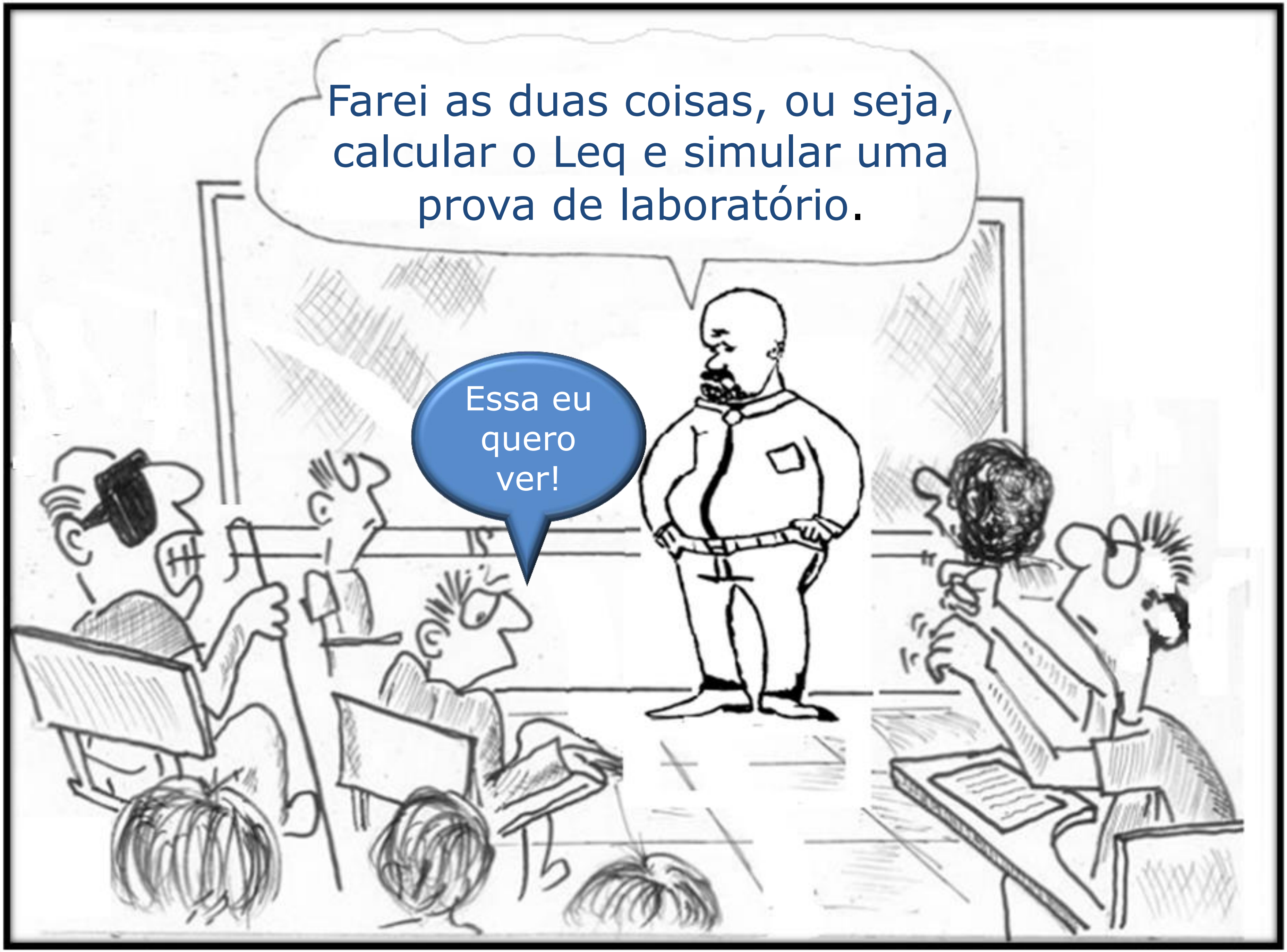
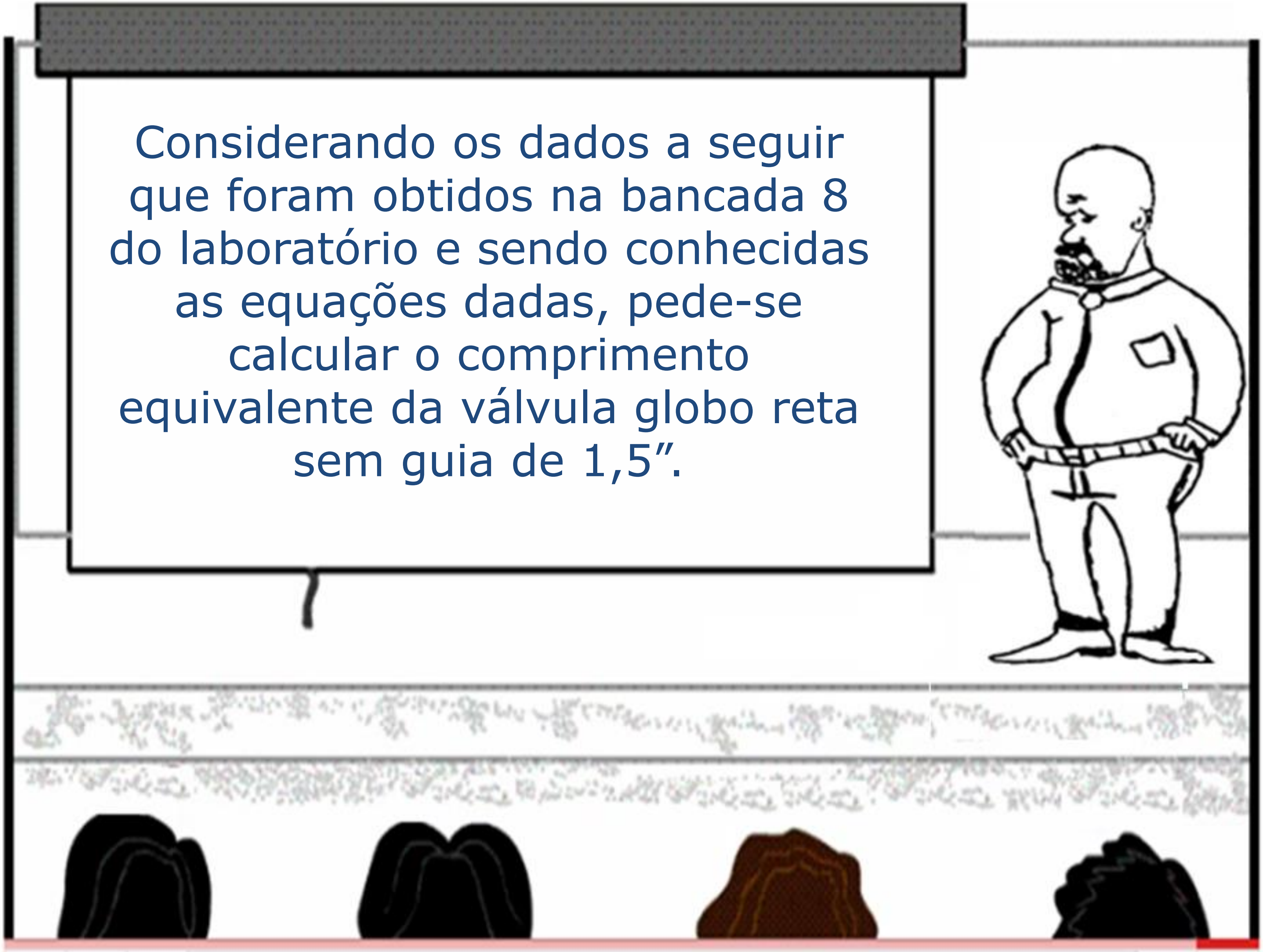
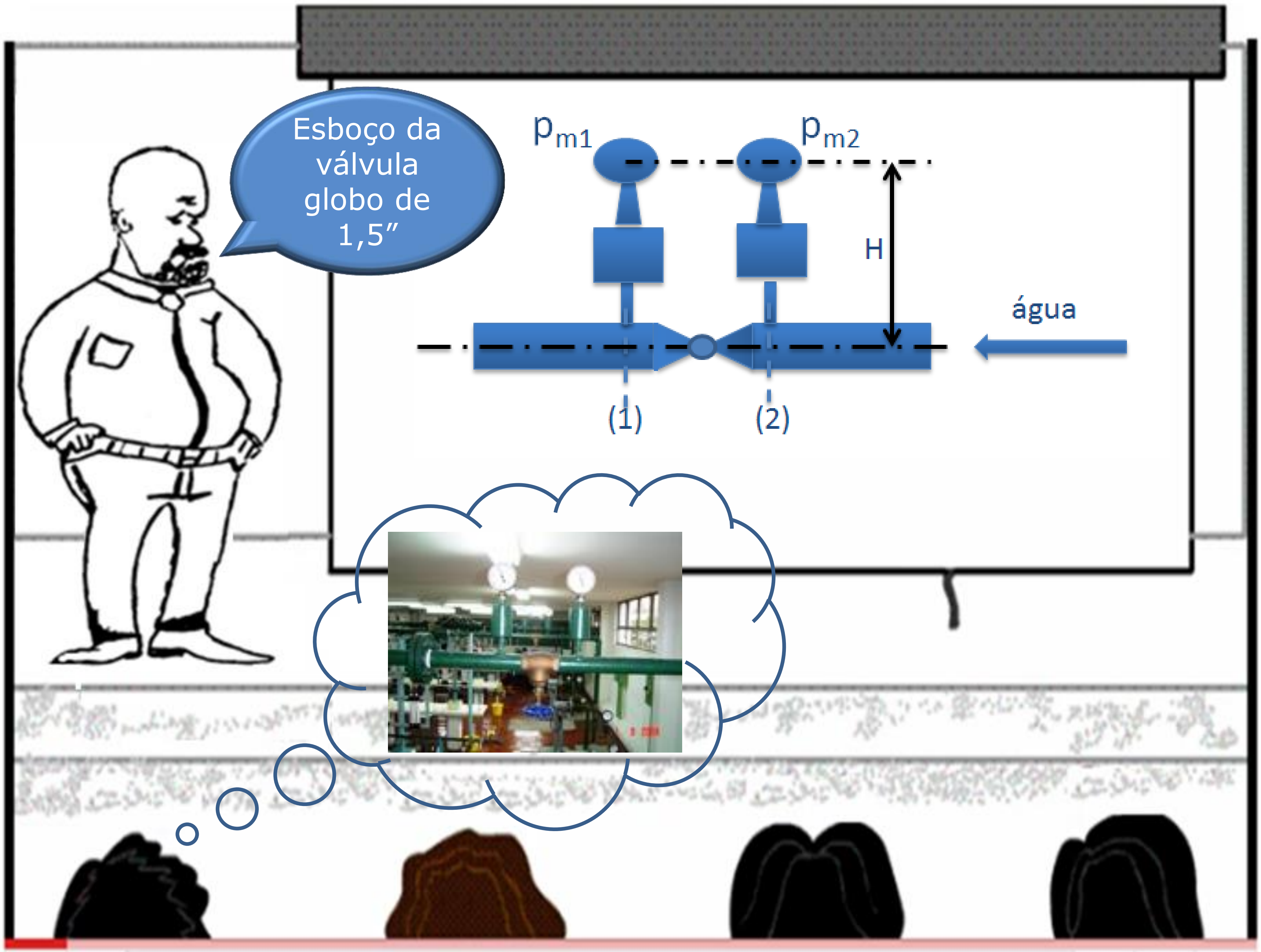

