CINÉTICA DOS FLUIDOS

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Uniube

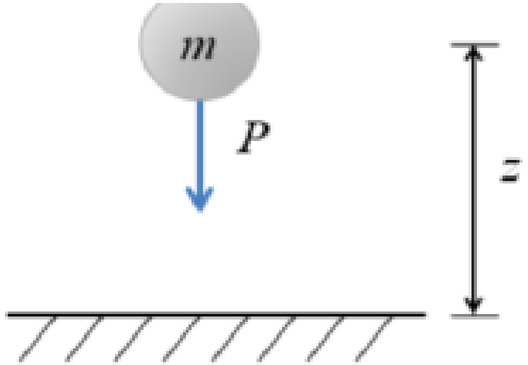
EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Uniube

Tipos de energia associadas a um fluido:

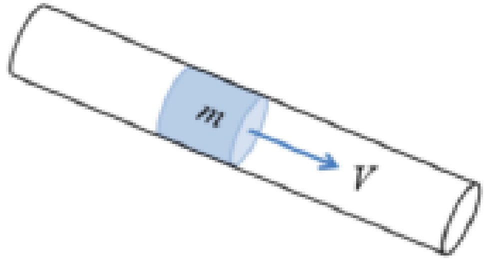
Energia Potencial:

E_p = m.g.z



Energia Cinética:

$E_c = \dfrac{m.v^2}{2}$

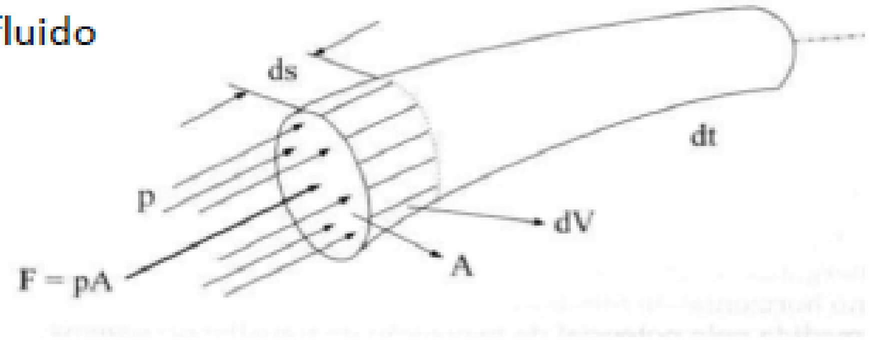


Energia da pressão hidrostática:

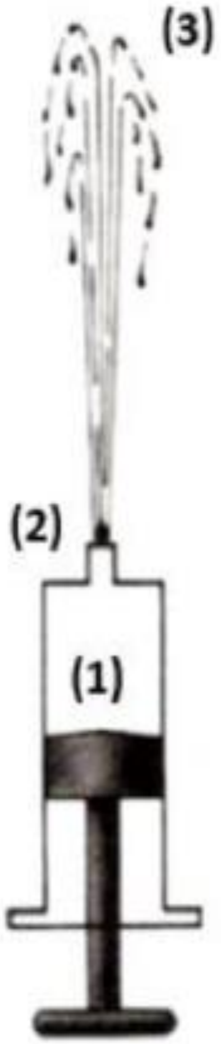
Essa energia corresponde ao trabalho potencial das forças de pressão que atuam no escoamento do fluido na tubulação

$$dw = F\,ds = p\,A\,ds = p\,dV, como\ dw = dE_{pr}$$

$$dE_{pr} = p\,dV \;\therefore\; E_{pr} = \int_V p\,dV$$



EQUAÇÃO DE BERNOULLI



	Tipos de Energia		
Ponto	**Potencial**	**Cinética**	**Pressão**
(1)	Zero	Pequena	Grande
(2)	Pequena	Grande	Zero
(3)	Grande	Zero	Zero

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Uniube

Equação de Bernoulli – Equação da conservação de energia escrita em função do balanço de massa e volume. Na equação de Bernoulli, são aplicadas as seguintes hipóteses simplificadoras:

- Energia total permanece constante;
- O fluido escoa em Regime Permanente;
- Não há bombas ou turbinas no caminho para acrescentar ou retirar energia do sistema;
- Trata - se de um fluido ideal, ou seja, não há perdas por atrito no escoamento;
- O fluido deve ser considerado incompressível;
- Não há trocas de calor com o meio externo.

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Em um intervalo de tempo dt, uma massa infinitesimal dm_1 da seção (1) apresenta a Energia:

$$dE_1 = dm_1.g.z_1 + \frac{dm_1.v_1^2}{2} + p_1.dV_1$$

Na seção (2), uma massa infinitesimal dm_2 apresenta a Energia:

$$dE_2 = dm_2.g.z_2 + \frac{dm_2.v_2^2}{2} + p_2.dV_2$$

Pelas hipóteses adotadas, não há variação de energia no fluido, o que implica que:

$$dE_1 = dE_2$$

$$dm_1.g.z_1 + \frac{dm_1.v_1^2}{2} + p_1.dV_1 = dm_2.g.z_2 + \frac{dm_2.v_2^2}{2} + p_2.dV_2$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Pelas hipóteses adotadas, não há variação de energia no fluido, o que implica que:

$$dE_1 = dE_2$$

$$dm_1 . g . z_1 + \frac{dm_1 . v_1^2}{2} + p_1 . dV_1 = dm_2 . g . z_2 + \frac{dm_2 . v_2^2}{2} + p_2 . dV_2$$

Como $\rho = \frac{dm}{dV}$, tem-se que dV = $\frac{dm}{\rho}$, assim:

$$dm_1 . g . z_1 + \frac{dm_1 . v_1^2}{2} + \frac{p_1 . dm_1}{\rho_1} = dm_2 . g . z_2 + \frac{dm_2 . v_2^2}{2} + \frac{p_2 . dm_2}{\rho_2}$$

Como o fluido é incompressível: $\rho_1 = \rho_2$, e como o regime é permanente: $dm_1 = dm_2$, assim:

$$g . z_1 + \frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = g . z_2 + \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Uniube

Lembrando que $\gamma = \rho . g$, e dividindo a equação por g:

$$\boxed{z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2.g} + \frac{p_2}{\gamma}}$$

Equação de Bernoulli

Onde:

$z \Rightarrow$ Carga de posição

$\frac{v^2}{2.g} \Rightarrow$ Carga de velocidade

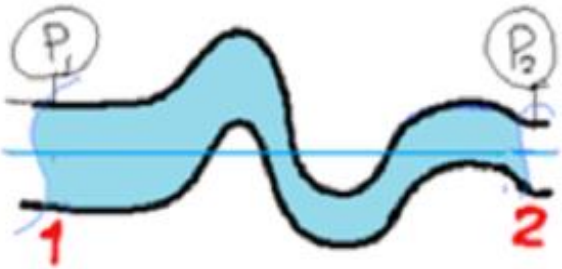
$\frac{p}{\gamma} \Rightarrow$ Carga de pressão

Energia por unidade de peso
Cargas em metros (m)

Uniube

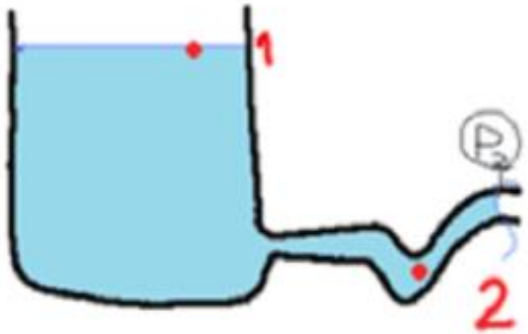
Casos especiais

a) Mesmas cotas (alturas);



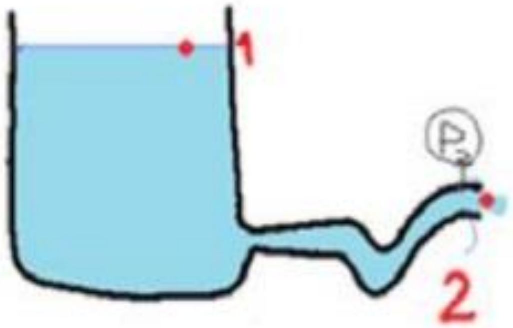
$$\cancel{z_1} + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \cancel{z_2} + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

b) Reservatório de grandes dimensões;



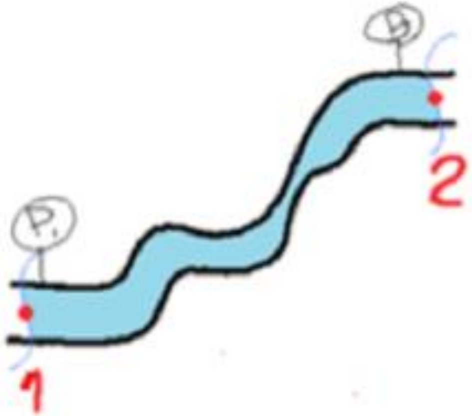
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

c) Reservatório aberto a 1 atm de pressão;



$$z_1 + \cancel{\frac{p_1}{\gamma}} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \cancel{\frac{p_2}{\gamma}} + \frac{V_2^2}{2g}$$

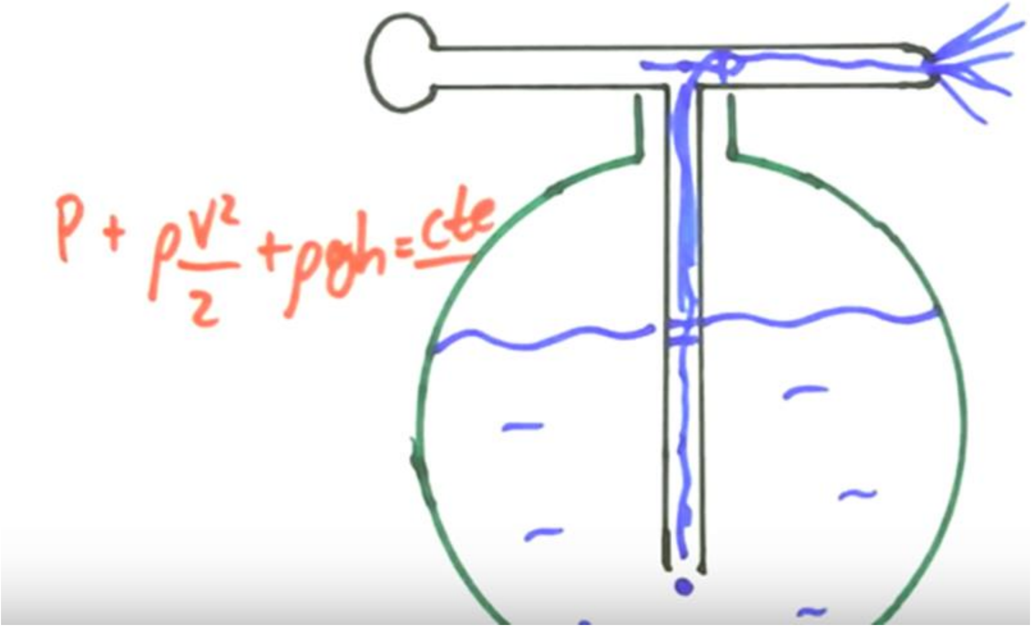
d) Tubos com o mesmo diâmetro e vazões iguais;



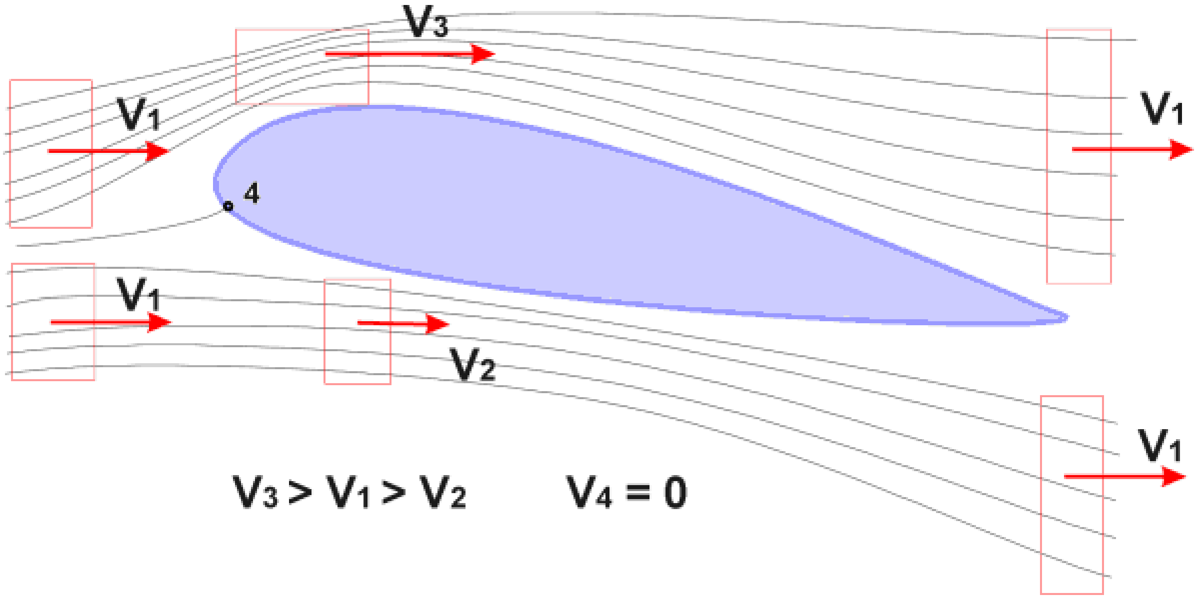
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}}$$

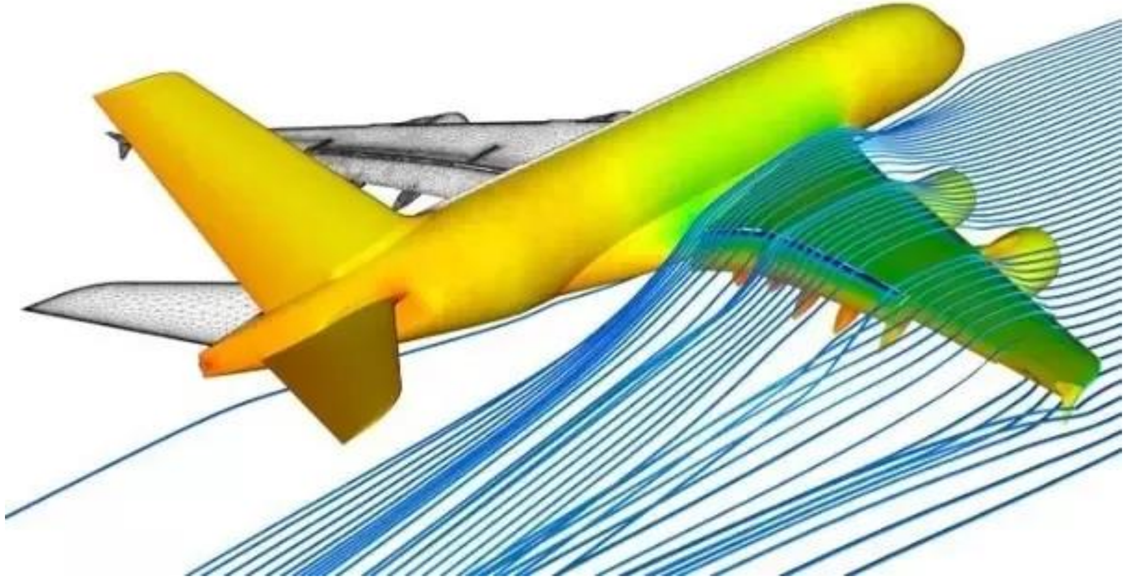
EQUAÇÃO DE BERNOULLI

$$\boxed{z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2.g} + \frac{p_2}{\gamma}}$$



