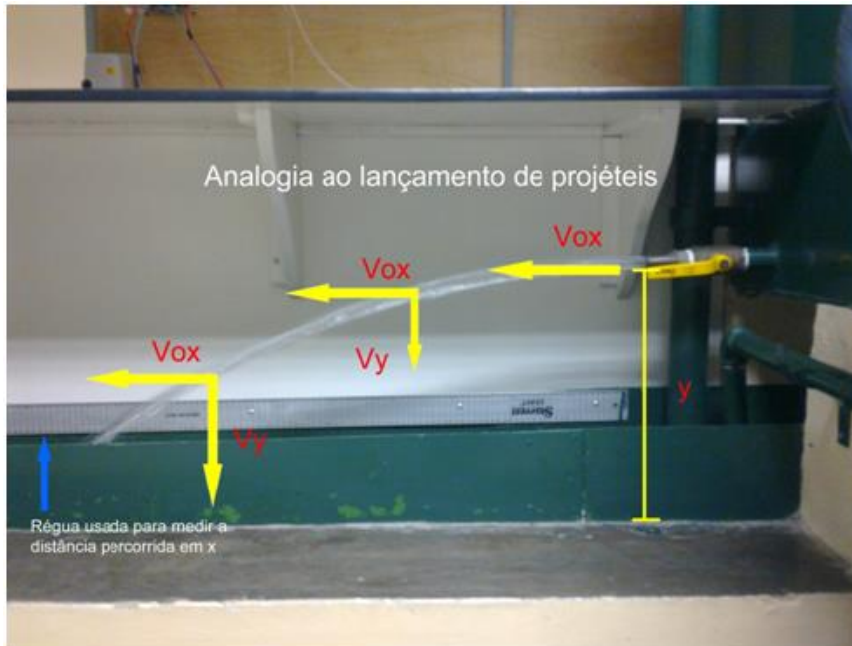
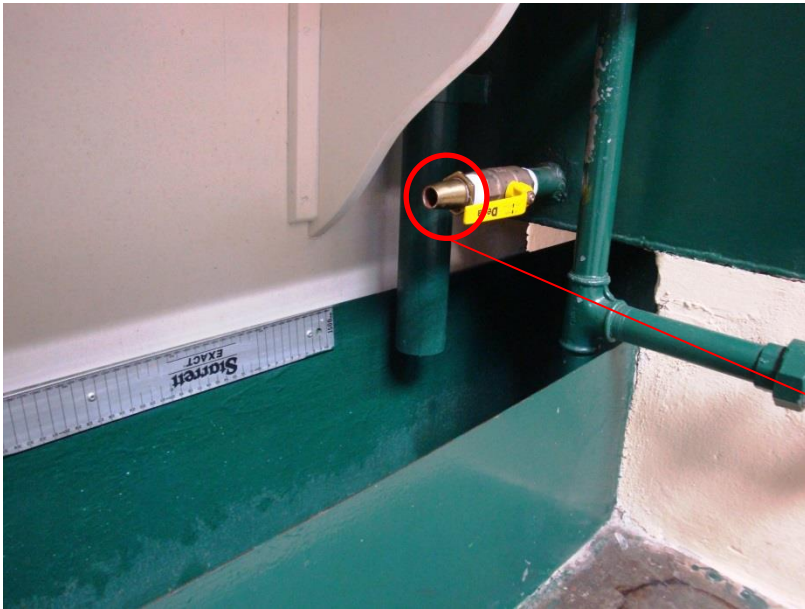


Experiência

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).






A dimensão do nosso bocal se enquadra na definição do Azevedo Netto


"...comprimentos de 1,5 a 3,0D como bocais..."





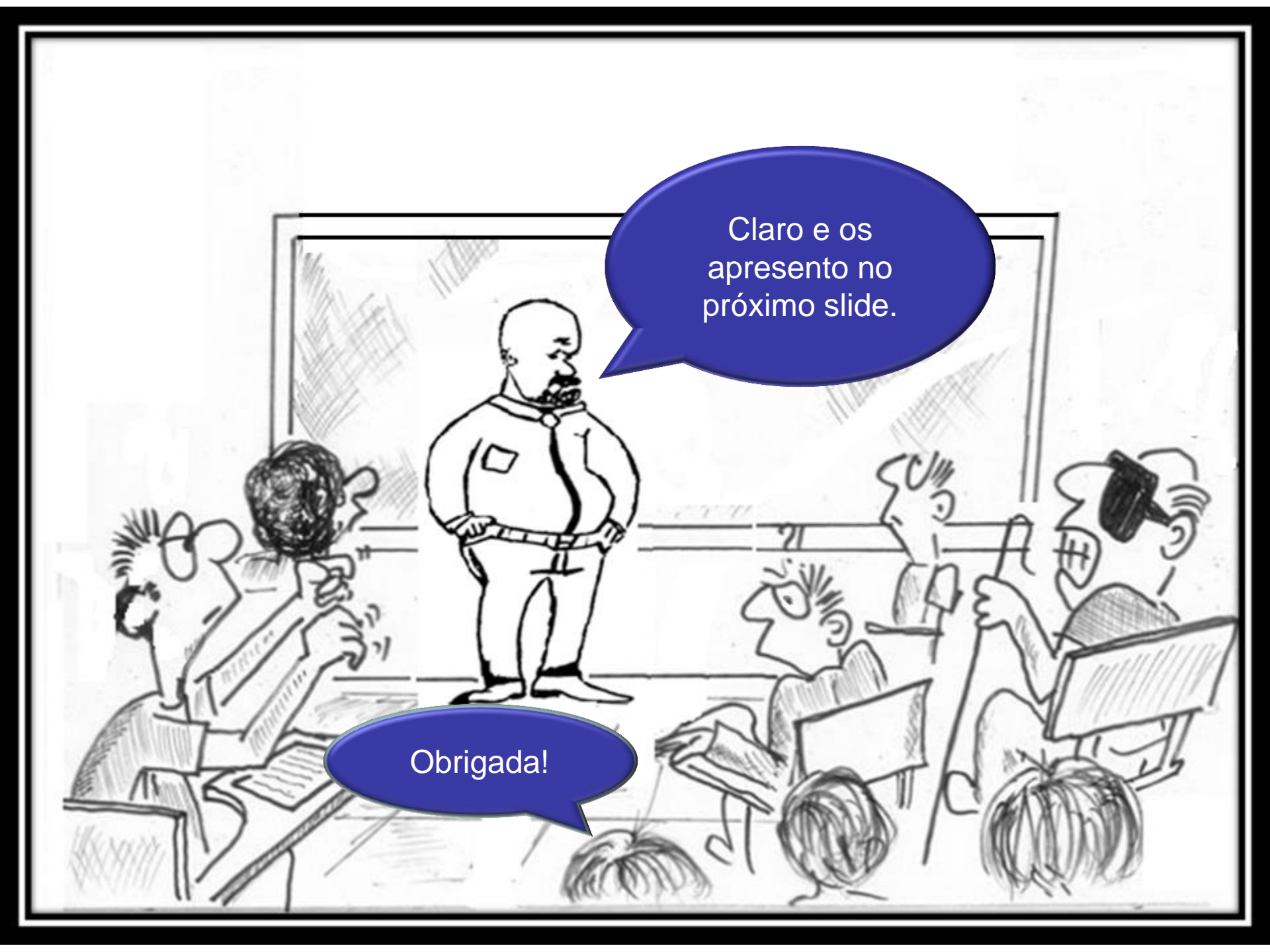
Nesta experiência temos um bocal cônico convergente acoplado a uma válvula esfera, esta acoplada a um tubo muito curto e este a um orifício.

