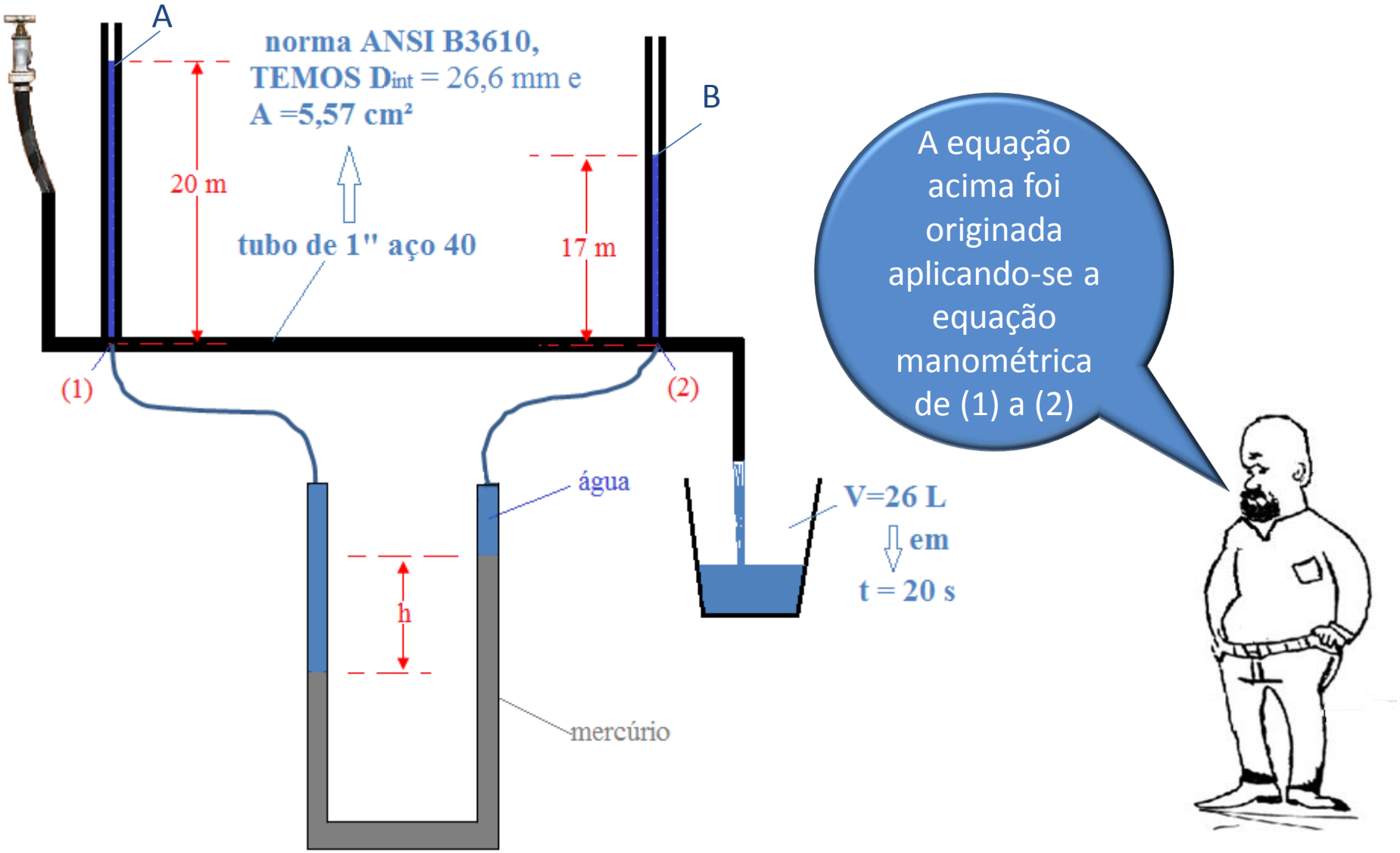
$$p_{atm} + 17 \times \gamma_{água} = p_1 \Rightarrow p_1 = 17 \times 1000 \times 9{,}8 = 166600 \frac{N}{m^2}$$



As equações acima foram originadas aplicando-se a equação manométrica respectivamente de A a (1) e de B a (2)

$$196000 + h \times \gamma_{água} - h \times \gamma_{mercúrio} = 166600$$

$$29400 = h \times 9{,}8 \times (13600 - 1000) \therefore h \cong 0{,}238\text{m}$$



