

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

LEB 0472 – HIDRÁULICA

Prof. Fernando Campos Mendonça

AULA 8 – ROTEIRO

Tópicos da aula:

- 1) Posição dos encanamentos em relação à linha de carga
 - 1.1. Conceitos
 - 1.2. Posições da tubulação
- 2) Acessórios das tubulações
 - 2.1 Prática - laboratório
 - 2.2 Nomes dos acessórios
 - 2.3 Ancoragem
- 3) Perda de carga em tubulações com múltiplas saídas equidistantes e com mesma vazão
 - 3.1. Fator F de redução de perda de carga
 - 3.2. Exemplos
- 4) Exercício para entrega (Provinha Aula 8 – 08/10/2010)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

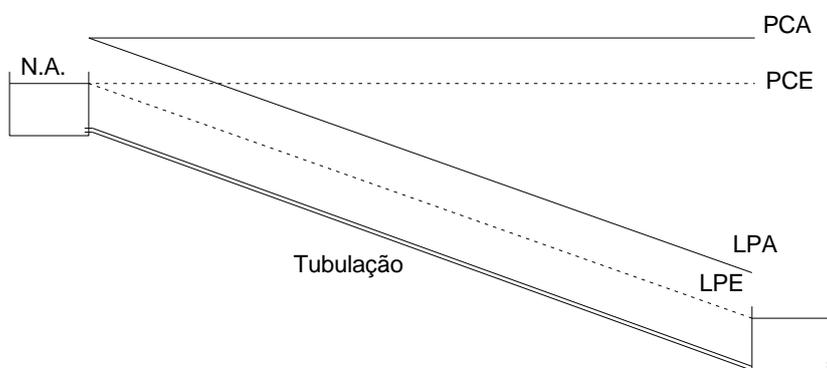
LEB 472 – HIDRÁULICA

Prof. Fernando Campos Mendonça

Aula 8 – Posição dos encanamentos, acessórios e perda de carga em tubulações com múltiplas saídas

1. Posição dos encanamentos em relação à linha de carga

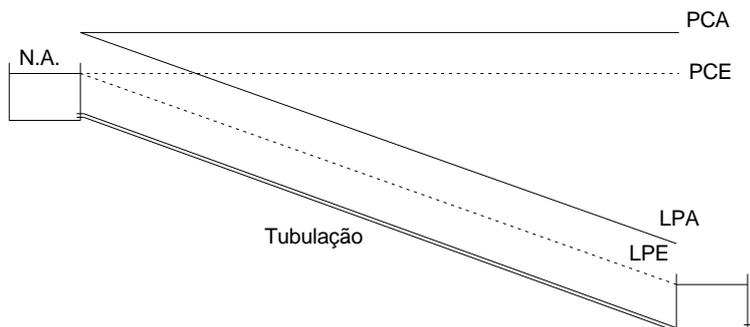
1.1. Conceitos



- a) Plano de carga efetiva (PCE): lugar geométrico que representa a altura da coluna de água de piezômetros instalados ao longo da tubulação, com o sistema estático (sem escoamento).
- b) Plano de carga absoluta (PCA): lugar geométrico ou posição que representa a soma do PCE com a P_{atm} local.
- c) Linha piezométrica efetiva (LPE): representa o lugar geométrico ao qual chegaria a água em piezômetros, se fossem colocados ao longo da tubulação.
- d) Linha piezométrica absoluta (LPA): é a soma de LPE (P/γ) e P_{atm} local.
- e) Linha de carga efetiva (LCE): lugar geométrico ou posição que representa a soma das três cargas:
- $$LCE = P/\gamma + V^2/2g + h$$
- $$LCE = LPE + V^2/2g \quad \text{Na prática, } LCE \approx LPE \quad (V^2/2g \text{ tem pequeno valor})$$
- f) Linha de carga absoluta (LCA): é a soma de LCE e P_{atm} local.

