

Manual de Construção e Utilização de Sistema Simplificado de Injeção de Fertilizantes Via Água de Irrigação Destinado à Agricultura Familiar



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 191

Manual de Construção e Utilização de Sistema Simplificado de Injeção de Fertilizantes Via Água de Irrigação Destinado à Agricultura Familiar

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Embrapa Solos
Rio de Janeiro, RJ
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico.

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Fone: + 55 (21) 2179-4500

Fax: + 55 (21) 2179-5291

<https://www.embrapa.br>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Embrapa Solos

Presidente: *José Carlos Polidoro*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de C. de*

Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Enyomara Lourenço

Silva, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana Sampaio de

Araujo, Maria Regina Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Moema de

Almeida Batista

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Foto da capa: *Silvio Roberto de Lucena Tavares*

Editoração eletrônica: *Moema de Almeida Batista e*

Jacqueline Silva Rezende Mattos

1ª edição

On-line (2015)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Tavares, Silvio Roberto de Lucena.

Manual de construção e utilização de sistema simplificado de injeção de fertilizantes via água de irrigação destinado à agricultura familiar / Silvio Roberto de Lucena Tavares. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2015.

26 p. : il. color. – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 191).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes/>>.

Título da página da Web (acesso em 30 set. 2015).

1. Fertirrigação. 2. Irrigação. 3. Agricultura familiar. I. Embrapa Solos. II. Título. III. Série.

CDD 631.81

© Embrapa 2015

Autor

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia
Civil pela COPPE/UFRJ, pesquisador da Embrapa
Solos, Rio de Janeiro, RJ

Apresentação

A introdução de tecnologias novas ou já consolidadas na agricultura familiar contribui como um mecanismo fundamental e decisivo para a melhoria da participação deste importante segmento do agronegócio na economia nacional. Dentre essas tecnologias, a irrigação é uma das tecnologias de grande potencial para o aumento da produção, produtividade e qualidade dos produtos agropecuários.

A agricultura familiar brasileira e a agricultura familiar americana apresentam muitas características que se diferenciam, mas, com certeza, a clara distância entre elas reside também no acesso à utilização de várias tecnologias e intensificação do processo de mecanização do setor agrícola como elementos de melhorias da produtividade da agricultura familiar americana. A tecnologia de se aplicar água artificialmente às mais variadas culturas agrícolas (irrigação) é uma dessas inovações já consagradas há muito tempo e que trouxe inúmeras vantagens comparativas em termos econômicos e sociais onde foi corretamente e tecnicamente implantada.

Esta publicação tem como objetivo apresentar a construção e o dimensionamento hidráulico de um sistema simplificado de injeção de fertilizantes via água de irrigação, destinado, sobretudo, ao segmento da agricultura familiar brasileira e/ou a pequenas áreas irrigadas. Trata-se de uma tecnologia de fácil construção, de baixo custo financeiro e de fácil operacionalização no campo. Espera-se que contribua como uma ferramenta a ser utilizada pelo produtor rural que já utiliza a tecnologia de irrigação, podendo agregar através desse sistema de injeção de fertilizantes também a tecnologia da fertirrigação.

Daniel Vidal Pérez
Chefe-geral da Embrapa Solos

Sumário

Introdução	9
Construção de sistema simplificado de injeção de fertilizantes	12
Princípio de funcionamento	18
Considerações finais	24
Referências	25
Anexo	26

Manual de Construção e Utilização de Sistema Simplificado de Injeção de Fertilizantes Via Água de Irrigação Destinado à Agricultura Familiar

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Introdução

Segundo a Embrapa (2015), a agricultura familiar no Brasil engloba 4,3 milhões de unidades produtivas (84% do total) e 14 milhões de pessoas ocupadas, o que representa em torno de 74% do total das ocupações distribuídas em 80.250.453 hectares (25% da área total). A produção que resulta da agricultura familiar se destina basicamente às populações urbanas locais, o que é essencial para a segurança alimentar e nutricional. Logo, esse segmento representa um extrato muito significativo do setor rural brasileiro e, por isso, torna-se imperiosa a incorporação de inovações tecnológicas para que se obtenha aumentos na agregação de valores em seus produtos e serviços, tornando possível a disputa de mercados cada vez mais especializados e competitivos.