Então por que é denominada de experiência do bocal convergente?



É porque desejamos obter os seus coeficientes, bem como as curvas relacionadas com os mesmos.

Você poderia sintetizar todos os objetivos?



Claro e os
apresento no
próximo slide.

Obrigada!

bocal + valv esfera + perda
saída de reservatório

calcular C_v
 C_d
 C_c

Objetivos da experiência

contraída área C_c
bocal
 $= A_c / A_b$

C_v velocidade C_v
real
teórica
 $= v_r / v_t$

real vazão C_d
teórica
 $= Q_r / Q_t$

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





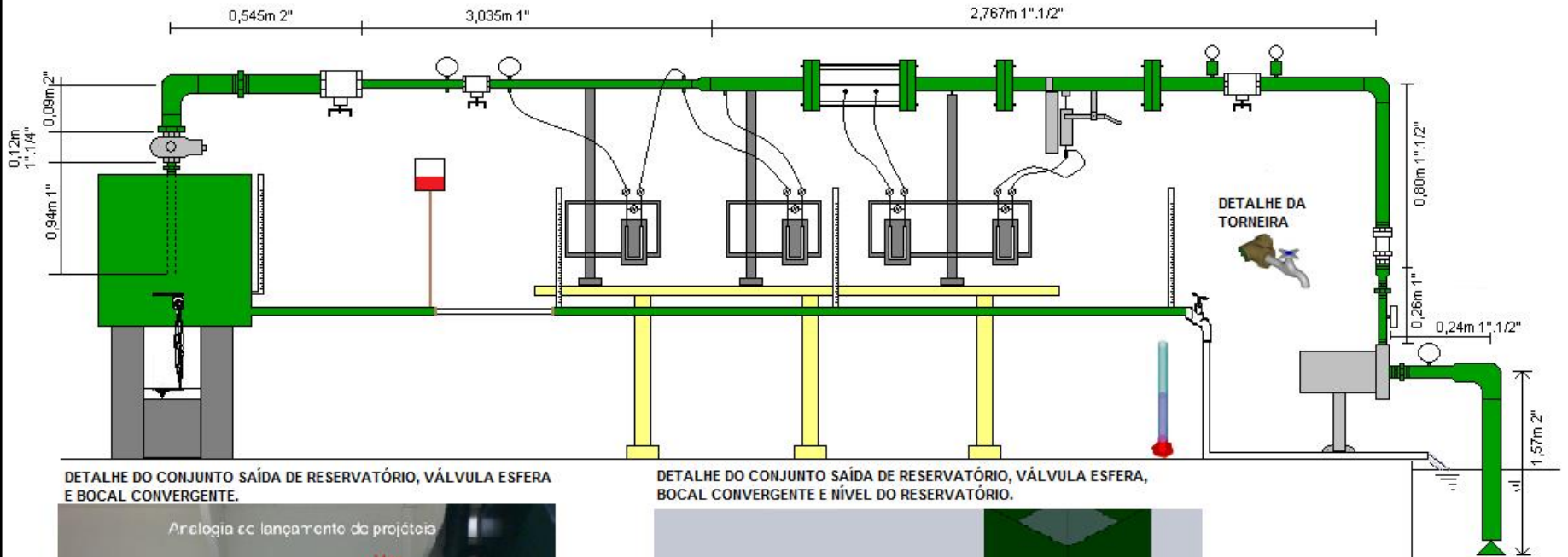
Não esquecer das condições:
escoamento
incompressível e em
regime permanente.

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.



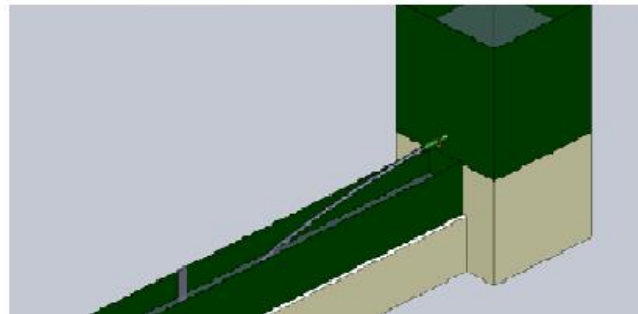


BANCADA 1



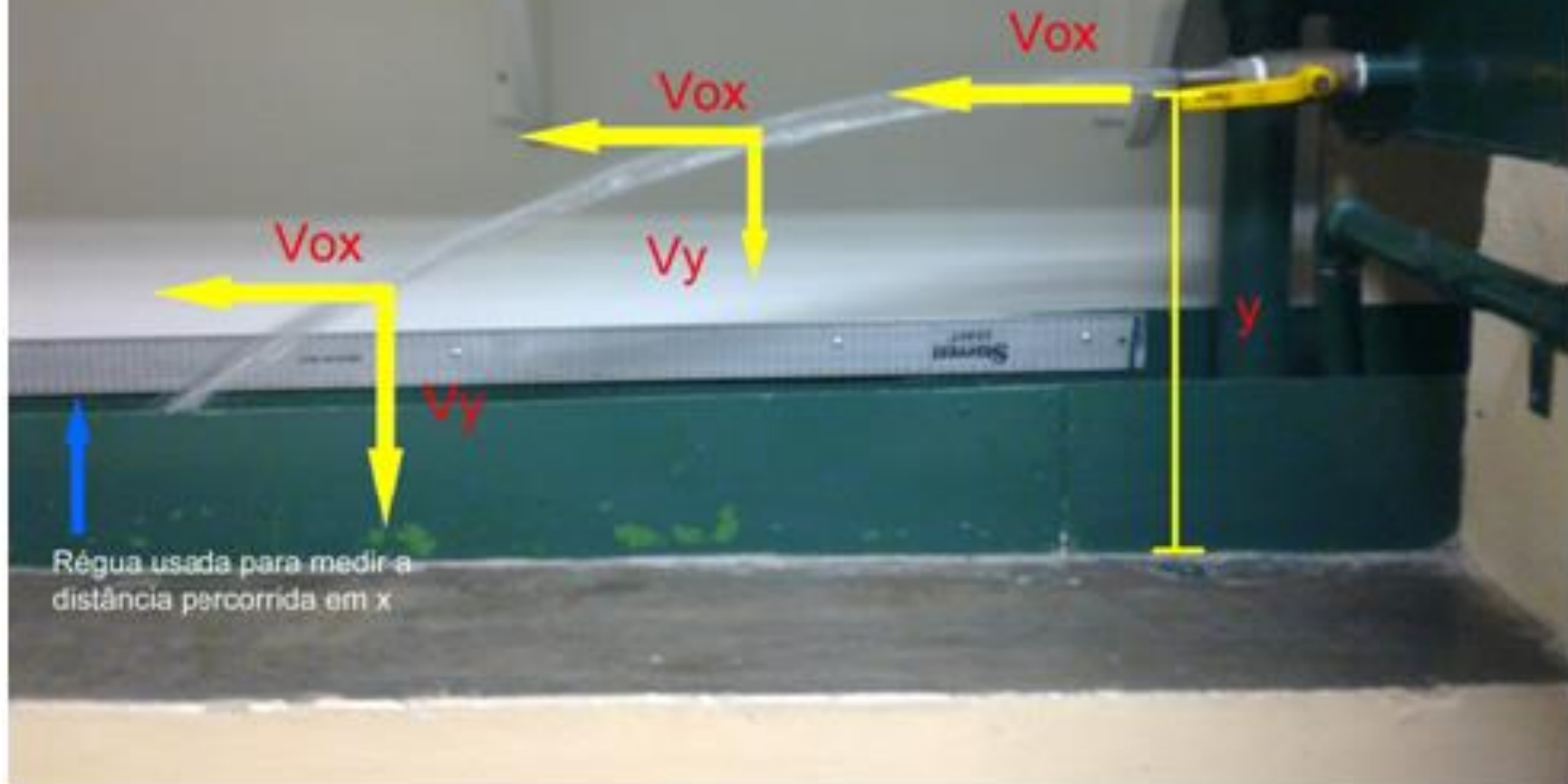
DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA E BOCAL CONVERGENTE.

