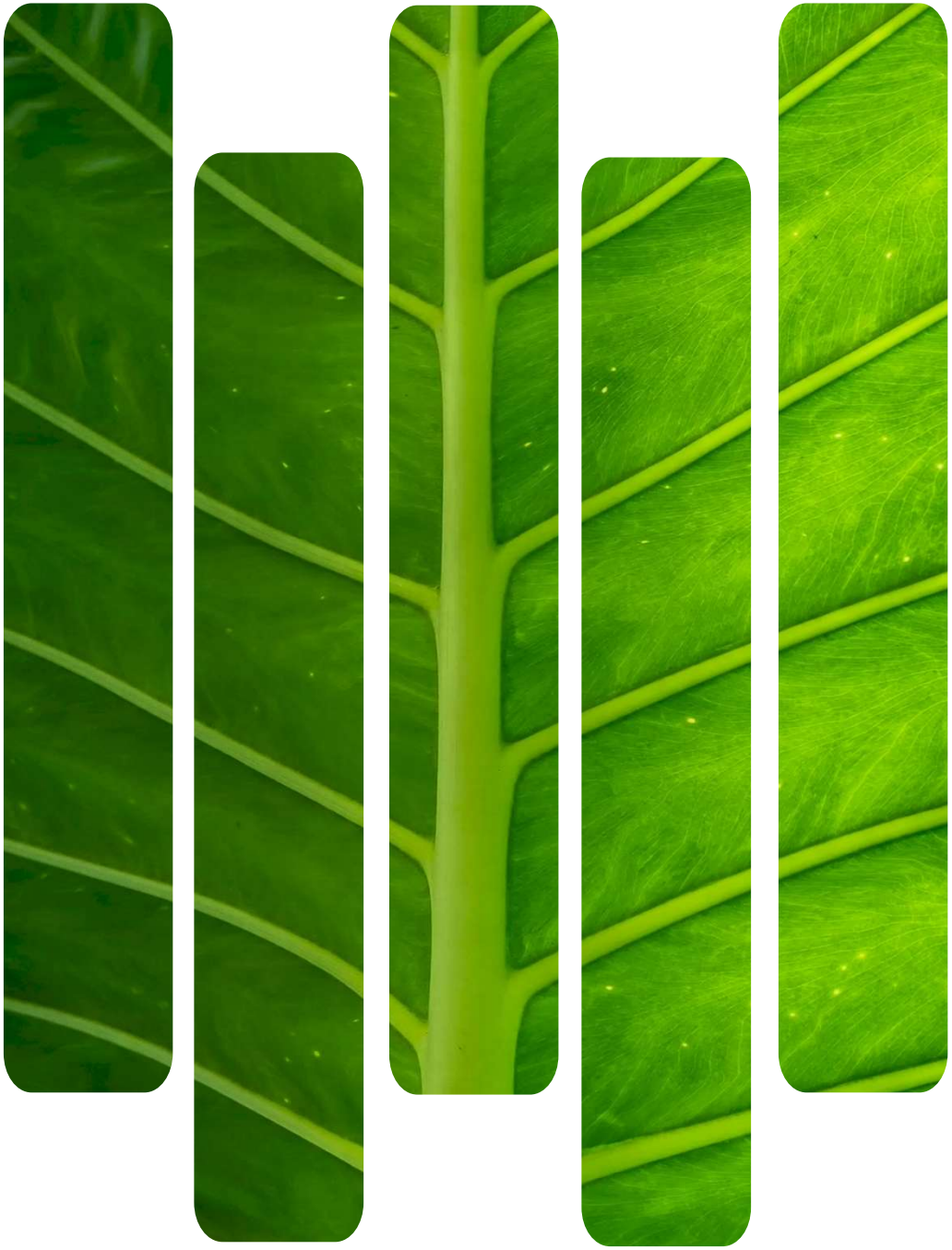
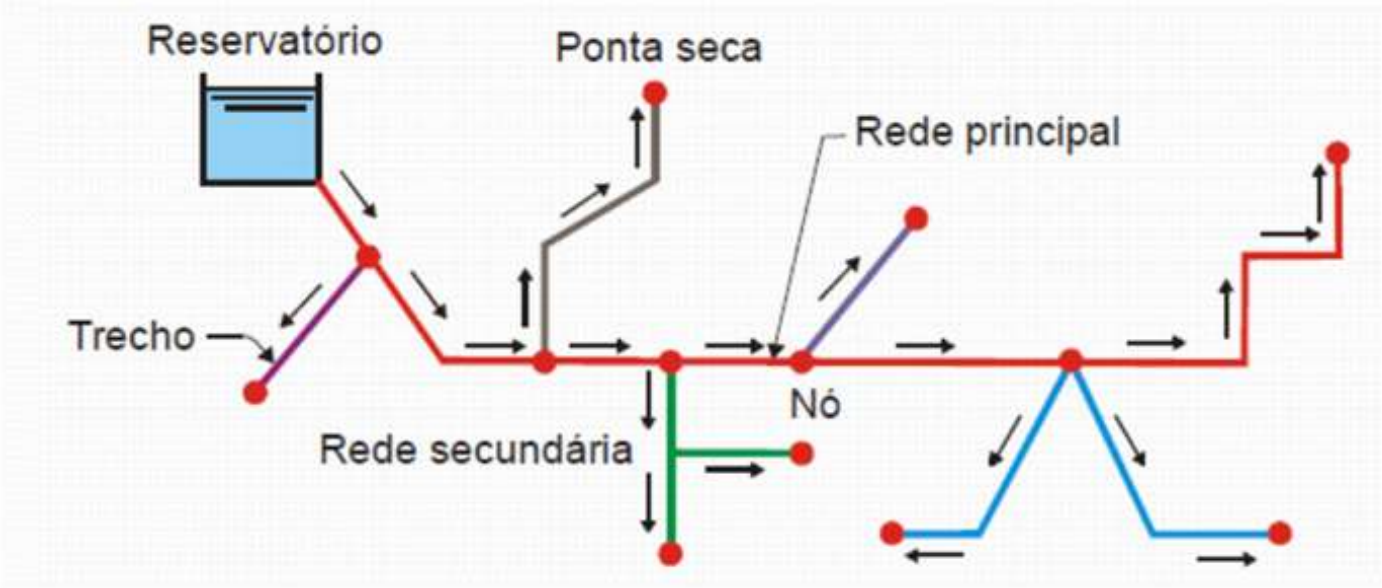
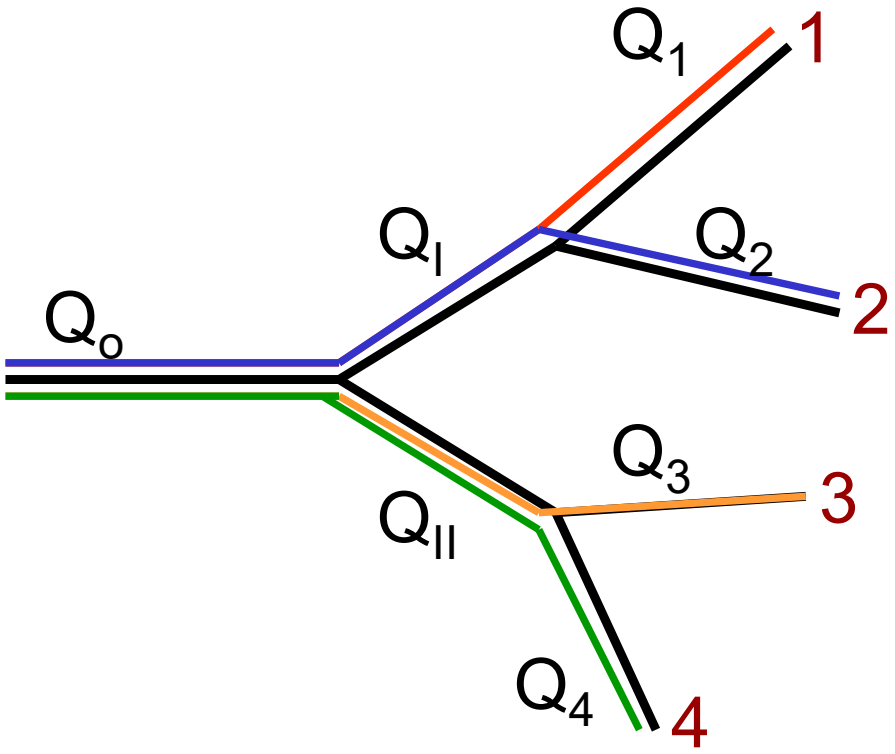


