

UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agrónomica / M.ª Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia



**INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA**
Universidade de Lisboa

Departamento de Ciências e
Engenharia de Biosistemas

Necessidades hídricas e Sistemas de rega



4. Métodos e sistemas de rega

4.1 Conceitos

4.2 Métodos e sistemas de rega mais utilizados em Portugal

4.3 Introdução aos métodos e sistemas de rega

4.3.1 Sistemas de rega por aspersão

4.3.1.1 Os aspersores

4.3.1.2 Sistemas de rega fixos por aspersão

4.3.1.3 Canhão com enrolador

4.3.1.4 Rampa pivotante e rampa de deslocamento frontal

4.3.1.5 Rega Localizada







$$Q = 2.78 \frac{A \cdot D}{I_R \cdot T_T}$$

UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agrónomica / M.ª Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia

Sistemas móveis de rega por aspersão: são sistemas de rega que se movem enquanto aplicam a água

- Canhão de rega
- Rampa pivotante
- Rampa de deslocamento frontal

2

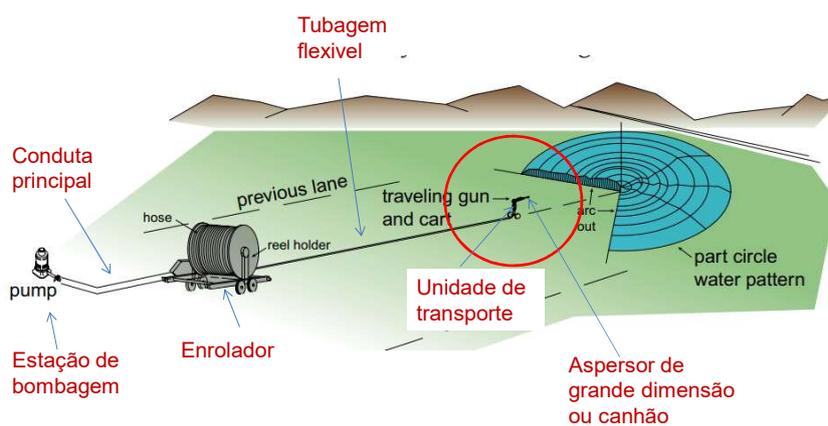
4.3.1.3 Rega por aspersão – sistemas móveis: canhão de rega com enrolador

- também designado por enrolador e máquina de rega;
- utiliza um grande aspersor, geralmente rotativo (canhão) montado numa estrutura que se desloca ao longo do campo, regando uma faixa retangular;
- produz pluviometrias de elevada intensidade e jatos de longo alcance;
- estas duas características desaconselham a sua utilização em solos pesados e com declives superiores a 5%



3

Componentes principais do sistema de rega



Há duas variantes:

- O tubo, ao ser enrolado, puxa o canhão – mais comum na Europa
- O canhão avança, puxando o tubo que se desenrola – mais comum nos EUA