Vamos calcular agora a vazão, vazão em massa e vazão em peso.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{26\,L}{20\,s} = 1{,}3\,\frac{L}{s} = 1{,}3 \times 10^{-3}\,\frac{m^3}{s}$$

$$Q_m = \rho \times Q = 1000 \times 1{,}3 \times 10^{-3} = 1{,}3\,\frac{kg}{g}$$

$$Q_G = g \times Q_m = 9{,}8 \times 1{,}3 = 12{,}74\,\frac{N}{s}$$

Considerando a viscosidade cinemática da água igual a 10^{-6} m²/s, pede-se calcular sua viscosidade dinâmica, o tipo de escoamento (laminar ...) no tubo de aço, a velocidade média e máxima no mesmo.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \therefore \mu = \nu \times \rho = 10^{-6} \times 1000 = 10^{-3}\,\frac{N \times s}{m^2}\,(\text{ou Pa} \times \text{s}) \Rightarrow Q = v \times A = \text{constante} \Rightarrow 1{,}3 \times 10^{-3} = v \times 5{,}57 \times 10^{-4}$$

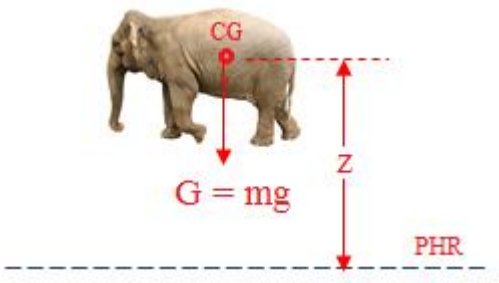
$$v = v_{media} = \frac{1{,}3 \times 10^{-3}}{5{,}57 \times 10^{-4}} \cong 2{,}33\,\frac{m}{s} \Rightarrow Re = \frac{\rho \times v \times D_H}{\mu} = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{2{,}33 \times 26{,}6 \times 10^{-3}}{10^{-6}} = 61978$$

$Re > 4000 \Rightarrow$ turbulento

Conduto de seção transversal circular e forçado, portanto :

$$v_{médio} = \frac{49}{60} \times v_{máx} \therefore v_{máx} = \frac{60}{49} \times 2{,}33 \cong 2{,}85\,\frac{m}{s}$$

Neste tipo de instalação ao considerar um escoamento isotérmico (temperatura, massa específica e peso específico constantes), em regime permanente (fixada uma seção as propriedades na mesma ficam constantes, ou seja, não dependem do tempo), podemos efetuar um balanço de energias entre duas seções, por exemplo: (1) e (2).
E quais seriam estas energias?



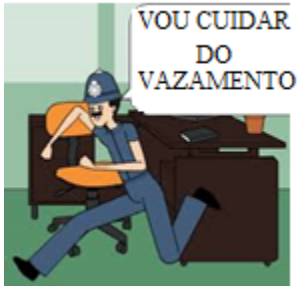
ENERGIA POTENCIAL

$$EPPo = m \times g \times z$$

ENERGIA CINÉTICA

$$Ec = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

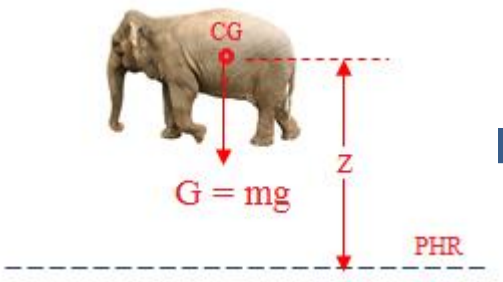
ENERGIA POTENCIAL DE PRESSÃO



$$EP\,Pr = G \times h = G \times \frac{p}{\gamma}$$

$$[EPPo] = N \times m = J; [EP\,Pr] = N \times m = J; [Ec] = N \times m = J$$

$$\left[\frac{EPPo}{G}\right] = \frac{N \times m}{N} = m; \left[\frac{EP\,Pr}{G}\right] = \frac{N \times m}{N} = m; \left[\frac{Ec}{G}\right] = \frac{N \times m}{N} = m$$