Redes ramificadas

Serviço uniforme no percurso

Redes de tubagens ramificadas





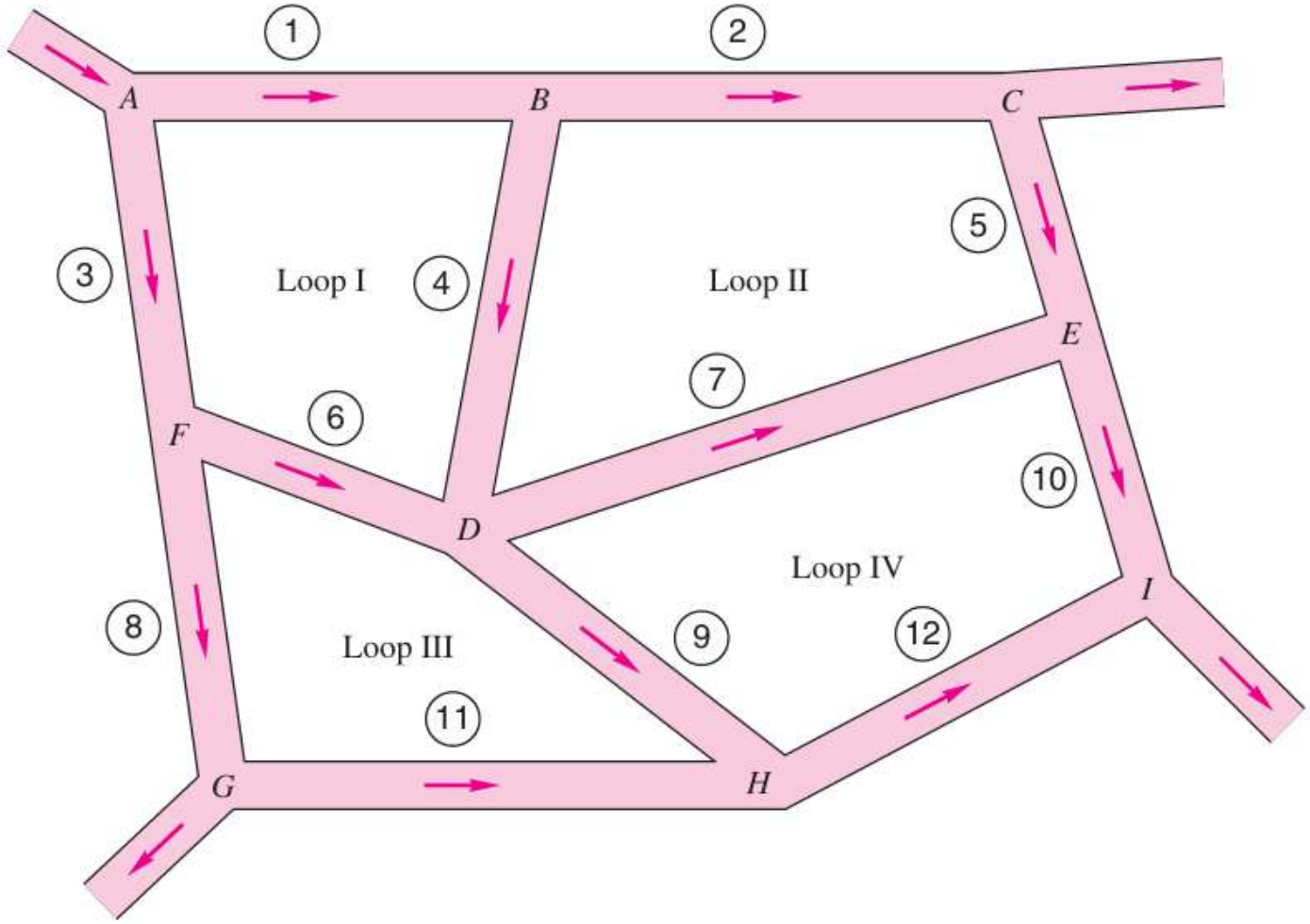
$$Q_I = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{II} = Q_3 + Q_4$$

$$Q_o = Q_I + Q_{II}$$

$$\Delta H_T = \sum_i \Delta H_i$$

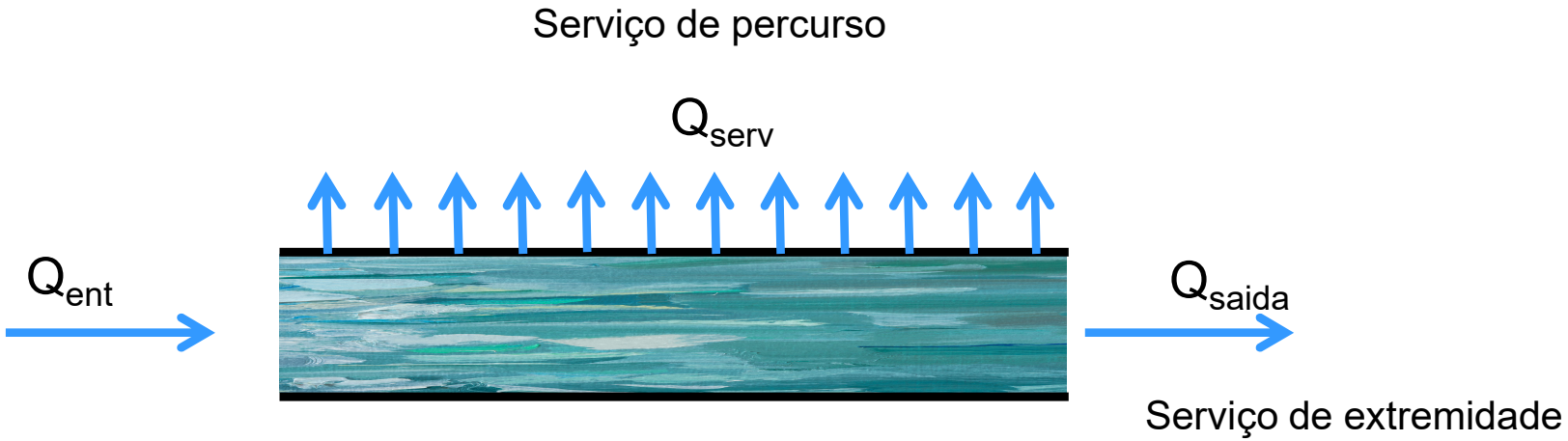
Redes de tubagens malhadas



- Em cada nó, o balanço de massa deve ser zero ($\sum Q = 0$)
- A variação de carga em cada percurso fechado deve ser zero

Serviço no percurso - Cálculo da perda de carga

- **Saída contínua**



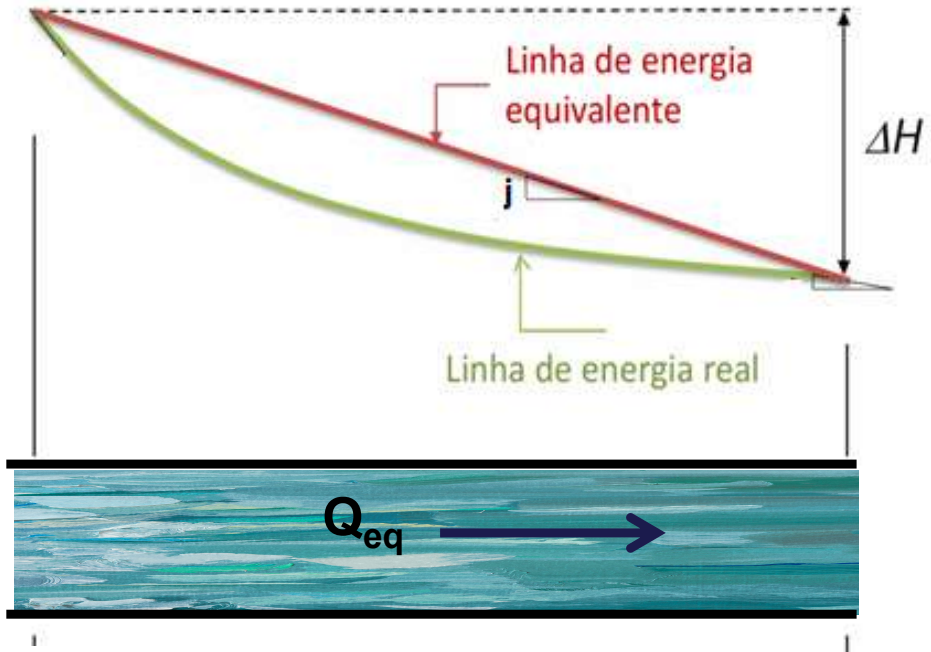
$Q_{serv} = Q_{ent} - Q_{saida}$ **consumo no percurso**

