



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 sob pressão

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



Conceitos Introdutórios

- Os sistemas de micro rega ou rega localizada caracterizam-se por *aplicações frequentes* de *pequenos volumes de água*, a *pressões reduzidas* (0.15 – 3 bar ou 1.5 a 30 m), junto das plantas, à superfície ou dentro do solo;
- A água é aplicada *apenas nas zonas do terreno onde se desenvolvem as raízes das plantas*, mantendo-se seca grande parte da área;
- A água é aplicada *sob pressão* por meio de uma rede de condutas e ramais com emissores;



Gota a gota



Micro aspersão

➤ Em relação à aspersão a rega localizada apresenta

- Espaçamentos menores entre os emissores;
- Caudais unitários menores;
- Pressões de funcionamento menores.

➤ Consequentemente apresenta

- Intervalos entre regas menores;
- Dotações aplicadas menores.

Por isso se diz que se trata de *rega de alta frequência* e que tem como objectivo *manter o teor de água no solo praticamente constante e próximo da capacidade de campo*.

➤ **Vantagens da rega localizada**

- Redução do consumo de água em relação aos outros métodos de rega;
- Redução do consumo de energia em relação à aspersão;
- Aplicação em grande variedade de texturas de solo;
- Aplicação em grande variedade de condições topográficas;
- Aplicação de fertilizantes com a água de rega – fertirrega;

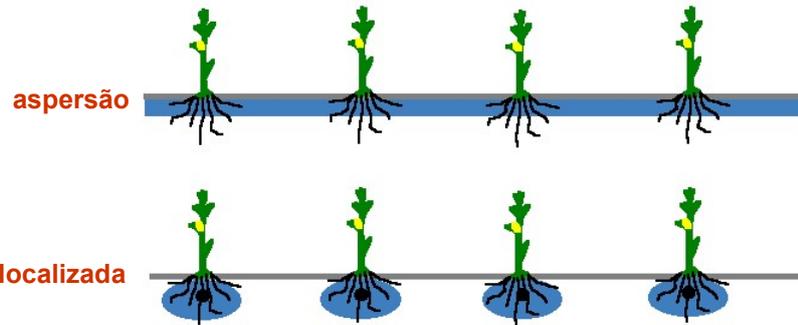
➤ **Desvantagens da rega localizada**

- Elevados custos de instalação/cabeçal;
- Fácil obstrução dos emissores;
- Salinização do solo;
- Não se aproveitam reservas de água do solo;
- Não é possível a fertilização orgânica;

➤ Distribuição da água no perfil do solo

A zona de solo humedecida localizada denomina-se bolbo molhado

As raízes desenvolvem-se apenas dentro do bolbo molhado



aspersão

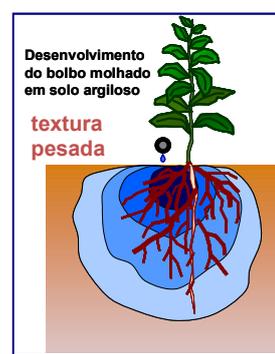
localizada

No perfil do solo:

Formas do bolbo molhado



- Diminuir os espaçamentos ou
- Usar micro aspersão



- Espaçamentos >
- Usar gotejadores

Classificação dos sistemas de rega localizada

- *gota-a-gota*
- *micro-aspersão*
- *rega por alagadores*
- *rega sub-superficial*

✓ Gota-a-gota

A água é lentamente aplicada à superfície do solo através de pequenos orifícios.



Emissores: gotejadores

- Os sistemas de rega gota-a-gota aplicam-se em pomares, vinhas, alguns tipos de viveiros, plantas em vasos, hortícolas em geral algumas culturas em estufas e todas as culturas em túneis;
- Os caudais fornecidos por estes sistemas de rega localizada variam geralmente entre 2 e 10 L h⁻¹;
- Adaptam-se a solos de *textura média a fina*, onde o movimento lateral da água origina um humedecimento suficiente para as raízes das plantas (bolbo)

Padrão de humedecimento à superfície do solo



Áreas humedecidas individuais



Faixa humedecida contínua

✓ Micro-aspersão

- A água é aplicada sob a forma de jato, spray ou nevoeiro, a **baixa pressão**.
- Ao contrário da gota a gota a distribuição da água é **aérea**;
- Tem menor necessidade de manutenção uma os diâmetros dos orifícios são maiores;

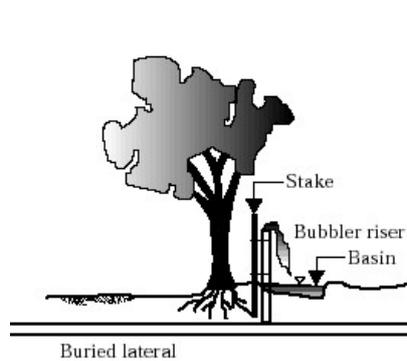


Adapta-se a solos de **textura grosseira**, onde o bolbo originado pela rega gota a gota não apresentaria suficiente desenvolvimento lateral;

- Utiliza-se muitas vezes em pomares em **climas quentes** onde as dotações de rega são elevadas de mais para serem aplicadas em gota-a- gota;
- O caudal fornecido situa-se entre os **20 e os 150 L h⁻¹**(10 x mais que os gotejadores).

✓ Rega por alagadores ou *bubblers*

- Caudal elevado (até 200 L h⁻¹) aplicado numa área localizada;
- Taxa de aplicação superior à taxa de infiltração do solo;
- Necessidade mínima de filtração e de manutenção;
- Adequada para árvores.

✓ Rega gota-a-gota subterrânea

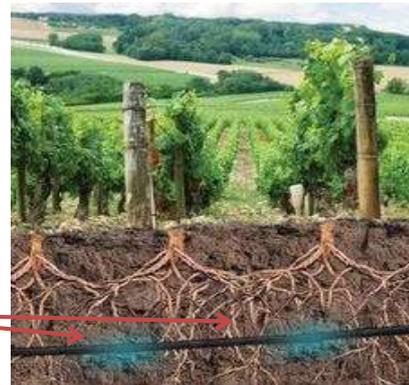
O sistema é semelhante ao da rega gota-a-gota superficial, mas está enterrado

Profundidade dos gotejadores:

O gotejador é posicionado sob a superfície do solo à profundidade aproximada de 35 cm

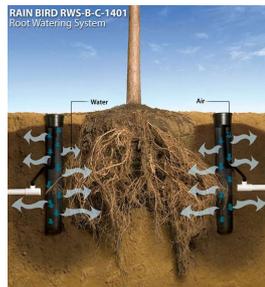
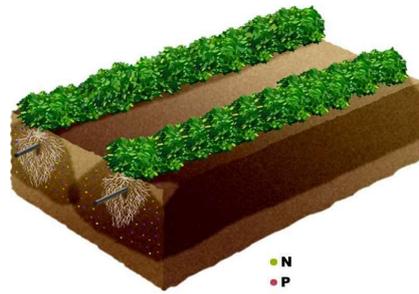
Intervalos entre gotejadores:

Solo de textura ligeira : 40-50 cm,
Solo de textura pesada: 90-100 cm.

Gotejador *Netafim* usado em rega subterrânea

- Dispositivo anti sifão que impede a aspiração de partículas de solo minimizando o risco de obstrução;
- Dispositivo de autolimpeza;
- Barreira física que impede a entrada d
- Mais de 10 anos de vida útil.





