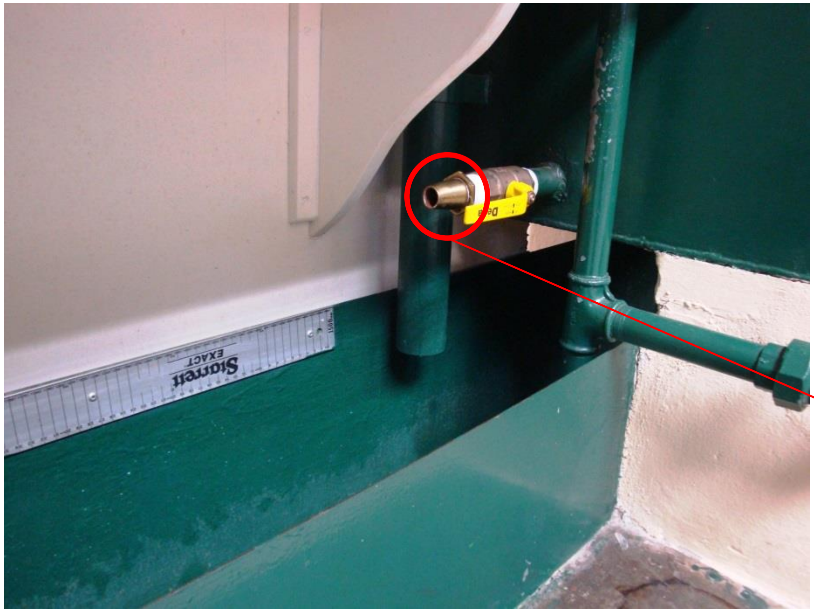
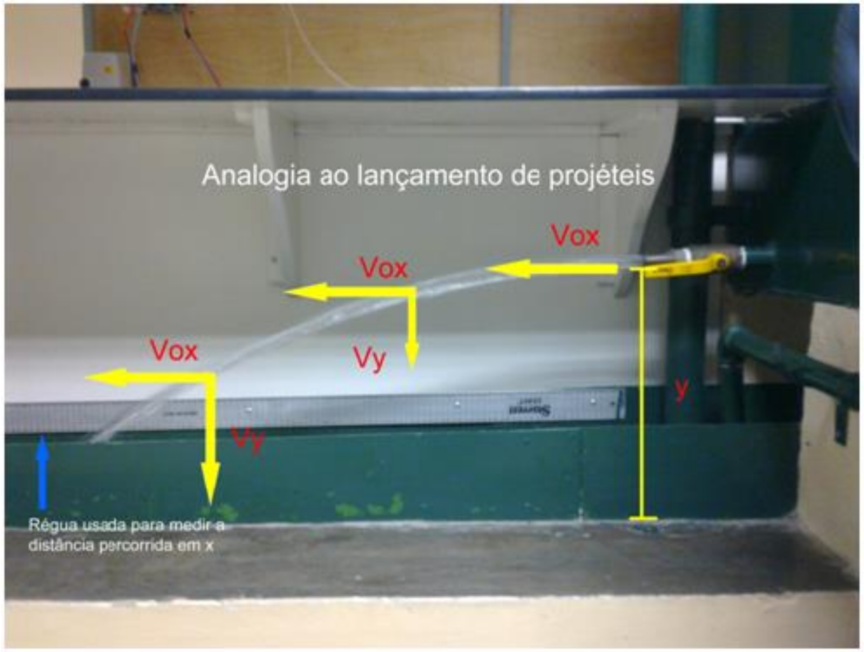


Experiência

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:

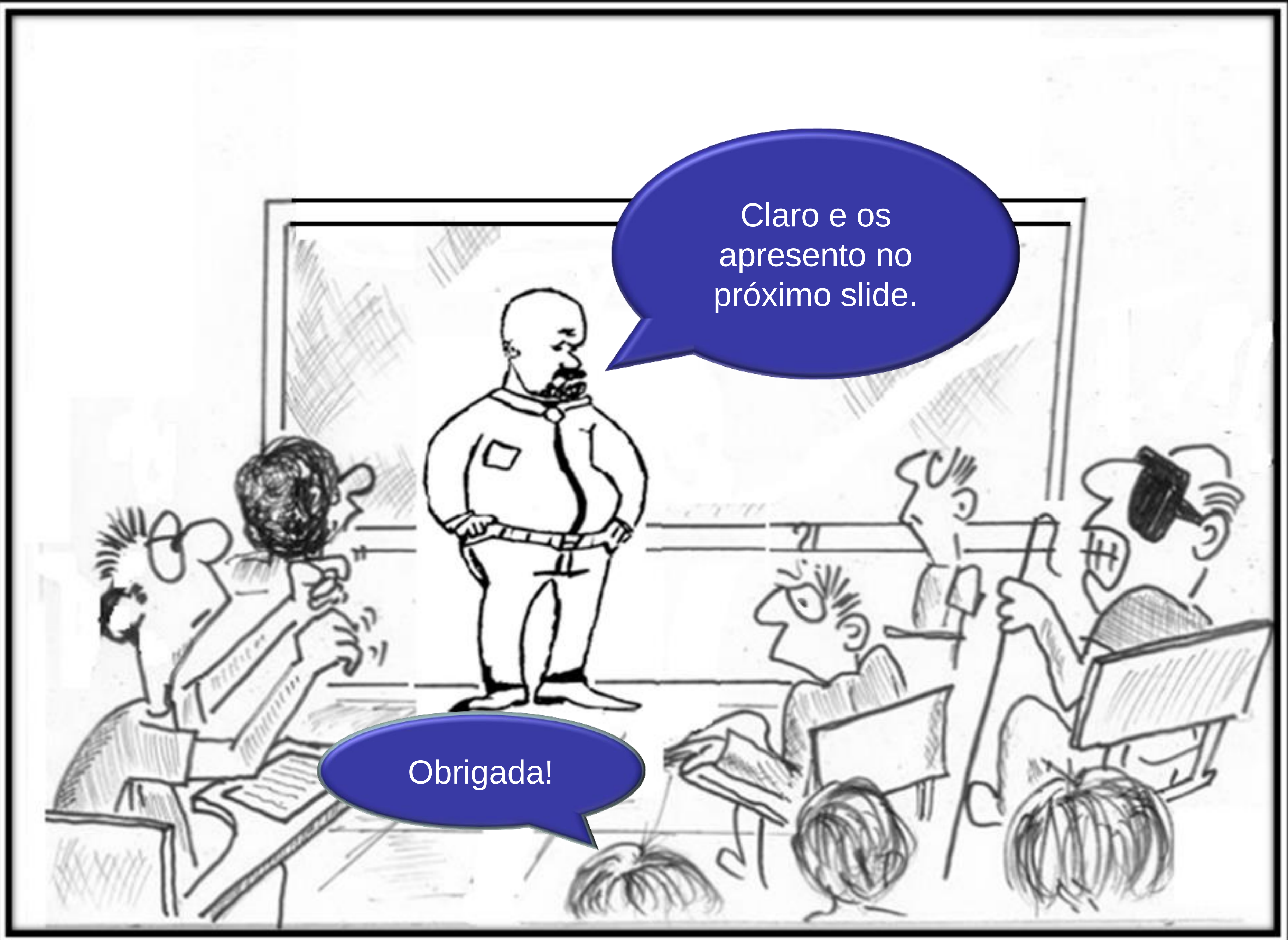
"Os bocais ou tubos adicionais são constituídos por peças tubulares adaptadas aos orifícios. Servem para dirigir o jato. O seu comprimento deve estar compreendido entre vez e meia (1,5) e três (3,0) vezes o seu diâmetro. De um modo geral, consideram-se comprimentos de 1,5 a 3,0D como bocais, de 3,0 a 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).