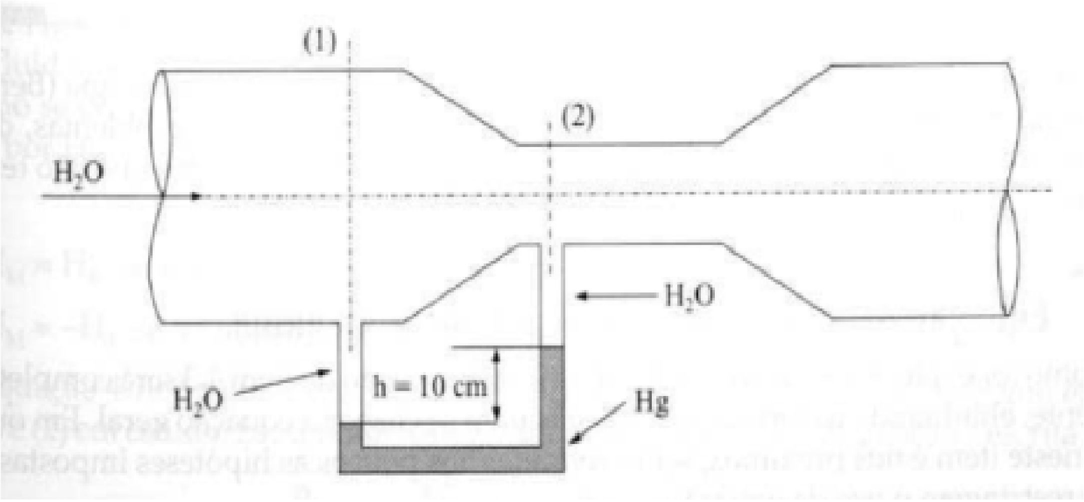
EQUAÇÃO DE BERNOULLI





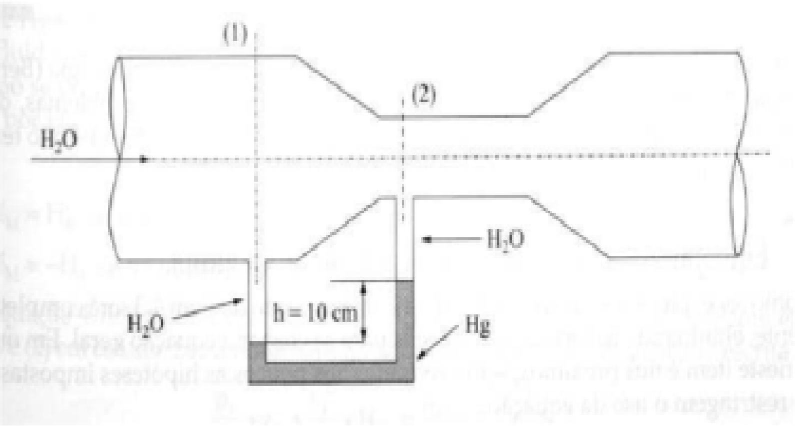
Exercício – exemplo 1

Água escoa em regime permanente no Venturi da figura. No trecho considerado, supõem-se as perdas por atrito desprezíveis e as propriedades uniformes nas seções. A área (1) é 20 cm², enquanto a da garganta (2) é 10 cm². Um manômetro cujo fluido manométrico é mercúrio ($\gamma_{Hg} = 136.000\ N/m^3$) é ligado entre as seções (1) e (2) e indica o desnível mostrado na figura. Pede-se a vazão da água que escoa pelo Venturi. ($\gamma_{Água} = 10.000\ N/m^3$)



EQUAÇÃO DE BERNOULLI

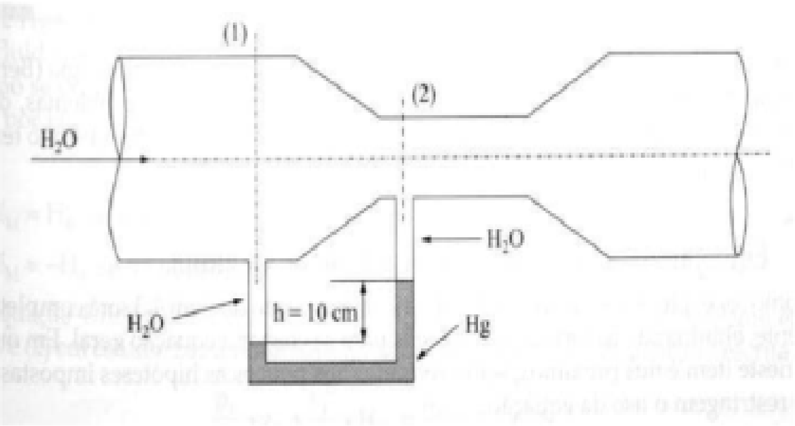
Uniube



Da eq. de Bernoulli, tem-se:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2.g} + \frac{p_2}{\gamma}$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI



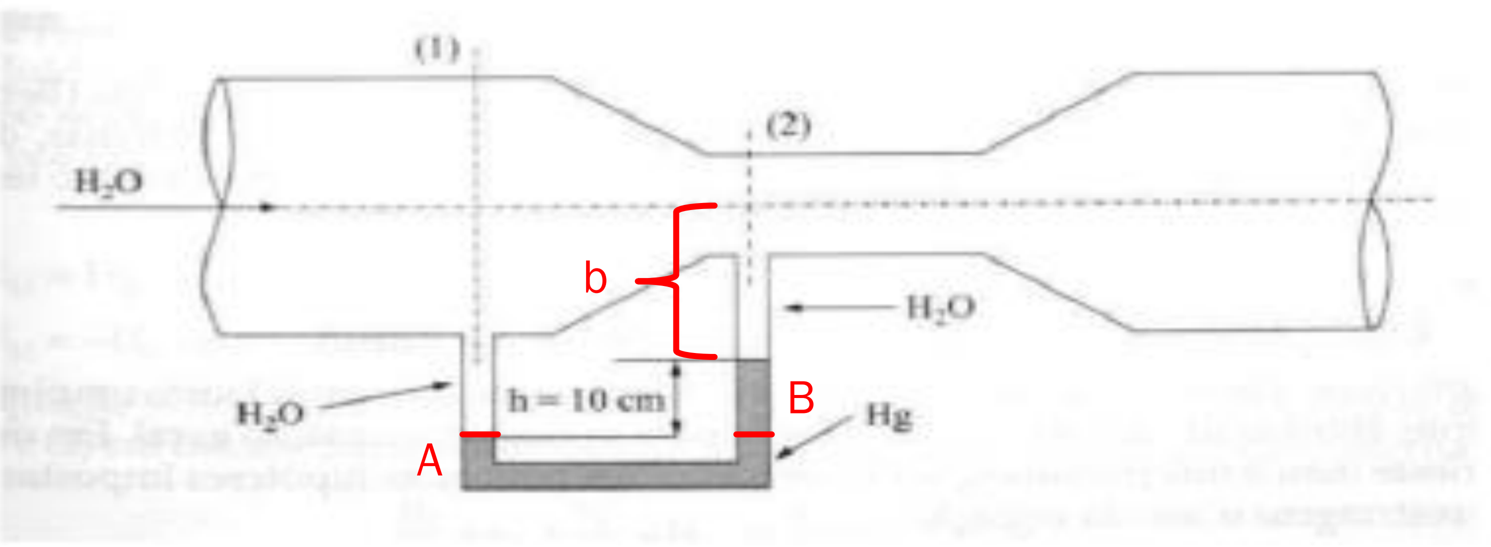
Da eq. de Bernoulli, tem-se:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2.g} + \frac{p_2}{\gamma}$$

Os centros geométricos da seções (1) e (2) encontram-se na mesma cota z, assim:

$$\frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2.g} + \frac{p_2}{\gamma}, \text{ou seja: } \frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI



$P_A = P_B$

$P_A = P_1 + \rho_{H2O}\, gb + \rho_{H2O}\, gh$

$P_B = P_2 + \rho_{H2O}\, gb + \rho_{Hg}\, gh$

$P_1 + \rho_{H2O}\, gb + \rho_{H2O}\, gh = P_2 + \rho_{H2O}\, gb + \rho_{Hg}\, gh$

$P_1 + \rho_{H2O}\, gh = P_2 + \rho_{Hg}\, gh$

$P_1 - P_2 = \rho_{Hg}\, gh - \rho_{H2O}\, gh$

O segundo termo pode ser determinado pelo manômetro instalado:

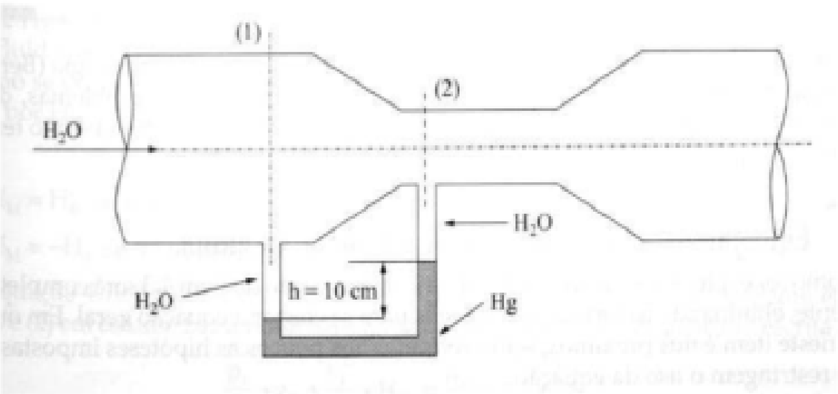
$$p_1 - p_2 = (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}).h$$

$$p_1 - p_2 = (136000 - 10000).0{,}1$$

$$p_1 - p_2 = 12600\,Pa$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Solução



O segundo termo pode ser determinado pelo manômetro instalado:

$$p_1 - p_2 = (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}).h$$

$$p_1 - p_2 = (136000 - 10000).0,1$$

$$p_1 - p_2 = 12600\ Pa$$

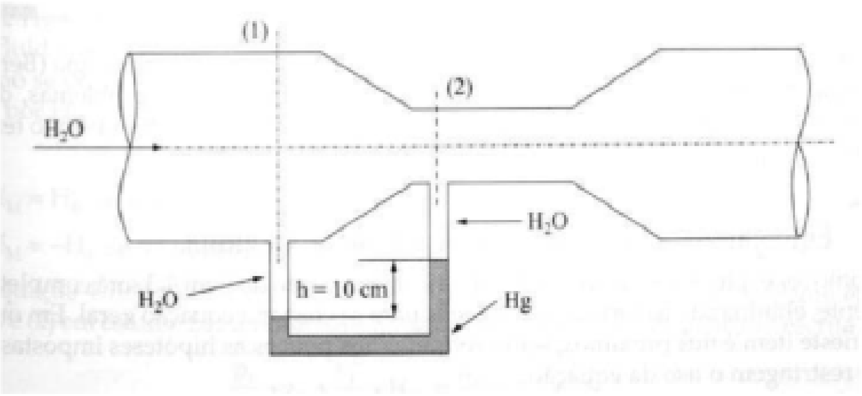
Logo: $$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2.g} = \frac{12600\ Pa}{10000\ N/m^3} = 1,26\ m$$

Adotando g = 10 m/s²: $v_2^2 - v_1^2 = 25,20\ m^2/s^2$

Da eq. da continuidade $v_1.\ A_1 = v_2\ .A_2$ ou seja $v_1 = v_2\ .\frac{A_2}{A_1} = \frac{v_2}{2}$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Solução



Assim, tem-se que:

$$v_2^2 - \frac{v_2^2}{4} = 25{,}20\ m^2/s^2$$

$$\frac{4v_2^2 - v_2^2}{4} = 25{,}20\ m^2/s^2$$

$$v_2^2 = 33{,}60\ m^2/s^2$$

$$v_2 = \sqrt{33{,}60\ m^2/s^2} = 5{,}8\ m/s$$

Como $Q = A_2.v_2$:

$$Q = 5{,}8\frac{m}{s}.10.10^{-4}\ m^2 = 5{,}8\,.\frac{10^{-3}m^3}{s} = 5{,}8\ L/s$$

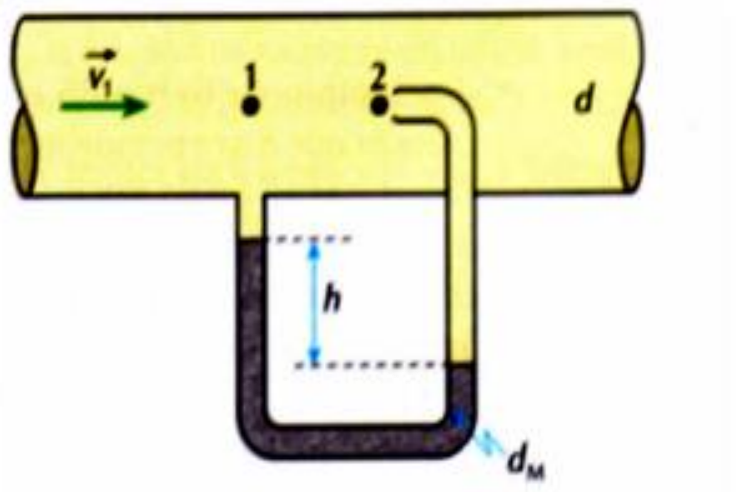
EQUAÇÃO DE BERNOULLI

TUBO DE PITOT: Muito utilizado para medir a velocidade de um fluido ou a velocidade de um móvel de deslocando em um fluido.