$Q_{serv} / L = q$ **consumo no percurso unitário**

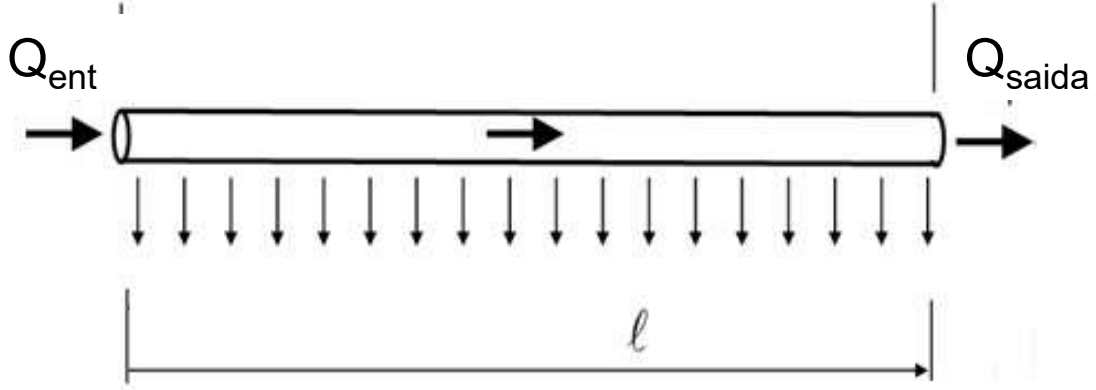
Caudal equivalente de extremidade

– caudal (constante) que daria a mesma perda de carga contínua total que o caudal variável ao longo do percurso

$$\Delta H = \Delta H_{eq}$$



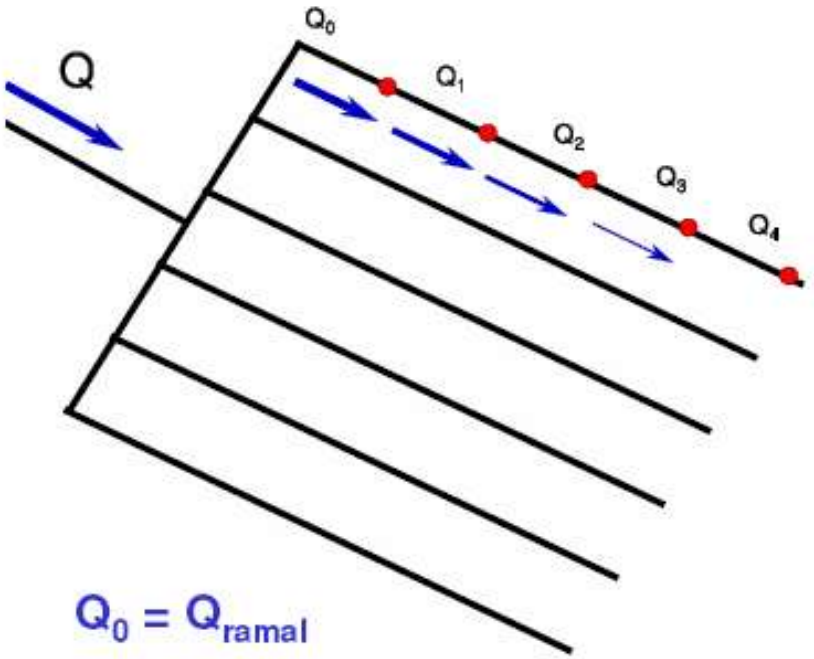
$$Q_{eq} = Q_{saida} + 0.55\, Q_{serv}$$



para $Q_{saida} = 0$ ⟶ $\Delta H_{Q_{eq}} \approx \frac{1}{3} \Delta H_{Q_{ent}}$

- **Saídas discretas**

a) Método troço a troço



Q_o	j_o	L_o	ΔH_o
Q_1	j_1	L_1	ΔH_1
Q_2	j_2	L_2	ΔH_2
Q_3	j_3	L_3	ΔH_3
Q_4	j_4	L_4	ΔH_4
			ΔH_T

b) Factor F de Christiansen

- mesmo diâmetro
- mesmo caudal em cada saida
- mesmo espaçamento entre saídas
- Q = 0 no final da tubagem

➡ 1ª saida a 1 × distância entre saidas

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

m – expoente da velocidade

N – nº de saídas

➡ 1ª saida a 1/2 × distância entre saidas

$$F = \frac{1}{2N-1} + \frac{2}{(2N-1)N^m}\left[(N-1)^m + (N-2)^m + \cdots + 1^m\right]$$

➡ 1ª saida a α × distância entre saidas ($0 < \alpha < 1$)

$$F(\alpha) = \frac{NF - (1-\alpha)}{N - (1-\alpha)}$$

$\Delta H' = F\Delta H$

$\Delta H = jL$

Q_{total} (à entrada)

n	$l_o = 1$					n	$l_o = 1/2$				
	β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00		β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,338	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0.378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,356	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0.370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0.348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas
β=1,75.Blasius, Cruciani-Margaritora
β=1,786.Scimeni
β=1,80. Iso, Veronese-Daite
β=1,85. Hazen-Williams
β=1,90. Scobey
β=2,00. Manning, Darcy-Weisbach

En la práctica se toma los siguientes valores de β :

β=1,75 para tuberías de PE
β=1,80 para tubería de PVC
β=1,85-1,90 para tubería de aluminio

← ~ 1/3

$$v = C\sqrt{R\,j} \longrightarrow j \propto v^{2}$$

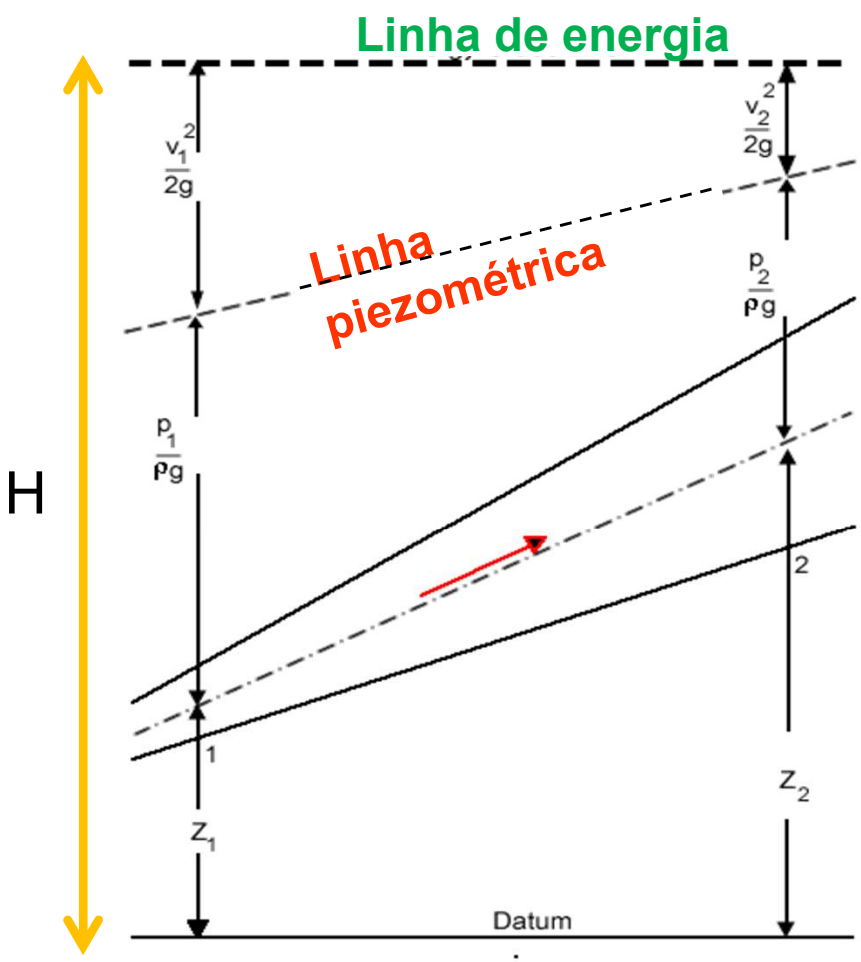
$$v = K\,R^{2/3}\,j^{1/2} \longrightarrow j \propto v^{2}$$

