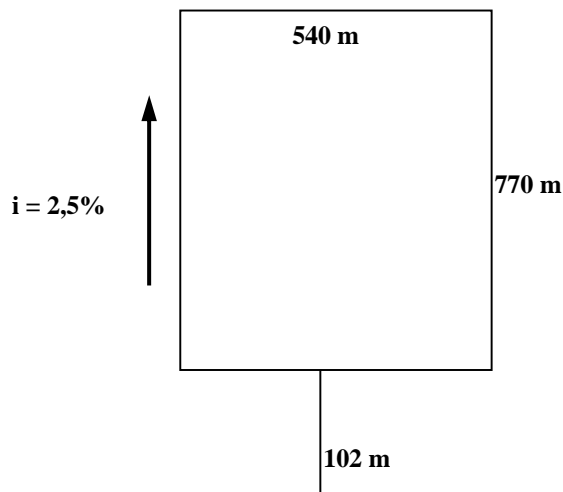


Departamento de Engenharia Rural - ESALQ/USP
LER 1571 – Irrigação
Prof. Marcos V. Folegatti

Projeto de um sistema de irrigação por ASPERSÃO

Dimensionar um projeto de irrigação por aspersão para as seguintes condições:

- a) cultura: feijão;
- b) profundidade do sistema radicular: 30 cm;
- c) evapotranspiração máxima: 3,5 mm/dia;
- d) as irrigações deverão ocorrer quando a tensão da água no solo for igual a 1,00 atm, o que corresponde à umidade com base em peso seco igual a 24%;
- e) capacidade de campo: 32% (com base em massa seca);
- f) densidade do solo; 1,2 g/cm³;
- g) velocidade de infiltração básica: 12 mm/h;
- h) característica do aspersor:
 - ✓ Modelo ZED – 30 D;
 - ✓ Diâmetro dos bocais 5,0 X 6,5 (mm);
 - ✓ Pressão de serviço do aspersor (P.S): 3,0 atm = 30 m.c.a;
 - ✓ Espaçamento: 18 X 24 (m);
 - ✓ Vazão do aspersor: 4,42 m³/h;
 - ✓ Raio de alcance: 17,6 m;
 - ✓ Intensidade de aplicação: $IA = [q/(E_1 \times E_2)] = 10,23$ mm/h.
- i) característica da tubulação: alumínio;
- j) horas de trabalho por dia (HTD) = 16 horas (variável);
- k) eficiências:
 - conjunto moto-bomba
 - irrigação: 80%.
- l) características da área:
 - comprimento 770 m (L);
 - largura: 540 m (l);
 - distância da fonte de água até a área a ser irrigada: 102 m;
 - desnível a casa de bombas até a superfície da água



Cálculos:

1) Água disponível útil

$$ADu = (32 - 24) \times 1,2 = 9,6\% \text{ ou } 0,96 \text{ mm de água/cm de solo)}$$

2) Lâmina útil (hu)

$$hu = [(Ucc - Urri)/10] \times ds \times H$$

$$hu = 0,96 \times 30 = 28,8 \text{ mm}$$

3) Lâmina total de irrigação (ht)

$$ht = hu/Ei$$

$$ht = 28,8/0,80 = 36,0 \text{ mm}$$

4) Turno de rega ou frequência de irrigação (F)

$$F = hu/ET$$

$$F = (28,8)/(3,5) = 8,2 \text{ dias} \approx 8,0 \text{ dias}$$

5) Tempo de irrigação por posição da linha lateral (Ti)

$$Ti = ht/IA$$

$$Ti = 36,0/10,23 = 3,5 \text{ goras} \approx 4,0 \text{ horas (0,5 horas para mudança da linha lateral)}$$