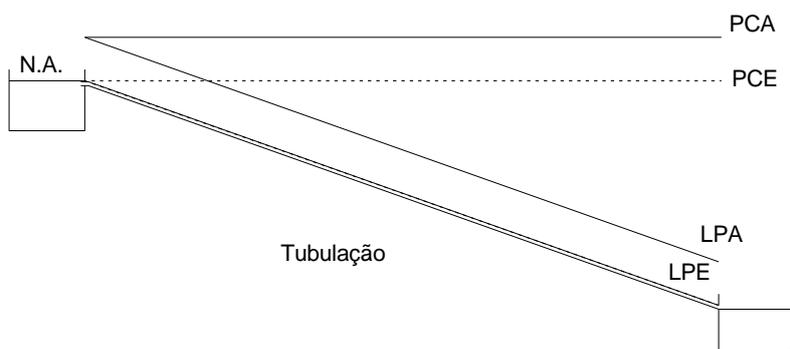
1.2. Posições da tubulação – escoamento por gravidade

a) 1ª posição: tubulação abaixo da LPE



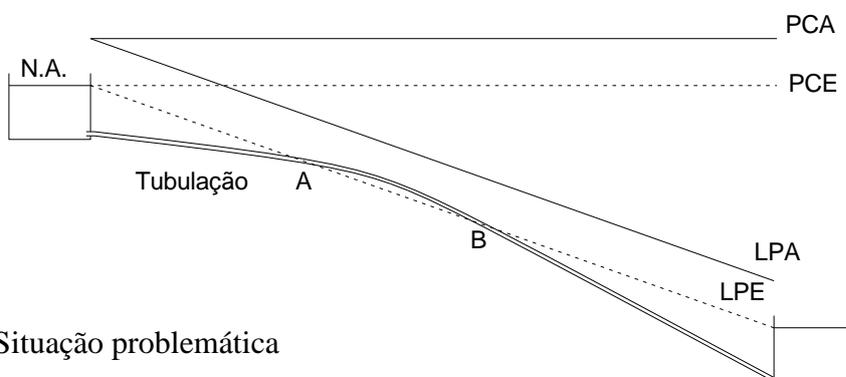
Sem problemas de escoamento

b) 2ª posição: tubulação coincide com a LPE



Sem problemas de escoamento

c) 3ª posição: tubulação corta LPE mas fica abaixo de LPA



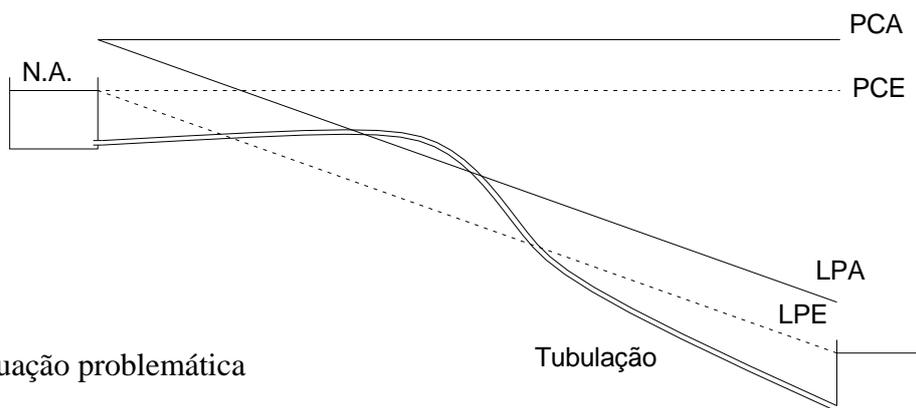
Situação problemática

$P < P_{atm}$ entre A e B

Possibilidade de entrada de ar ou outra substância que esteja próximo ao exterior da tubulação

Situação a ser evitada (Solução: utilizar reservatório de passagem)

d) 4ª posição: tubulação corta LPE e LPA, mas fica abaixo do PCE.



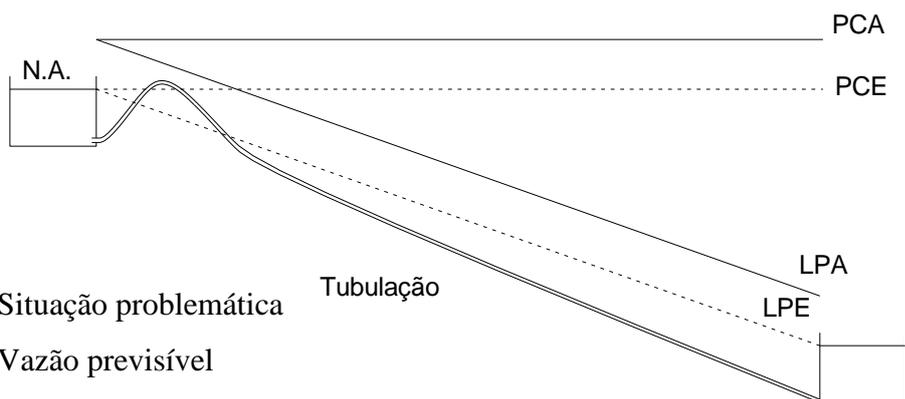
Situação problemática

Vazão imprevisível

Problemas de colapso e possibilidade de contaminação da água

Solução: evitar, mudando o curso da tubulação, ou instalar uma bomba (aumento da LPE).

e) 5ª posição: tubulação corta LPE e PCE, mas fica abaixo de LPA.



