

IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

1. INTRODUÇÃO

O sistema de irrigação por gotejamento se desenvolveu em função da escassez de água. Este sistema aplica água em apenas parte da área, reduzindo assim a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Com isto, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor. Os emissores utilizados podem ser gotejadores ou microaspersores.

2. COMPONENTES

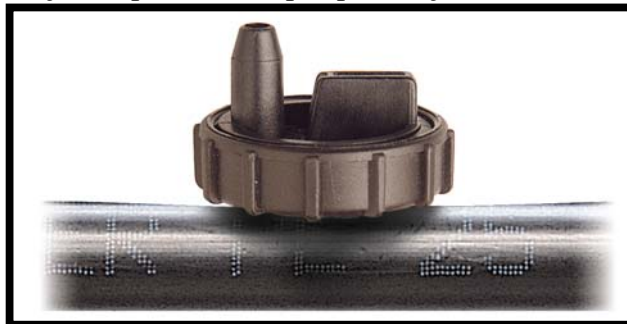
Os principais componentes de um sistema de gotejamento são:

- Emissores (gotejadores ou microaspersores)
- Laterais (tubos de polietileno que suportam os emissores)
- Ramais (tubulação em geral de PVC 35, 50, 75 ou 100mm)
- Filtragem (filtros separadores, tela, disco ou areia)
- Automação (controladores, solenoides e válvulas)
- Válvulas de segurança (controladora de bomba, ventosa, anti-vácuo)
- Fertirrigação (reservatórios, injetores, agitadores)
- Bombeamento (motor, bomba, transformador, etc)

Emissores

a) Gotejadores

Os gotejadores podem ser do tipo “on line” que compreendem os gotejadores que são acoplados à tubulação de polietileno após perfuração da mesma (foto abaixo).



Os gotejadores “in line” são emissores que já vêm inseridos na tubulação de polietileno (foto abaixo). Qualquer que seja o tipo, eles podem ser normais ou autoreguláveis (gotejadores cuja vazão varia muito pouco se a pressão variar).



A equação que descreve a vazão dos gotejadores pode ser escrita como:

$$q = K h^x$$

onde q é a vazão em l/h, K e x são constantes do gotejador e h a pressão (mca). Por exemplo, o gotejador Hidrogol (fabricado pela Plastro) tem $K = 0.69$ e $x = 0.502$. Por isso, com pressão de 10 mca ele goteja 2.19 l/h.

b) Microaspersores

Os microaspersores são emissores que como o próprio nome indica funcionam como aspersores de porte reduzido. Alguns têm partes móveis (rotativos ou dinâmicos) como a foto ao lado e outros não têm (sprays ou estáticos), ilustrado na foto abaixo.