Vamos calcular o comprimento equivalente da válvula globo da bancada 8 e refletir sobre o porque a perda aumenta com a diminuição da vazão.
Que dia é hoje?
Eu queria é saber como seria uma prova de laboratório?
26/02/2013


Farei as duas coisas, ou seja, calcular o Leq e simular uma prova de laboratório.
Essa eu quero ver!


Considerando os dados a seguir que foram obtidos na bancada 8 do laboratório e sendo conhecidas as equações dadas, pede-se calcular o comprimento equivalente da válvula globo reta sem guia de 1,5”.


Esboço da válvula globo de 1,5"
p_{m1}
p_{m2}
H
água
(1)
(2)

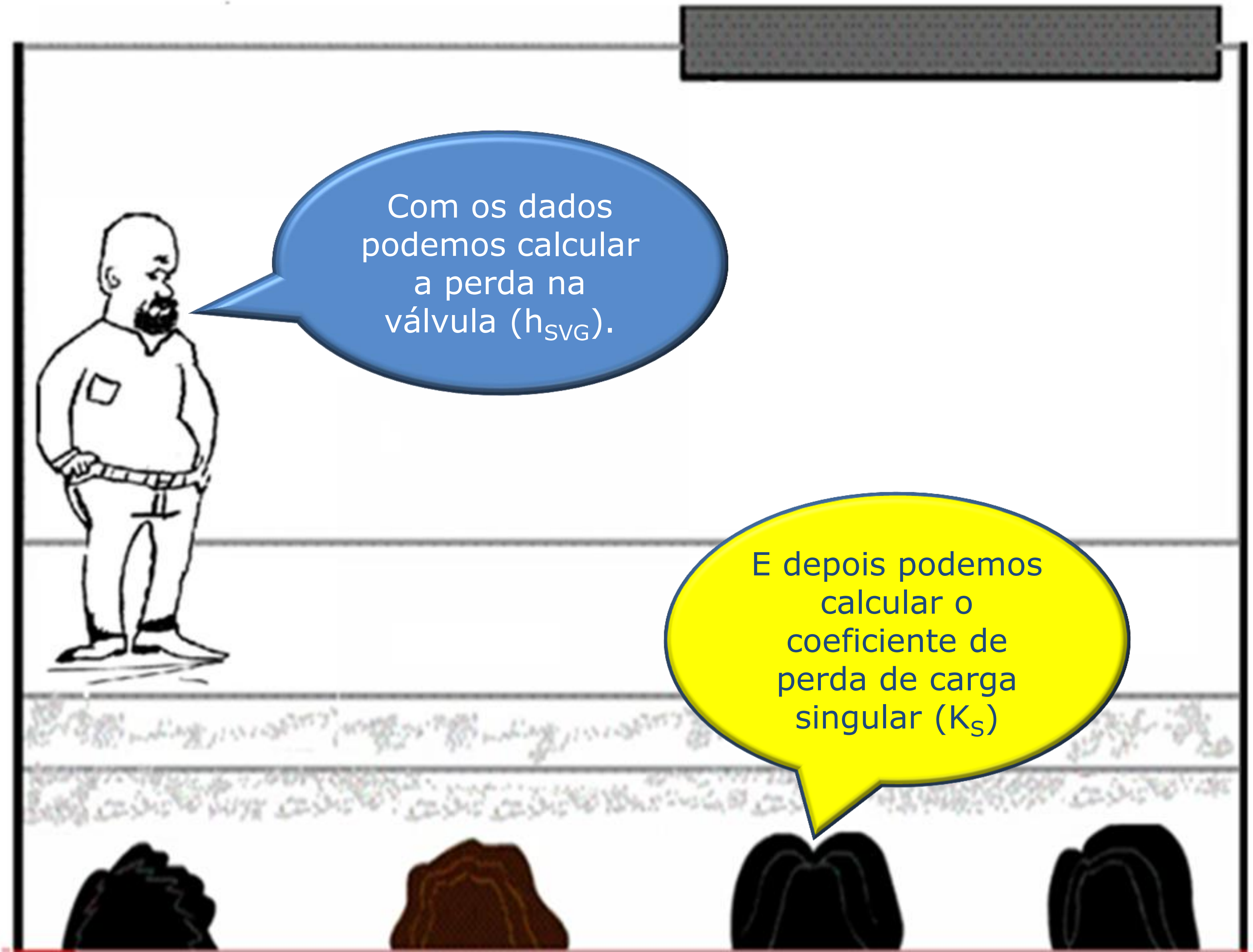
$$z = \frac{273(K)}{T(K)}$$

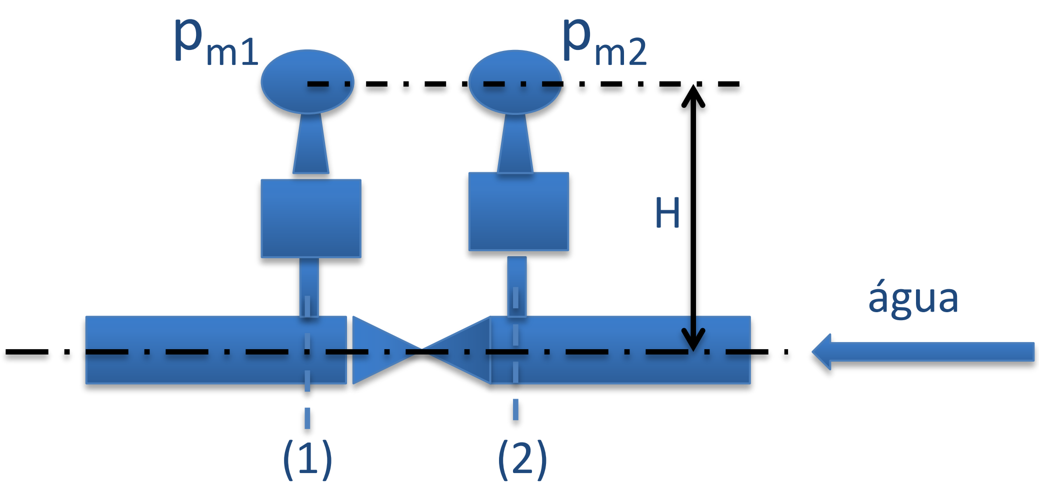
Ensaio	P_{m1} (kPa)	P_{m2} (kPa)	Δh (mm)	t (s)
3	300	46	100	43
Tanque superior $L_1 = L_2 = 738$ mm				
Temperatura da água $76{,}1^0F$				

$$\rho_{água} = 1000 - 0{,}0178 \times \left|tc - 4\right|^{1,7} \pm 0{,}2\% \rightarrow \left[\rho_{água}\right] = \frac{kg}{m^3}$$

$$\ln\frac{\mu}{\mu_0} \cong -1{,}704 - 5{,}306 \times z + 7{,}003 \times z^2 \rightarrow \mu_0 = 1{,}788 \times 10^{-3}\,\frac{kg}{m \times s}.$$

$$\frac{kg}{m \times s} = Pa \times s$$


Com os dados podemos calcular a perda na válvula (h_{SVG}).
E depois podemos calcular o coeficiente de perda de carga singular (K_S)



