Hidráulica 1 – SHS0409
HIDRÁULICA DOS CONDUTOS FORÇADOS

Sifão e Condutos Equivalentes

(AULA 10)

CONTEÚDO AULA 10

Sistemas Hidráulicos de Tubulações

Sifões (4.7)

Aplicação: Exercício 4.12 *(sifão)*

Condutos equivalentes (4.5)

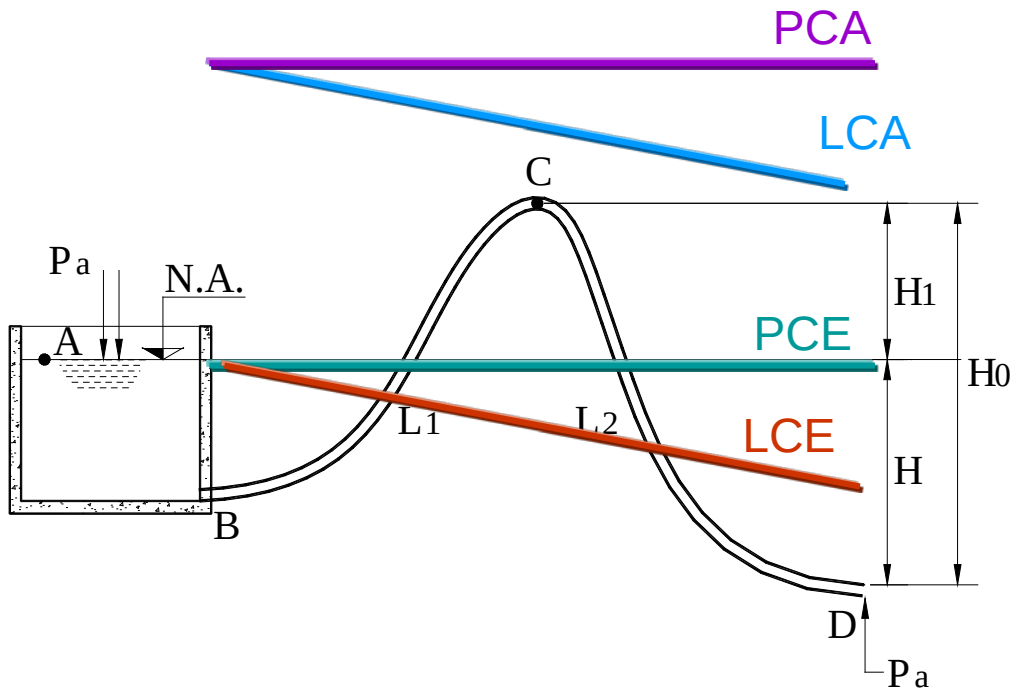
- Sistema em série
- Sistema em paralelo

Aplicação: Exercício 4.3 e 4.10 *(condutos equivalentes)*

SIFÕES

SISTEMAS DE TUBULAÇÕES HIDRÁULICAS

- SIFÕES: funcionam por gravidade
  - Situações em que a pressão no ponto alto < Patm



Traçado 3: Canalização corta a *LCE* e o *PCE*, mas fica abaixo da *LCA*.

