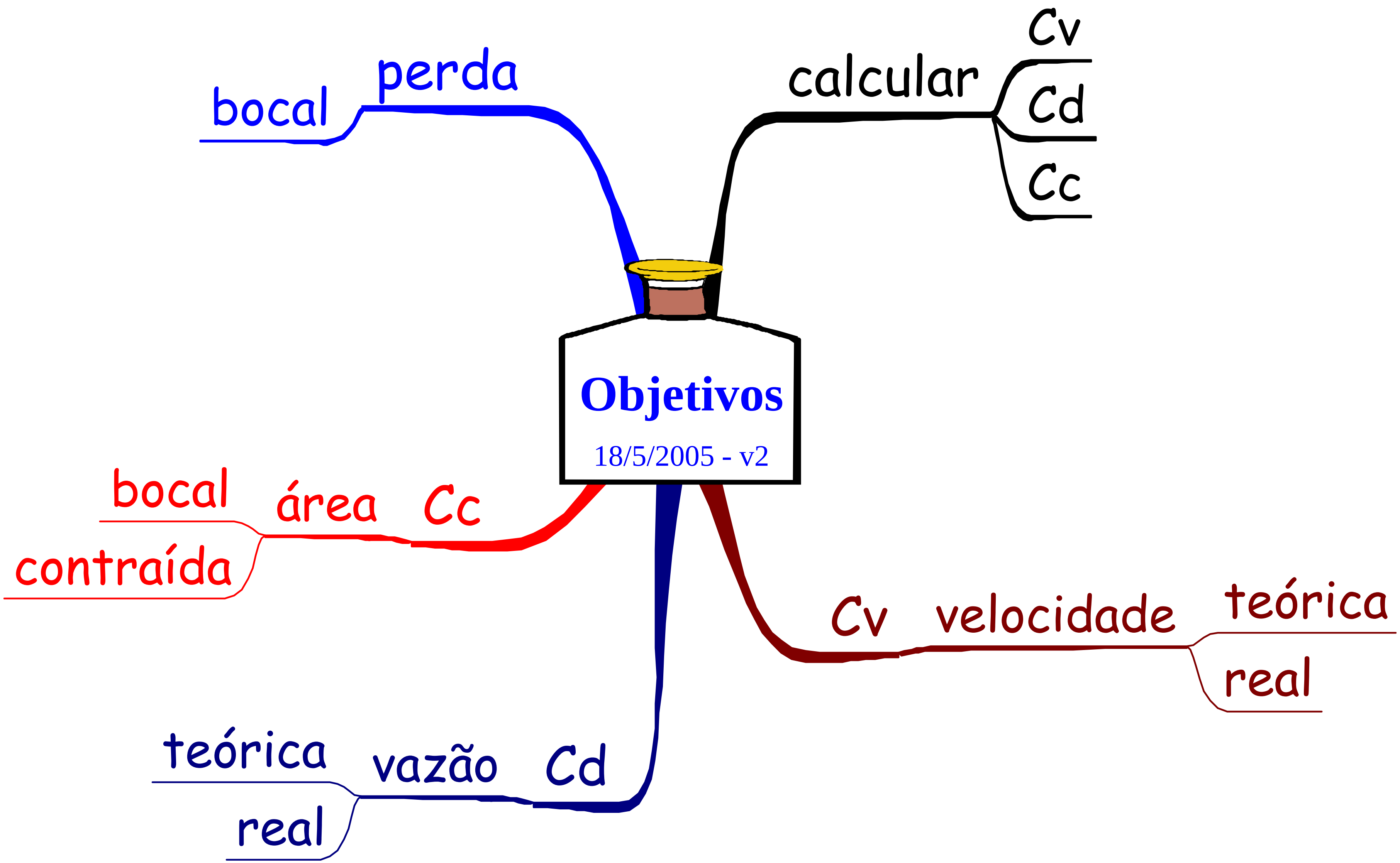
Experiência

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, e para comprimentos maiores, 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).


Objetivos
18/5/2005 - v2
perda
bocal
calcular
Cv
Cd
Cc
Cc
área
bocal
contraída
Cd
vazão
teórica
real
Cv
velocidade
teórica
real

Não esquecer das condições:

