



HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

HIDRÁULICA

CONDUTOS FORÇADOS 2023

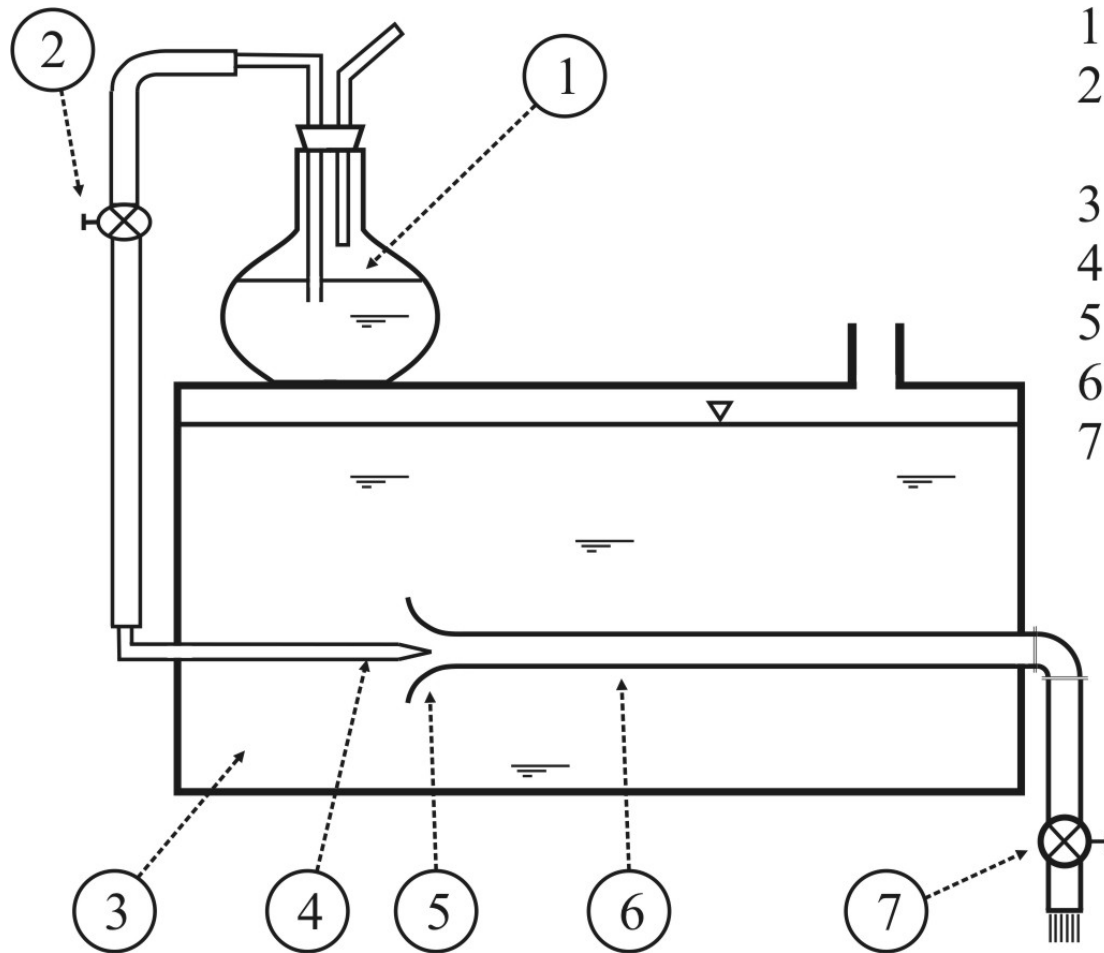
Profa. Tamara Gomes

DEFINIÇÃO

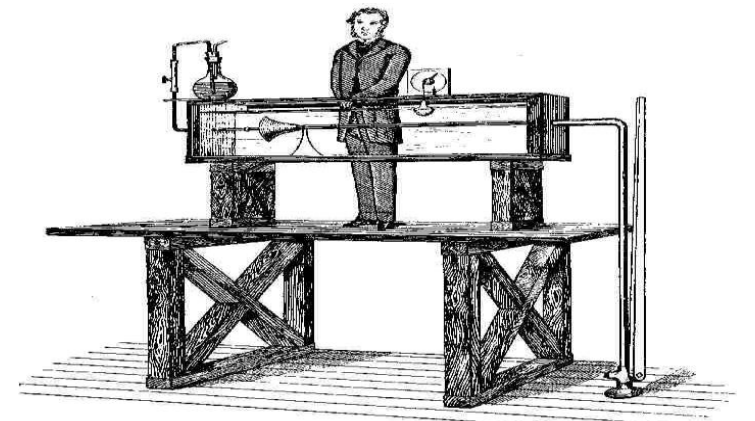
CONDUTOS FORÇADOS, são aqueles que se desenvolvem dentro das canalizações onde a pressão é diferente da atmosférica, ou seja a pressão efetiva é diferente de zero. Todos os sistemas de tubulações prediais, de abastecimento de água, oleodutos e gasodutos tem este tipo de escoamento.

A experiência de Reynolds (1883) demonstrou que os fluídos reais escoam sob dois regimes distintos: o escoamento laminar e o escoamento turbulento.

Regime de Escoamento: experiência de Reynolds (1883)

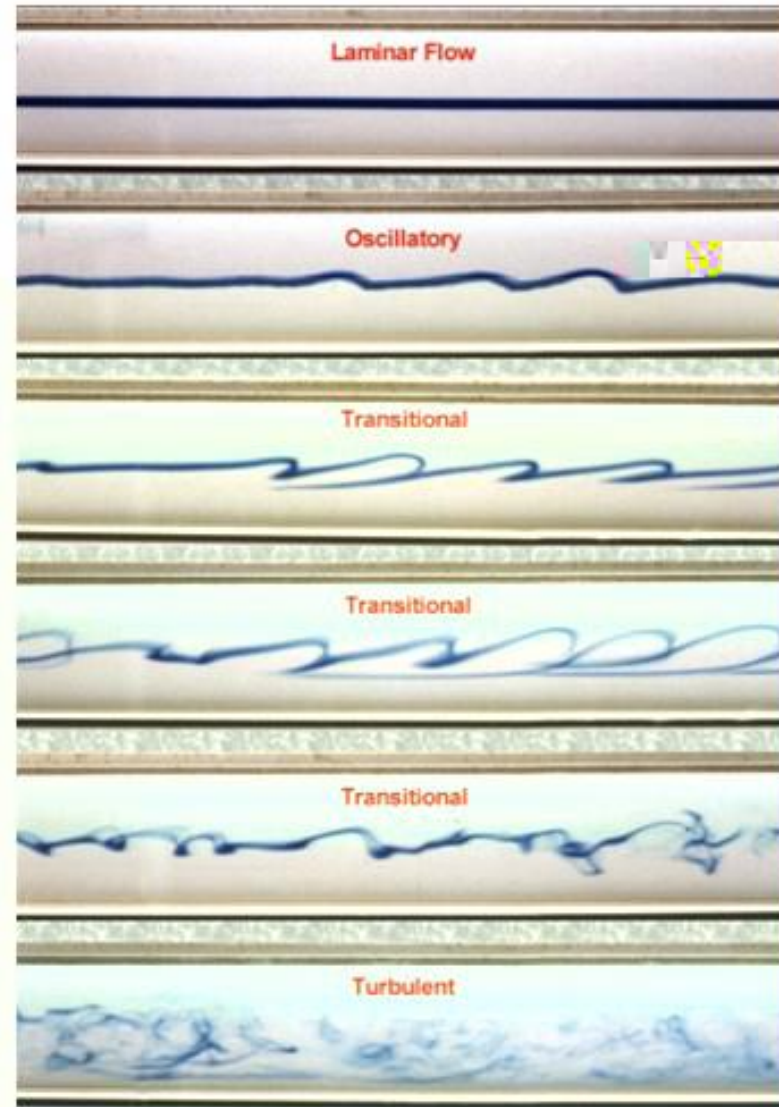


- 1 - Reservatório do corante
- 2 - Válvula de controle de vazão do corante
- 3 - Reservatório de água
- 4 - Injetor
- 5 - Convergente
- 6 - Tubo de vidro
- 7 - Válvula de controle de vazão de água



Esquema do Experimento

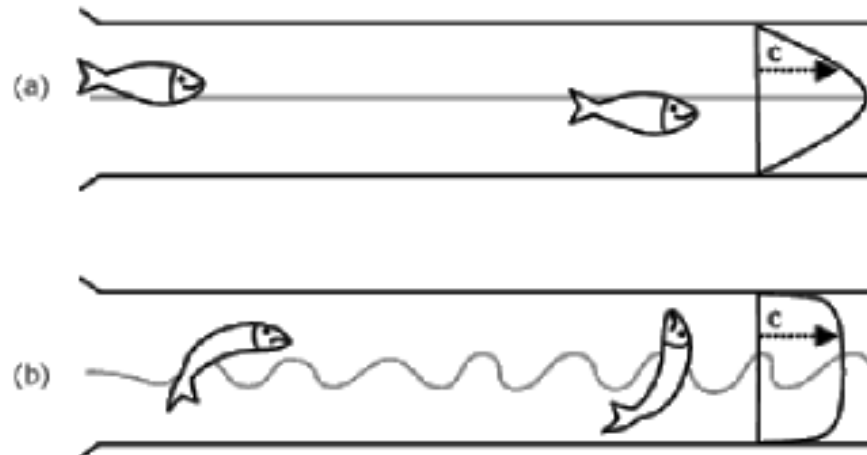
Regime de Escoamento



Regime de escoamento

ESCOAMENTO LAMINAR: No escoamento laminar há um caminhamento disciplinado das partículas fluidas, seguindo trajetórias regulares, sendo que as trajetórias de duas partículas vizinhas não se cruzam.

