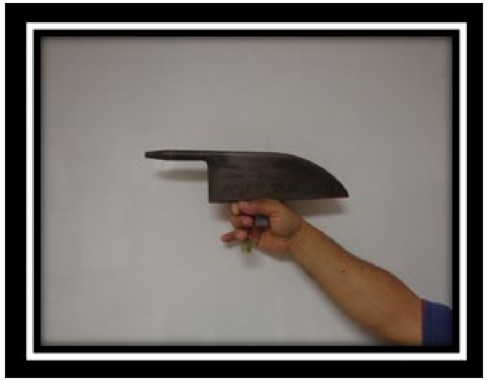
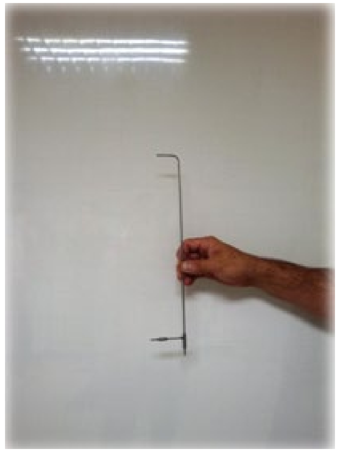
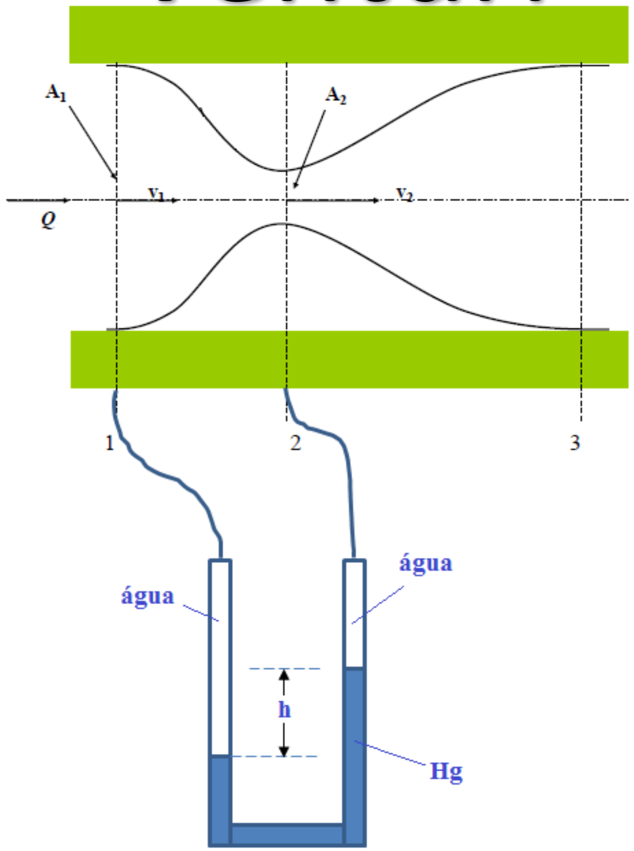
Estudo do Pitot e do Venturi



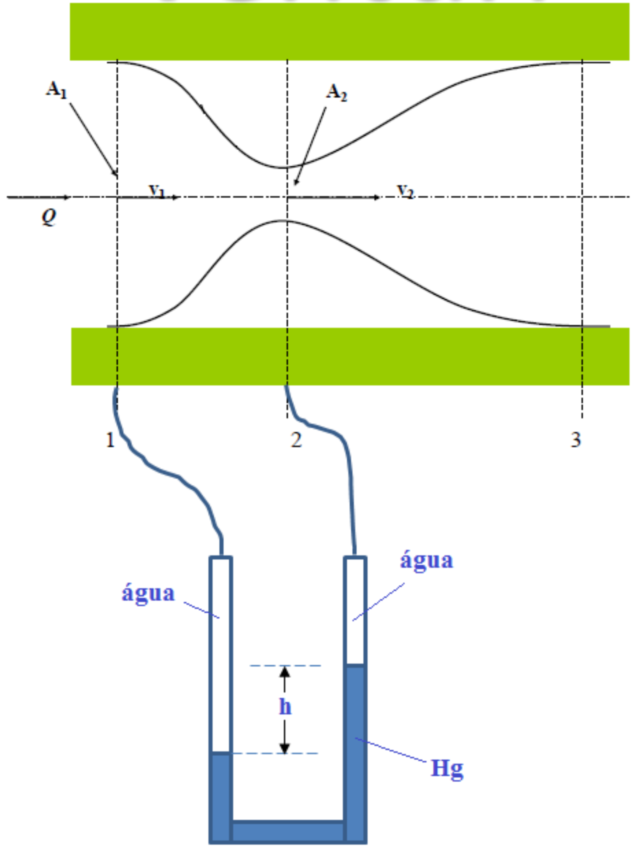
Pitot



Venturi



Venturi



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

G = 2 garganta do venturi, onde, por exemplo, $D_G = D_2 = 25$ mm

1 = seção de aproximação do venturi, onde, por exemplo, $D_1 = 40{,}8$ mm

$Q_{teórica}$ = vazão teórica já que o fluido foi considerado ideal ($\mu = 0$)

Problema= você não usa um aparelho para medir algo teórico, portanto, como obter a vazão real?

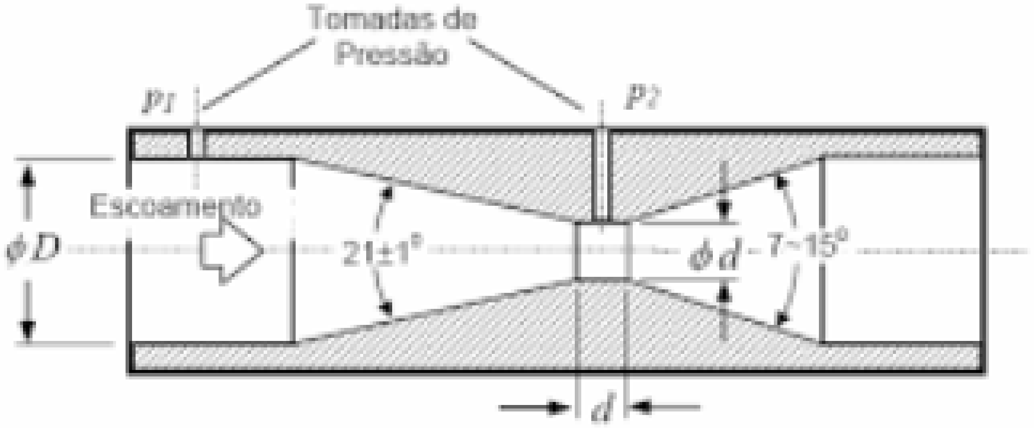
Para obter a vazão real, necessitamos conhecer alguns coeficientes.

$$C_C = \text{ coeficiente de contração } = \frac{A_C}{A}$$

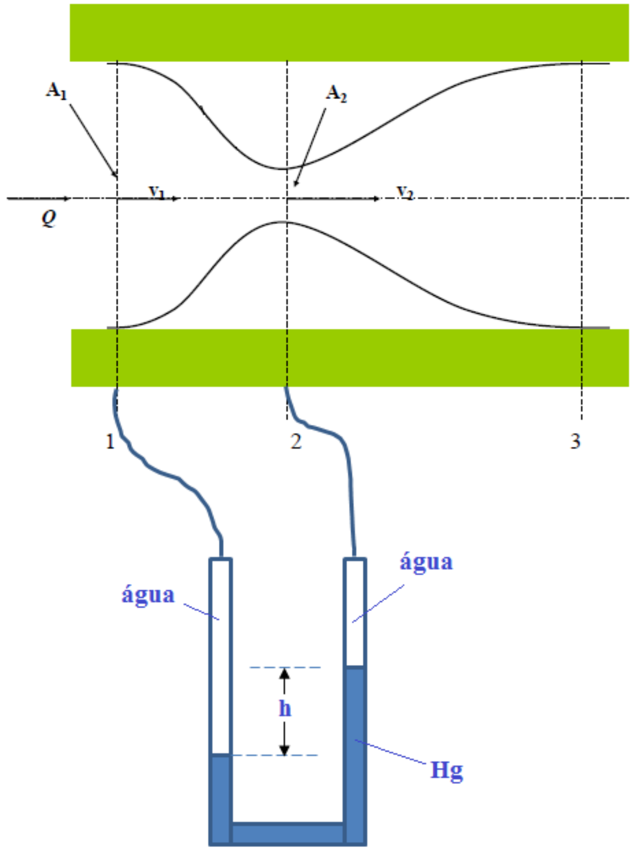
$$C_v = \text{ coeficiente de velocidade } = \frac{v_{real}}{v_{teórica}}$$

$$C_d = \text{ coeficiente de vazão } = \frac{Q_{real}}{Q_{teórica}} = C_C \times C_v$$