Rega
subterrânea
de árvores



Vantagens

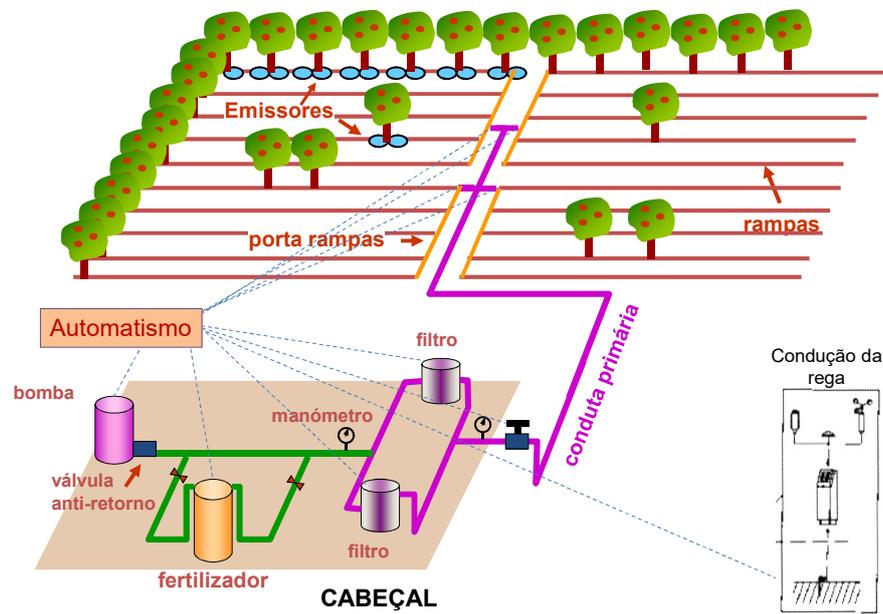
- Eficiência elevada > 95%;
Baixas perdas por evaporação
Não há escoamento superficial
- Fertilrega mais eficiente;
- Não há perturbação à superfície;
- Não há infestantes.

Desvantagens

- Instalação complexa
- Mais dispendioso que o superficial;
- Manutenção e verificações do funcionamento constante e precisa;
- Pressões sempre acima de um nível mínimo.



Constituição dos sistemas de rega localizada (ou micro rega)



□ Componentes

- emissores
- tubagens
- acessórios e peças complementares
- filtros
- fertilizadores
- sistemas de controlo, regulação e segurança
- estação de bombagem

Emissores

De acordo com a forma como aplicam a água:

- Aplicação de água feita sob a forma de gotas: **Gotejadores**
- Aplicação de água feita sob a forma de jactos de pequeno alcance: **Microaspersores e Difusores**

De acordo com a sua posição nos ramais:

- Emissores **em linha ou *in line*, (line source) ou**
- Emissores **pontuais, *on line* ou em derivação (point source)**

A. Emissores em linha:

Tubos e mangueiras perfuradas sem e com emissores

1. *Tubo poroso que liberta água continuamente ao longo do seu comprimento;*

- PE com perfurações sem qualquer peça complementar;
- Por vezes os orifícios são abertos grosseiramente o que diminui a uniformidade de distribuição ao longo da rampa;
- Empregam-se essencialmente devido ao seu baixo custo em culturas que exijam grande densidade de gotejadores;



- São geralmente bastante sensíveis a obstruções, uma vez que os diâmetros dos orifícios são inferiores a 1 mm;
- Trabalham a pressões inferiores a 10 m (1 bar) com CV que variam entre 0.1 e 0.2;
- Os orifícios apresentam pequeno espaçamento (menor que 0.5 m).

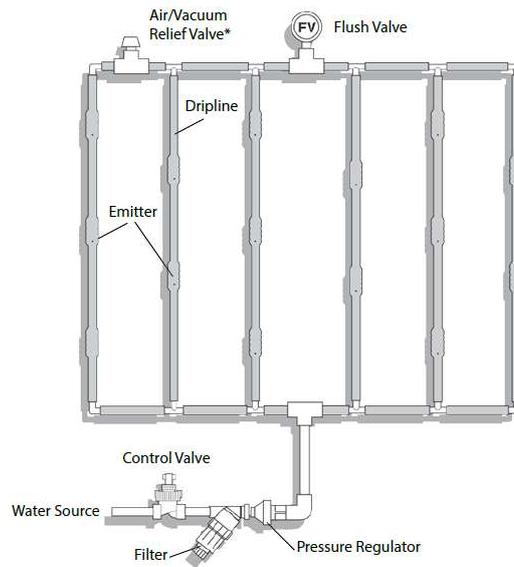
2. *Tubo com emissores incorporados de fábrica, com espaçamentos standard dripline;*



O escoamento ocorre em regime turbulento

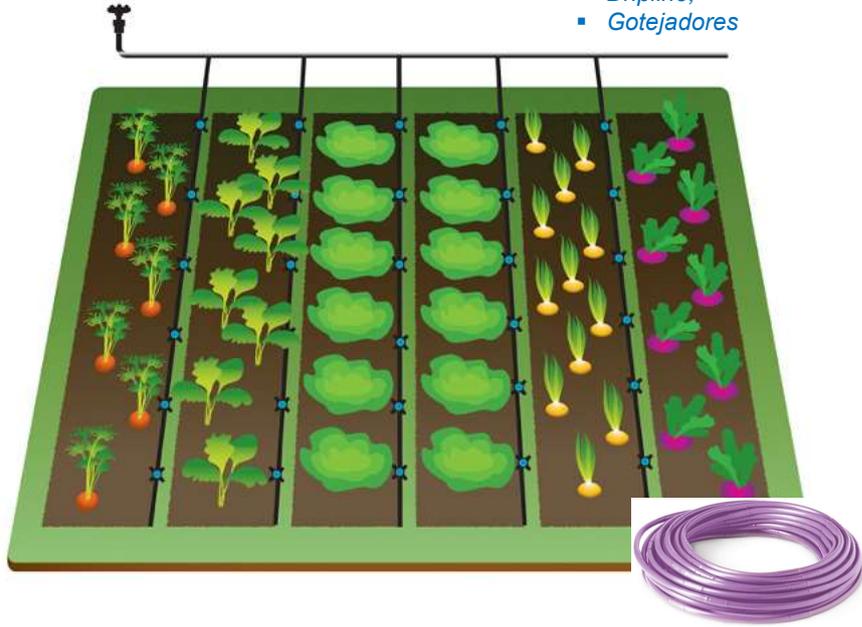


Layout típico de um sistema *dripline*



Horta ou jardim com distribuição homogénea de plantas semelhantes em solo de textura média ou pesada

- Dripline;
- Gotejadores



Comprimentos máximos aconselhados para o dripline



1,0 m/h										
16	15	1,5	101	129	181	228	272	312	369	454
16	30	1,5	77	100	141	179	215	248	294	365
16	35	1,5	83	107	152	194	232	268	318	395
16	40	1,5	89	114	163	206	248	286	340	421
17	18	1,5	94	120	169	212	253	290	342	422
17	25	1,5	98	126	177	223	266	305	360	444
17	35	1,5	107	137	193	243	289	332	393	484
17	40	1,5	114	146	205	259	309	355	419	516
17	45	1,5	114	146	205	259	309	355	419	516
20	25	1,5	133	169	236	295	349	400	470	576
20	40	1,5	154	197	274	343	406	465	547	671
20	45	1,5	154	197	274	343	406	465	547	671
20	47	1,5	154	197	274	343	406	465	547	671
22	15	1,5	194	243	330	406	476	540	629	764
22	25	1,5	223	280	380	469	550	625	728	886
23	40	1,5	209	264	362	448	527	599	701	853
2,0 m/h										
16	15	2,0	83	107	150	190	226	259	306	377
16	30	2,0	64	82	117	149	178	206	245	303
16	35	2,0	69	89	126	161	193	223	264	328
16	40	2,0	73	95	135	171	205	237	282	350
17	18	2,0	77	99	140	176	210	241	284	350
17	25	2,0	81	104	147	185	221	253	299	368
17	35	2,0	88	114	160	202	240	276	326	402
17	40	2,0	94	120	169	213	255	293	346	426
17	45	2,0	94	120	169	213	255	293	346	426
20	25	2,0	110	140	196	245	290	332	390	478
20	40	2,0	128	163	227	284	337	386	455	558
20	45	2,0	128	163	227	284	337	386	455	558
20	47	2,0	128	163	227	284	337	386	455	558
22	15	2,0	161	202	274	338	396	449	524	636
22	25	2,0	185	232	316	390	457	520	606	737
23	40	2,0	174	219	300	372	438	499	582	710