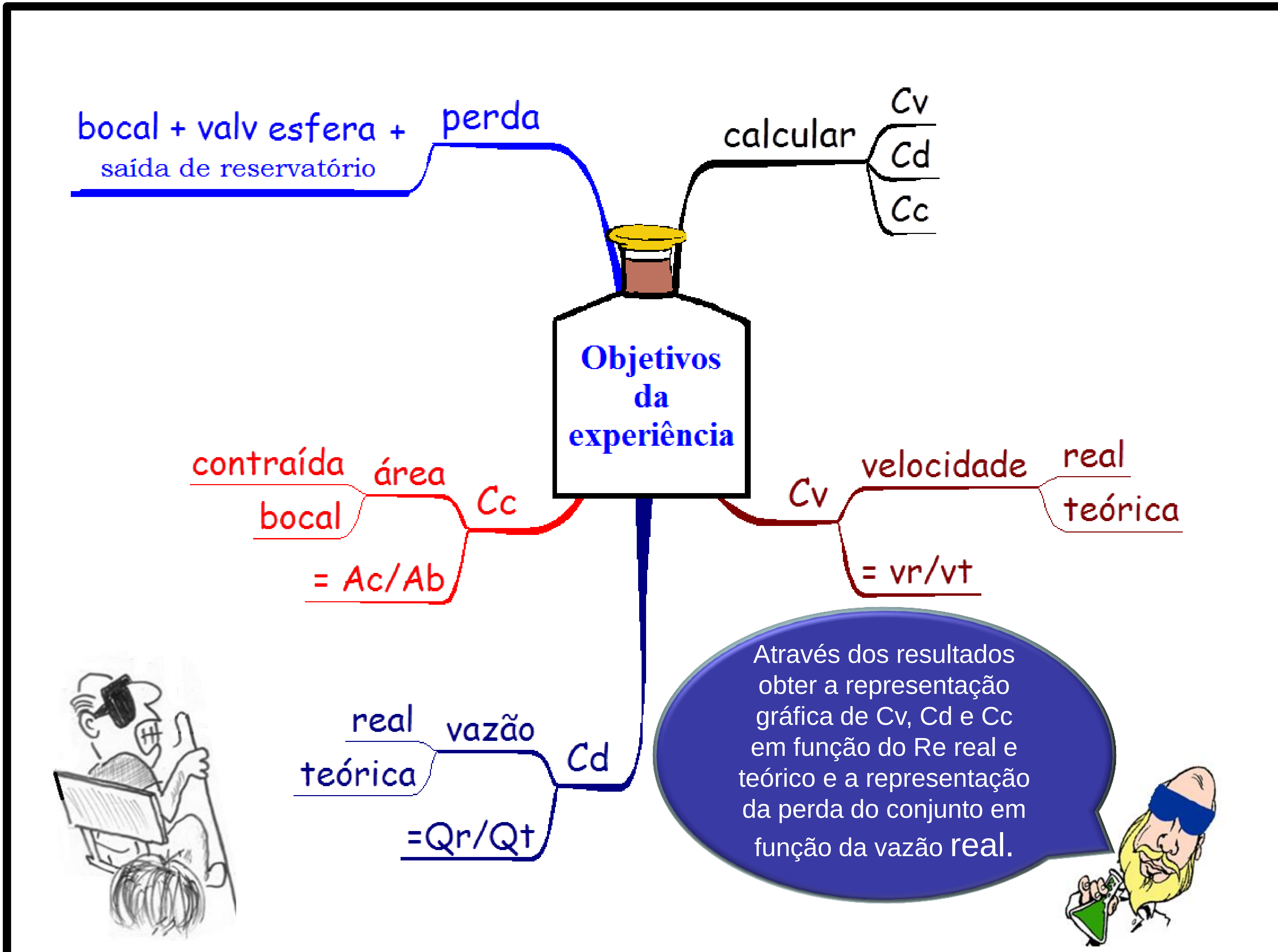
A dimensão do nosso bocal se enquadra na definição do Azevedo Netto

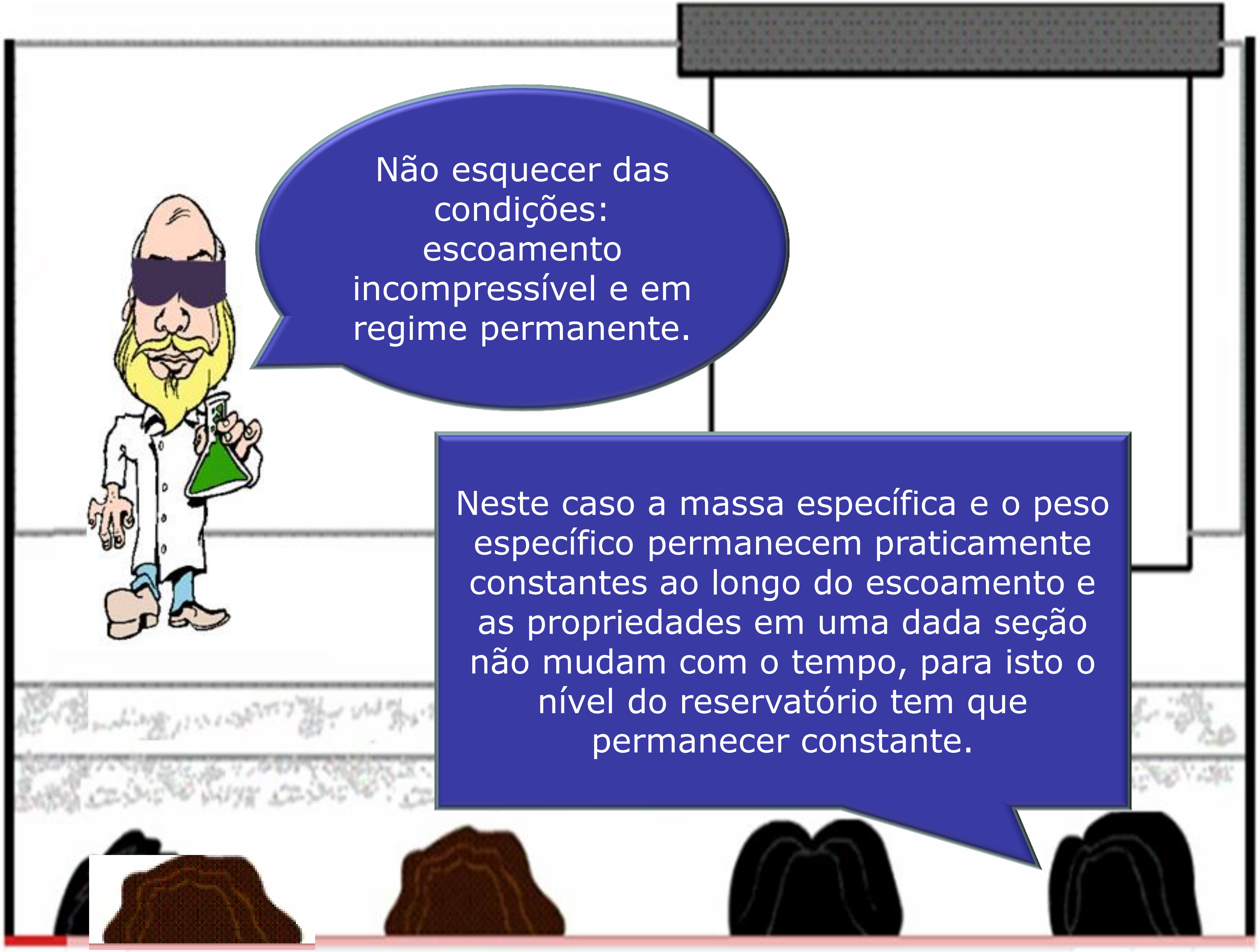
“...comprimentos de 1,5 a 3,0D como bocais...”


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?

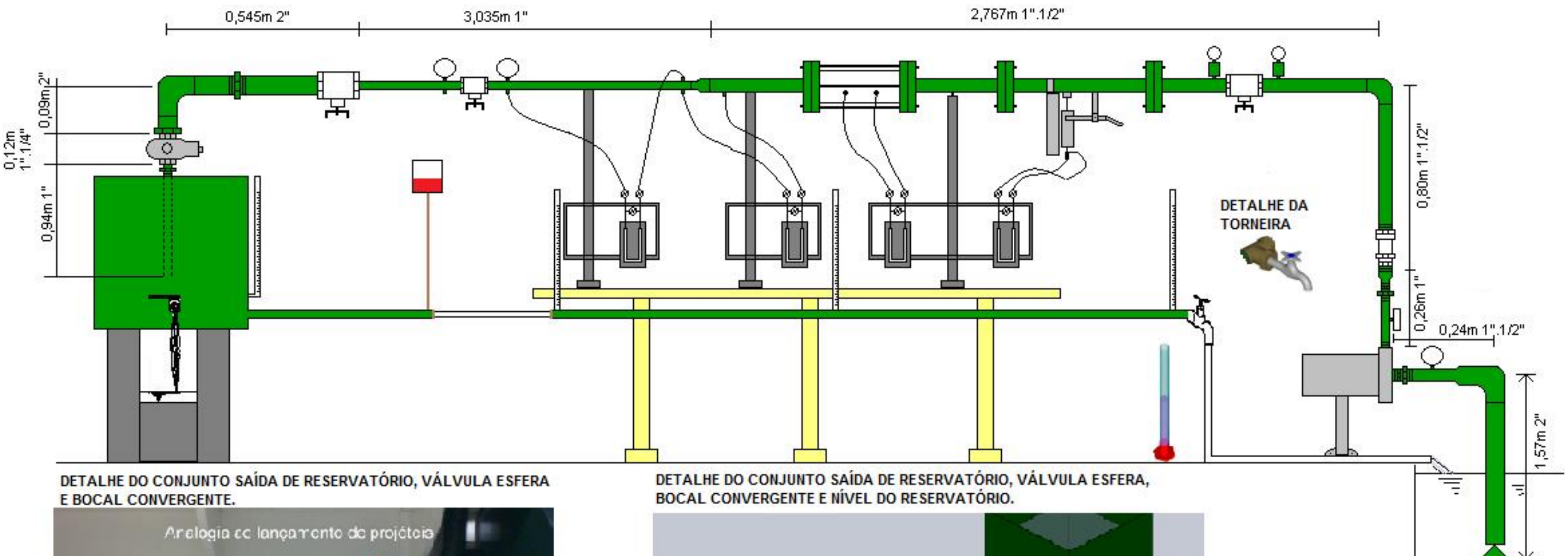

É porque desejamos obter os seus coeficientes, bem como as curvas relacionadas com os mesmos.
Você poderia sintetizar todos os objetivos?