TRAÇADO DA TUBULAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS LINHAS E PLANOS DE CARGA

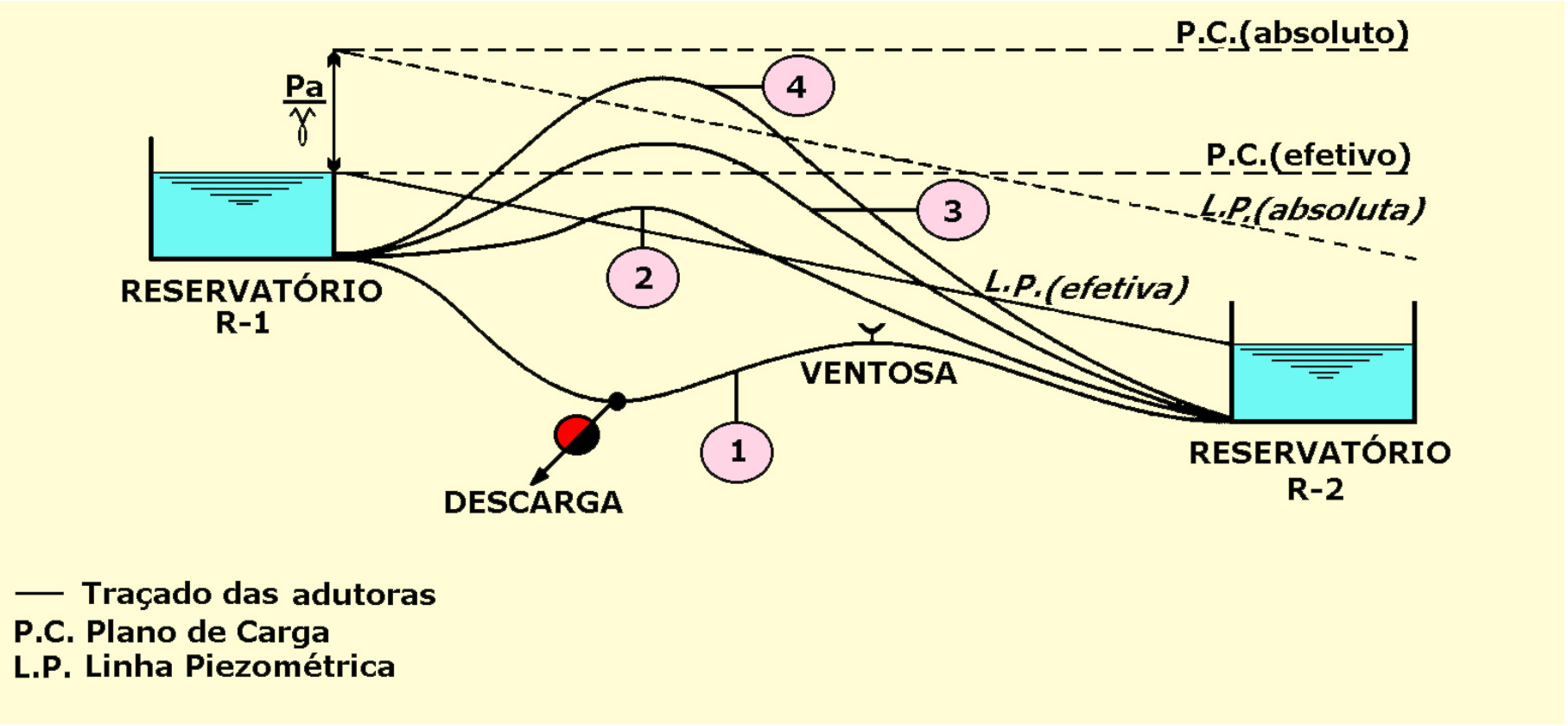


Figura: Traçado das adutoras por gravidade e a posição do plano de carga e da linha piezométrica

LCE → Linha de Carga Efetiva (LP=LE)

LCA → Linha de Carga Absoluta (LCE + Pa/γ)

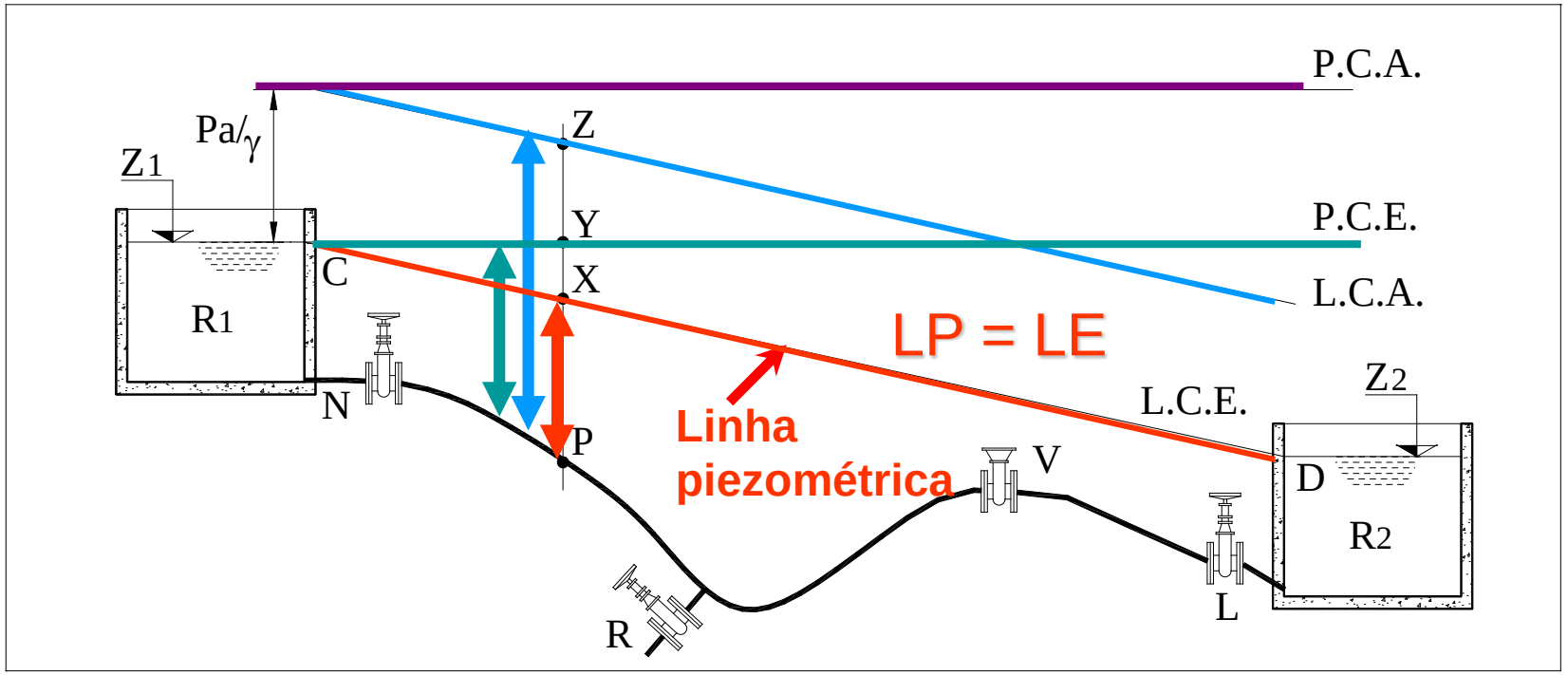
PCE → Plano de Carga Efetivo (NA no R1 – superior)

PCA → Plano de Carga Absoluto (Patm local)

PX → Carga de Pressão Dinâmica Efetiva

PZ → Carga de Pressão Dinâmica Absoluta

PY → Pressão Hidrostática



LE: Linha de Energia (ou carga total)

LCE: Linha de Carga Efetiva

SISTEMAS DE TUBULAÇÕES HIDRÁULICAS

- SIFÕES:
  - Pressão dinâmica efetiva é negativa (P ponto alto < Patm)

Trechos curtos:

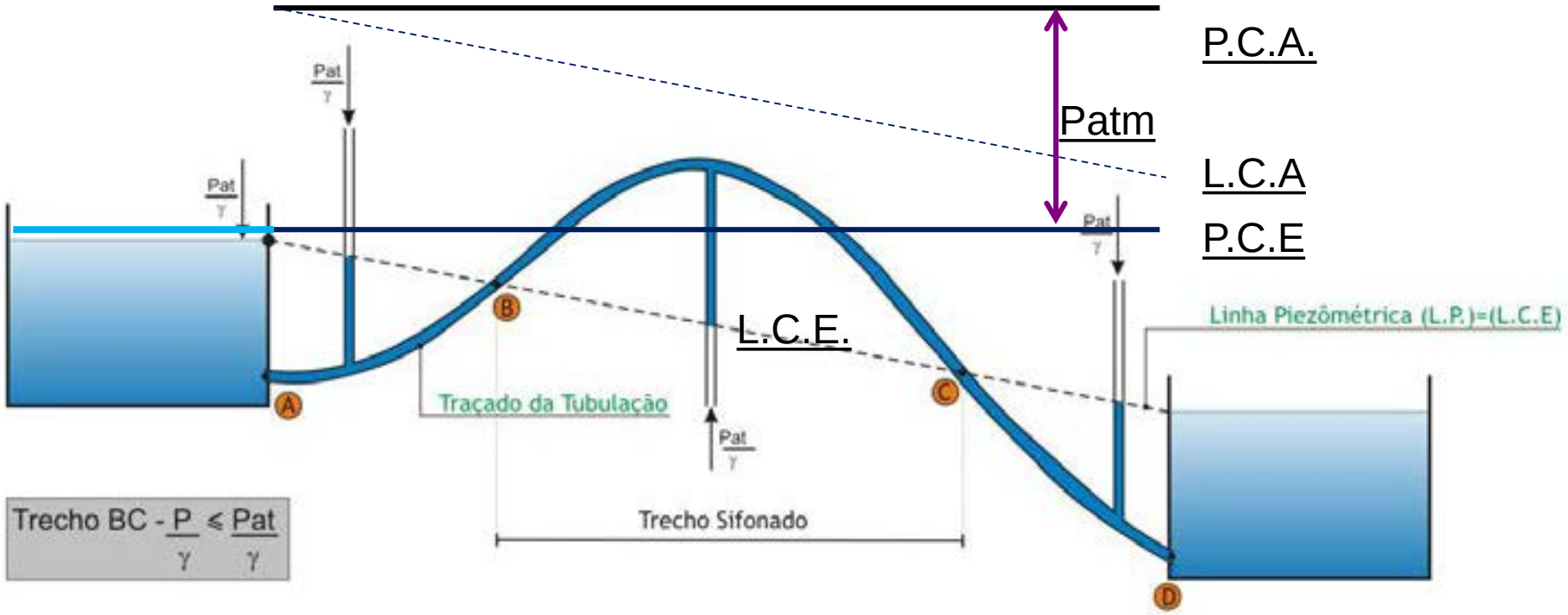
- Transferência entre canais paralelos
- Transferência entre reservatórios próximos
- Passagem de adutoras ou outras tubulações sobre cursos d'água ou obstáculos

Δh (perda localizada) não é desprezível

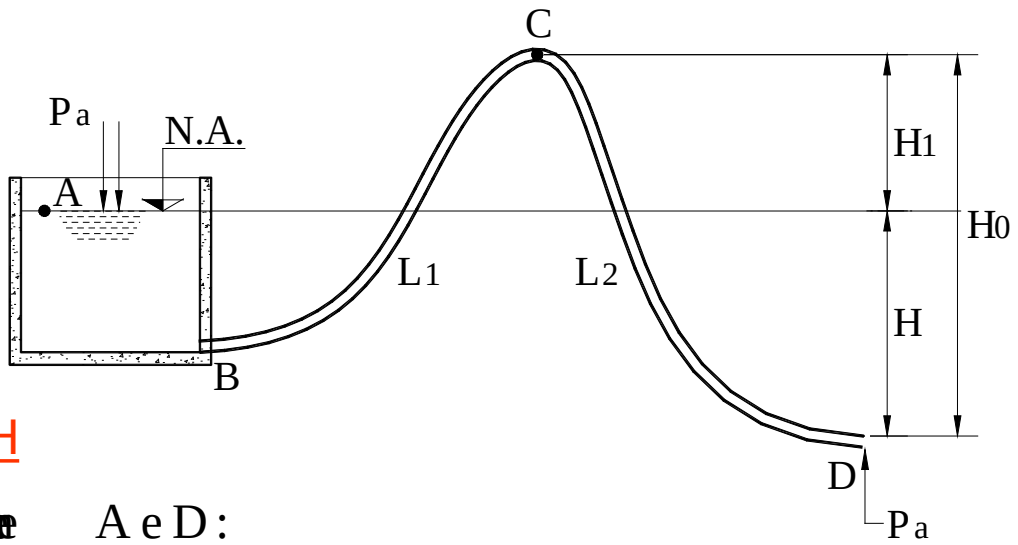
No ponto alto a pressão absoluta tem que ser maior que a tensão de vapor da água, senão há vaporização → causa cavitação

$Pv = 2{,}352\ kN/m^2$ ou $Pv/\gamma = 0{,}24$ m.c.a (absoluta)-20ºC

Medição de pressão, para P<Patm



SISTEMAS DE TUBULAÇÕES HIDRÁULICAS-SIFÃO



1º condição: $H > \Sigma \Delta H$

Traçar a linha de energia entre A e D:

Saída do sifão deve ser tão baixa quanto maior forem as perdas de carga

2º condição:

Traçar a linha de energia entre A e C:

Ver exemplo 4.4

$$H_1 < \frac{P_{atm} - P_v}{\gamma} - \sum \Delta H_{AC}$$

Prática: $H_1 < 5$ e 6m

Para se ter pressão abs. em C bem acima da pressão de vapor

3º condição:

Traçar a linha de energia entre C e D:

$$H_0 < \frac{P_{atm} - P_V}{\gamma} + \sum \Delta H_{CD}$$

Prática: $H_0 < 8$m

Aplicação

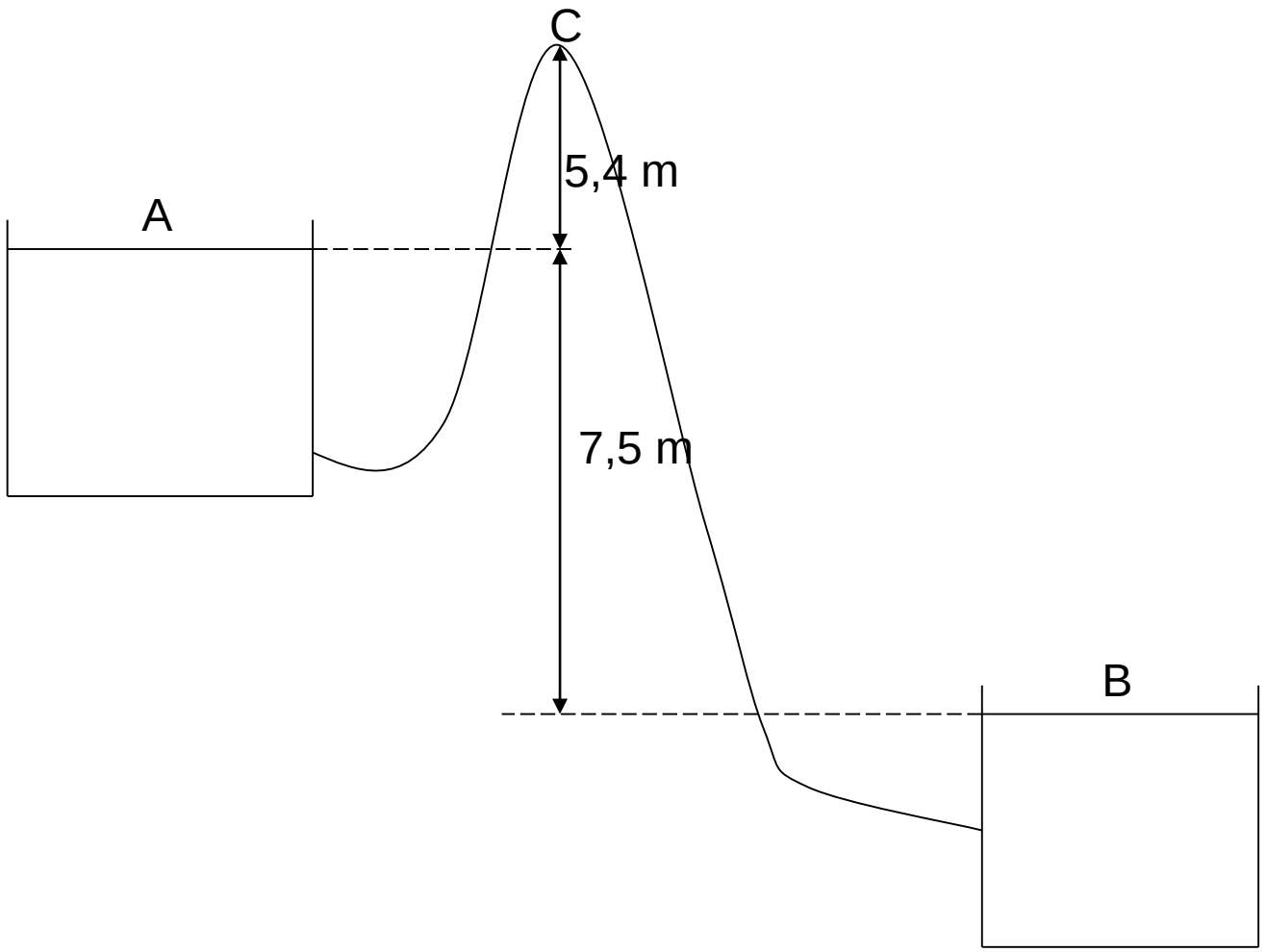
Exercícios 4.12 *(Sifão)*

Exercício 4.12 - Livro Porto (1998)

A diferença de nível entre dois reservatórios conectados por um sifão é 7,5m. O diâmetro do sifão é 0,30m, seu comprimento, 750m e o coeficiente de atrito f=0,026. Se ar é liberado da água quando a carga de pressão absoluta é menor que 1,2 mH_2O, qual deve ser o máximo comprimento do tramo ascendente do sifão para que ele escoe a seção pela, sem quebra na coluna de líquido, se o ponto mais alto está 5,4m acima do nível do reservatório superior. Neste caso, qual é a vazão?

Pressão atmosférica local igual a 92,65kN/m².

PROBLEMA 4.12- Livro



CONDUTOS EQUIVALENTES

Interesse prático → para efeito de cálculo

CONDUTOS EQUIVALENTES

- **Conceito de EQUIVALÊNCIA**
  - **Similar ao conceito do comprimento equivalente,Le**
  - **Mesma Perda de carga total para a mesma Vazão**

Exemplo: dois condutos hidraulicamente equivalentes

$\Delta H_1 = \Delta H_2$ e $Q_1 = Q_2$

- CODUTOS EQUIVALENTES:
  - 2 condutos com: comprimentos (L), diâmetros (D) e rugosidade diferentes.
  - Para serem equivalentes → $\Delta H_1 = \Delta H_2$ e $Q_1 = Q_2$

de acordo com a equação universal de perda de carga:

fazendo $\Delta H_1 = \Delta H_2$, tem-se $L_2 = L_1 \frac{f_1}{f_2}\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$

de mesmo Material
f=f(ε/D)
$L_2 = L_1 (D_2/D_1)^5$

de acordo com a fórmula de Hazen-Willians

$$L_2 = L_1 \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^{1,85} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{4,87}$$

de mesmo Material
$L_2 = L_1 (D_2/D_1)^{4,87}$

Equivalência entre um conduto e um sistema (série ou paralelo)

- **CONDUTOS EQUIVALENTES A UM SISTEMA →**
  análogo aos sistemas elétricos (série e paralelo)

- **Tubulações em SÉRIE**
  - **MESMA VAZÃO Q**
  - **PERDA DE CARGA $\Delta H = \Sigma \Delta H_i$**