CARGA POTENCIAL

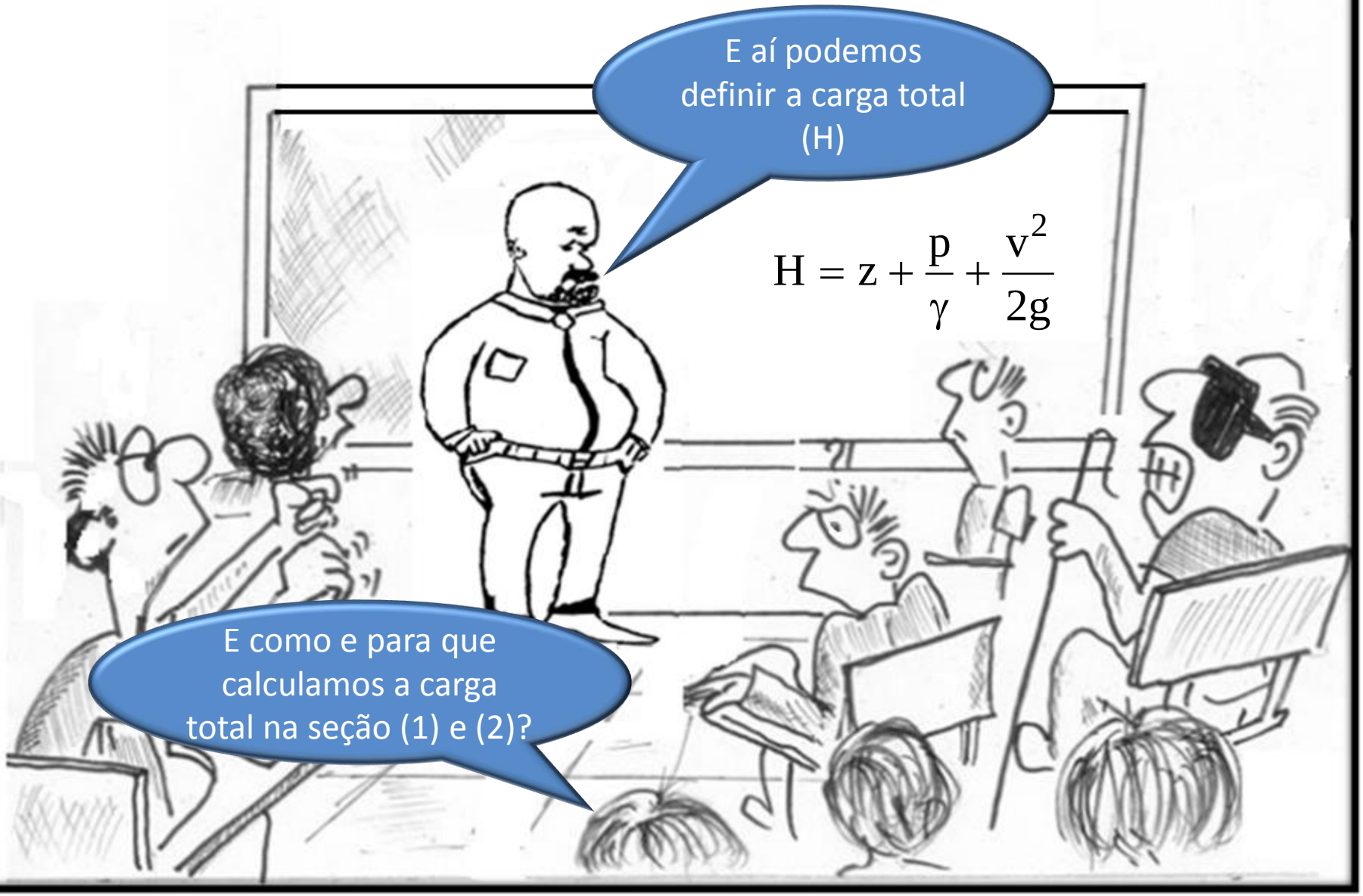
$$\frac{EPPo}{G} = \frac{m \times g \times z}{m \times g} = z$$