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

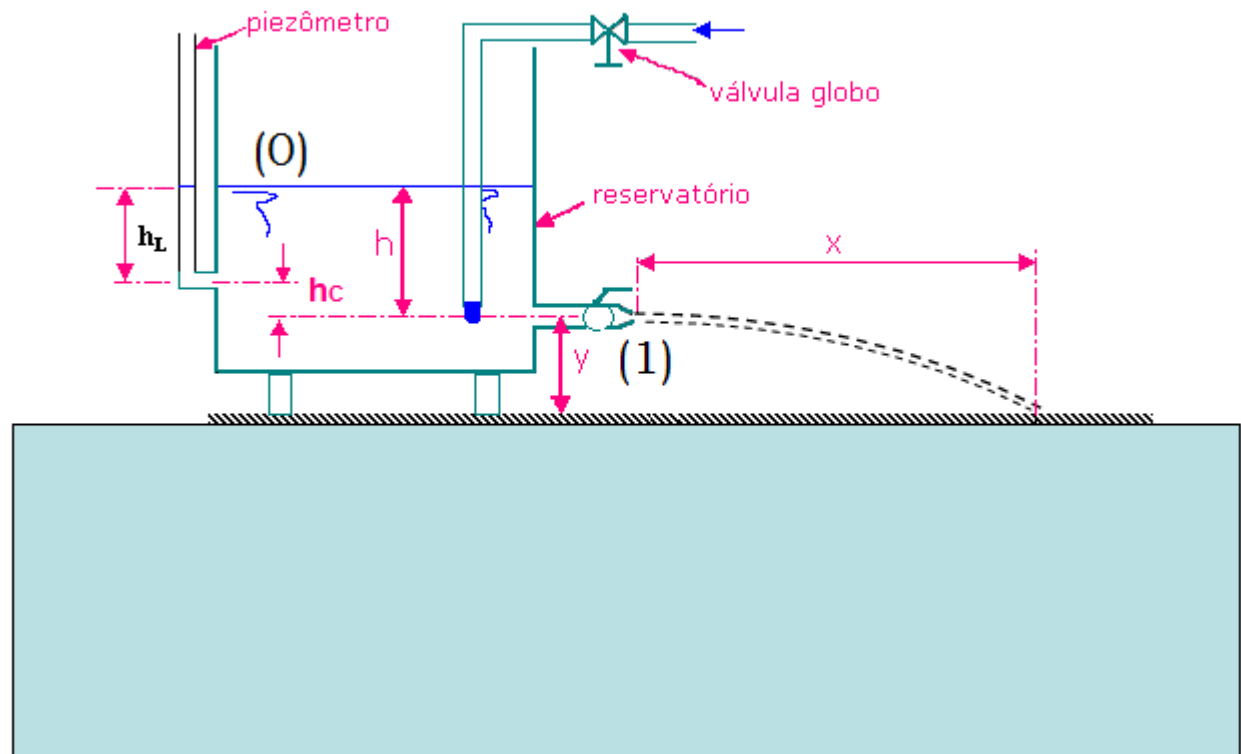


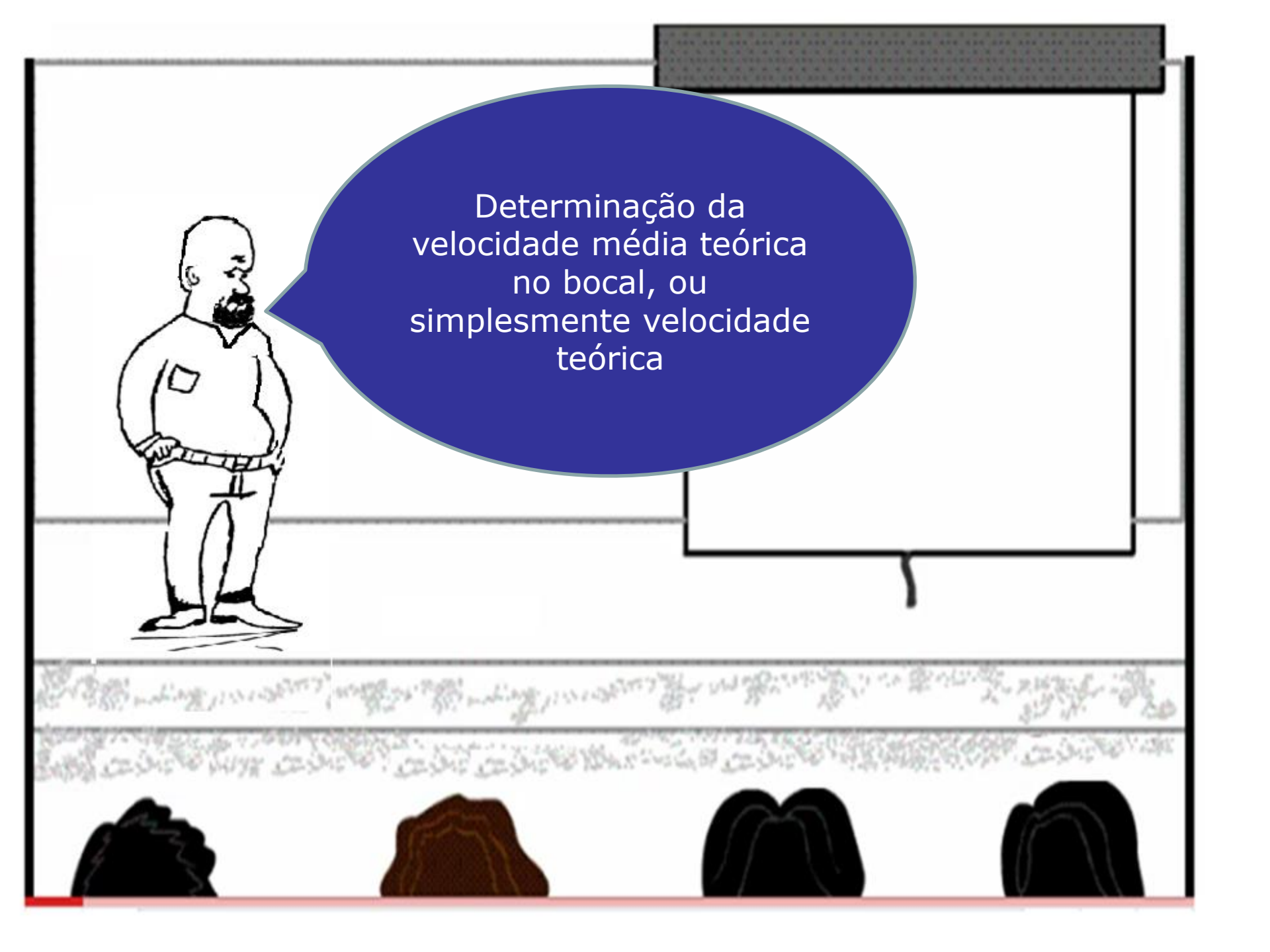
- 1 = SEÇÃO À MONTANTE DA TORNEIRA
- C = NÍVEL DE CAPTAÇÃO
- N = NÍVEL DO RESERVATÓRIO SUPERIOR
- BC = SAÍDA DO BOCAL CONVERGENTE
- T = SAÍDA DA MANGUEIRA ACOPLADA A TORNEIRA

