

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL

PHD 0313 Instalações e Equipamentos Hidráulicos

Aula 2: Revisão Hidrodinâmica Equação da Energia
Perdas de Carga

Prof.: MIGUEL GUKOVAS

Prof.: J .RODOLFO S. MARTINS

Prof.: RONAN CLEBER CONTRERA

www.poli.usp.br/phd

PHD0313/1/1

Objetivos da aula

- escoamento no Interior de Conduitos Forçados;
- Perdas de Carga;
- Problemas Básicos.

Fluxo – Vazão Volumétrica

- Velocidade de uma propriedade Extensiva

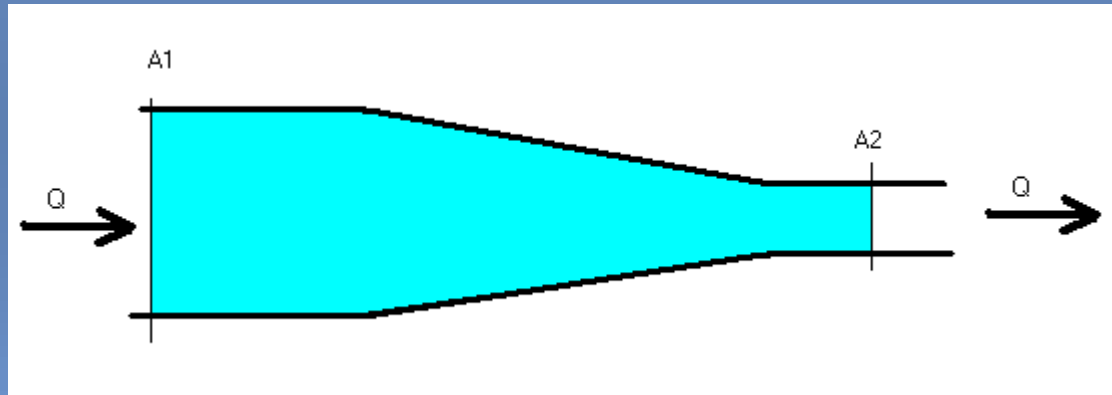
$$Q = V \cdot A$$

- Volume por unidade de tempo

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$

Conservação da Massa

- Fluido incompressível: massa específica constante



$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

Lei de Bernouilli

$$\frac{E_p}{P} = \frac{mgz}{mg} = Z$$

$$\frac{E_c}{P} = \frac{mV^2}{2P} = \frac{mV^2}{m2g} = \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{E_i}{P} = \frac{p\forall}{P} = \frac{p\forall}{\gamma\forall} = \frac{p}{\gamma}$$