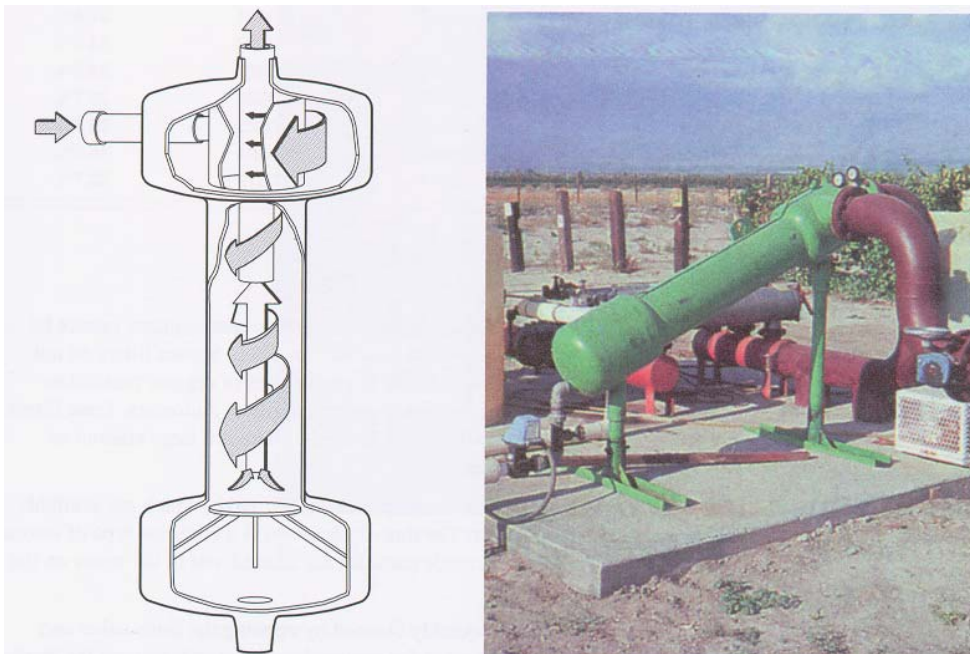


Filtros

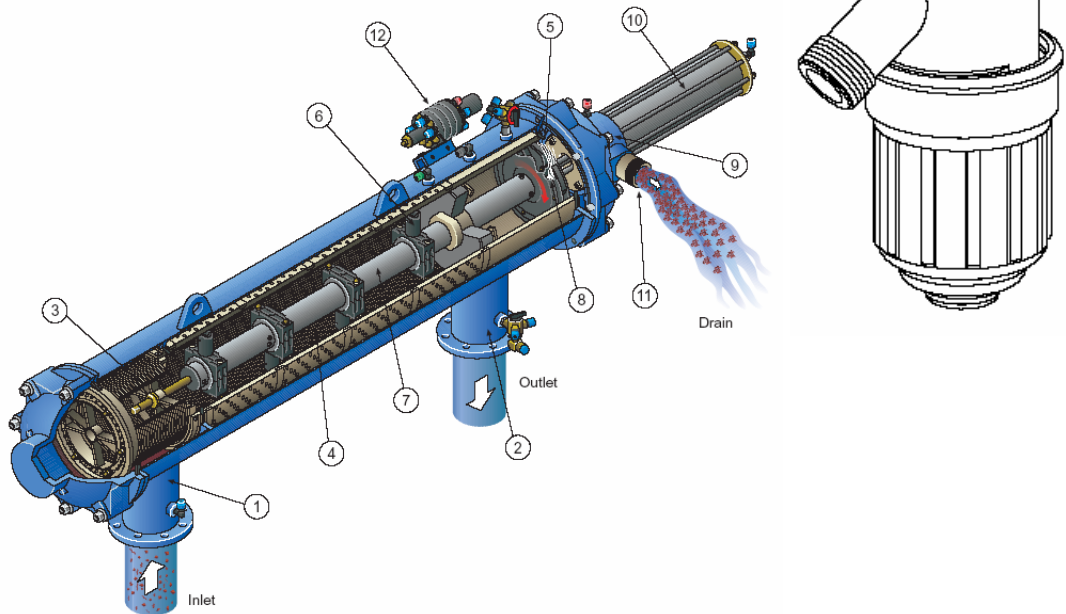
A filtragem da água de irrigação constitui-se em uma medida eficaz na redução de bloqueios físicos dos emissores. Para isto, a escolha dos filtros deve ser realizada de acordo com o tipo de emissor e a qualidade da água, garantindo assim a prevenção de bloqueios dos emissores.

A filtragem é realizada de modo que a água tenha que passar por orifícios tão pequenos que as impurezas possam ser retidas. Em geral esses orifícios possuem tamanho de $1/6$ a $1/10$ da menor passagem existente dentro dos emissores.

Filtros Centrifugadores - São filtros que separam partículas por mecanismos de força centrífuga. São muito utilizados para remover partículas de areia presentes em águas subterrâneas.



Filtros de Tela - A tela pode ser de tela (plástico ou inox). A velocidade de filtragem é da ordem de 0.15 m/s. Os tamanhos vão desde pequenos filtros plásticos de ¾ polegadas até filtros metálicos automáticos de grande porte (figura abaixo).