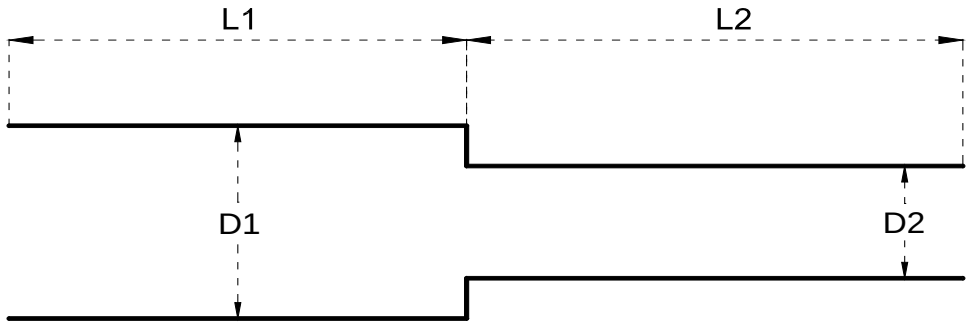
- **Tubulações em PARALELO**
  - **MESMA PERDA DE CARGA ΔH**
  - **VAZÃO $Q = \Sigma Q_i$**

- **Tubulações Ramificadas**
  - **Variação da vazão Q - derivação de água (para reservatório ou rede)**

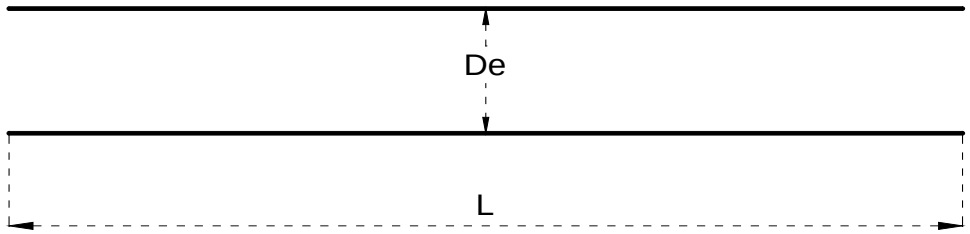
- **REDES de Tubulações**
  - **Redes de distribuição de água**

Encanamentos equivalentes em série

- Dois ou mais encanamentos se equivalem quando são capazes de conduzir a mesma vazão sob a mesma perda de carga.



Conduto real
Trechos com D_c

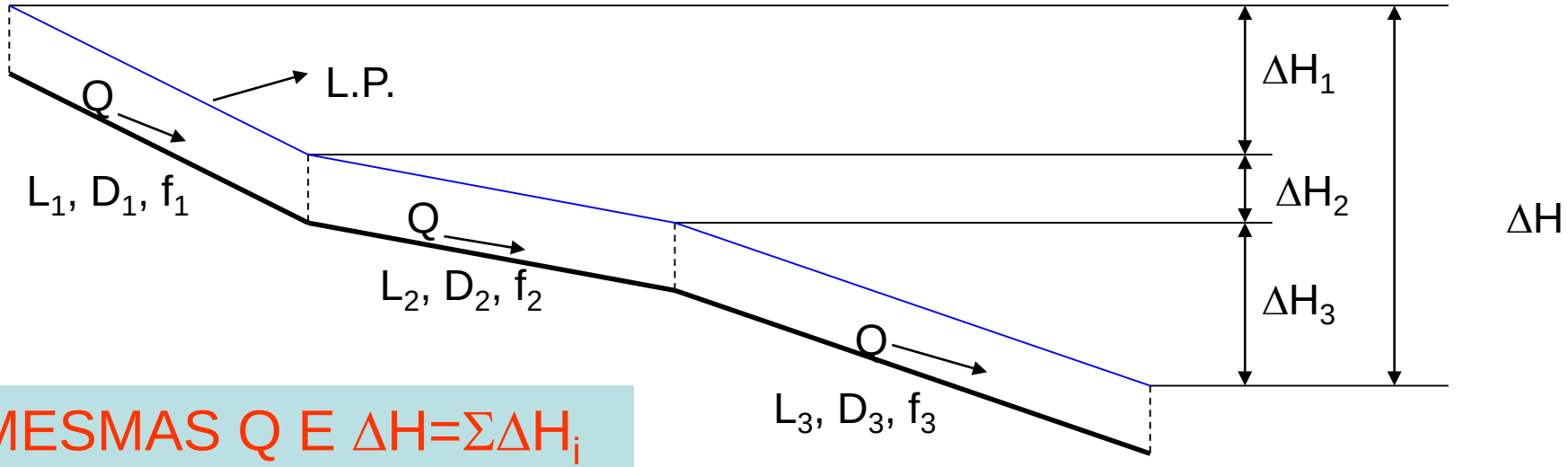


Conduto equivalente

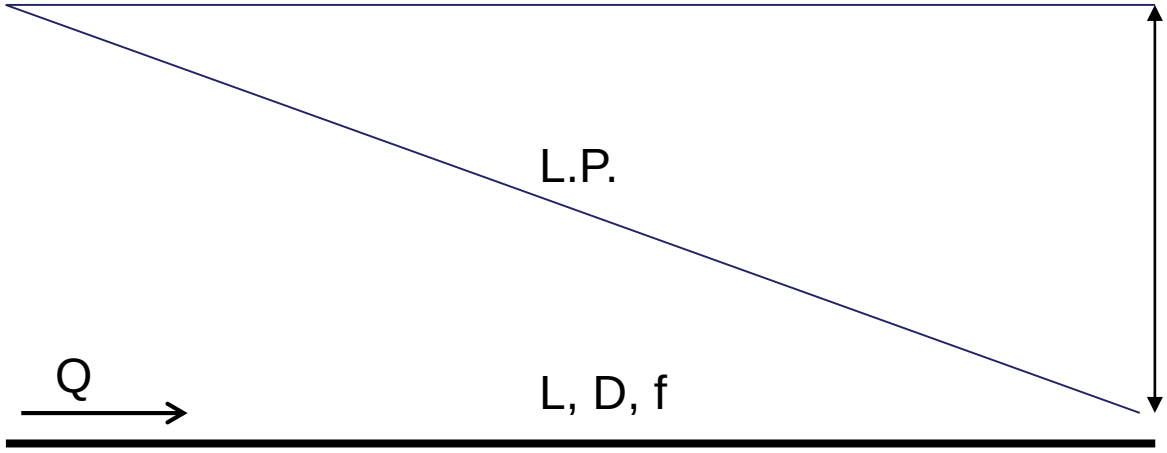
$D_e \neq D_c$

Equivalência entre um conduto e um sistema (série ou paralelo)