B. Gotejadores pontuais ou em derivação

- Mais adequados para regar árvores e arbustos com média e baixa densidade de plantação;
- Podem ser:

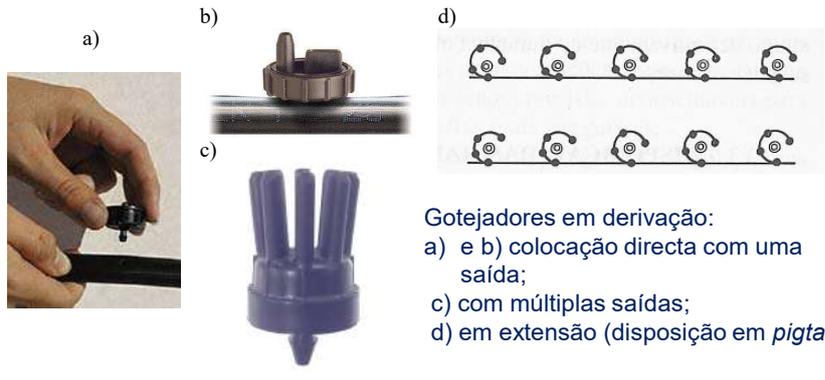


✓ inseridos diretamente no tubo;

✓ ou ligados na extremidade de um micro tubo (spaghetti).



- Principais tipos de gotejadores pontuais ou em derivação
 - Gotejadores de pequeno caudal
 - Bubblers ou alagadores
 - Microaspersores e difusores



Gotejadores em derivação:
 a) e b) colocação directa com uma saída;
 c) com múltiplas saídas;
 d) em extensão (disposição em *pigtail*)



have 6 ports per emitter and are designed for irrigating groups of plants from one source

Opções para a rega de árvores com sistemas gota a gota



Gotejadores com disposição em *pig tail*



Uma ou mais linhas de gotejadores



O problema da redução da área molhada nas árvores

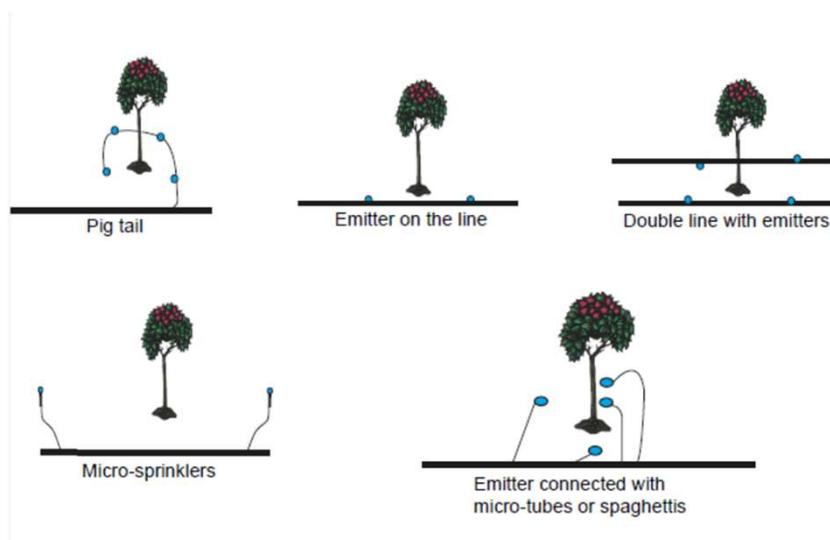
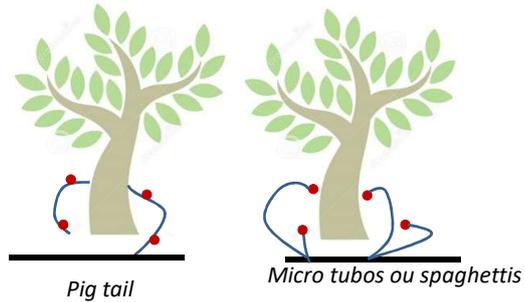
A superfície de solo molhada é reduzida, e por isso há uma redução de uma parte do volume "natural" das raízes das árvores;

- A árvore fica incapaz de resistir à acção mecânica do vento;
- A árvore poderá sofrer danos irreversíveis se o sistema de rega avariar e forem suprimidas algumas regas.



O impacto desta redução pode reduzir-se **diminuindo as frequências de rega durante a fase mais inicial** do desenvolvimento para estimular o crescimento das raízes.

Em zonas áridas e semi-áridas há que promover uma área humedecida maior do que 30 % da área explorada pela árvore.

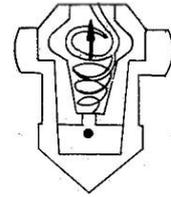


Na situação 2 há que promover a sobreposição de bolbos;
 Nas situações 1, 3, 4 e 5 devem aproximar-se os emissores quando as árvores são jovens e só mais tarde é fixa a posição definitiva

Quanto à forma de perda de carga utilizada os gotejadores classificam-se em:

Gotejadores de orifício

- a perda de pressão é conseguida pela passagem através de um orifício com diâmetro entre 0.4 e 0.6 mm;
- entopem muito facilmente;
- Alguns gotejadores apresentam uma câmara circular onde se produz um movimento circular de água altamente gerador de perda de carga



Gotejadores de percurso longo

A perda de carga ocorre num percurso que pode atingir dois metros e que apresenta diâmetro muito pequeno (1.5 mm).



Gotejadores de labirinto

- A perda de energia pode ser aumentada aumentando o percurso através de labirintos;
- A pressão é totalmente consumida em perda de carga verificando-se regime laminar à saída do gotejador;



Quanto à variação do caudal, os gotejadores podem ser:

- *fixos*, fornecendo apenas um caudal para a pressão verificada;
- *auto reguláveis ou auto compensantes*, sendo o caudal ajustado automaticamente em resultado de variações de pressão no sistema. A auto regulação consegue-se com a presença de uma *membrana que se deforma sob o efeito da pressão* diminuindo a secção e limitando o caudal.

Relação caudal-pressão

Equação de descarga do gotejador

- Relaciona teoricamente o caudal debitado com a pressão;
- É geralmente fornecida pelo fabricante no catálogo do equipamento

$$q = Kd h^x$$

Valores de x:

- Regime laminar $x = 1$;
- Regime turbulento $x = 0.5$;
- Gotejadores autocompensantes $x = 0$

Não Autocompensantes

DRIPPERS TECHNICAL DATA

Button drippers

FLOW RATE* (L/H)	MAXIMUM WORKING PRESSURE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	CONSTANT K	EXPONENT X	BASIS CODE COLOR	CAP COLOR CODE
2.00	2.0	0.99 x 0.99 x 50	0.662	0.48	Red	Black
3.00	2.0	1.05 x 0.95 x 50	0.993	0.48	Blue	Black
4.00	2.0	1.27 x 1.20 x 50	1.325	0.48	Black	Black
8.00	2.0	1.65 x 1.40 x 50	2.649	0.48	Green	Black

*Flow rate at 1.0 bar pressure



$$q = K h^x$$

Autocompensantes

DRIPPERS TECHNICAL DATA

PC drippers

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXPONENT* X
2.0	0.5 - 4.0	1.17 x 1.07 x 61	2.0	2.0	0
4.0	0.5 - 4.0	1.32 x 1.44 x 60	2.0	4.0	0
8.5	0.5 - 4.0	1.60 x 1.60 x 17	2.0	8.5	0

*Within working pressure range



PC DRIPPER NIPPLE MODEL

Exemplos de catálogos de gotejadores

→ DRIPPERS TECHNICAL DATA

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXPONENT* X	RECOMMENDED FILTRATION (MICRON)/(MESH)	SHUT OFF PRESSURE (BAR)
0.85	1.5 - 4.0	0.70 x 0.65 x 40	110	0.85	0	130/120	0.25
1.25	1.5 - 4.0	0.82 x 0.74 x 40	130	1.25	0	130/120	0.25
2.00	1.5 - 4.0	1.07 x 0.79 x 40	130	2.00	0	130/120	0.25
2.90	1.5 - 4.0	1.26 x 0.95 x 40	130	2.90	0	130/120	0.25
4.40	1.5 - 4.0	1.59 x 1.10 x 40	150	4.40	0	130/120	0.25