Situação problemática

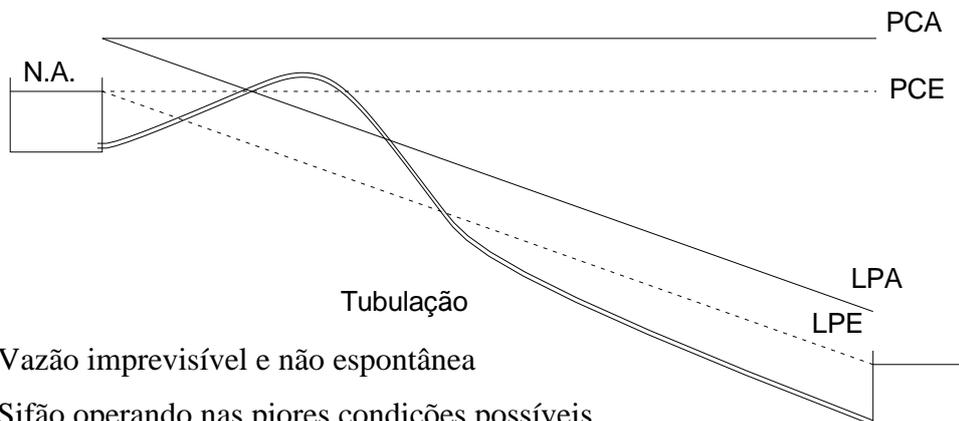
Vazão previsível

Não há escoamento espontâneo

Entrada de ar na tubulação estanca o escoamento

Aplicação prática: sifão (irrigação por sulcos)

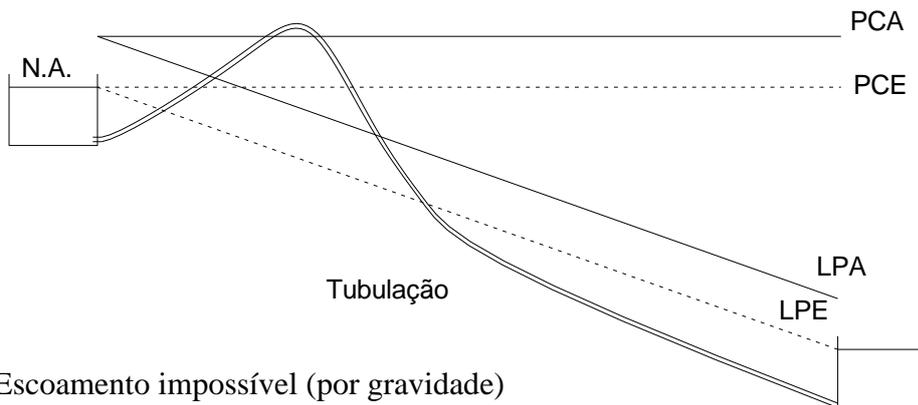
f) 6ª posição: tubulação corta LPE, LPA e PCE, mas fica abaixo do PCA.



Vazão imprevisível e não espontânea

Sifão operando nas piores condições possíveis

g) 7ª posição: tubulação corta o PCA.