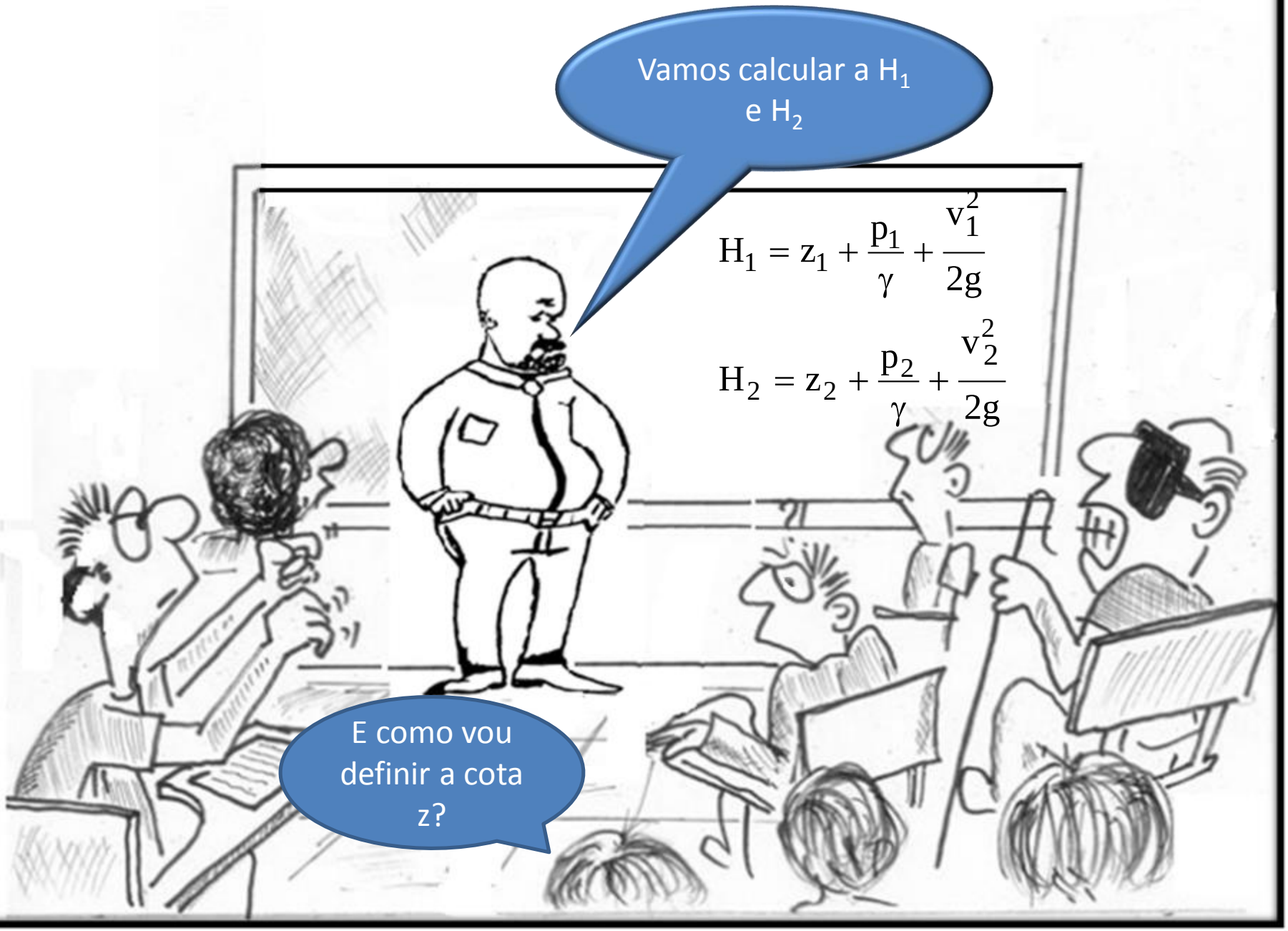
CARGA CINÉTICA

$$\frac{Ec}{G} = \frac{\frac{1}{2} \times m \times v^2}{m \times g} = \frac{v^2}{2g}$$

CARGA DE PRESSÃO

$$\frac{EP\,Pr}{G} = \frac{G \times h}{G} = \frac{G \times \frac{p}{\gamma}}{G} = \frac{p}{\gamma}$$


E aí podemos definir a carga total (H)
$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$
E como e para que calculamos a carga total na seção (1) e (2)?


Vamos calcular a H_1 e H_2
$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}$
$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$
E como vou definir a cota z?

Sempre adotando um PHR (plano horizontal de referência). No caso de tubulação sempre trabalhamos em relação ao eixo do conduto e podemos adotar aí o PHR.

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = 0 + \frac{196000}{9{,}8 \times 1000} + \frac{2{,}33^2}{2 \times 9{,}8} \approx 20{,}28\text{m}$$

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = 0 + \frac{166600}{9{,}8 \times 1000} + \frac{2{,}33^2}{2 \times 9{,}8} \approx 17{,}28\text{m}$$

BALANÇO DE CARGAS EM UM ESCOAMENTO INCOMPRESSIVEL, EM REGIME PERMANENTE EM UM TRECHO SEM MÁQUINA

$$H_{inicial} = H_{final} + H_{P_{inicial_final}}$$

Para o exemplo:

$$20{,}28 = 17{,}28 + H_{p_{1-2}} \therefore H_{p_{1-2}} = 20{,}28 - 17{,}28 = 3\text{m}$$

Existem situações que não consideramos as perdas.