6) Número total de posições da linha lateral (N)

$$N = (L/E_2) \times 2$$

$$N = (770/24) \times 2 = 64 \text{ posições}$$

7) Número de posições a serem irrigadas por dia (Nd)

$$Nd = N/F$$

$$Nd = 64/8 = 8 \text{ posições/dia}$$

8) Número de linhas laterais (Nl)

$$Nl = N/Npl \times F$$

onde Npl = número de posições da linha lateral por dia

$$Npl = HTD/Ti$$

onde HTD = número de horas de trabalho por dia

$$N_{pl} = 16/4 = 4 \text{ (posições de uma linha por dia)}$$

$$N_l = 64/(4 \times 8) = 2 \text{ laterais}$$

9) Vazão aproximada necessária (Qap)

$$Q_{ap} = (ht \times A) / (F \times HTDf);$$

(ht – m; A – m², F – dias, HTDf – horas/dia)

onde HTDf = horas de funcionamento do conjunto moto-bomba por dia, lembrar que das 4, 0 horas por posição da linha lateral 0,5 horas serão utilizadas para mudança da linha lateral para a posição seguinte)

$$HTDf = 3,5 \times 4 = 14 \text{ horas}$$

$$Q_{ap} = [0,036 \times (770 \times 540)] / (8 \times 14) = 133,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

10) Dimensionamento das linhas laterais

- número de aspersores na linha lateral = $270 / 18 = 15$
- vazão na entrada da linha lateral = $15 \times 4,42 = 66,3 \text{ m}^3/\text{h} = 0,01845 \text{ m}^3/\text{s}$

obs.: o comprimento do primeiro trecho na linha lateral é variável em função da largura da área. Outro fato a se considerar é o alcance do último aspersor na linha lateral, onde considera-se como área efetivamente molhada 60% do alcance do aspersor, de modo que nesta área em questão teremos linhas laterais com comprimentos diferentes de 6,0 m, o que equivale a um tubo.

- comprimento real da linha lateral (LL1) = $12 + (14 \times 18) = 264 \text{ m}$
(LL2) = $06 + (14 \times 18) = 258 \text{ m}$

10.1) Cálculo do diâmetro da linha lateral (LL)

- considerando-se a perda de carga admissível na LL (em nível), como sendo:

$$h_f = 0,20 \times P.S$$

$$h_f = 6 \text{ m.c.a}$$

Transformando-se a perda de carga de um sistema com múltiplas saídas equidistantes, para um sistema com uma única saída (hf^{*}) utilizando o fator F:

$$F \text{ de Hazen_Williams para 15 saídas} = 0,3635$$

$$- h_f^* = (6 / 0,3635) = 16,5 \text{ m}$$

$$- J = 15,58 / 264 = 62 \text{ mm}$$

Utilizando-se a equação de Hazen-Williams:

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

$$(Q - \text{m}^3/\text{s}; D - \text{m}, J - \text{m}/\text{m})$$

Para J e Q calculamos o diâmetro $D = 0,1031 \text{ m}$ ou $103,1 \text{ mm}$ equivalente a 4". Refazendo-se os cálculos de perda de carga hf para o diâmetro comercial mais próximo (4" = 101 mm) temos:

$$- hf = (J \times L) \times F = 6,24 \text{ m}$$

(equivalente a 22% da P.S. que está bem próximo do critério de 0,20 da P.S, portanto aceitável).

10.2) Pressão no início (Pi) e no final (Pf) da linha lateral,

$$Pi = P.S + \frac{3}{4} hf + Aa \implies Pi = 30 + \frac{3}{4} 6,24 + 1,0 = 35,68 \text{ m}$$

$$Pf = P.S + \frac{1}{4} hf + Aa \implies Pf = 30 + \frac{1}{4} 6,24 + 1,0 = 29,44 \text{ m}$$

11) Dimensionamento da linha principal (LP)

Analisando-se o lay-out pré-estabelecido, verifica-se que a linha principal pode dividir-se em dois trechos:

- da moto-bomba (MB) até o ponto A;
- o comprimento de MB-A = $102 + 12 + (15 \times 24) = 474 \text{ m}$, com vazão Q;
- do ponto A até o ponto B:
- o comprimento de A-B = $16 \times 24 = 384 \text{ m}$, com vazão Q/2.

