

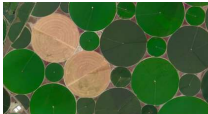
UC Rega e Drenagem Mestrado em Eng^a Agrónómica
 M^a Rosário Carneira / Área Disciplinar Engenharia Rural



INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA
 Universidade de Lisboa
 Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas









REGA E DRENAGEM

3. Sistemas e tecnologias de rega

3.1 Dimensionamento, gestão e avaliação do desempenho de sistemas de rega na parcela: sistemas de rega por aspersão e sistemas de rega localizada;

3.2 A rega num contexto de alterações climáticas (aula dos dias 23 e 24 abril);

3.3 Novas tecnologias de rega – digitalização da rega;













UC Rega e Drenagem Mestrado em Eng^a Agrónómica
 M^a Rosário Carneira / Área Disciplinar Engenharia Rural

Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega

3.1 Dimensionamento, gestão e avaliação do desempenho de sistemas de rega na parcela: sistemas de rega por aspersão e sistemas de rega localizada;

3.1.1 Métodos e sistemas de rega - conceitos gerais (revisão)

3.1.2 Sistemas de rega sob pressão e sua classificação (revisão)

3.1.3 Sistemas de rega por aspersão

- Emissores: tipos e características
- Dimensionamento de sistemas móveis rega por aspersão: Rampa pivotante: descrição (revisão), constituição (revisão), gestão e aspetos do dimensionamento (novo!), novas tecnologias (novo!)
- Dimensionamento de sistemas fixos de rega por aspersão: descrição (revisão), constituição (revisão), aspetos do dimensionamento (novo!)

3.1.4 Sistemas de rega localizada

- Emissores: tipos e características
- Dimensionamento de sistemas de rega localizada: descrição (revisão), constituição (constituição), gestão e dimensionamento (novo!), novas tecnologias (novo)

3.1.5 Avaliação do desempenho de sistemas de rega sob pressão – Caso da rampa pivotante

Área Disciplinar de Engenharia Rural

3.1.1 MÉTODOS E SISTEMAS DE REGA: CONCEITOS GERAIS (REVISÕES)

- **Método de rega:** o conjunto de aspectos que caracterizam o modo como a água é conduzida desde a entrada da parcela até à plantas;
- **Sistema de rega:** relaciona-se com o conjunto de equipamentos e técnicas que proporcionam a aplicação segundo um determinado método.

O sistema de rega é mais do que o método de aplicação da água, incluindo a captação da água na origem, o transporte dentro da parcela, a aplicação, a reutilização da água do escoamento superficial, etc.

MÉTODOS DE REGA

1. Rega por gravidade ou de superfície

2. Rega sob pressão

SISTEMAS DE REGA

- Canteiros
- Faixas
- Sulcos
- Caldeiras

- Aspersão
- Localizada

Área Disciplinar de Engenharia Rural

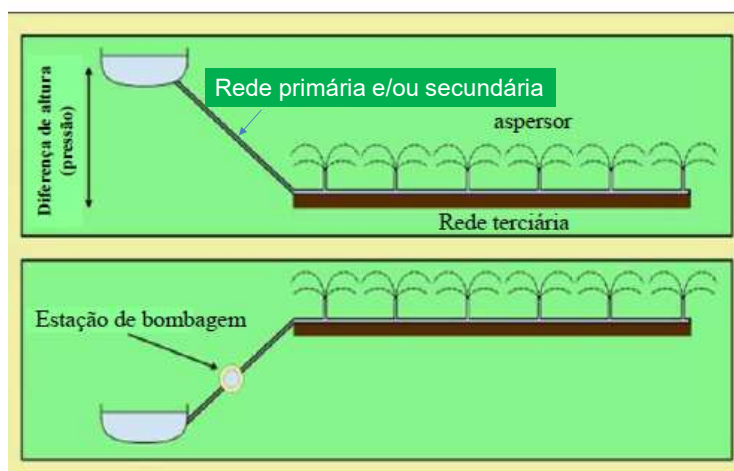
3.1.2 SISTEMAS DE REGA SOB PRESSÃO E SUA CLASSIFICAÇÃO

Os sistemas de rega sob pressão caracterizam-se por transportarem a água dentro de tubagens em pressão desde a da parcela até à planta.