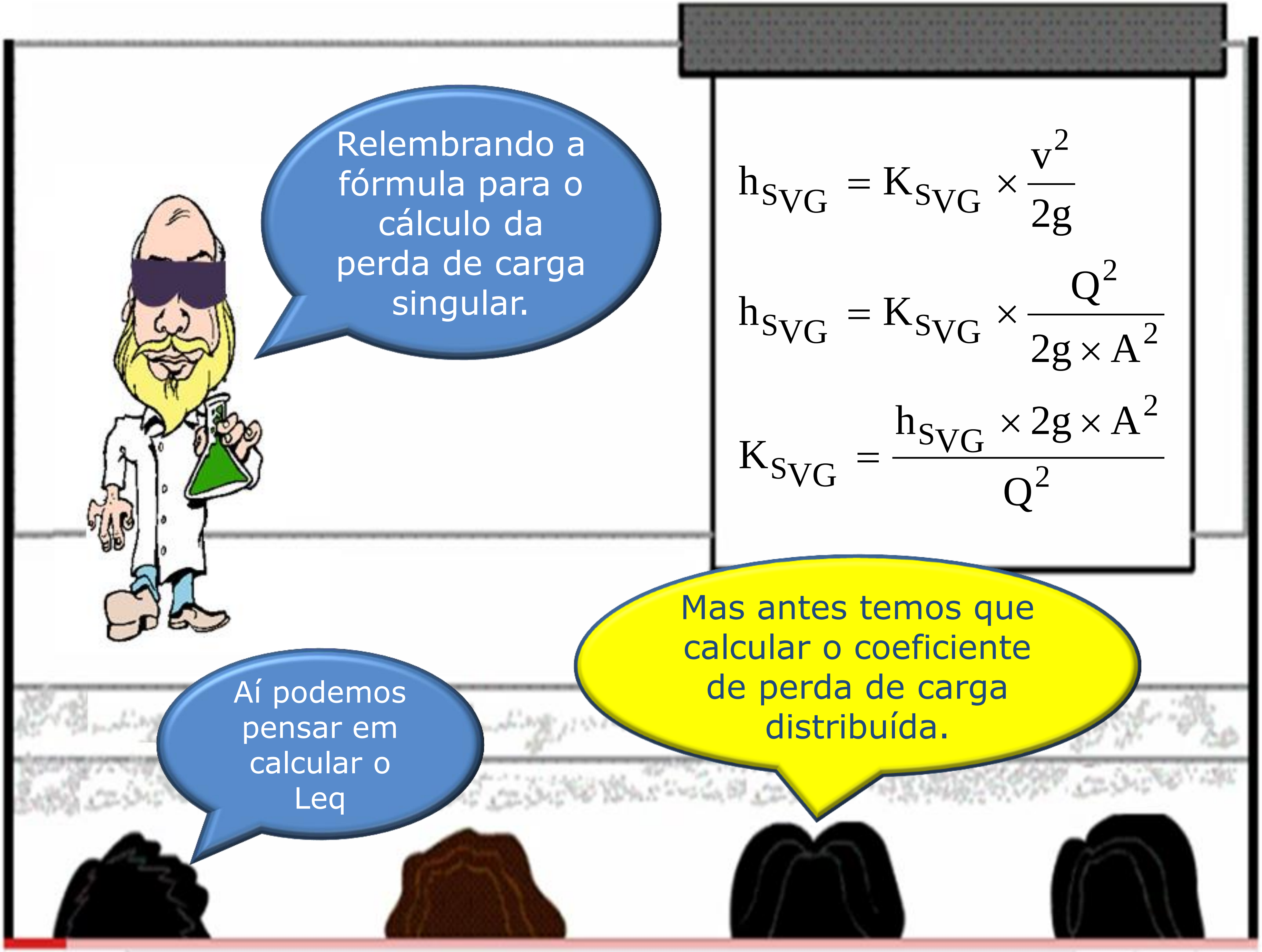
$$H_2 = H_1 + H_{p2-1}$$

$$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \times v_2^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \times v_1^2}{2g} + h_{SVG}$$

$$PH \Rightarrow z_2 = z_1 = \text{cons tan te}$$

$$D = \text{cte} \Rightarrow v_2 = v_1 \Rightarrow \alpha_2 = \alpha_1$$

$$\therefore h_{SVG} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} = \frac{p_{m2} + \gamma \times H - p_{m2} - \gamma \times H}{\gamma} = \frac{p_{m2} - p_{m1}}{\gamma}$$


Relembrando a fórmula para o cálculo da perda de carga singular.
$h_{SVG} = K_{SVG} \times \frac{v^2}{2g}$
$h_{SVG} = K_{SVG} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$
$K_{SVG} = \frac{h_{SVG} \times 2g \times A^2}{Q^2}$
Mas antes temos que calcular o coeficiente de perda de carga distribuída.
Aí podemos pensar em calcular o Leq

Proponho a fórmula de Churchill já que ela vale tanto para o escoamento laminar como para o turbulento.

Determinação do f pela fórmula de Churchill

$$f = 8 \times \left\{ \left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \left[\frac{1}{(A+B)^{1,5}} \right] \right\}^{\frac{1}{12}}$$

$$A = \left\{ -2,457 \times \ln \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0,9} + \frac{0,27 \times K}{D} \right] \right\}^{16}$$

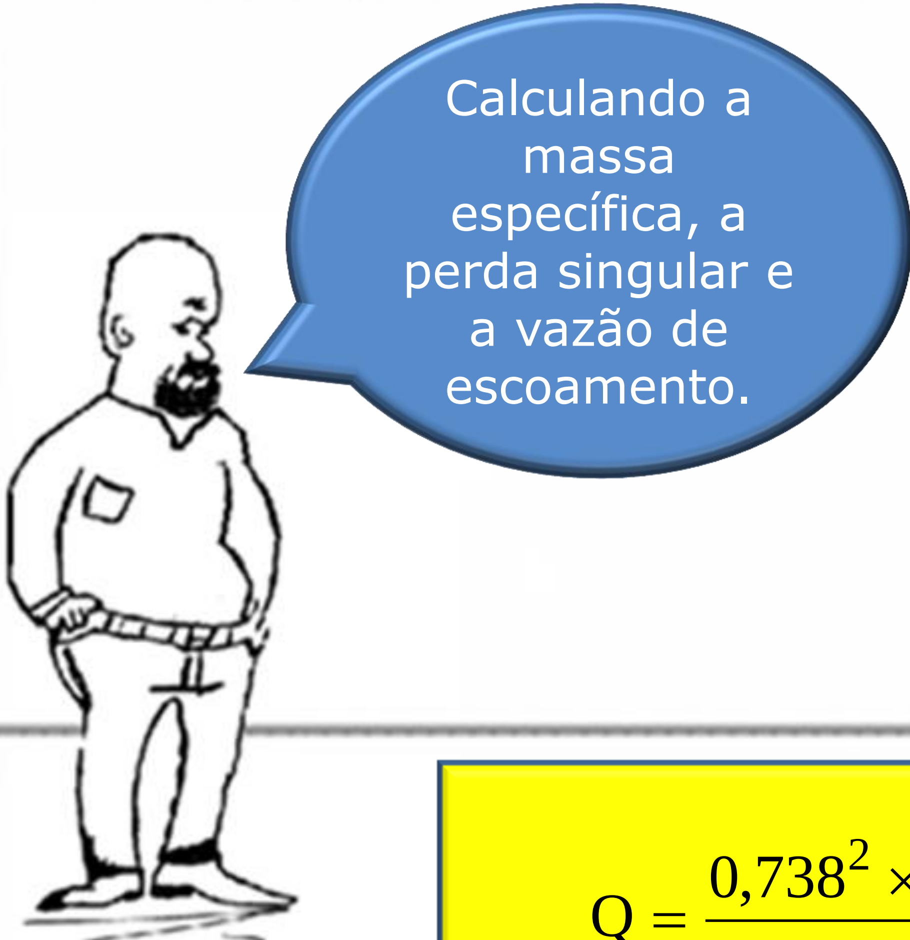
$$B = \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{v \times D}{\nu}$$

Dados:
Tubo de aço 40 com diâmetro nominal de 1,5" portanto Dint = 40,8 mm e A = 13,1 cm²


Como eu começo?



