

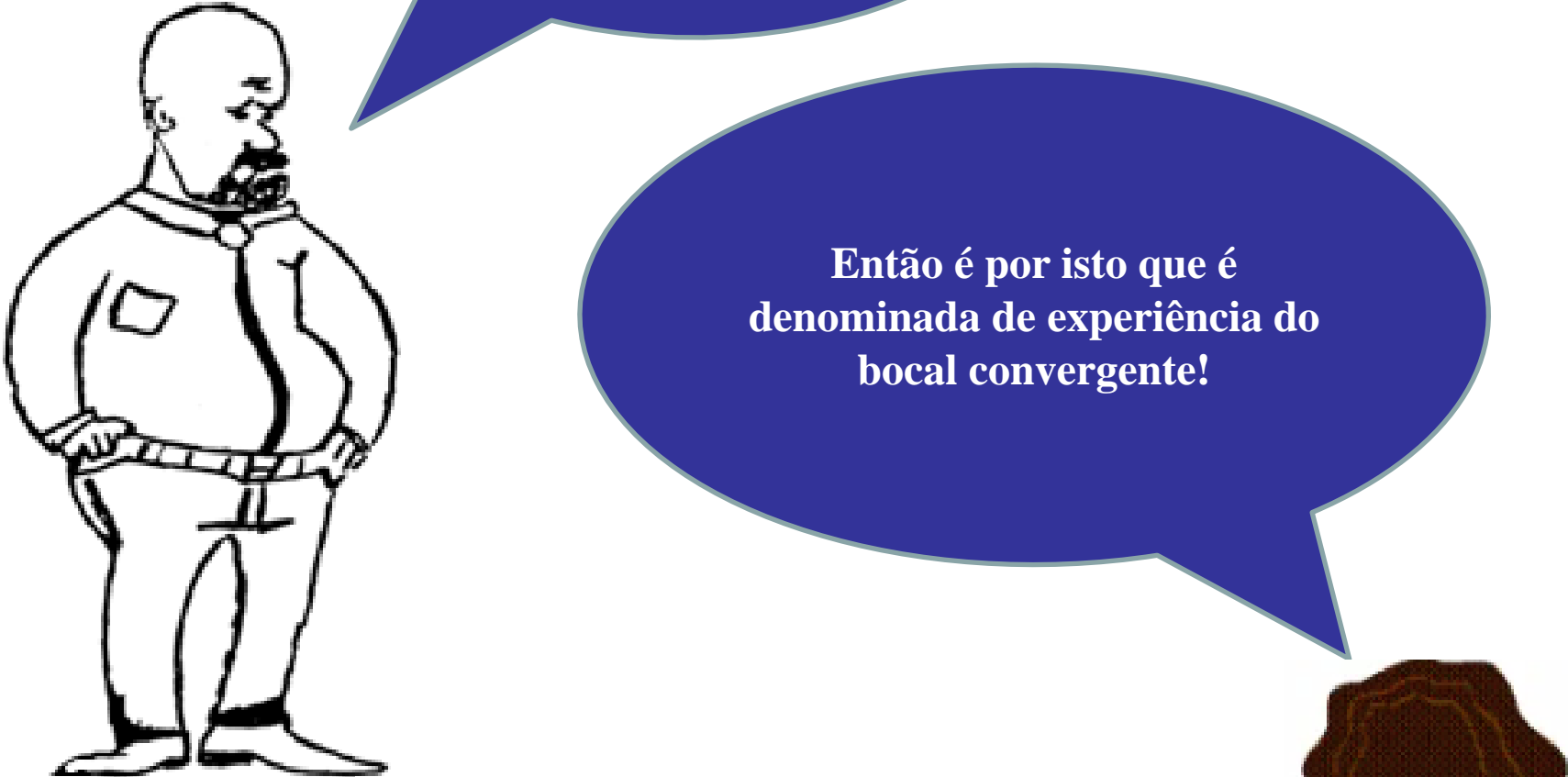
# Experiência

Bocal convergente

O inesquecível Professor Azevedo Neto em seu livro – Manual de Hidráulica – editado pela Editora Edgard Blücher Ltda – na 7ª edição página 66) define de uma forma clara os bocais:

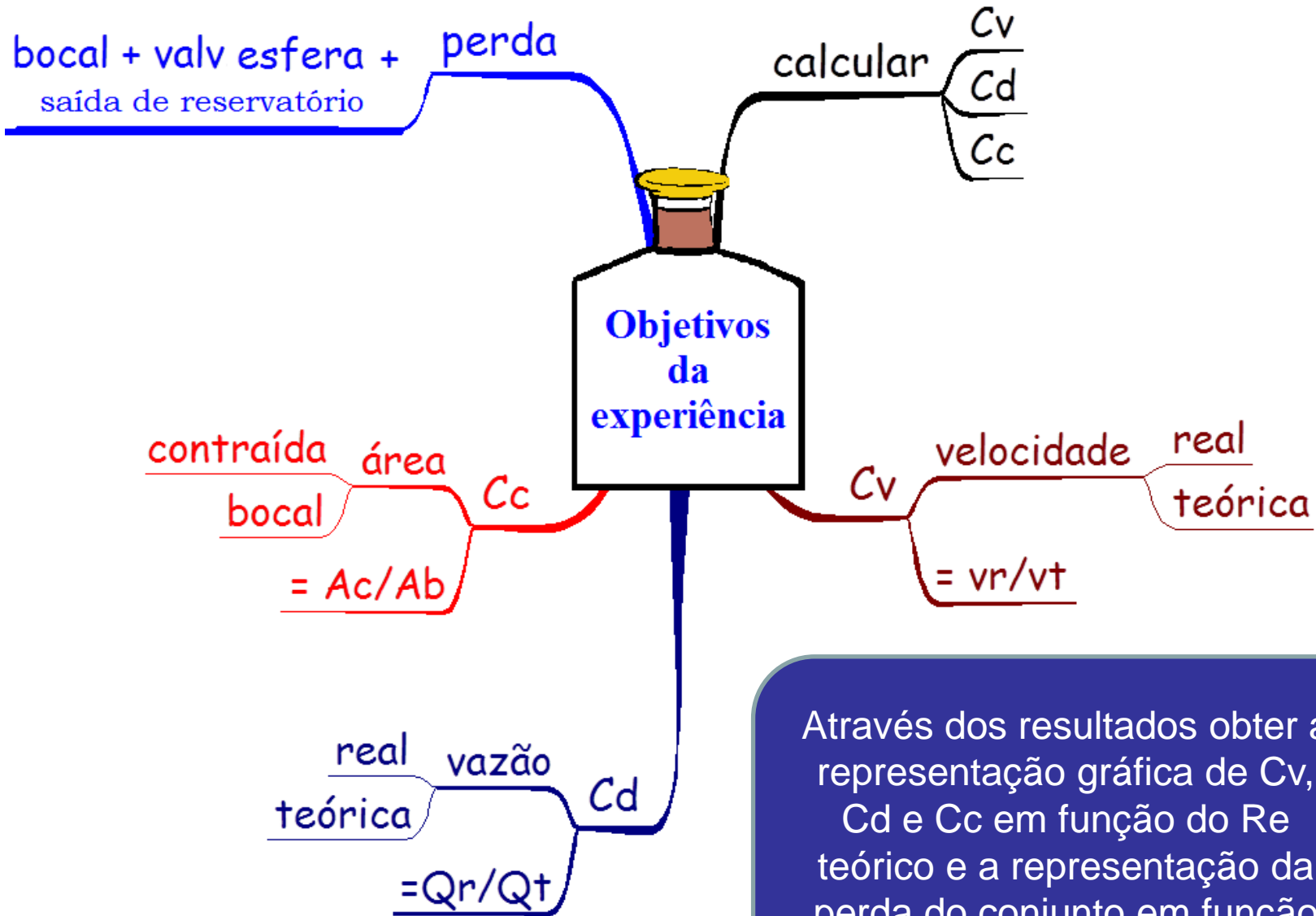
“Os bocais ou tubos adicionais são constituídos por peças tubulares adaptadas aos orifícios. Servem para dirigir o jato. O seu comprimento deve estar compreendido entre vez e meia (1,5) e três (3,0) vezes o seu diâmetro. De um modo geral, consideram-se comprimentos de 1,5 a 3,0D como bocais, de 3,0 a 500D como tubos muito curtos; de 500 a 4000D (aproximadamente) como tubulações curtas; e acima de 4000D como tubulações longas.” Os bocais geralmente são classificados em : cilindros (interiores ou reentrantes) e exteriores - cônicos (convergentes e divergentes).