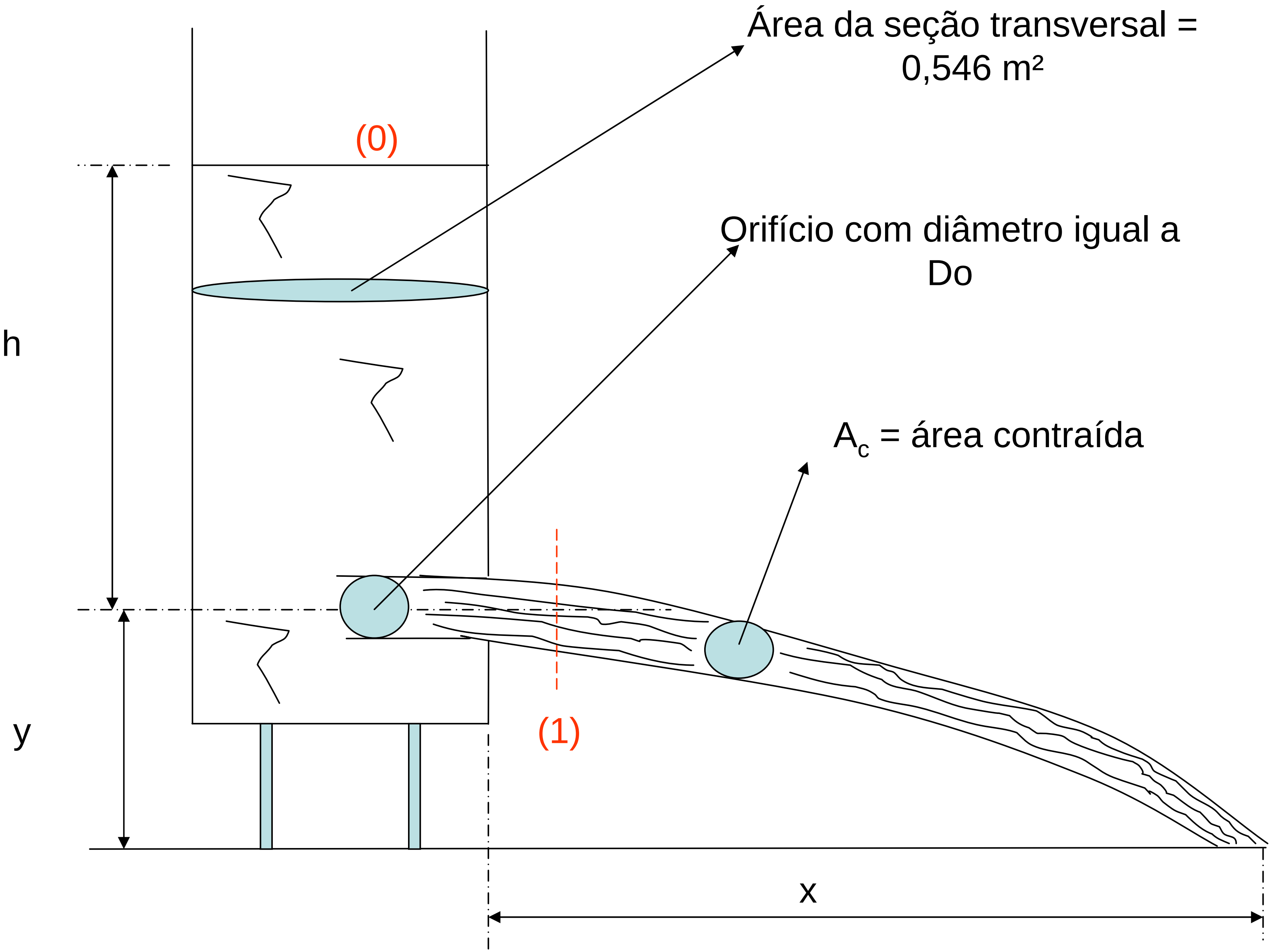
escoamento incompressível e em
regime permanente ...

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

O reservatório mencionado é representado abaixo e pertence ao laboratório do Centro Universitário da FEI

O Manoel da mecflu está mostrando o escoamento no bocal convergente

Esquematicamente teríamos:


Área da seção transversal = 0,546 m²
(0)
Orifício com diâmetro igual a Do
h
Ac = área contraída
(1)
y
x

Determinação da vazão real após se ter a certeza que o nível permaneceu constante.

Fecha-se o bocal e o nível do tanque sobe Δh em Δt, logo:

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

Determinação da velocidade no bocal

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

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

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

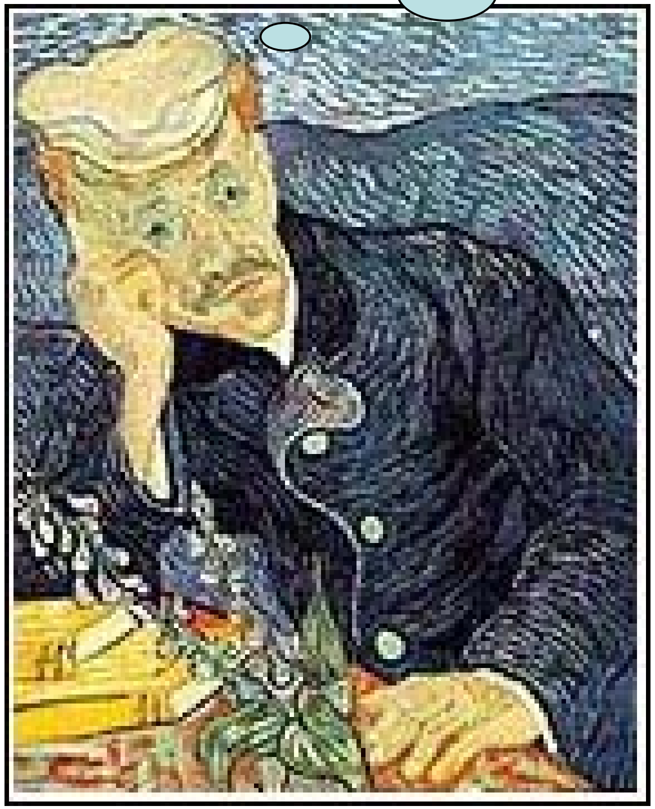
$$Z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H_{p_{0-1}}$$

Adotando-se o PHR no eixo do orifício

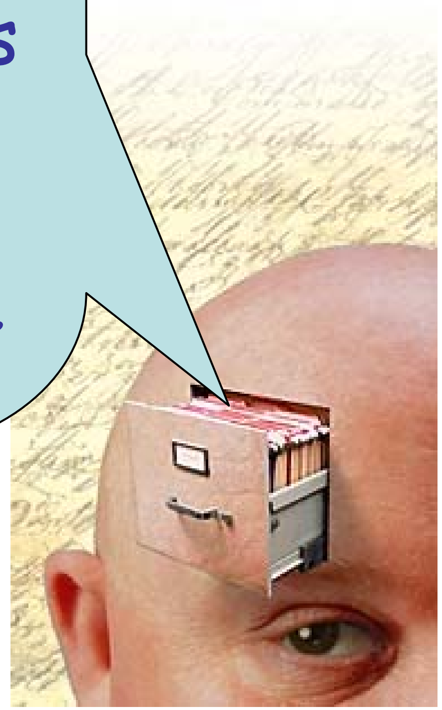
$$h + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_1^2}{19,6} + H_{p_{0-1}}$$

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

Uma equação
com duas
incógnitas e
agora?



Para sair desta, vamos considerar 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 se considerou as perdas.



Portanto:

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

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

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

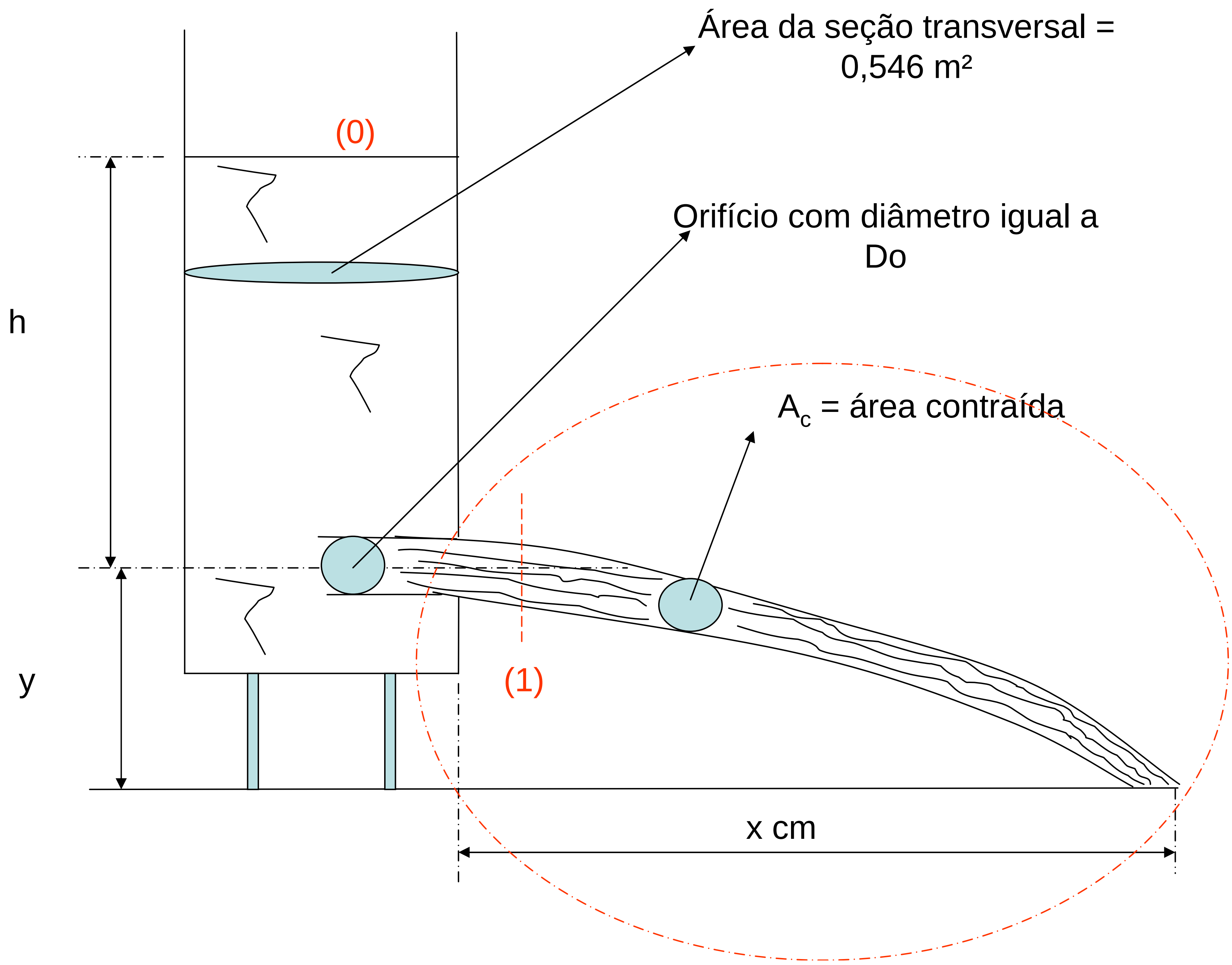
Cálculo da vazão teórica

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

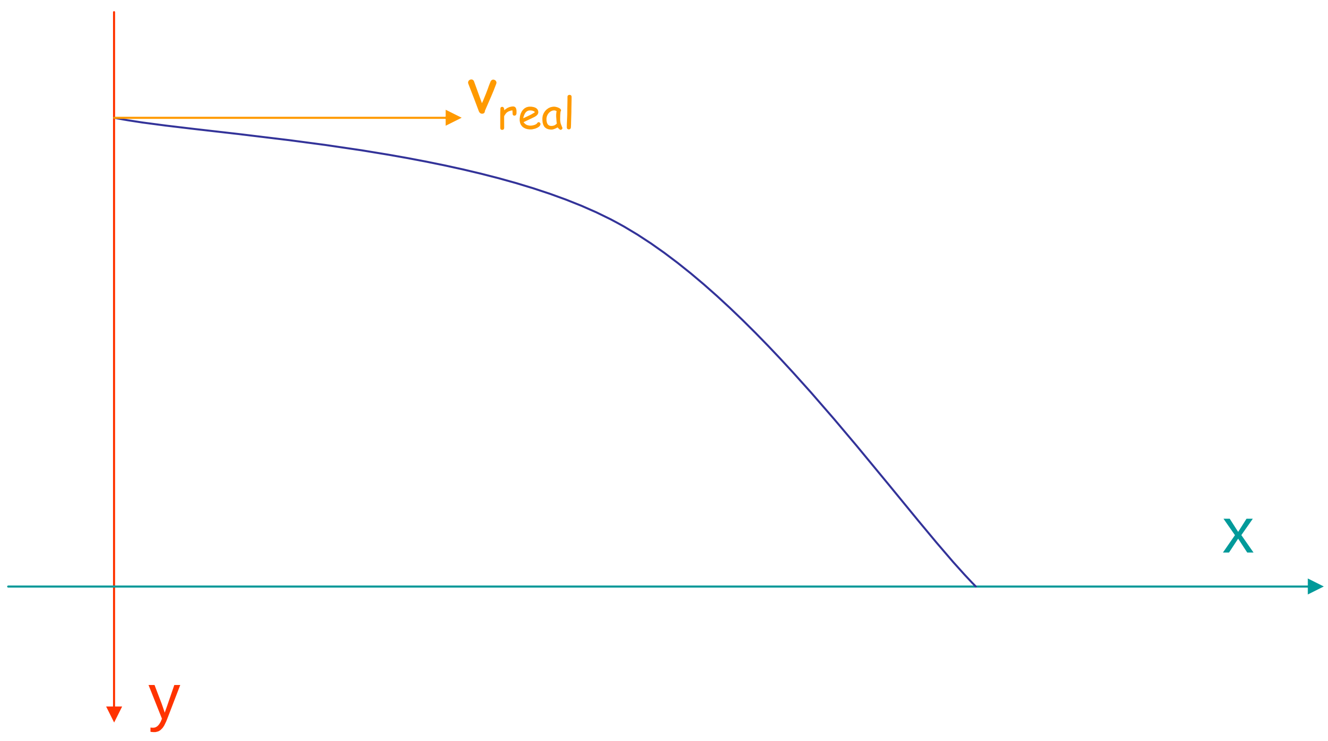
$$Q_{teórica} = v_{teórica} \times A_{orifício}$$