No venturi normalizado $C_C = 1$



Portanto para Venturi



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

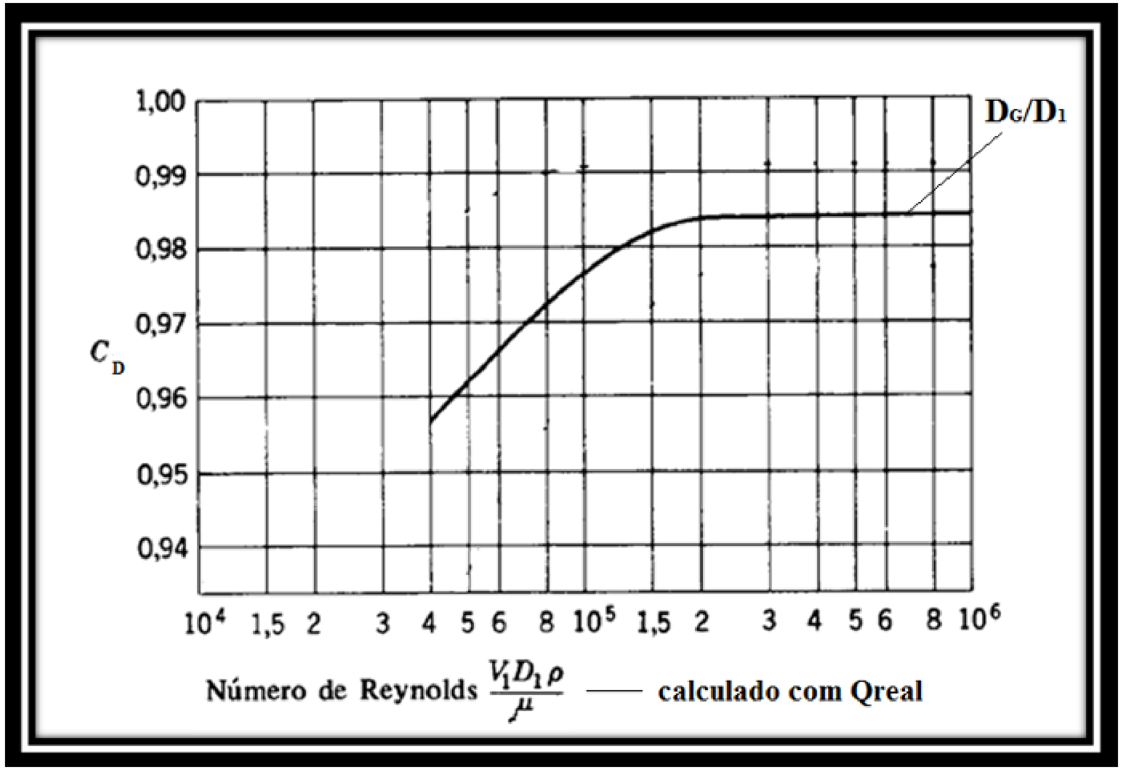
G = garganta do venturi, onde, por exemplo, D_G = 25 mm

1 = seção de aproximação do venturi, onde, por exemplo, D_1 = 40,8 mm

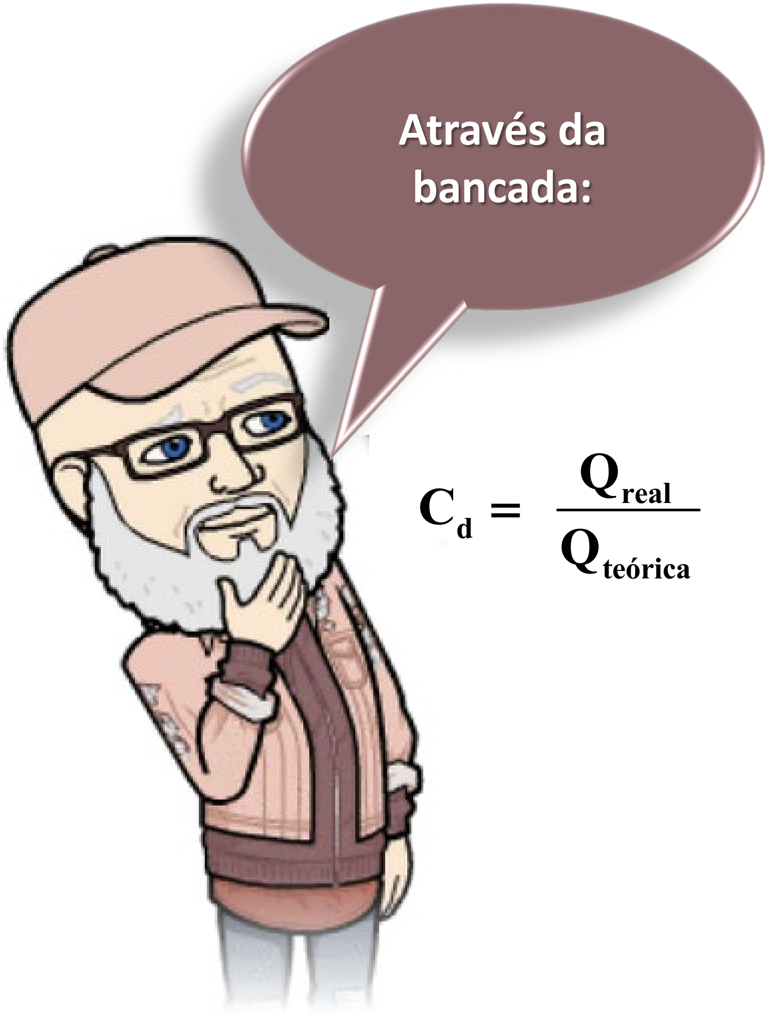
$C_d = C_v$

Para resolver o problema proposto há a necessidade de se determinar C_d ou C_v

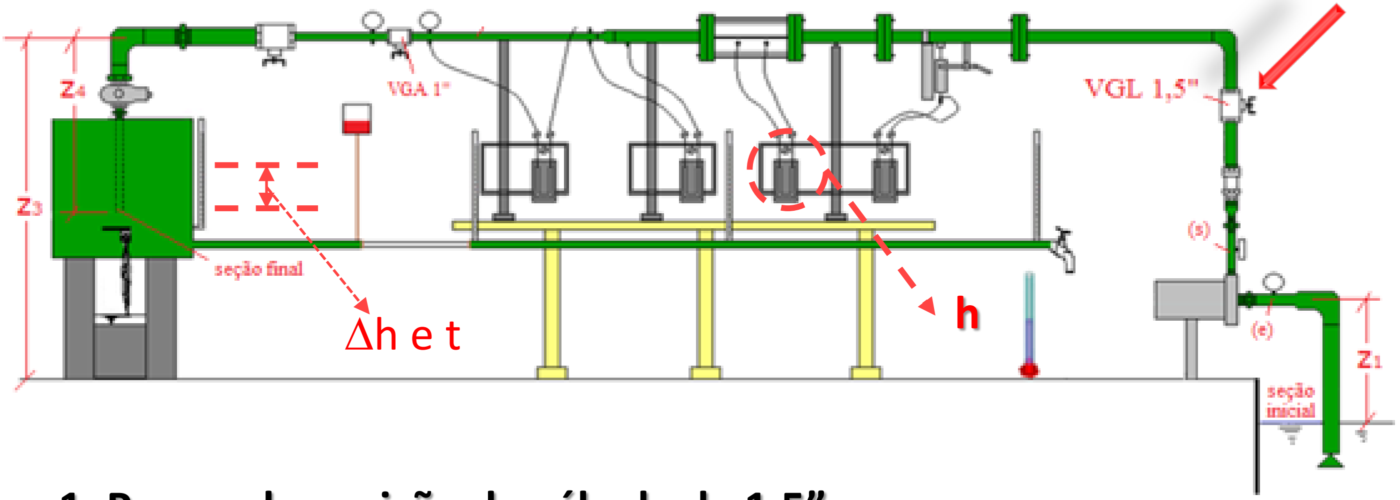
Uma das possibilidade é ter a curva característica