* Within working pressure range

→ DRIPLINES TECHNICAL DATA

MODEL	INSIDE DIAMETER (MM)	WALL THICKNESS (MM)	OUTSIDE DIAMETER (MM)	MAX. WORKING PRESSURE (BAR)	MAXIMUM FLUSHING PRESSURE (BAR)	KD
16009	14.20	0.90	16.00	3.0	3.9	1.30
16010	14.20	1.00	16.20	3.5	4.6	1.30
16012	14.20	1.20	16.60	4.0	5.2	1.30
17012	14.60	1.20	17.00	4.0	5.2	1.10
20010	17.50	1.00	19.50	3.5	4.6	0.40
20012	17.50	1.20	19.90	4.0	5.2	0.40
23010	20.80	1.00	22.80	3.0	3.5	0.30

→ DRIPLINES PACKAGE DATA (ON BUNDLED COIL) **

MODEL	WALL THICKNESS (MM)	COIL LENGTH (M)	DISTANCE BETWEEN DRIPPERS (M)	AVERAGE* COIL WEIGHT (KG)	COILS IN A 40 FEET CONTAINER (UNITS)	TOTAL IN A 40 FEET CONTAINER (M)
16009	0.90	500	0.15 to 1.00	20.3	330	165000
16010	1.00	500	0.15 to 1.00	22.1	330	165000
16012	1.20	400	0.15 to 1.00	21.2	352	140800
17012	1.20	400	0.15 to 1.00	22.4	362	140800
20010	1.00	300	0.15 to 1.00	17.4	330	99000
20012	1.20	300	0.15 to 1.00	20.2	330	99000
23010**	1.00	200	0.15 to 0.25	14.7	450	95000
		300	0.30 to 1.00	20.7		144000

* Calculated weight average. For further details see "Average Coil Weight Disclaimer"

** Dripline model 23010 on carton coil

PC DRIPPER

ON-LINE PRESSURE-COMPENSATING,
CONTINUOUSLY SELF-CLEANING DRIPPER



APPLICATIONS

- Greenhouses, nurseries, citrus.
- Orchards, deciduous and tree irrigation.

FEATURES AND BENEFITS

- Pressure compensated: Precise and equal amounts of water are delivered over a broad pressure range. 100% uniformity of water and nutrient distribution along the laterals.
- PC-LC/NL & PC-HC/NL with Anti-drain (LC/NL & HC/NL): Eliminates drainage and refill effect, and improves efficiency in pulse irrigation.
- Continuously self flushing: continuously flushing debris, throughout operation, not just at the beginning or end of ensuring uninterrupted dripper operation.
- TurboNet™ labyrinth assures wide water passages, large deep and wide cross section improves clogging resist.
- Dripper can be positioned exactly where required.
- Number of drippers can be increased so as to increase water quantity supply aimed at meeting tree growth rate requ.
- Allows the installation of "spider assembly", splitting the drip supply into a number of drip outlets.

SPECIFICATIONS

- Recommended filtration: 130 micron / 120 mesh.
- Filtration method is to be selected based on the kind and concentration of the dirt particles existing in the water. Wherever sand exceeding 2 ppm exists in the water, a Hydrocyclone is to be installed before the main filter.
- When sand/silt/clay solids exceed 100 ppm, pre treatment will be applied according to Netafim™ expert team's inst.
- TurboNet™ labyrinth with large water passage.
- To be "inserted" into thick-walled pipes (0.90, 1.00, 1.20 mm)
- Injected dripper, very low CV.
- High UV resistant. Resistant to standard nutrients used in agricultural.
- PC on-line drippers meet ISO 9261 Standards with production certified by the Israel Standards Institute (SII).

DRIPPERS TECHNICAL DATA

PC drippers

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGE DIMENSIONS WIDTH x DEPTH x LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXONENT* X	BASE CODE COLOR	CAP COLOR CODE
2.0	0.5 - 4.0	1.17 x 1.07 x 61	2.0	2.0	0	Red	Black
4.0	0.5 - 4.0	1.32 x 1.44 x 60	2.0	4.0	0	Black	Black
8.5	0.5 - 4.0	1.60 x 1.60 x 17	2.0	8.5	0	Green	Black

* Within working pressure range

PC-LC/NL drippers

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGE DIMENSIONS WIDTH x DEPTH x LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXONENT* X	SHUT OFF PRESSURE (BAR)	BASE CODE COLOR	CAP COLOR CODE
2.0	1.0 - 4.0	1.17 x 1.07 x 61	2.0	2.0	0	0.15	Red	Brown
4.0	1.0 - 4.0	1.32 x 1.44 x 60	2.0	4.0	0	0.15	Black	Brown
8.5	1.0 - 4.0	1.60 x 1.60 x 17	2.0	8.5	0	0.15	Green	Brown

* Within working pressure range

PC-HC/NL drippers

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGE DIMENSIONS WIDTH x DEPTH x LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXONENT* X	SHUT OFF PRESSURE (BAR)	BASE CODE COLOR	CAP COLOR CODE
3.0	1.4 - 4.0	1.17 x 1.07 x 61	2.0	3.0	0	0.30	Black	Black
6.0	1.4 - 4.0	1.32 x 1.44 x 60	2.0	6.0	0	0.30	Black	Black
12.0	1.4 - 4.0	1.60 x 1.60 x 17	2.0	12.0	0	0.30	Black	Black

* Within working pressure range

➤ micro aspersores:

A aplicação de água é feita sob a forma de um pequeno jacto

- Aplicam-se em pomares adultos de citrinos, estufas (particularmente no caso de nebulização), alguns tipos de viveiros, culturas hortícolas ao ar livre, etc.
- Solos muito arenosos onde os movimentos laterais da água são reduzidos.
- Águas de pior qualidade, adubos menos solúveis,

Podem ser colocados:

- directamente sobre o tubo
- em derivação, fixados no solo por um espigão ficando ligados à rampa por um tubo de diâmetro reduzido



Mini aspersores de vortex:

- a) diagrama de funcionamento,
b) foto e c) em funcionamento.
Pressão de funcionamento entre 1.5 e 2.5 bar.
Caudal entre 33 e 115 l h⁻¹.

Difusor Nelson.

Pressão de funcionamento entre 1.5 e 3.5 bar;
caudal entre 128 e 1144 l/h consoante o bico escolhido (φ entre 8.3 e 20 mm).



Nebulizador Plastro.

Pressão de funcionamento entre 2.5 e 4 bar;
Caudal entre 47 e 91 l h⁻¹.

Utilizado para manter a humidade relativa elevada em culturas protegidas



□ *Escolha do tipo de emissores (exemplos) e da sua disposição*

- **Terrenos acidentados**
 - gotejadores auto compensantes
- **Pomares**
 - gotejadores com saídas múltiplas
 - micro-aspersores
 - *bubblers*
- **Riscos de entupimento**
 - gotejadores de circuito curto
 - gotejadores de câmara de turbulência
- **Solos de textura arenosa**
 - micro-aspersores
- **Solos argilosos**
 - gotejadores múltiplos de pequeno caudal

Disposição das rampas – deve ser escolhida de modo a satisfazer as necessidades hídricas das culturas e o seu compasso e a natureza do terreno

✓ ***Criando faixas húmidas***

Favorece o desenvolvimento das raízes numa só direcção

Aconselhável para plantas de pequeno porte – hortícolas (ex: dripline)

✓ ***Criando uma série de pontos de humedecimento***

Mais aconselhável para pomares

□ Determinação dos parâmetros de rega

a) *Dotação de rega*

No entanto, uma vez que se trata de rega de alta frequência, com o objetivo de manter sempre o teor de água no solo (ou o armazenamento de água no solo constante) podemos considerar que a variação do armazenamento devido à rega e entre regas é nula



$$Du = Etc - Pr$$

A dotação total de rega deve considerar a fração de lixiviação para impedir a salinização do bolbo molhado