Analogia ao lançamento de projéteis



Esquemáticamente
temos:





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

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

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

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

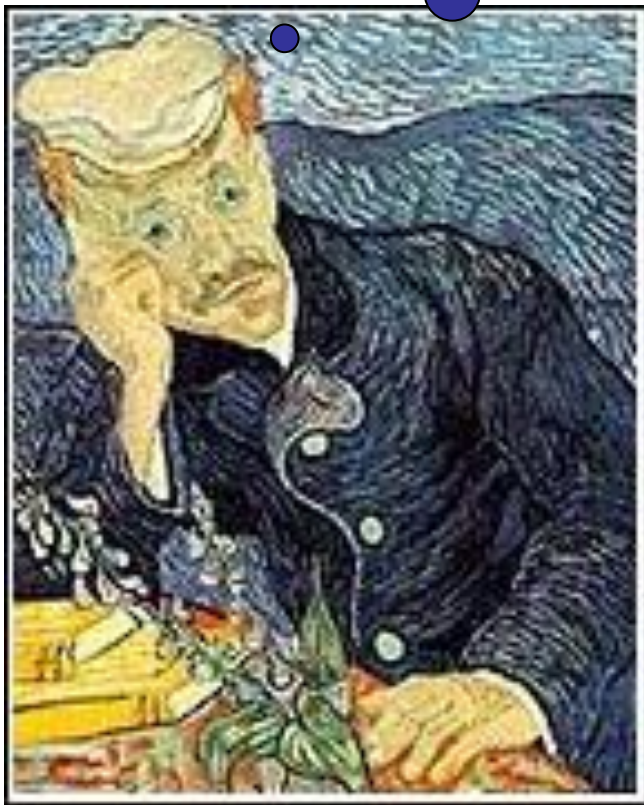
$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_{p_{0-1}}$$

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:

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

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

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

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

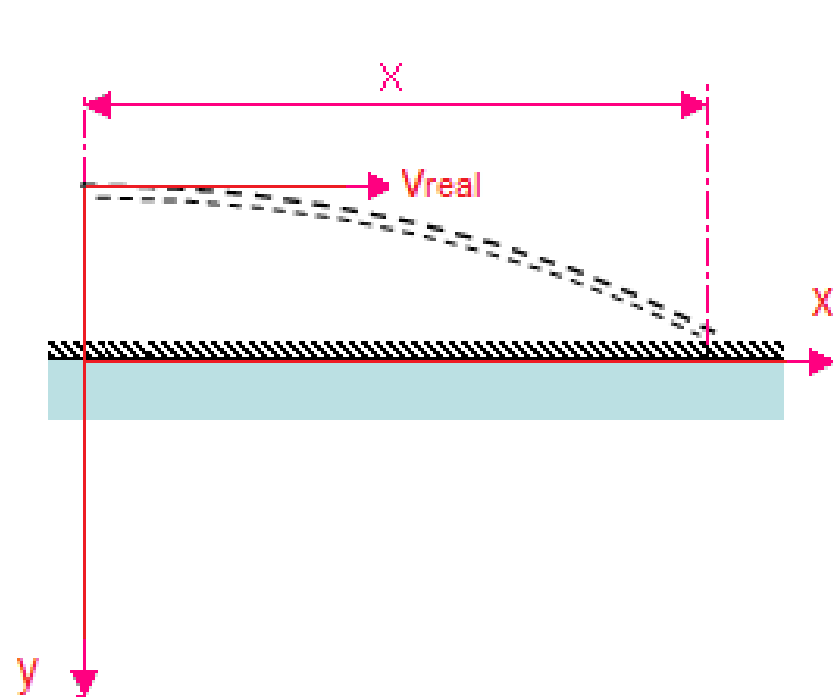
DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA E BOCAL CONVERGENTE.



Através dele determinamos a velocidade real



Evocando os conceitos abordados nos estudos do lançamento inclinado dividimos o movimento em outros dois:



No eixo y temos uma queda livre:

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


Como são dados :

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

determinamos t :