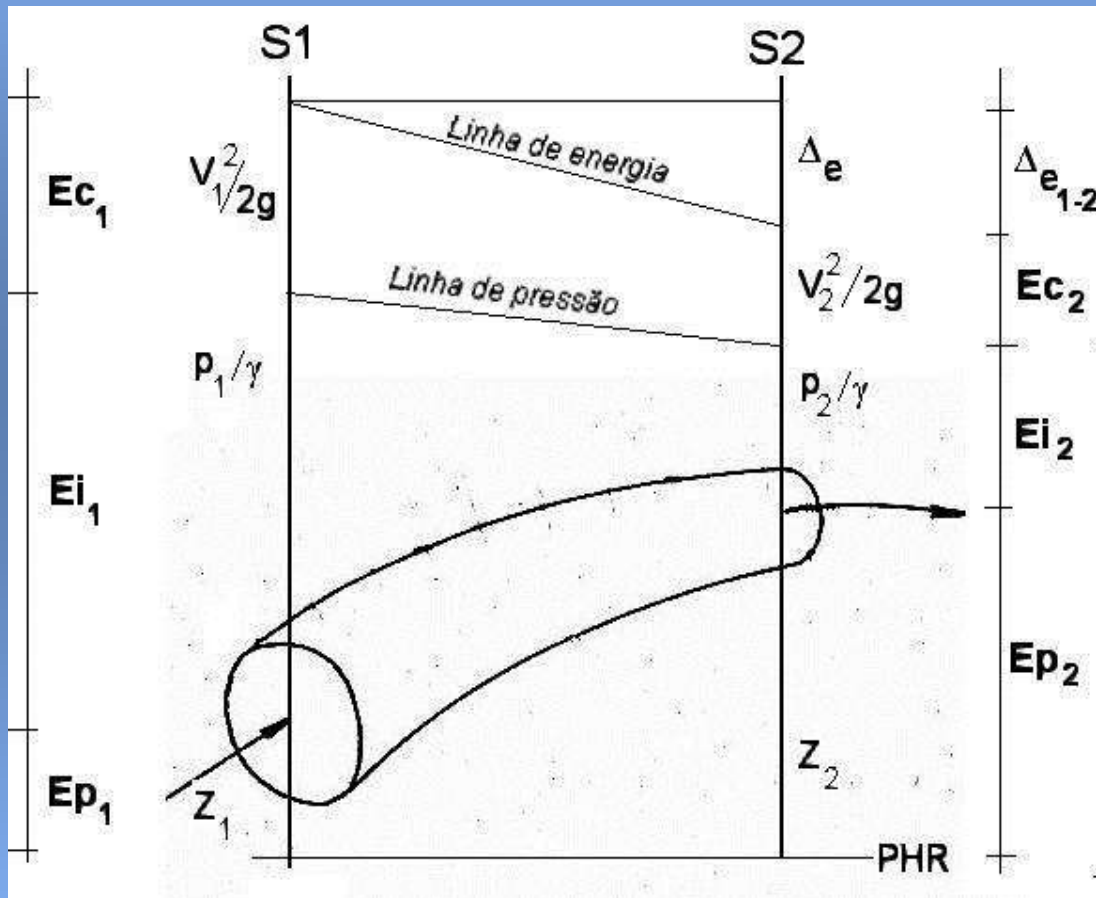
$$\frac{E}{P} = H = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}$$

Energia por unidade de peso



carga hidráulica

Princípio da Energia



$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta e_{1-2}$$

Escoamentos em sistemas reais apresentam perda de energia (Δe)



Perda de carga hidráulica (ΔH)

Escoamentos Sobre Pressão

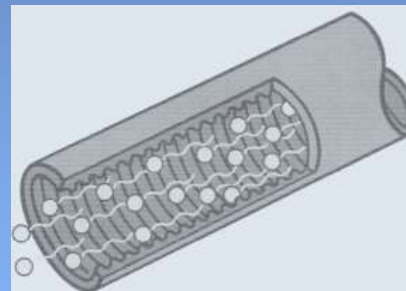
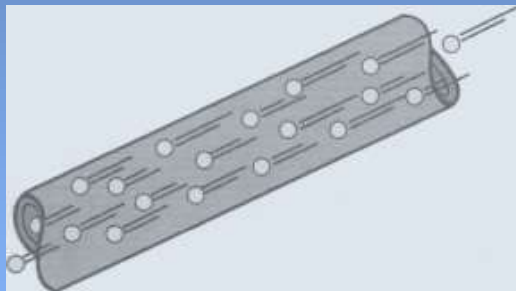
• Também denominados **ESCOAMENTOS EM CONDUTOS FORÇADOS**, são aqueles que se desenvolvem dentro das canalizações onde a pressão é diferente da atmosférica, ou seja a pressão efetiva é diferente de zero. Todos os sistemas de tubulações prediais, de abastecimento de água, oleodutos e gasodutos tem este tipo de escoamento.

Perda de Carga

- É a energia perdida por unidade de peso do fluido quando este escoar.
- Em condutos forçados é a perda de energia dinâmica do fluido devido ao atrito das partículas do fluido entre si (turbulência) e contra as paredes da tubulação, quando em movimento.
- A perda de carga pode ser distribuída ou localizada.