Como é feito o fornecimento de pressão à água de rega:

i. Desnível:

ii. Estação de bombagem:



Área Disciplinar de Engenharia Rural

Componentes principais de qualquer sistema de rega sob-pressão:

- Conduitas (fixas – enterradas ou superficiais, ou móveis)
- Acessórios (ligações, válvulas, reduções, cotovelos, tês, etc)
- Estação de bombagem (grupo motor-bomba e dispositivos complementares – nem sempre)
- Emissores

De acordo com as suas componentes, os sistemas de rega sob pressão classificam-se em:

SISTEMAS DE REGA POR **ASPERSÃO**

Sistemas móveis

- canhão de rega
- rampa pivotante
- rampa de deslocamento frontal

Sistemas permanentes

- semi fixos com ramais móveis
- fixos-solid set

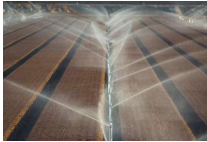
SISTEMAS DE REGA LOCALIZADA OU **MICROREGA**

- gota-a-gota;
- microaspersão;
- Por alagadores;
- Sub-superficial

Rever os ppts da UC Recursos Hídricos do 1^a ciclo disponíveis no FENIX de Rega e Drenagem

UC Rega e Drenagem Mestrado em Eng^a Agrónomica M^a Rosário Carneira / Área Disciplinar Engenharia Rural

Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega

Método de rega	Sistema de rega	Emissor	
Sob pressão ou em pressão	 <i>Sistema fixo</i>	 <i>canhão de rega</i>	 <i>rampa pivotante</i>
	 <i>Gota-a-gota</i>		

Aspersão

localizada

Emissor

- aspersor
- Gotejador
- Micro aspersor

Área Disciplinar de Engenharia Rural

UC Rega e Drenagem Mestrado em Eng^a Agrónomica M^a Rosário Carneira / Área Disciplinar Engenharia Rural

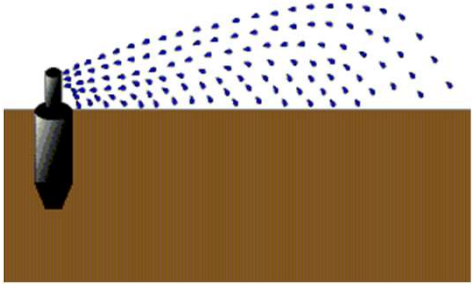
Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega

3.1.3 SISTEMAS DE REGA POR ASPERSÃO

❖ OS EMISSORES: ASPERORES

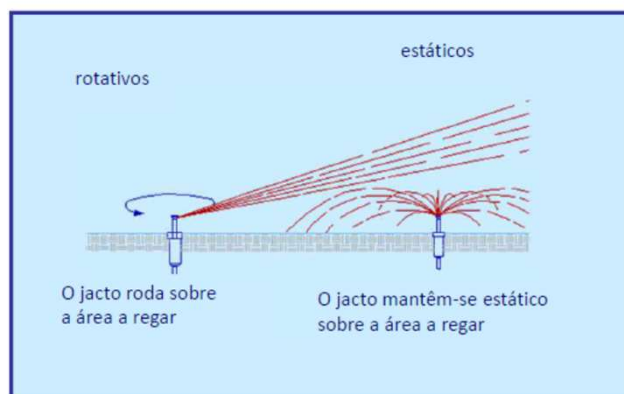
Conceitos

- Todos os sistemas de rega por aspersão utilizam dispositivos que emitem um determinado caudal em função da pressão disponível nas condutas – aspersores.
- Devido ao facto de a água sair do aspersor com elevada pressão, o jacto é quebrado em milhares de gotículas que caem sobre as plantas a regar, tal como a precipitação natural.