Claro e os apresento no próximo slide.
Obrigada!


Objetivos da experiência
perda
bocal + valv esfera +
saída de reservatório
calcular
Cv
Cd
Cc
Cc
área
contraída
bocal
= Ac/Ab
Cv
velocidade
real
teórica
= vr/vt
Cd
vazão
real
teórica
=Qr/Qt
Através dos resultados obter a representação gráfica de Cv, Cd e Cc em função do Re real e teórico e a representação da perda do conjunto em função da vazão real.

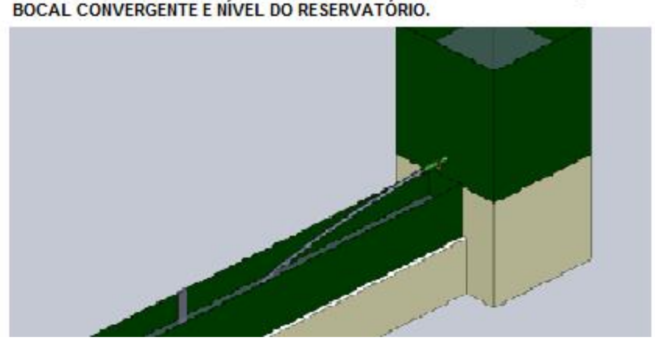

Não esquecer das condições: escoamento incompressível e em regime permanente.
Neste caso a massa específica e o peso específico permanecem praticamente constantes ao longo do escoamento e as propriedades em uma dada seção não mudam com o tempo, para isto o nível do reservatório tem que permanecer constante.

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.



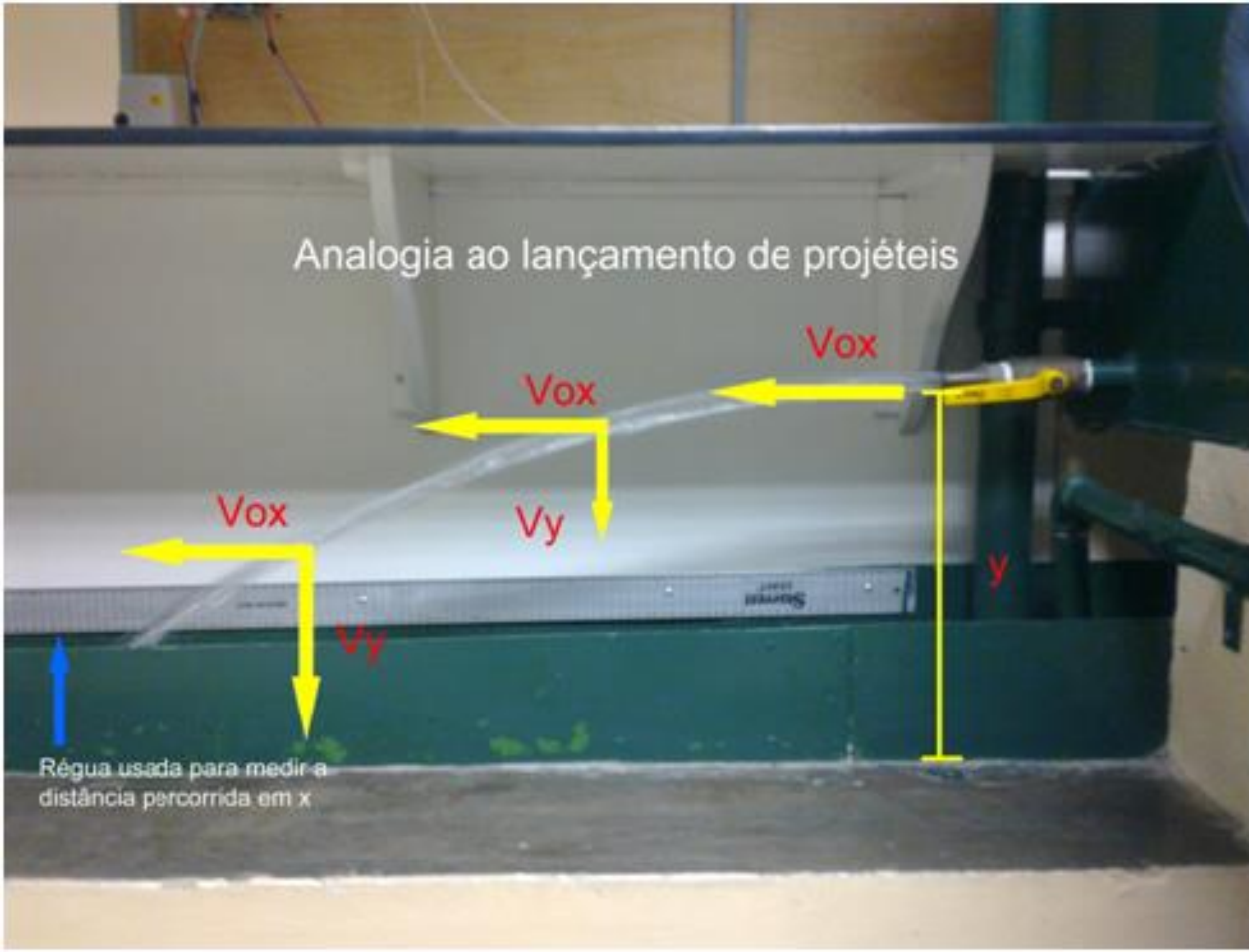
1 = SEÇÃO À MONTANTE DA TORNEIRA

C = NÍVEL DE CAPTAÇÃO

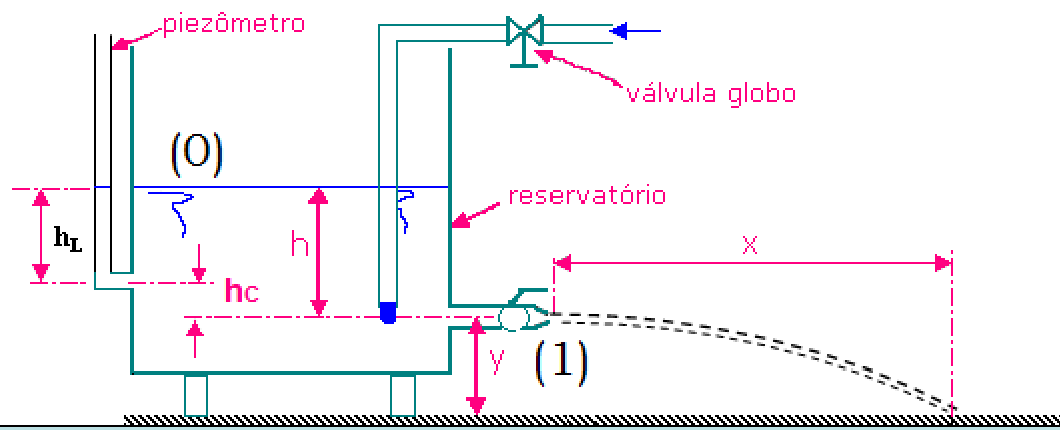
N = NÍVEL DO RESERVATÓRIO SUPERIOR

BC = SAÍDA DO BOCAL CONVERGENTE

T = SAÍDA DA MANGUEIRA ACOPLADA A TORNEIRA


Analogia ao lançamento de projéteis
Vox
Vox
Vy
Vox
Vy
y
Régua usada para medir a distância percorrida em x

Esquematicamente temos:




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

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

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

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

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

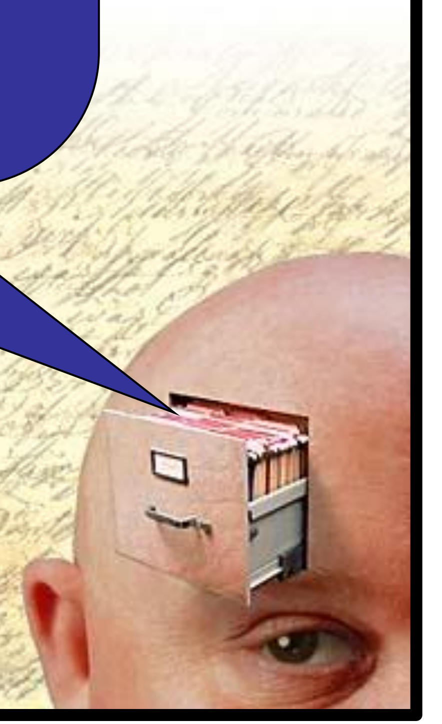
Adotando – se o PHR no eixo do orifício

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

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

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:

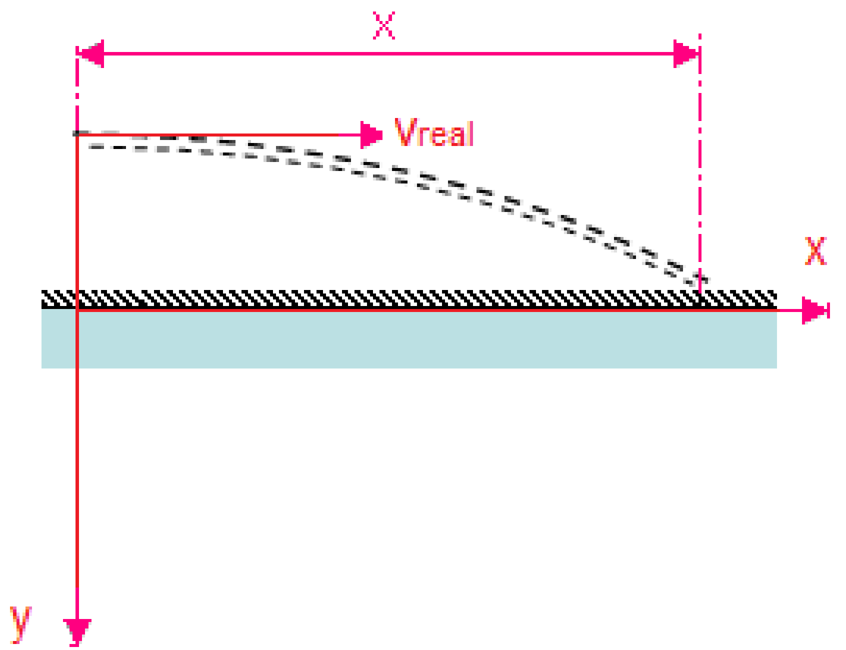
$$h = \frac{v_1^2}{19{,}6} + H_{p0-1}$$

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

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


Analisando novamente a figura observa-se um lançamento inclinado no jato lançado!
DETALHE DO CONJUNTO SAÍDA DE RESERVATÓRIO, VÁLVULA ESFERA E BOCAL CONVERGENTE.
Vox
Vox
Vy
Vox
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:

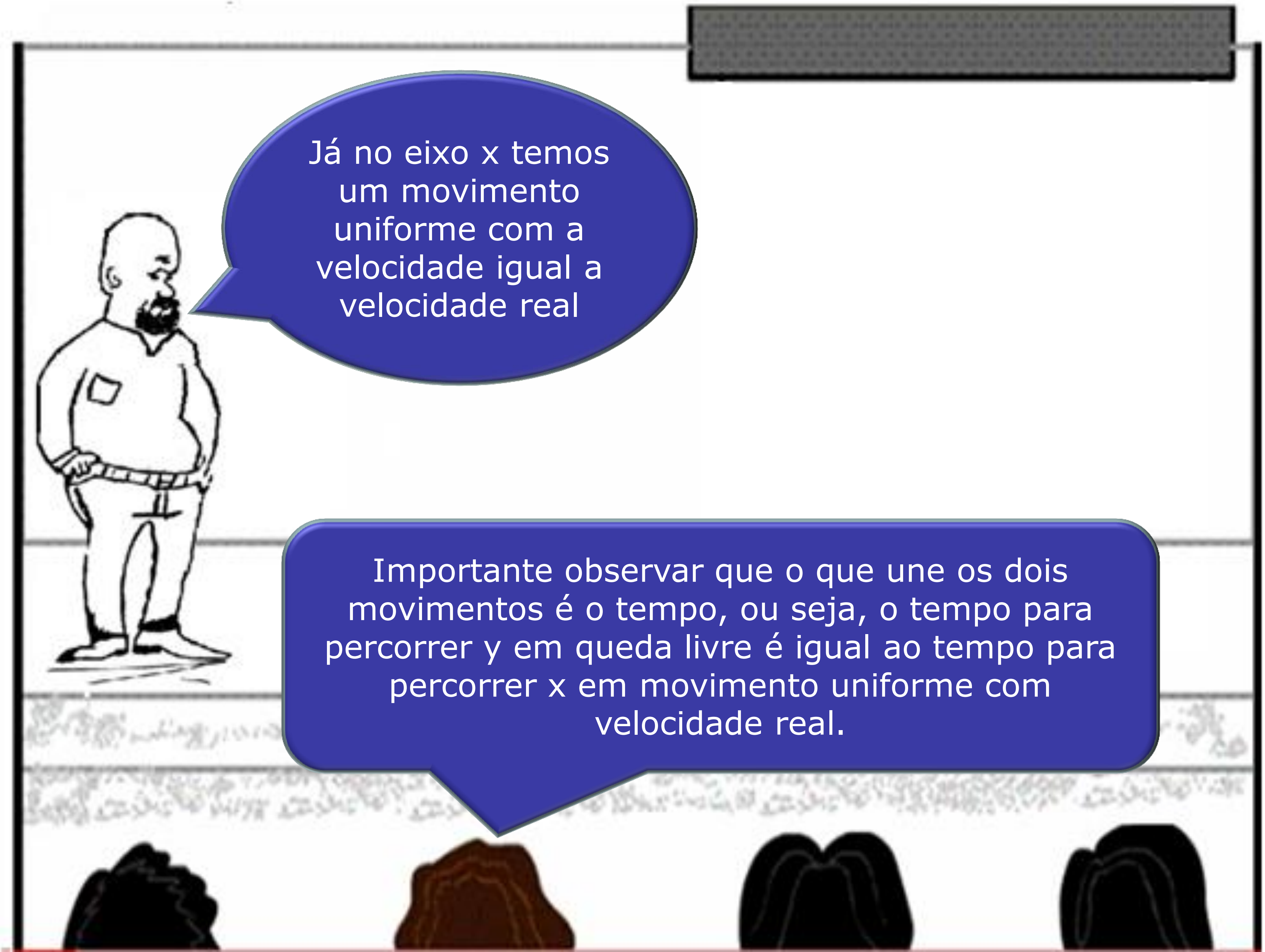
$$y = \frac{1}{2} \times g \times t^2$$

Como são dados :