Escoamento impossível (por gravidade)

Há necessidade de bombeamento

(Mostrar o efeito da bomba sobre PCA, PCE, LPA e LPE)

2. Acessórios das tubulações

2.1. Prática: apresentação de acessórios no laboratório

2.2. Principais acessórios (conexões e peças):

a) Curva:

- 45° e 90°
- Raio longo
- Raio curto (cotovelo ou joelho)

b) Tê:

- comum (todas as saídas com mesmo diâmetro)
- tê de redução (uma das saídas tem diâmetro menor)

c) Redução:

- Redução longa
- Bucha (redução curta)

d) Registros:

- reg. de gaveta
- reg. de esfera
- reg. de pressão

e) Válvulas:

- válv. de retenção
- válv. de pé c/ crivo
- válv. ventosa (expulsa ou admite ar na tubulação)
- válv. de alívio de pressão (anti-golpe de aríete)

f) Luvas:

- luva comum
- luva de redução
- luva de união roscável

g) Adaptadores: conexão entre diferentes tipos de tubos

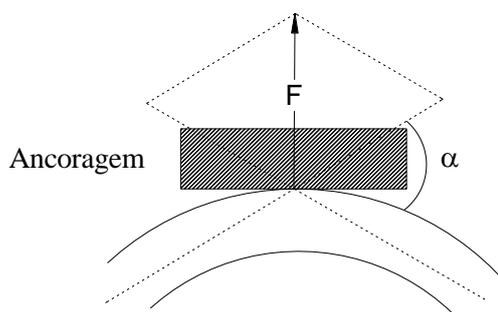
- soldável
- ponta-bolsa
- rosca (roscável)
- engate rápido roscável (ERR)
- engate rápido metálico

h) Tampão de final de linha (Cap):

- cap macho
- cap fêmea

i) Ancoragem: evita a ruptura de tubulações onde há mudança brusca do curso da água.

- Tubos enterrados: solo funciona como ancoragem
- Tubos não enterrados: construir ancoragem suficiente para resistir à força resultante



$$F = 2 (S \cdot \gamma \cdot h) \cdot \text{sen} (\alpha/2)$$

F = força resultante

S = área do tubo, m²

γ = peso específico do líquido, kgf m⁻³

h = pressão de escoamento, mca

α = ângulo de desvio, graus

Peso do bloco de concreto:

$$P = \frac{F}{\mu_{A-S}}$$

P – peso do bloco, kgf

μ_{A-S} – fator de atrito (ancoragem-solo)

Volume do bloco de concreto:

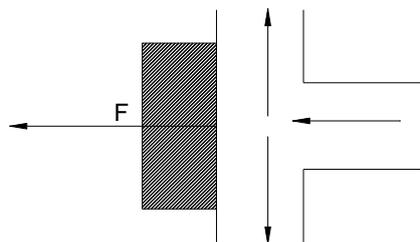
$$V_C = \frac{P}{\gamma_C}$$

V_C – volume concreto

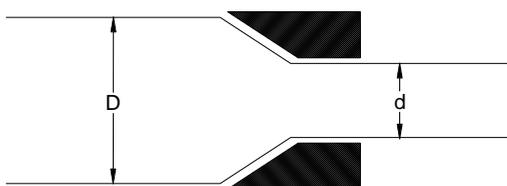
(Concreto simples: g = 2400 kgf/m³)

γ_C – peso específico do concreto, kgf/m³

Outros exemplos:



$$F = \gamma \cdot h \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

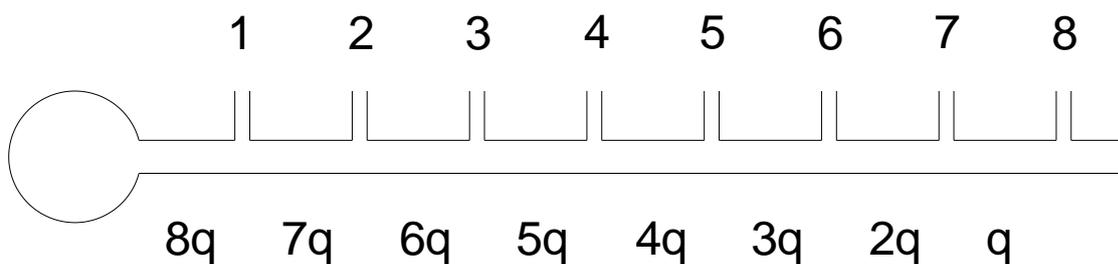


$$F = \gamma \cdot h \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

3. Perda de carga em tubulações com múltiplas saídas equidistantes e com mesma vazão

3.1. Conceito

- Tubulação com saída única: $Q = \text{cte.} \Rightarrow hf = \text{cte.}$
- Tubulação com múltiplas saídas? $Q = \text{varia} \Rightarrow hf = \text{varia}$



- Cálculo de hf:

Trecho-a-trecho ou uso de um fator de redução de hf para múltiplas saídas de água (F)

Calcular hf como se a tubulação tivesse apenas uma saída (Q cte.)