Surge novos problemas: como obtê-la e como usá-la?



$$C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórica}}$$



1. Para cada posição da válvula de 1,5”

2. Lemos h no medidor

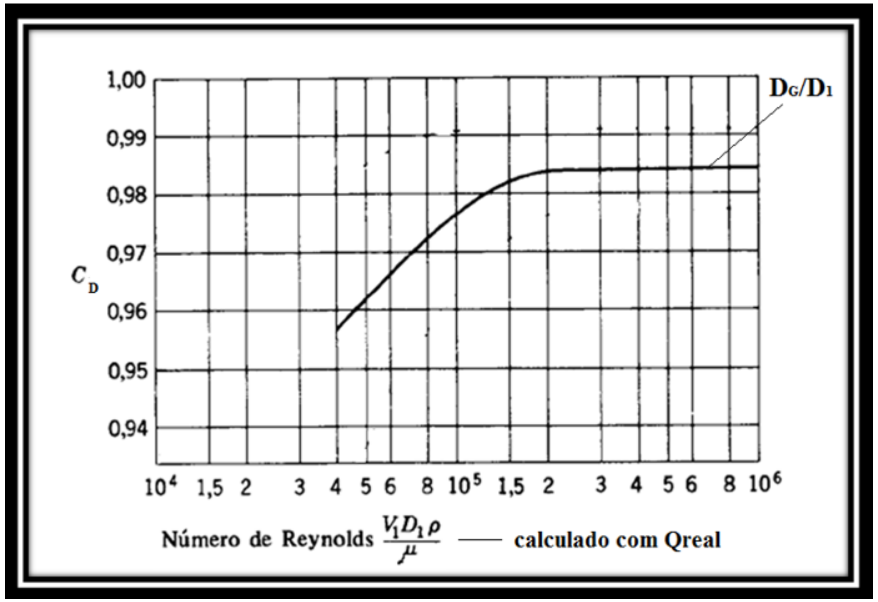
3. Para um Δh cronometramos o tempo t

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

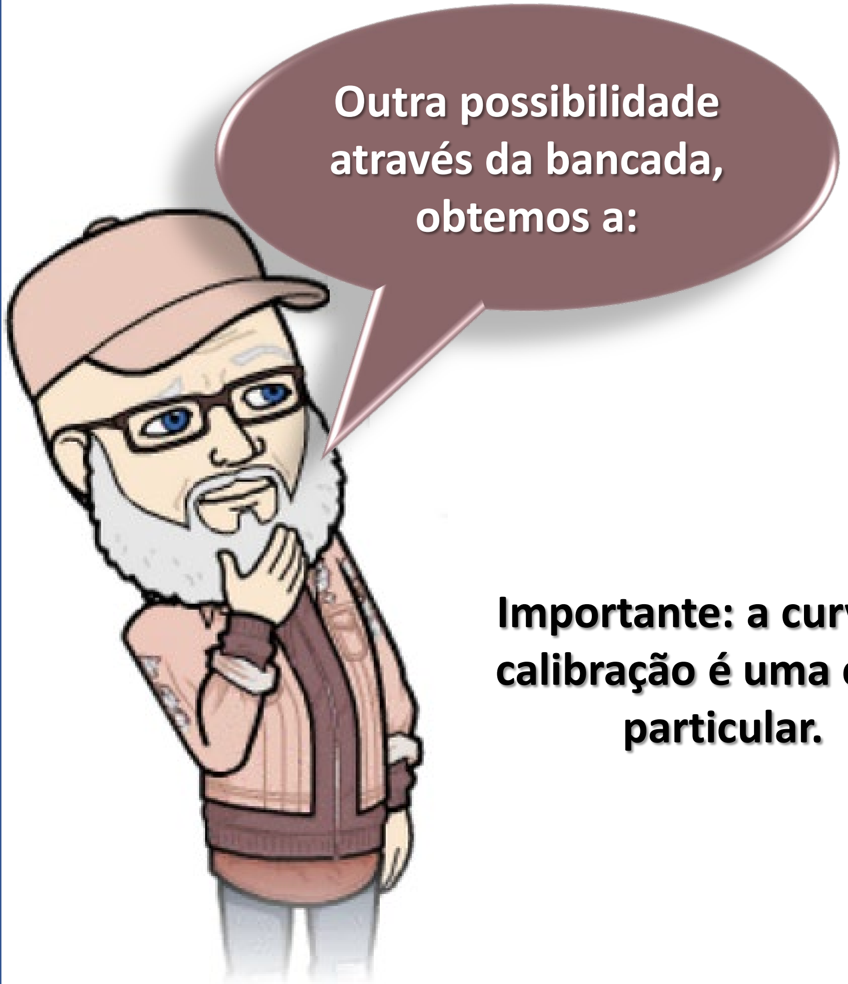
$$Q_{real} = \frac{\Delta h \times A_{tanque}}{t}$$

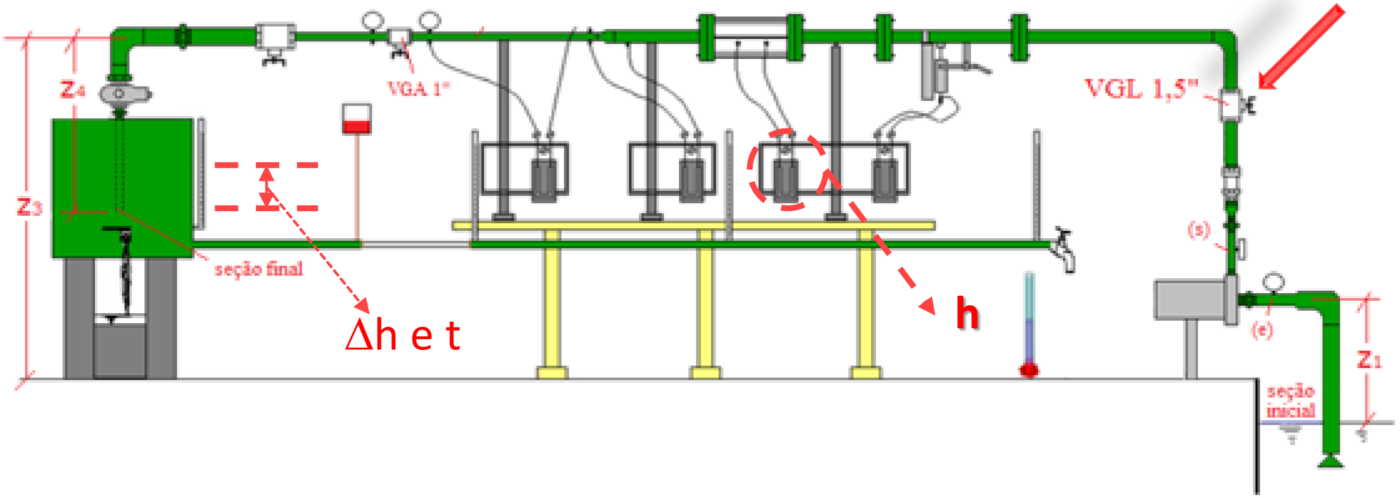
Através da curva característica:

$$C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórica}}$$

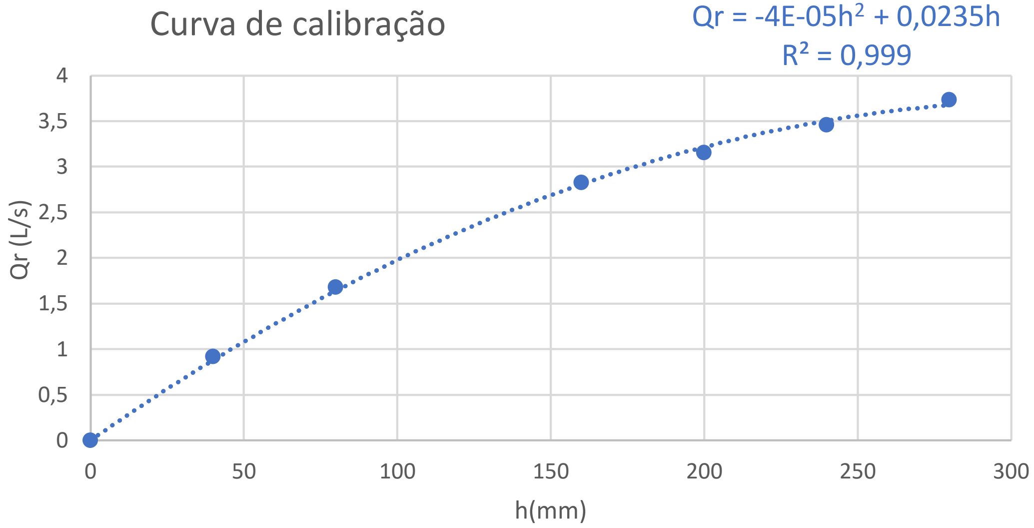


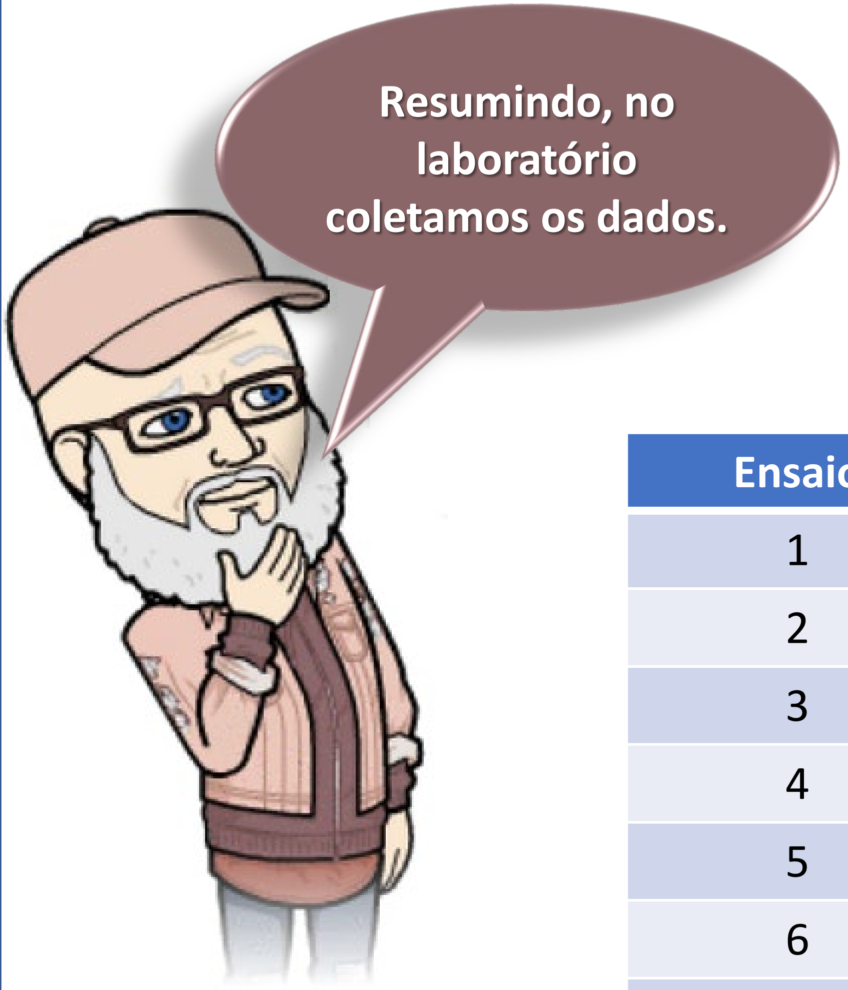
1. Adotamos R_{e1} no patamar e lemos C_d
2. Como temos $Q_{teórica}$ e agora C_d, achamos Q_{real}
3. Com Qreal, determinamos v_1 e calculamos R_{e1}
4. Se o R_{e1} der no patamar acabou, caso não repetimos o procedimento com esse Reynolds até coincidir o adotado com o calculado.

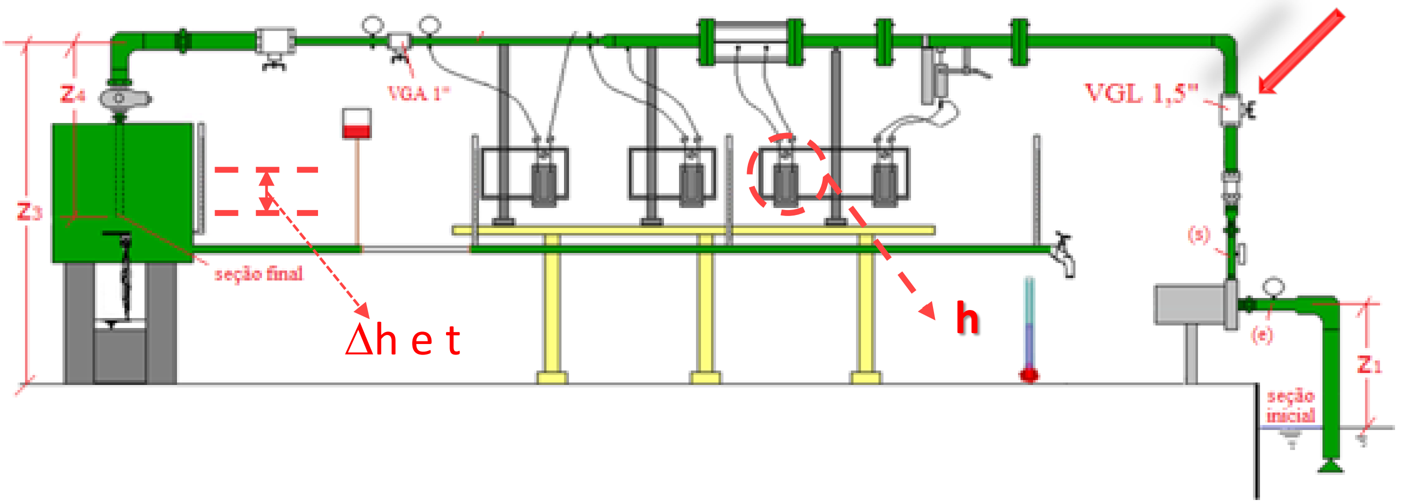




Importante: a curva da calibração é uma curva particular.