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

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


Área da seção transversal = 0,546 m²
(0)
Orifício com diâmetro igual a Do
h
A_c = área contraída
y
(1)
x cm

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 :

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

portanto pode - se determinar t :

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

Já no eixo x tem-se 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:

$$x = v_r \times t$$

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

Até este ponto, calculou-se:

$$Q_r$$

$$Q_t$$

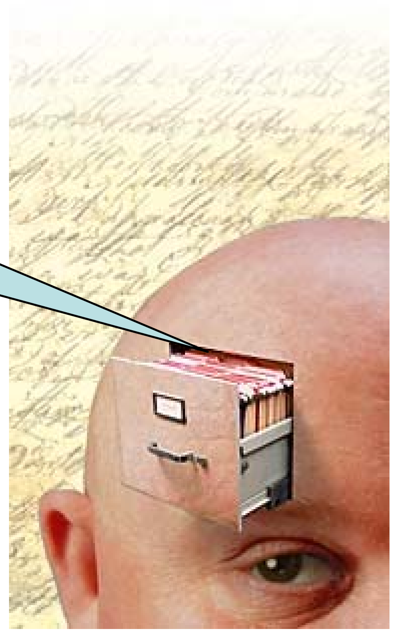
$$v_r$$

$$v_t$$

O que faremos com todos estes parâmetros calculados?

Vamos introduzir os conceitos de:

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



$$C_d = \frac{\text{vazão real}}{\text{vazão teórica}} = \frac{Q_r}{Q_t}$$

$$C_v = \frac{\text{velocidade real}}{\text{velocidade teórica}} = \frac{v_r}{v_t}$$

$$C_c = \frac{\text{área contraída}}{\text{área do orifício}} = \frac{A_c}{A_o}$$

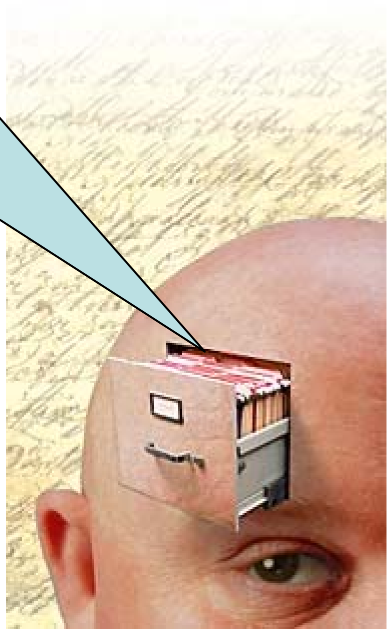
$$Q_r = v_r \times A_c = C_v \times v_t \times C_c \times A_o$$

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

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

E ainda dá para se calcular a perda no bocal!