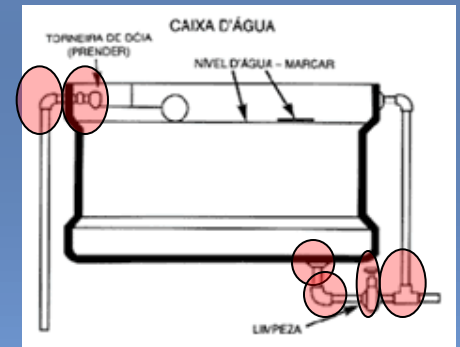
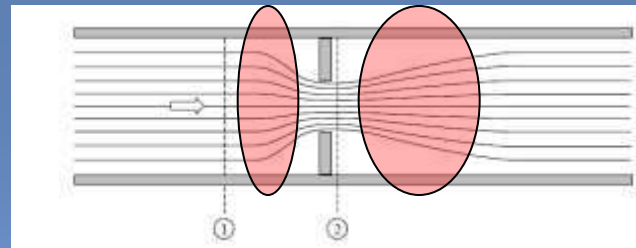
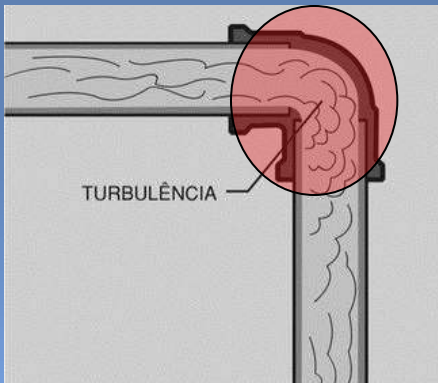
Perda de Carga Distribuída

- A perda de carga distribuída ocorre ao longo da extensão de toda a tubulação.
- A perda de carga tende a aumentar quando se elava a rugosidade da tubulação, quando aumenta-se a extensão da tubulação, quando aumenta-se a velocidade do escoamento, ou quando diminui-se o diâmetro da tubulação.



Perdas de Carga Localizadas

- Ocorrem em singularidades devido à mudanças de direção (curvas, “T”, “Y”, etc.), mudanças de geometria (entradas, saídas, etc.) e variação da área (registros, reduções, alargamentos) da seção do tubo.