4



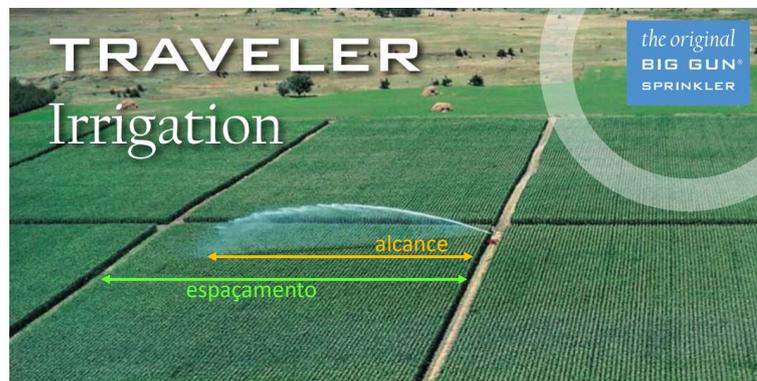


<https://www.youtube.com/watch?v=5Un1O6WsxVo>

7



Vista geral de um campo regado por canhões



8



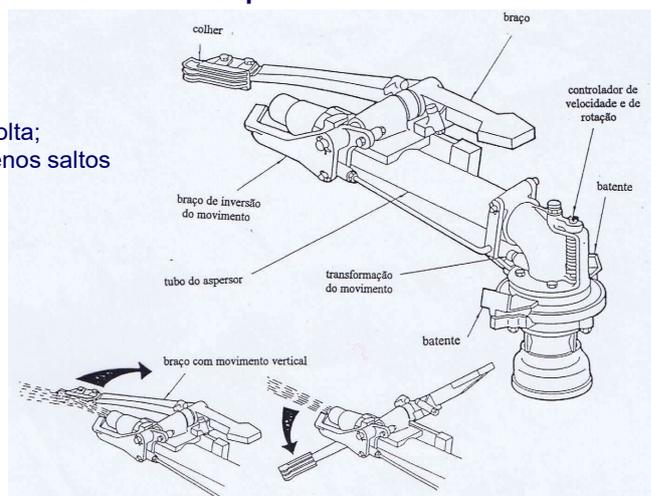
[filme](#)

9

Tipo de emissor mais comum

Canhão de braço oscilante ou de impacto

2 a 5 minutos por volta;
avançam em pequenos saltos



10

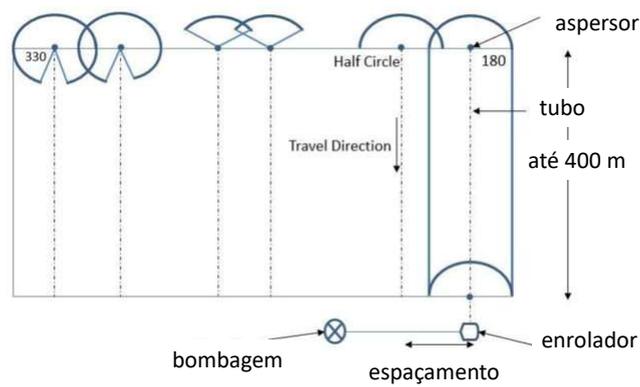
Outro tipo, menos comum, é o de turbina

Exemplo de canhões movidos através de uma turbina



11

Layout típico do sistema



- Velocidade de avanço entre 10 e 50 m/h
- Caudal debitado entre 6 e 60 L/s.

12

Problema da uniformidade. Ângulo de cobertura (ângulo do setor regado)

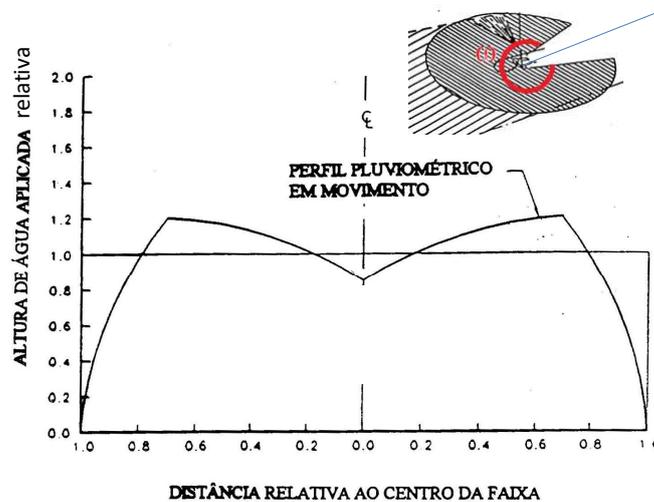
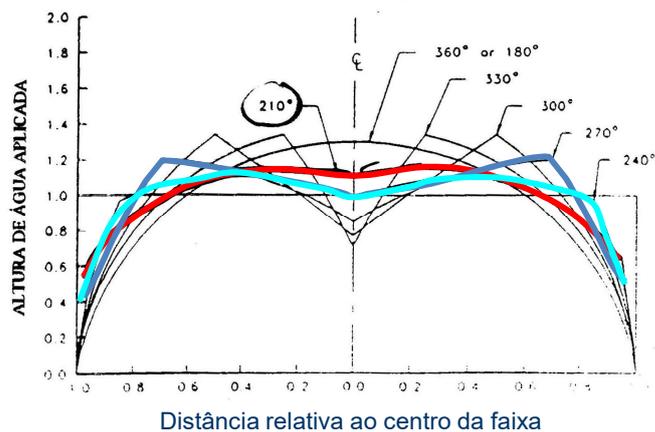