Sistemas de rega	Eficiências (%)
Métodos de rega	
• Rega de gravidade com nivelamento de precisão	
Sulcos	65 – 85
Faixas	70 – 85
Bacias	70 – 90
• Rega de gravidade tradicional	
Sulcos	40 – 70
Faixas	45 – 70
Bacias	45 – 70
• Rega de arroz, canteiros em alagamento permanente	25 – 70*
• Rega por aspersão	
Sistemas estacionários de cobertura total	65 – 85
Sistemas estacionários deslocáveis manualmente	65 – 80
rampas com rodas	65 – 80
Aspersores canhão com enrolador ou com cabo	55 – 70
Rampas móveis, com pivot central	65 – 85
• Microrrega (rega localizada)	
Gotejadores, 3 emissores por planta (pomares)	85 – 95
Gotejadores, < 3 emissores por planta	80 – 90
Micro-aspersores e “bubblers” (pomares)	85 – 95
Linha contínua de emissores gota-a-gota	70 – 90

b) *N de emissores por planta*

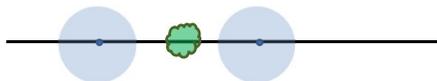
O número de emissores por planta e a sua disposição deve ser tal que :

- Em culturas de grande densidade (ex. hortícolas) a fração de solo humedecida seja > 50 % da área;
- Em culturas esparsas (ex. pomares) a fração de solo humedecida seja > 33 % de área.

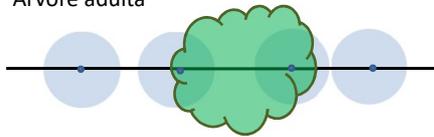
No caso das hortícolas de alta densidade, ou de pomares com um só ramal de gotejadores por linha de árvore (menos aconselhado), deve ainda garantir-se a sobreposição entre áreas molhadas por cada gotejador

Árvore jovem

Raízes não atingem solo humedecido



Árvore adulta

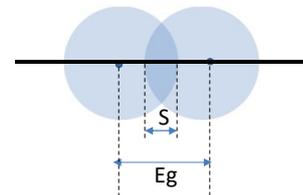


Raízes não atravessam solo seco para absorver água dos bolbos mais afastados

- Há que garantir sobreposição de áreas molhadas
- Para que ocorra uma sobreposição s , o espaçamento entre gotejadores, Eg , deve ser:

$$Eg = r(2 - s)$$

Sendo r o raio molhado pelo gotejador



Como se calcula a F_{sh} , fração de solo humedecido?

É razão entre a área a humedecer e a área explorada por cada planta

Caso dos microaspersores

a área humedecida é dada por:

$$A_{hum} = \pi r^2 \frac{\alpha}{360^\circ}$$

α é o ângulo correspondente ao sector do jacto e r o alcance do jacto

então, a fracção de área humedecida é dada por:

$$F_{sh} = \frac{N_p A_{hum}}{a \times b}$$

onde N_p é o nº de emissores por planta, A_{hum} a área molhada por emissor e

a e b representam à área à superfície do solo que corresponde ao volume de solo explorado pela planta.

Caso dos gotejadores

- A fracção de solo humedecida deve ser testada em campo aplicando-se diversos caudais.
- Em alternativa, uma estimativa do diâmetro molhado pelos gotejadores pode ser retirada da bibliografia

Áreas molhadas estimadas para um gotejador de caudal = 4 l h⁻¹ e diferentes tipos de solo

Prof. radical e textura	Área molhada equivalente (E _g ' x D _h) (m x m)	
	Solo homogéneo	Solo estratificado
Z _r < 0.75 m		
Textura ligeira	0.4 x 0.5	0.6 x 0.8
Textura média	0.7 x 0.9	1.0 x 1.2
Textura pesada	0.9 x 1.1	1.2 x 1.5
0.75 < Z _r < 1.5 m		
Textura ligeira	0.6 x 0.8	1.1 x 1.4
Textura média	1.0 x 1.2	1.7 x 2.1
Textura pesada	1.2 x 1.5	1.6 x 6.5

Nº de emissores por planta

Pomares: F_{sh} > 33 % da área total

$$F_{sh} = \frac{N_e D_h E_g}{a b f_s}$$

Eg' = 0.8 D

↑
Impor valor mínimo



Garantia de desenvolvimento das raízes em todas as direções para garantir boa absorção da água e suporte mecânico da árvore em adulta

fs é a percentagem de ensombramento, usada quando a compasso é grande

Hortícolas de alta densidade: F_{sh} > 50 % da área total

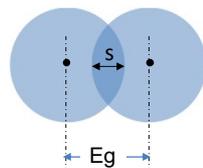
$$F_{sh} = \frac{N_e/m^2 A_h}{1 \times 1}$$

Eg = r(2 - s)

↑
Impor valor mínimo



Uma vez que a distância entre plantas é muito reduzida, pretende obter-se faixas molhadas contínuas



Neste caso há também que garantir sobreposição dos bolbos molhados, que dever ser entre 15 e 30 % do raio molhado

No caso de culturas de elevada densidade de plantação, o nº de gotejadores é usualmente definido por m² e não por planta

irrig Sci (2009) 28:11–34
DOI 10.1007/s00271-009-0182-z
ORIGINAL PAPER

Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height

Richard G. Allen · Luis S. Pereira

Não sei se foram estes os Kc que deviam escolher daqui o mais adequado condução do pomar (ie, ao grau de Se tiverem referência bibliográfica: determinada região, melhor!

Table 3 Values for $K_{c,ini}$, $K_{c,med}$, $K_{c,end}$, $K_{cb,ini}$, $K_{cb,med}$ and $K_{cb,end}$ for a standard climate of $RH_{min} = 45\%$ and $u_2 = 2 \text{ m s}^{-1}$ as expanded from FAO-56 for a range of values for f_c during midseason and using parameter values in Table 2 in Eq. 5a–10

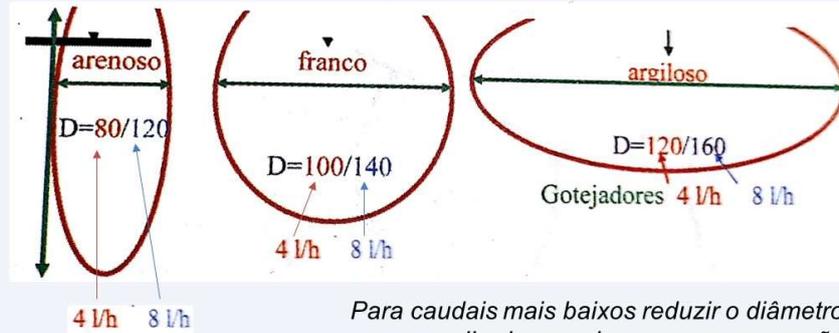
Crop	$K_{c,ini}$	$K_{c,med}$	$K_{c,end}$	$K_{cb,ini}$	$K_{cb,med}$	$K_{cb,end}$
Fruit trees						
Almonds						
No ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$)	0.40	1.00	0.70 ^b	0.20	0.95	0.65 ^b
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$) ^f	0.40	0.85	0.60 ^b	0.20	0.80	0.55 ^b
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.35	0.50	0.40 ^b	0.15	0.45	0.35 ^b
Active ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$) ^f	0.85	1.05	0.85 ^b	0.75	1.00	0.80 ^b
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$)	0.85	1.00	0.85 ^b	0.75	0.95	0.80 ^b
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.85	0.95	0.85 ^b	0.75	0.90	0.80 ^b
Apples, cherries, pears						
No ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$)	0.50	1.15	0.80 ^b	0.30	1.10	0.75 ^b
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$) ^f	0.50	1.05	0.75 ^b	0.30	1.00 ^b	0.70 ^b
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.40	0.70	0.55 ^b	0.25	0.65	0.50 ^b
Active ground cover						
Killing frost, h. dens. ($f_{c,eff} = 0.7$) ^f	0.50	1.20	0.85 ^b	0.40	1.15	0.80 ^b
Killing frost, m. dens. ($f_{c,eff} = 0.5$) ^f	0.50	1.15	0.85 ^b	0.40	1.10	0.80 ^b
Killing frost, l. dens. ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.50	1.05	0.85 ^b	0.40	1.00	0.80 ^b
No frosts, h. dens. ($f_{c,eff} = 0.7$)	0.85	1.20	0.85 ^b	0.75	1.15	0.80 ^b
No frosts, m. dens. ($f_{c,eff} = 0.5$) ^f	0.85	1.15	0.85 ^b	0.75	1.10	0.80 ^b
No frosts, l. dens. ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.85	1.05	0.85 ^b	0.75	1.00	0.80 ^b
Apricots, peaches, stone fruit						
No ground cover						
Super density ($f_{c,eff} = 0.9$) ^f	0.50	1.20	0.85 ^b	0.30	1.15	0.80 ^b
High density ($f_{c,eff} = 0.7$) ^f	0.50	1.15	0.80 ^b	0.30	1.10	0.75 ^b
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$) ^f	0.45	1.0	0.70 ^b	0.25	0.95	0.65 ^b
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$) ^b	0.40	0.60	0.45 ^b	0.20	0.55	0.40 ^b