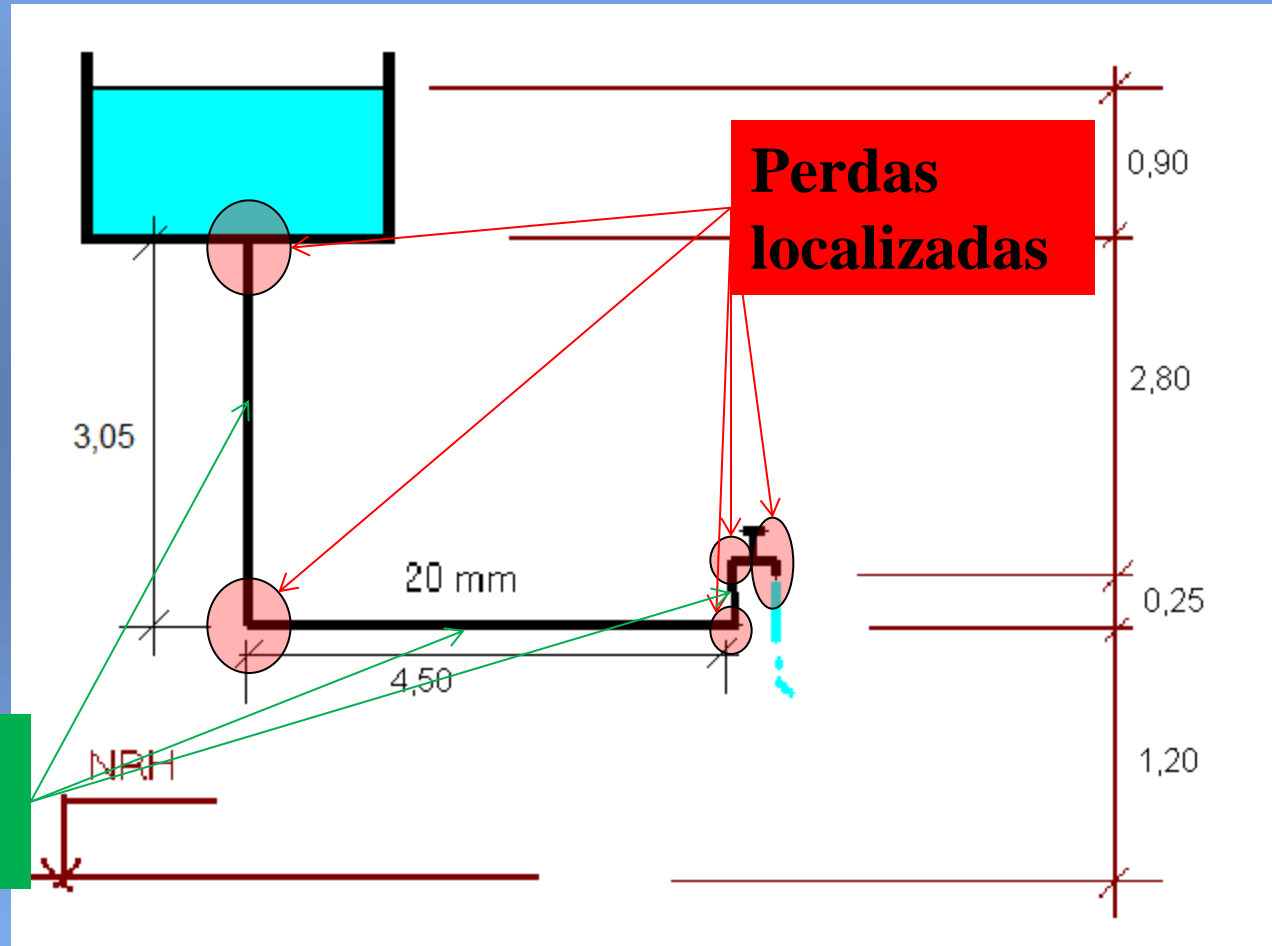


Perda de Carga Total

- A perda de carga total em um conduto (tubulação) é igual à soma de todas as perdas de cargas distribuídas ao longo da extensão da tubulação e de todas as perdas de carga localizadas.

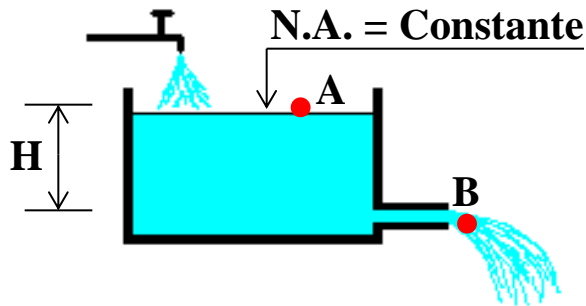
$$\Delta H_{\text{Total}} = \sum \Delta H_{\text{Distribuída}} + \sum \Delta H_{\text{Localizada}}$$

Perdas de Carga Localizadas e Distribuídas



**Perdas
distribuídas**

Aplicação 1



Dado:

$N.A. = \text{Constante}$

$H = 1,50 \text{ m}$

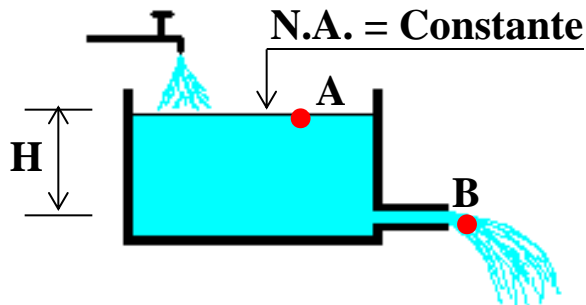
$D = 20 \text{ mm}$

a) Desprezando-se todas as perdas de carga na saída do reservatório, determine a vazão Q_B .

b) Caso a perda de carga total na saída fosse igual a $0,40 \text{ mH}_2\text{O}$, qual seria a nova vazão Q_B .