Multiplicar hf pelo fator de redução de perda de carga (F)

$$hf = J \cdot L \cdot F$$

3.2. Fator de redução de perda de carga (F)

- 1º emissor a ½ espaçamento da tubulação alimentadora $F = \frac{2N}{2N-1} \left(\frac{1}{m+1} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right)$

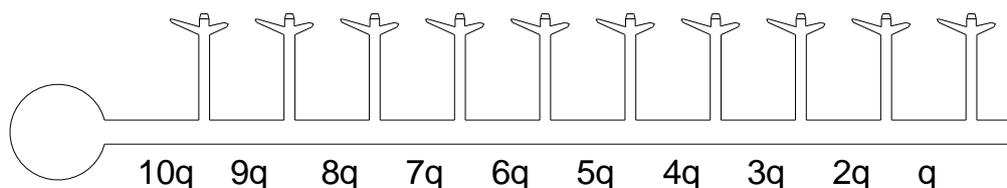
- 1º emissor a 1 espaçamento inteiro tubulação alimentadora $F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$

3.3. Exemplos

a) Irrigação por aspersão

Dados:

Vazão de cada aspersor:	$q = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$
Espaçamento entre aspersores:	$E_a = 18 \text{ m}$
Número de aspersores:	$N_a = 10$
Distância do 1º aspersor à LD:	$L_1 = 9 \text{ m}$ (1º aspersor a ½ espaçamento)
Tubulação da linha de aspersores:	Alumínio c/ engate rápido ($C = 120$) $D = 75 \text{ mm}$ ($DI = 72,5 \text{ mm}$)



Pede-se a perda de carga (hf).

Solução:

$$L = 9 \text{ m} + 9 \times 18 \text{ m} = 171 \text{ m}$$

$$Q = 10 q = 15 \text{ m}^3/\text{h} = 0,004167 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$10 \text{ saídas: } F = \frac{2 \cdot 10}{2 \cdot 10 - 1} \left(\frac{1}{1,852 + 1} + \frac{\sqrt{1,852 - 1}}{6 \cdot 10^2} \right)$$

$$F = 0,371$$

$D > 50 \text{ mm} \Rightarrow$ Fórmula de Hazen-Williams

$$\text{Hazen-Williams: } J = 10,65 \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852} \times \frac{1}{D^{4,87}}$$

$$J = 10,65 \times \left(\frac{0,004167}{120} \right)^{1,852} \times \frac{1}{0,0725^{4,87}} = 0,020834 \text{ m/m}$$

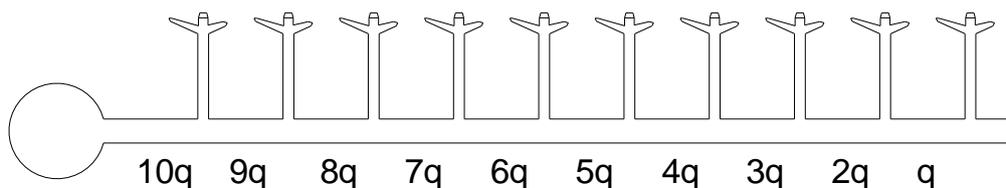
$$hf = J \times L \times F = 0,020834 \times 171 \times 0,371$$

$$hf = 1,32 \text{ mca}$$

b) Irrigação por aspersão

Dados:

Vazão de cada aspersor:	$q = 3 \text{ m}^3/\text{h}$
Espaçamento entre aspersores:	$E_a = 18 \text{ m}$
Número de aspersores:	$N_a = 10$
Distância do 1º aspersor à LD:	$L_l = 18 \text{ m}$ (1º aspersor a 1 espaçamento)
Tubulação da linha de aspersores:	PVC usado ($C = 140$; $b = 0,000135$)
	$hf_{\max} = 7 \text{ mca}$



Pede-se:

- b.1) o diâmetro teórico da tubulação;
- b.2) O diâmetro comercial imediatamente superior;
- b.3) A perda de carga para o diâmetro comercial.