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

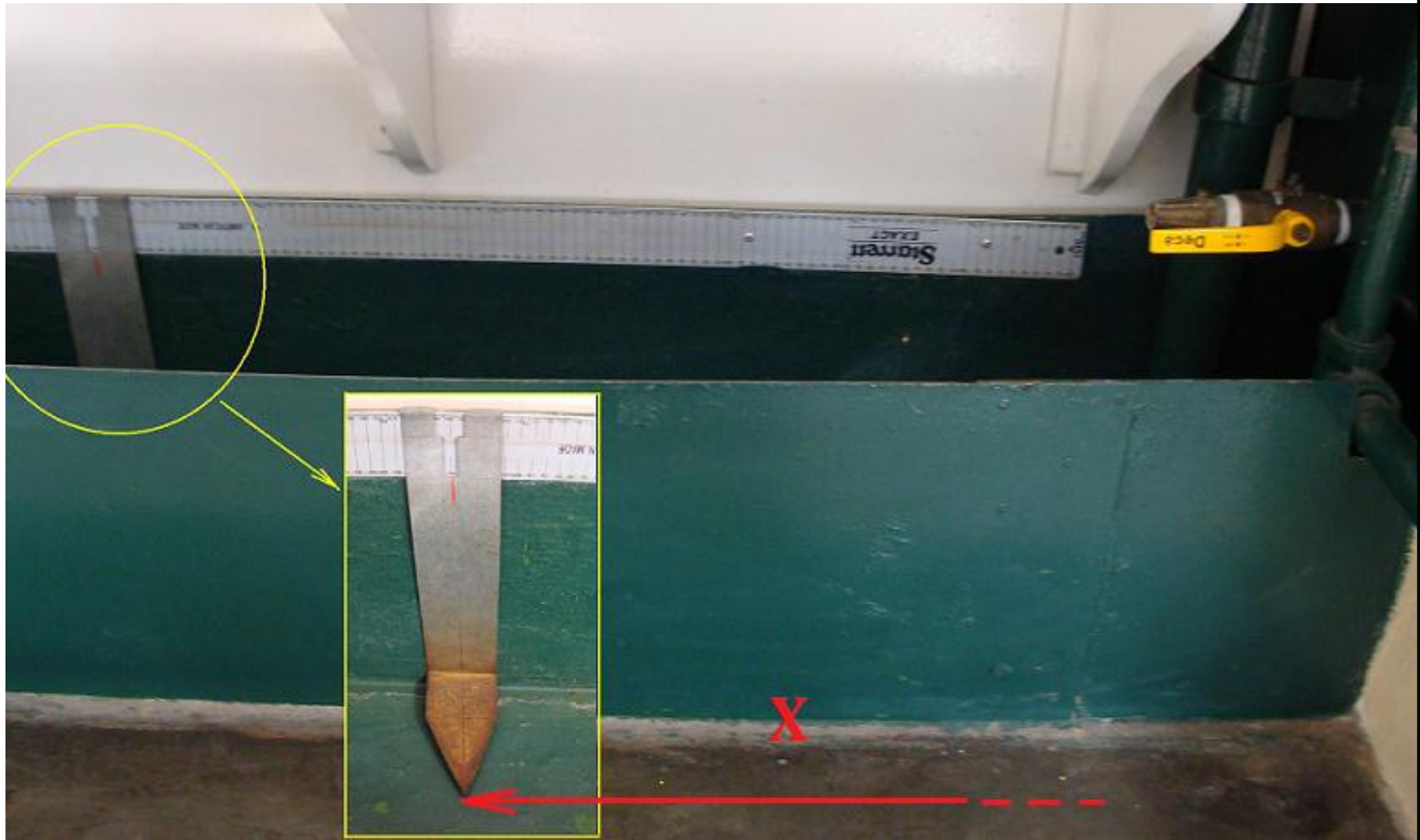




Já no eixo x temos um movimento uniforme com a velocidade igual a velocidade real

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.

Determinação do x





Logo

$$x = v_r \times t$$

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

$$v_r = x \times \sqrt{\frac{g}{2y}}$$

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 Δh em Δt ,
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.

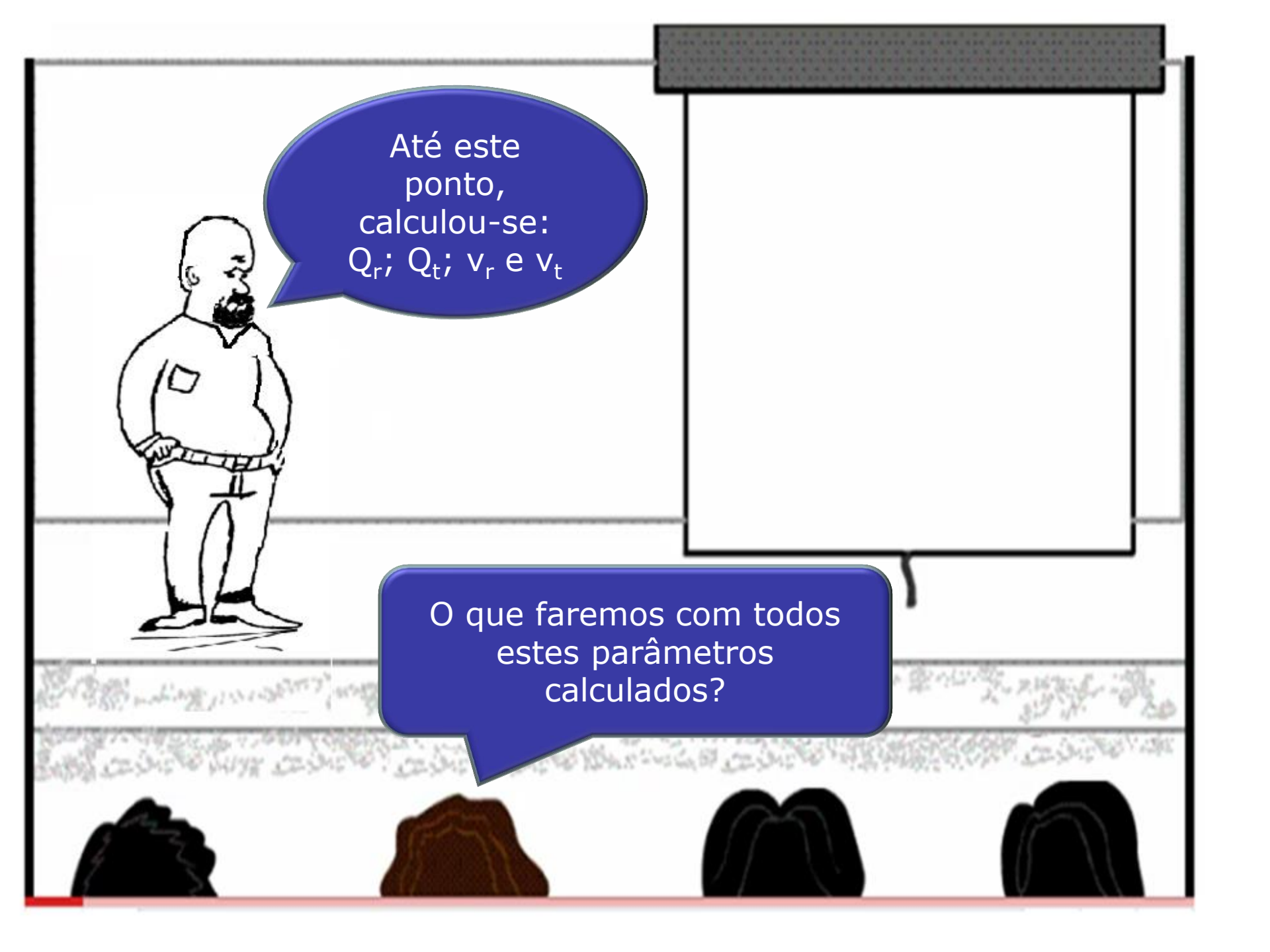
LIXO

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. A área contraída – A_c
5. O diâmetro contraído – D_c
6. O Re_{real} e o $Re_{teórico}$

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

$$C_c = \frac{C_d}{C_v}; A_c = C_c \times A_o \therefore D_c = \sqrt{\frac{A_c \times 4}{\pi}};$$

$$Re_{real} = \frac{v_{real} \times D_c}{\nu}; Re_{teórico} = \frac{v_{teórica} \times D_o}{\nu}$$



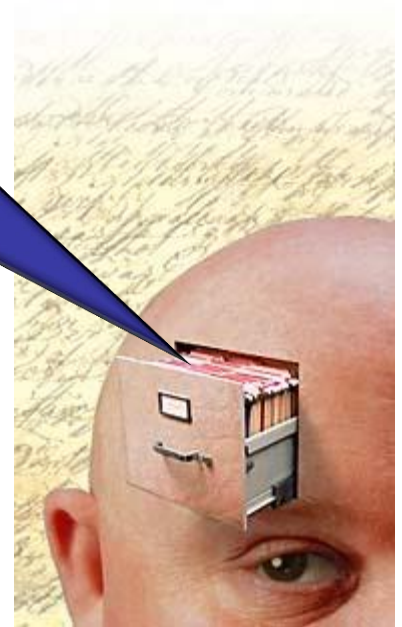
E ainda dá para se calcular a perda no bocal + válvula esfera + tubo + saída do reservatório