Ensaio	h (mm)	Δh (mm)	t(s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Conhecemos a temperatura da água e os lados do reservatório que permite calcular a área da seção transversal do mesmo.

$$Q_{real} = \frac{\Delta h \times A_{tanque}}{t}$$

$$1m^3 = 1000L$$

Ensaio	h (mm)	Q_R (m^3/s)	Q_R (L/s)	v_1 (m/s)	R_{e1}	Q_t (m^3/s)	C_d
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

$$v_1 = \frac{Q_R}{A_1} \rightarrow \text{exemplo: } v_1 = \frac{Q_R}{13{,}1 \times 10^{-4}}$$

$$R_{e_1} = \frac{\rho \times v_1 \times D_1}{\mu} = \frac{v_1 \times D_1}{\nu}$$

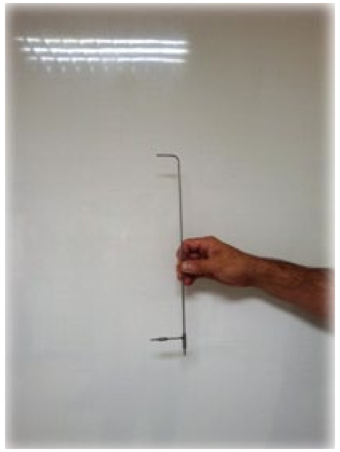
$$Q_{teórica} = \frac{\pi \times D_G^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times g \times h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}{1 - \left(\frac{D_G}{D_1}\right)^4}}$$

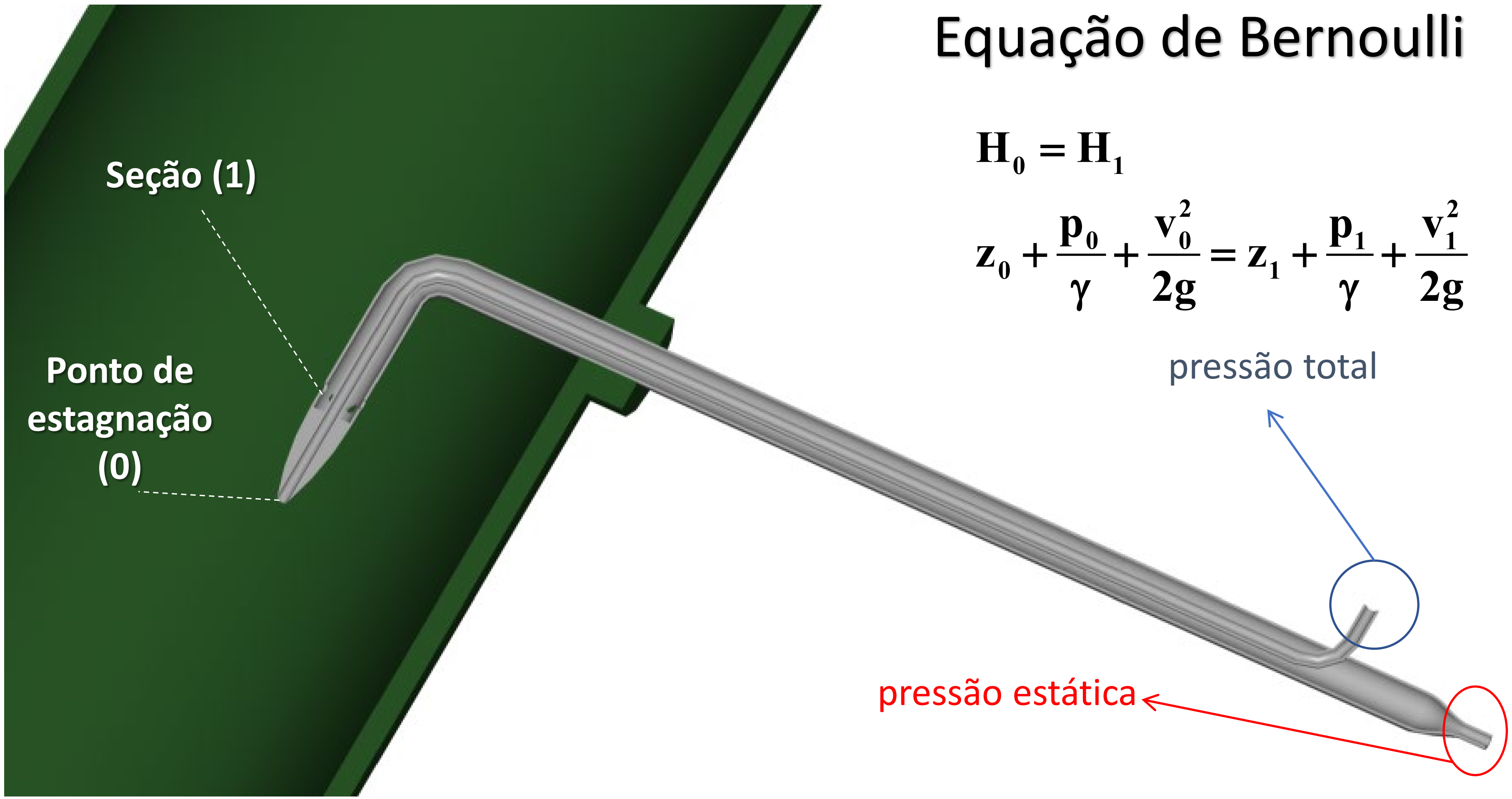
$$C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórica}}$$


Vamos agora aplicar a equação de Bernoulli ao tubo de Pitot

Equação de Bernoulli

Sempre instalado contrário ao sentido do escoamento

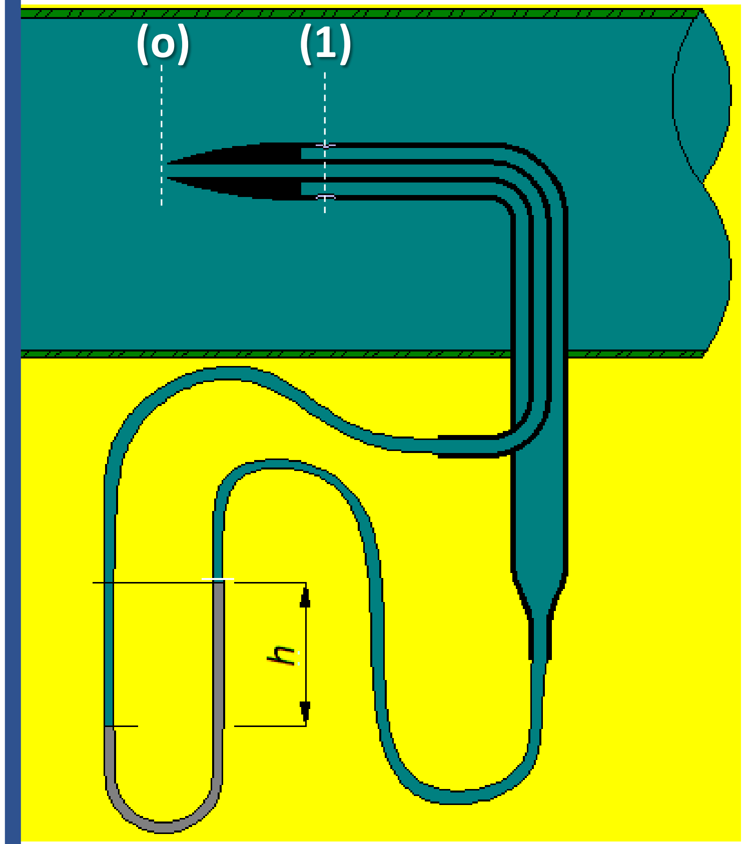




$$H_0 = H_1$$

$$z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\text{Como } Z_0 = Z_1 \text{ e } v_0 = 0 \text{ e ainda } p_0 - p_1 = p_d \text{ tem-se: } v_1 = \sqrt{2g \times \frac{p_d}{\gamma}}$$



$$\text{Como } Z_0 = Z_1 \text{ e } v_0 = 0 \text{ e ainda } p_0 - p_1 = p_d \text{ tem} - \text{se}: \ v_1 = \sqrt{2g \times \frac{p_d}{\gamma}}$$