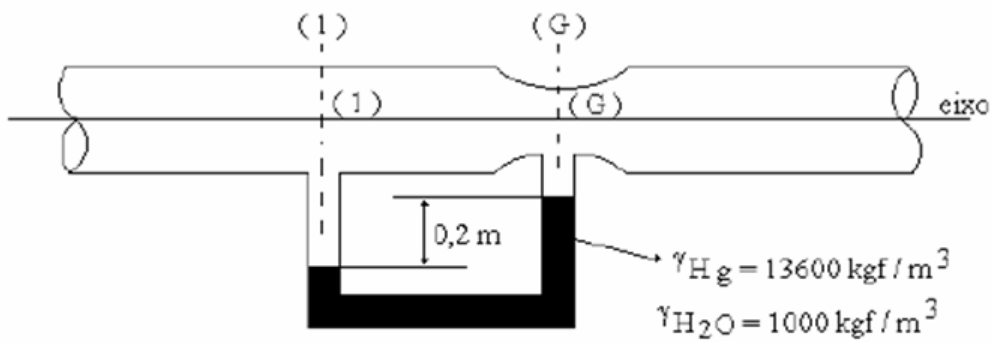
UMA DELAS É QUANDO CONSIDERAMOS O FLUIDO IDEAL ($\mu = 0$) E NESSE CASO TUDO O QUE DETERMINAMOS É TEÓRICO

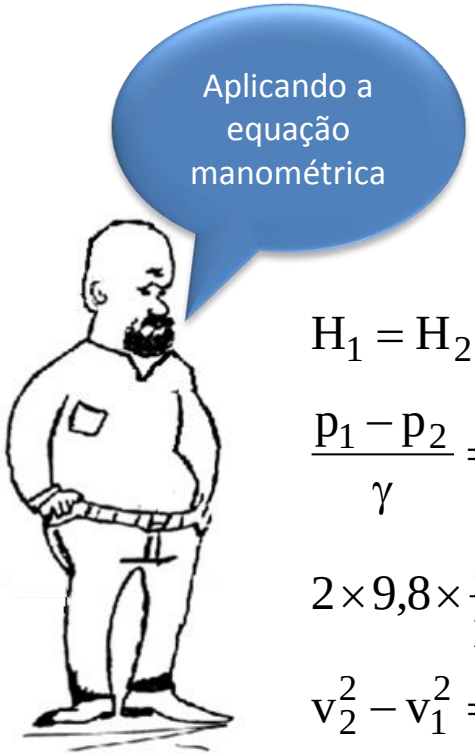
Exercício de aplicação de um fluido ideal:

1

Em uma instalação hidráulica instalou-se um medidor de vazão do tipo Venturi para estimar a vazão de escoamento da água na instalação. Sabendo-se que ∅ máx. do Venturi é igual a 20 mm, ∅ garg do Venturi é igual 10 mm. Desnível do mercúrio no manometro diferencial 20 cm pede-se:

a) a diferença de pressão entre a área máx. e a garganta
b) a vazão teórica no venturi





a)

$$p_1 - p_2 = h \times \left(\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}\right)$$

$$\therefore p_1 - p_2 = 0{,}2 \times (13600 - 1000) = 2520 \frac{kgf}{m^2}$$

$$H_1 = H_2$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$2 \times 9{,}8 \times \frac{2520}{1000} = v_2^2 - v_1^2$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 49{,}392$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 49{,}392$$

Aplicamos a equação da continuidade para o escoamento incompressível e em regime permanente

$$Q_1 = Q_2 \therefore v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$$

$$v_1 \times \frac{\pi \times D_1^2}{4} = v_2 \times \frac{\pi \times D_2^2}{4}$$

$$v_2 = v_1 \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 = v_1 \times \left(\frac{20}{10}\right)^2 = 4 \times v_1$$

$$\therefore v_2^2 = 16 \times v_1^2$$

$$16 \times v_1^2 - v_1^2 = 49{,}392$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{49{,}392}{15}} \cong 1{,}82 \frac{m}{s}$$

$$Q = v_1 \times A_1 = 1{,}82 \times \frac{\pi \times 0{,}02^2}{4} \cong 5{,}72 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 0{,}572 \frac{L}{s}$$

Também denominada da conservação de massa