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Uniube

Tubo de Pitot



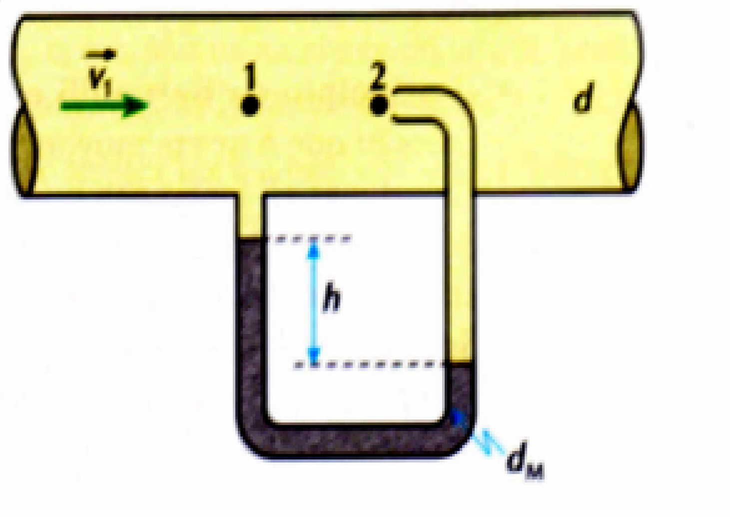
Da eq. de Bernoulli, tem-se:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2.g} + \frac{p_2}{\gamma}$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Uniube

Tubo de Pitot



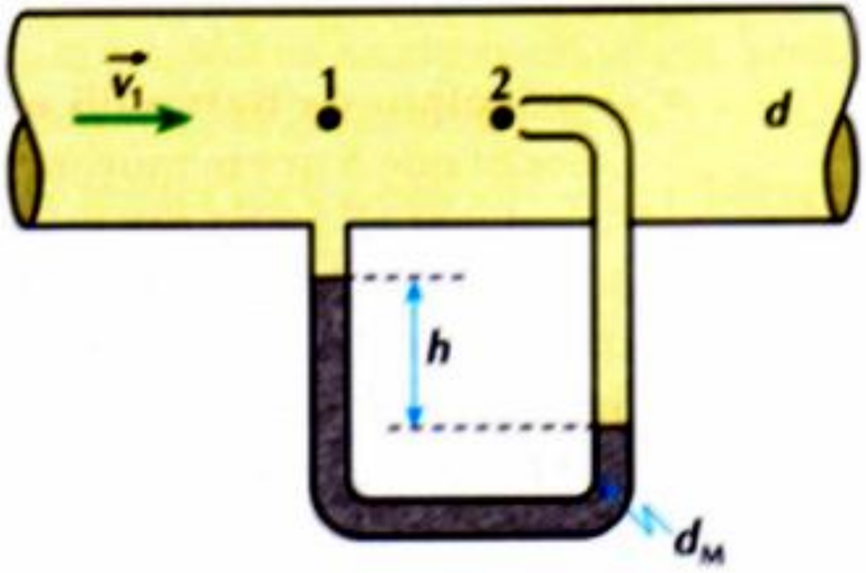
Da eq. de Bernoulli, tem-se:

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2.g} + \frac{p_2}{\gamma}$$

Os centros geométricos da seções (1) e (2) encontram-se na mesma cota z e a velocidade em (2) é zero, assim:

$$\frac{v_1^2}{2.g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma}, \text{ou seja: } \frac{v_1^2}{2.g} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma}$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI



Pelo manômetro pode se determinar a diferença de pressão:

$$p_2 - p_1 = h\,(\gamma_m - \gamma)$$

Logo:

$$v_1^2 = \frac{2.g.h\,(\gamma_m - \gamma)}{\gamma}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2.g.h\,(\gamma_m - \gamma)}{\gamma}}$$

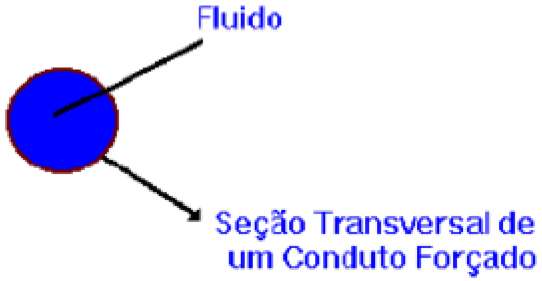
Ou ainda:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2.g.h\,(d_m - d)}{d}}$$

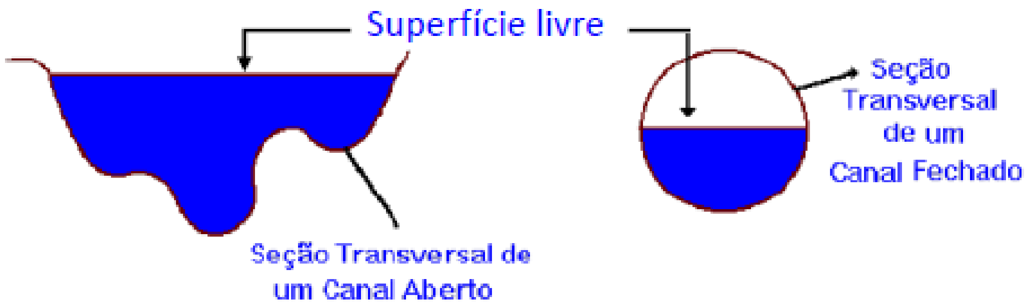
PERDA DE CARGA

Condutos podem ser definidos como toda estrutura sólida destinada ao transporte de um fluido, líquido ou gás.

Conduto forçado: toda a face interna do conduto está em contato com o fluido em movimento, não apresentando nenhuma superfície livre. Ex.: Tubulações de sucção e recalque, oleodutos, gasodutos.



Conduto Livre: apenas parcialmente a face do conduto está em contato com o fluido em movimento. Ex.: esgotos, calhas, leitos de rios.



RAIO E DIÂMETRO HIDRÁULICO

Raio hidráulico

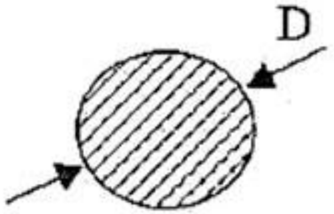
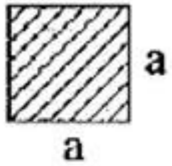
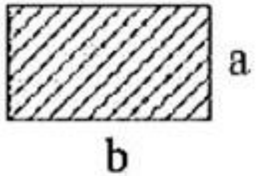
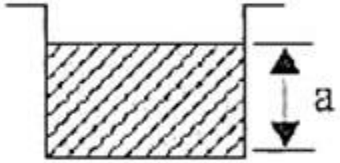
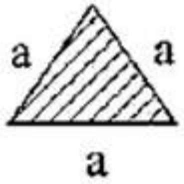
$$R_H = \frac{A}{\sigma}$$

σ = é o perímetro molhado ou trecho do perímetro, da seção de área A, em que o fluido está em contato com a parede do conduto.

Diâmetro hidráulico

$$D_H = 4R_H$$

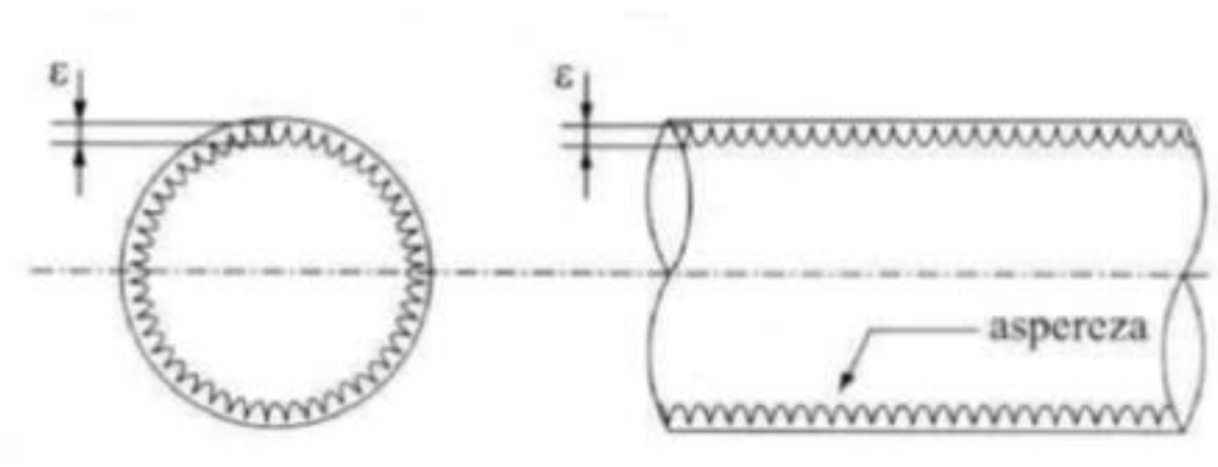
$$A = \frac{\pi D^2}{4} \qquad R_H = \frac{\pi D^2}{4 \cdot \pi \cdot D} = \frac{D}{4} \qquad D_H = 4R_H = 4\frac{D}{4} = D$$

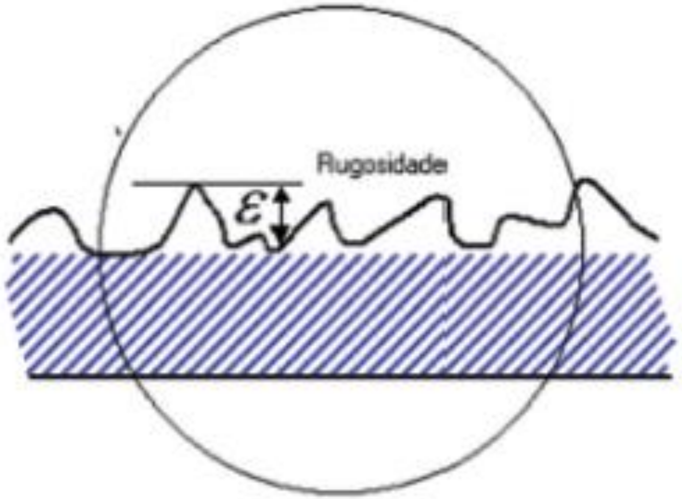
	A	σ	R_H	D_H
	$\frac{\pi D^2}{4}$	πD	$\frac{D}{4}$	D
	a^2	$4a$	$\frac{a}{4}$	a
	ab	$2(a+b)$	$\frac{ab}{2(a+b)}$	$\frac{2ab}{(a+b)}$
	ab	$2a+b$	$\frac{ab}{2a+b}$	$\frac{4ab}{2a+b}$
	$\frac{a^2\sqrt{3}}{4}$	$3a$	$\frac{a\sqrt{3}}{12}$	$\frac{a\sqrt{3}}{3}$

RUGOSIDADE UNIFORME (ε)

As asperezas nas paredes internas de um conduto influenciam na perda de carga do fluido em escoamento. Em geral as asperezas não são uniformes, neste instante, supõe-se que as asperezas sejam uniformes.

A altura uniforme das asperezas será indicada por ε e denominada **rugosidade uniforme**.





RUGOSIDADE UNIFORME (ε)

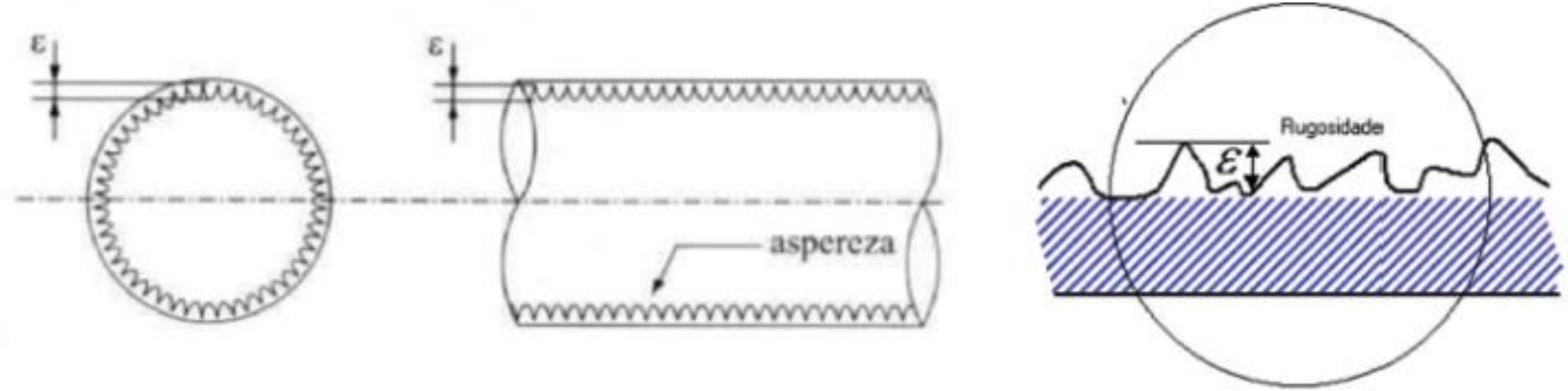
Para efeito do estudo das perdas de carga no escoamento de fluidos:

Não dependem diretamente de ε ;

Dependem do quociente:

$$\frac{D_H}{\varepsilon}$$

Chamado '**rugosidade reativa'**



PERDA DE CARGA

Material	Rugosidade absoluta ε (mm)
Aço, revestimento asfalto quente.	0,3 a 0,9
Aço, revestimento esmalte centrifugado.	0,011 a 0,06
Aço enferrujado ligeiramente	0,15 a 0,3
Aço enferrujado	0,4 a 0,6
Aço muito enferrujado	0,9 a 2,4
Ferro galvanizado novo, com costura.	0,15 a 0,2
Ferro galvanizado novo, sem costura.	0,06 a 0,15
Ferro fundido revestido com asfalto	0,12 a 0,20
Ferro fundido com crostas	1,5 a 3,0
PVC e Cobre	0,015
Cimento-amianto novo	0,05 a 0,10

NÚMERO DE REYNOLDS: Razão entre as forças de inércia de um elemento fluido e os efeitos viscosos no elemento.

$$\mathrm{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

$D =$ diâmetro da tubulação [m]

$v =$ velocidade de escoamento do fluido [m.s^{-1}]

$\rho =$ massa específica [kg.m^{-3}]

$\mu =$ viscosidade dinâmica [Pa.s]

Uniube

NÚMERO DE REYNOLDS: Razão entre as forças de inércia de um elemento fluido e os efeitos viscosos no elemento.

$$\mathrm{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

Re < 2000 – Escoamento Laminar;

2000 < Re < 2400 – Escoamento de transição;

Re > 2400 – Turbulento;

PERDA DE CARGA

1 – Determine a adimensionalidade de Reynolds no Sistema Internacional:

$$\mathrm{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

$$\mathrm{Re} = m.\frac{m}{s}.\frac{kg}{m^3}.\frac{1}{Pa.s}$$

$$\mathrm{Re} = m.\frac{m}{s}.\frac{kg}{m^3}.\frac{m^2}{N.s}$$

$$\mathrm{Re} = m.\frac{m}{s}.\frac{kg}{m^3}.\frac{m^2.s^2}{kg.m.s}$$

$$\mathrm{Re} = [-]$$

2 – Para cada caso, apresente qual o regime de escoamento:

a) Tubulação de 3 in; escoamento a 0,5m/s; fluido é água 20°C

b) Tubulação de 1 in; vazão de 0,0001 m³/s; fluido é água a 20°C

$$\mathrm{Re} = \frac{Dv\rho}{\mu}$$

$$\rho_{\mathrm{H_2 0}}(20°C) = 998,2\,\frac{kg}{m^3}$$

$$\mu_{\mathrm{H_2 0}}(20°C) = 1,002.10^{-3}\,Pa.s$$

CINÉTICA DOS FLUIDOS

PERDA DE CARGA

Uniube

PERDAS DE CARGA

Perdas de carga distribuída (h_f) – a que acontece ao longo de tubos retos, devido ao atrito das partículas de fluido entre si.

Perdas de carga localizada ou singular (h_s) – devido as peças que provocam perturbações bruscas no escoamento, como válvulas, curvas, cotovelos, reduções, medidores, etc.