ESCOAMENTO TURBULENTO: no escoamento turbulento a velocidade num dado ponto varia constantemente em grandeza e direção, com trajetórias irregulares, e podendo uma mesma partícula ora localizar-se próxima do eixo do tubo, ora próxima da parede do tubo



Portanto, Reynolds estabeleceu um critério para se determinar o regime de escoamento, baseado na velocidade, no diâmetro e na viscosidade cinemática do fluido, resultando num parâmetro adimensional dado pela seguinte expressão:

$$NR = \frac{v \times D}{\nu}$$

onde:

NR = número de Reynolds

v = velocidade de escoamento (m/s);

D = diâmetro (m);

ν = viscosidade cinemática (m²/s)

- Se:

NR < 2000 → Regime laminar

NR > 4000 → Regime Turbulento

Nr entre 2000 e 4000 → Regime de transição (instável).

EXERCÍCIO:

Determinar o regime de escoamento da tubulação. Dados:

- Diâmetro: $\Phi = 16 \text{ mm} = 0,016 \text{ m}$;
- Vazão: $Q = 30 \text{ l/h} \rightarrow Q = 0,030 / 3600 \rightarrow Q = 8,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$;
- Viscosidade cinemática: $\nu = 1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$

$$Q = A \times v \quad v = 4,13 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$NR = \frac{v \times D}{\nu}$$

$$NR = 660,80 < 2000 \Rightarrow \textit{Laminar}$$

EXERCÍCIO:

No exercício anterior, qual deve ser o diâmetro mínimo do tubo para que o escoamento se torne Turbulento? Dados:

- Número de Reynolds: $NR > 4000$ – escoamento turbulento.

$$Q = A \times v \qquad v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \qquad NR = \frac{v \times D}{\nu}$$

$$4000 = \frac{4 \times 8,3 \times 10^{-6}}{\pi \times D} \Rightarrow D = 2,617 \times 10^{-3} m = 2,617 mm$$

Perda de Carga em Conduitos Forçados

Sempre que um líquido escoar no interior de um tubo de um ponto para outro, haverá uma certa perda de energia, denominada perda de pressão ou perda de carga. Esta perda de energia é devido ao **atrito com as paredes do tubo** e devido **à viscosidade do líquido** em escoamento.

Classificação ou tipo de perdas de carga:

As perdas de carga podem ser classificadas como:

- 1- perda de carga ao longo da tubulação (contínua);
- 2- perda de carga acidental ou localizada;

Perda de carga ao longo da tubulação:

Observações feitas por Darcy, com tubos de seção circular, mostram que a perda de carga é:

- a) Diretamente proporcional ao comprimento da tubulação (L);

$$hf = L$$

Perda de carga ao longo da tubulação:

Observações feitas por Darcy et al, com tubos de seção circular, mostram que a perda de carga é:

- a) Diretamente proporcional ao comprimento da tubulação (L);
- b) Diretamente proporcional a uma potência da velocidade (v^m);

$$hf = \mathbb{L} \cdot v^m$$

Perda de carga ao longo da tubulação:

Observações feitas por Darcy et al, com tubos de seção circular, mostram que a perda de carga é:

- a) Diretamente proporcional ao comprimento da tubulação (L);
- b) Diretamente proporcional a uma potência da velocidade (v^m);
- c) Inversamente proporcional a uma potência do diâmetro ($1/D^n$);

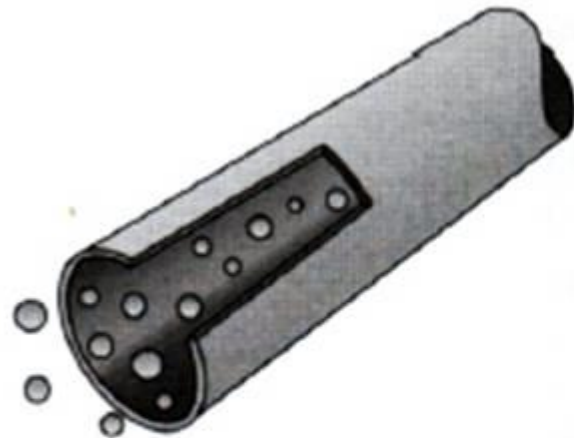
$$h_f \equiv \frac{L \cdot v^m}{D^n}$$

Perda de carga ao longo da tubulação:

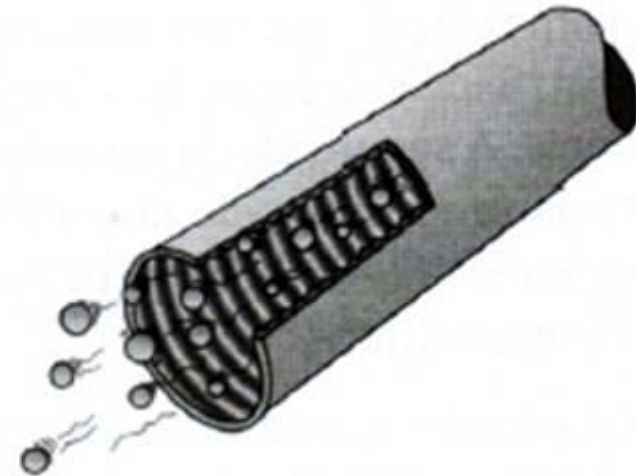
Observações feitas por Darcy et al, com tubos de seção circular, mostram que a perda de carga é:

- a) Diretamente proporcional ao comprimento da tubulação (L);
- b) Diretamente proporcional a uma potência da velocidade (v^m);
- c) Inversamente proporcional a uma potência do diâmetro ($1/D^n$);
- d) Variável com a natureza das paredes do tubo (rugosidade) (k);

$$hf = k \cdot \frac{L \cdot v^m}{D^n}$$



Tubo liso
(Pequenos atritos e choques)
< perda de carga



Tubo rugoso
(Grandes atritos e choques)
> perda de carga

Perda de carga ao longo da tubulação:

Observações feitas por Darcy et al, com tubos de seção circular, mostram que a perda de carga é:

- a) Diretamente proporcional ao comprimento da tubulação (L);
- b) Diretamente proporcional a uma potência da velocidade (v^m);
- c) Inversamente proporcional a uma potência do diâmetro ($1/D^n$);
- d) Variável com a natureza das paredes do tubo (rugosidade) (k);
- e) Independente da posição do tubo;
- f) Independente da pressão de escoamento.

$$hf = k \cdot \frac{L \cdot v^m}{D^n}$$

onde:

hf = perda de carga (m)

K = coeficiente de rugosidade

L = comprimento (m);

v = velocidade de escoamento (m/s);

D = diâmetro (m);

Perda de carga unitária:

$$J = \frac{hf}{L} \Rightarrow hf = J \times L$$

Perda de Carga em Condutos Forçados

Quanto maior for a **rugosidade da parede da tubulação**, isto é, a altura das asperezas, maior será a **turbulência do escoamento** e, logo, maior será a **perda de carga**

Rugosidade equivalente de alguns materiais de tubos

MATERIAL	RUG. EQUIVALENTE (m)
Aço comercial	0,00006
Aço galvanizado	0,00016
Aço com ferrugem leve	0,00025
Aço revestido com asfalto	0,0006
Aço revestido com esmalte, vinil, epoxi	0,00006
Alumínio	0,000004
Concreto muito rugoso	0,002
Concreto rugoso	0,0005
Concreto liso	0,0001
Concreto muito liso	0,00006
Concreto alisado, centrifugado	0,0003
Ferro fundido asfaltado	0,000122
Ferro fundido não revestido novo	0,0005
Ferro fundido com ferrugem leve	0,0015
Ferro fundido com cimento centrifugado	0,0001
Fibrocimento	0,0001
Manilha cerâmica	0,0003
Latão, cobre	0,000007
Plásticos	0,00006

Fórmulas Práticas para Perda de Carga em Conduitos Forçados

Diversas fórmulas práticas foram desenvolvidas no passado para o cálculo da perda de carga em tubulações, porém diversos pesquisadores tem mostrado que, em sua totalidade, são mais ou menos incorretas.

A incorreção dessas fórmulas é tanto maior quanto mais amplo é o domínio de aplicação pretendido por seus autores.