**Portanto nesta experiência  
trata de um bocal cônico  
convergente acoplado a  
uma válvula esfera e esta  
acoplada a um orifício.**

**Então é por isto que é  
denominada de experiência do  
bocal convergente!**



Através dos resultados obter a representação gráfica de  $C_v$ ,  $C_d$  e  $C_c$  em função do  $Re$  teórico e a representação da perda do conjunto em função da vazão real.

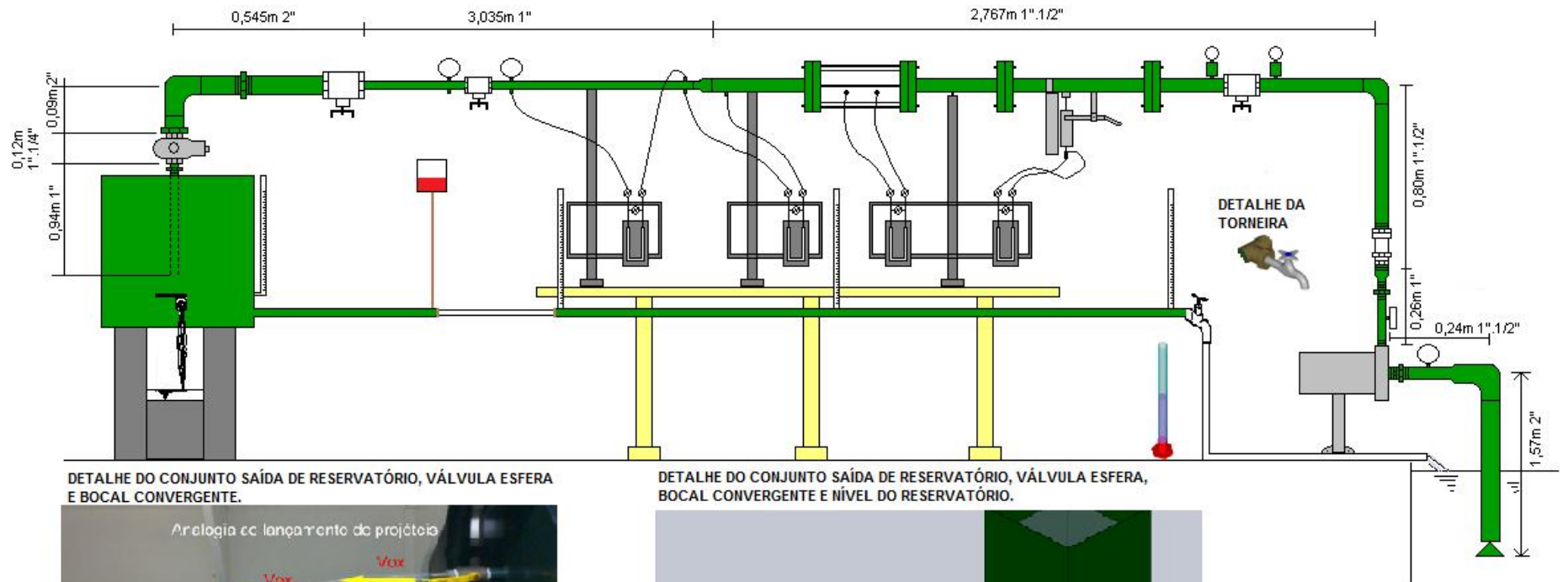
**Não esquecer das condições: escoamento incompressível e em regime permanente.**

**Neste caso a massa específica e o peso específico permanecem praticamente constantes ao longo do escoamento e as propriedades em uma dada seção não mudam com o tempo, para isto o nível do reservatório tem que permanecer constante.**





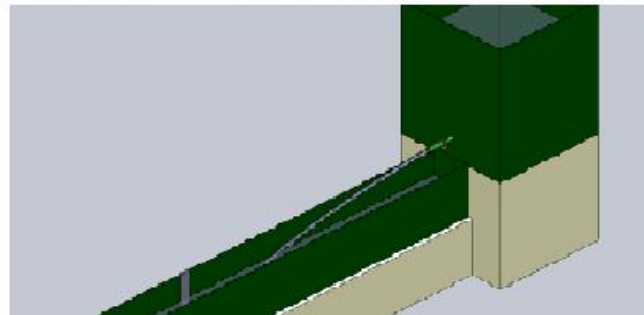
## BANCADA 1



DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA E BOCAL CONVERGENTE.



DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA, BOCAL CONVERGENTE E NÍVEL DO RESERVATÓRIO.