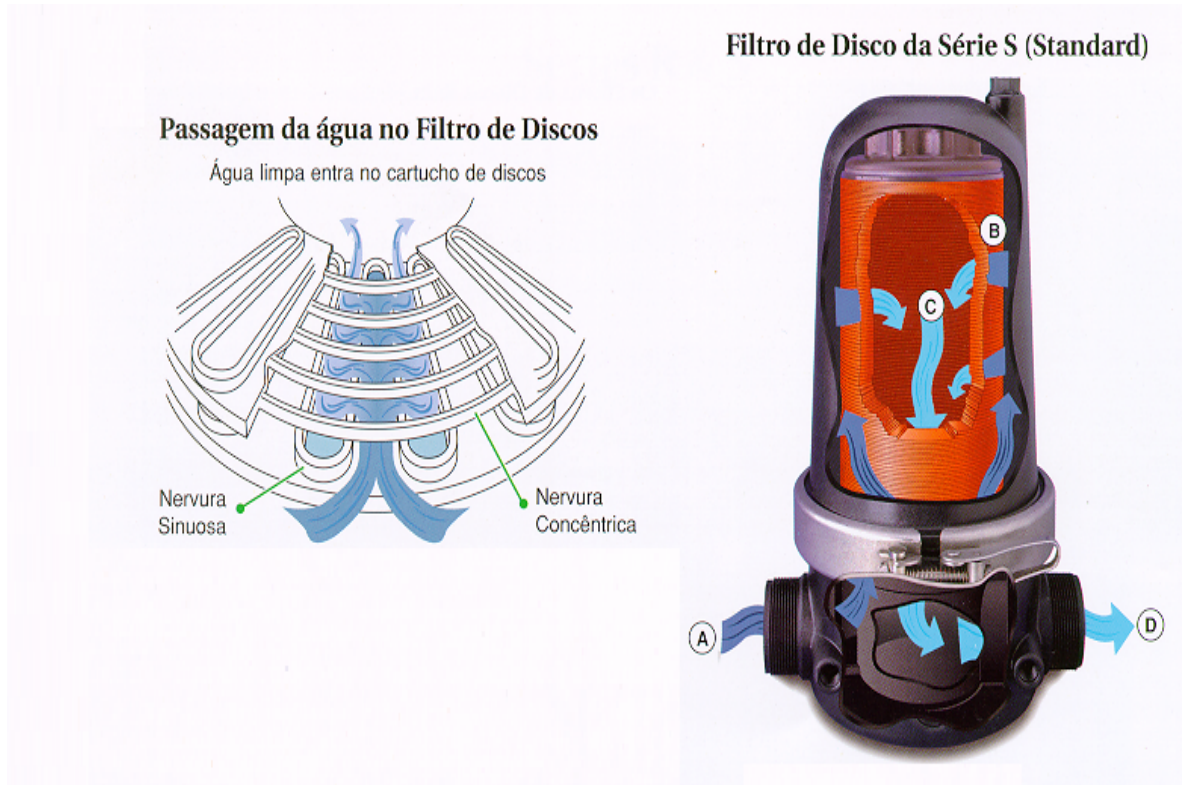
A tabela a seguir apresenta as características geométricas de telas utilizadas na filtragem

Mesh*	Abertura (micra)
80	180
100	152
120	125
150	105
180	89
200	74

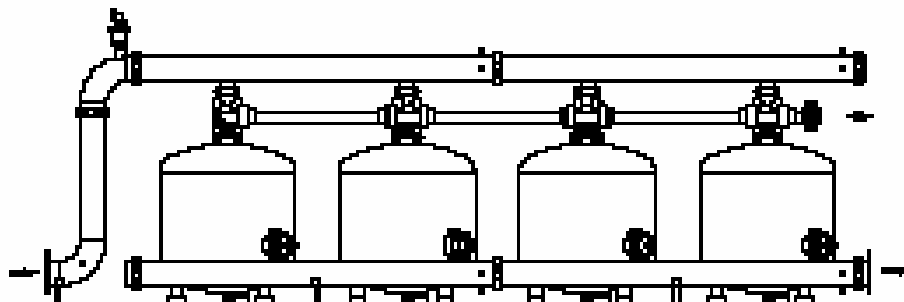
* mesh refere-se ao número de aberturas em uma polegada (25.4mm)

A limpeza dos filtros de tela pode ser manual ou automatizada. Toda vez que a diferença entre a pressão de entrada e a pressão de saída superar um valor pré-determinado, em geral 5 a 8 mca, ocorre a lavagem automática do filtro que pode ser auxiliada por escovas, dispositivos de sucção, etc.