Fórmulas Práticas para Perda de Carga em Conduitos Forçados

Fórmula de Hazen – Willians (1902)

A fórmula prática mais empregada pelos calculistas para condutos sob pressão.

- a) Água a temperatura ambiente;
- b) Tubos de 50mm à 2m de diâmetro;
- c) Velocidade menor ou igual a 3 m/s;
- d) Regime turbulento;

$$hf = \frac{6,81 \times v^{1,852} \times L}{C^{1,852} \times D^{1,167}}$$

ou

$$hf = \frac{10,65 \times Q^{1,852} \times L}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

C: coeficiente de rugosidade das paredes do tubo.

Em seguida são apresentadas outras formas da equação de Hazen – Willians e suas transformações, úteis para diferentes tipos de dimensionamentos.

Como $hf = J \cdot L$ ou $J = hf / L$, temos:

$$J = \frac{10,65 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

Para o cálculo do diâmetro, temos:

$$D = \frac{Q^{0,38}}{0,615 \times C^{0,38} \times J^{0,205}}$$

Para o cálculo da vazão, temos:

$$Q = 0,2788 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,54}$$

como: $Q = \frac{v \times \pi \times D^2}{4}$

Para o cálculo da velocidade:

$$v = 0,355 \times C \times D^{0,63} \times J^{0,54}$$

Valores do coeficiente “C” de Hazen – Willians

Material	C
Plástico, polietileno, PVC	150
Latão, cobre, chumbo, estanho, chapas de ferro estanhados novos; Cimento amianto; Mangueiras de tecido revestido de borracha de boa qualidade;	140
Alumínio	135
Aço Galvanizado; Concreto acabamento liso; Ferro fundido e aço, revestidos de cimento liso – novos; Ferro fundido novo; Latão, cobre, chumbo, estanho.	130
Ferro galvanizado	125
Concreto de acabamento ordinário; Aduelas de madeira lisas; Ferro forjado; Aço novo com juntas soldadas ou de acoplamento; Alumínio com juntas de acoplamento rápido; Manilha de argila comum para drenos.	120

Continua →

Valores do coeficiente “C” de Hazen – Willians

Material	C
Ferro ou aço revestidos de cimento – usados; Manilhas de barro vitrificadas, para esgoto; Aço rebitado novo.	110
Ferro fundido com 15 anos de uso; Alvenaria de tijolos revestidos de cimento liso.	100
Ferro fundido, aço rebitado, aço soldado – velhos (tabela pag 14) Mangueiras de tecido sem revestimento de borracha.	90
Tubos corrugados, chapas onduladas; Ferro e aço altamente corroídos e incrustados.	60

Valores do coeficiente “C” de Hazen – Willians para tubos de ferro fundido(*) em função do tempo

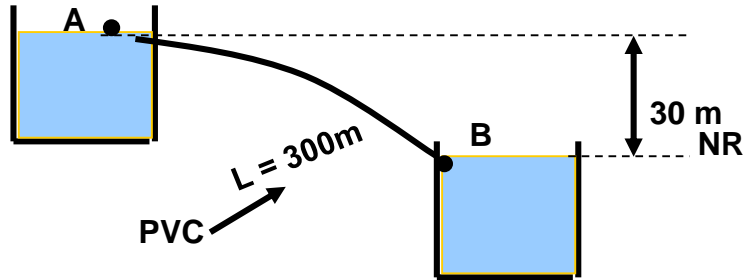
anos	4”	6”	8”	10”	12”	14”	16”	18”	20”	24”	30”	36”	42”	60”
0	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
5	117	118	119	120	120	120	120	120	120	120	121	122	122	122
10	106	108	109	110	110	110	111	112	112	112	113	113	113	113
15	96	100	102	103	103	103	104	104	105	105	106	106	106	106
20	88	93	94	96	97	97	98	98	99	99	100	100	100	100
25	81	86	89	91	91	91	92	92	93	93	94	94	94	95
30	75	80	83	85	86	86	87	87	88	89	90	90	90	91
35	70	75	78	80	82	82	83	84	85	85	86	86	87	88
40	64	71	74	76	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84
45	60	67	71	73	75	76	76	77	77	78	78	79	80	81
50	56	63	67	70	71	72	73	73	74	75	76	76	77	78

(*) Para tubulações de aço:

- a) soldados: tomar como valores de C os valores indicados para ferro fundido 5 anos mais velhos.
- b) Rebitados: tomar como valores de C os valores indicados para ferro fundido 10 anos mais velhos.
- c) Com revestimentos especiais: admitir C = 130.

EXERCÍCIO:

1) Calcular o diâmetro da tubulação, dado o esquema abaixo, sendo:



- Vazão: $Q = 30\text{ l/s} = 0,03\text{ m}^3/\text{s}$

- Vel B = $1,5\text{ m s}^{-1}$

- PVC $\rightarrow C = 150$

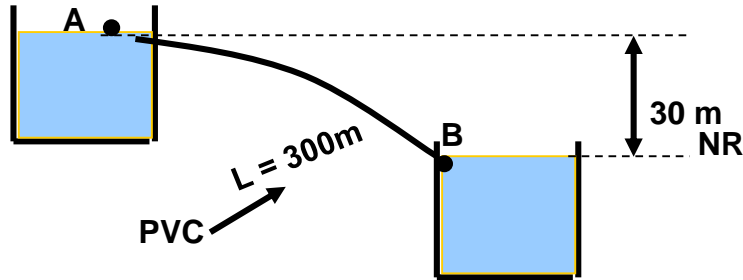
$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + h_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + h_B + hf_{A-B}$$

$$0 + 0 + 30\text{m} = 0 + \frac{1,5^2}{2g} + 0 + hf_{A-B} \Rightarrow hf_{A-B} = 29,89\text{m.c.a}$$

$$J = \frac{hf_{A-B}}{L} = \frac{29,89\text{m}}{300\text{m}} = 0,1\text{m/m}$$

EXERCÍCIO:

1) Calcular o diâmetro da tubulação, dado o esquema abaixo, sendo:



- Vazão: $Q = 30 \text{ l/s} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$

- Vel B = $1,5 \text{ m s}^{-1}$

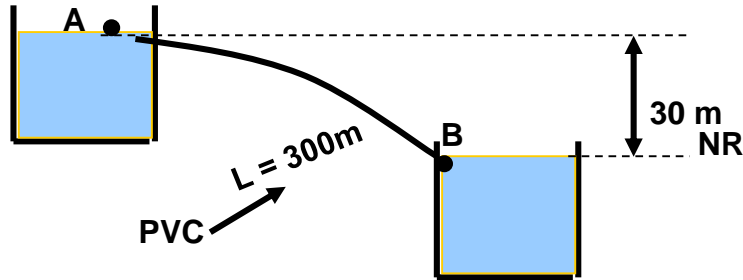
- PVC $\rightarrow C = 150$

$$J = \frac{hf_{A-B}}{L} = 0,1 \text{ m/m}$$

$$D = \frac{Q^{0,38}}{0,615 \times C^{0,38} \times J^{0,205}} \Rightarrow D = \frac{0,03^{0,38}}{0,615 \times 150^{0,38} \times 0,1^{0,205}} \Rightarrow D = 0,102 \text{ m}$$

EXERCÍCIO:

1) Calcular vazão da tubulação, para o diâmetro comercial



- Vazão: $Q = 30 \text{ l/s} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$

- Vel B = $1,5 \text{ m s}^{-1}$

- PVC $\rightarrow C = 150$

$$D = 0,102\text{m} \Rightarrow D_{\text{comercial}} = 100\text{mm}$$

$$J = \frac{hf_{A-B}}{L} = 0,1\text{m/m}$$

$$Q = 0,2788 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,54}$$

$$Q = 0,2788 \times 150 \times 0,1^{2,63} \times 0,1^{0,54} \Rightarrow Q = 0,028\text{m}^3 / \text{s}$$

Fórmula de Flamant:

Aplicação:

- Água a temperatura ambiente;
- Tubos com diâmetro até 50mm;

$$hf = 6,107 \times \frac{b \times Q^{1,75} \times L}{D^{4,76}}$$

b: coeficiente de rugosidade de Flamant

Alguns valores de coeficiente de Flamant (b):

b = 0,00023 → para tubos usados de ferro ou aço;

b = 0,000185 → para tubos novos de ferro ou aço;

b = 0,000185 → para tubos de concreto;

b = 0,000135 → para tubos de PVC;

b = 0,000140 → para tubos de chumbo;

3-EXERCÍCIO:

Dados: vazão 3 l/s; material do tubo: ferro usado; comprimento: 100m; e perda de carga = 10m utilizando a equação de Flamant, pede-se:

- o diâmetro da tubulação;
- o diâmetro comercial mais próximo;
- A vazão para o diâmetro comercial;
- A perda de carga h_f para o diâmetro comercial, para manter a vazão em 3 l/s.