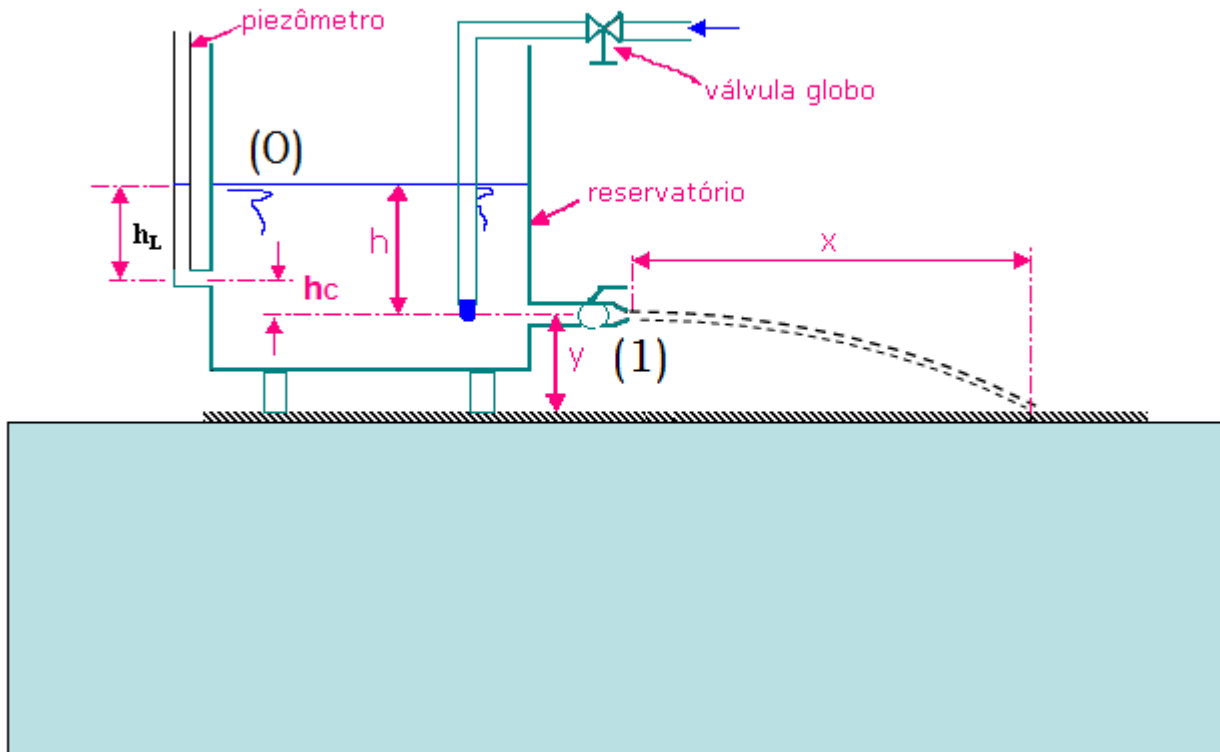
1 = SEÇÃO À MONTANTE DA TORNEIRA  
C = NÍVEL DE CAPTAÇÃO

N = NÍVEL DO RESERVATÓRIO SUPERIOR

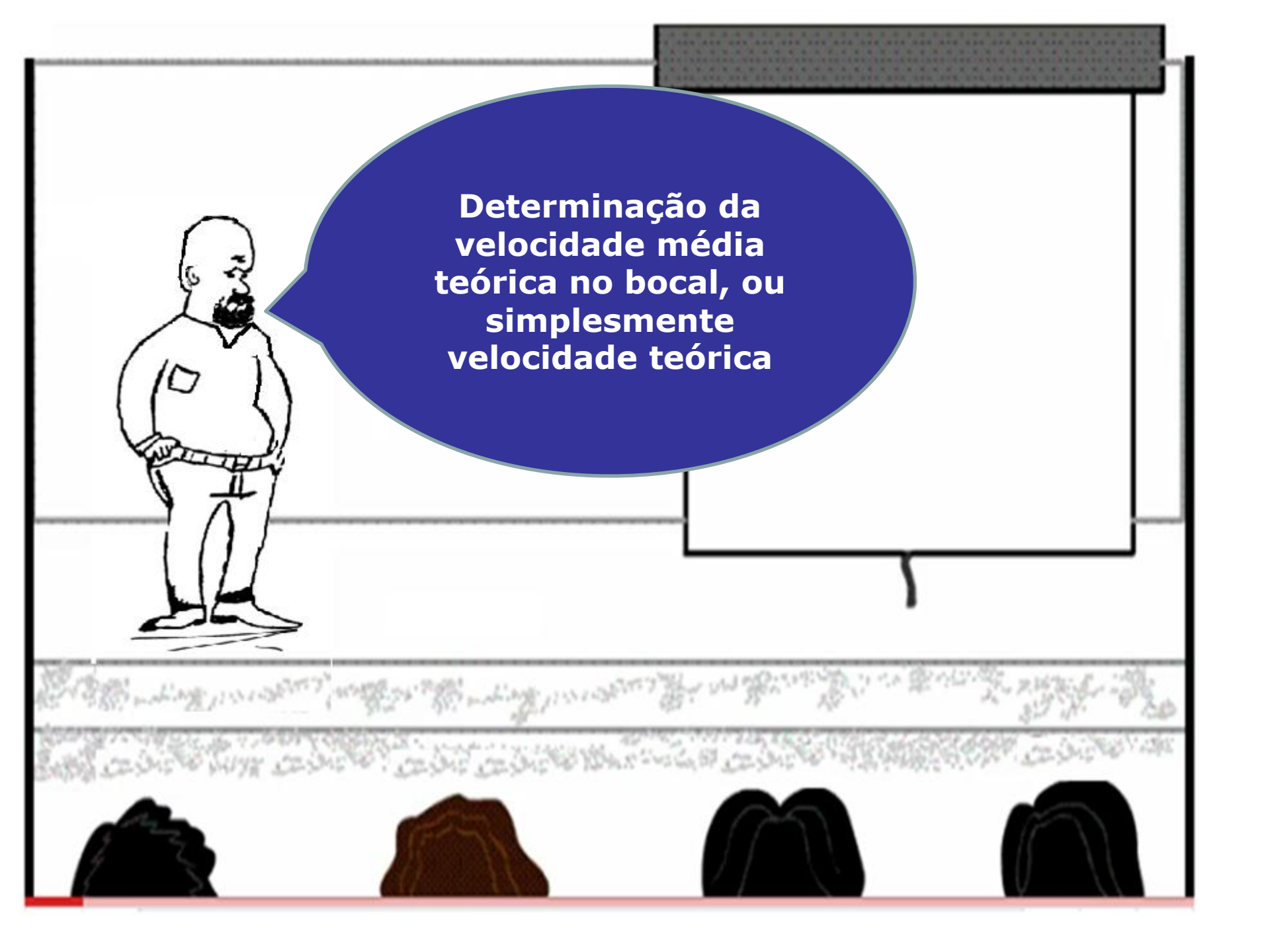
BC = SAÍDA DO BOCAL CONVERGENTE

T = SAÍDA DA MANGUEIRA ACOPLADA A TORNEIRA

# Esquemáticamente teríamos:







**Determinação da  
velocidade média  
teórica no bocal, ou  
simplesmente  
velocidade teórica**

Aplica-se a equação da energia entre (0) e (1)