Foi o economista e cientista político austríaco Joseph Alois Schumpeter quem introduziu, em 1912, o conceito de inovação o qual, segundo ele, seria a introdução de um novo bem no mercado, de uma nova qualidade de um bem já existente ou, ainda, de um novo método de produção; a abertura de um novo mercado; a descoberta de novas matérias-primas; o estabelecimento de novas organizações ou de novos métodos de organização (SCHUMPETER, 1982, p. 48).

A irrigação de culturas agrícolas não é novidade e elevou o patamar produtivo dos lugares onde foi técnica e corretamente implantada, com

grandes ganhos sociais e econômicos. O aparecimento nos Estados Unidos dos sistemas de irrigação por pivô central, no final da década de 1940, e a expansão do seu uso, na década seguinte, permitiram a aplicação de fertilizantes por meio da água de irrigação de maneira mais ampla (DOWLER, 1985 citado por VIEIRA, 1994).

Inicialmente eram utilizados apenas fertilizantes orgânicos até que, em 1958, surgiu o primeiro registro de aplicação de fertilizante comercial por meio de irrigação por aspersão (BRYAN; THOMAS, 1958 citado por VIEIRA, 1994). Desta maneira, uma inovação surgiu através de uma tecnologia existente (irrigação) em novos campos de aplicação (adubação): a quimigação, que é a aplicação de produtos químicos na lavoura através da água da irrigação.

Quimigação, fertigação ou fertirrigação, herbigação, fungigação, insetigação, nematigação, pestigação etc. são termos designados pela literatura - científica ou não - para descrever o uso de várias substâncias químicas e/ou biológicas (fertilizantes, adubos, herbicidas, fungicidas, inseticidas, nematocidas etc.) através de diferentes sistemas de irrigação como meio de alcançar o "alvo" das aplicações – o solo.

Diversos equipamentos podem ser utilizados para a injeção das diversas substâncias na água de irrigação, os quais se diferenciam entre si quanto à fonte de energia, princípio de funcionamento, eficiência e preço. Esses equipamentos podem trabalhar com pressão relativa positiva ou negativa. Porém, alguns utilizam a diferença de pressão no seu funcionamento, como o tanque de derivação de fluxo.

Basicamente existem três métodos de aplicação de produtos via água de irrigação que empregam essas diferentes condições de pressão e equipamentos: tanque de injeção, bomba injetora e injetor Venturi. Segundo Marouelli et al. (1996), cada um desses métodos apresenta vantagens e desvantagens comparativas. O tanque é relativamente barato, mas tem a desvantagem de aplicar o produto de forma não uniforme, em relação ao tempo de aplicação, sendo mais recomendado em aplicações mais demoradas e pouco frequentes. Já as bombas injetoras mais usadas atualmente vêm acopladas a motores elétricos, podendo, no entanto, trabalhar com pressão da própria água. São geralmente muito precisas, mas de custo elevado. Por fim, o injetor

Venturi tem construção bastante simples, boa precisão e baixo custo. A perda de carga causada no sistema é compensada pelas vantagens citadas. Atualmente, existem no mercado vários tipos e tamanhos para qualquer tipo de aplicação.

Neste documento, apresentamos um sistema simplificado de injeção de fertilizantes via água de irrigação destinado, sobretudo, ao segmento da agricultura familiar e/ou a pequenas áreas irrigadas. Trata-se de um sistema de fácil construção, baixo custo financeiro e fácil operacionalização em campo, muito utilizado por pequenos produtores de melão (*Cucumis melo* L.) nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, chamados popularmente de “pulmão de fertirrigação” ou simplesmente “pulmão” (Figura 1).



Foto: Silvío Roberto de Lucena Tavares.

Figura 1. “Pulmão de fertirrigação” ou simplesmente “pulmão”.

O sistema simplificado de injeção de fertilizantes “pulmão de fertirrigação” é um sistema que usa o diferencial de pressão, tal como os primeiros injetores de fertilizantes utilizados no mundo, que eram tanques metálicos com uma abertura no topo para a colocação do adubo e instalados em paralelo à tubulação de irrigação (tanque de fertilizantes). A tubulação de entrada da água no tanque era colocada no fundo enquanto a de saída era instalada no topo do tanque (TRANI et al., 2011). Esses autores relatam que, para obter uma maior eficiência de aplicação de fertilizantes por este método, deve-se seguir a literatura técnica que prescreve que os fertilizantes já estejam dissolvidos, e que um volume de água quatro vezes maior que o volume do tanque

deve passar pelo mesmo para injetar, em média, 98% da solução de fertirrigação proposta para a adubação da cultura agrícola.