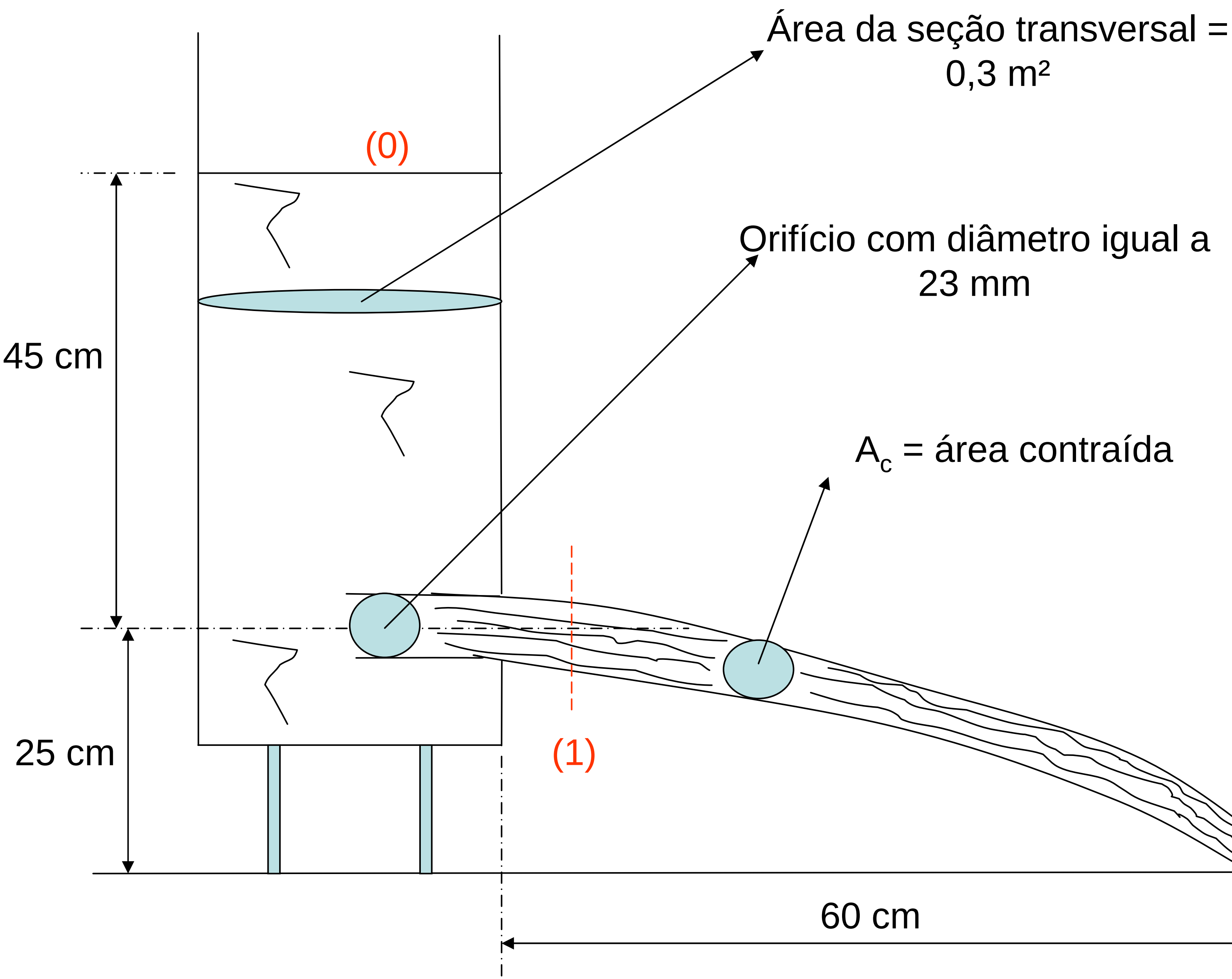
Vamos analisar um exemplo numérico ...



Uma placa de orifício de diâmetro 23 mm é instalada na parede lateral de um reservatório. O eixo da placa fica 25 cm acima do piso. Ajusta-se a alimentação de água do reservatório para que o nível se estabilize a 45 cm acima do eixo do orifício. O jato de água que sai do orifício, alcança o piso a 60 cm do plano vertical que contém a placa de 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) e o de contração.

Para a engenharia o desenho é uma das maneiras de comunicação

Portanto vamos praticá-la através do enunciado dado para a questão



Área da seção transversal =
0,3 m²
(0)
Orifício com diâmetro igual a
23 mm
45 cm
A c = área contraída
25 cm
(1)
60 cm

Respostas

Podemos resolver o problema proposto:

$$C_d = \frac{1 \times 10^{-3}}{1{,}23 \times 10^{-3}} \cong 0{,}81$$

$$C_v = \frac{2{,}61}{2{,}97} \cong 0{,}88$$

$$C_c = \frac{C_d}{C_v} = \frac{0{,}81}{0{,}88} \cong 0{,}92$$

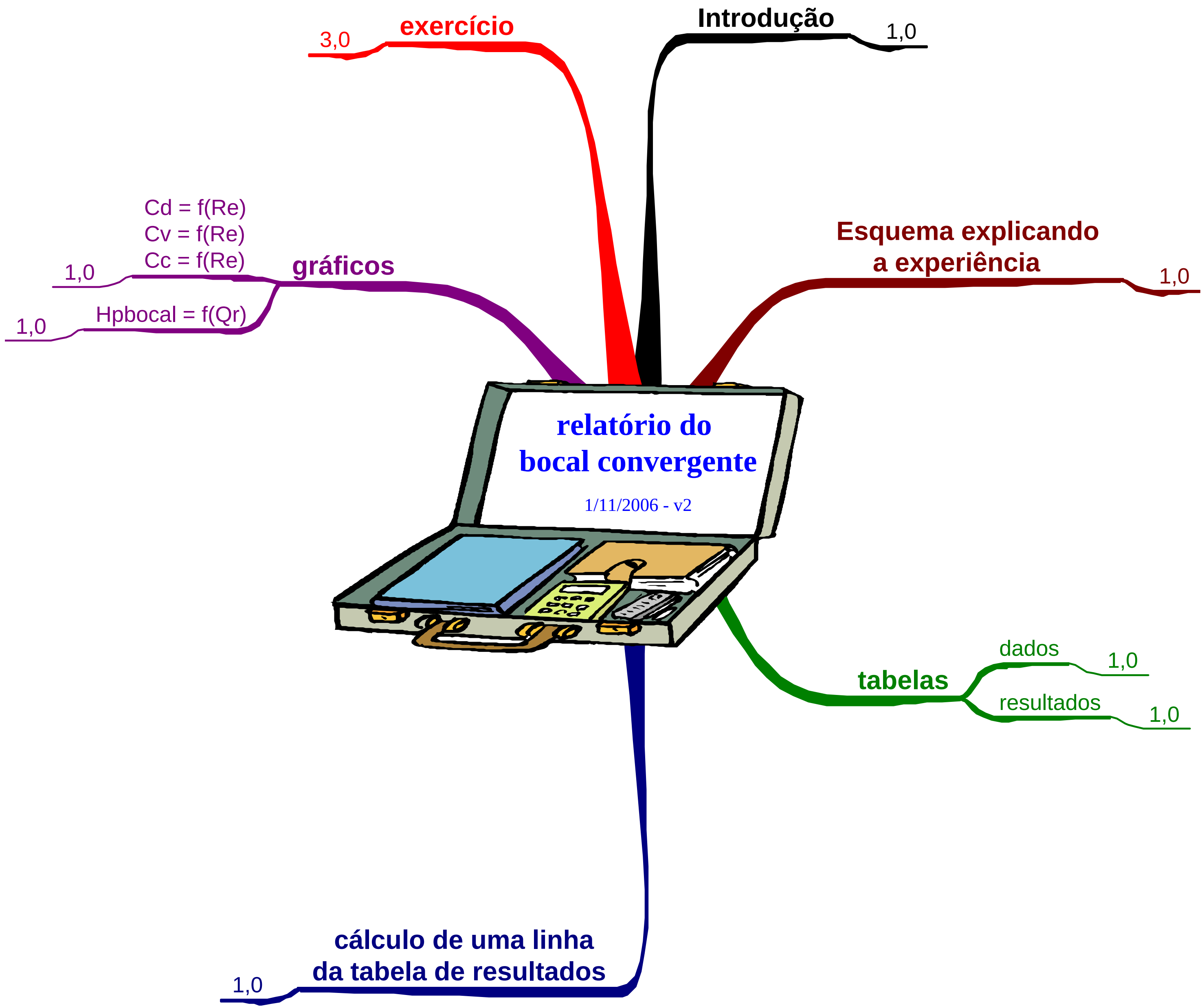
E a perda no bocal:

$$0{,}45 = \frac{v_1^2}{19{,}6} + H_{p_{0-1}}$$

$$v_1 = v_r = \frac{0{,}6}{0{,}23} \cong 2{,}61 \frac{m}{s}$$

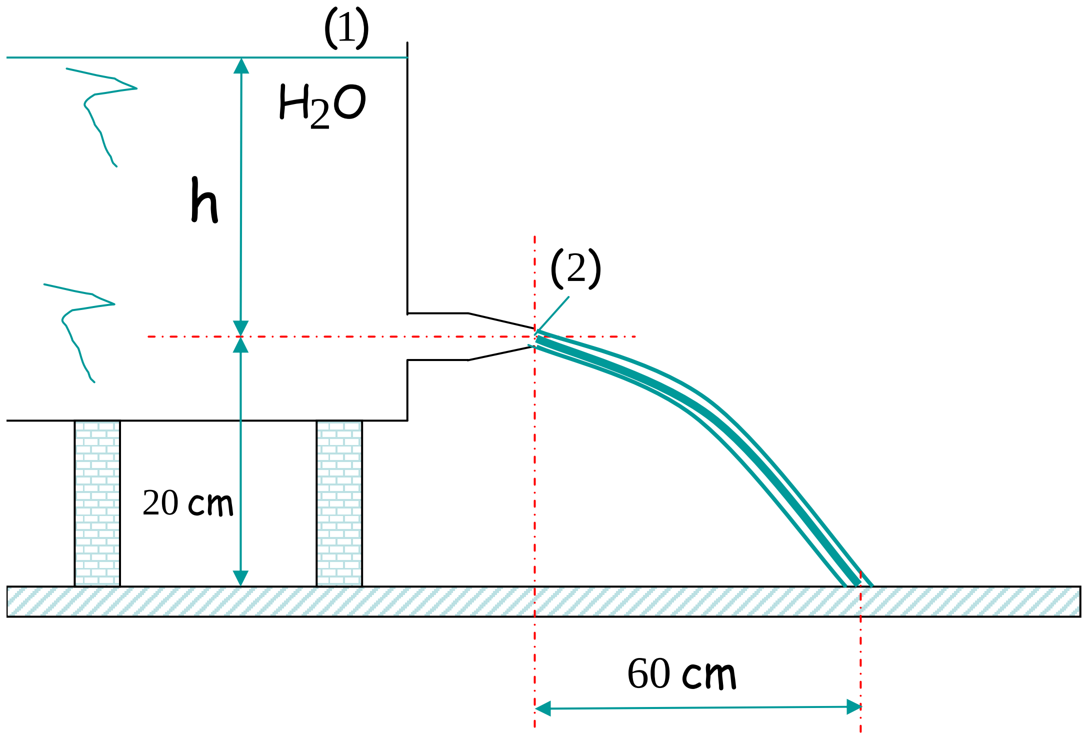
$$\therefore H_{p_{0-1}} = 0{,}45 - \frac{2{,}61^2}{19{,}6} \cong 0{,}103\, m$$