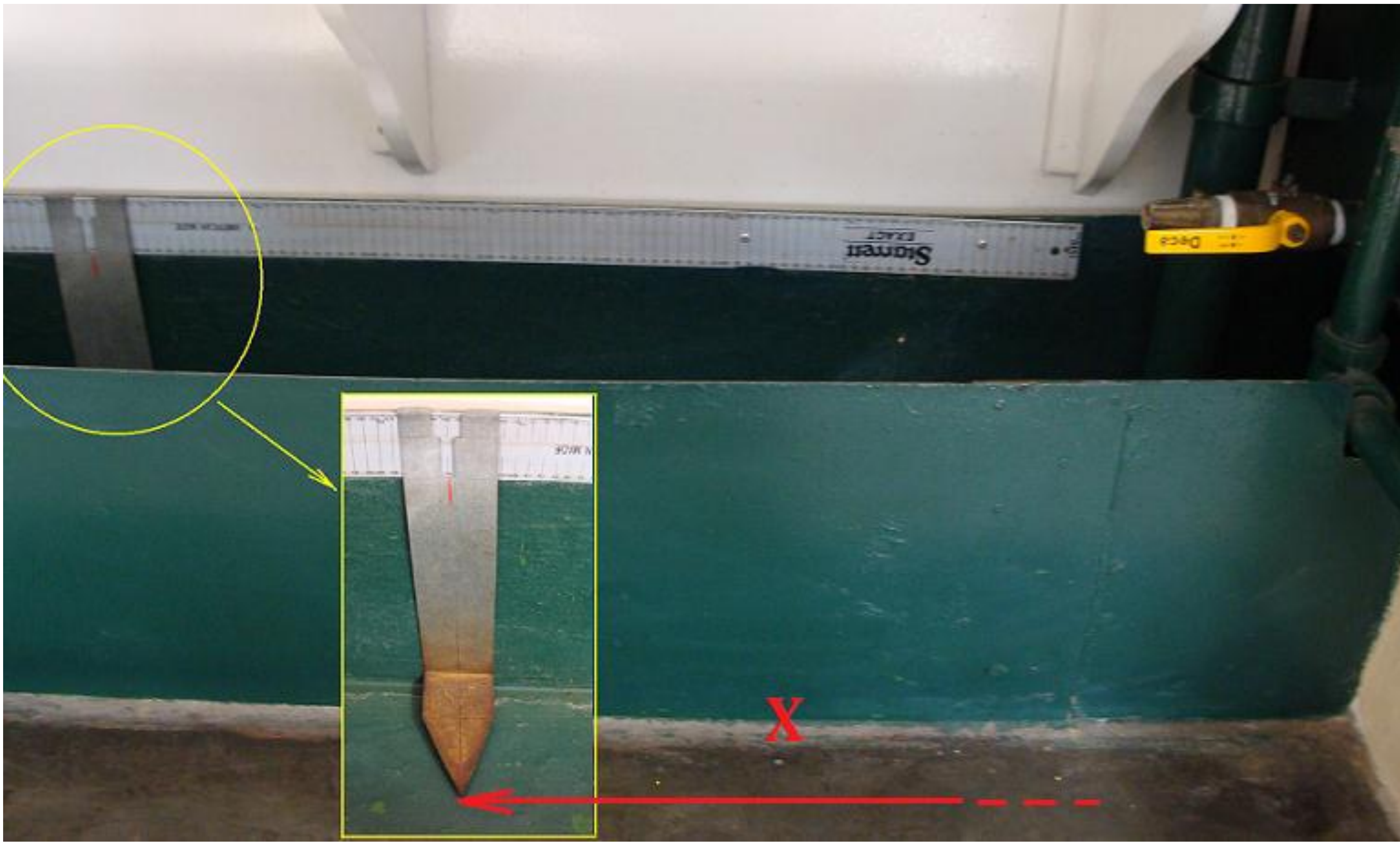
$$g = 9{,}8\,\frac{m}{s^2} \text{ e } y$$

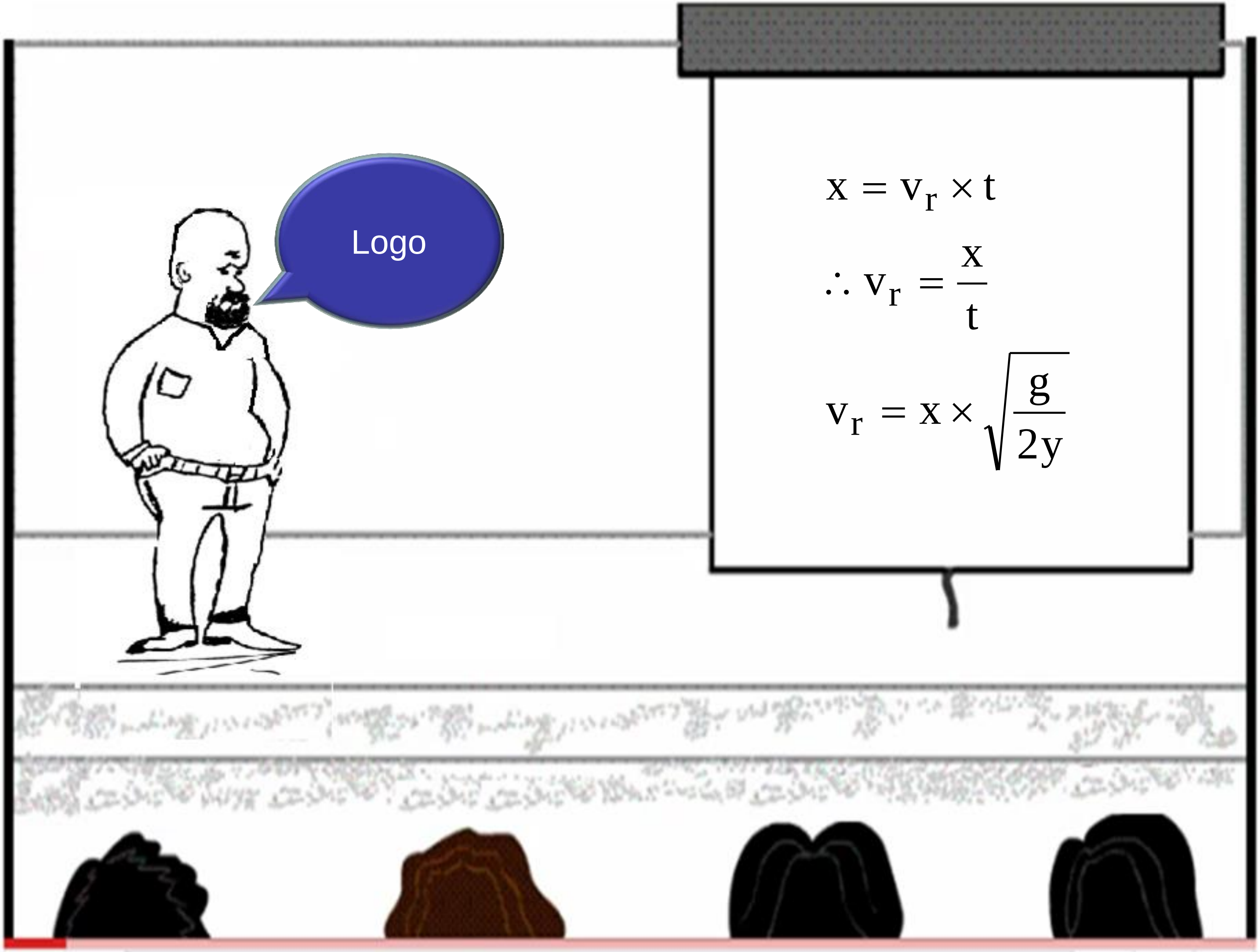
determinamos t :

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


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:

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

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


LIXO
Vamos partir para o cálculo da vazão teórica.

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

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


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 $Re_{teórico}$

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

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

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

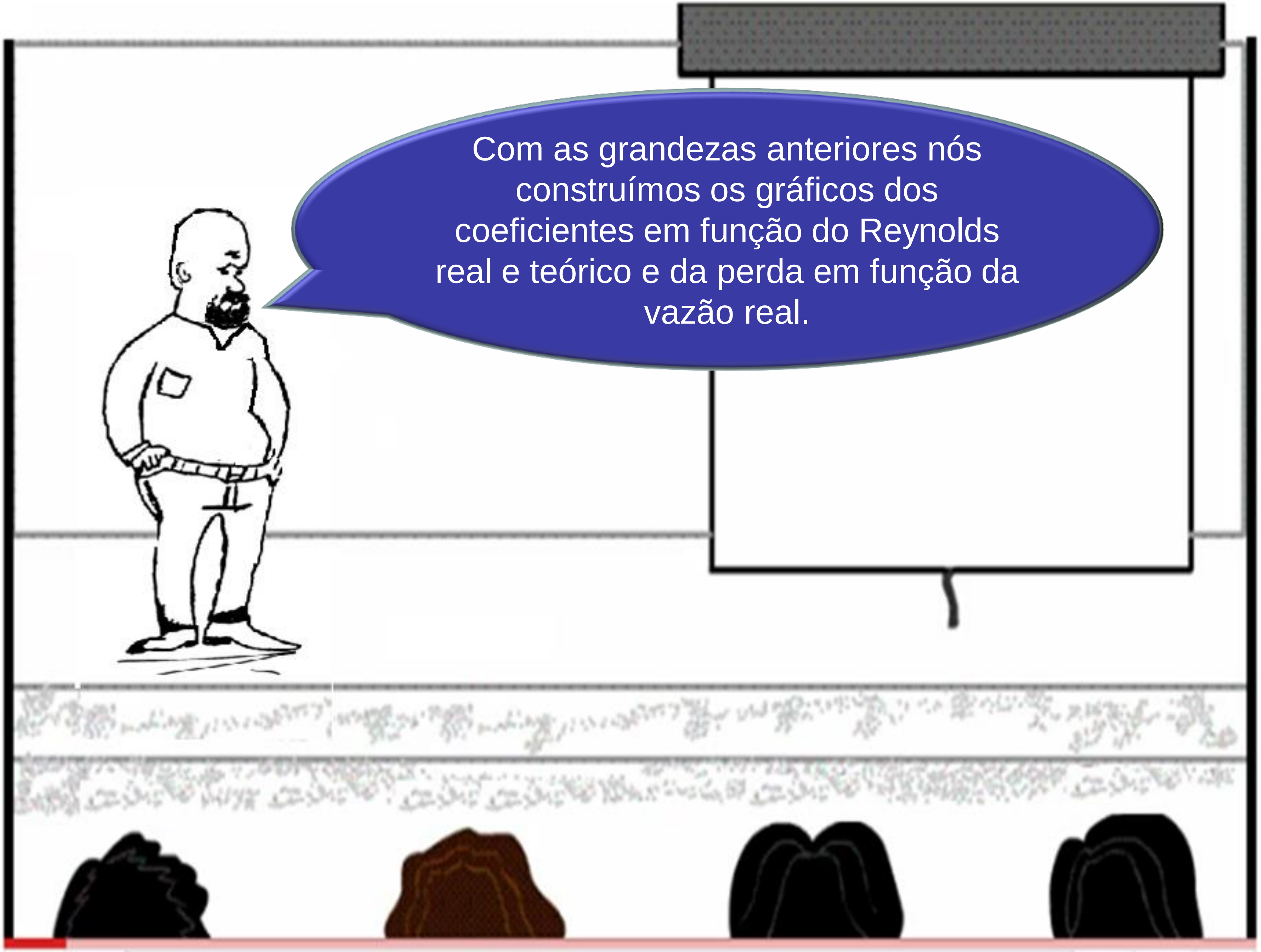
E ainda dá para se calcular a perda no bocal + válvula esfera + tubo + saída do reservatório