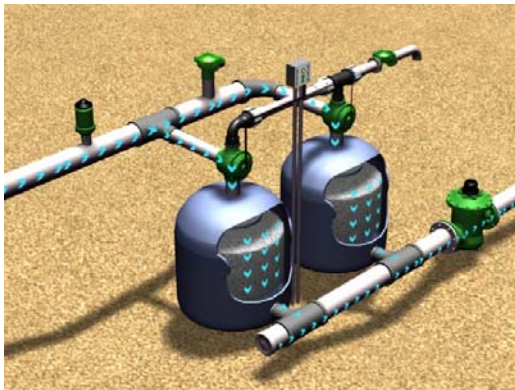
Filtros de Disco – Nestes filtros a água é forçada a passar entre discos plásticos ranhurados, como mostra a figura a seguir para um modelo já comercializado pela Rain Bird.



Filtros de areia – Esses filtros funcionam retendo impurezas num meio poroso. Normalmente a água é forçada a passar entre partículas de areia de 0,8 a 1,5 mm. Partículas de areia de 1.5 mm equivalem a 100 a 130 mesh, de 1.20mm (130 a 140mesh), de 0.78mm (140 a 180mesh), de 0.70mm (150 a 200 mesh) e 0.47mm (200 a 250 mesh). As partículas são em geral arestadas para reter com mais eficiência filamentos orgânicos. As partículas não possuem exatamente o mesmo diâmetro. Por isso são preparadas de modo que tenham coeficiente de uniformidade 1.2 a 1.5 (o diâmetro do orifício que deixa passar 60% das partículas é 50% maior que o diâmetro que deixa passar 10%).



A velocidade da filtração é tal que cada metro quadrado de seção transversal do meio poroso filtre aproximadamente 50 m³/h. A espessura do leito filtrante é da ordem de 40 a 50cm. Em geral, emprega-se mais de um tanque para possibilitar a retrolavagem. Neste caso, enquanto um tanque filtra a água, no outro a água passa no sentido inverso, para expandir em cerca de 30% a areia, afastando os grânulos um do outro, possibilitando a saída das impurezas retidas.



A areia dos filtros é trocada somente após vários anos de funcionamento (5 a 10 anos), bastando apenas completar anualmente pois alguns grânulos podem escapar juntamente com a água da retrolavagem. A retrolavagem ocorre sempre que a diferença de pressão (entrada-saída) ultrapassar o valor de 5 a 8 mca. Este processo dura de 1 a 4 minutos, dependendo da quantidade de impurezas retidas.

Para escolha do filtro a ser utilizado, é necessário conhecer o teor de sedimentos inorgânicos e orgânicos da água a ser filtrada. Em geral pode-se empregar as seguintes recomendações:

Sedimentos orgânicos (mg/l)	Sedimentos inorgânicos (mg/l)	Tipo de filtro
< 5	< 5	Tela manual
	5 a 10	Disco manual
	> 10	Tela ou disco automático
5 a 10	< 5	Tela ou disco automático
	5 a 10	Areia manual
	> 10	Areia manual
>10	Qualquer concentração	Areia automático

Fertirrigação

Para fazer a aplicação do fertilizante junto a água de irrigação é necessário que o sistema possua um injetor para incorporar os produtos na água. Este injetor é considerado um dos principais componentes do sistema de irrigação localizada.

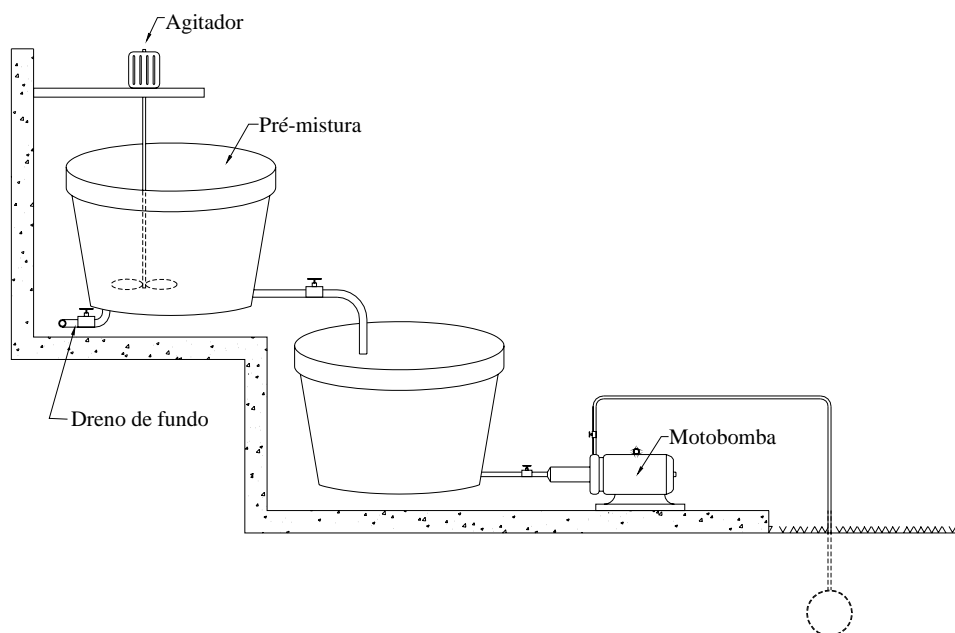
Os injetores podem ser classificados em três grupos:

- Os que utilizam pressão positiva (por exemplo, bomba injetora);
- Os que utilizam diferença de pressão (por exemplo, tanque de derivação);
- Os que utilizam pressão efetiva negativa como, por exemplo, injetor tipo Venturi; e injeção por meio da tubulação de sucção da própria bomba do sistema de irrigação (este método não é recomendável pois pode poluir as fontes de água).

* Bomba injetora

É um equipamento que retira o fertilizante a ser aplicado de um reservatório e o injeta diretamente no sistema de irrigação. Os equipamentos que promovem a injeção do fertilizante podem ser do **tipo pistão**, do **tipo diafragma** ou **mesmo uma bomba centrífuga**. Usa-se a bomba de pistão quando o sistema a trabalhar é de alta capacidade e alta pressão.

As bombas injetoras do tipo centrífugas são as mais utilizadas atualmente e são comercializadas acopladas a motores elétricos. A potência dos motores é de aproximadamente 1 CV e o material da bomba em contato com o adubo é, em geral, de inox ou plástico.



* Tanque de derivação de fluxo

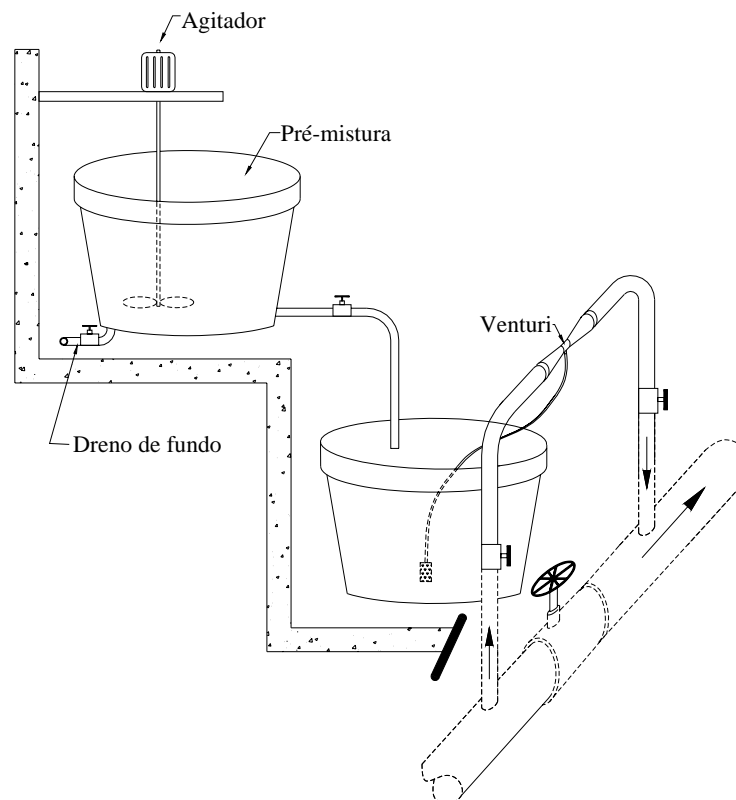
Este sistema é muito raro e já não é utilizado mais. É um cilindro hermeticamente fechado. O fertilizante é colocado dentro deste cilindro formando a solução nutritiva

junto com a água que se destina às plantas. Parte da água da irrigação é derivada, passando pelos tanques, arrastando consigo a solução que lá se encontra. Esta água passa por diferença de pressão transportando, desta forma, os nutrientes até os emissores.