- CONDUTO EQUIVALENTE a N CONDUTOS EM SÉRIE:



MESMAS Q E $\Delta H=\Sigma\Delta H_i$



$\Delta H= \Delta H_{1+} \Delta H_2+ \Delta H_3$

CONDUTO EQUIVALENTE a N CONDUTOS EM SÉRIE:

$\Delta H = \Sigma \Delta H_i$ e mesma Q (série)

Pela fórmula Universal:

$$\Delta H = \alpha \frac{fL}{D^5} Q^2 = \sum_{i=1}^{n} \alpha \frac{f_i L_i}{D_i^5} Q^2$$

Sendo α = 0,0827

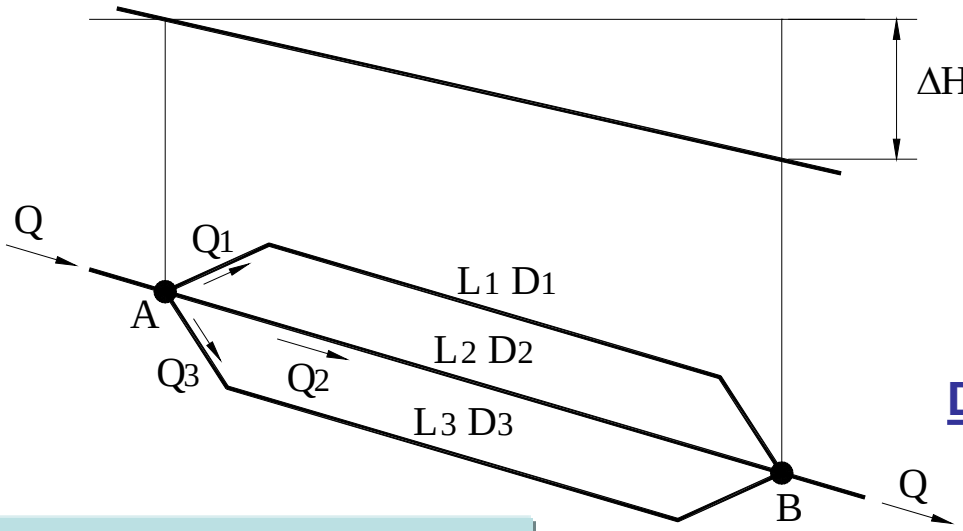
que resulta:

$$\frac{fL}{D^5} = \sum_{i=1}^{n} \frac{f_i L_i}{D_i^5}$$

pela fórmula de Hazen - Willians:

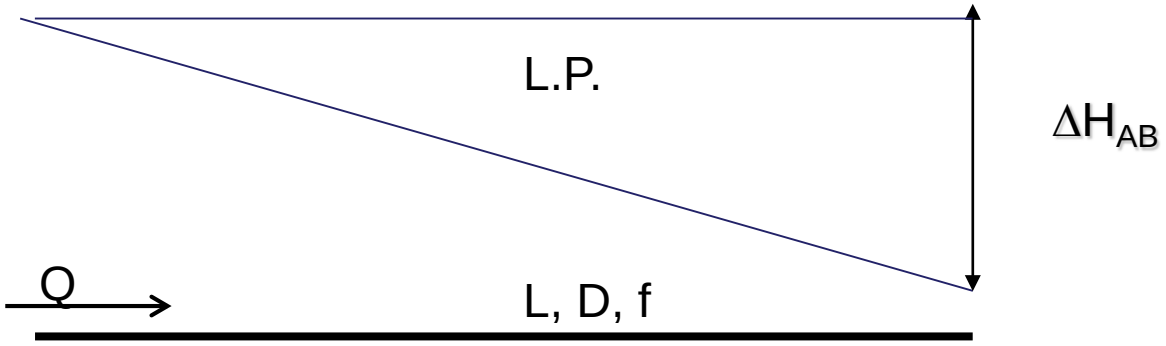
$$\frac{L}{C^{1,85} D^{4,87}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{L_i}{C_i^{1,85} D_i^{4,87}}$$

- CONDUTO EQUIVALENTE a um conjunto de condutos em PARALELO



Diferentes: L, D e rugosidades

MESMA ΔH E Q = ΣQi



- CONDUTO EQUIVALENTE a um conjunto de condutos em PARALELO
  - MESMA ΔH E $Q = \Sigma Q_i$

Pela fórmula Universal :

$$\Delta H = \Delta H_{AB} = \Delta H_i = \alpha \frac{f_i L_i}{D_i^5} Q_i^2$$

$Q = \Sigma Q_i$ e mesma ΔH (paralelo)

que resulta :

$$Q_i = \sqrt{\frac{\Delta H D_i^5}{\alpha f_i L_i}} \rightarrow Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i \rightarrow Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

portanto :

$$\sqrt{\frac{\Delta H D^5}{\alpha f L}} = \sqrt{\frac{\Delta H D_1^5}{\alpha f_1 L_1}} + \sqrt{\frac{\Delta H D_2^5}{\alpha f_2 L_2}} + \sqrt{\frac{\Delta H D_3^5}{\alpha f_3 L_3}}$$

resultando em :

$$\frac{D^{2,5}}{f^{0,5} L^{0,5}} = \frac{D_1^{2,5}}{f_1^{0,5} L_1^{0,5}} + \frac{D_2^{2,5}}{f_2^{0,5} L_2^{0,5}} + \frac{D_3^{2,5}}{f_3^{0,5} L_3^{0,5}}$$