Critérios de correção deste relatório.



Bancadas impares e pares

No esquema, sabendo-se que o coeficiente de velocidade do bocal é 0,9, pede-se determinar a altura h. ($g = 9,8\ m/s^2$)

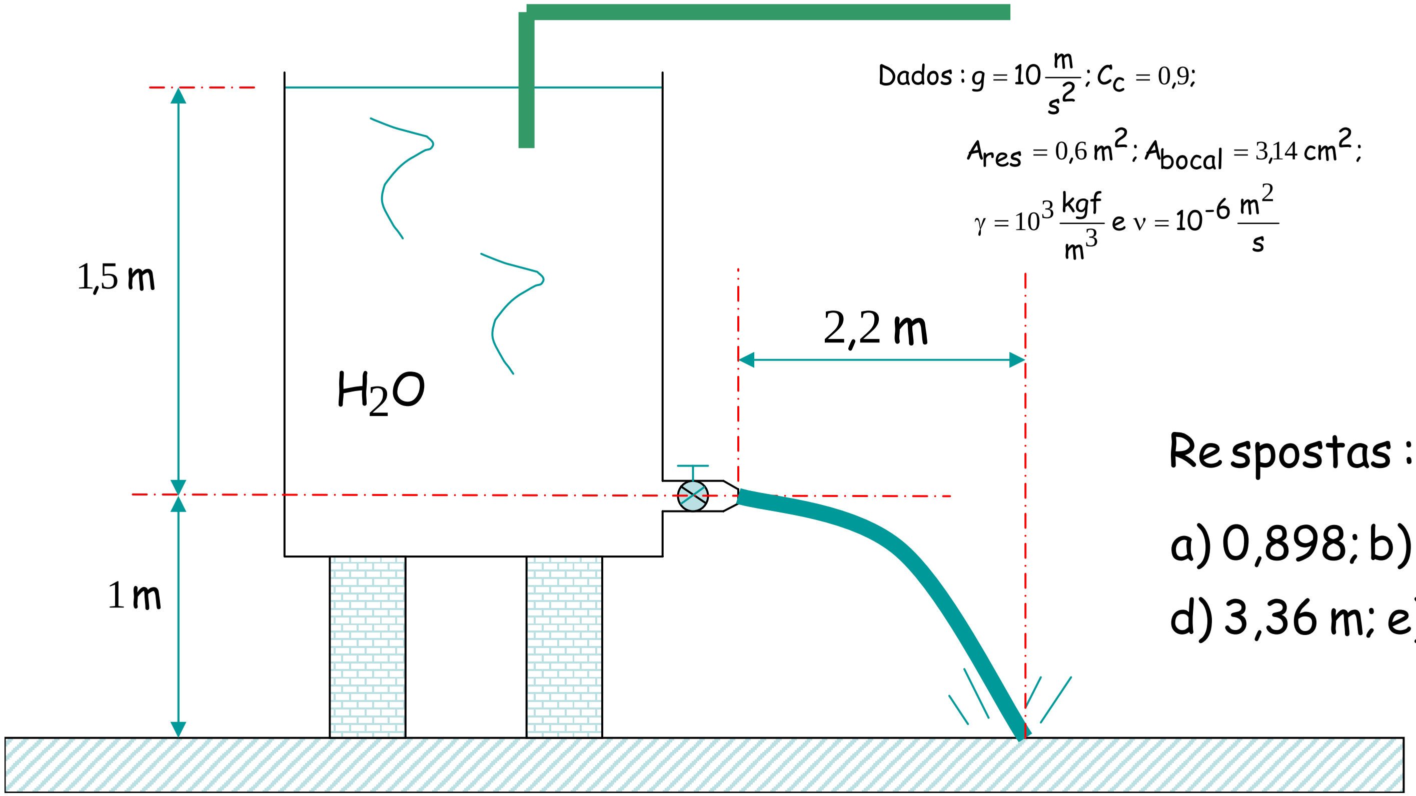


Resposta:

$h = 55\ cm$

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.



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

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

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

Respostas:

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

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