As principais vantagens do sistema diferencial de pressão são o baixo custo e a pequena perda de carga do sistema. Já as principais desvantagens são a dificuldade de controle de vazão que passa pelo interior do tanque, a variação da concentração da solução com o tempo e a necessidade de um tempo relativamente longo para a injeção de todo ou quase todo o fertilizante dissolvido. Desta maneira, este sistema não é indicado para solos de texturas arenosas ou mais leves e para a maioria dos substratos agrícolas.

Então, se o sistema apresenta algumas limitações, por que prescrever a sua construção para a agricultura familiar e/ou pequenas áreas irrigadas? Exatamente pela vantagem inequívoca dos benefícios que a fertirrigação propicia aos pequenos agricultores que adotaram a agricultura irrigada em seus processos: - avanço tecnológico barato e fácil construção de um equipamento injetor que, bem instalado e manejado, traz uma boa eficiência da fertirrigação; e que, por sua vez, é determinada, em grande parte, pelo bom funcionamento do sistema de irrigação. Além do mais, este sistema simplificado, proposto por apresentar uma capacidade volumétrica bem menor do que a maioria dos tanques de derivação e por trabalhar com o fertilizante diluído previamente em recipientes externos, melhora de forma substancial a eficiência final da aplicação dos fertilizantes, podendo ser operacionalizado até em solos que apresentam texturas mais leves, pois seu manejo, em relação ao tanque, é mais simplificado e pode ser melhor controlado pelo operador irrigante.

Construção do sistema simplificado de injeção de fertilizantes (“pulmão de fertirrigação”)

A construção do sistema simplificado de injeção de fertilizantes via água de irrigação, conhecido popularmente por “pulmão de fertirrigação” ou simplesmente “pulmão”, é um processo artesanal. Como tal, deve ser executado com muito cuidado para que não haja falhas construtivas que comprometa sua operacionalidade, como a

existência de vazamentos nas conexões, o que poderá acarretar no mal funcionamento do equipamento devido à perda de pressão interna no compartimento injetor.

Material necessário

Para se construir um sistema simplificado de injeção de fertilizantes (“pulmão”), são necessários os materiais abaixo listados (Tabela 1), com os seus respectivos preços adquiridos em uma loja de material de irrigação na cidade de Mossoró, no Rio Grande do Norte, em junho de 2014.

Tabela 1. Lista de material necessário para a montagem do “pulmão”.

Item	Descrição do produto/serviço	Unid.	Qty	Valor unit. (R\$)	Valor total (R\$)
01	Niple c/rosca ¾" PVC	un	4	0,55	2,20
02	Niple c/rosca 1" PVC	un	1	1,04	1,04
03	Bucha rosca redução ¾" x ½"	un	1	0,48	0,48
04	Registro PVC IRR F x F ¾"	un	3	6,00	18,00
05	Registro PVC IRR F x F 1"	un	1	9,63	9,63
06	Adap. com rosca externa de ¾" polietileno	un	4	0,65	2,60
07	Colar de tomada PVC 50 x ¾"	un	2	5,45	10,90
08	Colar de tomada PVC 75 x ¾"	un	2	7,26	14,52
09	Adaptador soldável caixa d'água 25 x ¾"	un	2	3,75	7,50
10	Cap PVC IRR soldável DN 75 mm	un	2	4,39	8,78
11	Válvula ventosa anti vácuo ½"	un	1	9,30	9,30
12	Tê rosca ¾"	un	1	1,64	1,64
13	Abraçadeira aço-carbono 19 mm a 27 mm	un	4	2,22	4,44
14	Tubo IRR soldável PN 40 DN 75 mm	un	1	47,50	37,50
Total (R\$)					128,51

Obs. 1: Nas Figuras 2 e 3 encontram-se ilustrados os itens listados na Tabela 1.

Obs. 2: O filtro Amiad 130 micron (0.13 mm) que aparece nas fotos apenas foi relocado do início da tubulação da 1ª parcela de irrigação para mais próximo ao sistema do pulmão de irrigação. Lembrar que o uso de filtros na irrigação localizada é um item obrigatório para evitar o entupimento dos gotejadores. Logo, o mesmo não está listado na Tabela 1.

Fotos: Sílvio de Lucena Tavares.



Figura 2. Detalhes das conexões em separado do pulmão de fertirrigação.