Ver exemplo 4.2 pág. 105

pela fórmula de Hazen - Willians :

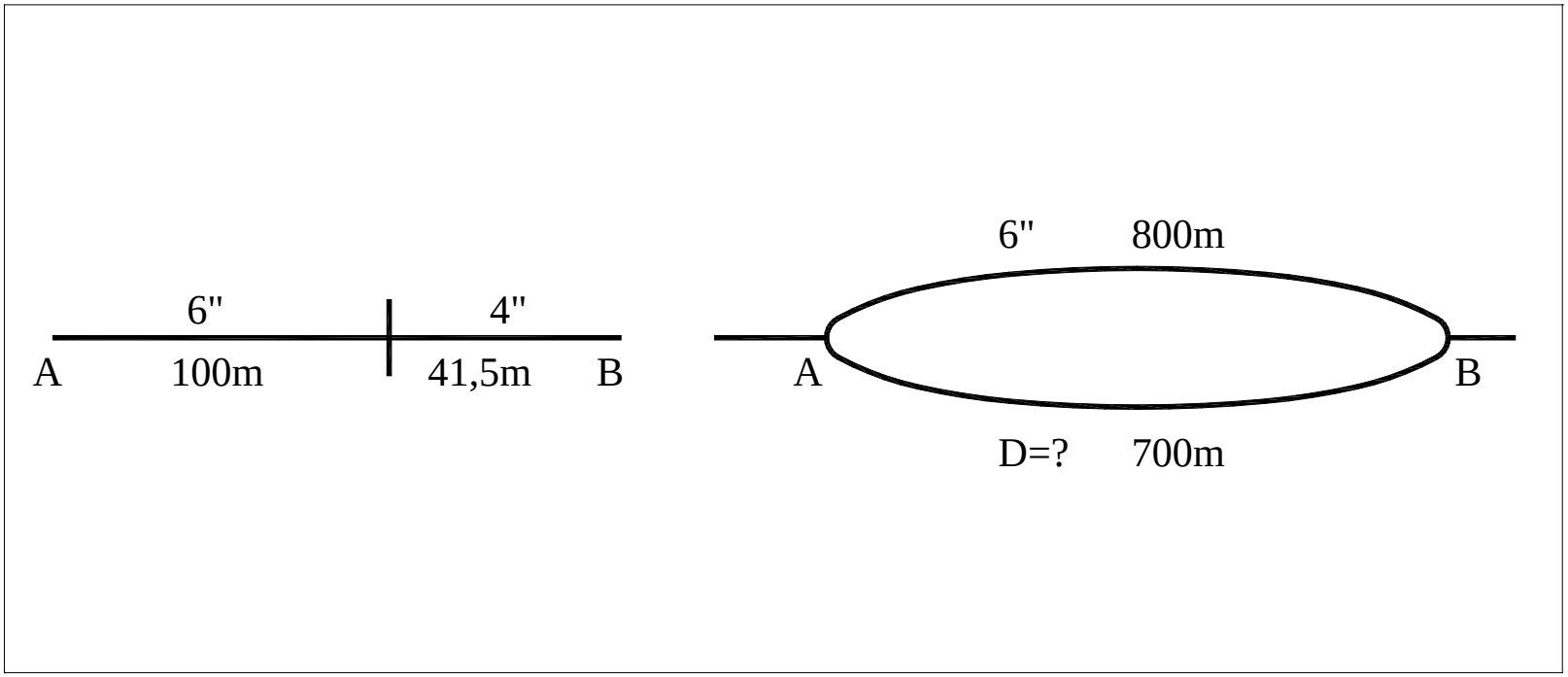
$$\frac{C D^{2,63}}{L^{0,54}} = \frac{C_1 D_1^{2,63}}{L_1^{0,54}} + \frac{C_2 D_2^{2,63}}{L_2^{0,54}} + \frac{C_3 D_3^{2,63}}{L_3^{0,54}}$$

Aplicação

Exercícios 4.3 e 4.10 *(condutos equivalentes)*

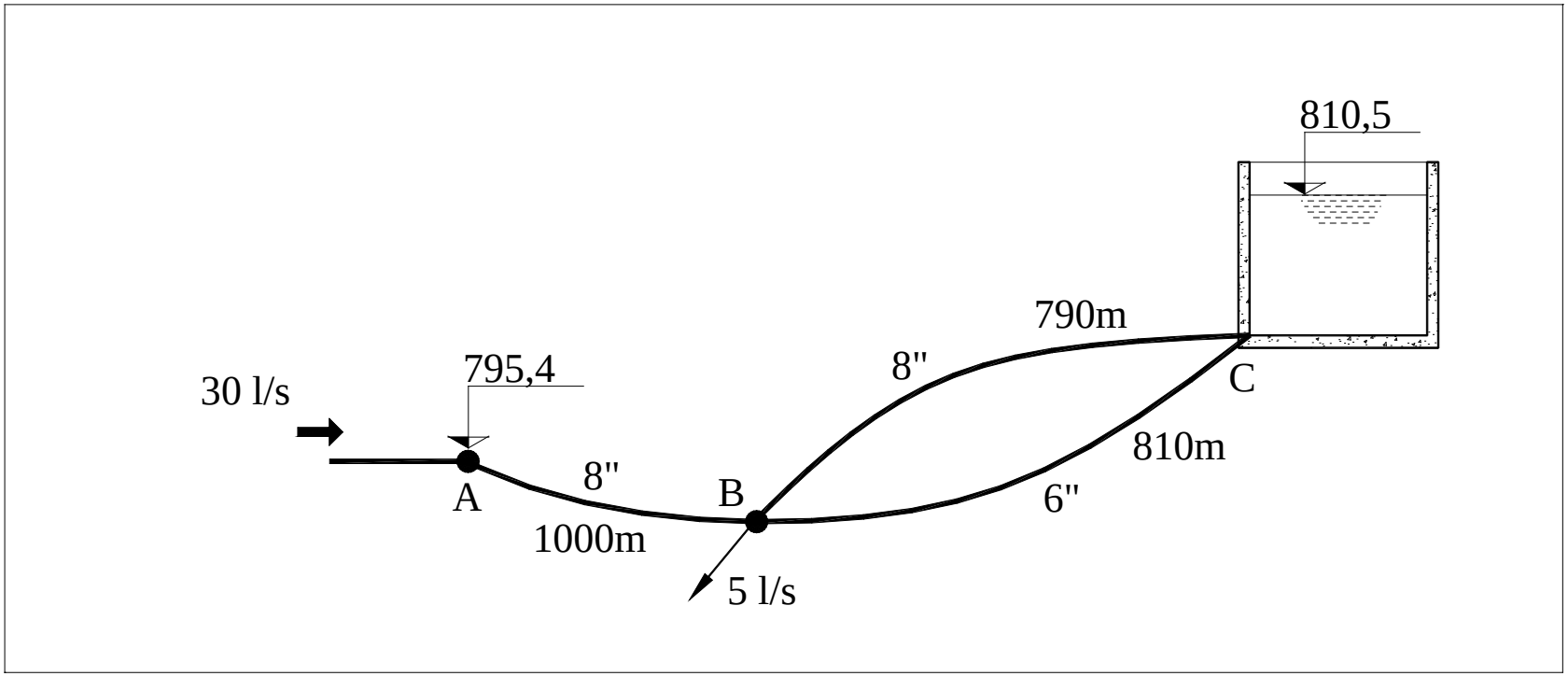
Exercício 4.3 - Livro Porto (1998)