Trecho MB-A

Ø" (pol)	Ø (mm)	Q (m ³ /s)	J (m/100m)	L (m)	hf (m)	V (m/s)
4	101	0,0369	23,53	474	111,58	4,60
5	127	0,0369	7,71	474	36,56	2,90
6	152	0,0369	3,22	474	15,24	2,03*
8	203	0,0369	0,79	474	3,72	1,14

Trecho MB-A

Ø" (pol)	Ø (mm)	Q (m ³ /s)	J (m/100m)	L (m)	hf (m)	V (m/s)
4	101	0,01845	6,52	384	25,03	2,3
5	127	0,01845	2,14	384	8,21	1,4*
6	152	0,01845	0,89	384	3,42	1,0

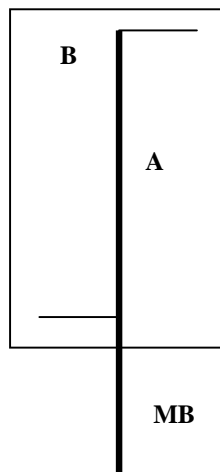
11.1) Perda de carga na linha principal (LP)

No cálculo da perda de carga na linha principal existem duas situações que devem ser analisadas:

- par de linhas laterais distantes (geralmente início das posições).
- par de linhas laterais do lado esquerdo e direito próximas, podendo encontrar-se numa mesma posição (N ímpar) ou defasados de E_2 (N par).

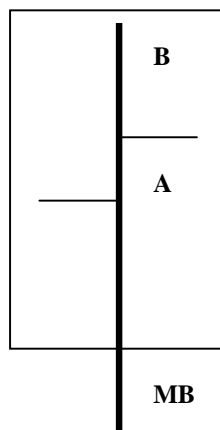
Situação a

\varnothing (mm)	Q (m ³ /s)	J (m/100m)	L (m)	hf (m)
152	0,03690	3,22	114	3,67
152	0,01845	0,89	360	3,20
127	0,01845	2,14	384	8,22
Total			858	15,09



Situação b

\varnothing (mm)	Q (m ³ /s)	J (m/100m)	L (m)	hf (m)
152	0,03690	3,22	474	15,26
127	0,01845	2,14	24	0,51
Total			494	9



12) Dimensionamento do conjunto moto-bomba

Para o dimensionamento do conjunto moto-bomba é necessário ter conhecimento da vazão (Q) e da altura manométrica (Hman).

$$- H_{man} = h_s + h_r + h_{f_{LP}} + P_i$$

- h_s = altura geométrica de sucção;
- h_r = altura geométrica de recalque;
- $h_{f_{LP}}$ = perda de carga na linha principal;
- P_i = pressão no início da linha lateral.

$$H_{man} = 2,0 + (0,025 \times 858) + 15,77 + 36 \implies 75,27 \times 1,05 = 79,03 \text{ m}$$

(5% adicionais para perda de carga em acessórios)

12.1) Potência necessária

$$Pot_b = (Q \times H_{man}) / (\eta \times 75) \quad (Q - l/s; H_{man} - m)$$

$$Pot_b = (36,9 \times 79) / (0,69 \times 75) = 56,33 \text{ C.V.}$$

$$Pot_{mb} = 56,33 \times 1,15 = 64,78 \text{ C.V.}$$

(os motores comerciais disponíveis são 60 e 75 C.V, neste ponto do projeto leva-se em conta o custo do motor 75 C.V e o custo da tubulação, para saber o que é mais econômico: comprar o motor de 75 C.V ou investir em alguns metros a mais de tubulação de maior diâmetro).

13) Relação do material

Linha Principal	Unidade	Custo unitário	Custo total
tubulação alumínio, 6" 474 m (tubos de 6 m)	79		
tubulação alumínio, 5" 384 m (tubos de 6 m)	64		
válvula de derivação para ramais, 3" x 6"	16		
válvula de derivação para ramais, 3" x 5"	16		
tampão fina 5"	1		
redução de 6" – 5"	1		
Linha lateral			
tubulação de alumínio, 4", 258 + 264 = 522 m	87		
cotovelo de derivação 3" x 4"			

engate rápido com válvula automática para aspersor 1" rosca	30		
tampão final, 4"	2		
tubo de subida, 1 m, 1"	30		
aspersores ZED bocal 5,0 x 6,0 mm	30		
Conjunto moto-bomba			
Bomba ETA 100-50/2, 1700 rpm, 66,2 CV	1		
Motor Weg, 1750 rpm, 75 CV	1		
Base de ferro para conjunto moto-bomba	1		
Junta elástica	1		
Acessórios			
Registro de gaveta 6"	1		
Curva dupla 6"	1		
Válvula de retenção 6"	1		
Curva de saída 6"	1		
Chave compensadora 380 V	1		