$$H_{\text{inicial}} + H_{\text{máquina}} = H_{\text{final}} + H_{p_{i-f}}$$

$$H_0 = H_1 + H_{p_{0-1}}$$

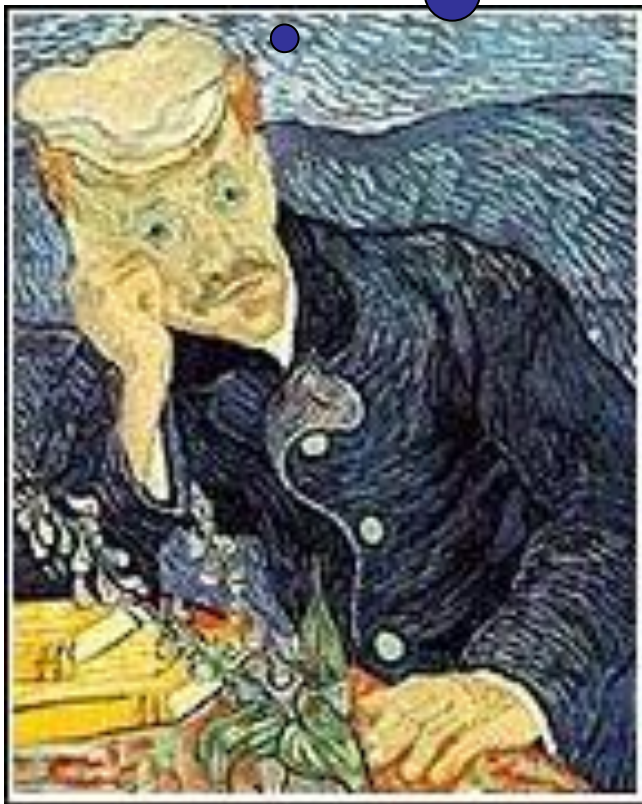
$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_{p_{0-1}}$$

Adotando – se o PHR no eixo do orifício

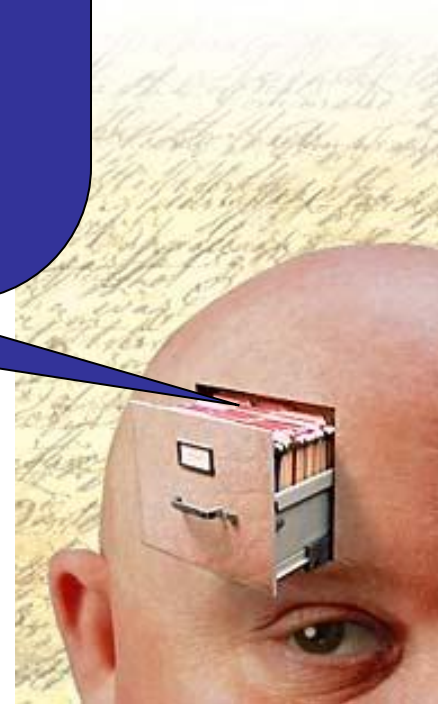
$$h + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_1^2}{19,6} + H_{p_{0-1}}$$

$$h = \frac{v_1^2}{19,6} + H_{p_{0-1}}$$

Uma equação  
com duas  
incógnitas e  
agora?



Para sair desta, vamos supor o fluido como ideal (viscosidade igual a zero), isto transforma a equação da energia na equação de Bernoulli onde se tem  $H_{p\ 0-1} = 0$ , o que nos permite determinar a velocidade média teórica do escoamento, isto porque não consideramos as perdas.



Portanto:

$$h = \frac{v_1^2}{19,6} + H_{p0-1}$$

$$h = \frac{v_1^2}{19,6}$$

$$\therefore v_1 = v_{\text{teórica}} = \sqrt{h \times 19,6}$$

Analizando novamente a figura observa-se um lançamento inclinado no jato lançado!

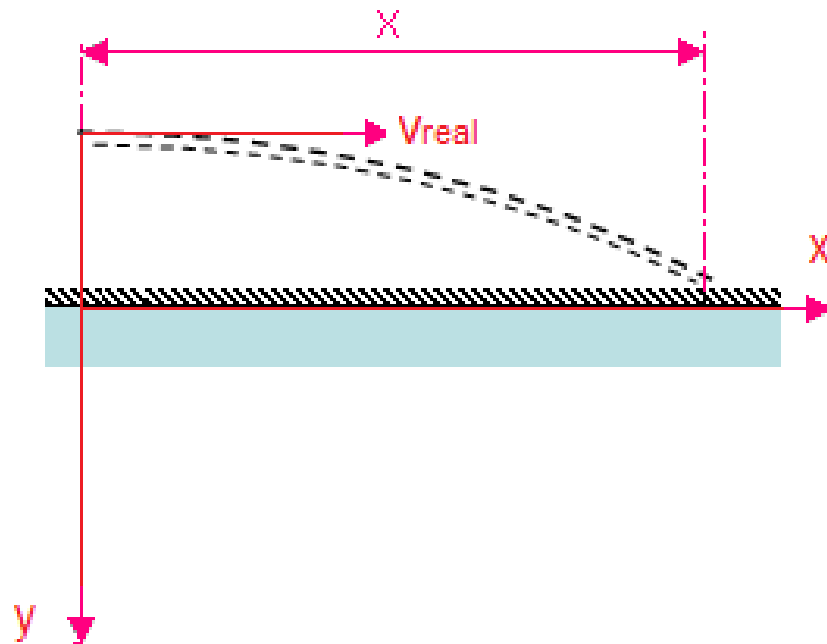


DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA E BOCAL CONVERGENTE.



Através dele nós determinaremos a velocidade real

Evocando-se os conceitos abordados nos estudos do lançamento inclinado divide-se o movimento em outros dois:



No eixo  $y$  tem-se uma queda livre:

$$y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$$

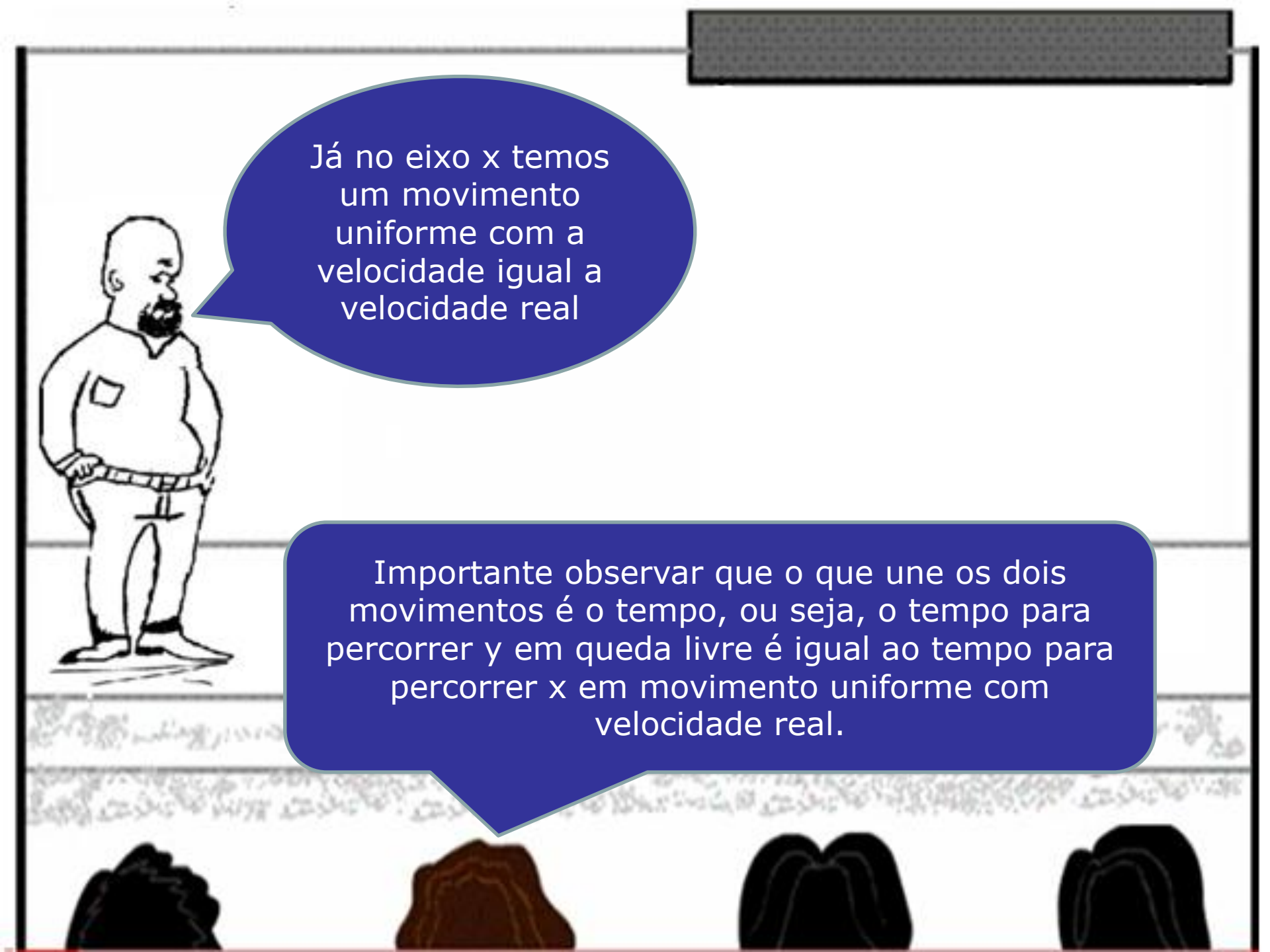
Observa-se que são dados:

$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ e } y$$

portanto pode-se determinar:

$$t = \sqrt{\frac{2 \times y}{g}}$$





Já no eixo x temos  
um movimento  
uniforme com a  
velocidade igual a  
velocidade real

Importante observar que o que une os dois  
movimentos é o tempo, ou seja, o tempo para  
percorrer y em queda livre é igual ao tempo para  
percorrer x em movimento uniforme com  
velocidade real.



Logo

$$x = v_r \times t$$

$$\therefore v_r = \frac{x}{t}$$

Determinação da vazão  
real  
após se ter a certeza que  
o nível permaneceu  
constante e se registrou  
 $x$  e  $h_L$ .



Fecha-se o  
bocal e o nível  
do tanque  
sobe  $\Delta h$  em  $\Delta t$ ,  
logo:



$$Q_{\text{real}} = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}}$$

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





Vamos partir  
para o cálculo da  
vazão teórica.

LIXO

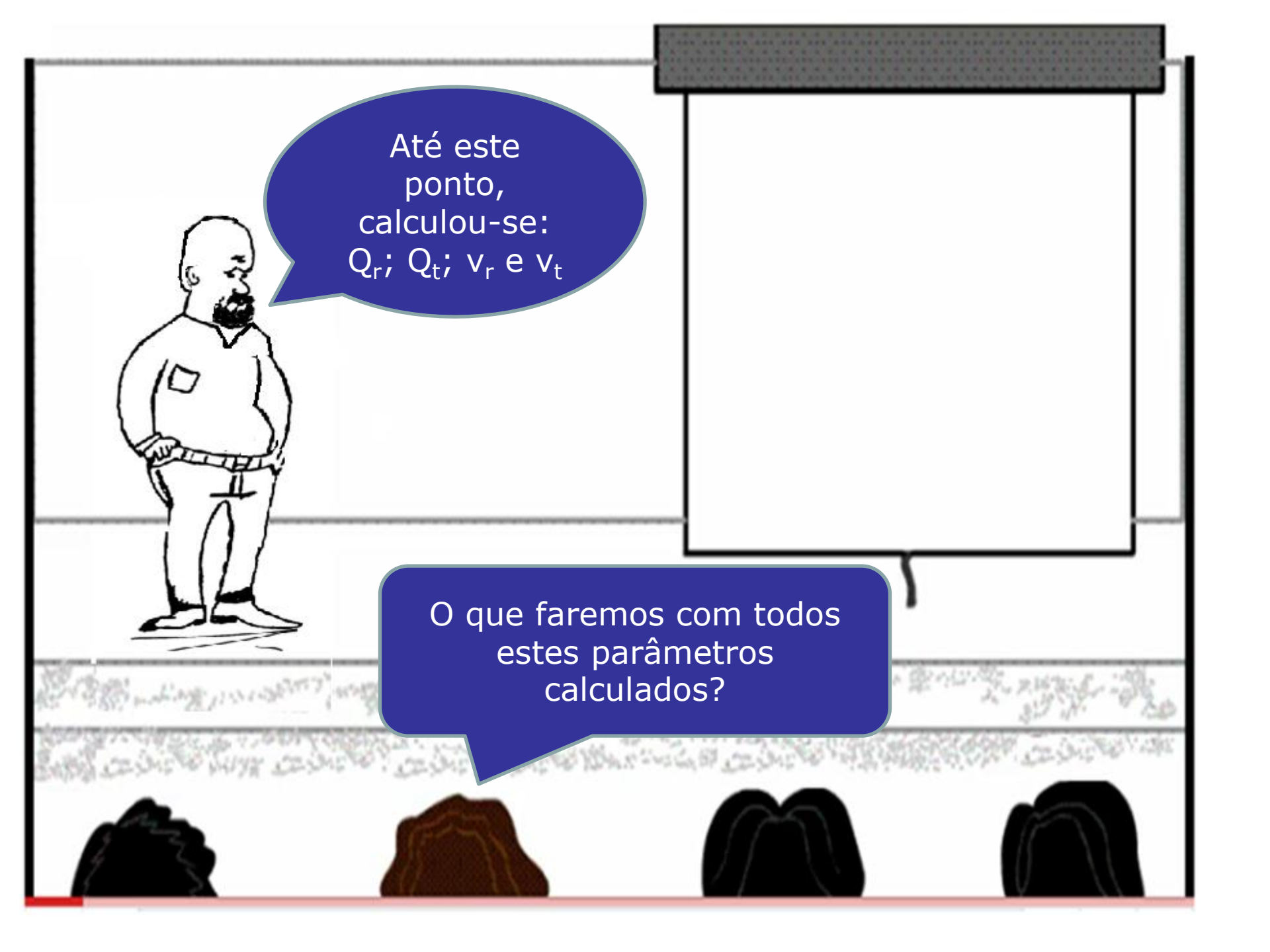
Tendo-se a  
velocidade teórica  
e a área do orifício  
é possível calcular  
a vazão teórica, já  
que:

$$Q_{\text{teórica}} = v_{\text{teórica}} \times A_{\text{orifício}}$$

$$Q_t = v_{\text{teórica}} \times \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$







Até este  
ponto,  
calculou-se:  
 $Q_r$ ;  $Q_t$ ;  $v_r$  e  $v_t$

O que faremos com todos  
estes parâmetros  
calculados?

## Vamos calcular:

1. Coeficiente de vazão –  $C_d$
2. Coeficiente de velocidade –  $C_v$
3. Coeficiente de contração –  $C_c$
4. Outra maneira de se calcular a vazão real -  $Q_r$

$$C_d = \frac{\text{vazão real}}{\text{vazão teórica}} = \frac{Q_r}{Q_t}; C_v = \frac{\text{velocidade real}}{\text{velocidade teórica}} = \frac{v_r}{v_t}$$

$$C_c = \frac{\text{área contraída}}{\text{área do orifício}} = \frac{A_c}{A_o}; Q_r = v_r \times A_c = C_v \times v_t \times C_c \times A_o$$

$$Q_r = C_v \times C_c \times v_t \times A_o = C_v \times C_c \times Q_t$$

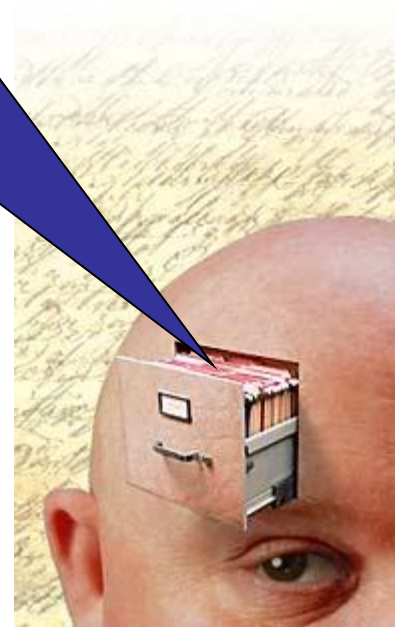
$$\frac{Q_r}{Q_t} = C_d = C_v \times C_c$$





E ainda dá para se calcular a perda no bocal + válvula esfera + saída do reservatório

Vamos resolver exemplos numéricos.

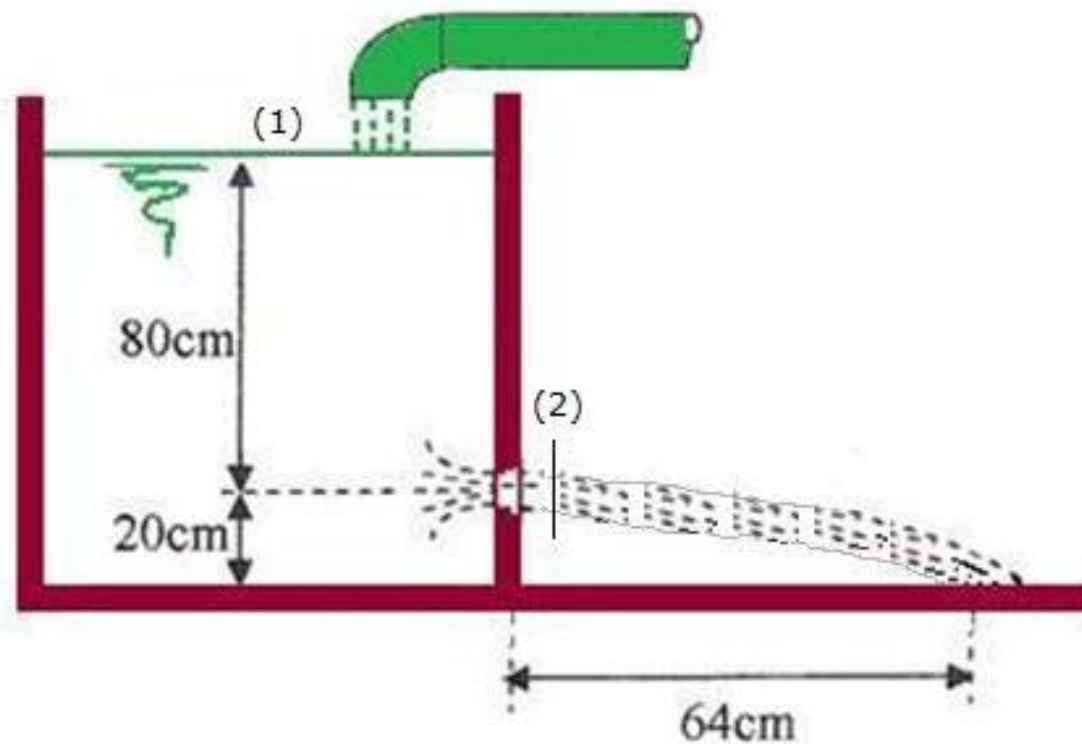


1

Um orifício de diâmetro 23 mm é instalado na parede lateral de um reservatório. O eixo do orifício fica 20 cm acima do piso. Ajusta-se a alimentação de água do reservatório para que o nível se estabilize a 80 cm acima do eixo do orifício. O jato de água que sai do orifício, alcança o piso a 64 cm do plano vertical que contém o orifício. Sendo  $A$  a área da seção transversal do reservatório, num plano horizontal, igual a  $0,3 \text{ m}^2$  e sabendo-se que quando o orifício é fechado com uma rolha o seu nível, anteriormente estável, sobe 10 cm em 30 segundos, pede-se determinar os coeficientes de velocidade, de descarga (ou vazão), de contração e a perda no orifício.