Aplicação 1

a) Solução:



- Aplicando-se a eq. de Bernoulli entre os pontos A e B:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_{A \rightarrow B}$$

- Considerando-se o referencial de nível passando por B (nível $Z = \text{zero}$):

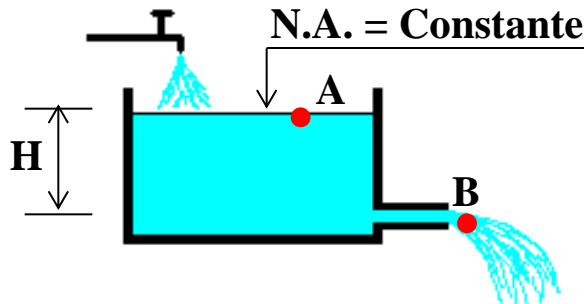
$$1,50 + 10 + \frac{0^2}{2 \cdot 10} = 0 + 10 + \frac{V_B^2}{2 \cdot 10} + 0$$

$$\frac{V_B^2}{20} = 1,50$$

$$V_B = \sqrt{1,50 \cdot 20} = 5,48 \text{ m/s}$$

Aplicação 1

a) Solução:



- Como o diâmetro do tubo de descarga é $D = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} = 0,000314 \text{ m}^2$$

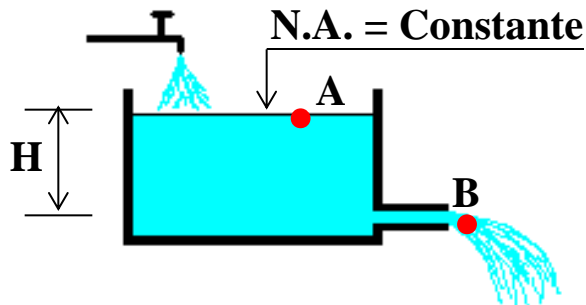
$$Q_B = V_B \cdot A_B$$

$$Q_B = 5,48 \cdot 0,000314 = 0,00172 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_B = 1,72 \text{ L} / \text{s}$$

Aplicação 1

b) Solução:



- Aplicando-se a eq. de Bernoulli entre os pontos A e B:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_{A \rightarrow B}$$

- Considerando-se o referencial de nível passando por B:

$$1,50 + 10 + \frac{0^2}{2 \cdot 10} = 0 + 10 + \frac{V_B^2}{2 \cdot 10} + 0,40$$