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Tipos de Aspersores



Área Disciplinar de Engenharia Rural

1. Aspersores rotativos (rodam devido à energia cinética da água)

i. IMPACTO OU BATENTE

- O batente intercepta o jato de forma ritmada quebrando-o em gotículas e provocando rotação;
- Caudal: $0.1 - 30 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; $0.028 - 8.3 \text{ L s}^{-1}$
- Pressão de serviço: $200 - 500 \text{ kPa}$ ($20 - 50 \text{ m}$) ($2 - 5 \text{ bar}$);
- Grau de pulverização elevado => Alcance: $6 - 30 \text{ m}$;
- Pluviometria horária: $5 \text{ mm h}^{-1} - 20 \text{ mm h}^{-1}$;
- Solos pouco permeáveis e com declive.



São mais adequados do que os estáticos

Porquê? →

Taxa de infiltração: 5 → 30 mm h^{-1}
 Textura do solo: Argilosa → Arenosa

Área Disciplinar de Engenharia Rural

ii. **ASPERSORES DE TURBINA****Aspersor rotativo de turbina**

Área Disciplinar de Engenharia Rural

2. Aspersores estáticos (sprays e difusores)

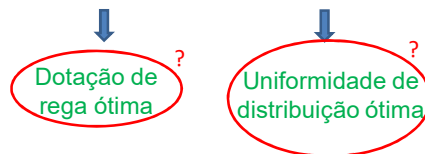
- o jato é interceptado por um objeto fixo, que provoca sua pulverização em pequenas gotículas;
- pressão de funcionamento: (100 – 150 kPa) (10 – 15 m) (1 – 1.5 bar);
- o grau de pulverização é baixo => pequeno alcance do jacto (< 8 m)
- a área molhada é pequena e a pluviometria elevada (> 10 mm h⁻¹)
- adaptam-se bem a solos muito permeáveis; porquê?
- grande interesse : funciona com pressões baixas consumindo pouca energia

$$P_l = \frac{q}{A}$$

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Quando escolhemos um aspersor para um determinado sistema de rega, o objetivo é o de selecionar a melhor combinação entre:

- Espaçamento entre aspersores na tubagem;
- Pressão de funcionamento;
- Diâmetro do bico do aspersor.



Para cada sistema de rega e condições de instalação

Características técnicas dos aspersores e regime de funcionamento (revisão)

Características básicas (são características do aspersor embora variem dentro de certos limites):

São a mesma coisa? Em que diferem?

- Diâmetro do bico
- Pressão de funcionamento (p em Pa) ou altura piezométrica (h em m)
- Nº de jactos



Das características básicas depende o **regime de funcionamento**:

- Caudal (q)
- Diâmetro do círculo molhado (D_m), ou alcance do jacto (R)
- Pluviometria horária ou taxa de aplicação (P_t)
- Diagrama pluviométrico
- Uniformidade aplicação



Outras características que influenciam a seleção dos aspersores

- Ângulo do jato
- Movimento de rotação
- Energia cinética das gotas de água
- Sobreposição dos círculos regados
- Ação do vento
- Altura do aspersor acima do solo

Pressão de funcionamento (p) ou carga (h) e caudal do aspersor (q)

- É a pressão da água na extremidade da agulheta;
- *Influencia fortemente o caudal debitado* e o padrão de humedecimento;

Relação entre pressão de funcionamento e caudal debitado:

$$q = K_d \sqrt{h} \quad \text{ou} \quad q = K_d \sqrt{p}$$

q = caudal debitado pelo aspersor
 K_d = coeficiente de descarga
 h = pressão de funcionamento do aspersor em altura equivalente
 $p = \rho g h$

$$1.1 < K_d < 6.5 \text{ com } q \text{ em L min}^{-1} \text{ e } h \text{ em m}$$

**Exemplo 1:**

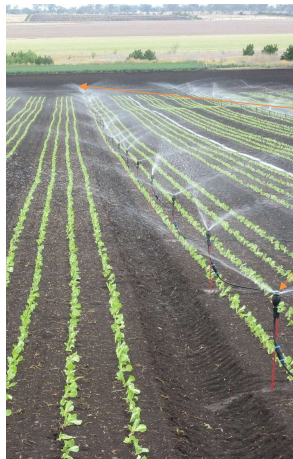
- $K_d = 0.086$ com pressão em bar e caudal em L s^{-1} ;
- $K_d = 0.303$ com pressão em bar e caudal em $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$;