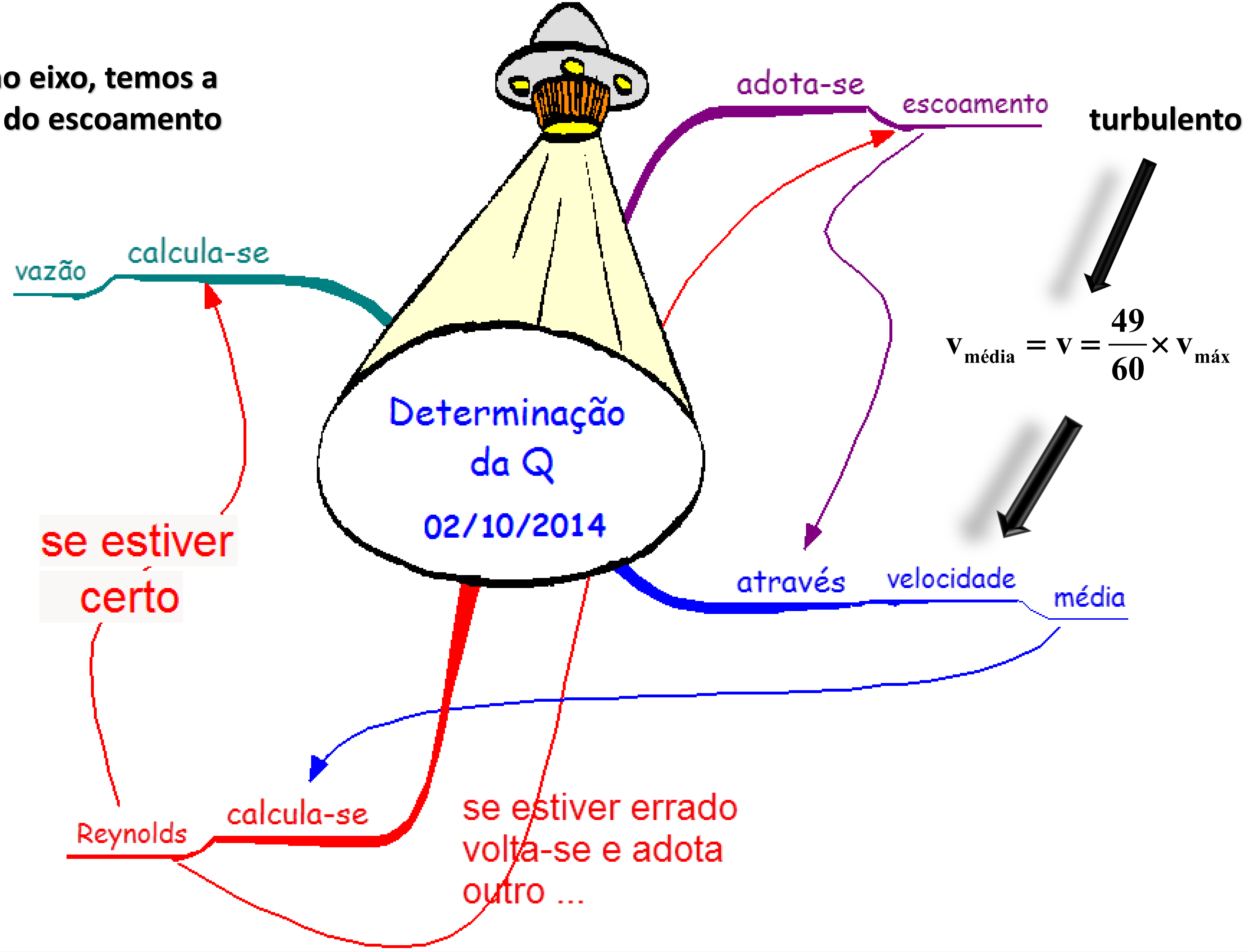
Pela equação manométrica se tem:

$$p_0 - p_1 = h \times (\gamma_m - \gamma)$$

$$\text{Portanto: } v_{ponto} = v_{real} = \sqrt{2g \times h \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}$$

Colocando o Pitot no eixo, temos a velocidade máxima do escoamento

$$Q = v \times A$$



$$v_{\text{média}} = v = \frac{49}{60} \times v_{\text{máx}}$$

Se o Pitot não estiver no eixo da tubulação

Adota-se o escoamento, por exemplo o turbulento, onde se sabe que:

$$\mathbf{v_{real} = v_{máx} \times \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{1/7}}$$

Tendo-se a velocidade real calcula-se a velocidade máxima e média:

$$v_{média} = \frac{49}{60} \times v_{máx}$$

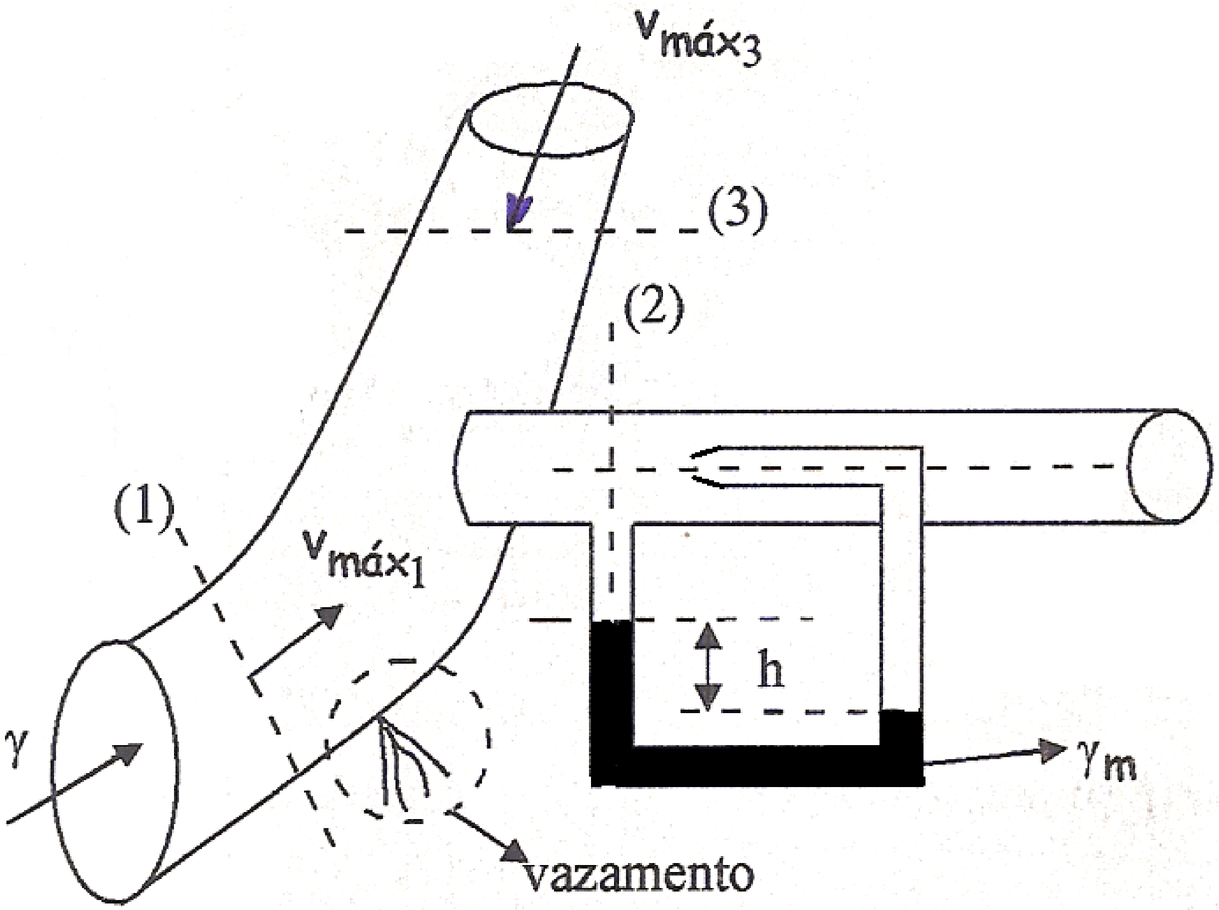
Com a velocidade média verifica-se o Reynolds.