Área da seção transversal do reservatório =  $0,3 \text{ m}^2$

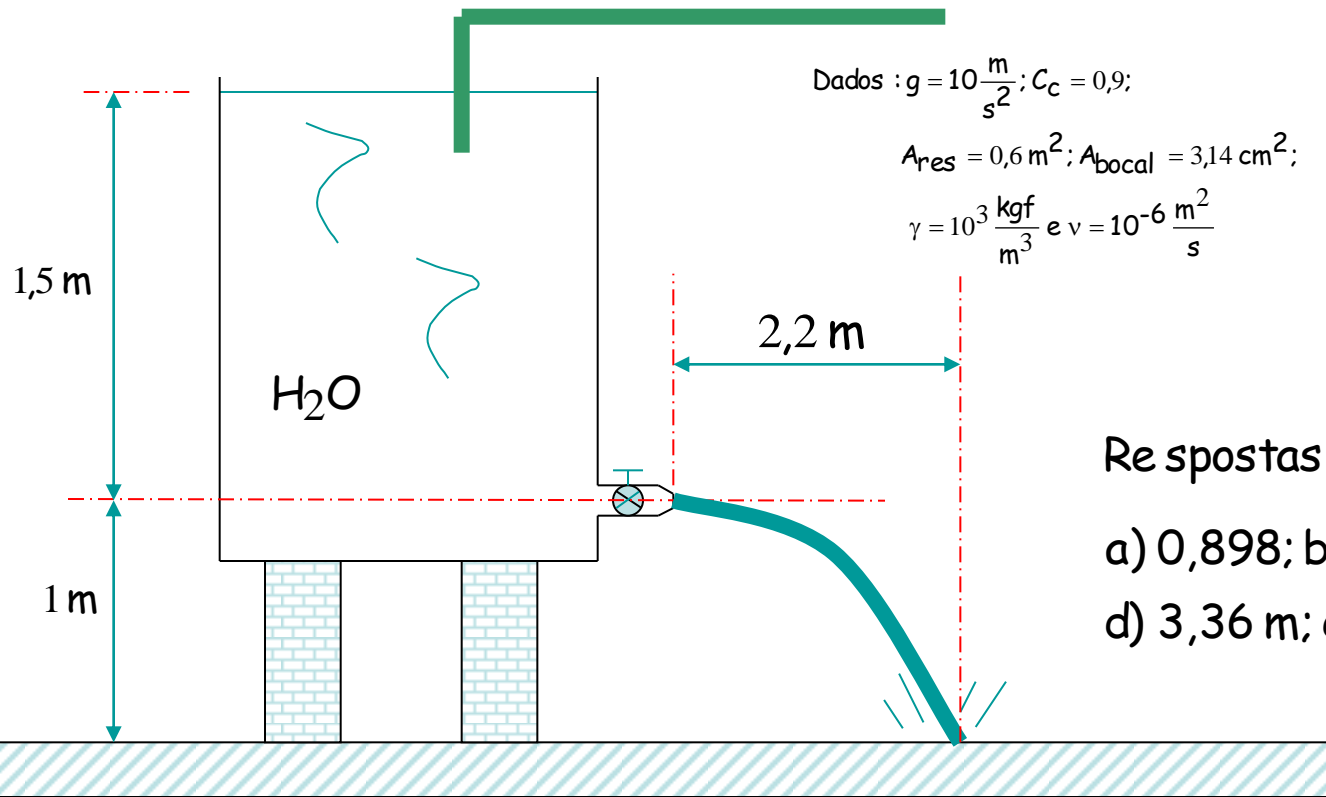
Orifício com diâmetro igual a 23 mm



2

O nível de água do reservatório esquematizado a seguir é mantido constante. Para esta situação pede-se:

1. o coeficiente de velocidade;
2. o número de Reynolds teórico;
3. ao fechar o bocal, determinar o tempo para que o nível suba 10 cm;
4. pressurizando o reservatório a uma pressão igual a  $0,2 \text{ kgf/cm}^2$ , determinar o novo alcance do jato;
5. determinar o "coeficiente de perda singular do bocal".



Respostas :

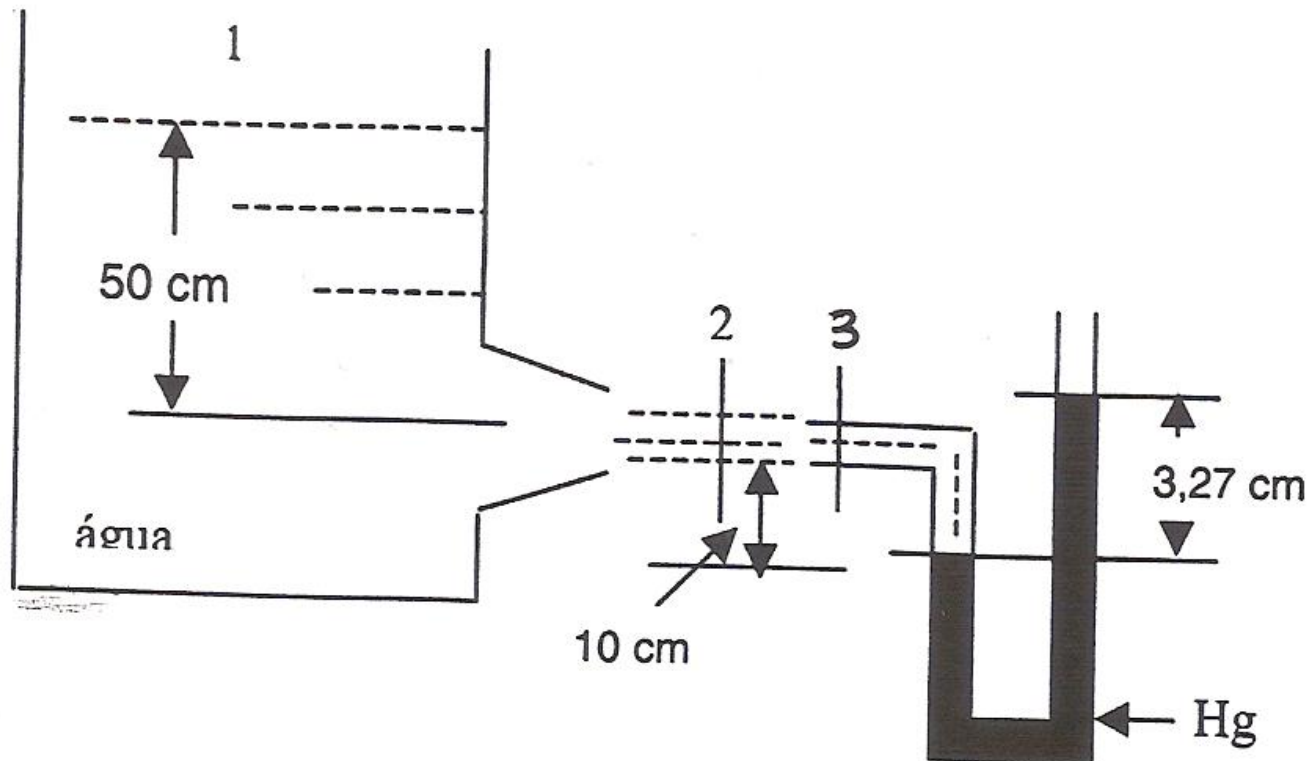
- a) 0,898; b)  $\cong 1,1 \times 10^5$ ; c) 43,2 s;  
 d) 3,36 m; e) 0,24

3

Para a situação descrita abaixo, pede-se calcular:

1. A pressão da água no ponto 3 dentro do tubo de Pitot.
2. A velocidade real e teórica da água na seção 2.
3. A vazão real de água que saí do tanque.