- Um determinado modelo de aspersor *só funciona satisfatoriamente para uma gama de pressões especificadas pelo seu construtor* no catálogo técnico do aspersor; **Muito Importante**

Exemplo 2:

- a) Qual o caudal médio debitado pelo aspersor do exemplo 1, se funcionar à pressão de catálogo de 30 m?
- b) Que caudal debitaria (em $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ e em %) se a pressão da água na tubagem fosse 20 % inferior à de catálogo

Exemplo de catálogo com aspersores:



Uniformidade de
distribuição de água
≈ mínimo 80 %

Se não o for, qual será
a consequência?



$$\Delta q \text{ máx} = 10 \%$$



$$q = K_d \sqrt{h}$$

$$\Delta h \text{ máx} = 20 \% \text{ da pressão de catálogo}$$

A pressão da água é sempre a mesma ao longo da rampa?

Quais as possíveis causas para a variação de pressão ao longo da rampa?

Como evitá-las?

- Correto dimensionamento
- Correta instalação
- Manutenção adequada do sistema

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Diagrama pluviométrico

- Mostra as alturas de água aplicadas a diferentes distancias do aspersor;
- Traduz o modo como a água se distribui em volta do aspersor, sobre a superfície circular teoricamente coberta pelo aparelho;
- Determina-se com recurso a pluviômetros regularmente distribuídos na área coberta pelo aspersor.

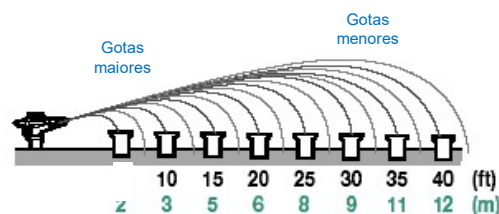
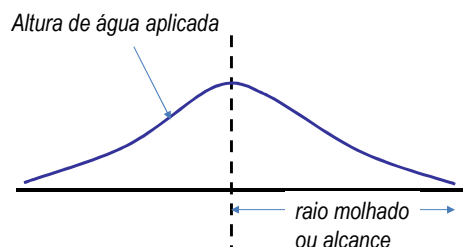
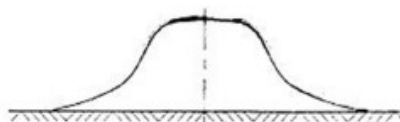


Diagrama pluviométrico típico de um aspersor funcionando correctamente

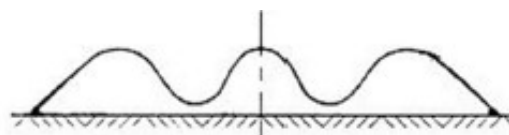
Área Disciplinar de Engenharia Rural

Diagramas pluviométricos indesejáveis

- **pressão muito baixa:** há pulverização deficiente do jacto; originam-se gotas de grande dimensão que caem próximo do aspersor (diminui a área regada);



- **pressão muito elevada:** a pulverização excessiva do jacto origina gotas de demasiado pequenas e com muita sensibilidade ao vento (padrão donut).



Área Disciplinar de Engenharia Rural

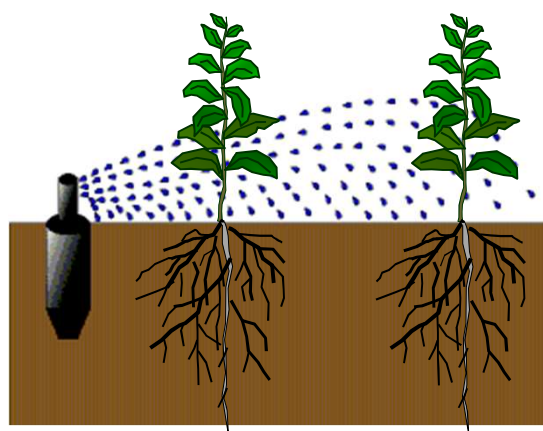
Diâmetro do círculo molhado (D), ou alcance (R)