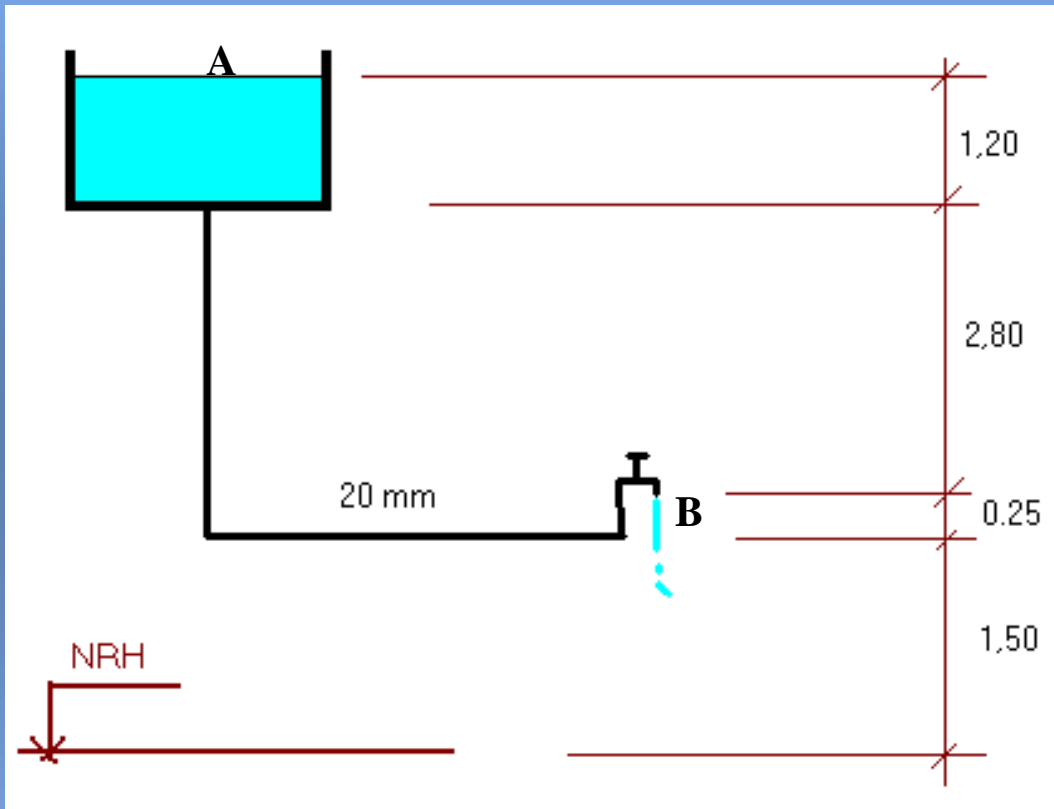
$$\frac{V_B^2}{20} = 1,10$$

$$V_B = \sqrt{1,10 \cdot 20} = 4,69 \text{ m/s}$$

$$Q_B = V_B \cdot A_B$$

$$Q_B = 4,69 \cdot 0,000314 = 0,00147 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Aplicação 2



Qual a vazão de água pela torneira?

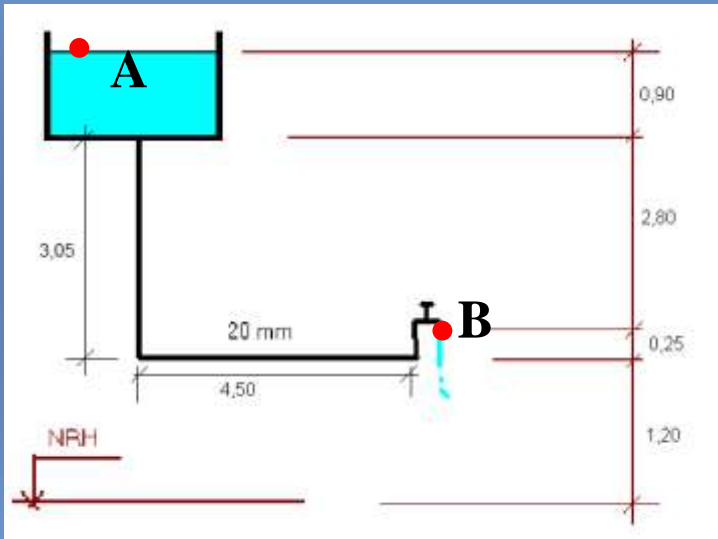
Dado:

$$\Sigma_{\text{distribuída}} = 1,50 \text{ m}_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\Sigma_{\text{localizada}} = 2,00 \text{ m}_{\text{H}_2\text{O}}$$

Aplicação 2

Solução:



- Aplicando-se a eq. de Bernoulli entre os pontos A e B:

$$Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H_{A \rightarrow B}$$

$$5,15 + 10 + \frac{0^2}{2 \cdot 10} = 1,45 + 10 + \frac{V_B^2}{2 \cdot 10} + \Delta H_{A \rightarrow B}$$

$$\frac{V_B^2}{2 \cdot g} + \Delta H_{A \rightarrow B} = 3,70$$

$$V_B = ?$$

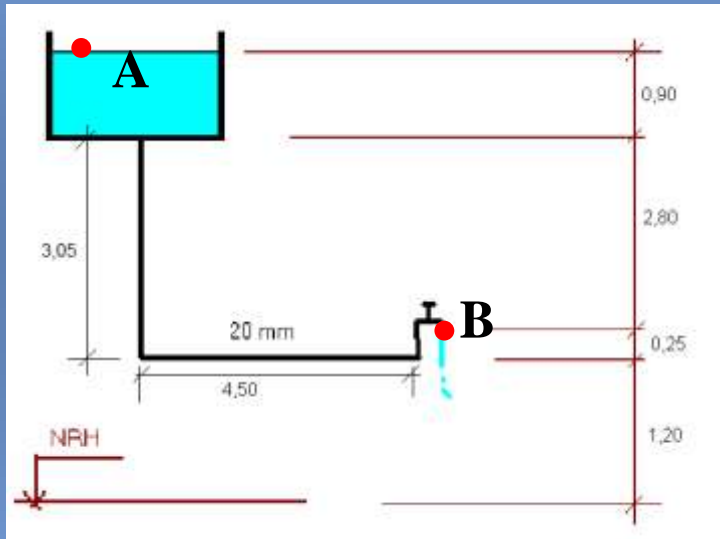
$$\Delta H_{A \rightarrow B} = ?$$

$$\Delta H_{A \rightarrow B} = \sum \Delta H_{Distr.} + \sum \Delta H_{Local.}$$

$$\Delta H_{A \rightarrow B} = 1,50 + 2,00 = 3,50 \text{ mH}_2\text{O}$$

Aplicação 2

Solução:



$$\frac{V_B^2}{20} + 3,50 = 3,70$$

$$V_B = \sqrt{20 \cdot 0,2} = \sqrt{4} = 2,0 \text{ m/s}$$

- Como o diâmetro do tubo é:

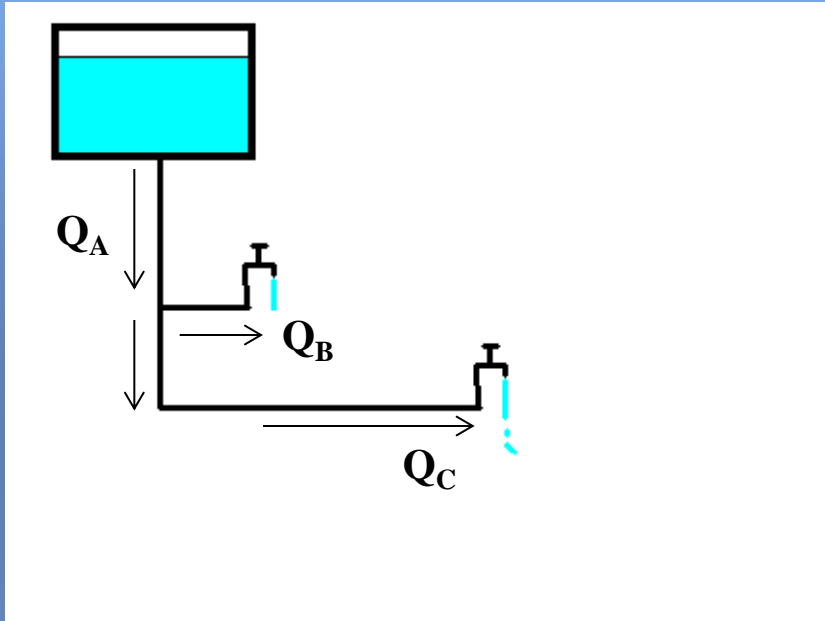
$$D = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m:}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} = 0,000314 \text{ m}^2$$

$$Q_B = V_B \cdot A_B \quad Q_B = 2,00 \cdot 0,000314 = 0,000628 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_B = 0,63 \text{ L/s}$$

Aplicação 3



Qual é o valor da vazão Q_B ?

Dado:

$$Q_A = 0,45 \text{ L/s e}$$

$$Q_C = 0,30 \text{ L/s e}$$