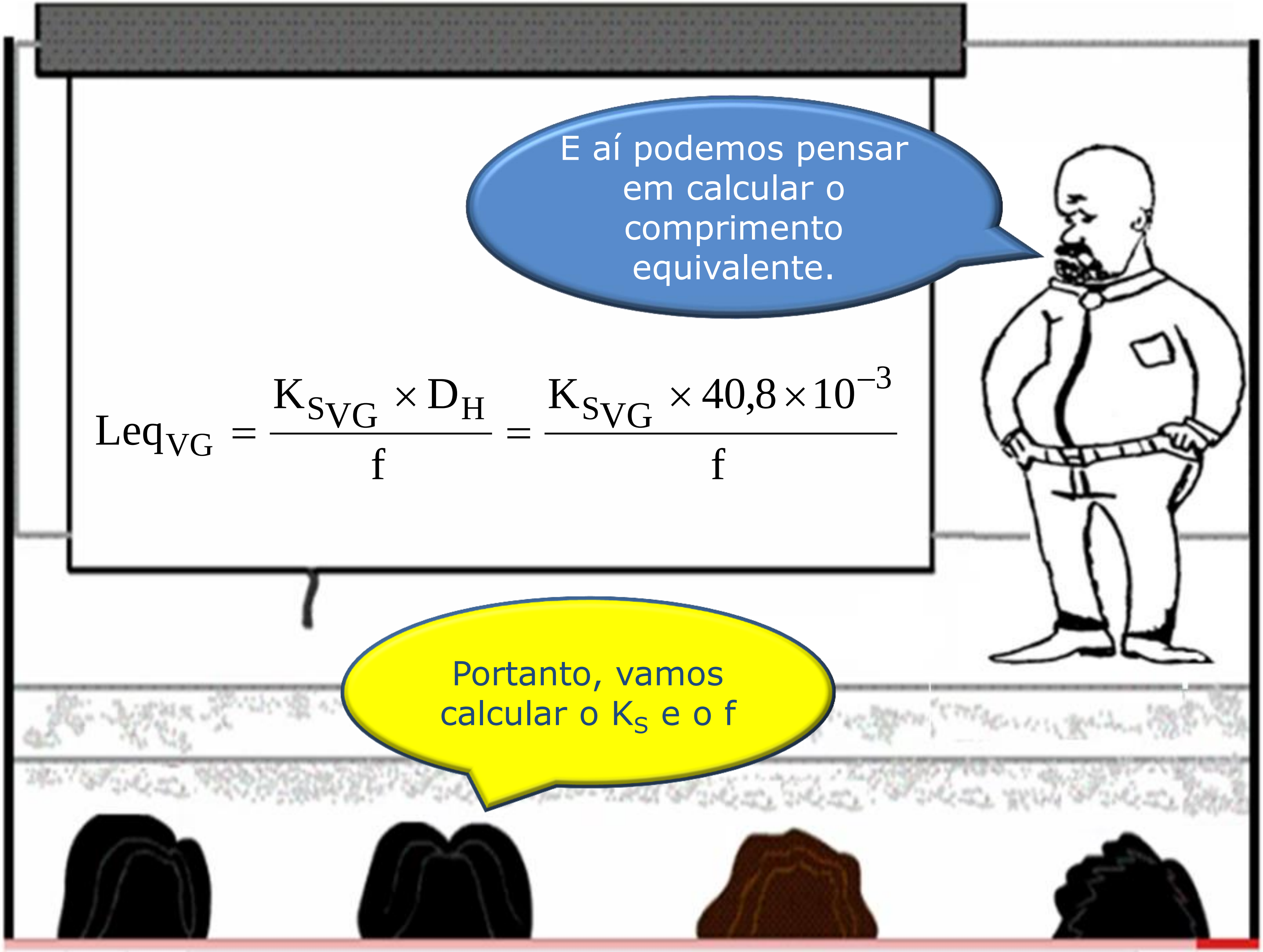
$$t_C = \frac{100}{180} \times (76{,}1 - 32) = 24{,}5^0\,C$$

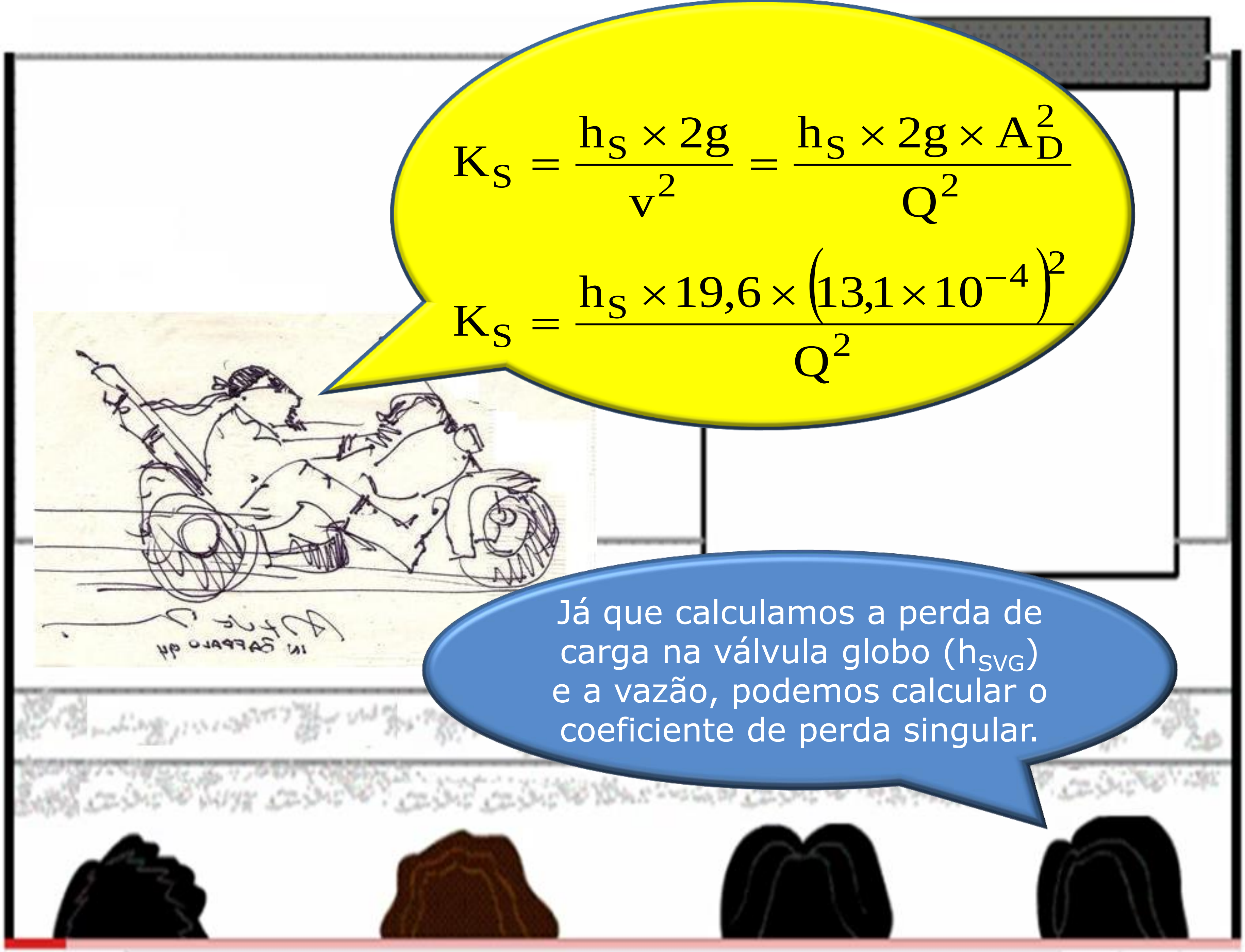
$$\rho_{24{,}5^0 C} = 1000 - 0{,}0178 \times |24{,}5 - 4|^{1{,}7}$$

$$\rho_{24{,}5^0 C} \cong 996{,}98 \approx 997\,\frac{kg}{m^3}$$

$$h_{s_{VG}} = \frac{(300 - 46) \times 1000}{997 \times 9{,}8} \cong 26m$$

$$Q = \frac{0{,}738^2 \times 0{,}1}{43} \cong 1{,}27 \times 10^{-3}\,\frac{m^3}{s}$$

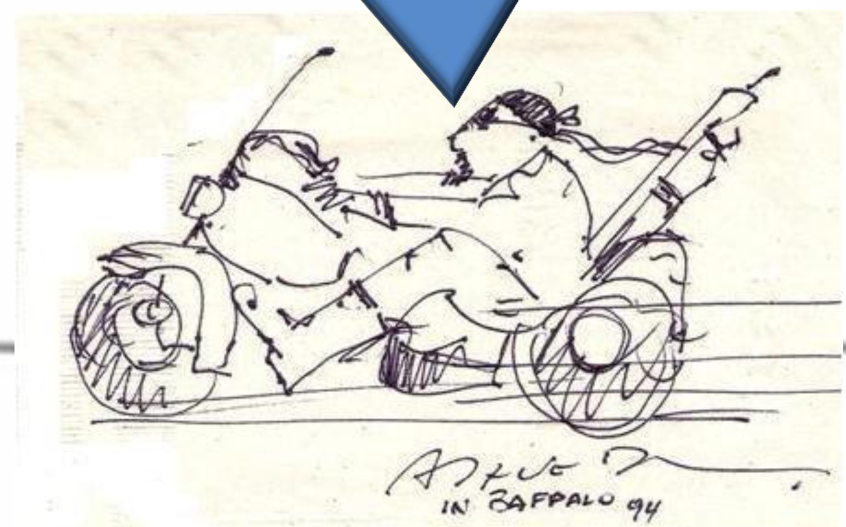

E aí podemos pensar em calcular o comprimento equivalente.
$Leq_{VG} = \frac{K_{S_{VG}} \times D_H}{f} = \frac{K_{S_{VG}} \times 40{,}8 \times 10^{-3}}{f}$
Portanto, vamos calcular o K_S e o f


$$K_S = \frac{h_S \times 2g}{v^2} = \frac{h_S \times 2g \times A_D^2}{Q^2}$$
$$K_S = \frac{h_S \times 19{,}6 \times \left(13{,}1 \times 10^{-4}\right)^2}{Q^2}$$
Já que calculamos a perda de carga na válvula globo (h_{SVG}) e a vazão, podemos calcular o coeficiente de perda singular.

$$K_S = \frac{26 \times 19,6 \times \left(13,1 \times 10^{-4}\right)^2}{\left(1,27 \times 10^{-3}\right)^2}$$

$$\therefore K_S \cong 542,21$$

Agora é só calcular o coeficiente de perda de carga distribuída.