(rever RH)

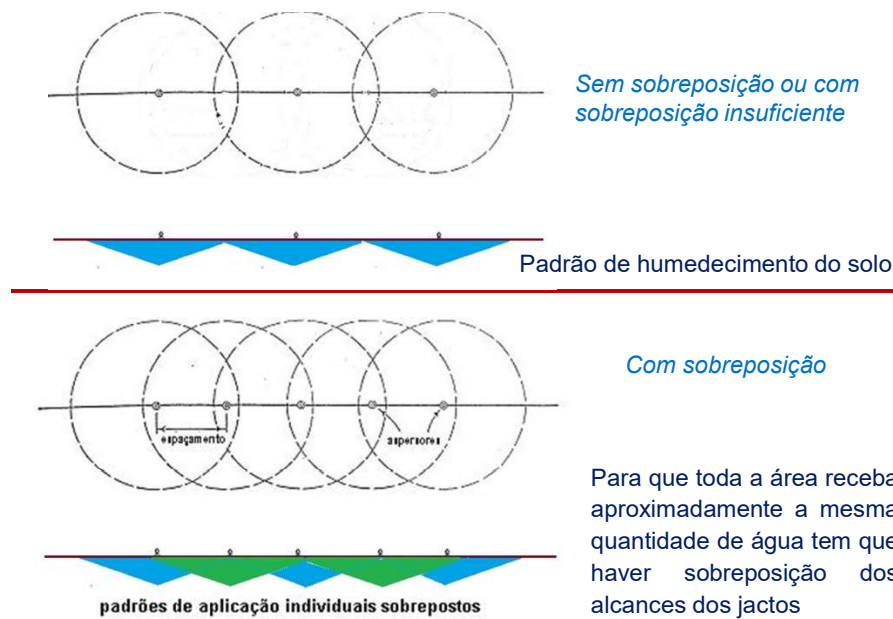
- Alcance (R) é a distância entre o aspersor e a circunferência exterior do círculo molhado;

VYR35

Bico	Pressão [bar]	Caudal [l/h]	Alcance [metros]
4	3,0	1425	15,0
	3,5	1540	15,0
	4,0	1646	15,0
	5,0	1700	15,5
4,4	3,0	1645	15,5
	3,5	1777	15,5
	4,0	1900	15,5
	5,0	2015	16,0
4,8	3,0	1886	16,0
	3,5	2038	16,0
	4,0	2178	16,5
	5,0	2310	16,5
5,2	3,0	2445	16,5
	3,5	2638	16,5
	4,0	2820	17,0
	5,0	2990	17,0



Área Disciplinar de Engenharia Rural

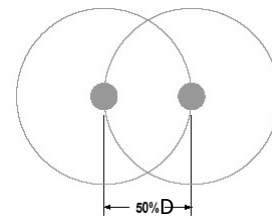
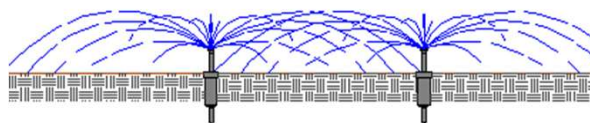
Espaçamento entre aspersores ⇔ Uniformidade

Área Disciplinar de Engenharia Rural

21/29

Quando não são feitos ensaios com pluviômetros para as condições de funcionamento do sistema de rega, devem considerar-se as seguintes regras:

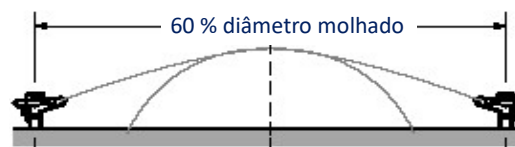
- A UD ótima consegue-se com a sobreposição máxima (Esp = 100% R ou Esp = 50 % diâmetro)



- O esp. correspondente à UD máxima utiliza grande quantidade de aspersores e tubagens, pelo que geralmente se considera um compromisso entre uma UD boa (no mínimo de 80 %) e a necessidade de menor quantidade de equipamento.