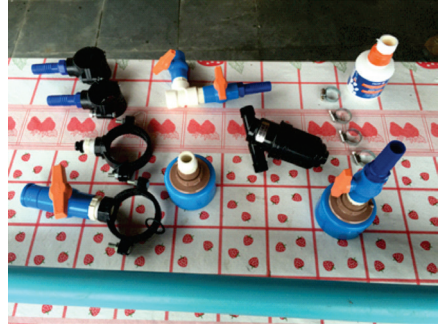


Figura 3. Detalhes das conexões semi montadas do pulmão de fertirrigação.

Etapas para a construção

1) O primeiro passo na construção do injetor de fertilizantes tipo pulmão é estabelecer o comprimento do tubo de irrigação de 75 mm ou 3" (ver medida desejada na Tabela 2) e serrar o tubo na medida determinada (Figura 4). Após a determinação do comprimento do tubo, deve-se instalar e colar as respectivas conexões e abraçadeiras específicas.

2) Furar, com auxílio de uma serra-copo, os centros geométricos dos caps finais na tubulação (corpo do pulmão) para colocação das conexões de fixação das tubulações de entrada (*in*) e saída (*out*) do injetor (Figuras 5 e 6).

Fotos: Sílvio de Lucena Tavares.



Figura 4. Corte da tubulação de irrigação na medida determinada pelo projeto.



Figura 5. Furação do cap (75 mm) com auxílio de serra copo.

3) Furar, com auxílio de uma serra copo, a tubulação de 75 mm no corpo do pulmão para a instalação da válvula de ar no sistema (Figuras 7 e 8).

4) Furar, com auxílio de uma serra copo, a tubulação de 75 mm do corpo do pulmão para a instalação da abraçadeira com as conexões para a estrutura de entrada de fertilizante no sistema (Figura 9).



Figura 6. Fixação das conexões para colocação da estrutura na entrada e saída da água de irrigação do compartimento interno (câmara) do pulmão.



Figura 7. Furação no corpo do pulmão para instalação de válvula de ar.

Fotos: Sílvio de Lucena Tavares.



Figura 8. Fixação da válvula de ar.



Figura 9. Fixação das conexões para colocação da estrutura de entrada do fertilizante para o compartimento interno (câmara) do pulmão.

Fotos: Sílvio de Lucena Tavares.

5) Furar, com auxílio de uma serra copo, a tubulação adutora e/ou principal para a instalação das abraçadeiras com as conexões para o encaixe da tubulação (mangueira) flexível de $\frac{3}{4}$ " usadas para derivação da água para a entrada (in) e saída (out) do pulmão (Figuras 10 e 11).

Fotos: Sívio de Lucena Tavares.



Figura 10. Furação da tubulação adutora/principal para fixação das conexões de derivação da água para entrada e saída do fluxo pela câmara interna do pulmão.



Figura 11. Fixação das conexões de derivação da água para entrada e saída do fluxo através da câmara interna do pulmão.

6) Limpar com removedor específico as áreas internas dos caps e as pontas da tubulação do corpo do pulmão e proceder à colagem deles através do uso com cola específica para PVC, visando unir os caps às extremidades do pulmão (Figuras 12, 13 e 14).

Fotos: Sívio de Lucena Tavares.



Figura 12. Limpeza para fixação dos caps nas extremidades do pulmão.



Figura 13. Colagem e fixação do cap de entrada na extremidade do pulmão.

Foto: Sívio de Lucena Tavares.



Figura 14. Colagem e fixação do cap de saída na extremidade do pulmão.

7) Fixar toda a estrutura do pulmão em cima do cavalete (forquilha ou qualquer outro material) com um decaimento de 30° a 45° de declividade para permitir a lavagem do seu sistema interno, através do registro de dreno instalado na tubulação de saída (Figuras 15 a 21).



Figura 15. Fixação do pulmão no local definitivo.



Figura 17. Detalhe da estrutura de entrada do sistema.



Figura 19. Detalhe da estrutura de derivação de água da linha adutora/principal para a entrada no pulmão.



Figura 16. Pulmão instalado no local definitivo.



Figura 18. Detalhe da estrutura de entrada do sistema.

Fotos: Sílvio de Lucena Tavares.

Fotos: Sílvio de Lucena Tavares.

Foto: Sívio de Lucena Tavares.



Figura 20. Detalhe da estrutura de saída do sistema.



Figura 21. Detalhe da estrutura de saída do sistema com filtro.