Table 3 continued

Crop	$K_{c,ini}$	$K_{c,med}$	$K_{c,end}$	$K_{cb,ini}$	$K_{cb,med}$	$K_{cb,end}$
Citrus						
No ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$) ^f	0.95	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$)	0.80	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.55	0.50	0.50	0.45	0.45	0.45
Active ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$) ^{f,k}	1.00	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$)	0.95	0.95	0.95	0.85	0.90	0.90
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.90	0.90	0.90	0.80	0.85	0.85
Mango						
No ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$) ^f	0.35	0.90	0.75	0.25	0.85	0.70
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$)	0.35	0.75	0.60	0.25	0.70	0.55
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.30	0.45	0.40	0.20	0.40	0.35
Olives						
No ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$) ^{o,m}	0.65	0.70	0.60	0.55	0.65	0.55
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$) ^b	0.60	0.60	0.55	0.50	0.55	0.50
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$) ^o	0.40	0.40	0.35	0.30	0.35	0.30
V. low dens./young ($f_{c,eff} = 0.05$) ^o	0.30	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20
Active ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$) ^f	0.80	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$)	0.80	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.80	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70
V. low dens./young ($f_{c,eff} = 0.05$)	0.80	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70
Pistachios						
No ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$)	0.40	1.00	0.70	0.30	0.95	0.65
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$)	0.35	0.85	0.60	0.25	0.80	0.55
Low dens./young ($f_{c,eff} = 0.25$)	0.30	0.50	0.40	0.20	0.45	0.35
Active ground cover						
High density ($f_{c,eff} = 0.7$)	0.80	1.00	0.75	0.70	0.95	0.70
Med. density ($f_{c,eff} = 0.5$)	0.80	1.00	0.75	0.70	0.95	0.70

Ou ainda, o seguinte esquema

Estimativa do diâmetro da área molhada por gotejadores de 4 e 8 L h⁻¹, de acordo com o tipo de solo



f) Volume de água a aplicar por planta $V_p(L)$ $V_p = D a b$

Sendo D a dotação total em mm e
 a e b o compasso de plantação

g) Tempo de rega, $T_R(h)$

q_e o caudal dos emissores em catálogo (L h⁻¹);
 N_e é o número de emissores por planta

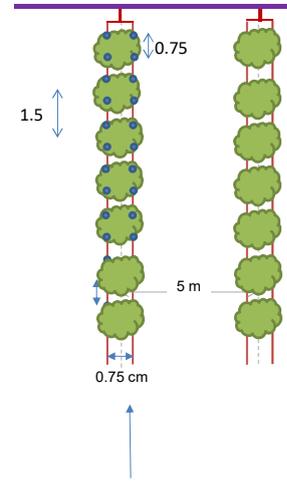
$$T_R = \frac{V_p}{N_e q_e}$$

Exercício 33

Considere um amendoal a instalar num solo de textura média e de dimensões 300 x 200 m². O amendoal terá um compasso 5 x 1.5 m (superintensivo).

No seu desenvolvimento completo, a $f_s = 0.8$. A ET_c ponta determinada para uma série climática histórica de 30 anos e escolhida para uma probabilidade de não excedência de 90%, é de 3.96 mm d⁻¹.

Considere que a E_f do sistema de rega é 90 %; que a dotação de rega deve adicionar + 25 % para a lavagem de sais do bolbo; que o tempo diário disponível para a rega (TD) é de 20 h.



Determine:

- a) o nº de emissores a instalar por árvore;
- b) a dotação total de rega diária no período de ponta;
- c) o correspondente volume de água a aplicar por rega e por árvore;
- d) o correspondente tempo de rega;
- e) a setorização da parcela;
- f) o caudal necessário para regar cada setor;
- g) O diâmetro da tubagem primária

Pomares: $F_{sh} > 33\%$ da área total

$$F_{sh} = \frac{N_e D_h E_g}{a \cdot b \cdot f_s}$$

$E_{g_{máx}} = 0.8 D_h$

↑
Impor valor mínimo

$$N_e = \frac{F_{sh} \cdot a \cdot b \cdot f_s}{D_h \cdot E_g}$$

0.33

Medições ou bibliografia

Medições ou bibliografia

catálogo

→ DRIPPERS TECHNICAL DATA

FLOW RATE* (L/H)	WORKING PRESSURE RANGE (BAR)	WATER PASSAGES DIMENSIONS WIDTH-DEPTH-LENGTH (MM)	FILTRATION AREA (MM²)	CONSTANT K	EXPONENT* X	RECOMMENDED FILTRATION (MICRON)/(MESH)
0.7	0.5 - 4.0	0.70 x 0.65 x 40	110	0.7	0	130/120
1.0	0.5 - 4.0	0.83 x 0.74 x 40	130	1.0	0	130/120
1.6	0.5 - 4.0	1.07 x 0.79 x 40	130	1.6	0	200/80
2.3	0.5 - 4.0	1.26 x 0.95 x 40	130	2.3	0	200/80
3.5	0.5 - 4.0	1.59 x 1.10 x 40	150	3.5	0	200/80

* Within working pressure range

a)

$$F_{sh} = \frac{N_e D_h E_g}{a \times b \times f_s} \quad F_{sh} > 0.33 \quad \text{pois trata-se de um pomar}$$

$$N_e(\text{mínimo por árvore}) = \frac{0.33 \times 5 \times 1.5 \times 0.8}{0.9 \times 0.72} \Rightarrow N_e = 3.1$$

↓ catálogo

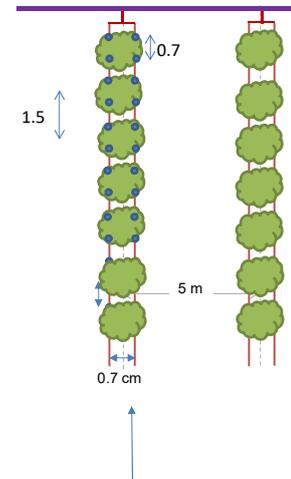
q gotejadores = 3.5 L h⁻¹Nº de gotejadores escolhido = 4

↓

Por exemplo 2 driplines
com gotejadores espaçados 0.70 m

Porque o pomar é super intensivo

catálogo



$$\text{b) Dotação total de rega} = D = \frac{3.96}{0.9} + 0.25 \frac{3.96}{0.9} = 5.5 \text{ mm}$$

$$\text{c) Volume de água a aplicar por planta} \quad V_p = D \times a \times b = 5.5 \times 5 \times 1.5 = 41.3 \text{ L}$$