Vamos resolver exemplos numéricos.

$$h = \frac{v_r^2}{2g} + H_{\text{psaída+valv.esfera+tubo+bocal}}$$

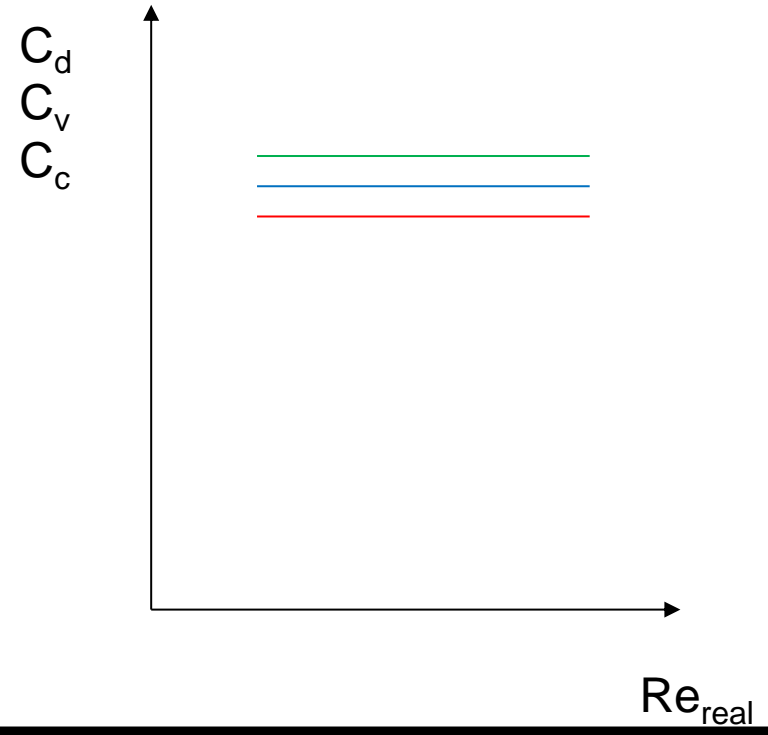
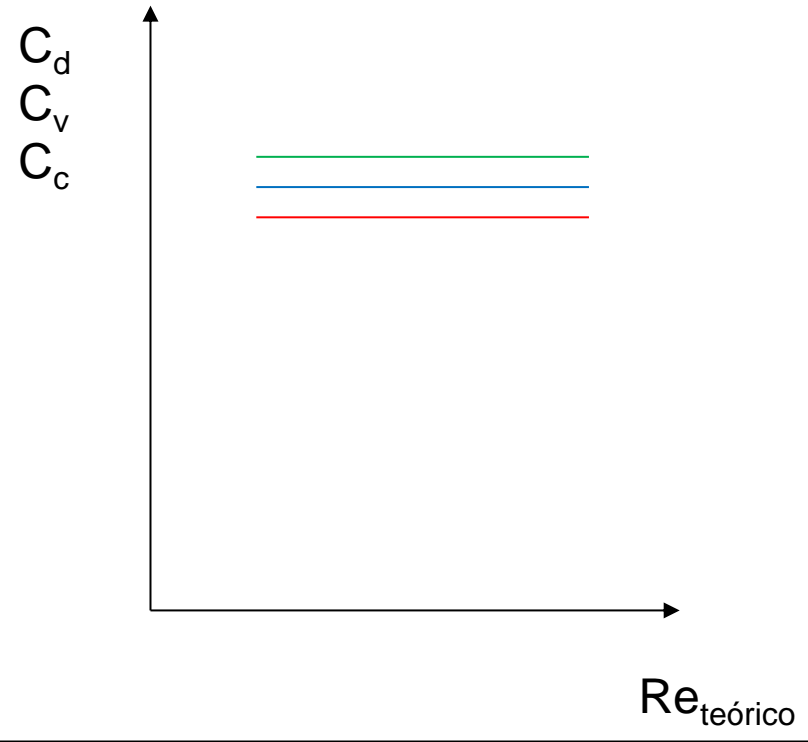
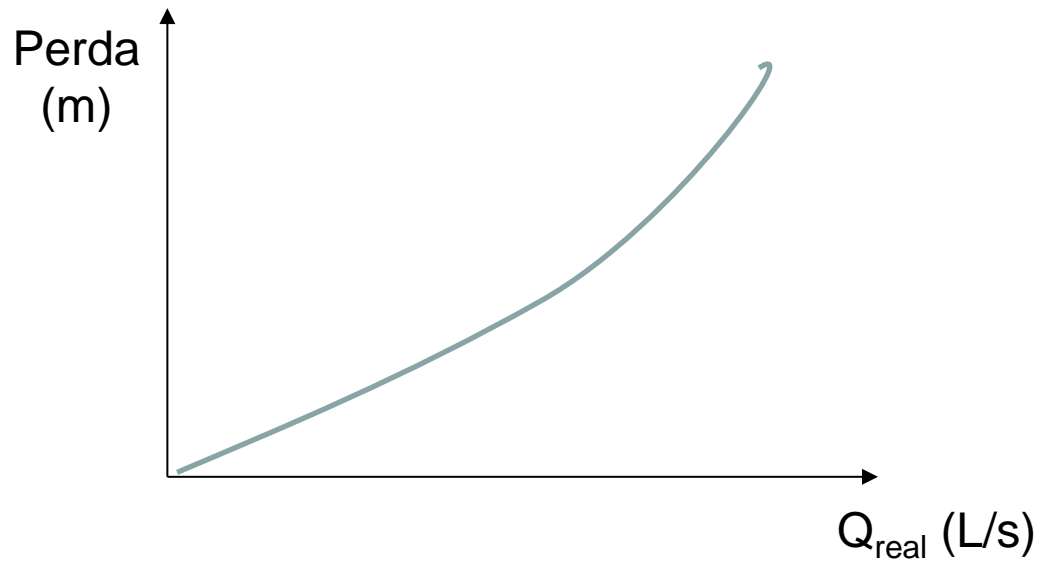
$$v_r = x \times \sqrt{\frac{g}{2y}}$$

$$\therefore H_{\text{psaída+valv.esfera+tubo+bocal}} = h - \frac{x^2}{4 \times y}$$

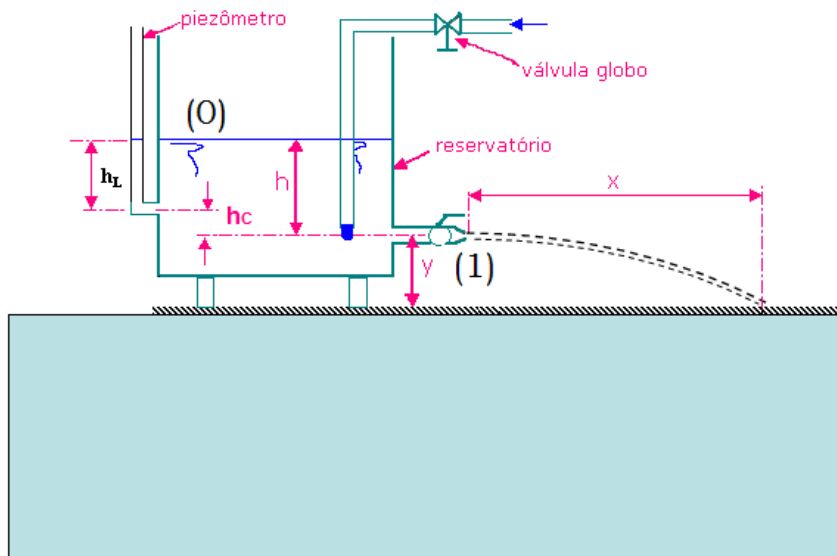




Com as grandezas anteriores nós
construímos os gráficos dos
coeficientes em função do Reynolds
real e teórico e da perda em função da
vazão real.