Solução:b.1) $N = 10$; $Q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$; $L = 180 \text{ m}$;

$$F = \frac{1}{1,852+1} + \frac{1}{2 \cdot 10} + \frac{\sqrt{1,852-1}}{6 \cdot 10^2}$$

$$F = 0,402$$

$$hf = J \times L \times F \Rightarrow J = hf / (L \times F) = 7 / (180 \times 0,402)$$

$$J = 0,0967 \text{ m/m}$$

$$D = 1,625 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{0,38} \times \frac{1}{J^{0,205}}$$

$$D = 1,625 \times \left(\frac{0,00833}{140}\right)^{0,38} \times \frac{1}{0,0967^{0,205}} = 0,065 \text{ m ou } 65 \text{ mm}$$

b.2) Diâmetro comercial = 75 mm (DI = 72,5 mm)

b.3) Perda de carga para Dc:

$$J = 10,65 \times \left(\frac{0,00833}{140} \right)^{1,852} \times \frac{1}{0,0725^{4,87}} = 0,0565 \text{ m/m}$$

$$hf = 0,0565 \times 180 \times 0,402 = 4,1 \text{ mca}$$

c) Irrigação por aspersão

Dados:

$$q = 2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Ea = 18 \text{ m}$$

1º aspersor a 1 espaçamento inteiro

$$hf = 7 \text{ mca}$$

Material: PVC (C= 150; b = 0,000135)

$$D = 50 \text{ mm (DI = 0,0467m)}$$

Pede-se o número de aspersores (N_a) e o comprimento da linha lateral (L).

Solução: por tentativas

- Estipular um número de aspersores e calcular Q, L e F

- Calcular J e hf

- verificar se hf é menor ou igual à perda de carga desejada

1º passo: N = 10; Q = 20 m³/h (0,00556 m³/s); L = 180 m

DI < 50 mm ⇒ Fórmula de Flamant (m = 1,75)

$$F = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \cdot 10} + \frac{\sqrt{1,75-1}}{6 \cdot 10^2}$$

$$F = 0,415$$

$$J = 6,107 \cdot 0,000135 \cdot 0,00556^{1,75} \cdot \frac{1}{0,0467^{4,75}} = 0,1953 \text{ m/m}$$

$$hf = 0,1953 \times 180 \times 0,415 = 14,6 \text{ mca} \quad (> 7 \text{ mca})$$

2º passo: N = 5; Q = 10 m³/h (0,00278 m³/s); L = 90 m

$$F = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \cdot 5} + \frac{\sqrt{1,75-1}}{6 \cdot 5^2} \quad F = 0,469$$

$$J = 6,107 \cdot 0,000135 \cdot 0,00278^{1,75} \cdot \frac{1}{0,0467^{4,75}} = 0,0580 \text{ m/m}$$

$$hf = 0,0580 \times 90 \times 0,469 = 2,5 \text{ mca} \quad (< 7 \text{ mca})$$

3º passo: N = 8; Q = 16 m³/h (0,00444 m³/s); L = 144 m

$$F = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \cdot 8} + \frac{\sqrt{1,75-1}}{6 \cdot 8^2} \quad F = 0,428$$

$$J = 6,107 \cdot 0,000135 \cdot 0,00444^{1,75} \cdot \frac{1}{0,0467^{4,75}} = 0,1320 \text{ m/m}$$

$$hf = 0,1320 \times 144 \times 0,428 = 8,1 \text{ mca} \quad (> 7 \text{ mca})$$

4º passo: N = 7; Q = 14 m³/h (0,00389 m³/s); L = 126 m

$$F = \frac{1}{1,75+1} + \frac{1}{2 \cdot 7} + \frac{\sqrt{1,75-1}}{6 \cdot 7^2} \quad F = 0,438$$

$$J = 6,107 \cdot 0,000135 \cdot 0,00389^{1,75} \cdot \frac{1}{0,0467^{4,75}} = 0,1045 \text{ m/m}$$

$$hf = 0,1045 \times 126 \times 0,438 = 5,8 \text{ mca} \quad (\text{valor mais próximo e menor que } 7 \text{ mca})$$

R.: N = 7 aspersores; L = 126 m

4. Exercício 8 (Provinha)

LEB 0472 – Hidráulica

Nome:

Data:

Dados:

Irrigação por gotejamento

Gotejador: $q = 1,5 \text{ L/h}$

No. de gotejadores na linha lateral = 80

Espaçamento entre gotejadores = 1 m

Tubulação:

$D = 17 \text{ mm}$

Material: polietileno ($b = 0,000135$)

Distância do 1º gotejador à LD: 1 m

Pede-se a perda de carga.