Utilizando a equação de Flamant:

Como: $Q = 3 \text{ l/s} = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$; $L = 100\text{m}$; $h_f = 10\text{m}$ e $b = 0,00023$, então:

$$h_f = 6,107 \times \frac{b \times Q^{1,75} \times L}{D^{4,76}}$$

a) o diâmetro da tubulação;

$$10 = 6,107 \times \frac{0,00023 \times (0,003)^{1,75} \times 100}{D^{4,76}} \Rightarrow D = 0,048\text{m} = 48\text{mm}$$

3-EXERCÍCIO:

Dados: vazão 3 l/s; material do tubo: ferro usado; comprimento: 100m; e perda de carga = 10m utilizando a equação de Flamant, pede-se:

b) o diâmetro comercial mais próximo;

$$D = 0,048m = 48mm$$

$$D = 50mm = 0,05m$$

c) A vazão para o diâmetro comercial;

$$Q = \left(\frac{hf \times D^{4,76}}{6,107 \times b \times L} \right)^{\frac{1}{1,75}} \quad Q = \left(\frac{10 \times (0,05)^{4,76}}{6,107 \times 0,00023 \times 100} \right)^{\frac{1}{1,75}} \Rightarrow Q = 0,0033 \frac{m^3}{s} = 3,3 \frac{L}{s}$$

d) A perda de carga hf para o diâmetro comercial, para manter a vazão em 3 l/s

$$hf = 6,107 \times \frac{0,00023 \times (0,003)^{1,75} \times 100}{(0,05)^{4,76}} \Rightarrow hf = 8,42m$$

Fórmula Universal – Fórmula de Darcy-Weisback

Obtida por aplicação de análise dimensional ao escoamento dos fluídos.

hf : função (D, L , velocidade, Viscosidade cinemática, ε / D)

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

L = comprimento da tubulação;

V = velocidade do escoamento;

D = diâmetro da tubulação;

G = aceleração da gravidade;

f = fator de atrito.

f = função ($NR, \varepsilon / D$) = número de Reynolds e da rugosidade relativa.

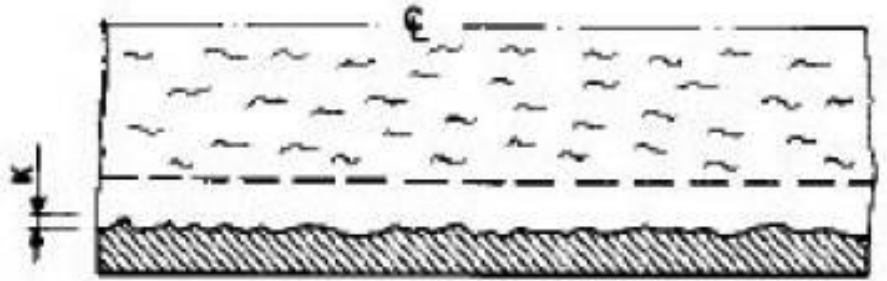
DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE (f):

Regime Laminar: f depende apenas do (NR) número de Reynolds, sendo a perda de carga independente da natureza das paredes do tubo, neste caso:

$$f = \frac{64}{NR}$$

Regime turbulento: para o cálculo de f é necessário estabelecer diferença entre condutos hidraulicamente lisos e hidraulicamente rugosos.

a) **Conduto hidraulicamente liso**: as asperezas não se projetam além da camada laminar (película formada junto a parede do tubo onde o escoamento é laminar).



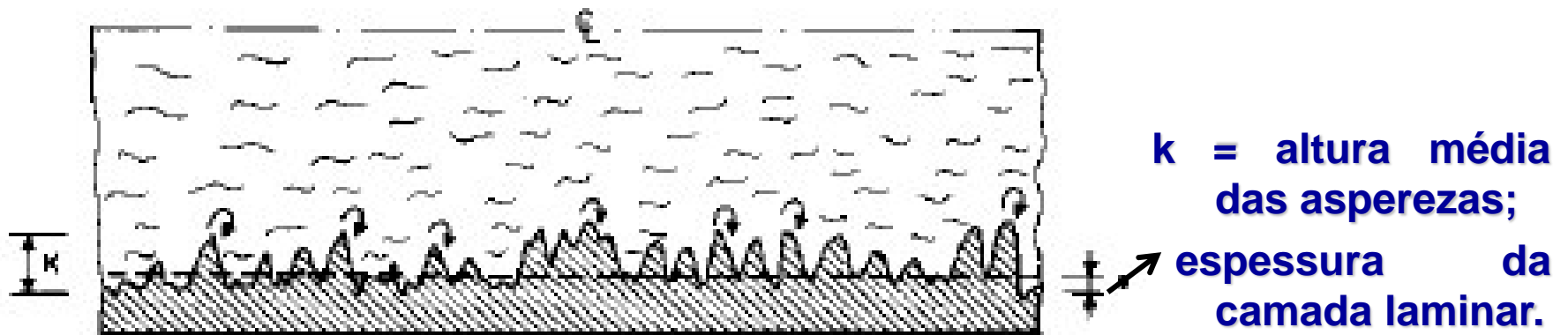
k = altura média das asperezas;
espessura da camada laminar.

Nestas condições o tamanho das asperezas não influí na turbulência do escoamento, e o coeficiente f independe da rugosidade, então:

Blásius → $f = 0,3162 \times (NR)^{-0,25}$ para: $4000 \leq NR < 100000$

b) Conduto hidraulicamente rugoso: as asperezas do tubo ultrapassam a Camada laminar.

- parte das asperezas podem atravessar a camada limite (transição):
- todas as asperezas ultrapassam a camada limite (completa turbulência):



Neste caso, o valor de f depende da natureza do escoamento (NR) e do grau de rugosidade ou rugosidade relativa (ϵ/D)

Coolebrooke desenvolveu expressões para o cálculo de f :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} + \frac{\epsilon}{3,71D} \right) \rightarrow \textit{turbulento}$$
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \rightarrow \textit{turbulento liso}$$
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,71D} \right) \rightarrow \textit{turbulento rugoso}$$

Trata-se de equação implícita



Resolução por Métodos Iterativos

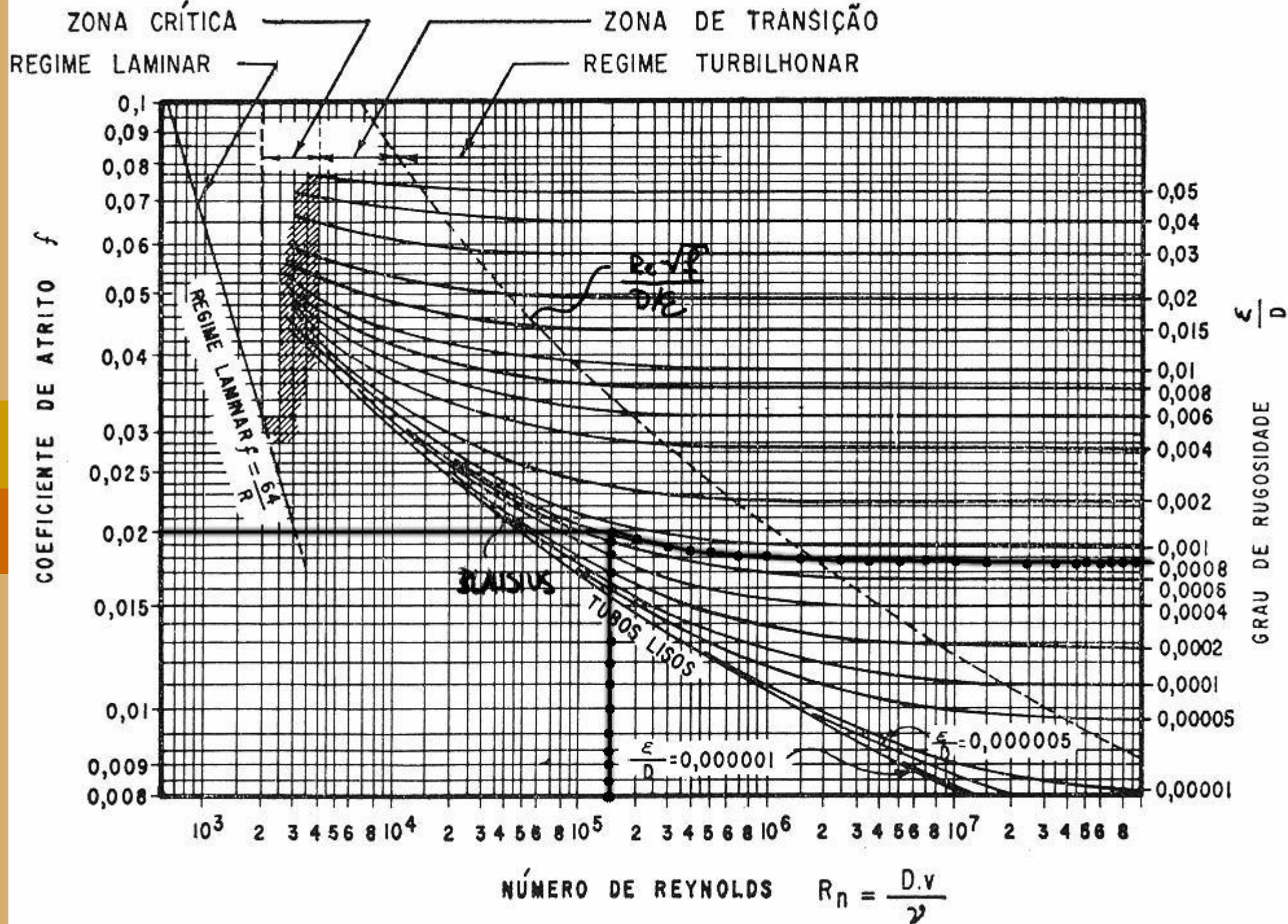
DIAGRAMA DE MOODY

O diagrama de Moody é um gráfico logarítmico em que f é dado em função de NR e da Rugosidade relativa (ϵ/D).