Para a construção das curvas anteriores, iniciamos com a tabela de dados especificada no slide seguinte



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

temperatura d'água =

Ensaio	h_L (cm) sugerido	h_L (cm) real	x(cm)	h_c (cm)	y (cm)	Δh (cm)	t(s)
1	100						
2	200						
3	300						
4	400						
5	500						
6	600						

Tabela de dados

Vamos estudar esta experiência
através da solução dos exercícios
que proponho a seguir

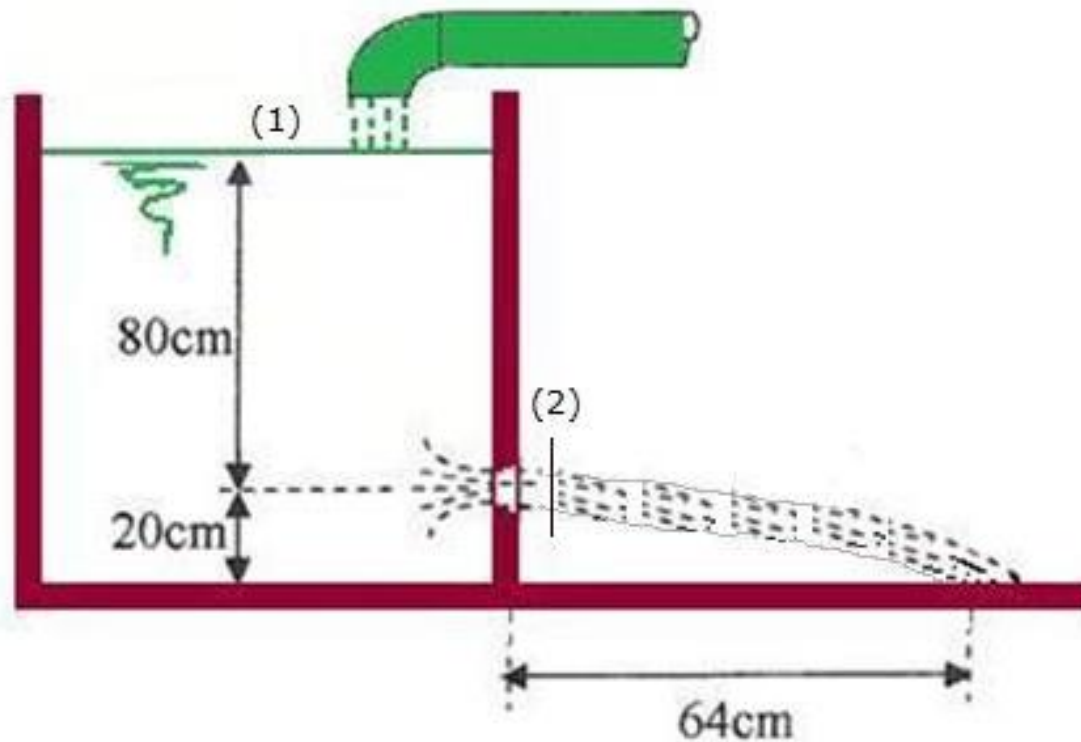


1

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 = $0,3 \text{ m}^2$

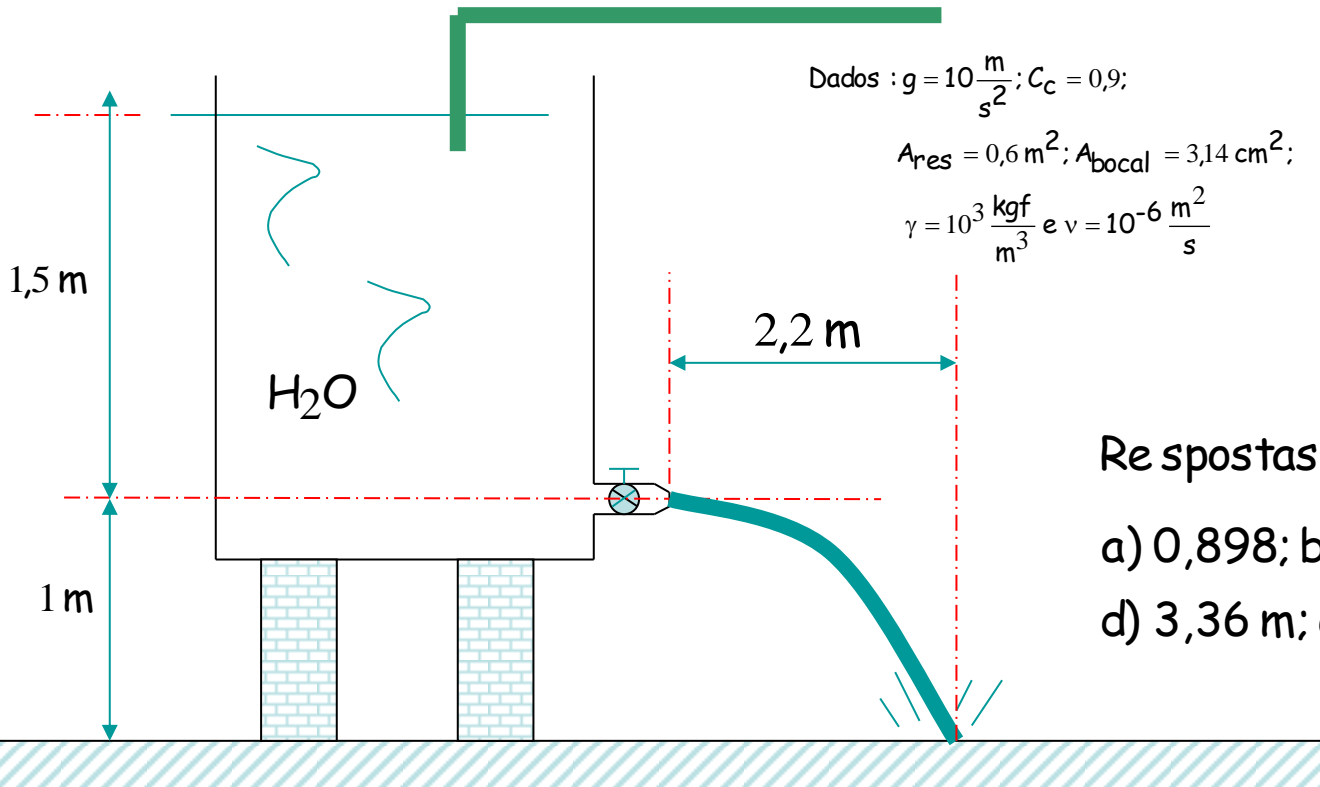
Orifício com diâmetro igual a 23 mm



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".