Os dois sistemas hidráulicos mostrados na Figura são equivalentes e todas as tubulações possuem o **mesmo fator de atrito da equação de Darcy-Weisbach**. Determine D.



Exercício 4.10 - Livro Porto (1998)

No sistema de abastecimento de água d'água mostrado na Figura, **todas as tubulações têm fator de atrito f=0,021** e, no ponto B, há uma derivação de 5,0 L/s. Desprezando as perdas de carga localizadas e as cargas cinéticas, determine a carga de pressão disponível no ponto A e as vazões nos trechos em paralelo.

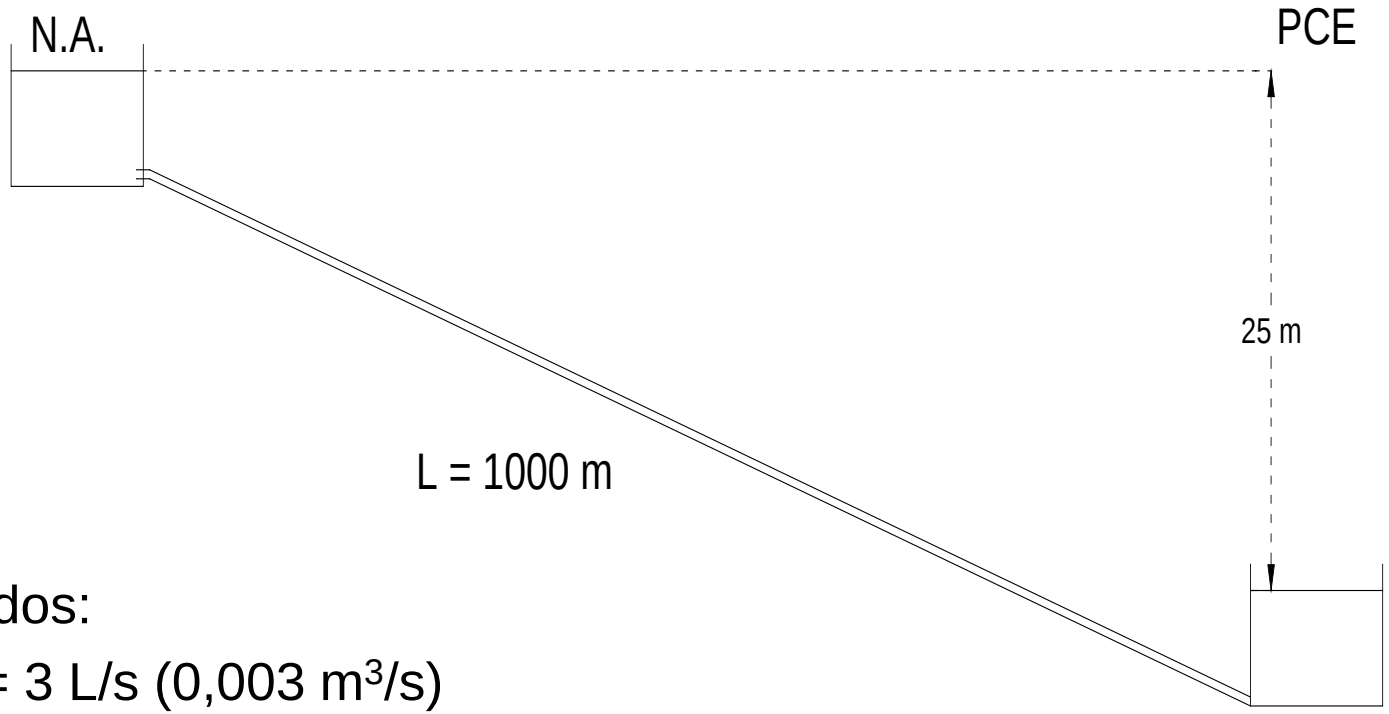


- Desafio (Aula 10)

Livro Porto (1998)

- Exercícios: 4.4 e 4.13
- Próximo exercício

Exemplo de aplicação: Dimensionar a tubulação para o esquema a seguir



- Dados:
- Q = 3 L/s (0,003 m^3/s)
- L = 1000 m
- *ΔH= 25 m*
- Tubos de aço usados (C = 100)
- D_c disponíveis: 50 mm; 62 mm; 75 mm; 100 mm; 125 mm

- Obrigada!