Começamos calculando o número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{\rho \times Q \times D}{\mu \times A}$$

Temos que calcular a viscosidade!

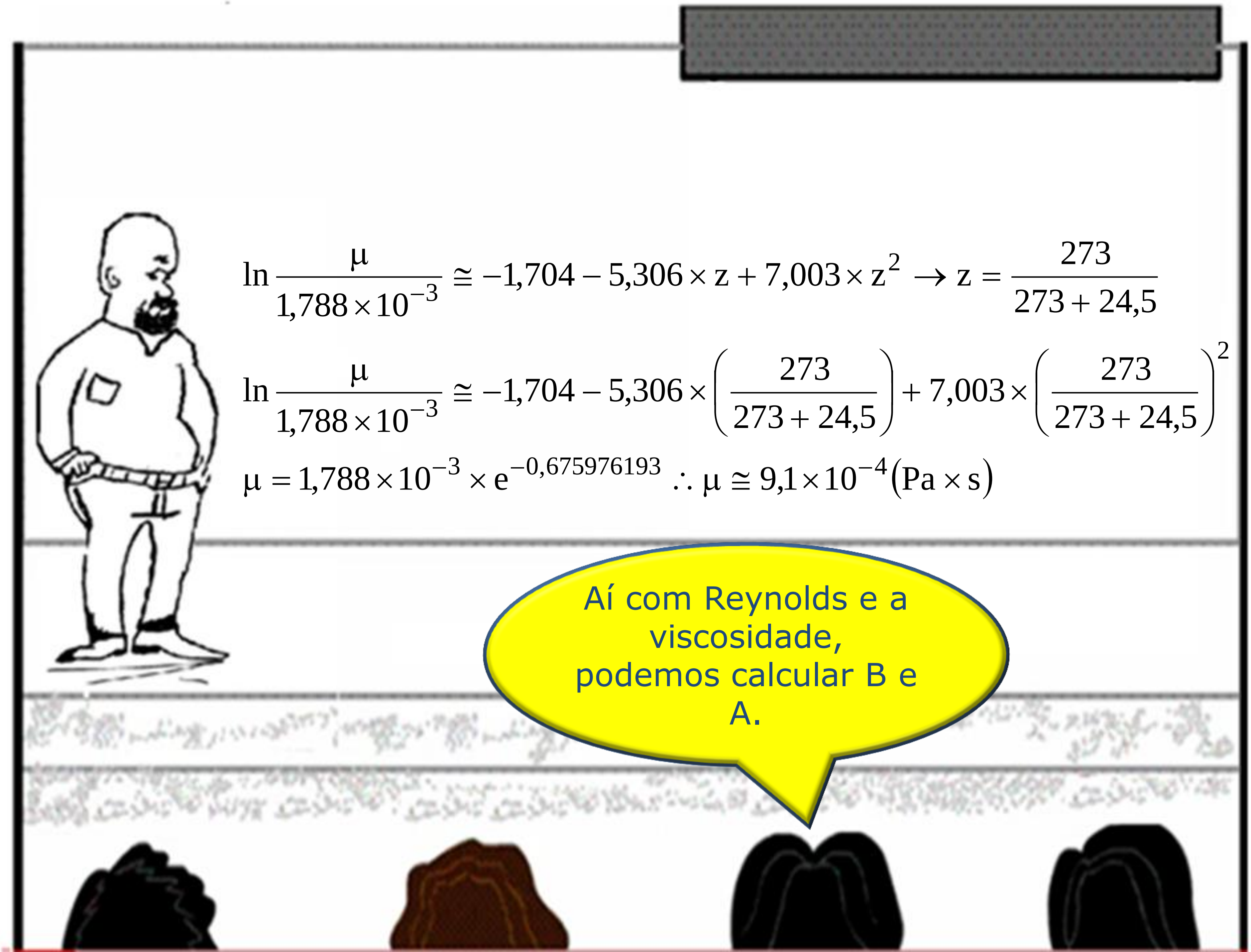
$$Re = \frac{997 \times 1{,}27 \times 10^{-3} \times 40{,}8 \times 10^{-3}}{\mu \times 13{,}1 \times 10^{-4}}$$

$$Re = \frac{39{,}43553588}{\mu}$$

$$\ln\frac{\mu}{1{,}788\times10^{-3}} \cong -1{,}704 - 5{,}306\times z + 7{,}003\times z^{2} \rightarrow z = \frac{273}{273+24{,}5}$$

$$\ln\frac{\mu}{1{,}788\times10^{-3}} \cong -1{,}704 - 5{,}306\times\left(\frac{273}{273+24{,}5}\right) + 7{,}003\times\left(\frac{273}{273+24{,}5}\right)^{2}$$

$$\mu = 1{,}788\times10^{-3}\times e^{-0{,}675976193} \therefore \mu \cong 9{,}1\times10^{-4}\,(\mathrm{Pa}\times \mathrm{s})$$

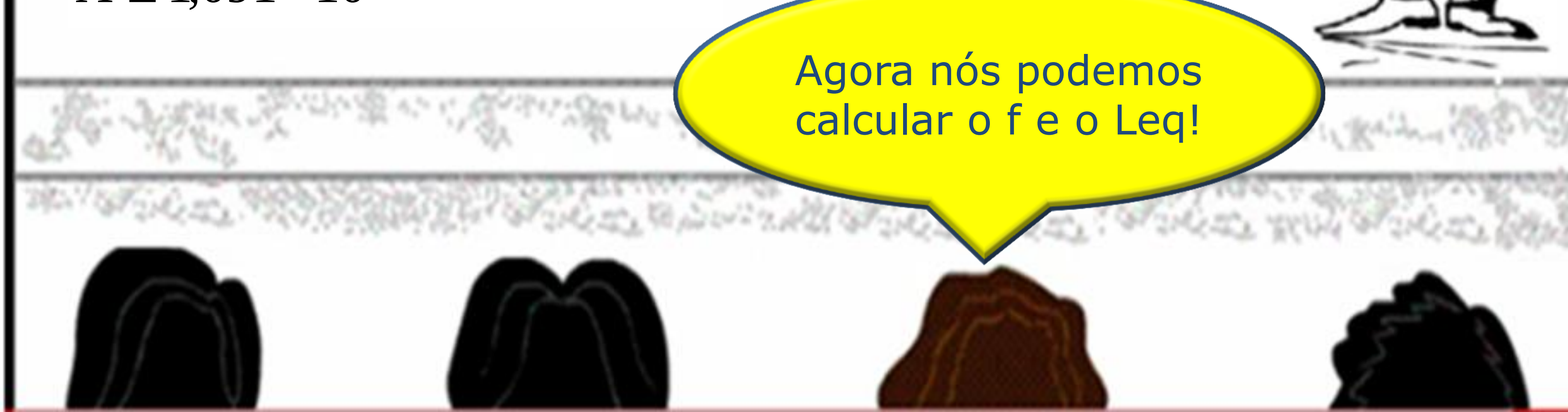


$$Re = \frac{39{,}43553588}{9{,}1 \times 10^{-4}} \cong 43335{,}8$$

$$B = \left(\frac{37530}{43335{,}8} \right)^{16} \cong 0{,}100$$

$$A = \left\{ -2{,}457 \times \ln \left[\left(\frac{7}{43335{,}8} \right)^{0{,}9} + \frac{0{,}27 \times 4{,}6 \times 10^{-5}}{40{,}8 \times 10^{-3}} \right] \right\}^{16}$$

$$A \cong 1{,}091 \times 10^{20}$$



$$f = 8 \times \left\{ \left(\frac{8}{43335{,}8} \right)^{12} + \left[\frac{1}{\left(1{,}091 \times 10^{20} + 0{,}100\right)^{1{,}5}} \right] \right\}^{\frac{1}{12}}$$

$$f \cong 0{,}02502407 \approx 0{,}0251$$

$$Leq = \frac{542{,}21 \times 40{,}8 \times 10^{-3}}{0{,}0251} \cong 881{,}4\,m$$