Se o fluido fosse ideal:

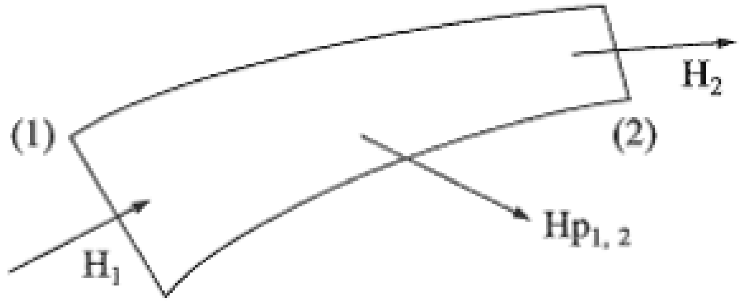
$$H_1 = H_2$$

Como há perdas:

$$H_1 > H_2$$

Ou ainda:

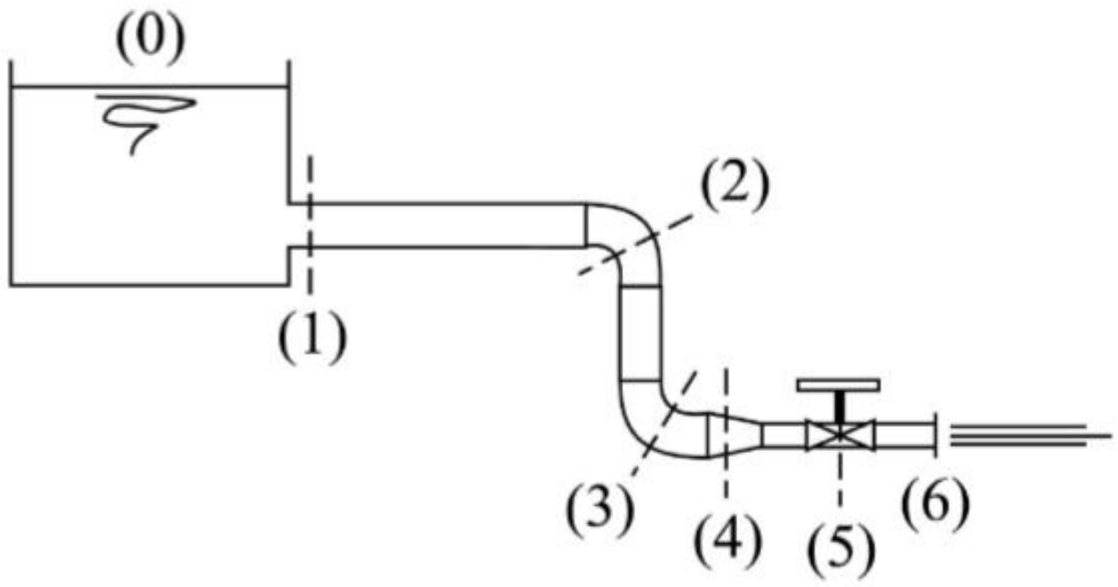
$$H_1 = H_2 + H_{p1,2}$$

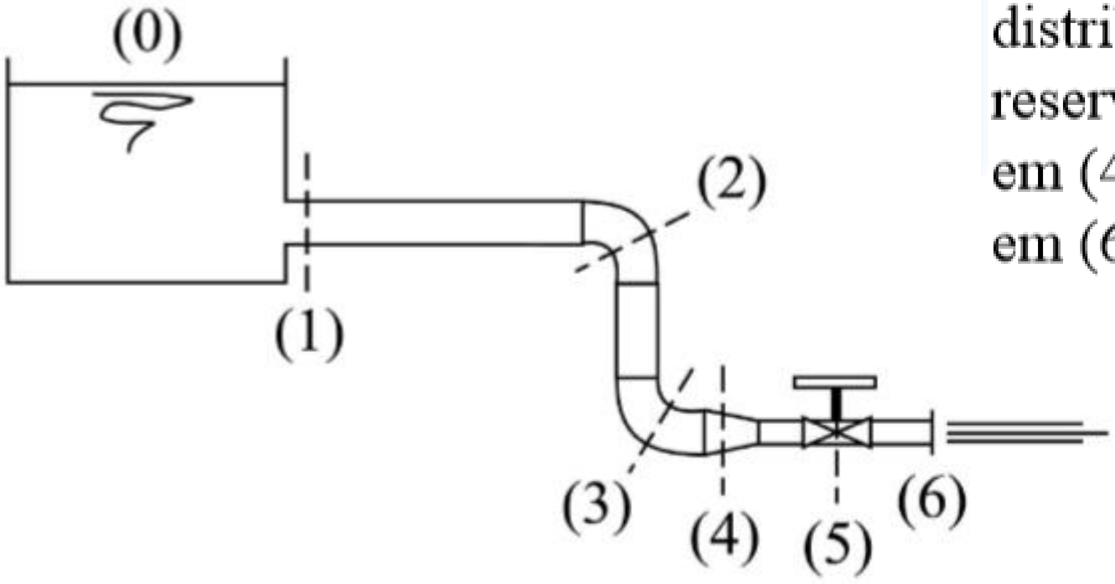


$$\boxed{H_{p1,2} = h_f + h_s}$$

Perdas de carga distribuída (h_f) – a que acontece ao longo de tubos retos, devido ao atrito das partículas de fluido entre si.

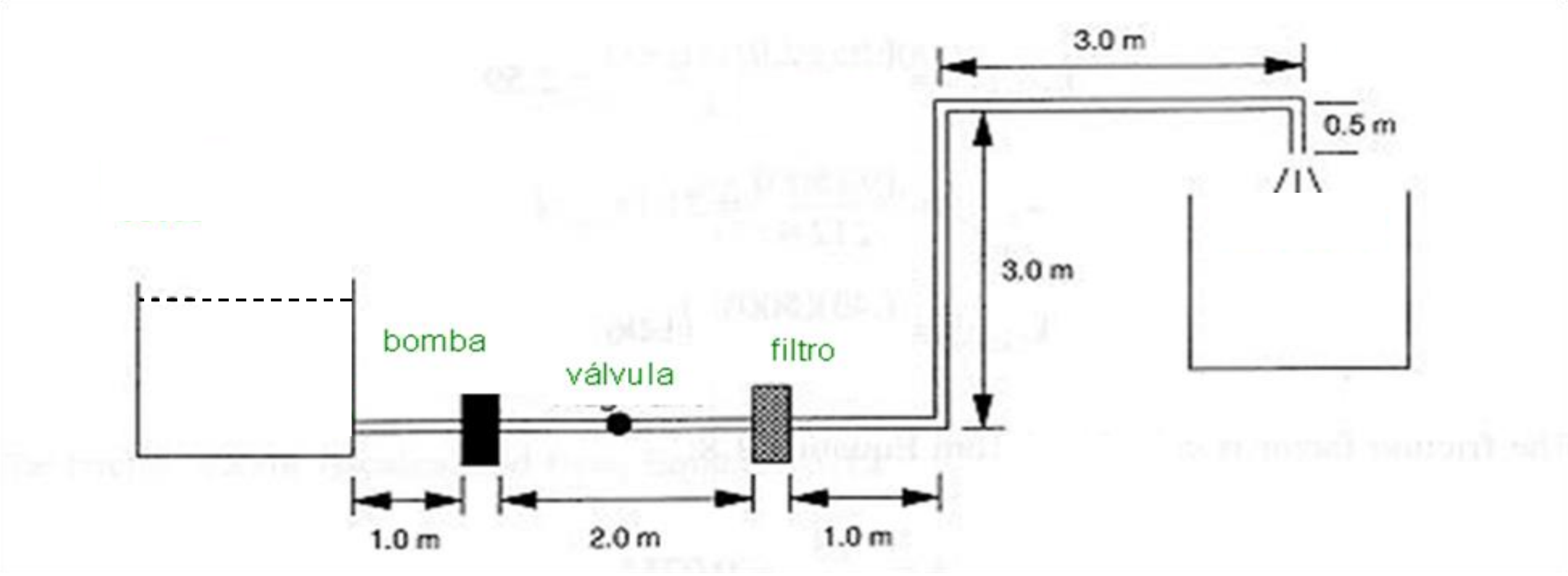
Perdas de carga localizada ou singular (h_s) – devido as peças que provocam perturbações bruscas no escoamento, como válvulas, curvas, cotovelos, reduções, medidores, etc.


(0)
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)

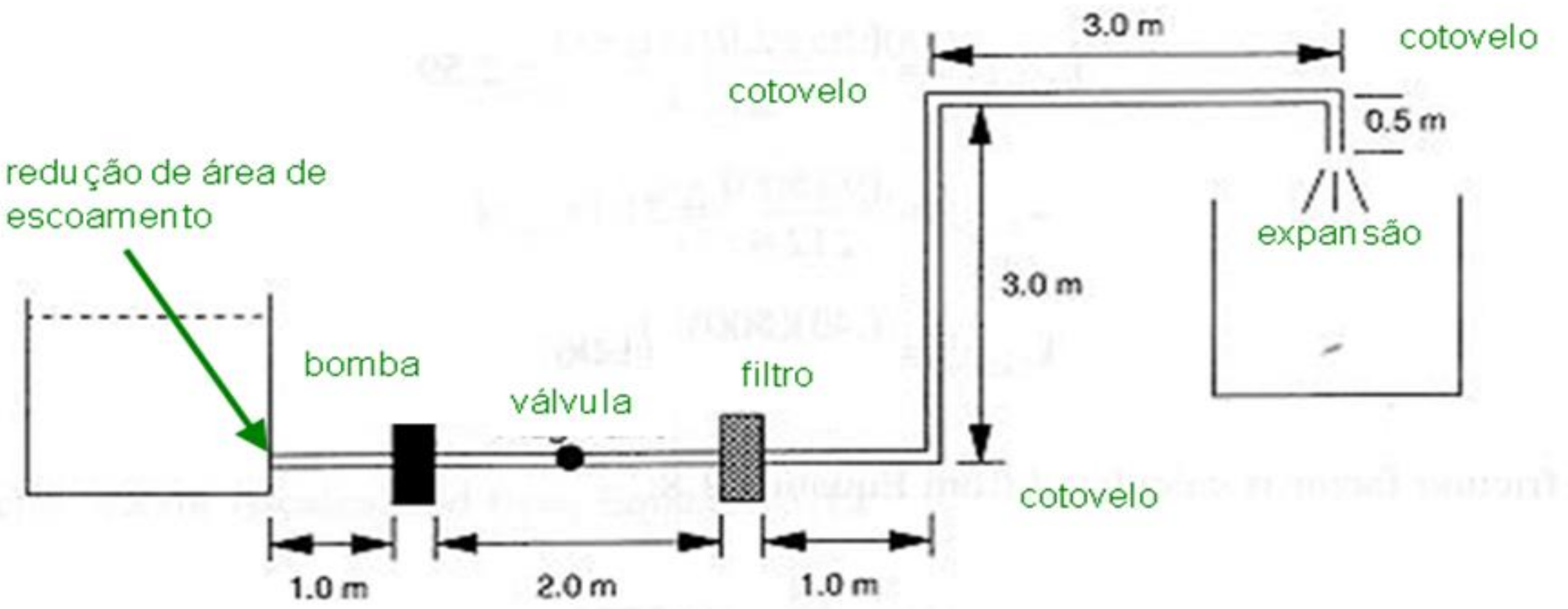


Na figura, entre (1) e (2) e (2) e (3) temos perdas distribuidas. Em (1) temos uma saida de reservatório, em (2) um cotovelo, em (3) uma curva, em (4) uma redução gradual, em (5) um registro e em (6) uma saída de jato livre.

Determine a quantidade e os locais de perda de carga distribuída e localizada na imagem abaixo.



Determine a quantidade e os locais de perda de carga distribuída e localizada na imagem abaixo.



Seis trechos com perda de carga distribuída – Valor total de 10,5m.

PERDAS DE CARGA

Perdas de carga distribuída (h_f) – a que acontece ao longo de tubos retos, devido ao atrito das partículas de fluido entre si.

$$\boxed{h_f = f.\frac{L}{D_H}\frac{v^2}{2.g}}$$

Onde: $f = coefiente\ de\ perda\ de\ carga\ distribuída;$

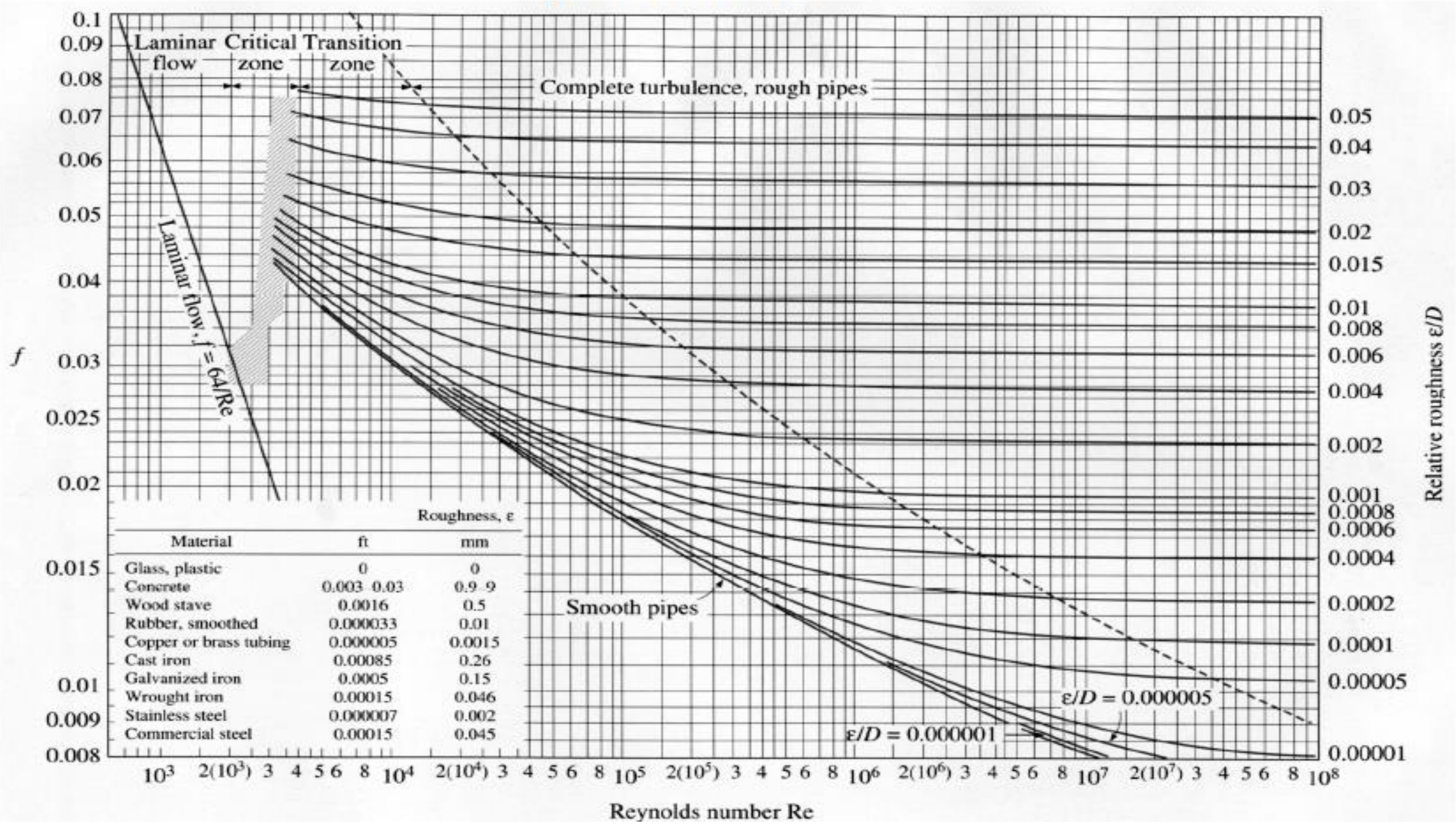
L = comprimento;

D_H = diâmetro hidráulico;

v = velocidade;

g = aceleração da gravidade.