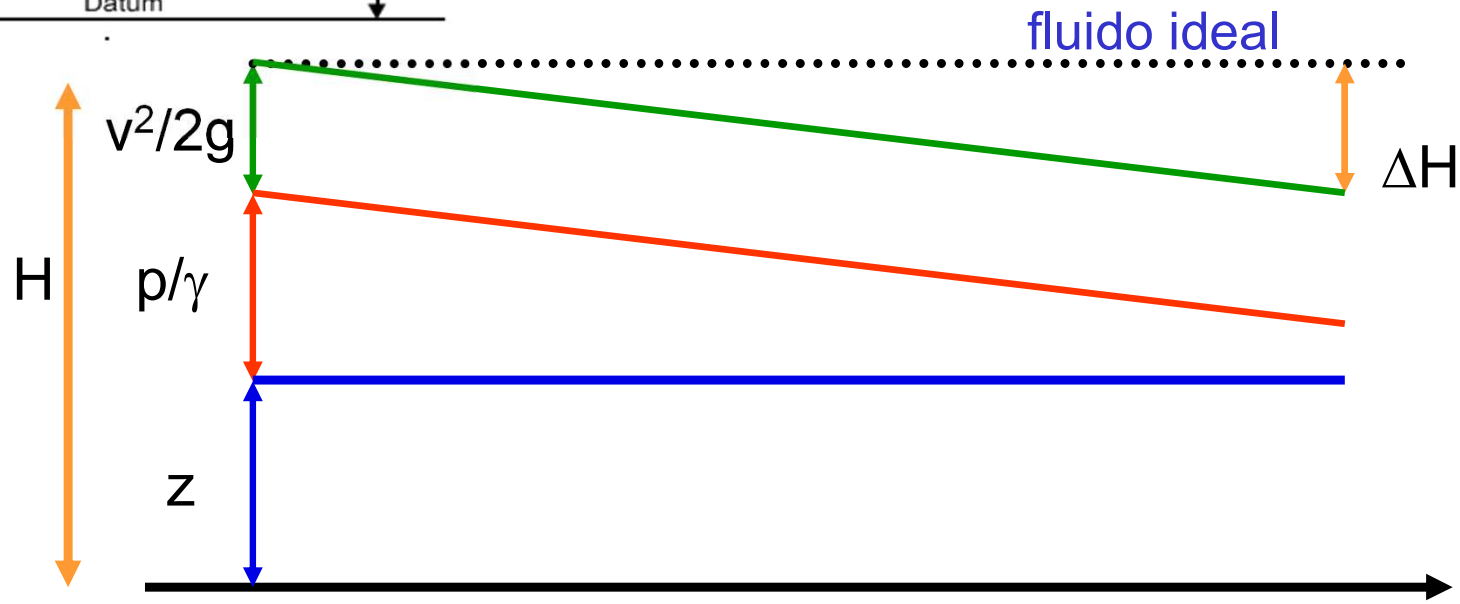
$$v = 0.849\,C_H\,R^{0.63}\,j^{0.54} \longrightarrow j \propto v^{1.85}$$

$$j = 2.587 \times 10^{-3} \cdot K \cdot v^{1.9} / D^{1.1} \longrightarrow j \propto v^{1.9}$$

$$j = 0.00092\,\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \longrightarrow j \propto v^{1.8}$$

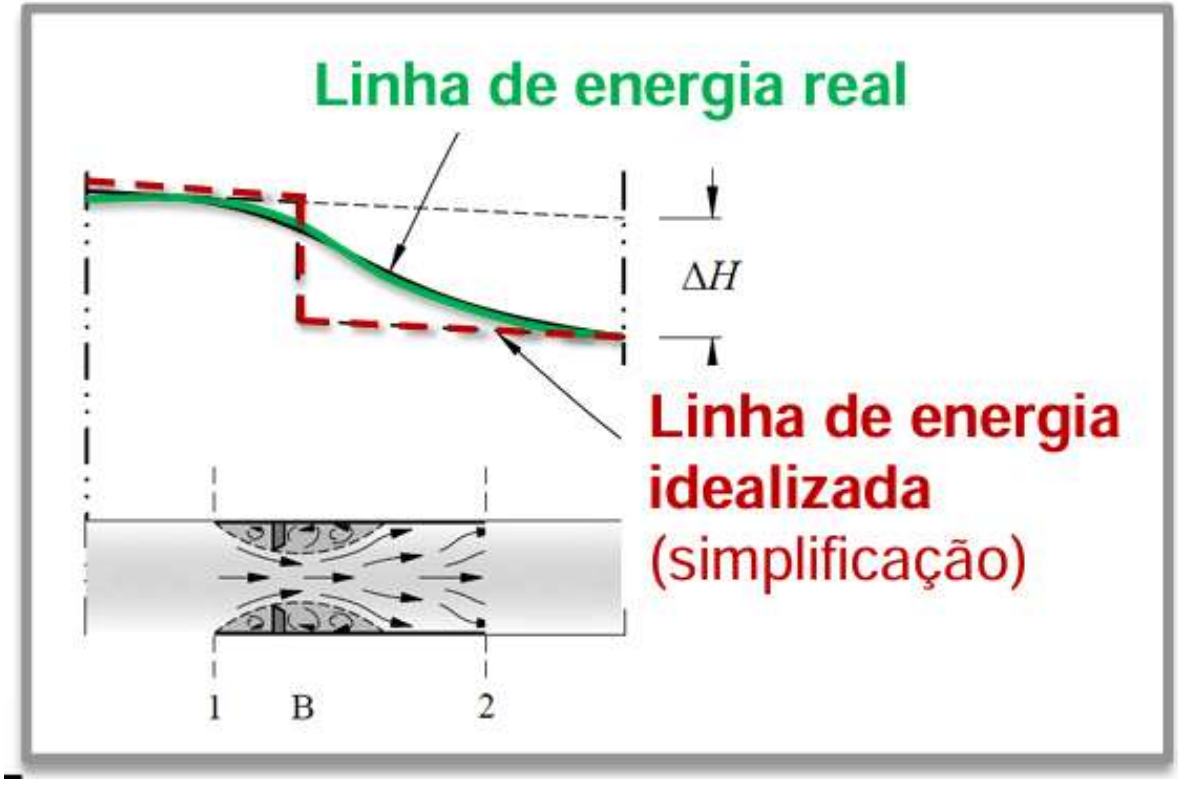
Traçado das linhas piezométrica e da carga total


Linha de energia
Linha piezométrica
H
$\frac{v_1^2}{2g}$
$\frac{v_2^2}{2g}$
$\frac{p_1}{\rho g}$
$\frac{p_2}{\rho g}$
1
2
Z_1
Z_2
Datum


fluido ideal
$v^2/2g$
ΔH
H
p/γ
z

Linha de energia ou da carga total ($z + p/\gamma + v^2/2g$)

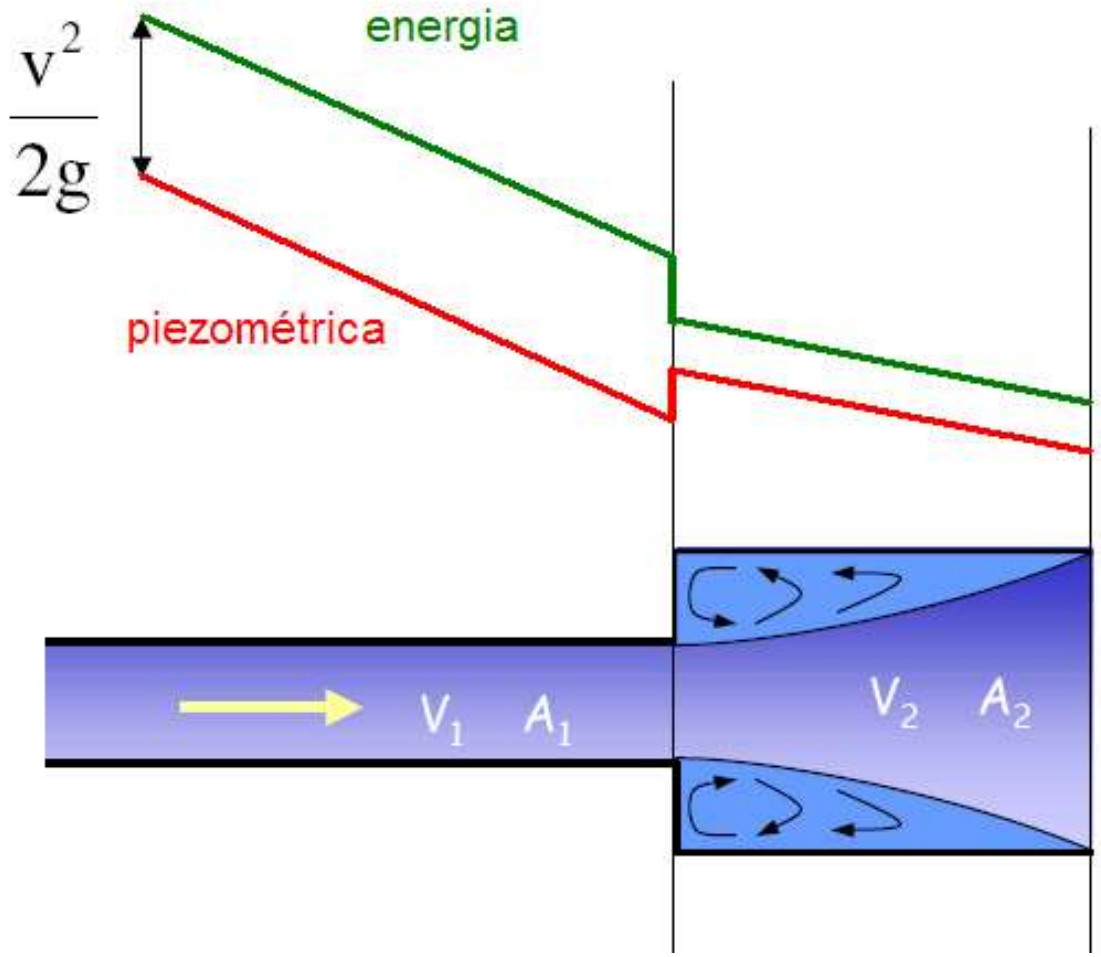
- sempre descendente no sentido do escoamento
- declive constante se diâmetro da tubagem não variar (declive = j)
- para o mesmo material, declive mais acentuado em tubagens de menor diâmetro (maior velocidade → maior perda de carga contínua)
- descida brusca em caso de singularidades