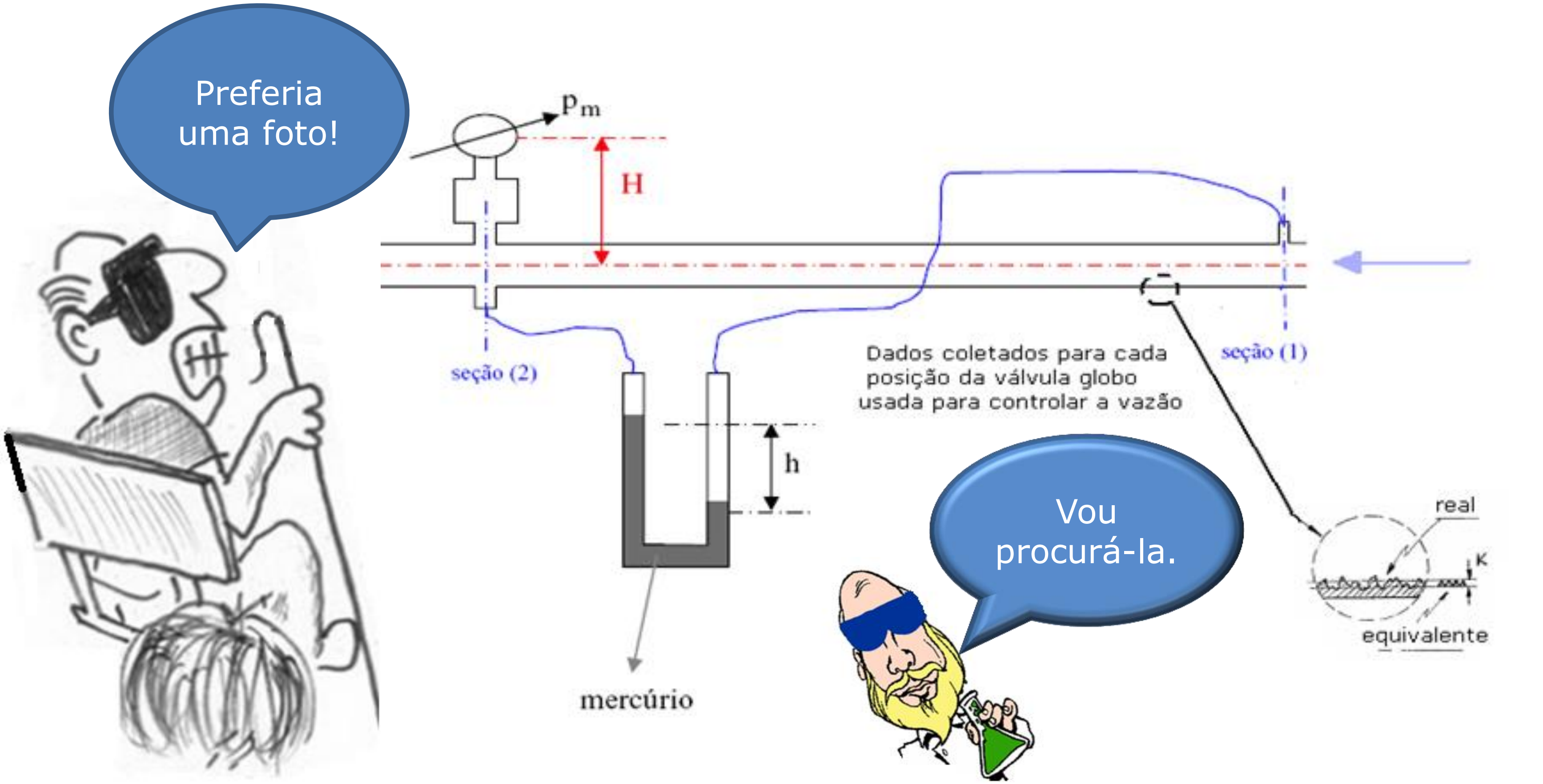
$$H_p = f \times \frac{\left(L + \sum Leq + Leq_{VG}\right)}{D_H} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2} \rightarrow Q \downarrow \Rightarrow f \uparrow \Rightarrow Leq_{VG} \uparrow\uparrow\uparrow \therefore H_p \uparrow$$

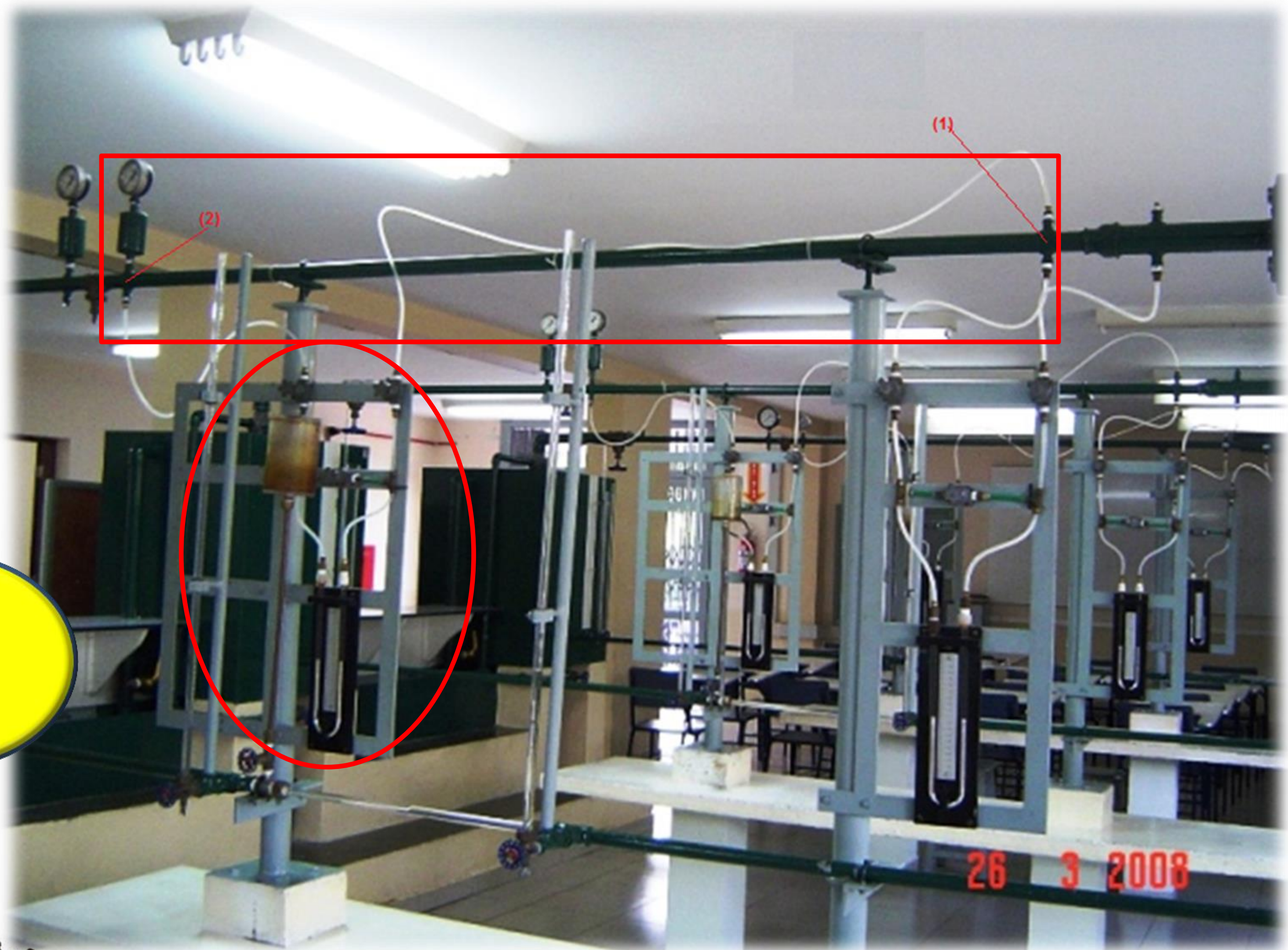
que é oposto do observado na tubulação antes da bomba


Proponho uma nova atividade a ser desenvolvida na bancada do laboratório

Estime a vazão na bancada pelo diagrama de Rouse e calcule um coeficiente adimensional, que pode ser denominado de coeficiente de Rouse que será definido pela relação entre a vazão estimada pelo diagrama e a calculada no tanque.

A seguir o esboço do trecho considerado na bancada para esta estimativa.




(1)
(2)
26 3 2008


Sua foto!

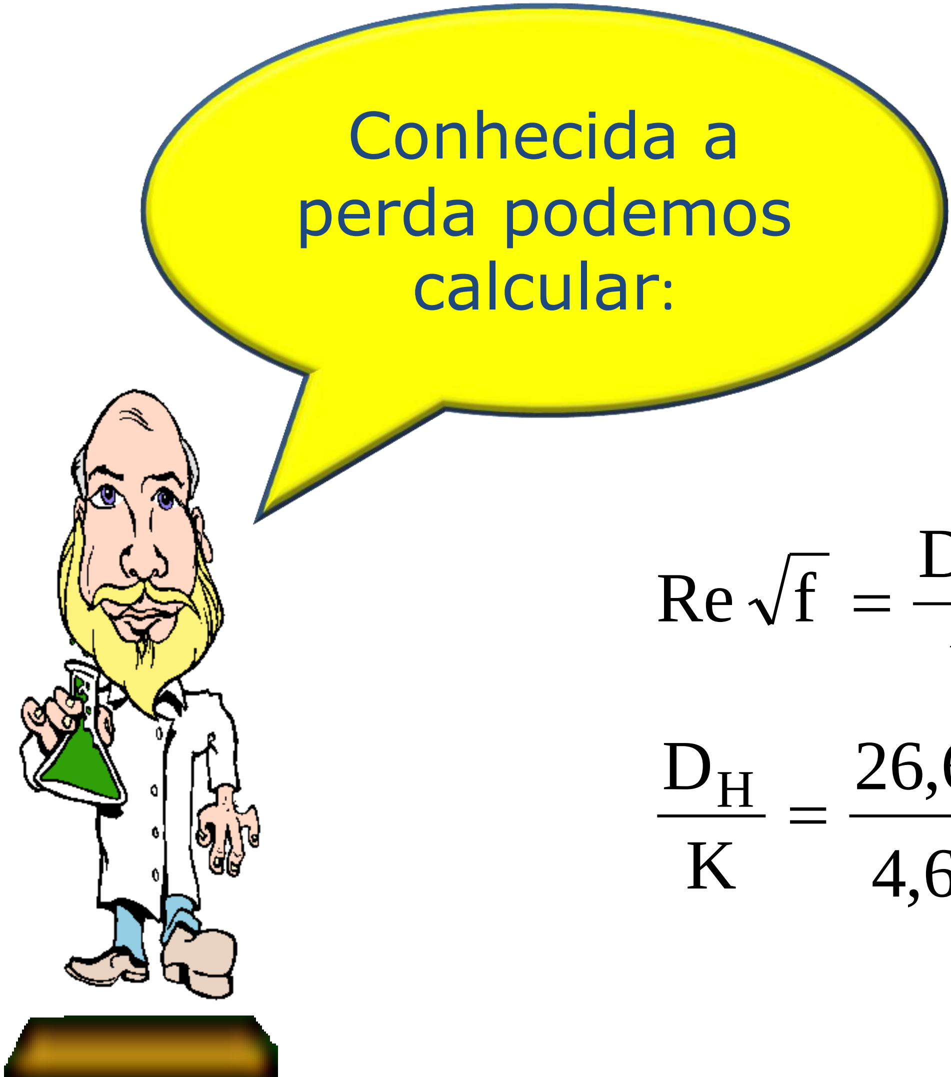
Aplicamos a equação da energia de (1) a (2)