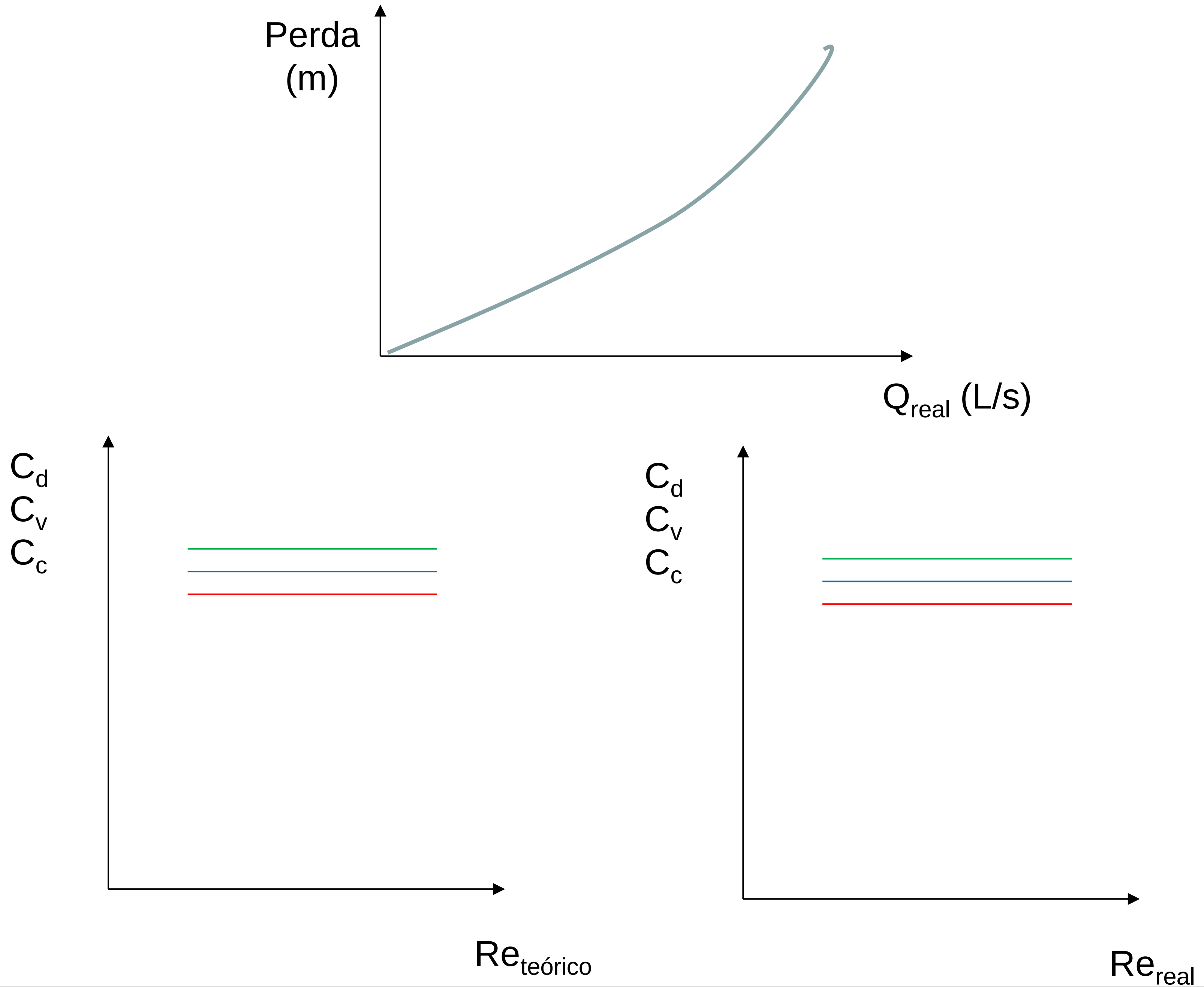
Vamos resolver exemplos numéricos.

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

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

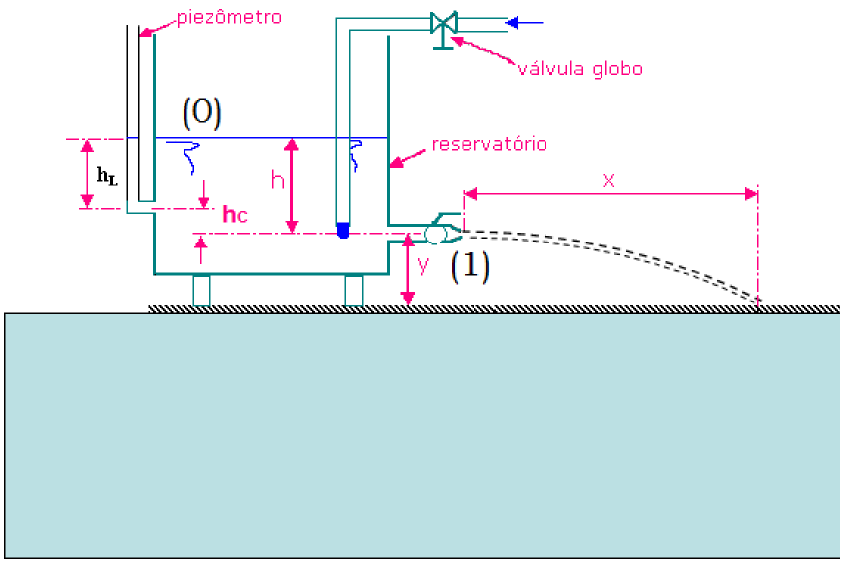
$$\therefore H_{p_{saída+valv.esfera+tubo+bocal}} = h - \frac{x^2}{4 \times y}$$


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.