Diagrama de Moody



Material	Roughness, ε ft	Roughness, ε mm
Glass, plastic	0	0
Concrete	0.003–0.03	0.9–9
Wood stave	0.0016	0.5
Rubber, smoothed	0.000033	0.01
Copper or brass tubing	0.000005	0.0015
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.15
Wrought iron	0.00015	0.046
Stainless steel	0.000007	0.002
Commercial steel	0.00015	0.045

Diagrama de Moody

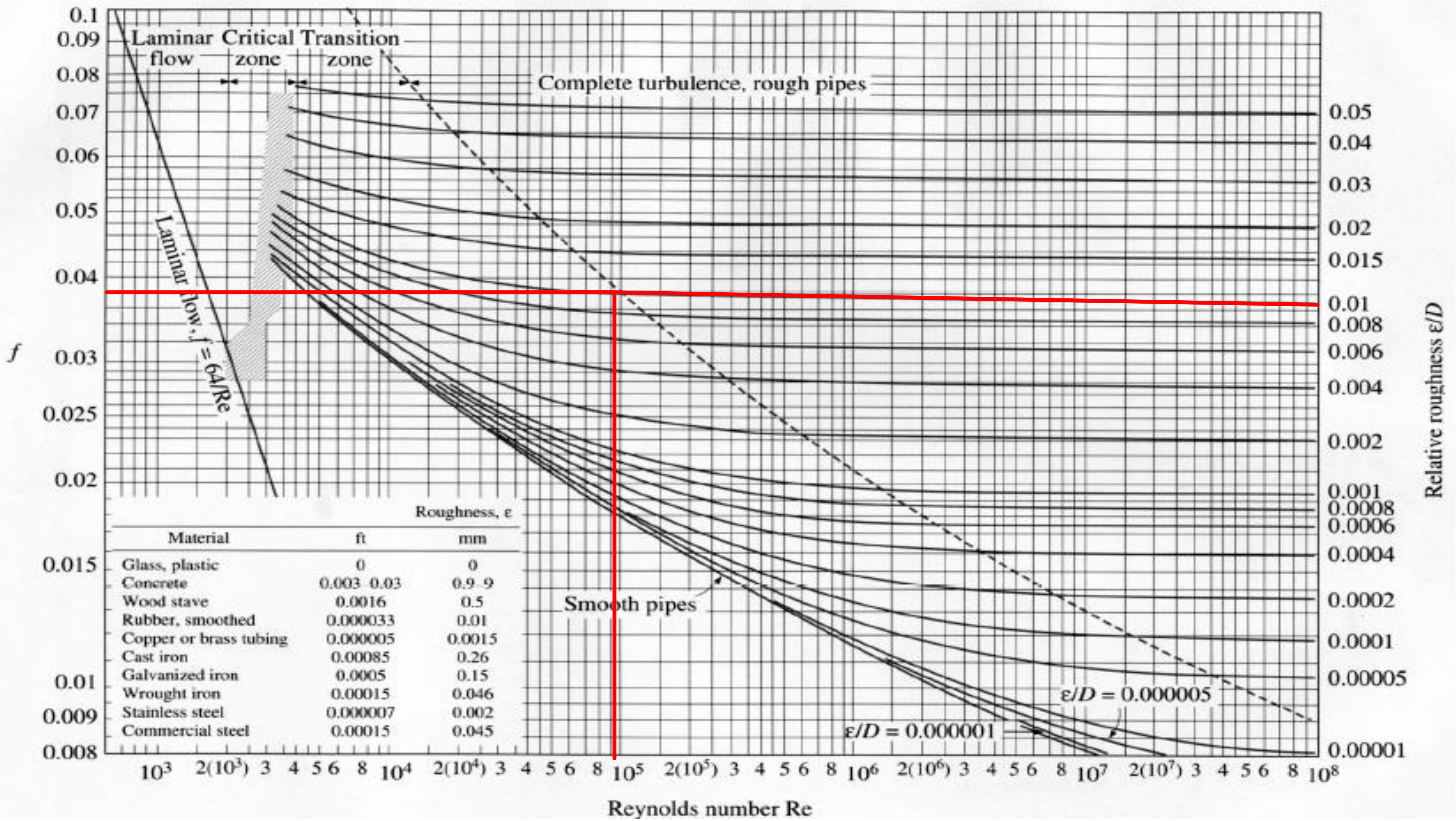


DIAGRAMA DE MOODY

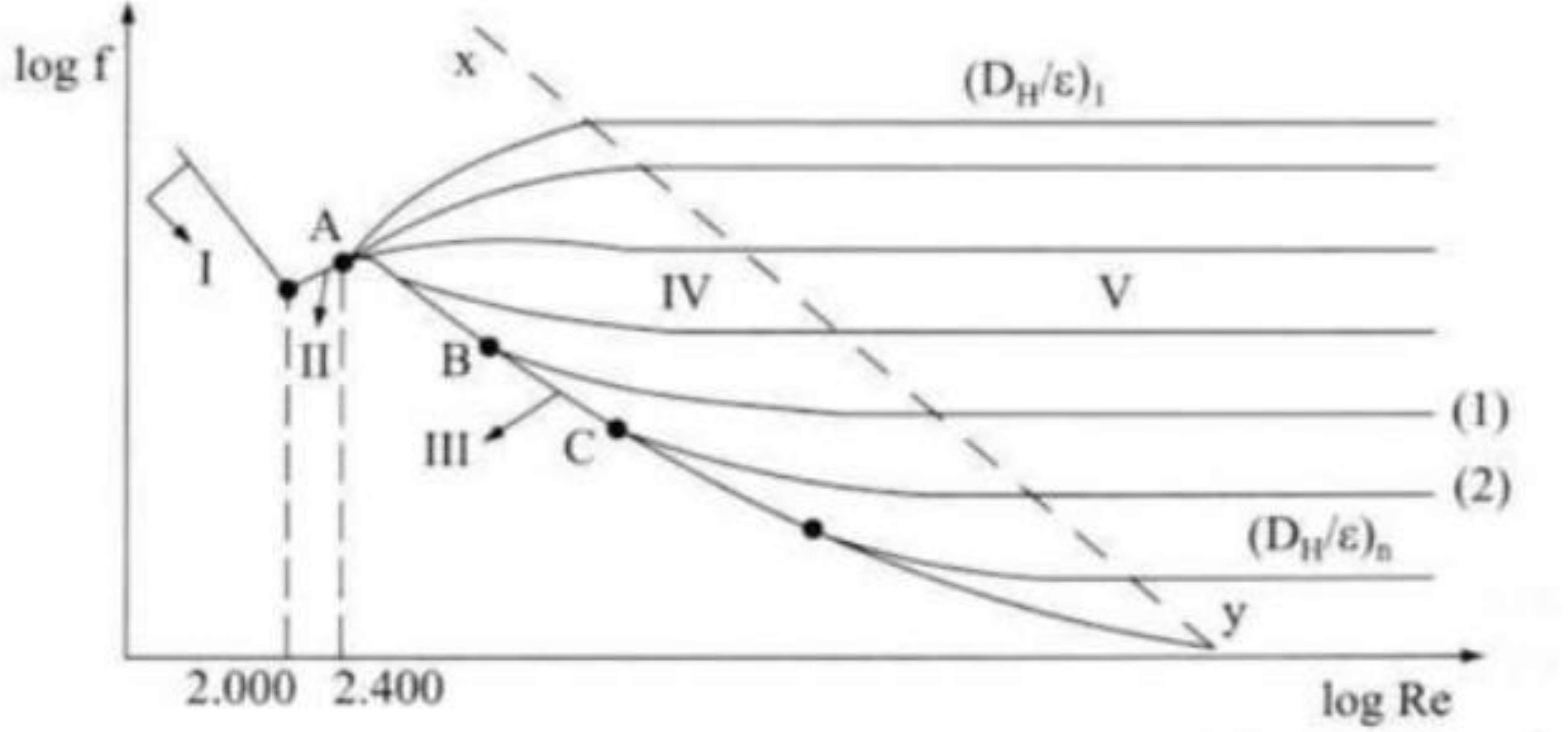


DIAGRAMA DE MOODY

Região (I): Re < 2000 (Escoamento laminar)

O fator de atrito **independe da rugosidade**.

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

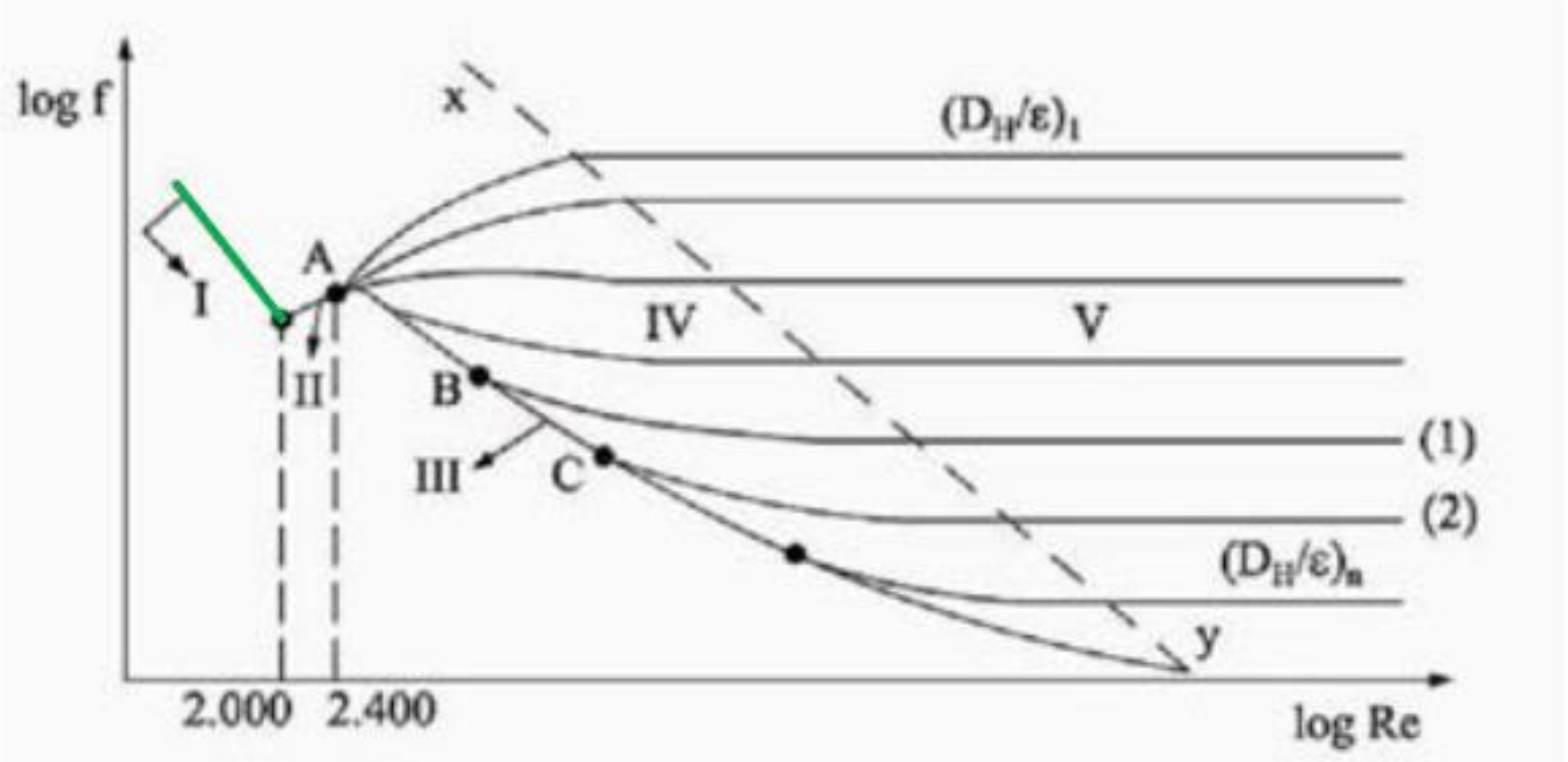


DIAGRAMA DE MOODY

Região (II): 2000 < Re < 2400

Região Crítica onde o valor de **f não fica caracterizado**.

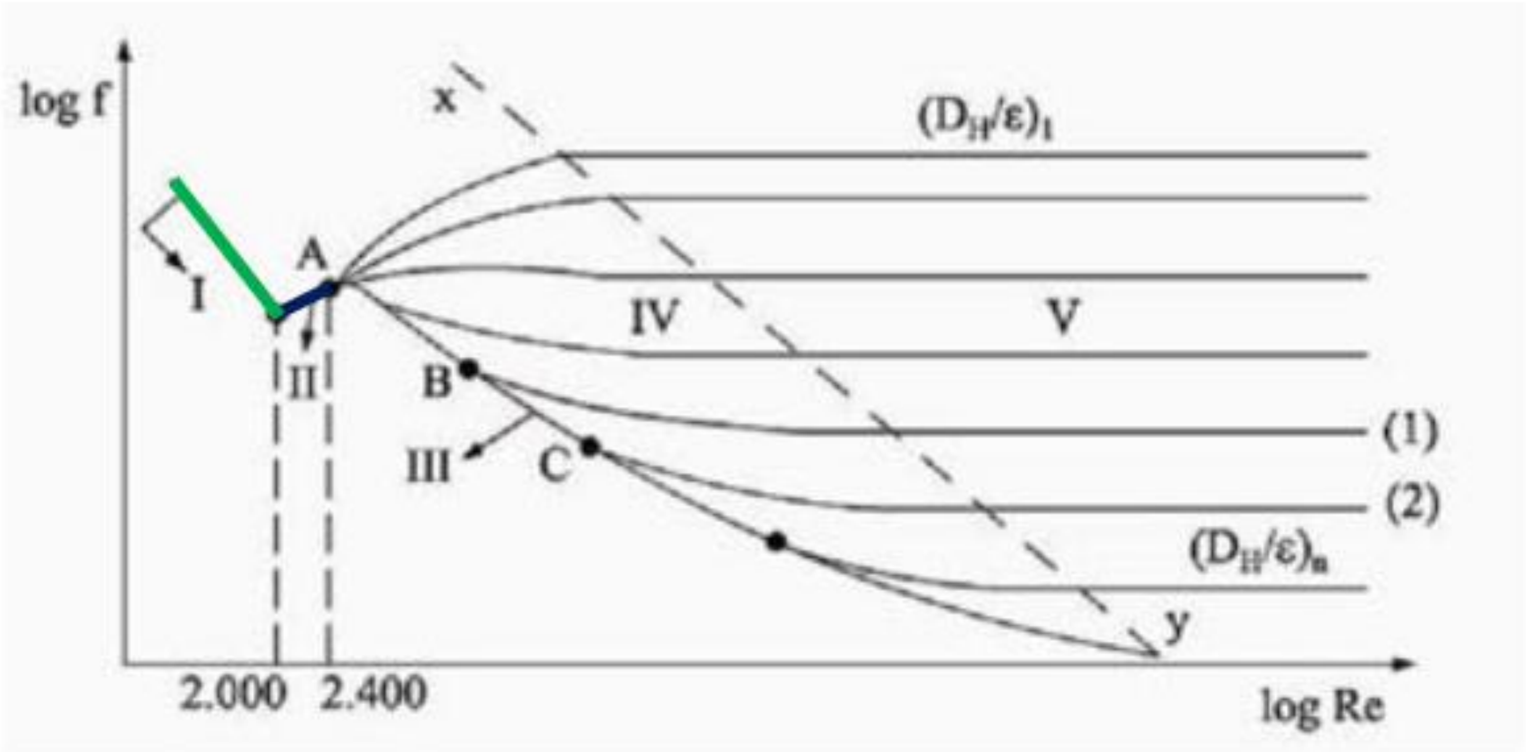


DIAGRAMA DE MOODY

Região (III): $3000 < Re < 10^5$

Tubo de PVC

Curva dos tubos hidraulicamente lisos.