O diagrama se presta para determinação de f tanto para regime **laminar** quanto para regime **turbulento**.

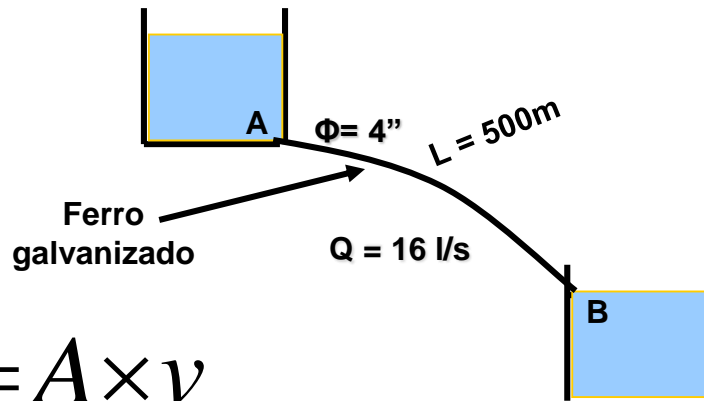
Tabela 9: rugosidade médias dos materiais de alguns condutos

Material do Conduto	ϵ (mm)	Material do Conduto	ϵ (mm)
Rocha sem revestimento	100 a 1000	Aço soldado:	
Concreto:		Revest. Concreto	0,05 a 0,15
Rugoso	0,40 a 0,60	Revest. Esmalte	0,01 a 0,30
Granular	0,18 a 0,40	Aço rebitado	
Centrifugado	0,15 a 0,50	Revest. Asfalto	0,9 a 1,8
Liso	0,06 a 0,18	Fibrocimento	0,015 a 0,025
Muito liso	0,015 a 0,06	Latão, cobre, chumbo	0,004 a 0,01
Ferro:		Alumínio	0,0015 a 0,005
Forjado enferrujado	0,15 a 3,00	Vidro	0,001 a 0,002
Galvanizado ou fundido revestido	0,06 a 0,30	PVC, Polietileno	0,06
Fundido não revestido novo	0,25 a 1,00	Cerâmica	0,06 a 0,6
Fundido com corrosão	1,00 a 1,50	Teflon	0,01
Fundido obstruído	0,30 a 1,50	Fiberglass	0,0052
Fundido muito corroído	até 3,00	Madeira aparelhada	0,18 a 0,9



EXERCÍCIO:

- 1) Calcular a perda de carga (hf) do esquema abaixo, utilizando a fórmula universal:



$$\varepsilon = 0,1524mm \text{ (ferro galvanizado)}$$

$$\nu_{(20^{\circ}C)} = 10^{-6} m^2 / s$$

$$Q = 16 l / s = 16 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$\phi = 4'' = 100mm = 0,1m$$

$$Q = A \times v$$

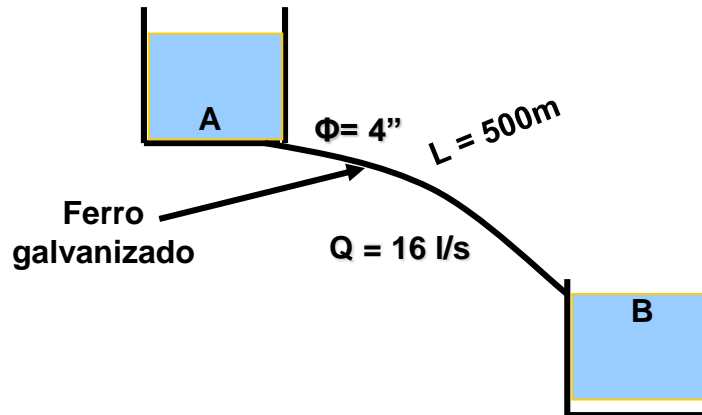
$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D)^2} \Rightarrow v = \frac{4 \times 16 \times 10^{-3}}{\pi \times (0,1)^2} \Rightarrow v = 2 \frac{m}{s}$$

$$NR = \frac{v \times D}{\nu}$$

$$NR = \frac{2 \frac{m}{s} \times 0,1m}{10^{-6} \frac{m^2}{s}} \Rightarrow NR = 2,0 \times 10^5$$

EXERCÍCIO:

- 1) Calcular a perda de carga (hf) do esquema abaixo, utilizando a fórmula universal:



$$\varepsilon = 0,1524\text{mm (ferro galvanizado)}$$

$$\nu_{(20^\circ\text{C})} = 10^{-6}\text{ m}^2 / \text{s}$$

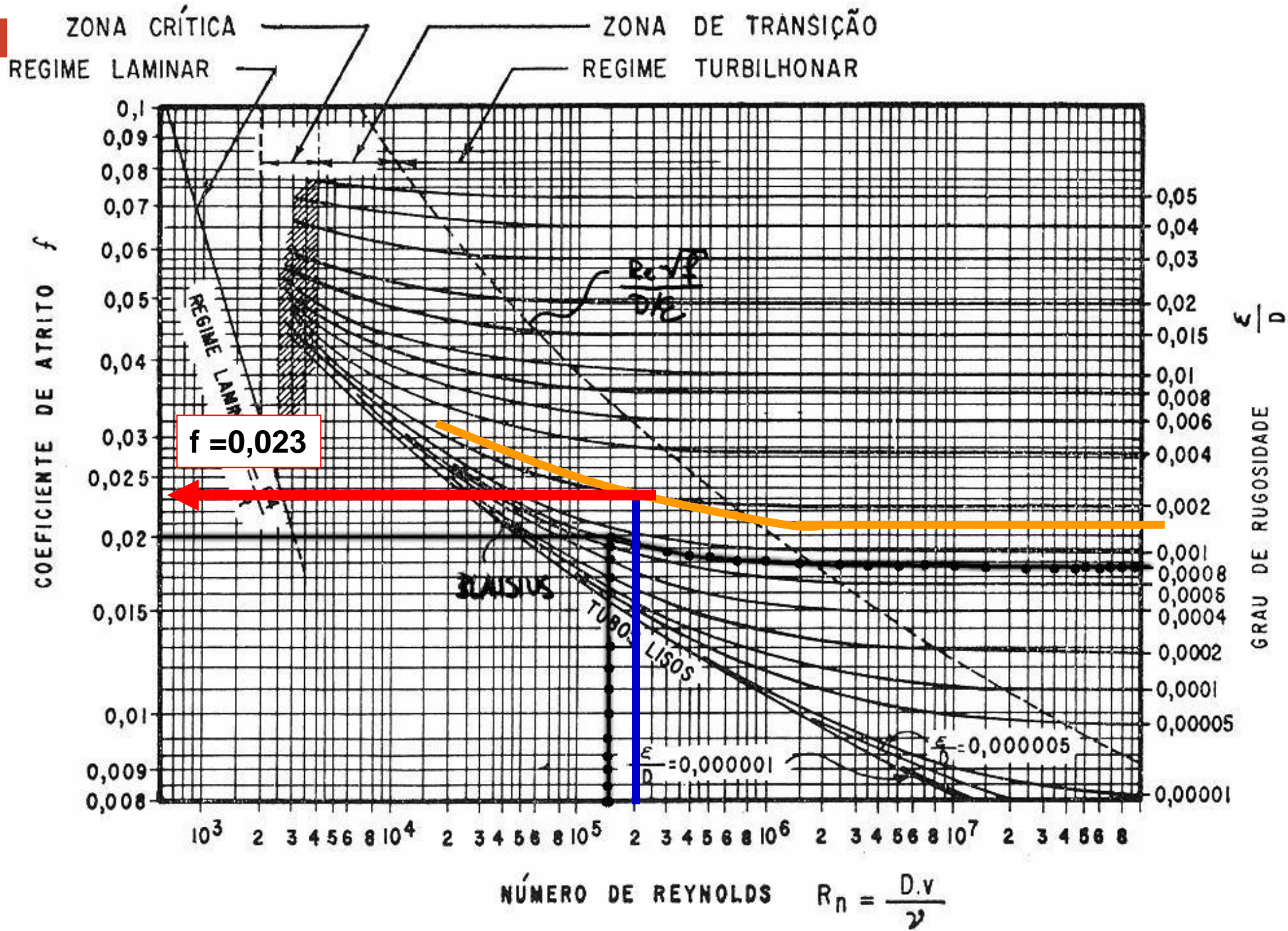
$$Q = 16\text{ l/s} = 16 \times 10^{-3}\text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\phi = 4'' = 100\text{mm} = 0,1\text{m}$$