$$H_1 = H_2 + H_{p_{1-2}}$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f_{1-2}}$$

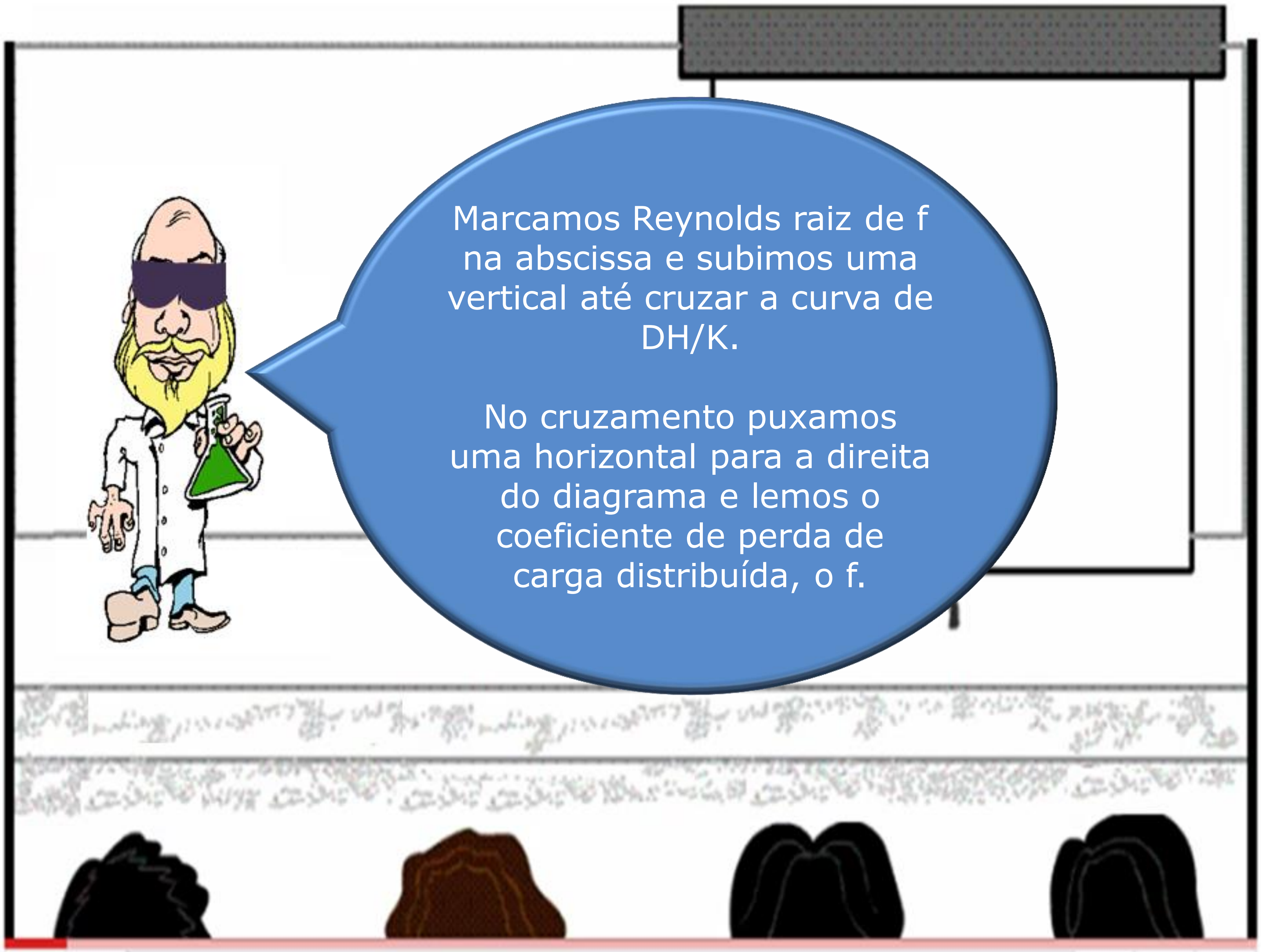
$$h_{f_{1-2}} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)$$

Conhecida a perda podemos calcular:



$$\mathrm{Re}\sqrt{f} = \frac{D_H}{\nu} \times \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g}{L}}$$

$$\frac{D_H}{K} = \frac{26{,}6 \times 10^{-3}}{4{,}6 \times 10^{-5}} \cong 578{,}3$$


Marcamos Reynolds raiz de f na abscissa e subimos uma vertical até cruzar a curva de DH/K.
No cruzamento puxamos uma horizontal para a direita do diagrama e lemos o coeficiente de perda de carga distribuída, o f.

Lemos "f"