O fator de atrito **só depende do número de Reynolds**.

Escoamento turbulento hidraulicamente liso.

$$f = \frac{0{,}316}{Re^{0{,}25}}$$

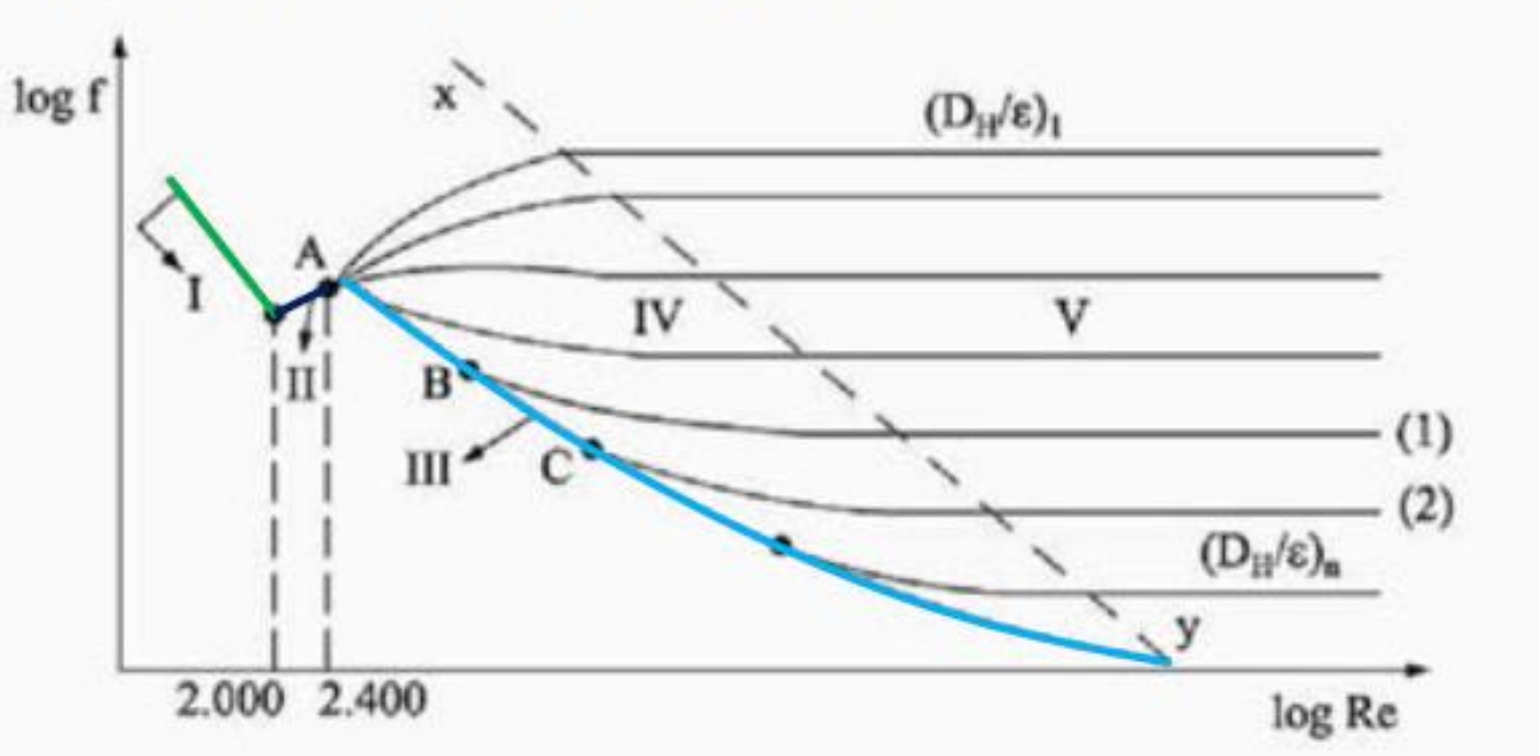


DIAGRAMA DE MOODY

Região (IV):

Transição entre o escoamento turbulento hidraulicamente liso e rugoso. O fator de atrito depende simultaneamente da rugosidade relativa e do número de Reynolds.

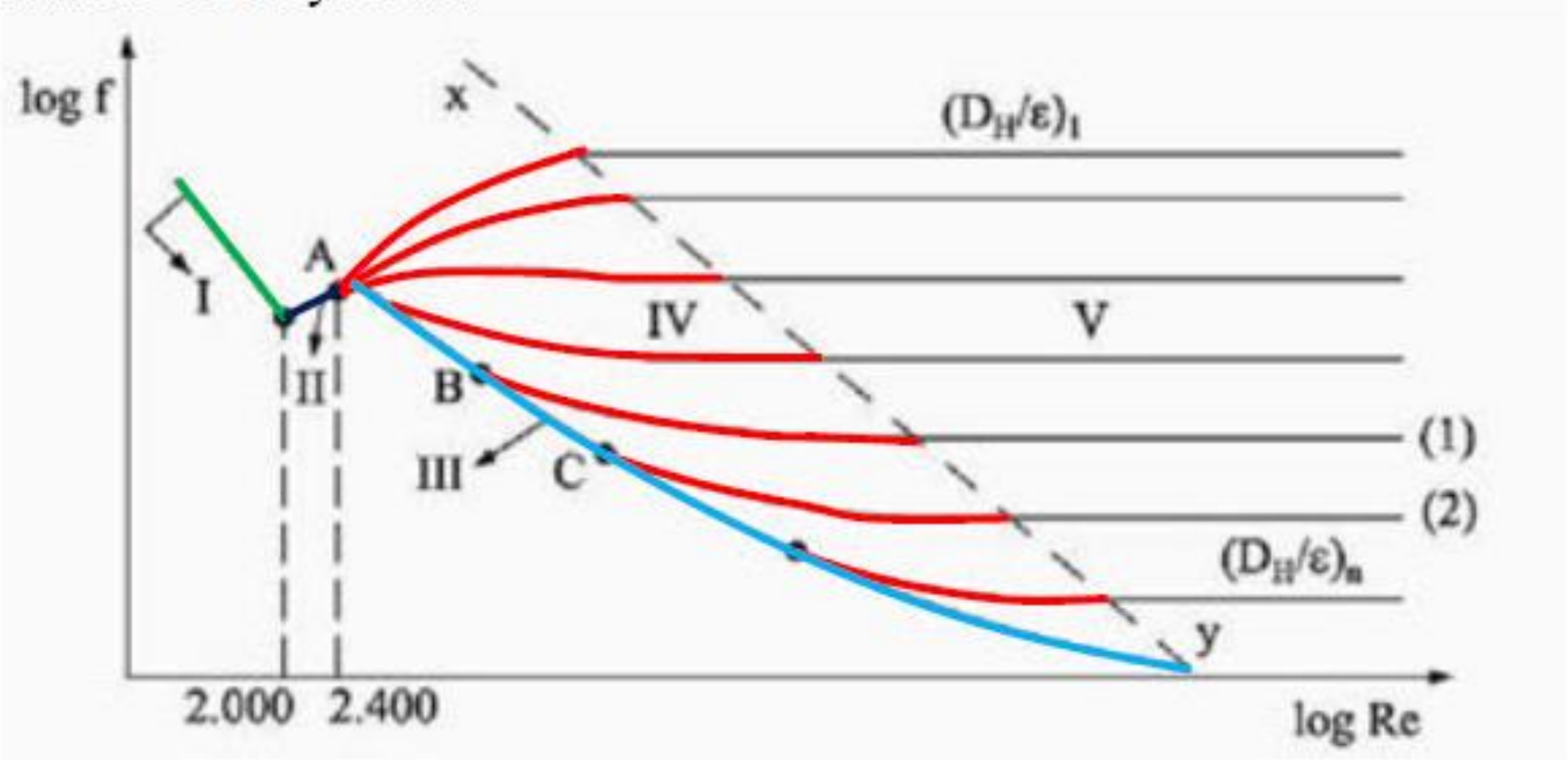
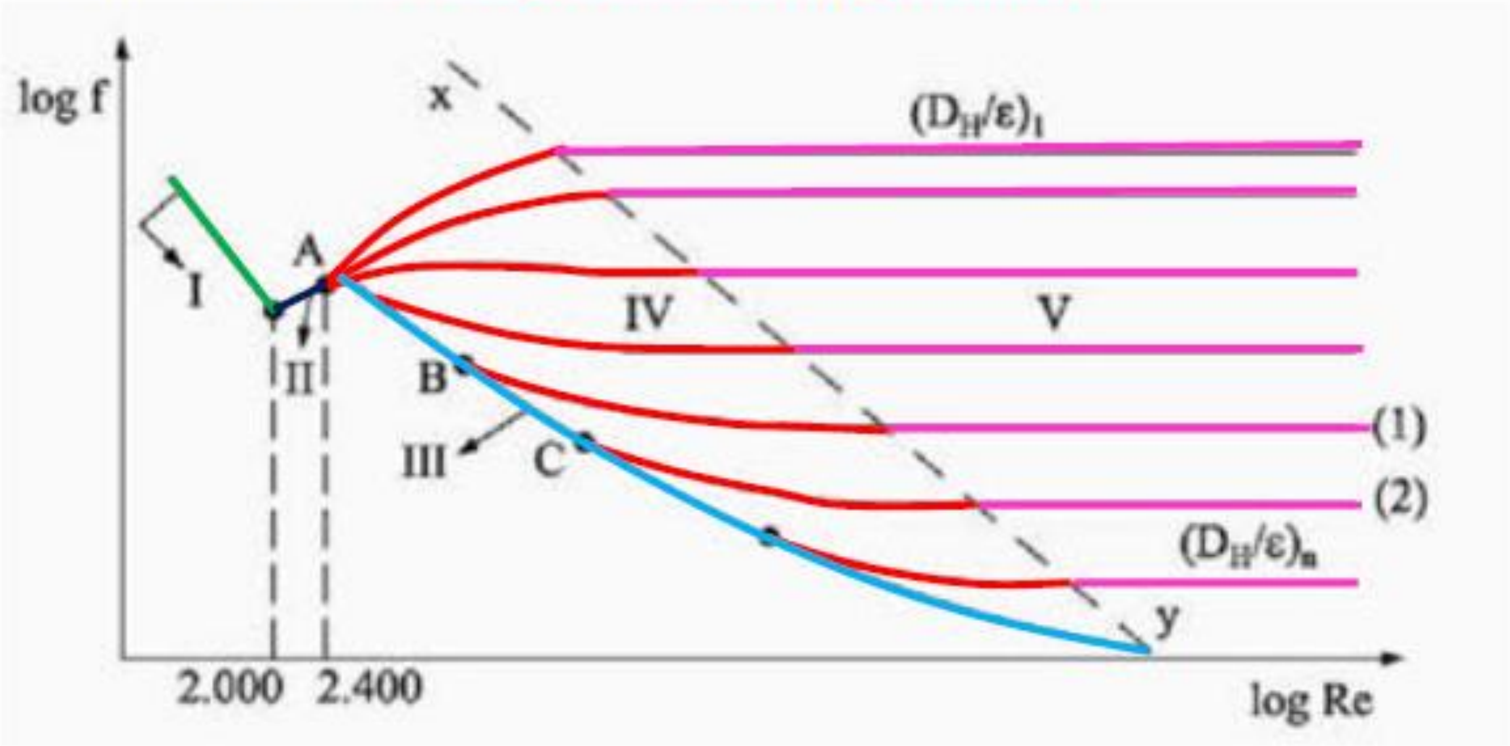


DIAGRAMA DE MOODY

Região (V):

Turbulência completa, **escoamento hidraulicamente rugoso**.
O fator de atrito **só depende da rugosidade.**



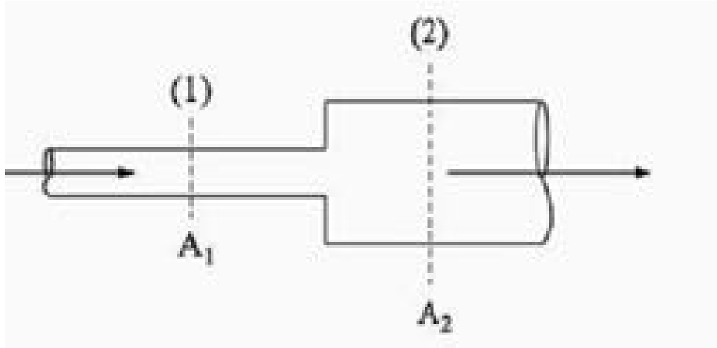
Perdas de carga localizada ou singular (h_s)

Perturbação brusca no escoamento;

Ocorrem em válvulas, registros, alargamentos bruscos, etc;

Também são calculadas por expressão obtida por análise dimensional;

Função característica: $\gamma . h_s = f(v, \nu, \rho, grnadezas\ geo. da\ singlaridade)$;



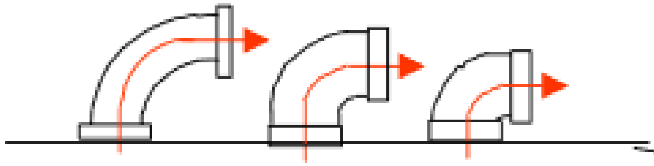
k_s – Coeficiente da perda de carga singular

$k_S = \phi(Re, coeficiente\ admensional\ de\ forma)$

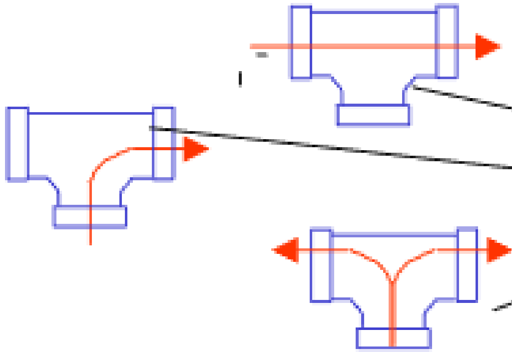
Portanto:

$$\boxed{h_s = k_S . \frac{v^2}{2.g}}$$

Perdas de carga localizada ou singular (h_s)

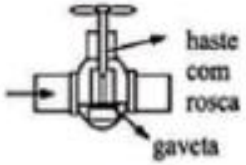
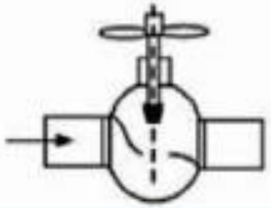