$$NR = 2,0 \times 10^5$$

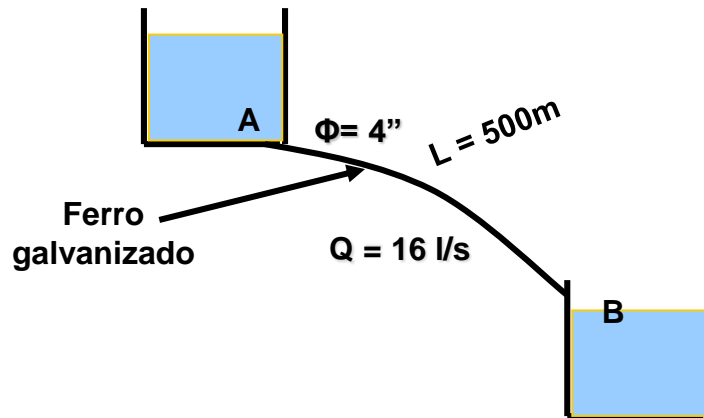
Diagrama Moody: NR; Rugosidade Relativa

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,1524\text{mm}}{100\text{mm}} = 0,001524$$



EXERCÍCIO:

- 1) Calcular a perda de carga (hf) do esquema abaixo, utilizando a fórmula universal:



$$\varepsilon = 0,1524 \text{ mm (ferro galvanizado)}$$

$$\nu_{(20^\circ\text{C})} = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$Q = 16 \text{ l/s} = 16 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\phi = 4'' = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

Diagrama Moody: NR; Rugosidade Relativa

$$f = 0,023$$

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \Rightarrow hf = 23,45 \text{ m.c.a}$$

EXERCÍCIO:

2) Para os mesmos dados do esquema anterior, calcular a perda de carga (h_f), utilizando a fórmula de Hazem-Willians.

$C=125$ (ferro galvanizado)

$$h_f = \frac{10,65 \times Q^{1,852} \times L}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