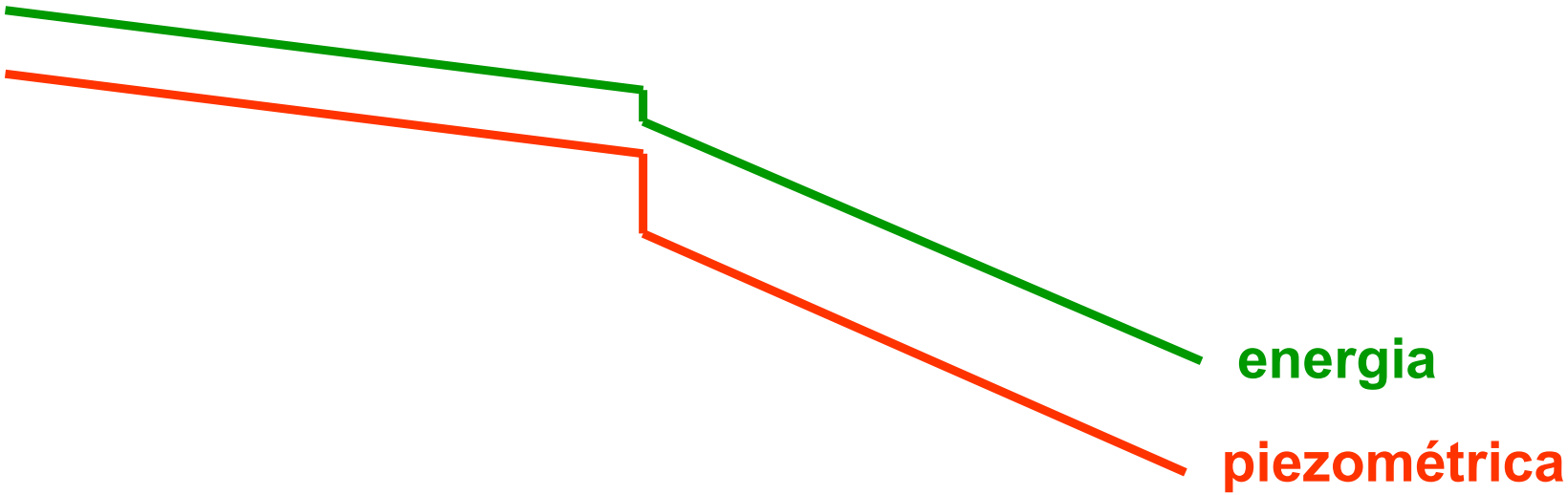
Linha piezométrica ($z + p/\gamma$)

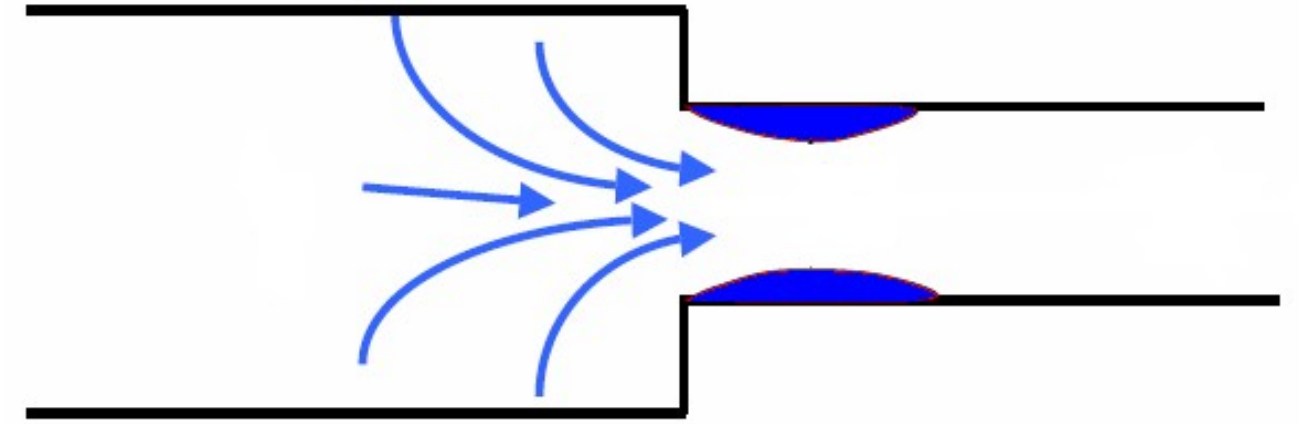
- descendente na mesma tubagem
- sobe nas zonas onde há aumento de pressão (alargamentos)
  desce nas zonas onde há diminuição de pressão (estreitamentos)
- paralela à linha de energia (+ $v^2/2g$)