Diagrama pluviométrico de um canhão com um ângulo de cobertura de 270°

13

Comparação de perfis pluviométricos de um canhão conforme o ângulo de cobertura



- São aceitáveis os ângulos compreendidos entre 210 e 270°, dependendo do balanço entre a desvantagem de aumentar a pluviometria e a vantagem de aumentar a uniformidade;
- Valores mais baixos que 210° não devem ser escolhidos pois correspondem a melhor uniformidade mas também a maior pluviometria.

14

A 210-degree and 240-degree sprinkler rotation angle with lane spacings 80–95% of the wetted diameter is recommended (Solomon 1971).

Solomon, K. (1971). *Traveling sprinkler variables affecting application uniformity. Transactions of the ASAE, Paper No. 71-758, St. Joseph.*

15

Caudais e diâmetros molhados característicos de canhões com bocais cónicos e um ângulo de trajetória de 240°, trabalhando em condições de ausência de vento (Keller e Bliesner, 1990)

42.3 m
ou
4.15 bar

Pressão no aspersor, kPa	Diâmetro do bico, bocal cónico (mm)									
	20.32		25.4		30.48		35.56		40.64	
kPa	Caudal e diâmetro molhado do aspersor									
	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m
415	9.0	87	14.2	99	20.8	111	-	-	-	-
480	9.8	91	15.4	104	22.4	116	30.3	133	-	-
550	10.4	94	16.4	108	24.0	120	32.5	139	42.6	146
620	11.0	97	17.4	111	25.6	125	34.4	143	45.1	151
690	11.7	100	18.4	114	26.8	128	36.3	146	47.8	155
760	12.3	104	19.2	117	28.1	131	38.2	149	49.8	158
825	12.9	107	20.2	120	29.3	134	39.8	152	52.0	163

Espaçamentos recomendados entre faixas de trabalho de canhões sob várias condições de vento (*em % do diâmetro molhado*)

Intervalo de variação da velocidade do vento km h ⁻¹			
mais de 16	8 a 16	3.5 a 8	0 a 3.5
Espaçamento em percentagem do diâmetro molhado			
50	55	60	65
70	75	80	

Os valores mais baixos devem ser utilizados para bocais anelares e os valores mais altos para bocais cónicos

16

SELEÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA

Seleção do sistema

- Características de infiltração do solo;
- Dotação de rega;
- Intervalo entre regas;
- Comprimento do percurso;
- Espaçamento potencial;
- Condições de vento;
- Cultura a regar.

Características do aspersor a ter em conta:

- Diâmetro do bico;
- Pressão de funcionamento

Pressão no aspersor,	Diâmetro do bico, bocal cónico (mm)									
	20.32		25.4		30.48		35.56		40.64	
kPa	Caudal e diâmetro molhado do aspersor									
	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m	l s ⁻¹	m
415	9.0	87	14.2	99	20.8	111	-	-	-	-
480	9.8	91	15.4	104	22.4	116	30.3	133	-	-
550	10.4	94	16.4	108	24.0	120	32.5	139	42.6	146
620	11.0	97	17.4	111	25.6	125	34.4	143	45.1	151

17

Exercício 28. Considere um enrolador com um aspersor de bocal cónico com as seguintes características: $Q = 44.3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; alcance = 46 m, ângulo regado = 240° . A área a regar apresenta as dimensões 1000 x 300 m. Determine:

- a) A pluviometria; (7.8 mm/h)
- b) o nº de passagens/espacamento para as situações de i) sem vento, ii) vento = 2.5 km h^{-1} e iii) vento = 10 km h^{-1} ; (14 pass/71.4 m; 14 pass/71.4 m; 17 pass/58.8 m)
- c) A velocidade de avanço da máquina para que seja aplicada a dotação de 20 mm (para os dois espaçamentos calculados em b); (31 e 37.7 m/h)
- d) O tempo de rega da parcela para a situação sem vento; (149.3 h)

18

1. Capacidade do sistema, C_s ($L s^{-1}$):

$$C_s = 2.78 \frac{A \cdot D}{1 \times 23}$$

Capacidade corresponde ao caudal mínimo que é necessário, caso a máquina regue toda a área (A , ha), todos os dias ($I_r = 1$) e todo o dia (T_T maior possível = 23 h); D = dotação rega (mm); É um valor teórico que serve como referência para irmos ao catálogo escolher o aspersor

2. Catálogo

→ Caudal, alcance ou diâmetro molhado, pressão de funcionamento. Verificar pluviometria

Caudal real da máquina obtido do catálogo, Q_s

$$Q = 2.78 \frac{A \cdot D}{I_r T_T}$$

A = área a regar (ha); D = dotação rega para o intervalo entre regas pretendido (mm); I_r = intervalo entre regas; T_T = tempo diário disponível para a rega ($h \text{ dia}^{-1}$)

3. Cálculo da pluviometria

$$Pl = \frac{Q \times 3600}{L^2 \frac{Se}{360}}$$

Pl = pluviometria (mm/h)
 Q = caudal debitado pelo canhão (L/s)
 L = Largura da faixa molhada (m)
 Se = setor regado ($^\circ$)

Verificar se Pl é menor do que a taxa de infiltração do solo

19

4. Espaçamento mínimo, Esp

$$Esp = 0.8 \times L$$

Alcance corrigido devido ao vento (Tabela slide 16)

5. Nº de passagens da máquina = Largura da área a regar/espacamento

Se o n de passagens não resultar num n° inteiro, deve ser atribuído o n° inteiro acima e o espaçamento deve ser corrigido de acordo

6. Velocidade de avanço (m/h)

$$v = \frac{3600 Q}{Esp D}$$

Q – caudal de catálogo (L/s)
 D = dotação total de rega (mm)
 Esp = espaçamento corrigido(m)

7. Tempo de avanço (t_a) enquanto a rampa se move durante a rega

X = comprimento da faixa regada (m)

$$t_a = \frac{X}{v}$$

8. Tempos de rega no início (t_i) e no final (t_f) em que a máquina trabalha parada para garantir boa uniformidade

$$t_i = \frac{2 Se R}{3 \cdot 360 V}$$

$$t_f = \frac{2}{3} \left(1 - \frac{Se}{360} \right) \frac{R}{V}$$

R = raio molhado (m)

9. Tempo total de rega de cada passagem (t_r)

$$t_r = t_a + t_i + t_f$$

20

Características técnicas de um enrolador (Canhão de rega)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ENROLADOR - IRROMOTOR G3 X200 (v0) COM ASPERSOR (Valduce)