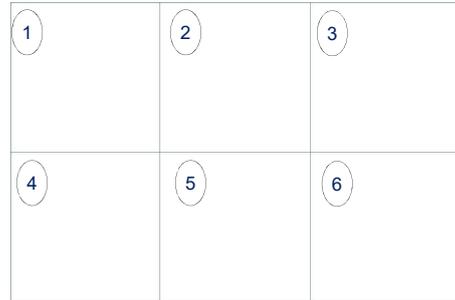
d) Tempo de rega

$$\text{Se utilizarmos gotejadores com } q = 3.5 \text{ L h}^{-1} \quad TR = \frac{41.3}{4 \times 3.5} = 2.9 \text{ h}$$

e) setorização da parcela;

$$N \text{ máx setores por dia} = Tr/TD = 2.9/20 = 6.9$$

$$N \text{ máx setores na parcela} = 6 \times IR = 6 \times 1 = 6$$



f) Caudal por setor

Começar por determinar o n de árvores por setor

Fazer em casa o exercício, mas escolhendo gotejadores de caudal 2.3 L h^{-1} e comparar os resultados

Exercício 34

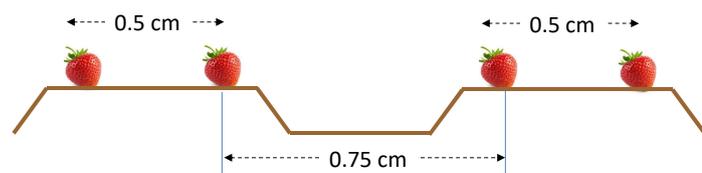
Pretende-se dimensionar um sistema de rega gota-a-gota para uma parcela com solo de textura média e de dimensões $100 \times 100 \text{ m}^2$, plantada com morangueiros (alta densidade). O camalhões apresentam duas linhas de morangueiros afastadas de 0.5 m . A distância entre duas linhas morangueiros de camalhões contíguos é de 0.75 m .

- Considere que a E_f do sistema de rega é 90
- ET_c ponta (sem correção para a rega localizada) = 3.3 mm d^{-1} ;
- Pretende-se manter constante a humidade do solo \Rightarrow 1 dia de intervalo entre regas
- Temos disponíveis gotejadores que debitam 2 L h^{-1} e que produzem um bolbo molhado com raio = 0.4 m



Determine:

- o nº de emissores a instalar por m^2 ;
- a dotação total de rega diária no período de ponta;
- o correspondente volume de água a aplicar por rega e por m^2 ;
- o correspondente tempo de rega;
- a setorização da parcela;
- Caudal por setor
- Diâmetro da conduta primária
- Resolver o exercício para solo arenoso



a) o nº de emissores a instalar por m²;

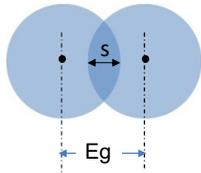
Uma vez que a distância entre plantas é muito reduzida, pretende obter-se faixas molhadas contínuas

Hortícolas de alta densidade:
 $F_{sh} > 50\%$ da área total

$$F_{sh} = \frac{N_e/m^2 \cdot A_h}{1 \times 1}$$

$Eg = r(2 - s)$

Impor valor mínimo



$F_{sh} > 0.5$
 $Eg = r(2 - s)$

F_{sh} mínimo

$N_{mínimo} \text{ de gotejadores por } m^2 = \frac{F_{sh} \times 1 \times 1}{A_h} = 0.99$

Nº mínimo

Para haver sobreposição de bolbos de 15 %

$Eg = 0.4 (2 - 0.15) = 0.74 \text{ cm}$ ← Espaço máximo

Vamos verificar se para a disposição escolhida das rampas, temos o n de emissores por m² mínimo:

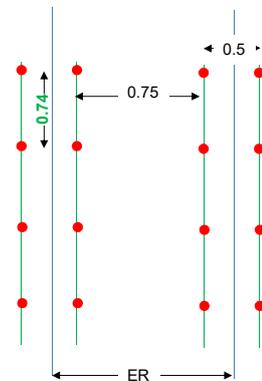
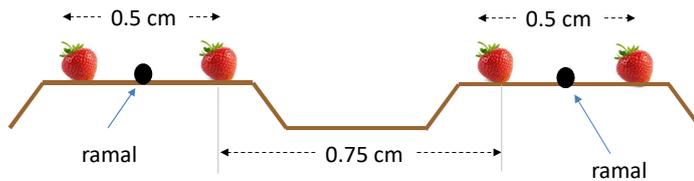
Utilizando sobreposição de 15 % do raio molhado:

Área afeta a um emissor, $A_e = Eg \times ER$

$ER = 0.75 + 0.5 = 1.25 \text{ m}$

$A_e = 0.74 \times 1.25 = 0.925 \text{ m}^2$

$N_e/m^2 = 1/0.925 = 1.08 > 0.9$ (mínimo calculado anteriormente) OK



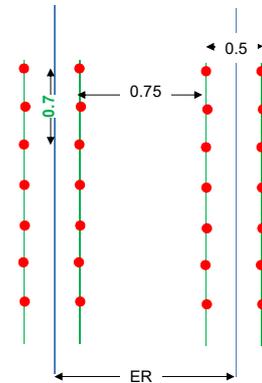
Utilizando sobreposição de 25 % do raio molhado:

$$Eg = r(2 - s) = 0.4(2 - 0.25) = 0.7 \text{ m}$$

$$Ae = 0.7 \times 1.25 = 0.875 \text{ m}^2$$

$$Ne/m^2 = 1/0.875 = 1.14 > 0.9 \text{ OK, mas mais caro}$$

Quanto maior é a sobreposição melhor é o funcionamento agronómico do sistema, e maior é o seu custo uma vez que são necessários mais gotejadores



Tubagens

- uma conduta principal - partindo do cabeçal principal
- uma ou mais condutas secundárias –
ligando o cabeçal principal aos secundários
- condutas terciárias (porta rampas ou porta ramais)
- ramais ou rampas – onde se instalam os emissores

Materiais

- Policloreto de vinilo (PVC) – condutas enterradas com $\phi > 50 \text{ mm}$
- Polietileno (PE) – condutas à superfície com $\phi < 50 \text{ mm}$
- geralmente só para as rampas

Algumas características dos ramais:

Material: Polietileno (PE);

Diâmetro exterior: 12 a 32 mm;

Geralmente só apresentam um diâmetro ao longo do seu comprimento;

Suportam pressões até 60 m.

“fitas de rega” são de filme de polietileno com diâmetros entre 16 e 35 mm e suportam pressões até 10 m



Tubo para inserção de gotejadores



“fita de rega”

Conduta e acessórios

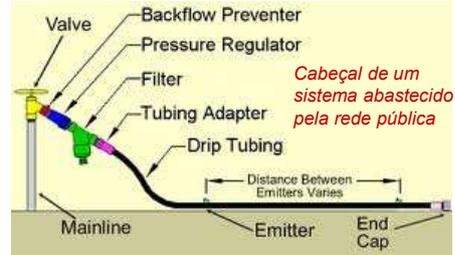
São elementos de dimensionamento por parte do projectista, que podem ter um peso económico não desprezável, e dos quais depende o bom funcionamento de todo o sistema.



Cabeçal

Localiza-se após a estação de bombagem sendo geralmente constituído por:

- Sistema de filtragem;
- Sistema de fertirrega;
- Sistema de *controlo, regulação e segurança*



Cabeçal de um sistema abastecido pela rede pública



Cabeçal de um sistema com EE

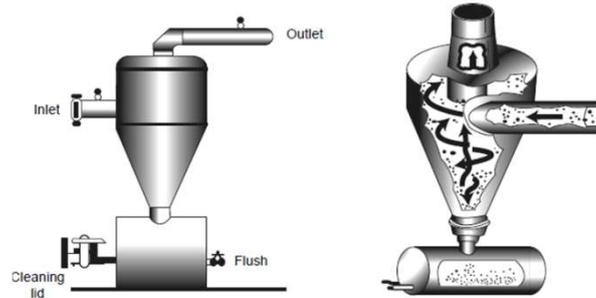
Sistema de filtragem

- Remove impurezas que podem causar obstrução dos emissores;
- Os filtros localizam-se depois do sistema de bombagem;
- O tipo e o no de filtros a instalar depende do caudal de entrada no sistema de rega e da qualidade de água (tipo e dimensão das partículas em suspensão)

Principais tipos de filtros em sistemas de rega localizada:

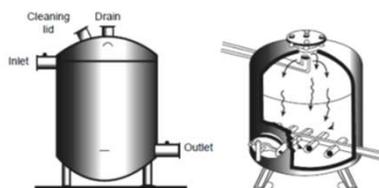
- Hidrociclone
- Filtro de areia
- Filtro de malha

- Separador de areias (hidrociclone):
- Faz a 1ª filtragem de água;
- Geralmente existem quando a bomba retira água de poços profundos;
- Provoca uma perda de carga (energia) na água entre 6 a 9 m.