Alargamento brusco

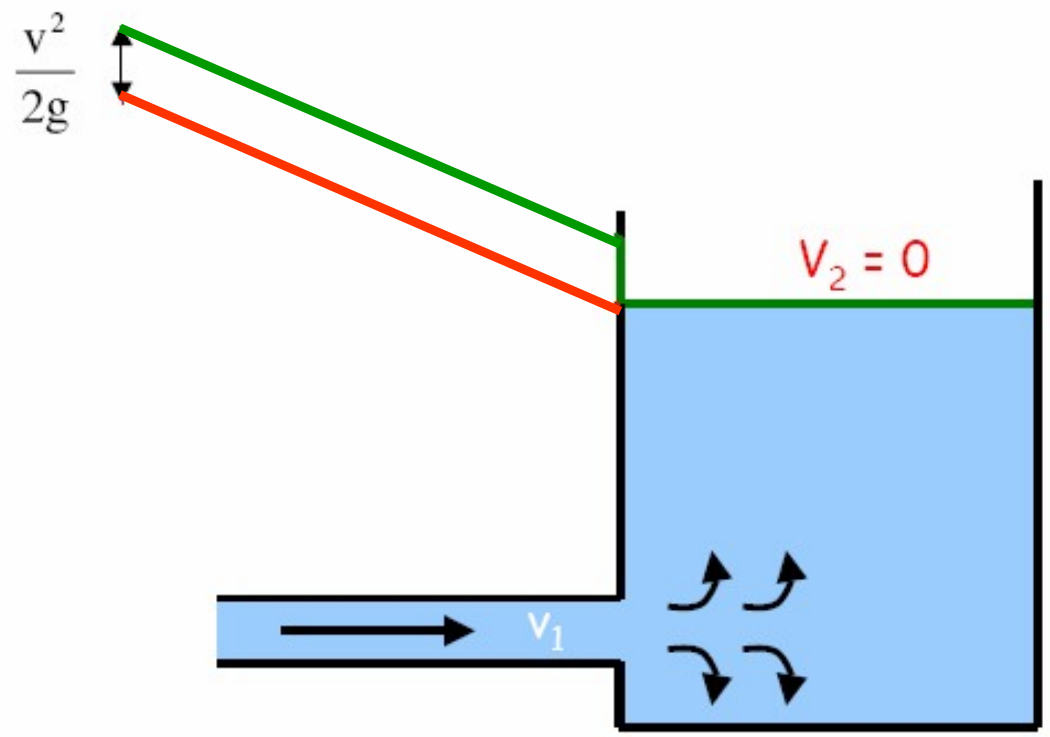


Estreitamento brusco

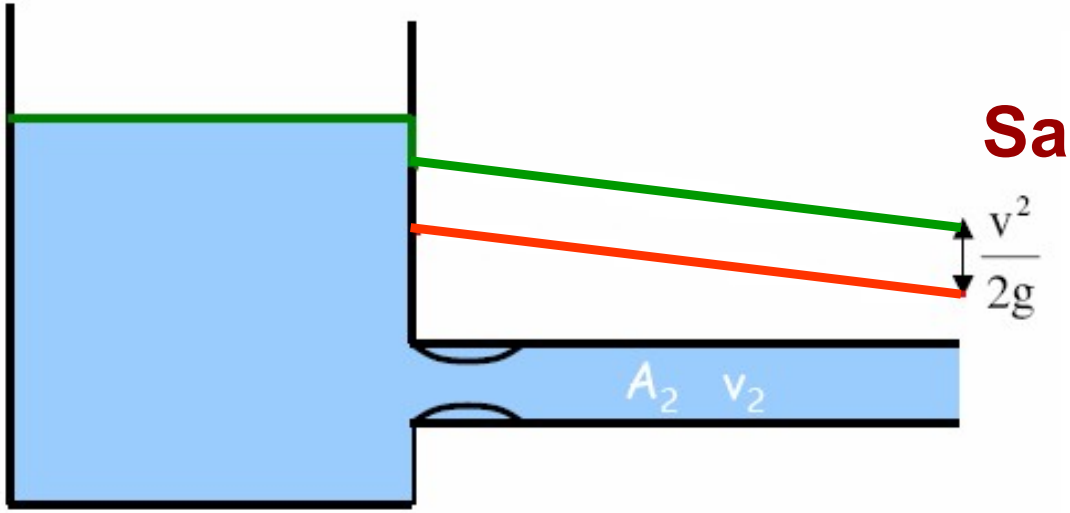




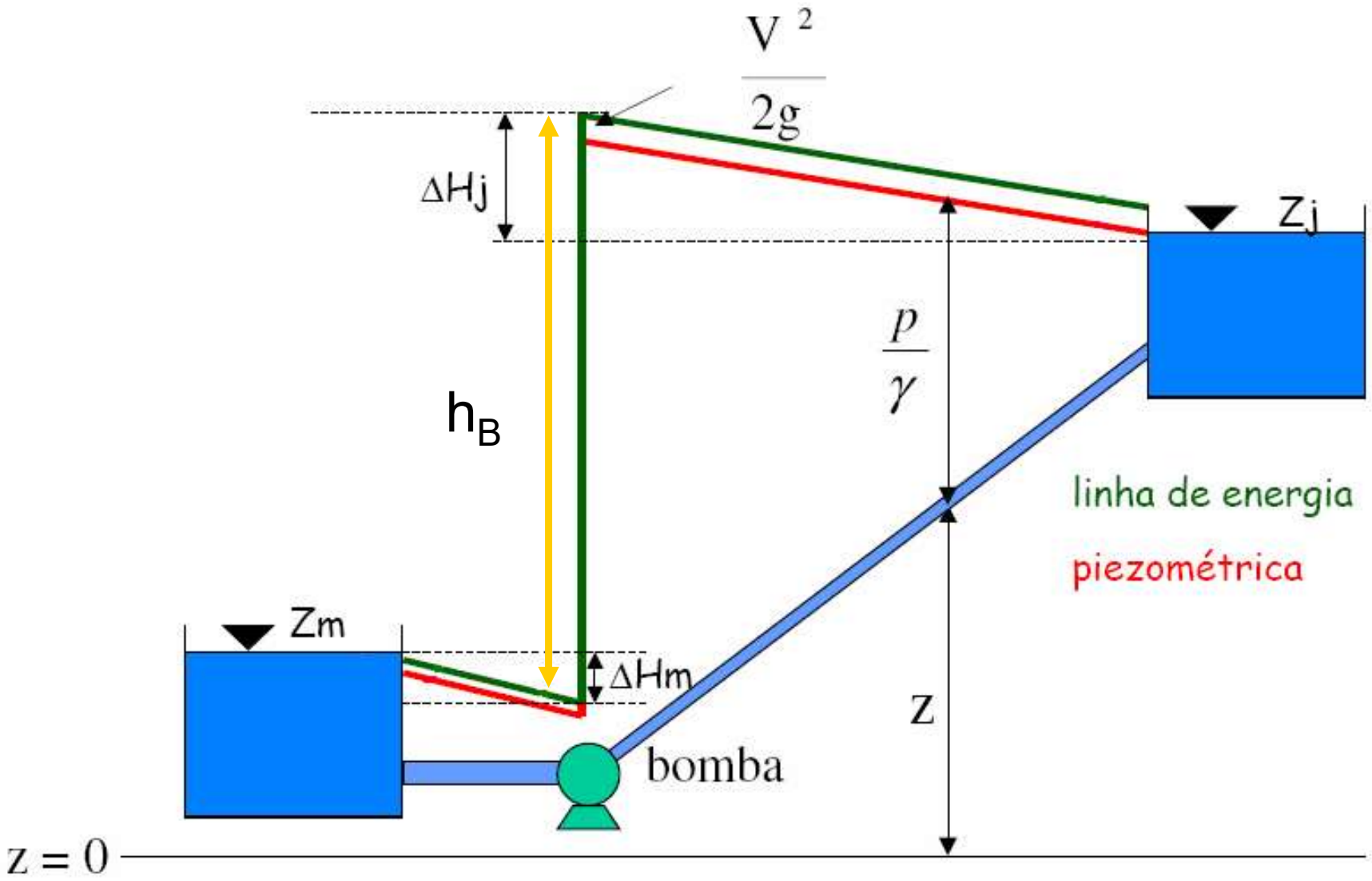
Entrada num reservatório

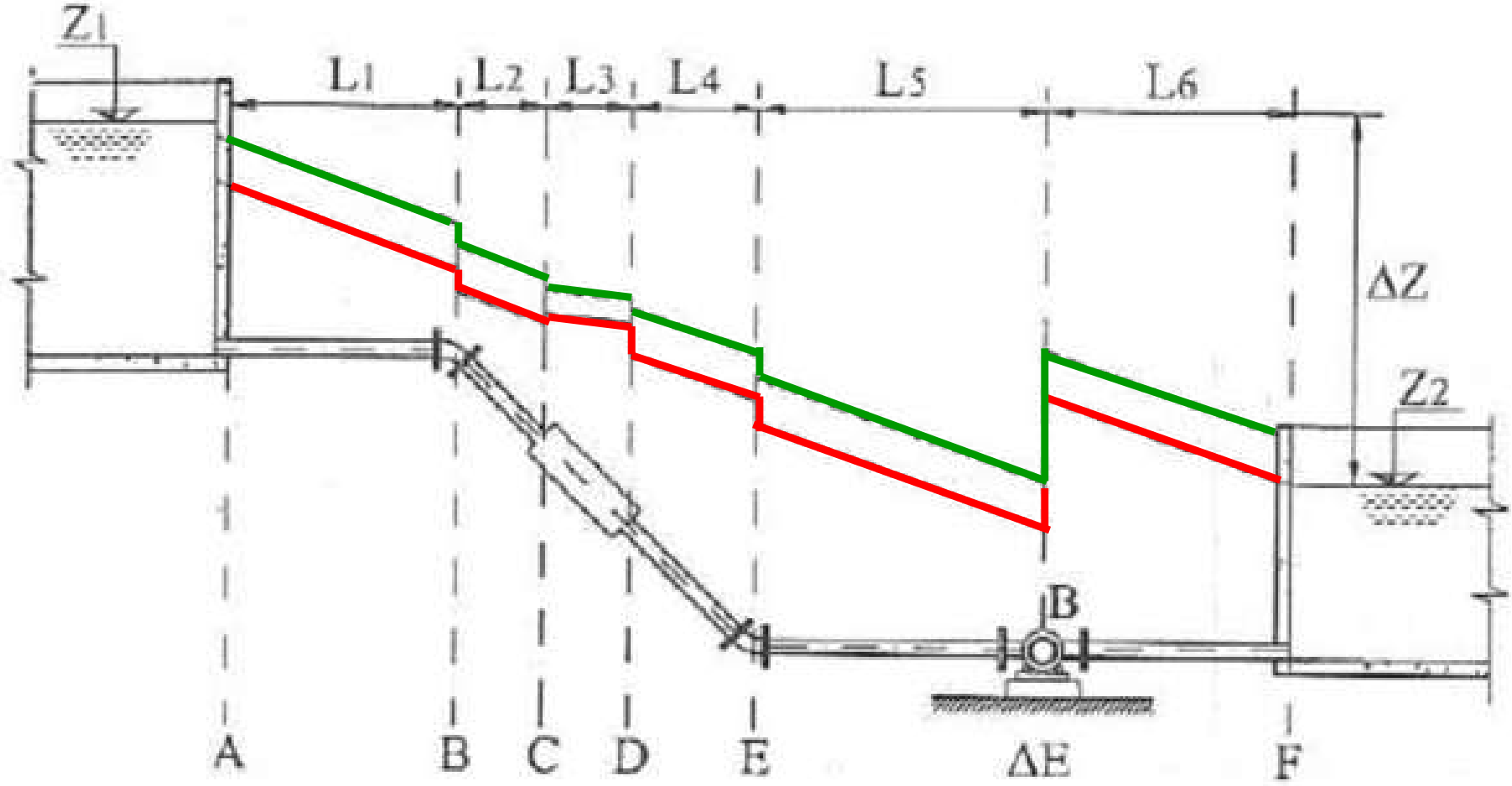


Saida dum reservatório

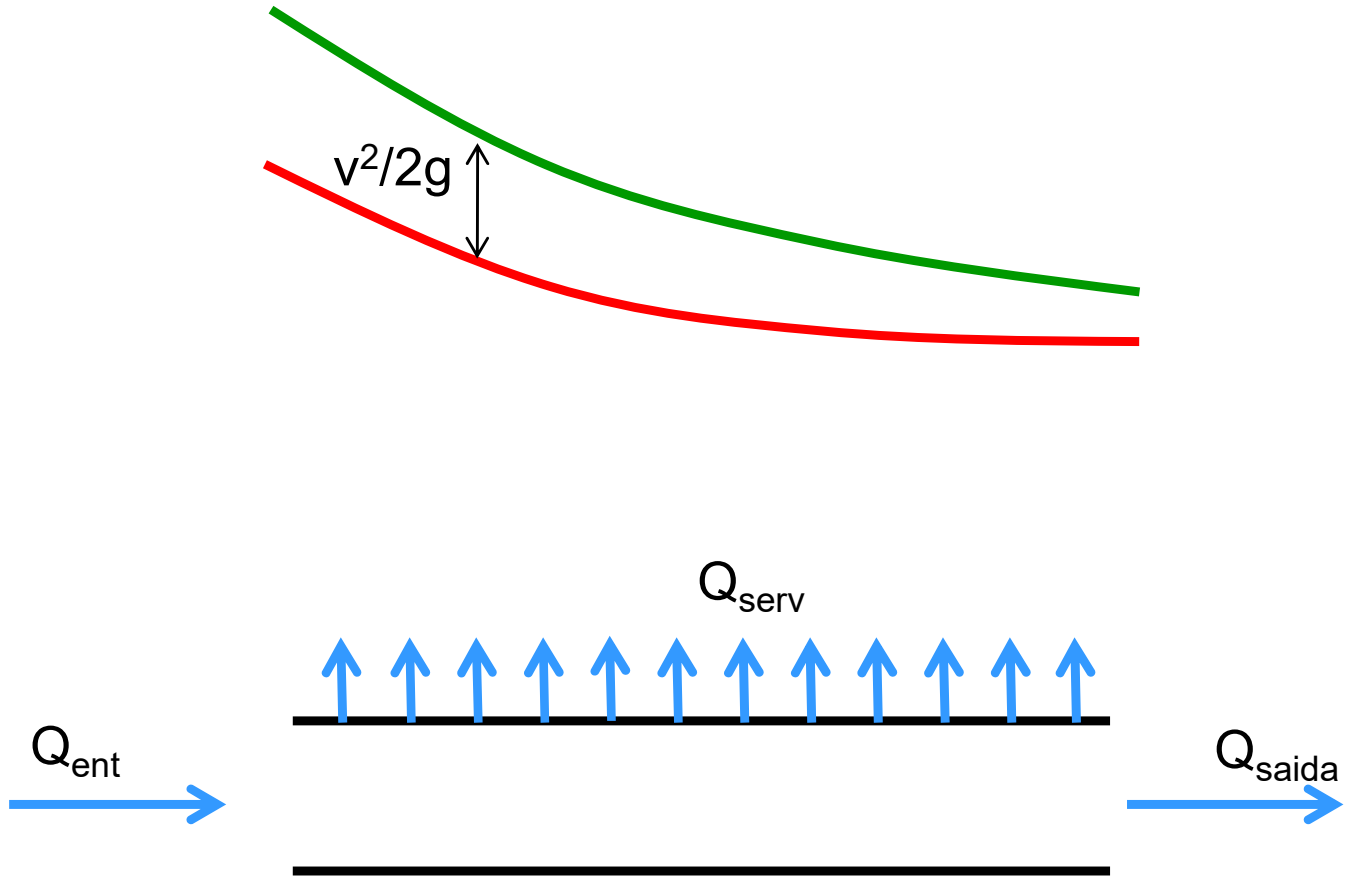