ARQUIVO “PERDA DE CARGA - TABELAS”



Perda de Carga em Peças Especiais	
Alargamento gradual	K = 0,30
Bocais	K = 2,75
Comporta aberta	K=1
Curva de raio Longo	K = 0,25 a 0,40
Curva de raio curto (cotovelo de 90°)	K = 0,9 até 1,5
Curva de 45°	K = 0,20
Cotovelo de 45°	K = 0,40
Curva de 22° 30'	K = 0,10
Curva de retorno	K= 2,2
Crivo	K = 0,75
Redução gradual	K = 0,15
Medidor venturi	K = 2,5
Registro de gaveta aberto	K = 0,2
Registro de globo aberto	K =10
Registro de ângulo aberto	K = 5
Junção	K = 0,40
T de passagem direta	K = 0,60
T de saida tateral	K = 1,3
T de saida bilateral	K = 1,8
Válvula de retenção	K = 2,5
Válvula de pé	K =1,75

Perdas de carga localizada ou singular (h_s)

Singularidade	Esquema	Ks
Cotovelo 90°		0,9
Válvula de Gaveta		Totalmente aberta 0,2
Válvula Globo		Totalmente aberta 10
Válvula de Retenção		0,5

PERDAS DE CARGA

Se o fluido fosse ideal:

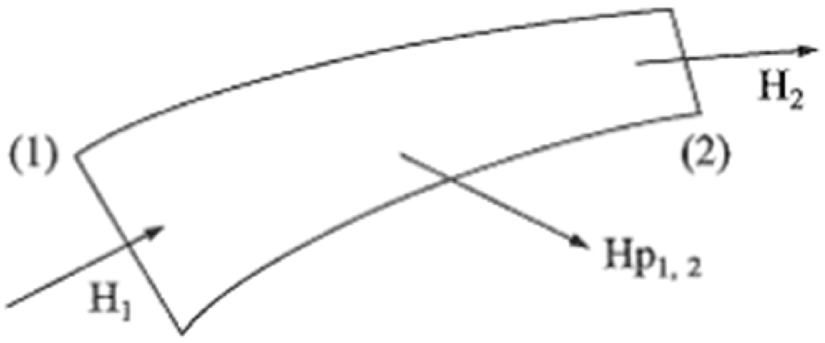
$$H_1 = H_2$$

Como há perdas:

$$H_1 > H_2$$

Ou ainda:

$$H_1 = H_2 + H_{p1,2}$$



$$\boxed{H_{p1,2} = h_f + h_s}$$

3 – Determine o coeficiente de perda localizada K e a perda de carga localizada h_s.

A) Acidentes na linha: uma válvula tipo globo, dois cotovelos de 90°, D = 1 in; vazão de escoamento (Q) = 1,5 L/s.

B) Acidentes na linha: uma válvula tipo globo, duas válvulas de gaveta, uma entrada borda viva, D = 1; in vazão de escoamento (Q) = 1,5 L/s.

C) Acidentes na linha: três válvulas de gaveta, uma entrada tipo reentrante, velocidade de escoamento v = 3 m/s.

3 – Determine o coeficiente de perda localizada K e a perda de carga localizada h_s.

A) Acidentes na linha: uma válvula tipo globo, dois cotovelos de 90°, D = 1in; vazão de escoamento (Q) = 1,5 L/s.

$$K = 10 + 0,9 + 0,9 = 11,8$$

$$h_s = \frac{Kv^2}{2g}$$

$$Q = vA$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0015}{\frac{\pi.0,0254^2}{4}}$$

3 – Determine o coeficiente de perda localizada K e a perda de carga localizada h_s.

B) Acidentes na linha: uma válvula tipo globo, duas válvulas de gaveta, uma entrada borda viva, D = 1; in vazão de escoamento (Q) = 1,5 L/s.

$$K = 10 + 0{,}2 + 0{,}2 + 0{,}5 = 10{,}9$$

$$Q = vA \qquad v = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}0015}{\frac{\pi . 0{,}0254^2}{4}} = 2{,}96 m/s \qquad h_s = \frac{Kv^2}{2g} \qquad h_s = 4{,}86 m$$

3 – Determine o coeficiente de perda localizada K e a perda de carga localizada h_s.

C) Acidentes na linha: três válvulas de gaveta, uma entrada tipo reentrante, velocidade de escoamento v = 3 m/s.

$$K = 0,2 \times 3 + 0,78 = 1,38$$

$$h_s = \frac{Kv^2}{2g}$$

$$h_s = 0,63m$$

4 – Determine o fator de atrito f e a perda de carga distribuída h_f para os seguintes casos:

A) Re = 1000; D = 2 in; tubulação de ferro forjado; vazão de escoamento (Q) = 2 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 30 m.

B) Re = 80.000; D = 2 in; tubulação de ferro forjado; vazão de escoamento (Q) = 2 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 30 m.

C) Re = 1000; D = 2 in; tubulação de PVC (tubo liso); vazão de escoamento (Q) = 2 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 30 m.

D) Re = 100.000; D = 2 in; tubulação de ferro fundido; vazão de escoamento (Q) = 3 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 50 m

4 – Determine o fator de atrito f e a perda de carga distribuída h_f para os seguintes casos:

A) Re = 1000; D = 2 in; tubulação de ferro forjado; vazão de escoamento (Q) = 2 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 30 m.

$$h_f = f.\frac{L}{D_H}\frac{v^2}{2.g}$$

Re < 2000 – Escoamento Laminar;

2000 < Re < 2400 – Escoamento de transição;

Re > 2400 – Turbulento;

1 – Verificar o regime de escoamento:

Estamos em regime Laminar

2 – Cálculo de f :

$$f = \frac{64}{\mathrm{Re}} \qquad f = 0{,}064$$

3 – Cálculo de h_f :

$$h_f = 2{,}04m$$

4 – Determine o fator de atrito f e a perda de carga distribuída h_f para os seguintes casos:

B) Re = 80.000; D = 2 in; tubulação de ferro forjado; vazão de escoamento (Q) = 2 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 30 m.

$$h_f = f.\frac{L}{D_H}\frac{v^2}{2.g}$$

Re < 2000 – Escoamento Laminar;

2000 < Re < 2400 – Escoamento de transição;

Re > 2400 – Turbulento;

1 – Verificar o regime de escoamento:

Estamos em regime Turbulento

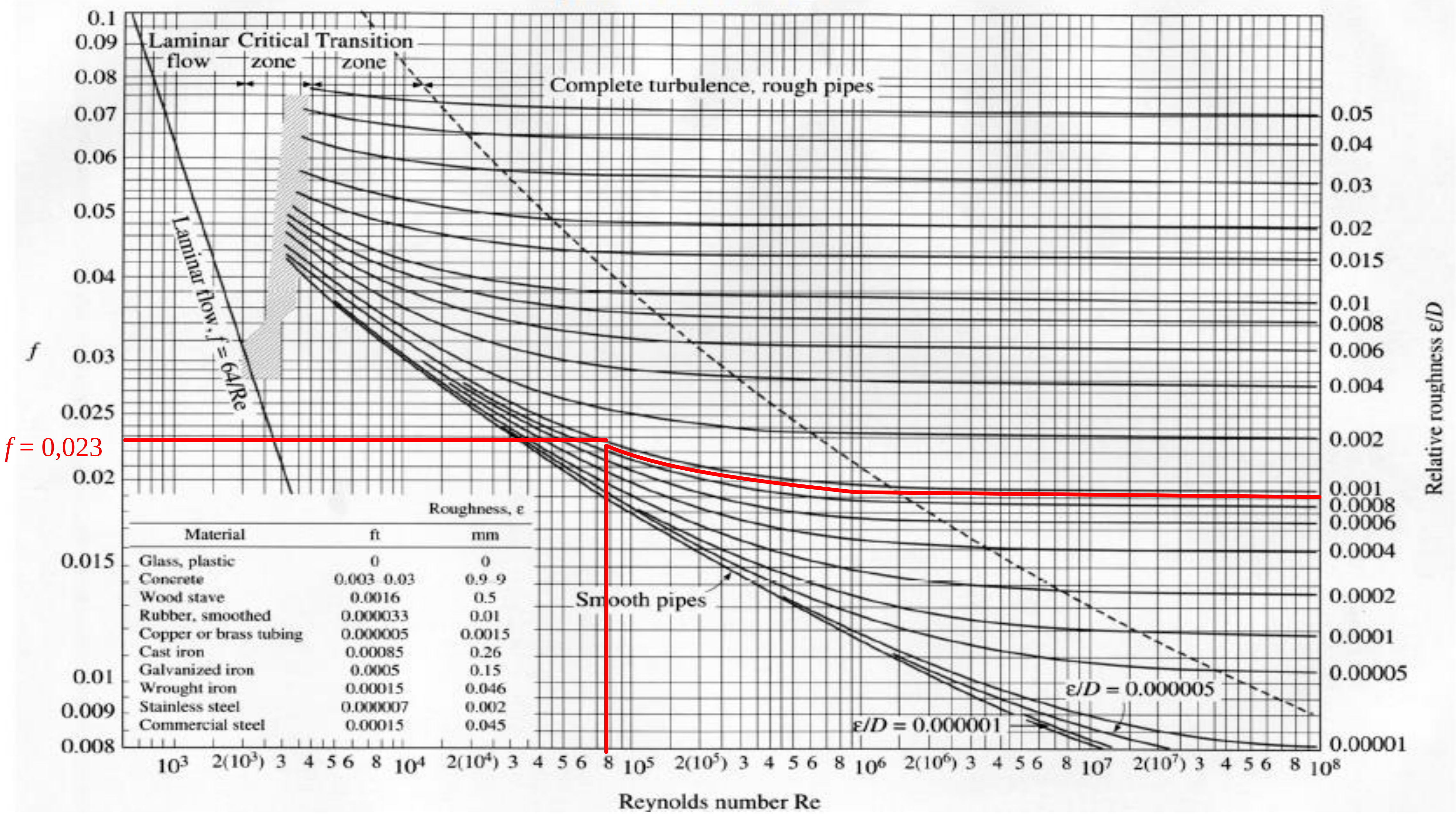
2 – Cálculo de f :

Diagrama de Moody

3 – Cálculo de Rugosidade relativa

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,046.10^{-3}}{0,05} = 9,2.10^{-4} = 0,0009$$

Diagrama de Moody



4 – Determine o fator de atrito f e a perda de carga distribuída h_f para os seguintes casos:

B) Re = 80.000; D = 2 in; tubulação de ferro forjado; vazão de escoamento (Q) = 2 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 30 m.

$$h_f = f.\frac{L}{D_H}\frac{v^2}{2.g}$$

Re < 2000 – Escoamento Laminar;

2000 < Re < 2400 – Escoamento de transição;

Re > 2400 – Turbulento;

1 – Verificar o regime de escoamento:

Estamos em regime Turbulento

2 – Cálculo de f :

Diagrama de Moody

$$f = 0,023$$

3 – Cálculo de Rugosidade relativa

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,46.10^{-3}}{0,05} = 9,2.10^{-4} = 0,0009$$

4 – Cálculo de h_f

$$h_f = 0,732m$$

Uniube

4 – Determine o fator de atrito f e a perda de carga distribuída h_f para os seguintes casos:

C) Re = 1000; D = 2 in; tubulação de PVC (tubo liso); vazão de escoamento (Q) = 2 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 30 m.

$$h_f = f.\frac{L}{D_H}\frac{v^2}{2.g}$$

Re < 2000 – Escoamento Laminar;

2000 < Re < 2400 – Escoamento de transição;

Re > 2400 – Turbulento;

1 – Verificar o regime de escoamento:

Estamos em regime Laminar

2 – Cálculo de f :

$$f = \frac{64}{\mathrm{Re}} \qquad f = 0{,}064$$

3 – Cálculo de h_f :

$$h_f = 2{,}04m$$

Uniube

4 – Determine o fator de atrito f e a perda de carga distribuída h_f para os seguintes casos:

D) Re = 100.000; D = 2 in; tubulação de ferro fundido; vazão de escoamento (Q) = 3 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 50 m

$$h_f = f.\frac{L}{D_H}\frac{v^2}{2.g}$$

Re < 2000 – Escoamento Laminar;

2000 < Re < 2400 – Escoamento de transição;

Re > 2400 – Turbulento;

1 – Verificar o regime de escoamento:

Estamos em regime Turbulento

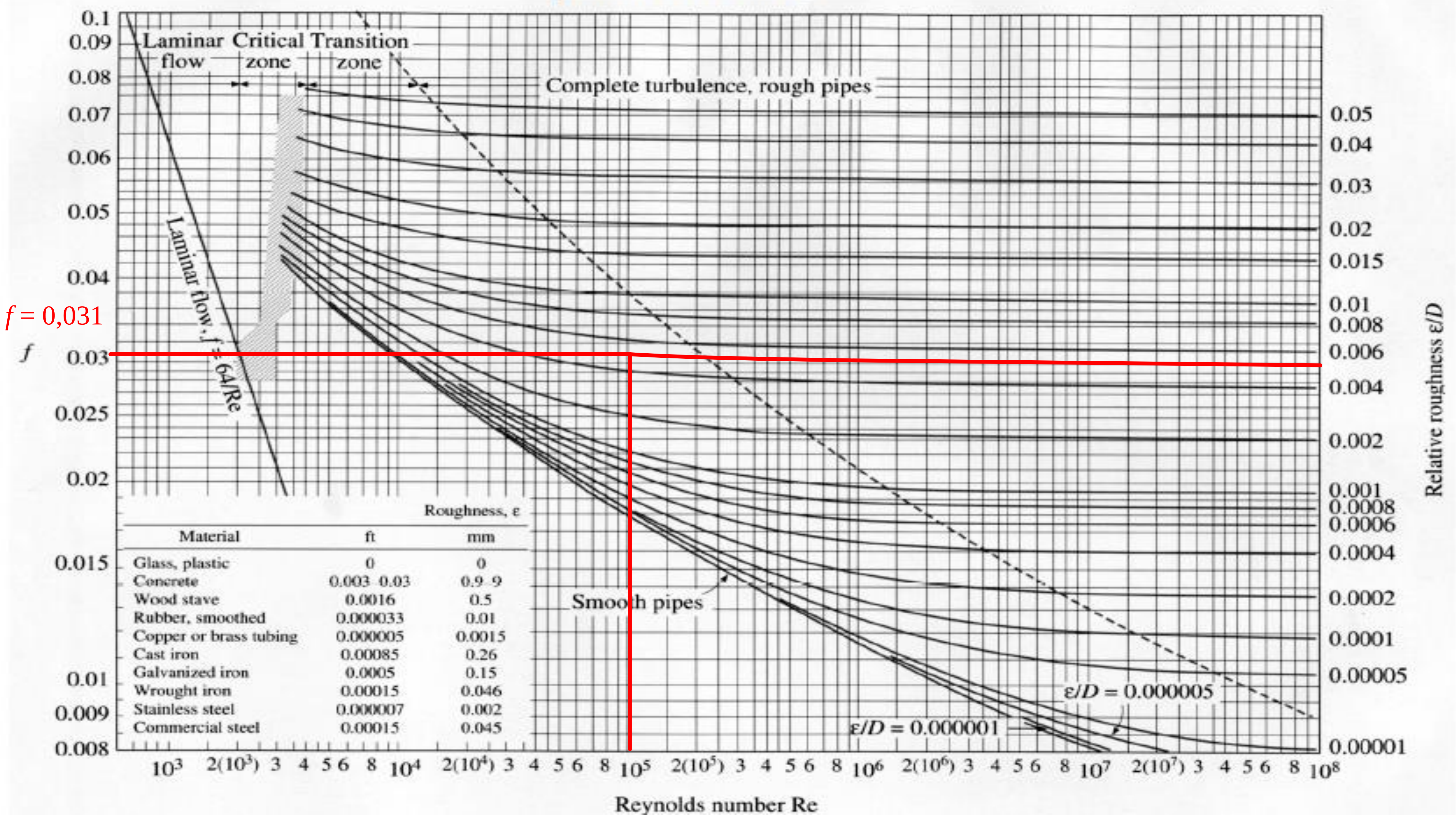
2 – Cálculo de f :