Perda (m)
Q_{real} (L/s)
C_d
C_v
C_c
$Re_{teórico}$
C_d
C_v
C_c
Re_{real}

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

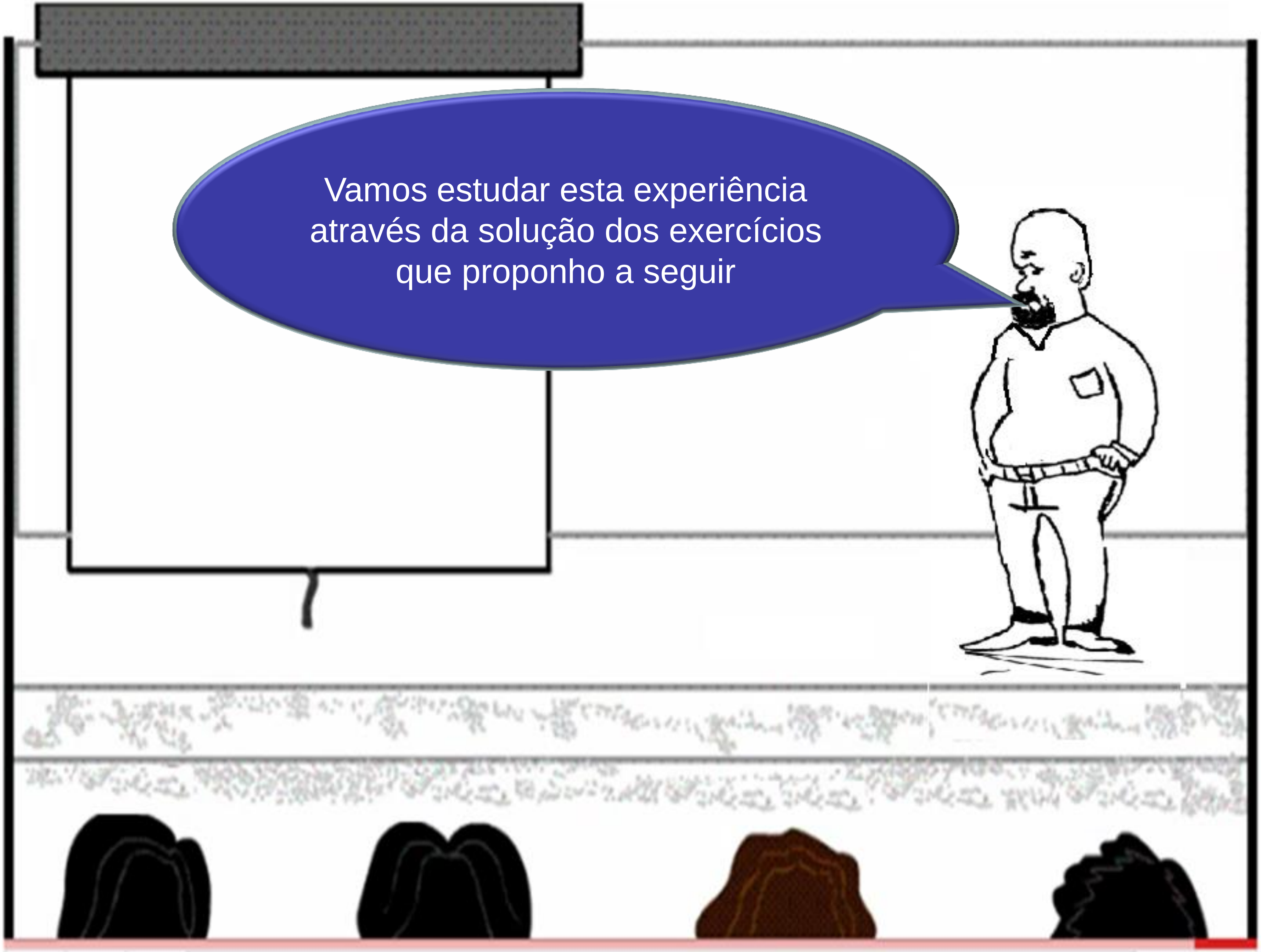


$$A_{\tan que} = \qquad\qquad ; D_{bocal} =$$

$$\text{temperatura d'água} =$$

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						

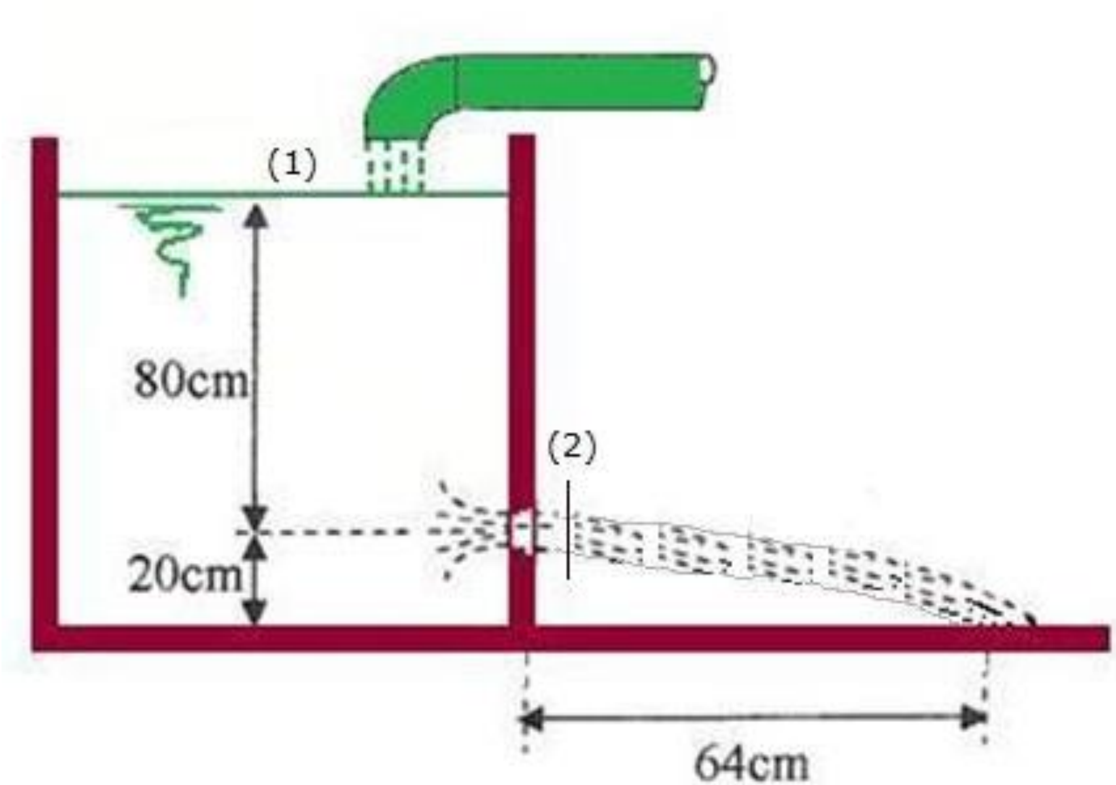
Tabela de dados


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 área da seção transversal do reservatório, num plano horizontal, igual a 0,3 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 m²

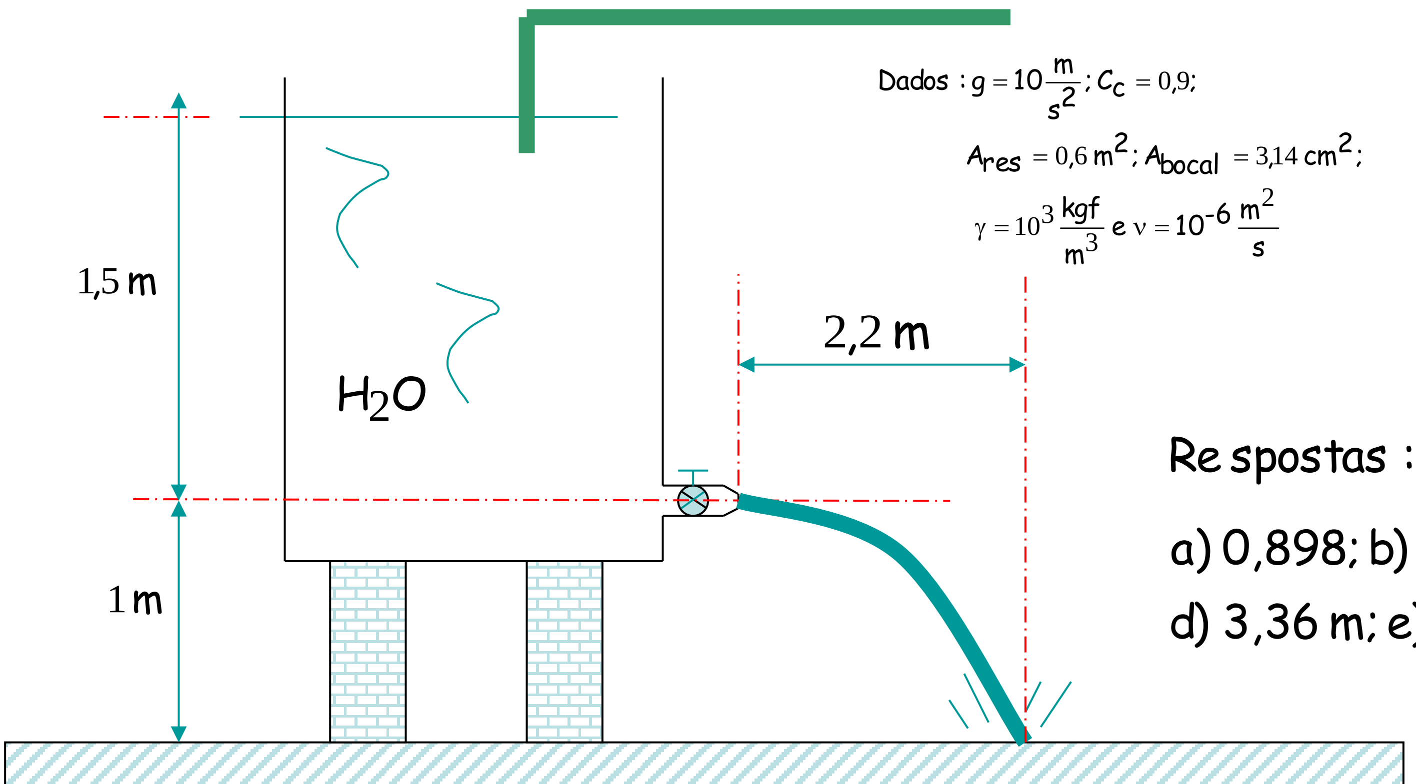
Orifício com diâmetro igual a 23 mm



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 kgf/cm², determinar o novo alcance do jato;
5. determinar o "coeficiente de perda singular do bocal".