Dando turbulento, calcula-se a vazão

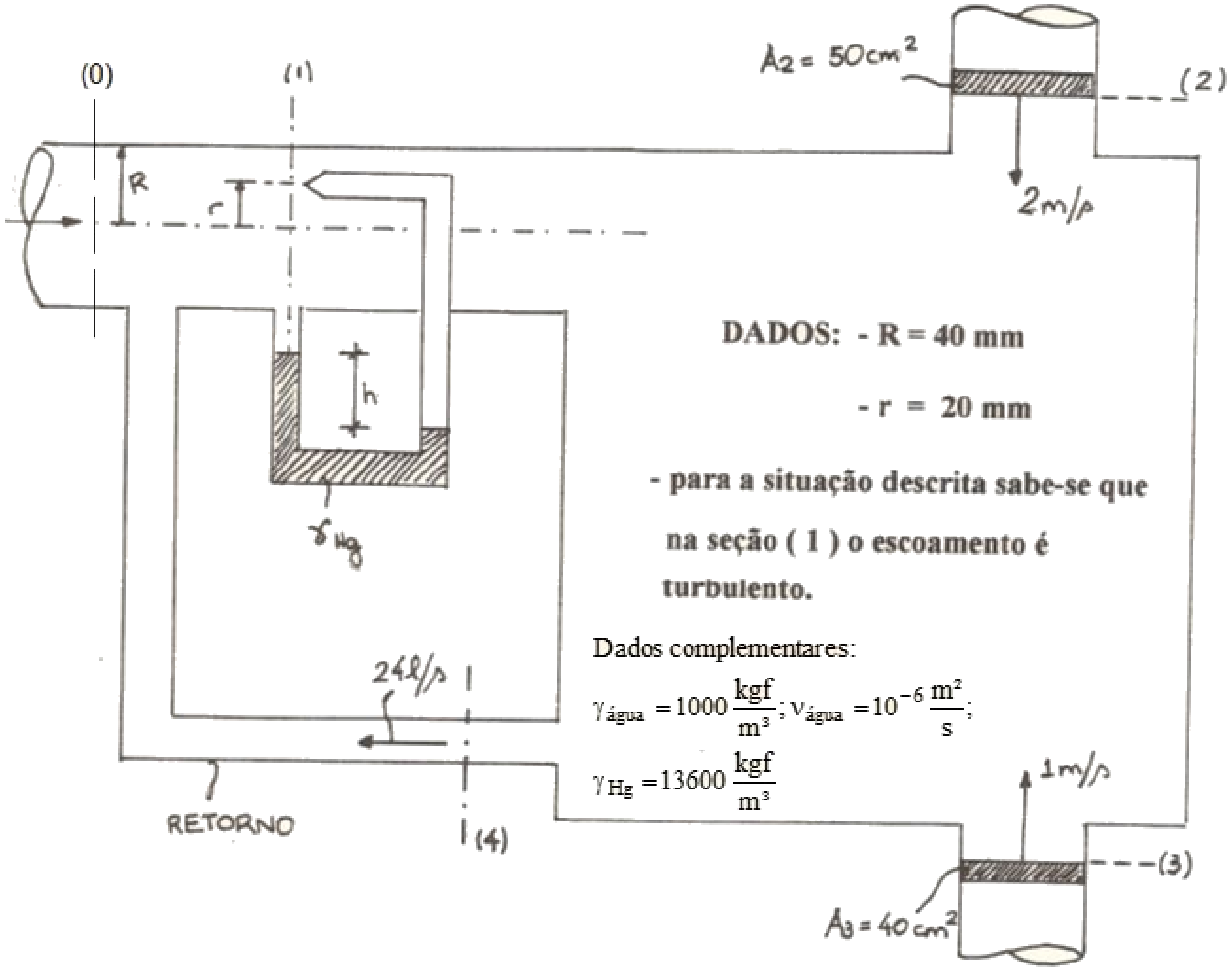
Solução no YouTube: https://youtu.be/BvzMGkWs5Ws

1. O engenheiro de manutenção constatou um vazamento em um trecho de uma dada instalação, como é esquematizado a seguir. Sabendo que o escoamento na seção (1) é laminar e que tem em (2) e (3) turbulento, pede-se determinar a vazão do vazamento.

Dados: nas seções (1), (2) e (3) se considera conduto forçado de seção circular, onde se tem D_1 = 38,1 mm; D_2 = 15,6 mm; D_3 = 26,6 mm; $v_{máx1}$= 1 m/s; $v_{máx3}$= 2 m/s; h = 3,7 cm; $\nu = 10^{-5}$ m²/s; γ = 8500 N/m³; γ_m = 136000 N/m³; g = 9,8 m/s²



2 **Considerando o esquema abaixo pede-se determinar o desnível do fluido manométrico utilizado no manômetro diferencial acoplado ao tubo de Pitot** e verificar se o sentido indicado para a seção (0) está correto.



DADOS: - R = 40 mm

- r = 20 mm

- para a situação descrita sabe-se que na seção (1) o escoamento é turbulento.

Dados complementares:

$\gamma_{água} = 1000 \frac{kgf}{m^3}$; $\nu_{água} = 10^{-6} \frac{m^2}{s}$;

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

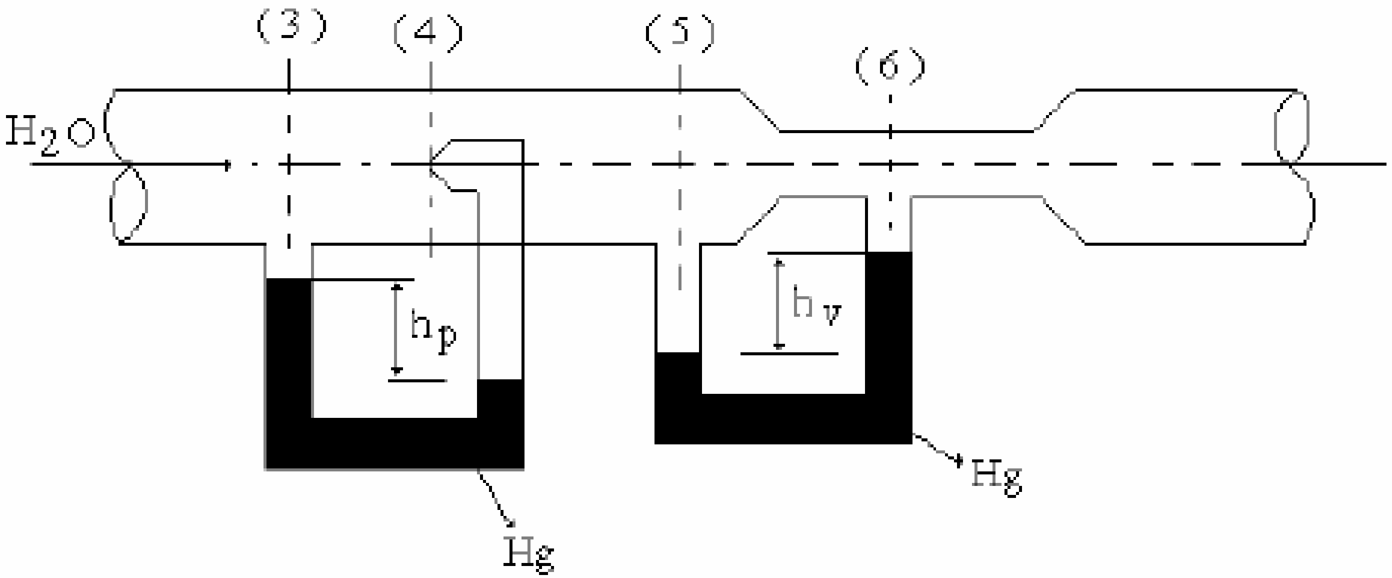
3

No trecho da instalação representado a seguir a água escoa em regime turbulento e o coeficiente de vazão do Venturi é igual a 0,97. Nesta situação, pede-se:

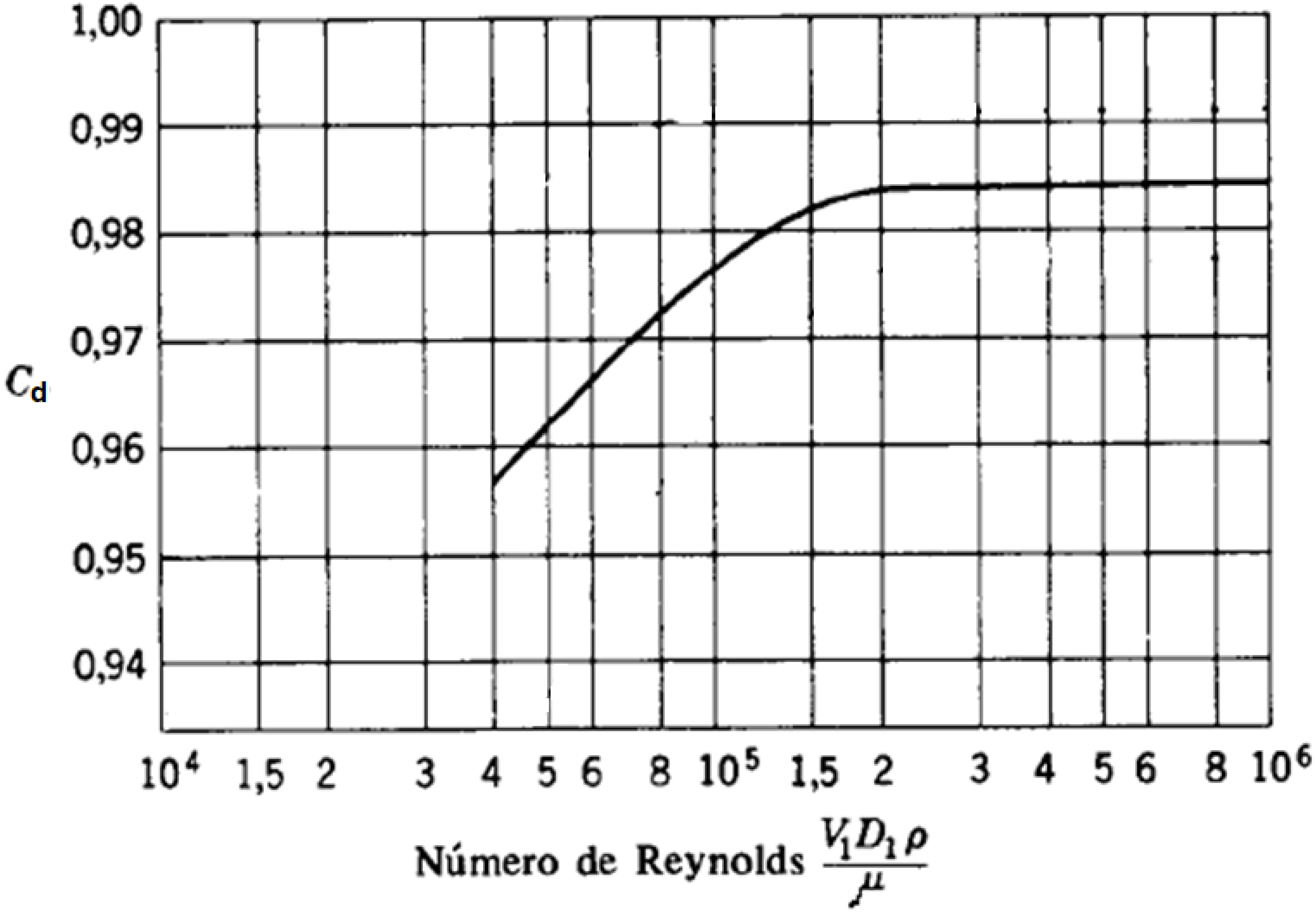
a) a vazão real do escoamento;
b) os desníveis h_p e h_v

Solução no YouTube:
https://youtu.be/5_SJBRZiZRo

Dados: $D_6 = 20{,}8$ mm; $D_3 = D_4 = D_5 = 25$ mm; $\gamma_{H2O} = 10^3$ kgf / m^3; $\nu_{H2O} = 10^{-6}$ m^2 /s e $\gamma_{Hg} = 13600$ kgf / m^3

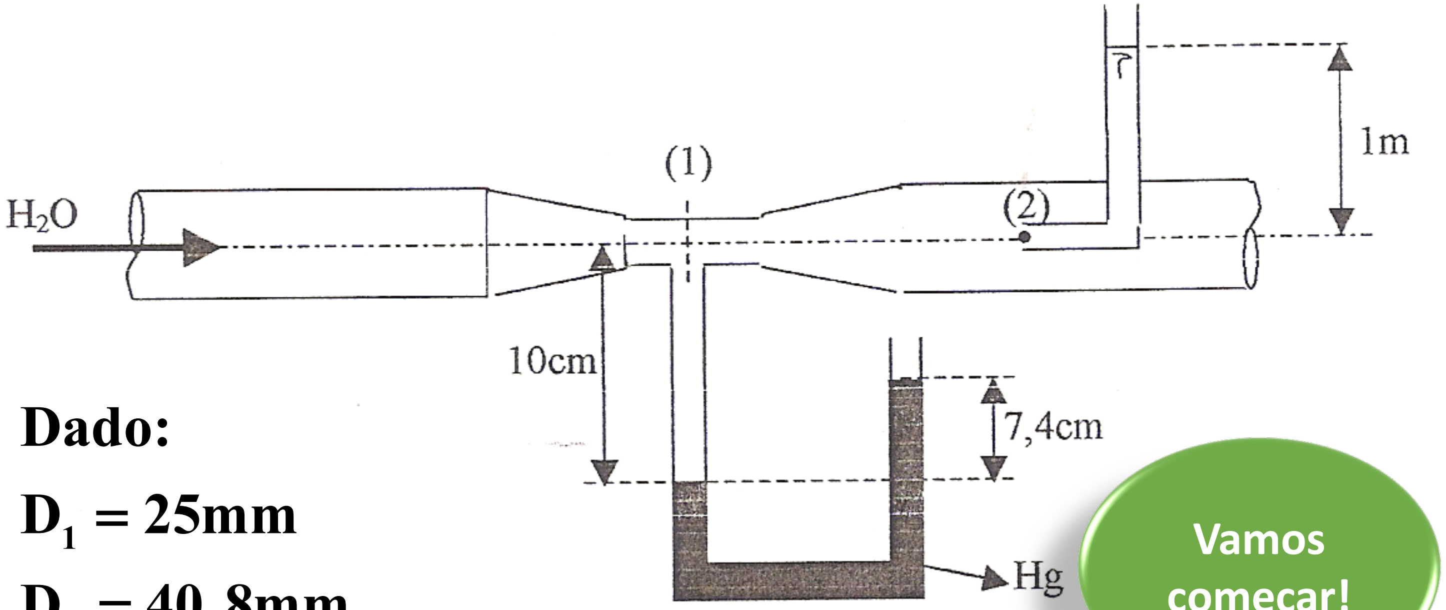


Dado:


1,00
0,99
0,98
0,97
0,96
0,95
0,94
C_d
10^4 1,5 2 3 4 5 6 8 10^5 1,5 2 3 4 5 6 8 10^6
Número de Reynolds $\frac{V_1 D_1 \rho}{\mu}$

4

No esquema da figura o escoamento é em regime permanente, unidimensional de um fluido ideal. Determinar a velocidade na garganta do venturi. Dados: $\gamma_{H2O} = 1000 kgf/m^3$; $\gamma_{Hg} = 13600 kgf/m^3$.



Dado:

$D_1 = 25mm$

$D_2 = 40,8mm$

5

Sabendo que o Venturi a seguir tem um coeficiente de vazão igual a 0,98, pede-se determinar a vazão real do escoamento, são dados: $A_1 = 10\ cm^2$; $A_2 = 5\ cm^2$; $\gamma_{água} = 1000\ kgf/m^3$ e $\gamma_{Hg} = 13600\ kgf/m^3$