Bomba


V 2
2g
ΔHj
Zj
p
γ
hB
linha de energia
piezométrica
Zm
ΔHm
z
bomba
z = 0

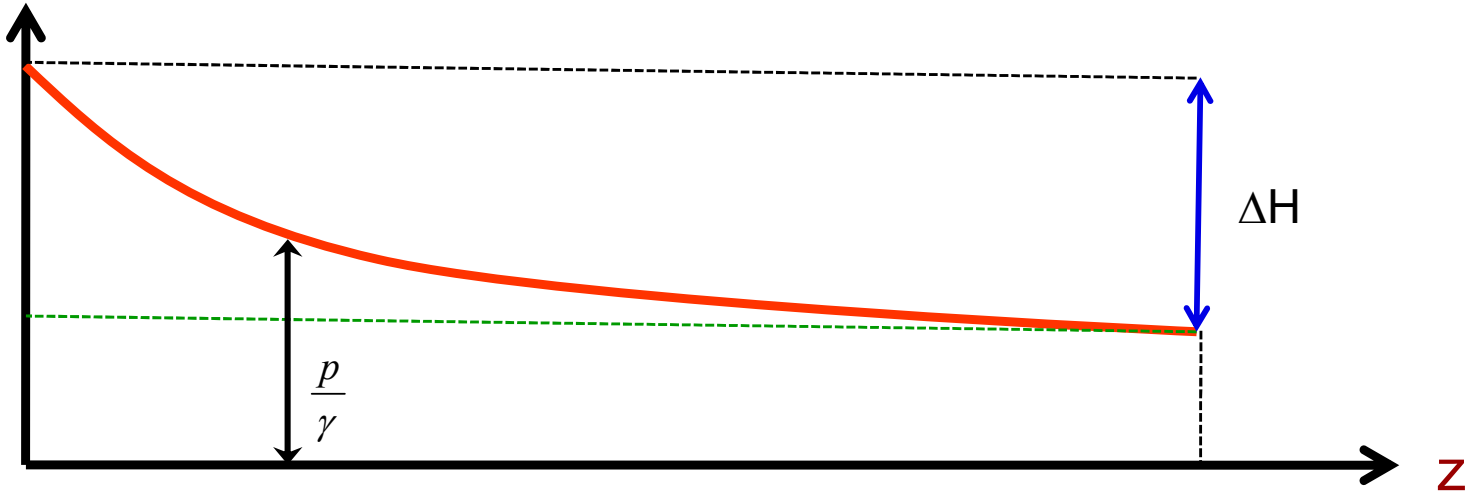

Z1
L1
L2
L3
L4
L5
L6
ΔZ
Z2
B
A
B
C
D
E
ΔE
F

Serviço no percurso

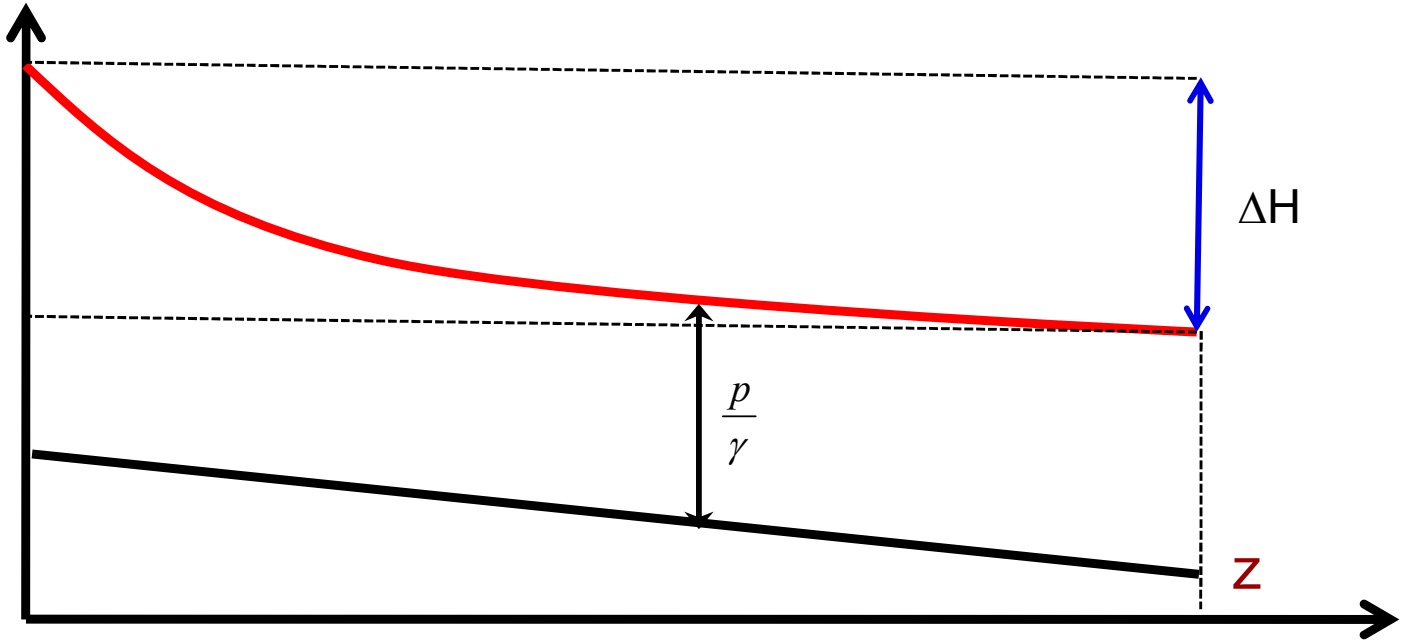


Rega sob pressão (aspersão, localizada)