O tanque é um equipamento relativamente barato, porém tem a desvantagem de aplicar o fertilizante de forma não uniforme em relação ao tempo de aplicação. No princípio da aplicação a concentração é alta, e em seguida seu valor diminui exponencialmente com o tempo. Neste caso é mais recomendável o seu uso quando as aplicações forem mais demoradas ou menos frequentes.

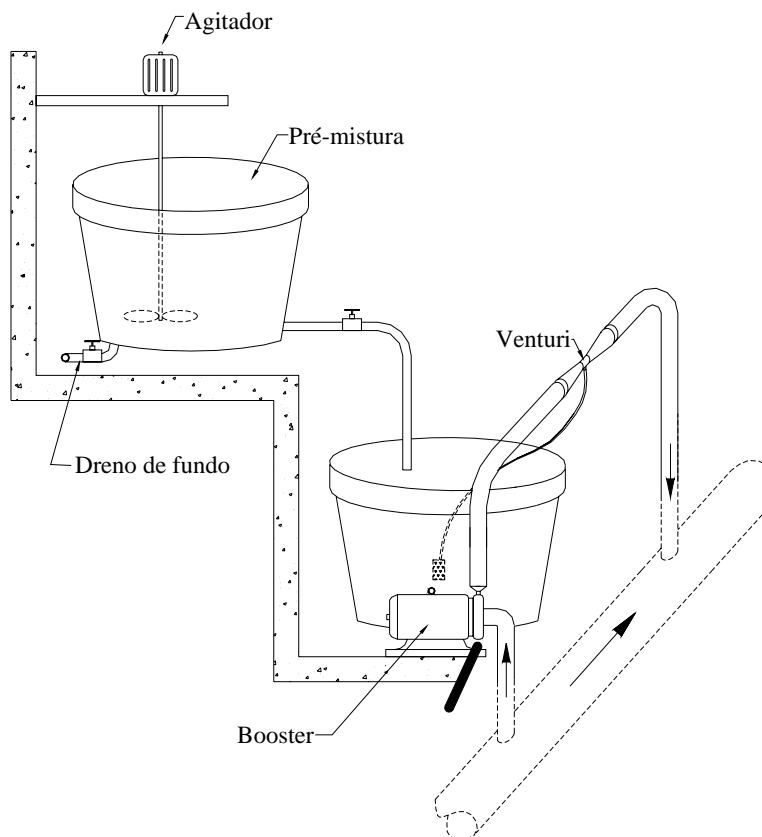
* Venturi

Este é um injetor que se baseia no princípio hidráulico de Venturi. Este equipamento é muito utilizado e consiste de um estrangulamento de uma tubulação, causando um grande aumento da velocidade. Como a energia total da água é a mesma, o aumento considerável da velocidade causa uma redução na pressão a ponto de promover uma sucção resultante da mudança de velocidade do fluxo. Com isso, a solução contida num reservatório aberto é aspirada e incorporada na água de irrigação.



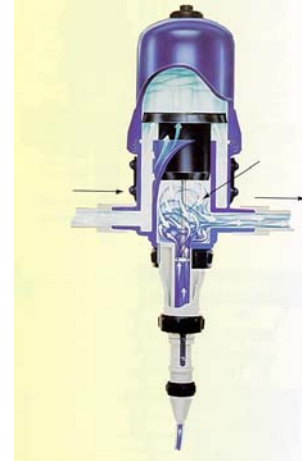
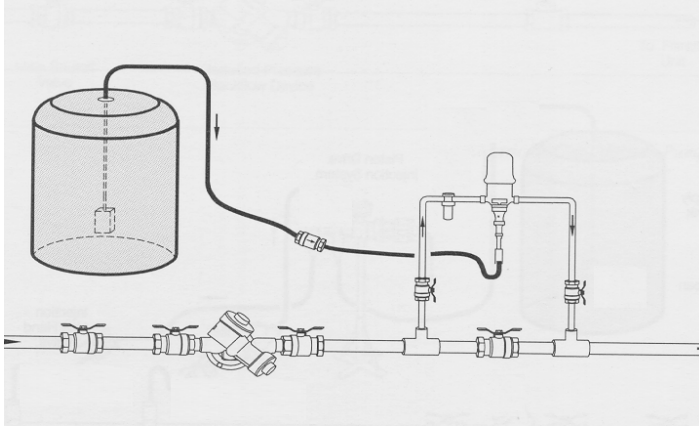


As vantagens deste injetor devem-se a sua simplicidade de operação, baixo custo e satisfatória eficiência em condições controladas de vazões e pressões de serviço. Muitas vezes, a velocidade não aumenta tanto com a simples derivação do fluxo (figura A) e torna-se necessário o emprego de uma motobomba auxiliar (booster) para aumentar a capacidade do venturi. Essa motobomba é, em geral, de pequena potência (0,5 a 1,0 CV).