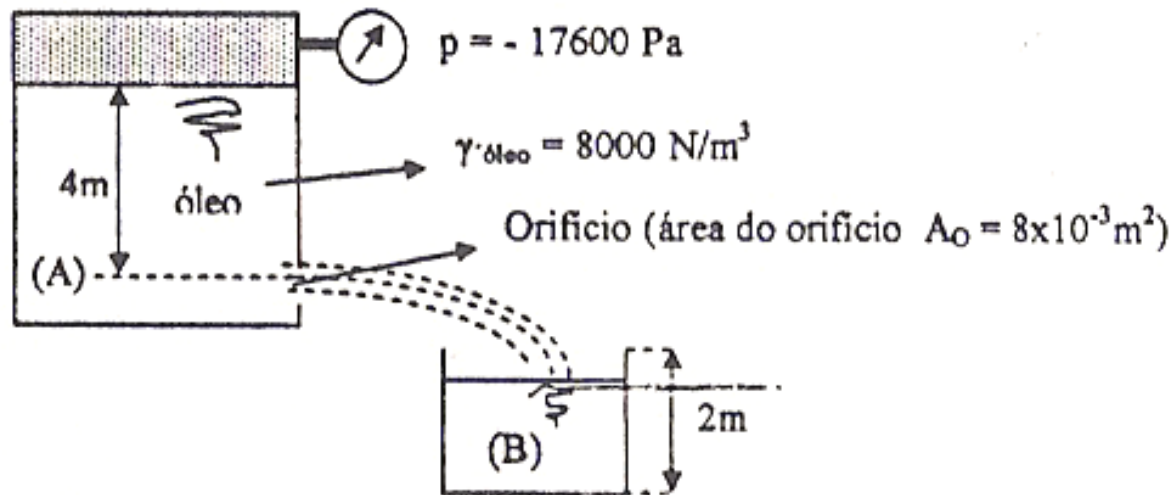
Dados:  $C_C = 0,92$ ; diâmetro do bocal = 4 cm;  $\gamma_{\text{água}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$ ;  
 $\gamma_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kgf/m}^3$  e  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$



4

Na figura, o reservatório (B) é cúbico e enche em 200s. Sendo o reservatório (A) de grandes dimensões, pede-se:

- o coeficiente de descarga do orifício;
- a velocidade real do jato na saída do orifício, se o coeficiente de contração é 0,85.

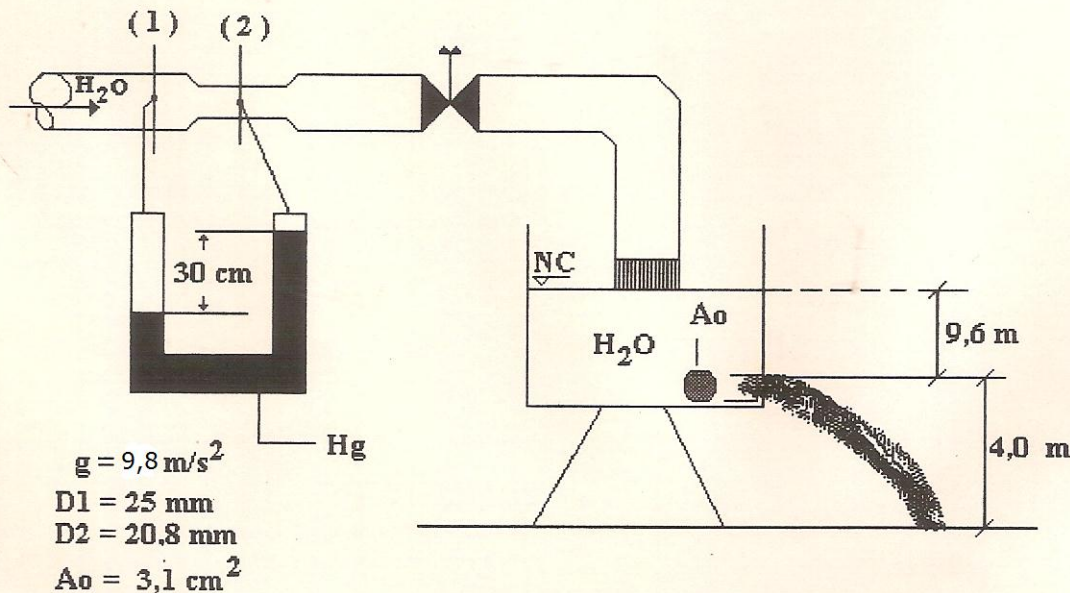


5

O esquema representado a seguir mostra o trecho de uma bancada do laboratório de FT onde realizou-se as experiências do Venturi e orifício. Sabe-se que para situação descrito utilizou-se o coeficiente de vazão de Venturi igual a 0,9. Pede-se :

a) → O coeficiente de vazão do orifício ( resposta com 2 casas decimais );

b) → O alcance  $x$  sabendo-se que o coeficiente de contração é 0,90

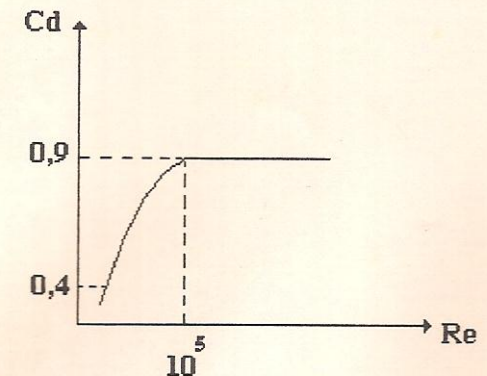


c) → Sabendo-se que a água é transportada a  $15^\circ \text{ C}$ , verifique se a  $Cd$  utilizado ( vide curva característica do Venturi ) é coerente.

Água a  $15^\circ \text{ C}$ :

$$\gamma = 999,1 \text{ kg/m}^3;$$

$$\nu = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$



Vamos partir  
para a tabela  
de dados:





$A_{\text{tanque}} =$  ;  $D_{\text{bocal}} =$

temperatura d'água =

Ensaio	$h_L$ (cm) sugerido	$h_L$ (cm) real	X(cm)	$h_c$ (cm)	y (cm)	$\Delta h$ (cm)	t(s)
1	100						
2	200						
3	300						
4	400						
5	500						
6	600						

Tabela de dados