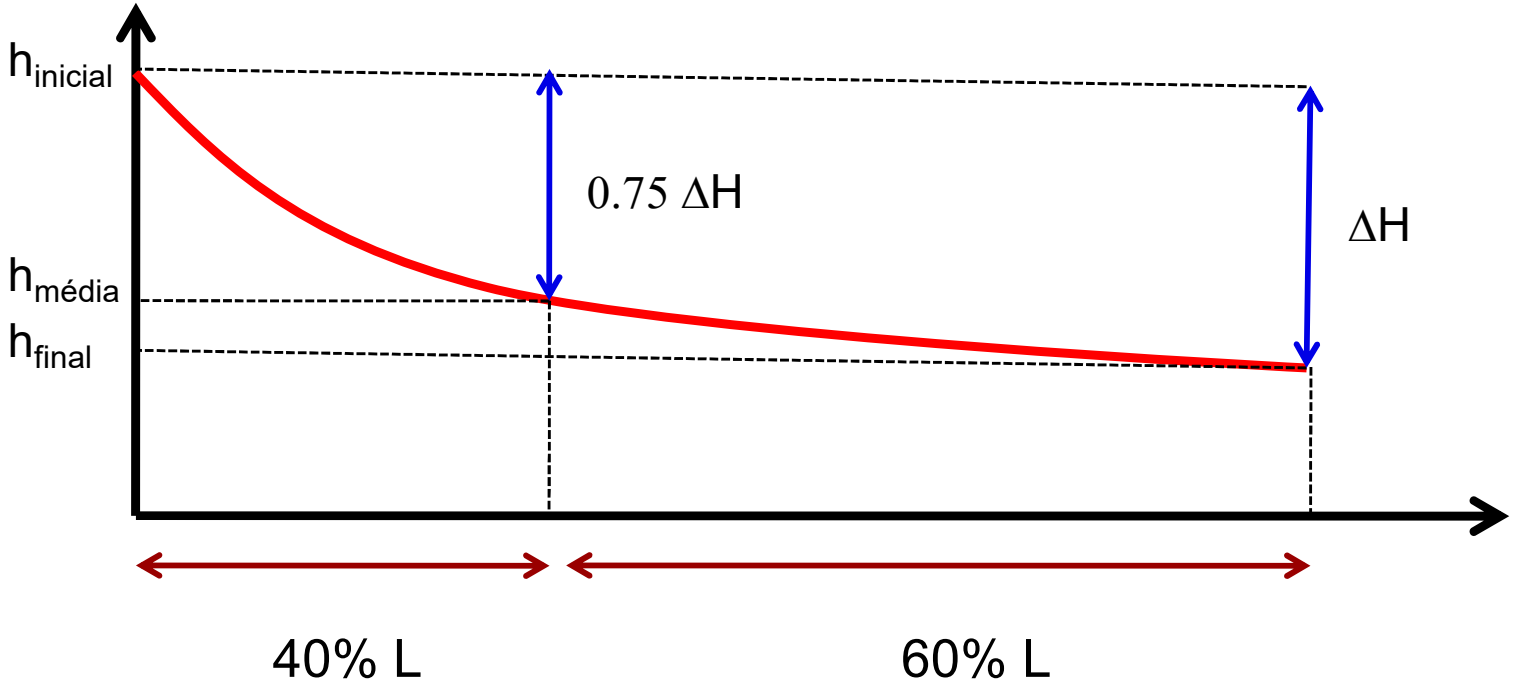
Em terreno horizontal ou segundo as curvas de nível



Em terreno com declive constante



Para um nº aspersores/gotejadores de 30 ou mais, igualmente espaçados:



$$h_{ent} = h_{méd} + \frac{3}{4}\Delta H + \frac{1}{2}\Delta z + z_{pa}$$

$$h = \frac{p}{\gamma}$$

h_{ent} – altura piezométrica à entrada da rampa

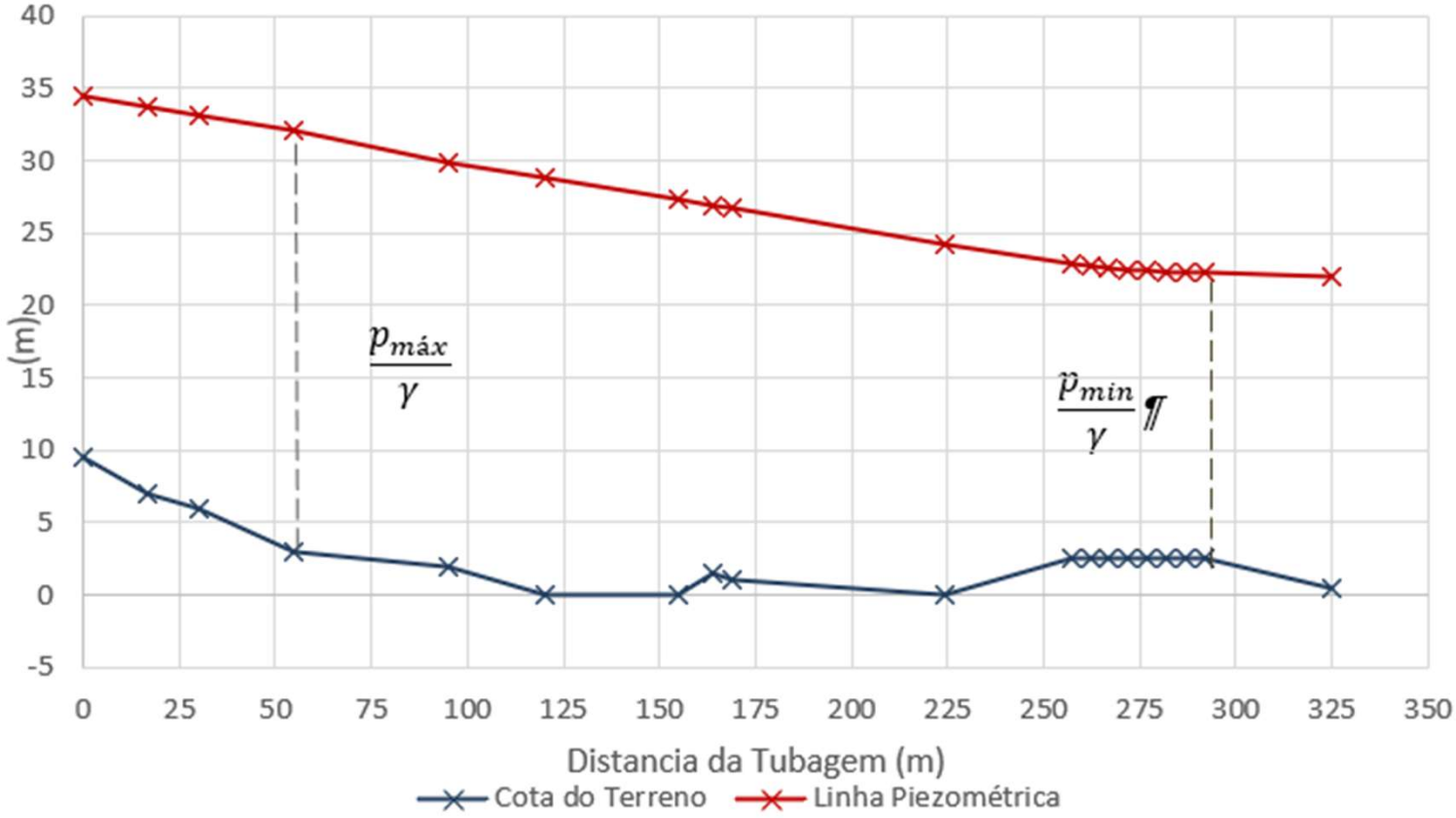
$h_{méd}$ – altura piezométrica média = pressão de funcionamento do aspersor / γ

ΔH – perda de carga total

Δz – diferença de cota do terreno

z_{pa} – altura do porta-aspersor

Linha piezométrica – rega dos citrinos (ISA)



Linha piezométrica numa ETAR