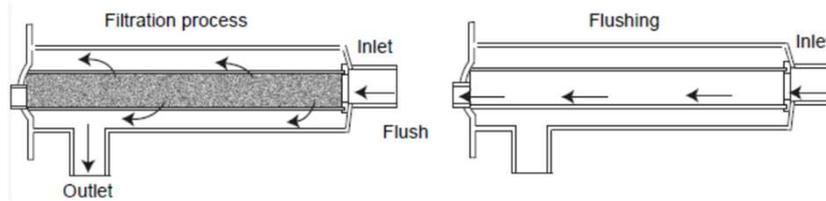


Filtros de areia

- Consiste num cilindro vertical preenchido com areia;
- Separa algas de grandes dimensões e folhas e sedimentos de diâmetro superior ao da areia.
- É muitas vezes usado para filtrar água de fontes superficiais tais como lagos, rios ou canais;
- O sistema é constituído por filtros múltiplos colocados em paralelo e que descarregam para a mesma tubagem.



- **Filtro de malha:**
- Podem ser de aço inoxidável, poliéster ou plástico e removem as partículas de areias de menores dimensões e algas de muito pequenas dimensões;
- Removem tudo o que passou nos outros filtros;



- As aberturas na malha do filtro devem ser $\frac{1}{4}$ da dimensão dos orifícios dos emissores;
- A capacidade de filtração é expressa em “mesh” (no de aberturas por polegada, ex: um filtro com 200 mesh tem 200 aberturas por polegada).
- A maior parte dos filtros para rega apresenta mesh entre 100 e 200.

Filtro de desaneração ou hidrociclone

Localiza-se a seguir à estação de bombagem e destina-se a retirar as partículas de areia da água de rega



Filtro de areia

Retêm as partículas orgânicas e as algas.

Provoca uma perda de carga de 1 a 2 m, quando limpo e

uma perda de carga de 4 a 6 m, quando sujo

Devem ser limpos quando a perda de carga se aproxima dos 0,3 bar (3 m)

Filtro de malha e filtro de disco

Retiram partículas de pequeno diâmetro, nomeadamente as provenientes da fertilização orgânica.

Devem ser limpos quando a perda de carga se aproxima dos 0,3 bar (3 m)

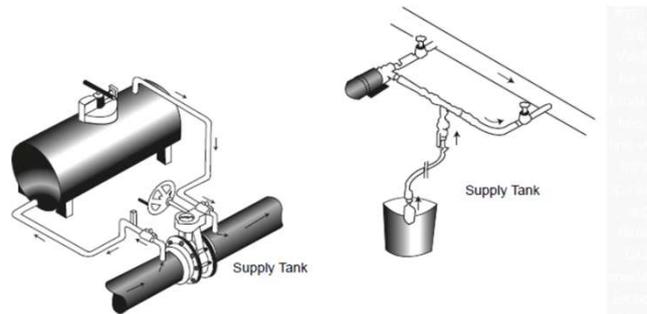


Unidade de fertirrega

A elevada uniformidade de distribuição conseguida na rega localizada confere-lhe elevado potencial para a aplicação de fertilizantes, através de um processo designado por fertirrega.

Os principais componentes de um sistema de fertirrega são:

- Tanque para o fertilizante, geralmente de fibra de vidro;
- Sistema de adição do fertilizante à água de rega:
Injetor ou Venturi
- Sistema de segurança que impeça o retorno da água com fertilizante à origem de água



Sistema de fertirrega comercializado por





- *Componentes do sistema de regulação, controlo e segurança*

São elementos quase obrigatórios nos sistemas de rega localizada, dada a automatização imposta pela alta frequência das regas.

- **Programadores:** permitem gerir diferentes operações do sistema, nomeadamente podendo controlar a bombagem, a filtragem, o equipamento de fertirrega e os sectores de rega



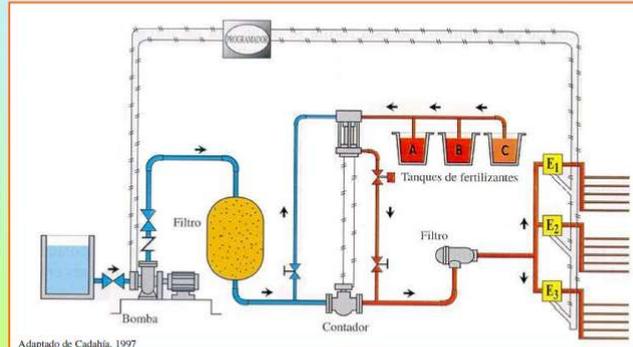
Programador autónomo a pilhas

Temporizador Automático 2 Ciclos

Programador com controlo remoto

Programador com sensor de chuva

Programadores de baixa capacidade



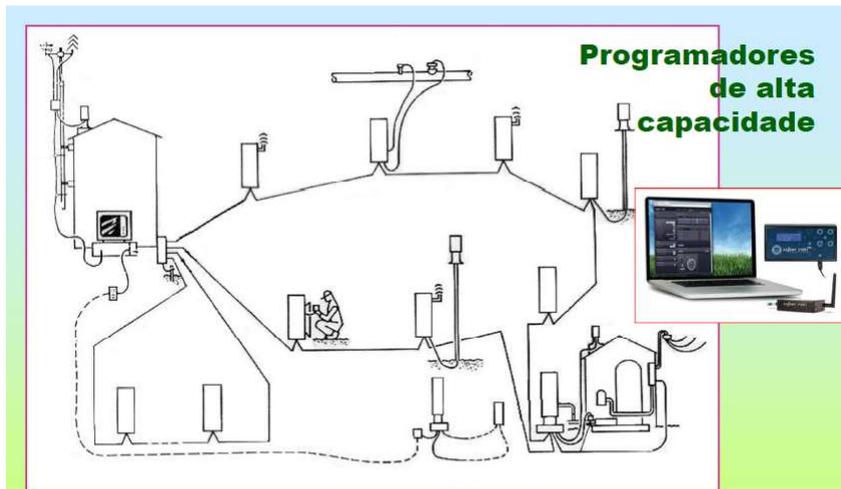
Adaptado de Cadahía, 1997

- até 16 estações
- programação da rega por tempo
- ajustamento percentual do tempo de rega
- programação semanal ou quinzenal
- comando de uma bomba
- uma sonda externa



Instituto Superior de Agronomia

Programadores de alta capacidade



- w gestão da fertirrega em função da electrocondutividade e do pH
- w comando de várias bombas
- w elevado número de sondas externas digitais e analógicas
- w ligação a computador



Instituto Superior de Agronomia

- Válvula reguladora de pressão – garante pressão constante no sistema
- Válvula anti-retorno - evita retorno do caudal e portanto a contaminação da fonte de água com fertilizante
- Ventosa – localiza-se nos pontos altos do sistema e é utilizada para extrair o ar das condutas
- Válvula volumétrica - fecha automaticamente depois de deixar passar um determinado volume de água
- Válvula de segurança - permitem a saída de água da instalação quando se verificam aumentos anormais de pressão
- Válvula de corte ou seccionamento - interrompe ou abre o fluxo numa determinada tubagem