Diagrama de Moody

3 – Cálculo de Rugosidade retaltiva

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,26.10^{-3}}{0,05} = 5,2.10^{-3} = 0,005$$

Diagrama de Moody



	Roughness, ε	
Material	ft	mm
Glass, plastic	0	0
Concrete	0.003–0.03	0.9–9
Wood stave	0.0016	0.5
Rubber, smoothed	0.000033	0.01
Copper or brass tubing	0.000005	0.0015
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.15
Wrought iron	0.00015	0.046
Stainless steel	0.000007	0.002
Commercial steel	0.00015	0.045

PERDA DE CARGA

Uniube

4 – Determine o fator de atrito f e a perda de carga distribuída h_f para os seguintes casos:

D) Re = 100.000; D = 2 in; tubulação de ferro fundido; vazão de escoamento (Q) = 3 L/s; comprimento da tubulação em trecho reto = 50 m

$$h_f = f.\frac{L}{D_H}\frac{v^2}{2.g}$$

Re < 2000 – Escoamento Laminar;

2000 < Re < 2400 – Escoamento de transição;

Re > 2400 – Turbulento;

1 – Verificar o regime de escoamento:

Estamos em regime Turbulento

2 – Cálculo de f :

Diagrama de Moody

$$f = 0,031$$

3 – Cálculo de Rugosidade retaltiva

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,26.10^{-3}}{0,05} = 5,2.10^{-3} = 0,005$$

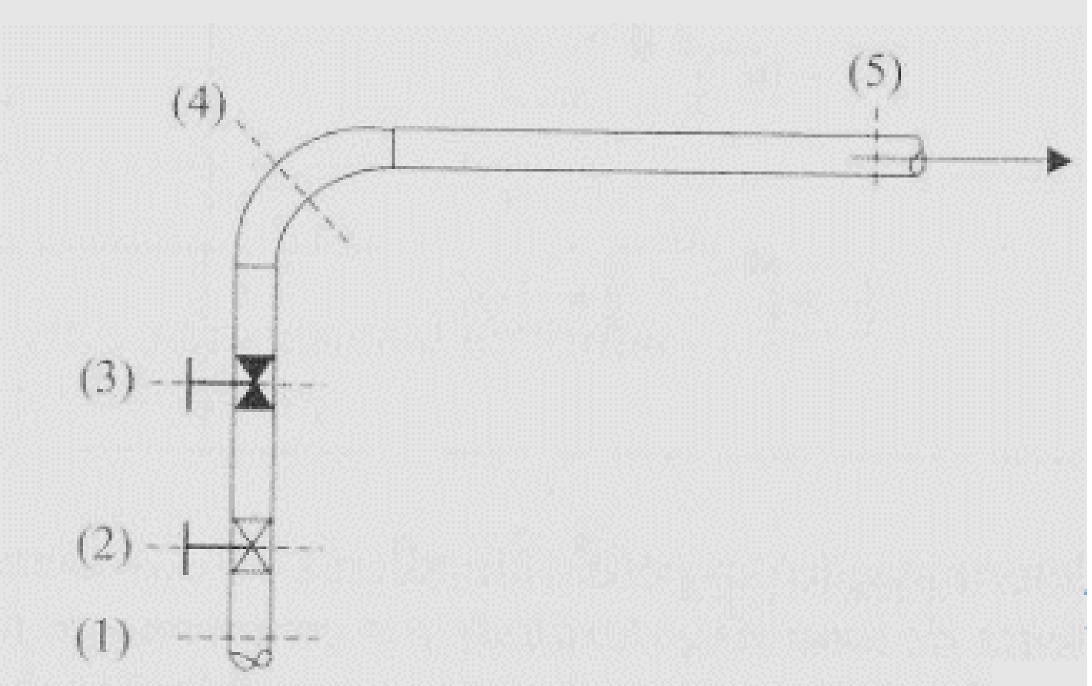
4 – Cálculo de h_f

$$h_f = 3,69m$$

PERDA DE CARGA

No trecho (1) - (5) de uma instalação existem: uma válvula de gaveta (2), uma válvula do tipo globo(3) e um cotovelo (4). Sendo a tubulação de aço de diâmetro 2`` (5 cm), determinar a perda de carga entre (1) e (5), sabendo que a vazão é 2 L/s e que o comprimento da tubulação entre (1)e (5) é 30 m ($\boldsymbol{\nu}$ = 10^{-6} m^2/s).

$$H_{p_{1,5}} = h_{f_{1,5}} + h_{s_2} + h_{s_3} + h_{s_4}$$



Cálculo de velocidade e Reynolds

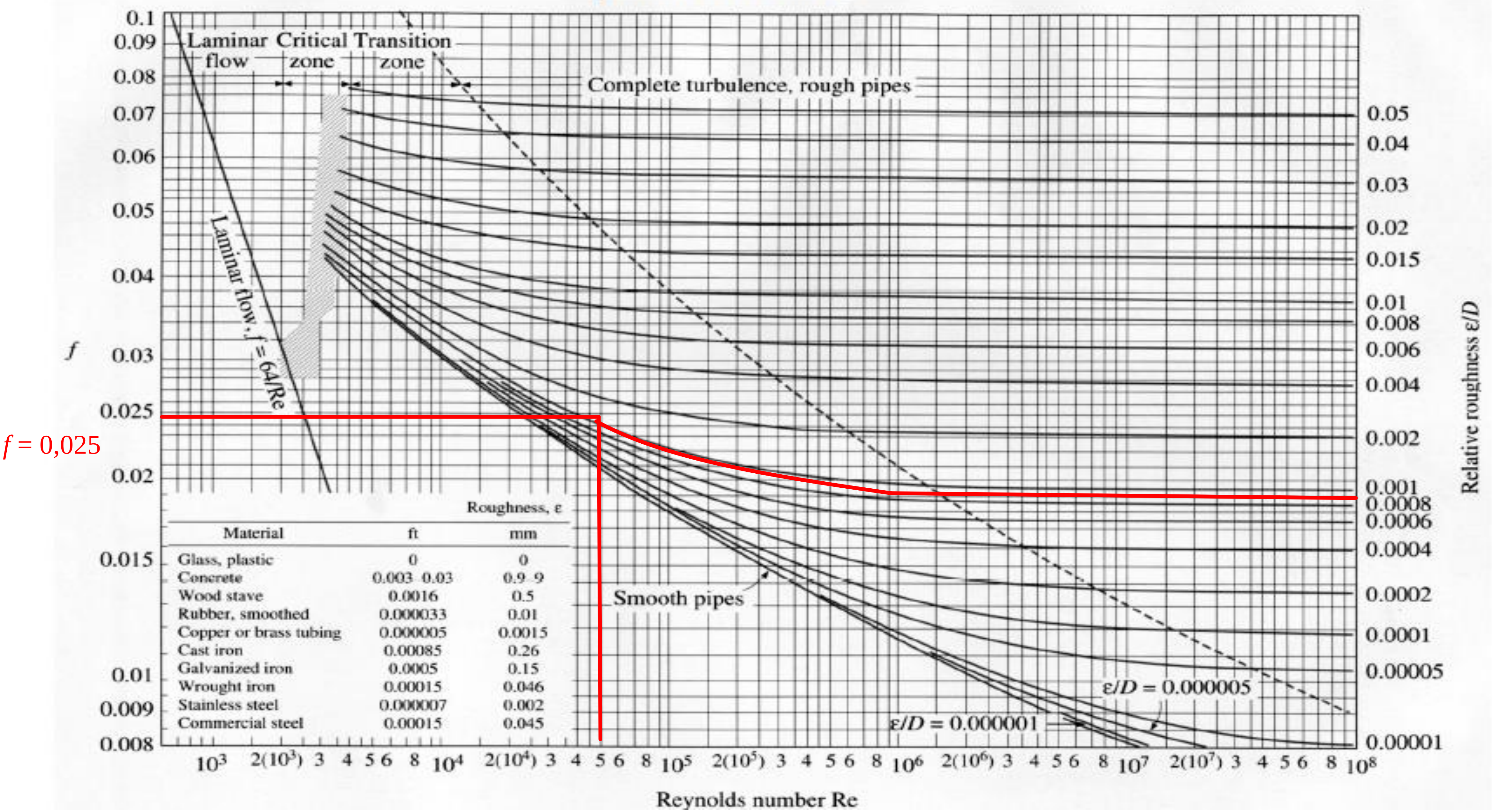
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}002}{1{,}96.10^{-3}} \cong 1{,}0\ \mathrm{m/s}$$

$$Re = \frac{1{,}0\,.\,0{,}05}{10^{-6}} = 5\,.\,10^{4}$$

Cálculo da Rugosidade e de f

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{4{,}5.10^{-5}}{0{,}05} = 9.10^{-4} = 0{,}0009$$

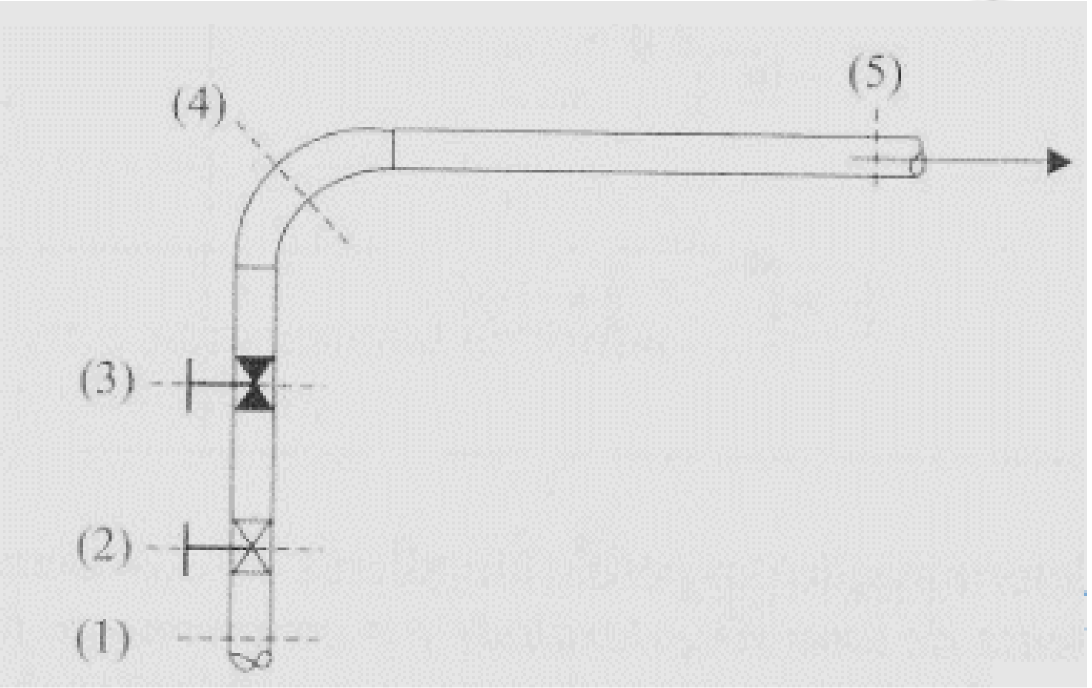
Diagrama de Moody



PERDA DE CARGA

No trecho (1) - (5) de uma instalação existem: uma válvula de gaveta (2), uma válvula do tipo globo(3) e um cotovelo (4). Sendo a tubulação de aço de diâmetro 2`` (5 cm), determinar a perda de carga entre (1) e (5), sabendo que a vazão é 2 L/s e que o comprimento da tubulação entre (1)e (5) é 30 m (ν = 10^{-6} m²/s).

$$H_{p_{1,5}} = h_{f_{1,5}} + h_{s_2} + h_{s_3} + h_{s_4}$$



Cálculo de velocidade e Reynolds

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}002}{1{,}96.10^{-3}} \cong 1{,}0 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{1{,}0 \,.\, 0{,}05}{10^{-6}} = 5 \,.\, 10^4$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{4{,}5.10^{-5}}{0{,}05} = 9.10^{-4} = 0{,}0009$$

Do diagrama de Moody-Rouse:

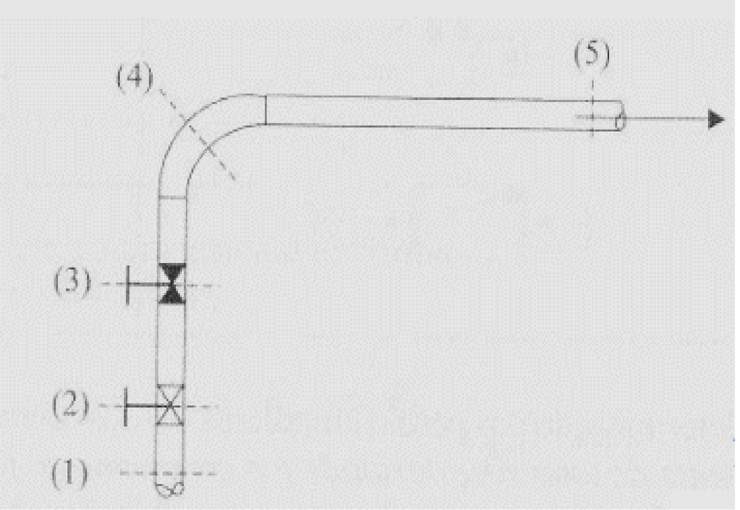
$$f = 0{,}025$$

$$h_f = f\,\frac{L}{D_H}\,\frac{v^2}{2.g} = 0{,}025.\frac{30}{0{,}05}\cdot\frac{1{,}0^2}{2\,.10} = 0{,}75\,m$$

PERDA DE CARGA

No trecho (1) - (5) de uma instalação existem: uma válvula de gaveta (2), uma válvula do tipo globo(3) e um cotovelo (4). Sendo a tubulação de aço de diâmetro 2`` (5 cm), determinar a perda de carga entre (1) e (5), sabendo que a vazão é 2 L/s e que o comprimento da tubulação entre (1)e (5) é 30 m (ν = 10^{-6} m^2/s).

$$H_{p_{1,5}} = h_{f_{1,5}} + h_{s_2} + h_{s_3} + h_{s_4}$$



Precisamos determinar o valor de K para cada acidente

$$h_s = k_S.\frac{v^2}{2.g} = (k_{s2} + k_{s3} + k_{s4}).\frac{1{,}0^2}{2.10} = (0{,}2 + 10 + 0{,}9).0{,}05 = 0{,}555 \text{ m}$$

Perde de carga total será:

$$0,75 + 0,555 = 1,305m$$