$$\text{Dados}: g = 10\,\frac{m}{s^2};\ C_c = 0{,}9;$$

$$A_{res} = 0{,}6\,m^2;\ A_{bocal} = 3{,}14\,cm^2;$$

$$\gamma = 10^3\,\frac{kgf}{m^3}\ e\ \nu = 10^{-6}\,\frac{m^2}{s}$$

Respostas:

a) 0,898; b) $\cong 1{,}1 \times 10^5$; c) 43,2 s

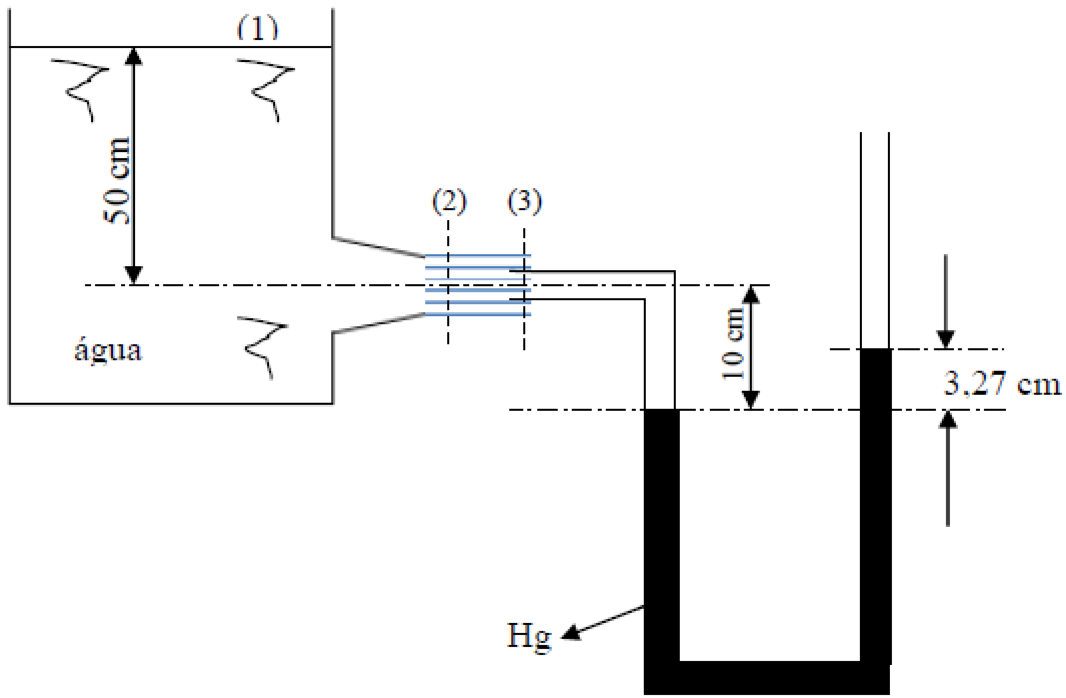
d) 3,36 m; e) 0,24

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; $\gamma_{água}$ = 1000 kgf/m³;
γ_{Hg} = 13600 kgf/m³ e g = 9,8 m/s²

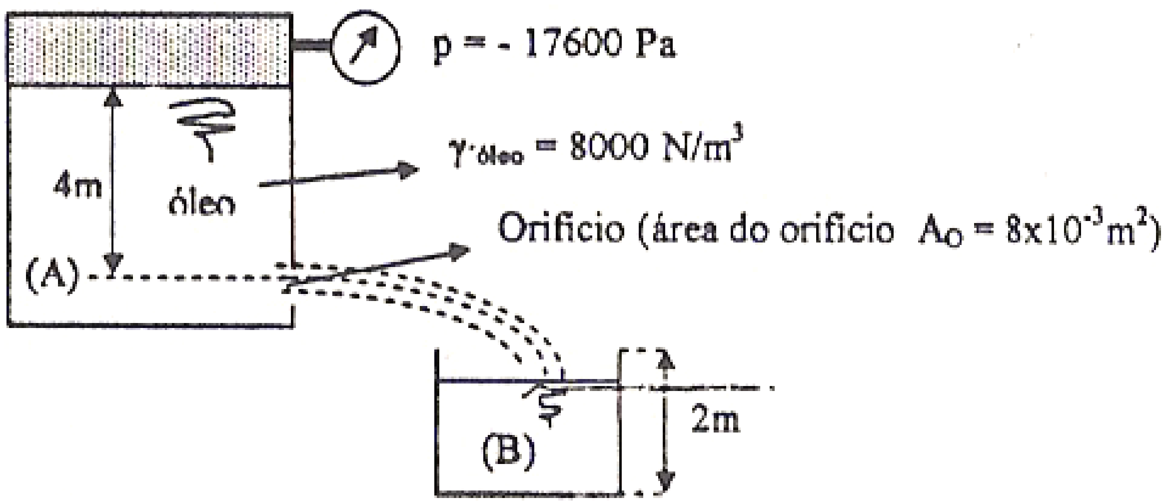


4

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

a) o coeficiente de descarga do orifício;

b) a velocidade real do jato na saída do orifício, se o coeficiente de contração é 0,85.

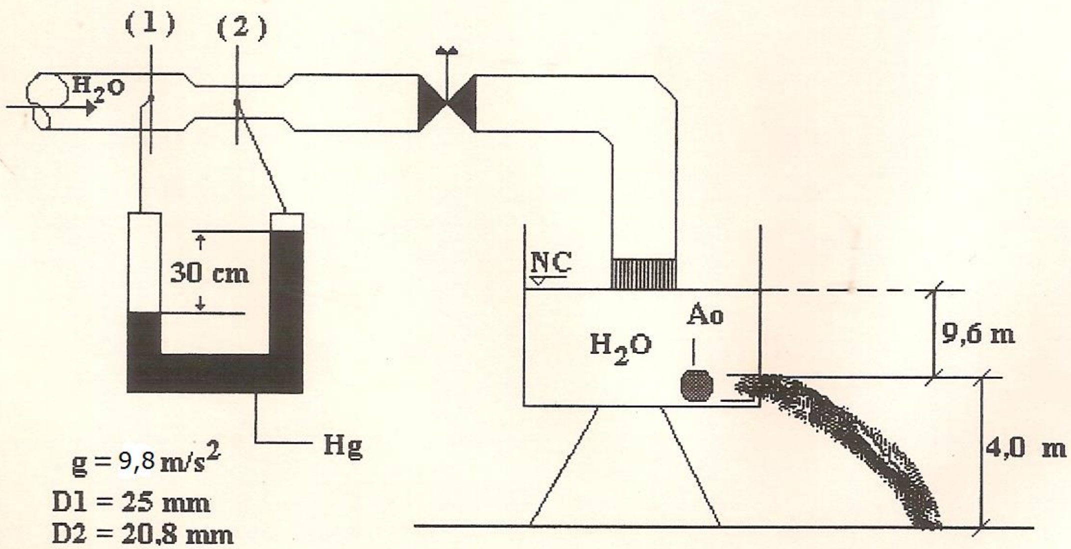


5

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



$g = 9{,}8\ m/s^2$

$D1 = 25\ mm$

$D2 = 20{,}8\ mm$

$Ao = 3{,}1\ cm^2$

Água a 15^0C:

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

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

c) → Sabendo-se que a água é transportada a 15° C, verifique se a Cd utilidado (vide curva característica do Venturi) é coerente.