Diâmetro do Bico (mm)	Pressão no aspersor (atm)	Alcance do Jacto (m)	Largura da Faixa Regada (m) ^{**}	Área Regada (há)	Caudal (m³/h)	Pluviometria (mm)															
						Velocidade de andamento do aspersor (m/h)															
						Pressão à entrada da máquina (atm)															
8 mm		10 mm		15 mm		20 mm		25 mm		30 mm		40 mm		50 mm							
m/h	atm	m/h	atm	m/h	atm	m/h	atm	m/h	atm	m/h	atm	m/h	atm	m/h	atm						
12	1,5	19,0	32,3	0,7	7,8																
	2	22,0	37,4	0,8	9,1																
	3	24,0	40,8	0,9	10,9																
	4	27,0	45,9	1,0	12,6																
14*	1,5	23,0	39,1	0,8	11,7	34,8	3,3	27,8	3,3	18,5	3,3	13,9	3,3	11,1	3,4	9,2	3,4	6,9	3,5	5,5	3,5
	2	28,0	47,6	1,0	14,3	34,3	4,7	27,5	4,7	18,3	4,7	13,7	4,7	11,0	4,8	9,1	4,8	6,8	4,9	5,5	4,9
	3	31,0	52,7	1,2	16,6	35,7	6,3	28,6	6,3	19,0	6,3	14,3	6,3	11,4	6,4	9,5	6,4	7,1	6,5	5,7	6,5
	4	34,0	57,8	1,3	18,5	36,1	7,4	28,9	7,4	19,2	7,4	14,4	7,4	11,5	7,5	9,6	7,5	7,2	7,6	5,7	7,6
16*	1,5	24,0	40,8	1,0	14,8	37,0	3,8	29,6	3,8	19,7	3,8	14,8	3,8	11,8	3,9	9,8	3,9	7,4	4,0	5,9	4,0
	2	30,0	51,0	1,1	18,2	40,6	5,3	32,5	5,3	21,6	5,3	16,2	5,3	13,0	5,4	10,8	5,4	8,1	5,5	6,5	5,5
	3	34,0	57,8	1,3	21,0	41,0	6,9	32,8	6,9	21,8	6,9	16,4	6,9	13,1	7,0	10,9	7,0	8,2	7,1	6,5	7,1
	4	36,0	61,2	1,4	23,4	42,7	8,4	34,1	8,4	22,7	8,4	17,0	8,4	13,6	8,5	11,3	8,5	8,5	8,6	6,8	8,6
18*	1,5	24,0	40,8	1,0	18,5	46,2	4,4	37,0	4,4	24,6	4,4	18,5	4,4	14,8	4,5	12,3	4,5	9,2	4,6	7,4	4,6
	2	32,0	54,4	1,2	22,7	47,2	6,2	37,8	6,2	25,2	6,2	18,9	6,2	15,1	6,3	12,6	6,3	9,4	6,4	7,5	6,4
	3	35,0	59,5	1,3	26,2	49,6	8,0	39,7	8,0	26,4	8,0	19,8	8,0	15,8	8,1	13,2	8,1	9,9	8,2	7,9	8,2
	4	38,0	64,6	1,5	29,2	50,3	9,9	40,2	9,9	26,8	9,9	20,1	9,9	16,1	10,0	13,4	10,0	10,1	8,0	10,1	
20	1,5	25,0	42,5	0,9	22,5	61,1	5,2	48,9	5,2	32,6	5,2	24,4	5,2	19,5	5,3	16,3	5,3	12,2	5,4	9,7	5,4
	2	33,0	56,1	1,2	27,6	55,6	7,4	44,5	7,4	29,6	7,4	22,2	7,4	17,8	7,5	14,8	7,5	11,1	7,6	8,9	7,6
	3	37,0	62,9	1,4	31,9	56,5	9,6	45,2	9,6	30,1	9,6	22,2	9,6	18,1	9,7	15,0	9,7	11,3	9,8	9,0	9,8
	4	41,0	69,7	1,6	35,6	56,3	11,7	45,0	11,7	30,0	11,7	22,5	11,7	18,0	11,8	15,0	11,8	11,3	11,9	9,0	11,9

* Bico sugerido

** 85 % do círculo regado

Fonte: Oliveira, 20XX

21

Vantagens

- Baixo custo inicial;
- Funciona bem em parcelas com formas irregulares;
- Pode ser utilizado para aplicação de efluentes agrícolas

Desvantagens

- Requer elevada pressão (energia);
- Produz gotas de grande tamanho que podem danificar algumas plantas e a superfície de alguns solos;
- Tem elevada pluviometria, $P_{\ell} = 7$ a 25 mm h^{-1}

Taxas de infiltração de alguns solos (l)	
Textura	Taxa de infiltração (mm h^{-1})
Arenosa	100
Arenosa-franca	20
Franco-arenosa	10
Franco-limosa	8
Franco-argilosa	5
Argilosa	< 4