Resposta: $h_f = 22,56 m.c.a$

Classificação das adutoras

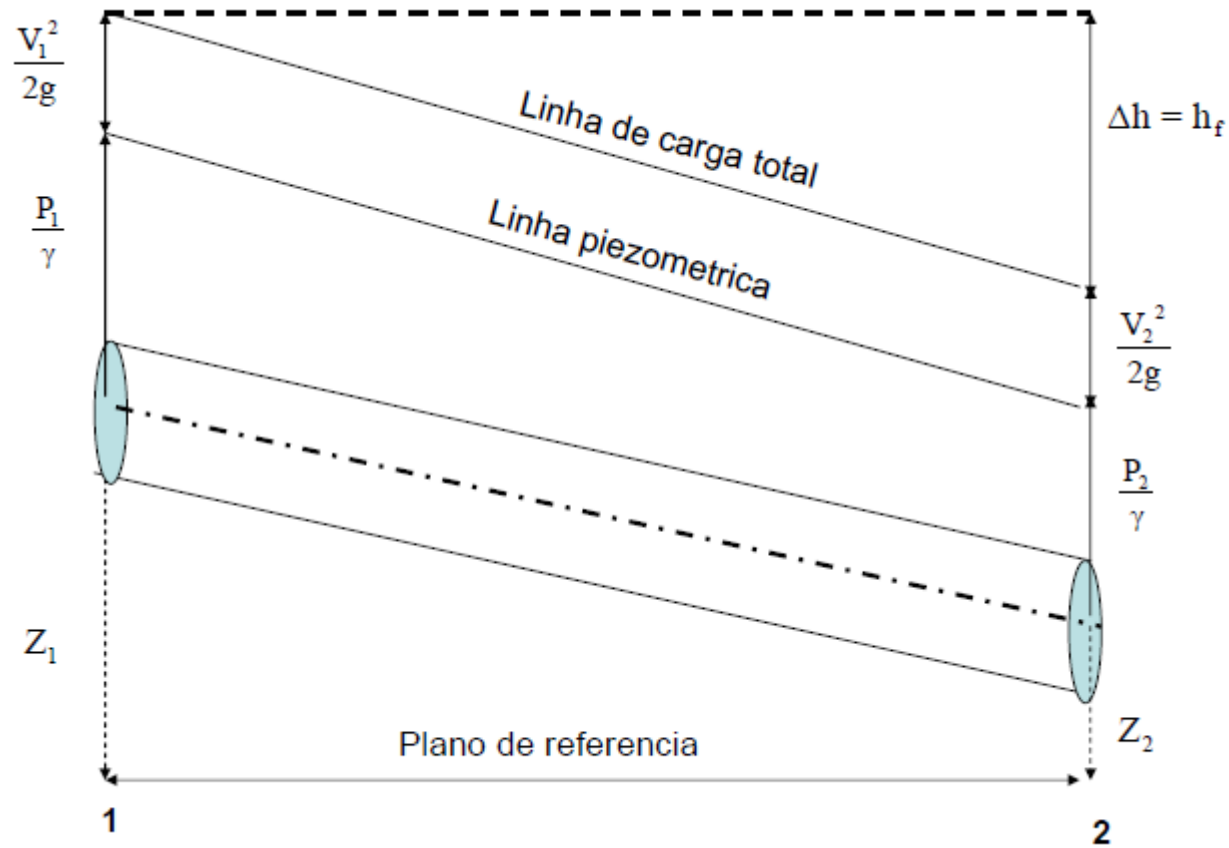
Quanto à natureza da água transportada

- Adutoras de água bruta
- Adutoras de água tratada

Quanto à energia para a movimentação da água

- Adutora por gravidade
- Adutora por recalque
- Adutoras mistas

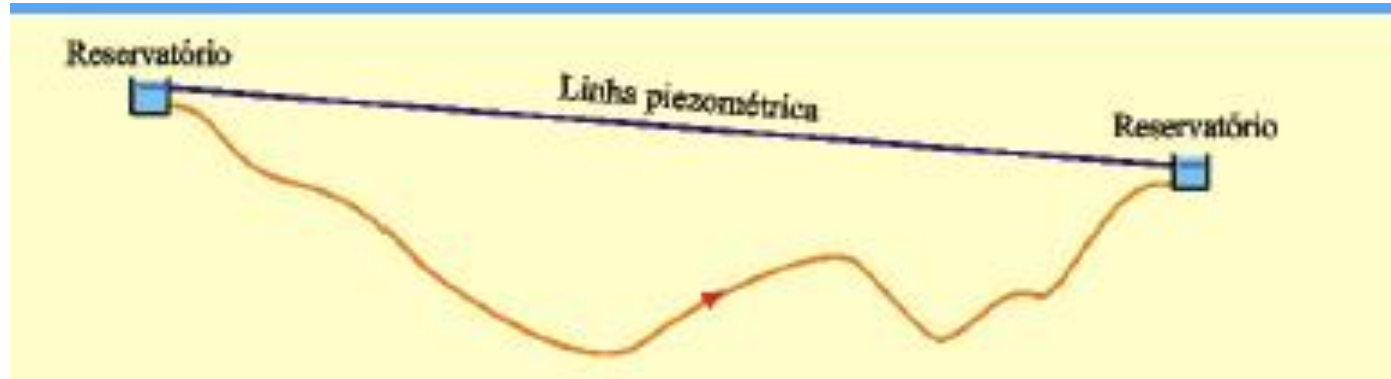
Linha de Carga e Linha Piezométrica



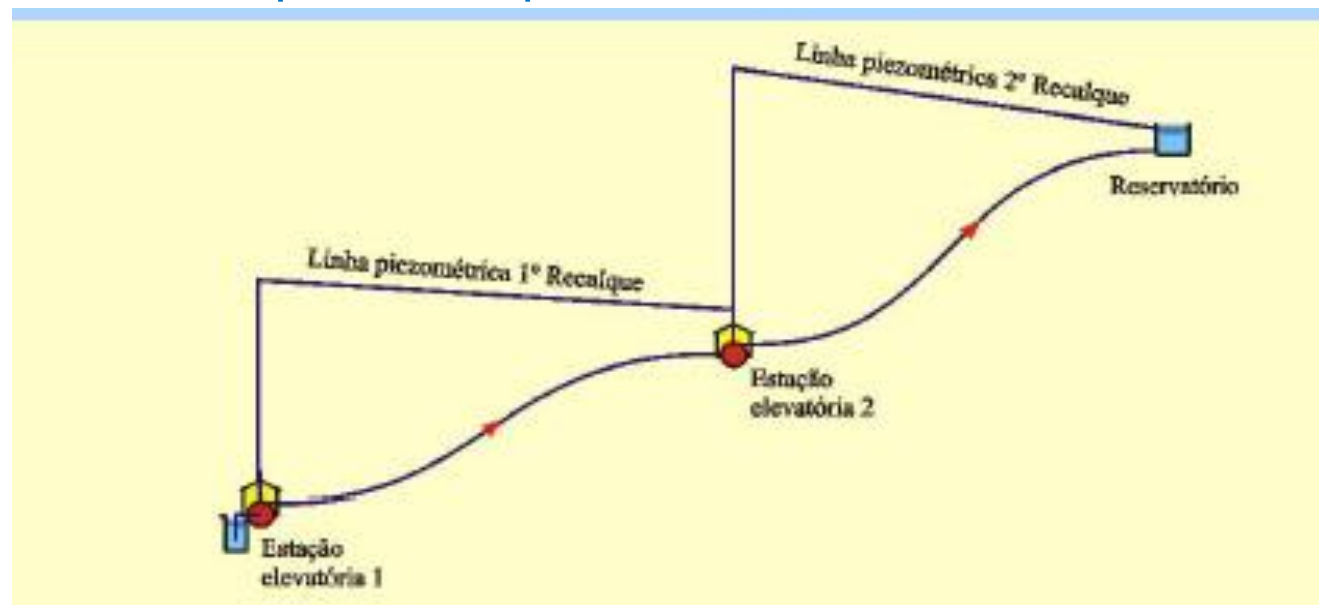
Se o diâmetro das canalizações for constante, a velocidade será constante e as duas linhas paralelas

Classificação das Adutoras

Adutoras por Gravidade – Condutos Forçados



Adutoras por Recalque



Consideração Prática

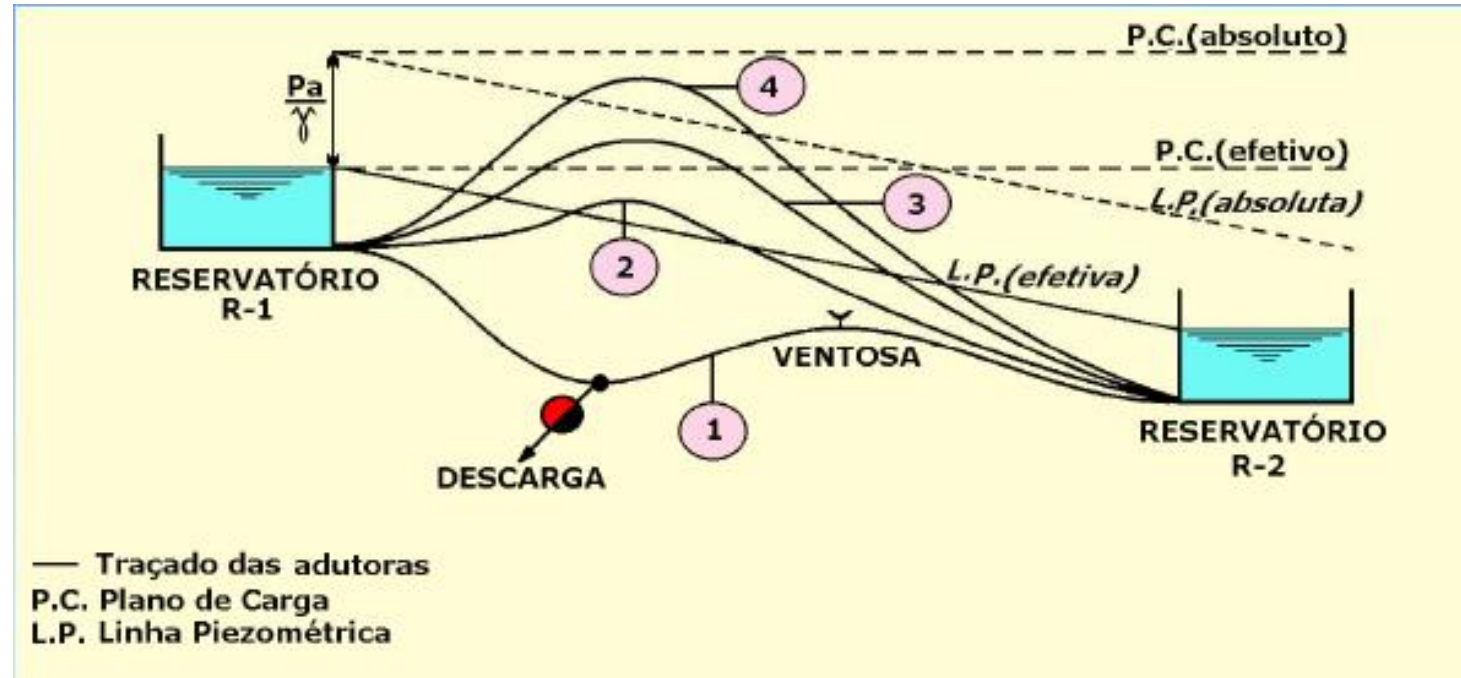
Nos problemas correntes, geralmente despreza-se a diferença existente entre as duas linhas (energética e piezométrica). Na prática, a velocidade da água é limitada.

Posição dos Encanamentos em relação à Linha de Carga

No casos gerais, podem ser considerados dois planos de carga: o **absoluto**, em que se considera a P.A., e o **efetivo**, referente ao nível de montante. Em correspondência, são consideradas a linha de carga absoluta e efetiva (essa última confundida com a linha piezométrica).

Traçado das Adutoras

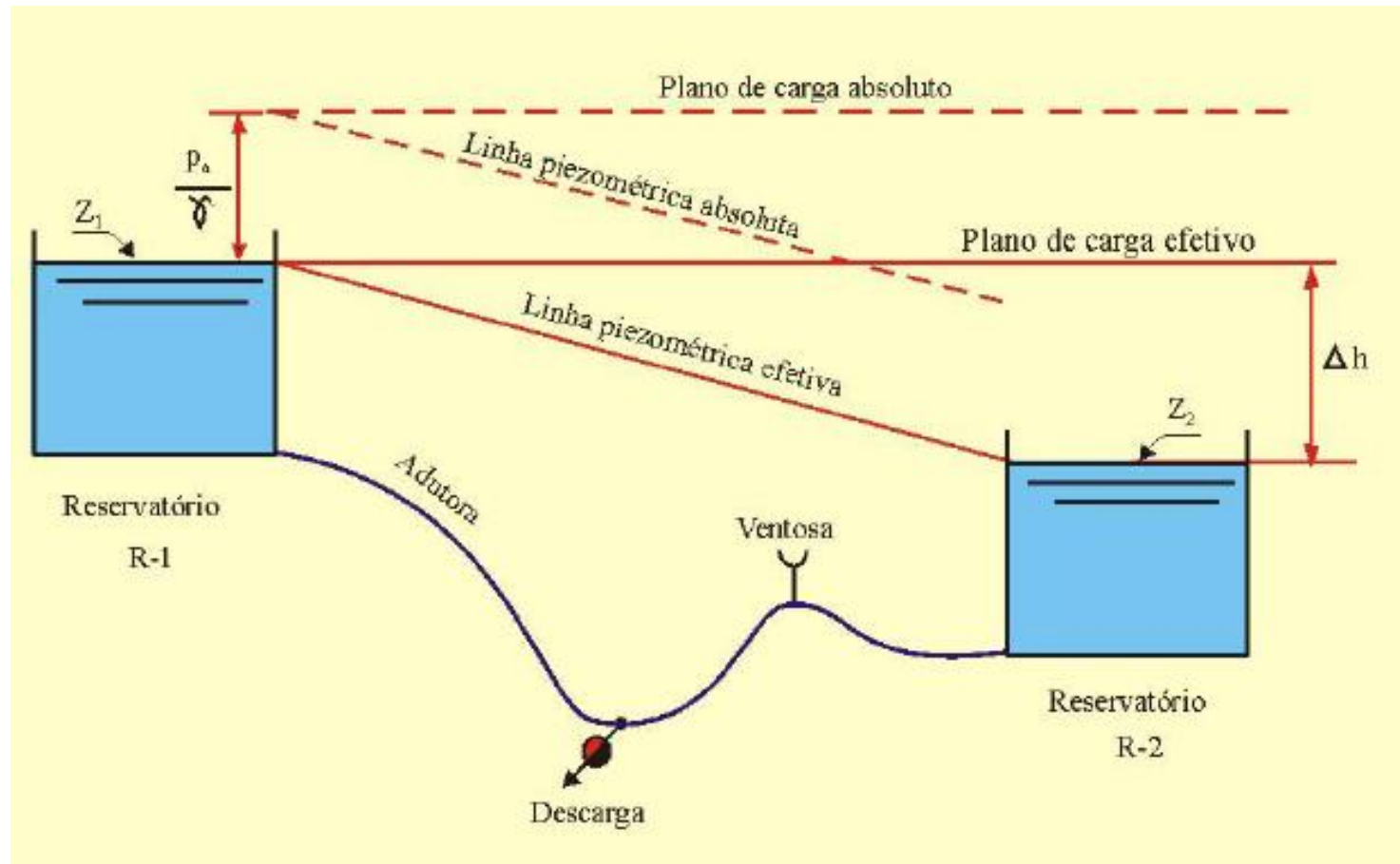
Traçado das adutoras por gravidade e a posição do plano de carga e da linha piezométrica



Ao se instalar uma tubulação por gravidade de um ponto ao outro, as conformações topográficas podem forçar o conduto a seguir perfis singulares, os quais devem ser confrontados com a disponibilidade energética do sistema adutor.