A área próxima do aspersor é suficientemente regada, dispensando sobreposição. Para além desta distância o altura de água vai diminuindo e deixa de ser suficiente para as plantas.

Exemplo:
 R (catálogo) = 15 m
 Esp no campo = $0.6 (15 \times 2) = 18$ m



Área Di...

Nas seguintes situações recomenda-se a diminuição do espaçamento obtido pela regra do slide anterior:

- Solo muito arenoso;
- Ventos elevados;
- Humidade do ar muito baixa;
- Temperaturas muito elevadas.

✓ Pluviometria

Pluviometria de um aspersor, p_t (mm h⁻¹):

$$P_t = \frac{q}{A} \quad \text{Sendo } q \text{ o caudal de um aspersor (L h}^{-1}\text{) e } A \text{ a área molhada (m}^2\text{)}$$

Em qualquer sistema de rega por aspersão pretende-se que não ocorra:

- acumulação de água à superfície,
- escoamento superficial;
- erosão do solo;
- arrastamento de nutrientes (ex. fósforo)



$$P_t > I$$

P_t - taxa de aplicação do aspersor (pluviometria, mm h⁻¹) < I - taxa de infiltração do solo

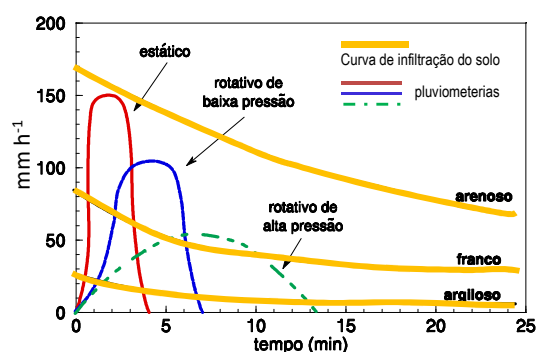
➤ Qual o aspersor mais adequado para cada tipo de solo?

Como relacionar o tipo de aspersor com a pluviometria ou taxa de aplicação:

< pressão de funcionamento do aspersor < alcance do jacto < área molhada

> pluviometria > potencial para o escoamento superficial

Comparação pluviometria dos aspersores (num pivot) com a taxa de infiltração do solo:



- os três equipamentos são adequados em solos arenosos
- em solos com permeabilidade média apenas se adequam os aspersores de rotativos de alta pressão.
- em solos com baixa taxa de infiltração todos os emissores representados causariam problemas de escoamento superficial

aplicação de medidas de controlo do escoamento superficial e erosão



Área Disciplinar de Engenharia Rural

Adequação dos sistemas em situações adversas

Exemplo 1a . Região ventosa – substituição dos aspersores

- Quanto maior altura acima do solo atingir o jacto do aspersor, mais ele fica sujeito à acção do vento
- Os aspersores de jacto raso (com inclinação entre 4 e 15°) são os mais aconselhados para as zonas ventosas, uma vez que:
 - o jacto atinge alturas menores
 - a água permanece menos tempo no ar, o que diminui as perdas por evaporação

■ Em igualdade de outras condições, estes aspersores apresentam um menor alcance do jacto => maior número de aspersores por unidade de área nos sistemas fixos ou efectuar mudanças mais frequentes dos ramais móveis nos sistemas semi-fixos.

Área Disciplinar de Engenharia Rural

Exemplo 1b . Região ventosa – diminuir o espaçamento

- aumentar a sobreposição dos jactos dos aspersores colocando-os mais próximos => reduzir o espaçamento entre aspersores na linha e/ou na entrelinha => exige a substituição das tubagens do sistema.

Reduções a adotar nos espaçamento entre aspersores, função da velocidade do vento

Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Aspersores de jacto raso		Aspersores normais	
	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha
1 – 2	3/4	-	3/4	3/4
2 – 3	2/3	-	2/3	3/4
> 3	2/3	3/4	1/2	3/4

Exemplo 1c . Região ventosa – aumentar o alcance

- substituir os aspersores por outros de maior alcance, de modo a conseguir uma sobreposição dos jactos equivalente à que se obteria por aplicação do coeficiente de redução ao espaçamento entre aspersores.