*Bombas dosadoras

Estas bombas exigem manutenção e peças quase sempre importadas, por isso é preciso cautela no emprego deste tipo de equipamento.



FERTILIZANTES

Os principais fertilizantes empregados na fertirrigação são listados a seguir, com sua respectiva solubilidade em água.

FERTILIZANTE	SOLUBILIDADE (g/l)
Amônia (82% N)	900
Nitrato de amônia (34% N)	1870
Sulfato de amônio (21% N e 24% S)	710
Nitrato de cálcio (15,5% N)	1340
Monofosfato de amônia (11% N, 22% P)	430
Cloreto de potássio (60% K ₂ O)	280
Nitrato de potássio (13% N 46% K ₂ O)	130
Sulfato de potássio (53% K ₂ O)	80
Nitrato de sódio (16% N)	730
Uréia (46% N)	1080
Sulfato de cobre (25% Cu)	320
Sulfato de zinco (36,4% Zn)	700
Difosfato de amônia (18% N 22% P)	250
Quelatos (Fe, Cu, Mn, e Zn) EDTA, DTPA	Alta
Ácido fosfórico(52% P ₂ O ₅)	Alta
Sulfato de magnésio (MgSO ₄ .7H ₂ O)	850
Gesso (sulfato de cálcio)	2,4
Bórax (11,3% B)	25

COMPATIBILIDADE DOS FERTILIZANTES

Os fertilizantes empregados na fertirrigação não podem ser misturados aleatoriamente. É preciso verificar a compatibilidade entre eles para evitar complexação de íons, formação de outros compostos e precipitados químicos. A tabela a seguir pode ser utilizada para evitar possíveis problemas:

	Uréia	Nitrato de amônia	Sulfato de amônia	Nitrato de cálcio	Nitrato de potássio	Cloreto de potássio	Sulfato de potássio	Fosfato de amônia	Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de magnésio	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Ácido nítrico
Uréia	Verde													
Nitrato de amônia	Verde	Verde												
Sulfato de amônia	Verde	Verde	Verde											
Nitrato de cálcio	Verde	Verde	Verde	Verde										
Nitrato de potássio	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde									
Cloreto de potássio	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde								
Sulfato de potássio	Verde	Verde	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde							
Fosfato de amônia	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde						
Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde				
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde			
Sulfato de magnésio	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde		
Ácido fosfórico	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	
Ácido sulfúrico	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Ácido nítrico	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

Totalmente compatível	Verde
Solubilidade reduzida	Amarelo
Incompatível	Verde

Fonte: Van der Gulik, T.W. 1999

QUANTIDADE DE ÁGUA NECESSÁRIA

Lâmina bruta diária

A lâmina bruta é definida com base em dados de evapotranspiração potencial. Para café na região dos cerrados tem sido muito empregado o valor de 3 mm/dia (3 l/m²/dia). Considerando que a largura da faixa molhada é de aproximadamente 1.5 metros, e o espaçamento entre ruas de 3.7 m, esta lâmina é aplicada na verdade em apenas

$$100 * 1.5/3.7 = 40.5\% \text{ da área.}$$

$$3 \text{ mm/dia} / 0.405 = 7.4 \text{ mm/dia na faixa úmida}$$

De um modo geral pode-se estimar a lâmina bruta multiplicando a evapotranspiração potencial máxima vezes o valor máximo de Kc e dividindo o resultado pela eficiência de aplicação. Como o gotejamento molha apenas parte da área, o resultado deverá ser multiplicado pelo percentual de área molhada. Este percentual é a razão entre a largura da faixa molhada pelo gotejamento e o espaçamento entre laterais. Na verdade expressa o percentual da área total que é molhado pela irrigação localizada.