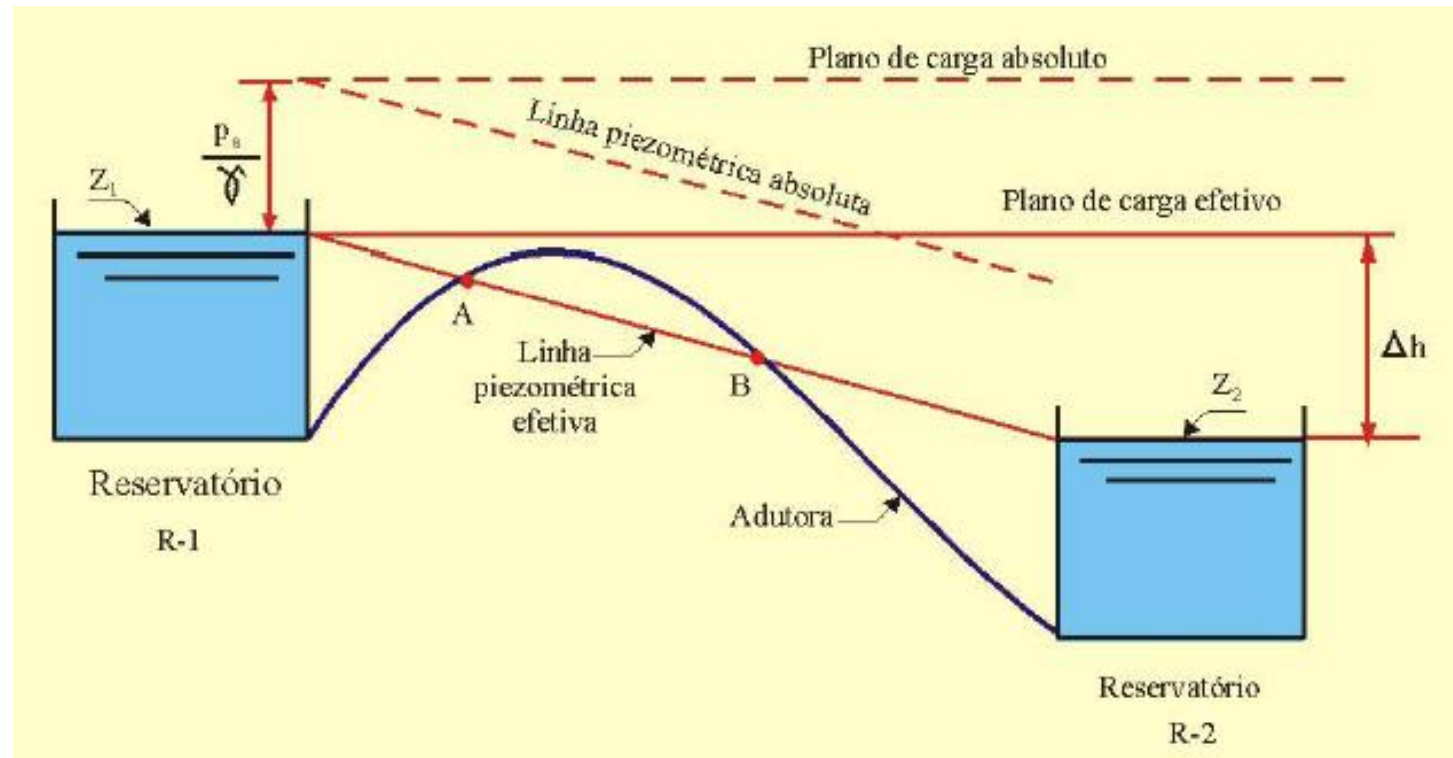
Traçado das Adutoras

Adutora por gravidade com tubulação assentada abaixo da linha piezométrica efetiva



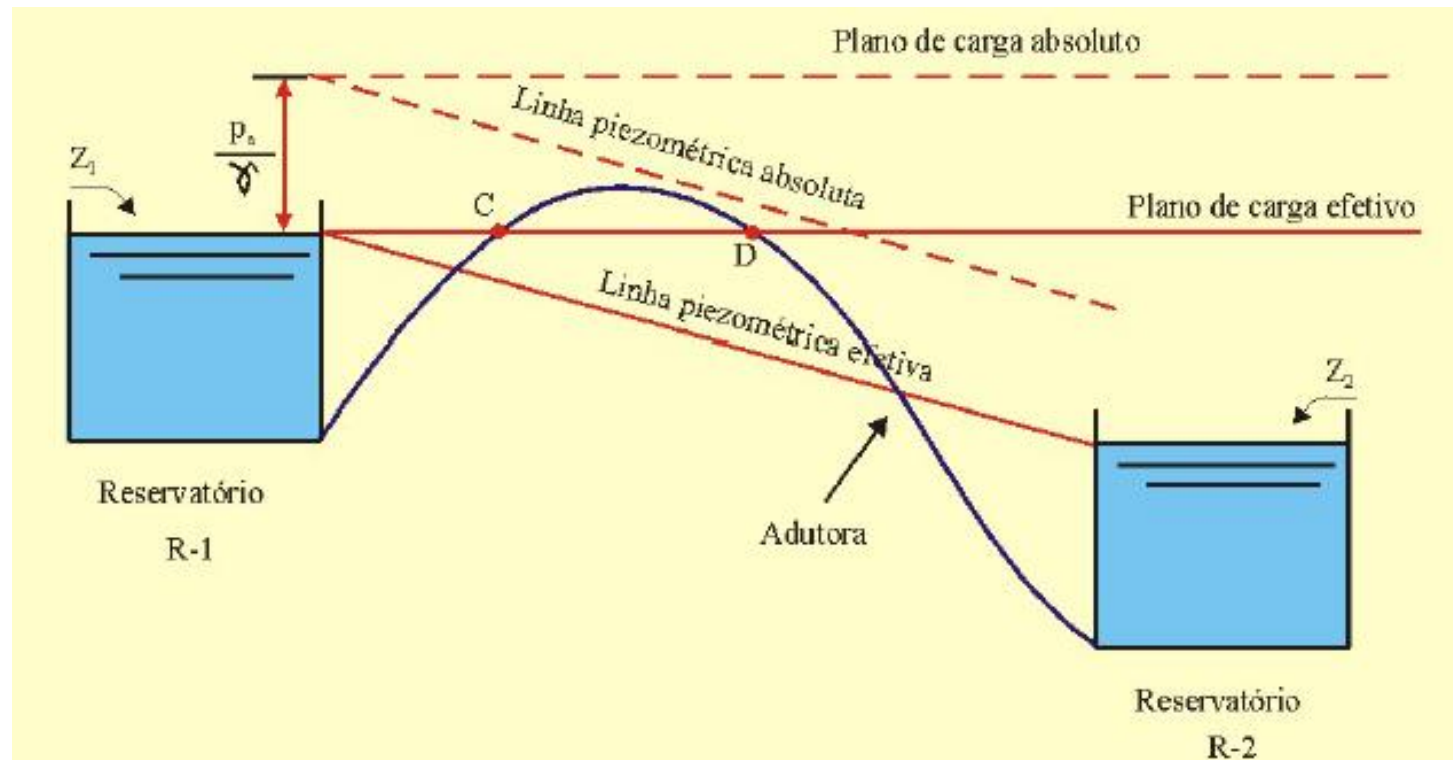
Traçado das Adutoras

Adutora por gravidade com trecho da tubulação abaixo da linha piezométrica absoluta, porém acima da piezométrica efetiva



Traçado das Adutoras

Adutora por gravidade com trecho da tubulação acima da linha piezométrica efetiva e plano de carga efetivo, porém abaixo da linha piezométrica absoluta



Recomendações para o Traçado das Adutoras

- Deve-se evitar traçado onde o terreno é rochoso, pantanoso e de outras características não adequadas;
- A adutora deve ser composta de trechos ascendentes com declividade não inferior a 0,2% e trechos descendentes com declividade não inferior a 0,3%, mesmo em terrenos planos;
- Quando a inclinação do conduto for superior a 25%, há necessidade de se utilizar blocos de ancoragem para dar estabilidade ao conduto;
- São recomendados os traçados que apresentam trechos ascendentes longos com pequena declividade, seguido de trechos descendentes curtos, com maior declividade;
- A linha piezométrica da adutora em regime permanente deve situar-se, em quaisquer condições de operação, acima da geratriz superior do conduto.