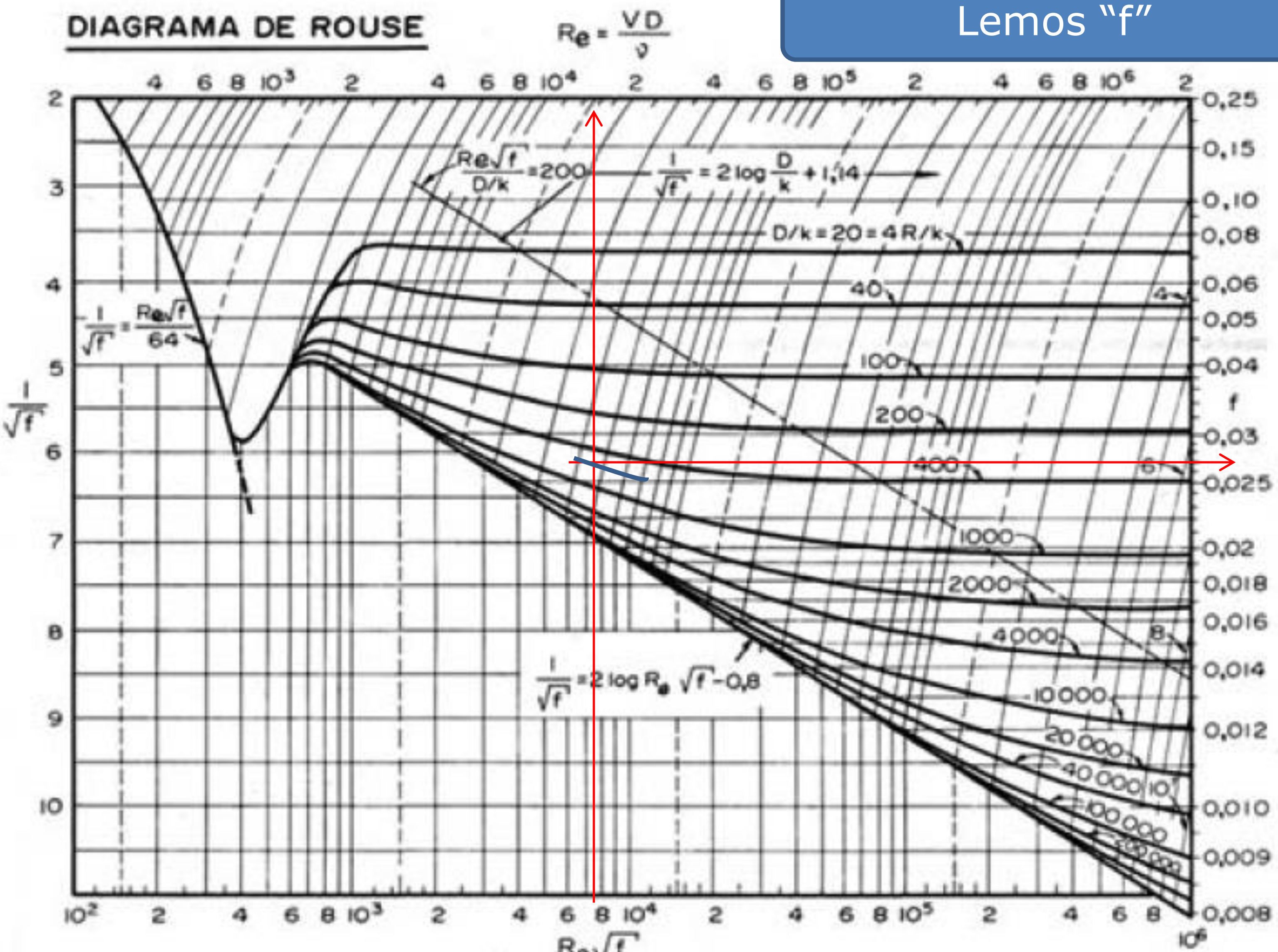
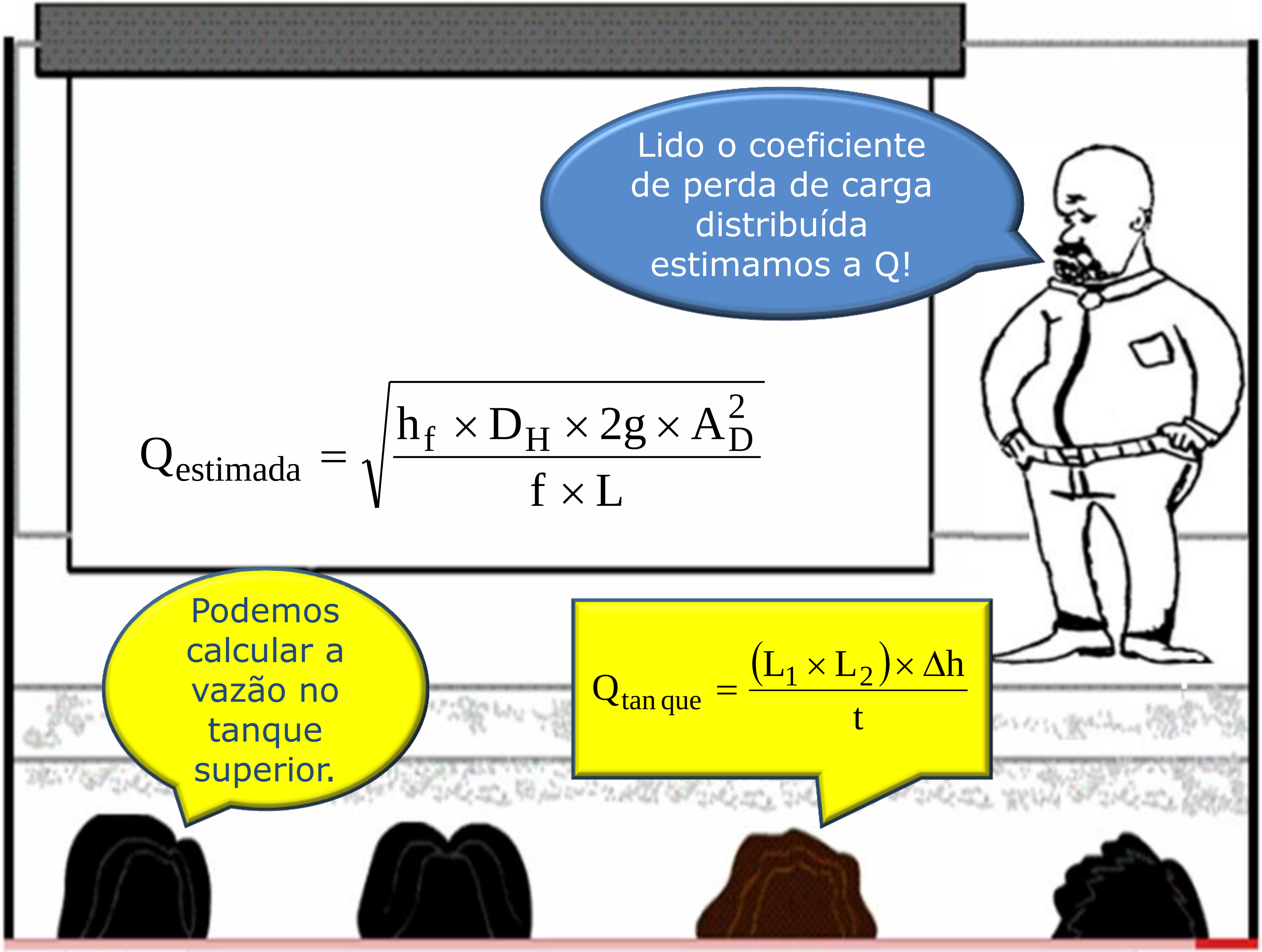
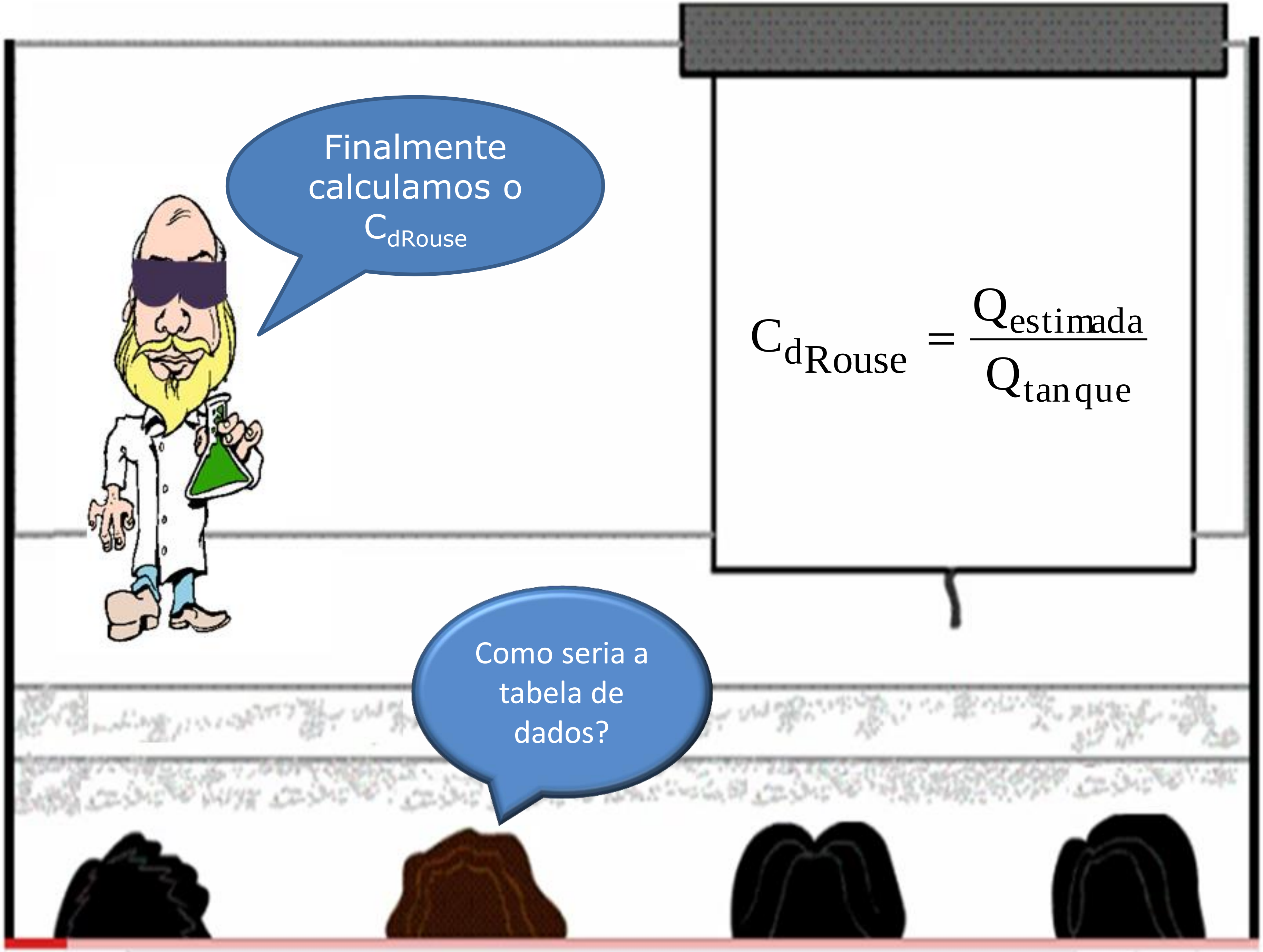


DIAGRAMA DE ROUSE
Re = VD/ν
D/k = 20 = 4 R/k
1/√f = Re√f/64
1/√f = 2 log Re √f − 0,8
1/√f = 2 log D/k + 1,14
Re√f/(D/k) = 200
Re√f
f


Lido o coeficiente de perda de carga distribuída estimamos a Q!
$$Q_{estimada} = \sqrt{\frac{h_f \times D_H \times 2g \times A_D^2}{f \times L}}$$
Podemos calcular a vazão no tanque superior.
$$Q_{tan\,que} = \frac{(L_1 \times L_2) \times \Delta h}{t}$$


Finalmente calculamos o C_{dRouse}
$C_{dRouse} = \frac{Q_{estimada}}{Q_{tanque}}$
Como seria a tabela de dados?

Ensaio	Dh (mm)	t (s)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	h (mm)
1					
D_N = 1″ aço 40, portanto: D_{int} = 26,6 mm e A = 5,57 cm²					
Temperatura d’água =					