Em termos matemáticos pode-se escrever que:

$$LB \text{ (mm/dia)} = [(K_{cmax} * E_{Trmax}) / (E_a)] * [PAM/100]$$

Obs: a constante 100 no denominador da expressão costuma ser substituída pelo valor 85 por projetistas Israelenses e Americanos, resultando numa lâmina bruta ainda maior.

Espaçamento entre plantas e laterais

Em geral, emprega-se uma ou duas linhas de gotejamento (laterais) por linha de planta. No café é utilizada uma lateral e na laranja adulta são empregadas duas laterais por linha de plantas.

Vazão do gotejador

A vazão do gotejador é da ordem de 3.4 a 4.0 l/h por metro linear. A largura do bulbo úmido depende da vazão do gotejador e da textura do solo (redistribuição horizontal da água).

Em geral pode-se utilizar a equação

$$DB = a + bq$$

onde DB: diâmetro do bulbo (m), a e b são constantes empíricas e q é a vazão do gotejador (l/h)

Textura	a	b
Fina (argila)	1.2	0.10
Média	0.7	0.11
Grossa (areia)	0.3	0.12

Por exemplo, um gotejador de 3.4 l/h em latossolo vermelho escuro de cerrado (consideramos textura média)

$$DB = 0.7 + 0.11 * 3.4$$

$$DB = 1.07 \text{ metros}$$

Espaçamento entre gotejadores

Em geral pode-se empregar espaçamento entre gotejadores equivalente a 90% do diâmetro do bulbo úmido.

A tabela a seguir serve como base para escolha do gotejador

Tipo de solo	Espaçamento entre got (cm)	Vazão do gotejador (l/h)
Arenoso	50	1,6 a 1,7
Médio	75	2,2 a 2,3
Argiloso	100	3,4 a 4,0

Nos latossolos vermelho escuro emprega-se em geral gotejadores de 2,2 l/h espaçados de 75cm.

PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DA VAZÃO

- a) Definir tubogotejador (vazão e espaçamento entre gotejadores)

Exemplo: vazão do gotejador (qg) = 2,2 l/h

$$\text{Espaçamento entre gotejadores (Eg)} = 0,75\text{m}$$

- a) Definir espaçamento entre laterais e entre plantas

Exemplo: El = 3,7 metros entre laterais

$$\text{Ep} = 0,50 \text{ m entre plantas na linha}$$

- b) Calcular vazão por metro linear (ql)

$$ql = qg/Eg$$

$$ql = 2,2 / 0,75 = 2,94 \text{ l/h/m}$$

- c) Definir a lâmina aplicada por hora (Lh)

$$Lh = qg / (El * Eg)$$

$$Lh = 2,2 / (3,7 * 0,75) = 0,793 \text{ mm/h}$$

d) Definir a lâmina bruta diária (Lb)

Exemplo = 3 mm/dia

e) Calcular o tempo de irrigação por setor (Ti)

$$Ti = Lb/Lh$$

$$Ti = 3,0 / 0,793$$

$$Ti = 3,78 \text{ horas}$$

f) Definir a jornada diária e o número de setores (NS)

Exemplo = 21 horas por dia (evitando 3 horas do horário de ponta)

$$NS = \text{Jornada} / Ti$$

$$NS = 21 / 3,78 \quad NS = 5,55 \text{ setores}$$

$$NS = 5 \text{ setores (arredondar para baixo)}$$

g) Corrigir a jornada diária

$$Jd = NS * Ti = 5 * 3,78 = 18,9 \text{ horas}$$

h) Definir a área a ser irrigada e calcular o tamanho do setor

Exemplo A = 80 há

$$As = A / NS = 80 / 5$$

$$As = 16 \text{ há}$$

i) Calcular o comprimento de tubogotejador por setor

$$CT = (As * 10000 \text{ m}^2/\text{ha}) / El \quad CT = (16 * 10000) / 3,7$$

$$CT = 43244 \text{ metros}$$

j) Calcular a vazão do gotejamento

$$Q = CT * ql$$

$$Q = 43244 * 2,94$$

$$Q = 127137 \text{ l/h} \quad Q = 127 \text{ m}^3/\text{h}$$

k) Calcular volume aplicado diariamente em cada planta

$$Qpl = ql * Ep * Ti$$

$$Qpl = 2,94 * 0,5 * 3,78$$

$$Qpl = 5,55 \text{ l/planta/dia}$$