Não deve ser utilizado em solos de textura franco-argilosa a argilosa;

$PI > I \Rightarrow$ escoamento superficial

22

Principais parâmetros de gestão de um canhão de rega

1. **Diâmetro do bico do canhão:** alteração do caudal, do tamanho das gotas e do alcance
2. **Ângulo do setor regado:** Altera a pluviometria e a uniformidade de distribuição
3. **Pluviometria**
4. **Velocidade de avanço**

23

Fatores determinantes das perdas de água em rega com canhões móveis

- Pluviometria elevada → perdas por escoamento superficial
- Jacto de longo alcance → perdas por evaporação e arrastamento por acção do vento
- Velocidade de avanço variável → desigualdade na distribuição da água sobre o terreno

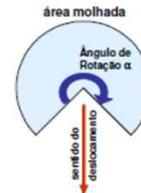
24

Aumentar a adequabilidade do sistema e diminuir as perdas:

Exemplo 1. Adequar ângulo de rotação do canhão à textura do solo:

Quanto maior for o ângulo de rotação do canhão, maior será a área molhada e menor será a taxa de aplicação ou pluviometria.

$$Pl = \frac{1000 Q}{L^2 \frac{S_e}{360}}$$



25

Exemplo 2 . Se o terreno apresentar declive devem utilizar-se práticas agronómicas para retenção da água e posterior infiltração:

- Mobilização mínima;
- Armação do terreno em covachos



Armação do terreno com covachos

26

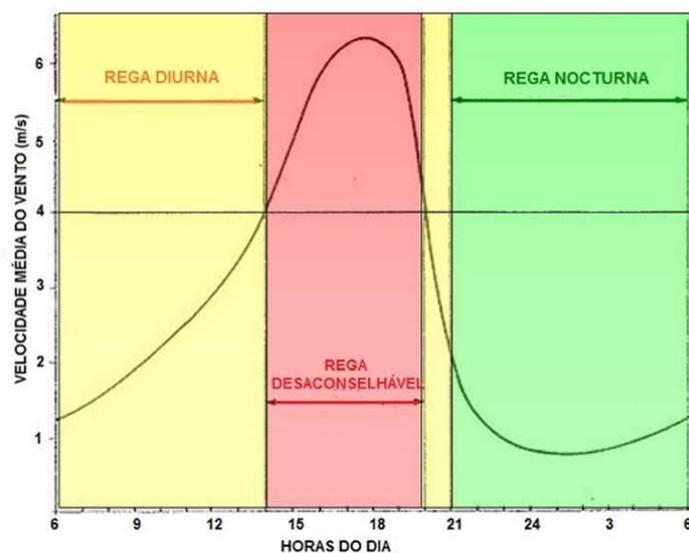
Exemplo 3 . Corrigir o espaçamento entre passagens consecutivas, em função da velocidade do vento

Espaçamentos recomendados entre passagens consecutivas de canhões móveis em função da velocidade do vento

Velocidade do vento (m s ⁻¹)	> 10	5 a 10	2 a 5	0 a 2
Espaçamento em percentagem do diâmetro molhado	50	60	70	75

27

Exemplo 4 . Rega em período nocturno



28

Exemplo 5a. Adequação da velocidade de avanço do canhão móvel à dotação pretendida



Este aspeto negativo pode ser minimizado se se adicionar ao sistema um mecanismo de compensação da velocidade, que mantenha a variação da velocidade dentro de um intervalo de $\pm 10\%$. Este mecanismo consiste num pequeno motor a gasolina ou gasóleo com uma potência entre 2 e 4 kW (2,7 – 5,4 CV)

Bibliografia:

Pereira, L.S. 2004. Necessidades de água e métodos de rega. Publicações Europa América;
Oliveira, I. 2011. Técnicas de Regadio, vol II. Edição do autor;
Keller, J. e Bliesner, R. 2000. Sprinkle and Trickle irrigation. The Blackburn Press.