Re s postas :

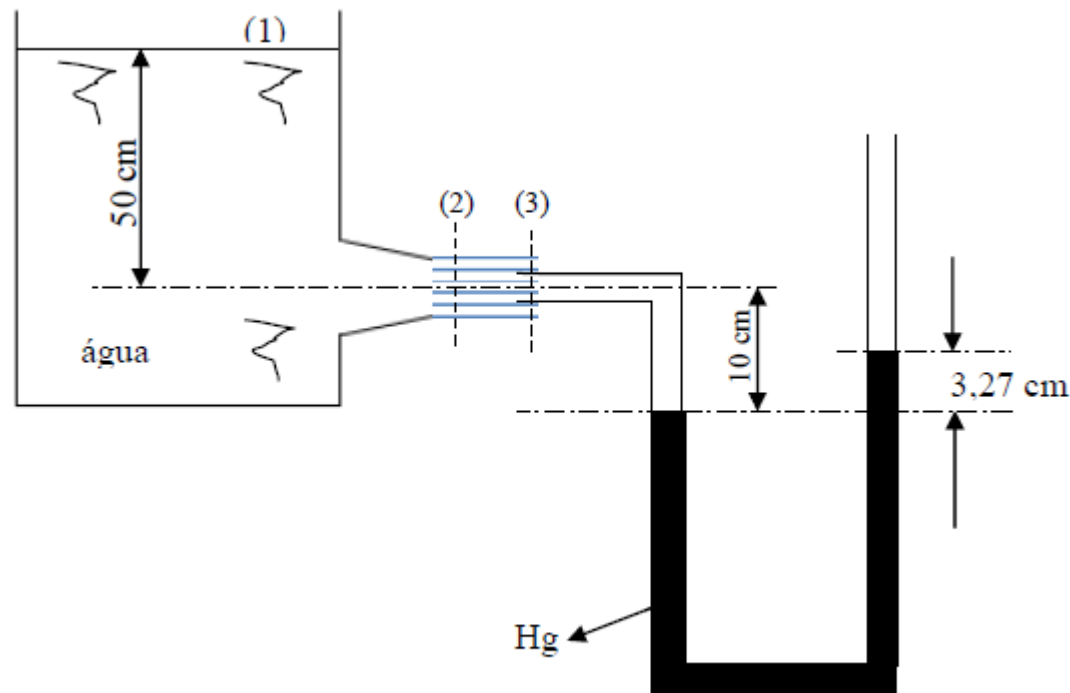
- a) 0,898; b) $\cong 1,1 \times 10^5$; c) 43,2 s
 d) 3,36 m; e) 0,24

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.

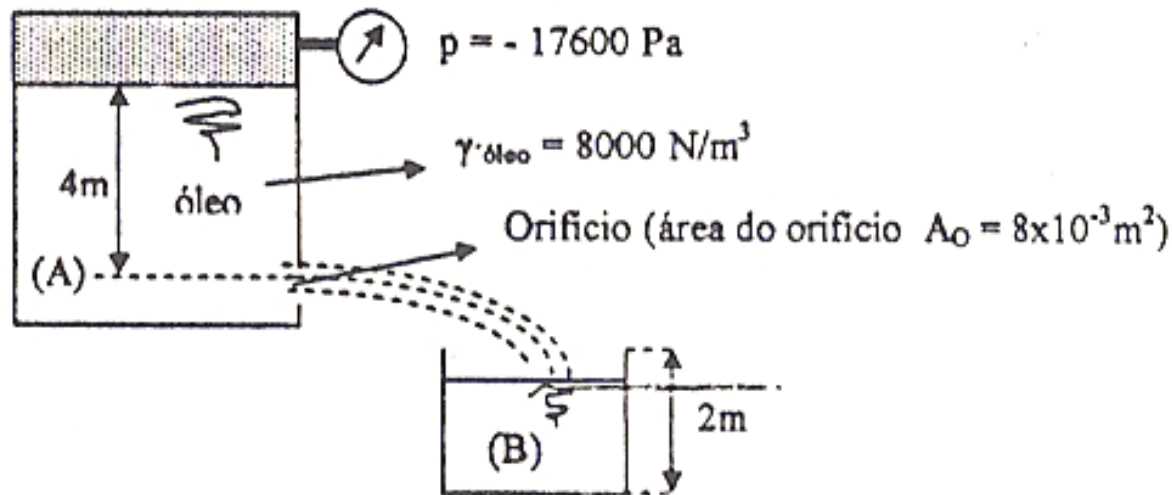
Dados: $C_C = 0,92$; diâmetro do bocal = 4 cm; $\gamma_{\text{água}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$;
 $\gamma_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kgf/m}^3$ e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$



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.

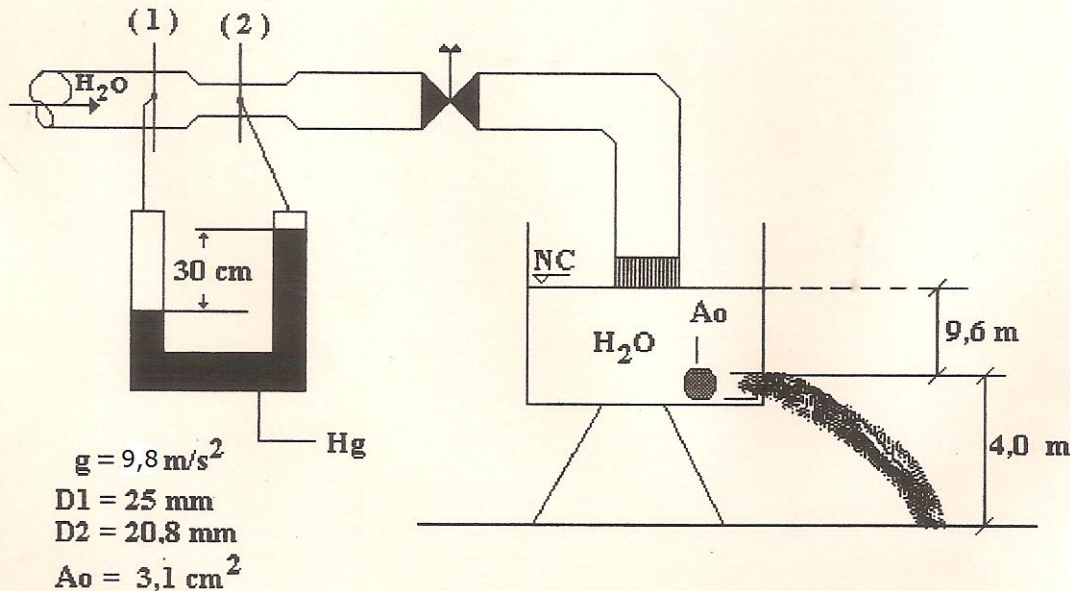


5

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° C , verifique se a Cd utilizado (vide curva característica do Venturi) é coerente.

Água a 15° C :

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

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