Princípio de Funcionamento

O sistema simplificado de injeção de fertilizantes “pulmão de fertirrigação” é um equipamento construído com tubo, conexões e abraçadeiras de PVC de fácil aquisição e de diversas dimensões, dependendo do tamanho da área ou sub-área a ser irrigada simultaneamente. Essas peças são conectadas a dois pontos da adutora ou tubulação principal do sistema de irrigação (Figura 16). Consiste em um recipiente onde se coloca a solução de fertilizantes previamente preparada e que, uma vez lacrado, alcança em seu interior a mesma pressão que a rede de irrigação. Seu volume interno depende das dimensões construtivas do tubo e das conexões. Geralmente se utiliza um tubo de irrigação azul comercial de três polegadas de diâmetro (3” = 75 mm), com pressão nominal de serviço (PN) que varia – dependendo do projeto – de 40, 60 ou 80 que corresponde a 4, 6 ou 8 Kgf.cm⁻¹; ou 40, 60 ou 80 mca; ou aproximadamente 400, 600 ou 800 kPa.

Para fins de cálculo da capacidade de volume de solução dentro do pulmão, utiliza-se a fórmula para cálculo do volume de um cilindro:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Onde:

V = volume

$\pi = 3,1416$

r = medida do raio (metade do diâmetro do tubo)

h = medida da altura (comprimento do tubo)

Como exemplo, podemos calcular o volume de um pulmão de 3" de diâmetro e 1 metro de comprimento. Para fins de exemplificação da fórmula, a altura aqui designada é igual ao comprimento do pulmão. Deste modo, é só transformar as unidades e deixá-las na mesma unidade e grandeza. Logo:

Diâmetro do tubo (d): 3" = 75 mm = 7,5 cm = 0,075 m

Raio do tubo: $r = d / 2 \rightarrow r = 0,075 \text{ m} / 2 \rightarrow r = 0,0375 \text{ m}$

Comprimento do tubo = 1,0 m

V = volume

$\pi = 3,1416$

r = medida do raio = 0,0375 m

h = medida da altura = 1,0 m

$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$

$V = 3,1416 \cdot 0,0375 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \text{ m}$

$V = 0,0044 \text{ m}^3$

Como $1 \text{ m}^3 = 1.000$ litros è $0,0044 \times 1.000 = \mathbf{4,4 \text{ litros}}$. Esta é a capacidade volumétrica do pulmão de 75 mm e 1 metro de comprimento. Desta maneira, pode-se construir a tabela a seguir para um pulmão de 75 mm.

Como pode ser observado na Tabela 2, por motivo de limitações construtivas (materiais utilizados na construção do equipamento já dimensionados de fábrica) e operacionais (manejo mais facilitado até o limite de 6 metros de comprimento), o pulmão injetor de fertilizante pode ter no máximo um volume interno com capacidade para 26,4 litros.

Para haver injeção da solução de fertilizante no sistema de irrigação é necessário que haja um diferencial de pressão entre o ponto de entrada

da água no sistema do pulmão e o de saída da solução. Um registro de fechamento lento é instalado entre os pontos de entrada e saída das tubulações *in* e *out* do pulmão (Figura 1), justamente para criar o diferencial de pressão, que permite o seu funcionamento pressurizado, fazendo com que a água seja desviada, em maior ou menor volume, para o seu interior.

Tabela 2. Capacidade volumétrica para um pulmão construído com uma tubulação de irrigação de 3" (75 mm) para diferentes comprimentos em metros (valores aproximados em 1 casa decimal).

h (Comprimento) m	Volume m ³	Volume litros
1,0	0,0044	4,4
1,5	0,0066	6,6
2,0	0,0088	8,8
2,5	0,0110	11,0
3,0	0,0132	13,2
3,5	0,0154	15,4
4,0	0,0176	17,6
4,5	0,0198	19,8
5,0	0,0220	22,0
5,5	0,0242	24,2
6,0	0,0264	26,4

A tubulação de entrada leva a água da adutora do sistema de irrigação até o interior da câmara do pulmão, que contém a solução a ser aplicada. Após a diluição, a mistura é conduzida pela tubulação de saída e introduzida na tubulação principal do sistema de irrigação.

Todos esses dispositivos que compõem o sistema de injeção do pulmão são instalados paralelamente à tubulação de irrigação – geralmente a adutora ou uma linha principal – e devem possuir diâmetros de conexões menores do que o diâmetro dessas tubulações. A diferença de pressão na ordem de 10 kPa a 50 kPa, entre a entrada e a saída do pulmão, é a causadora do fluxo dentro do pulmão, obtido por intermédio da instalação de um registro na linha principal do sistema, entre os pontos de saída e de retorno do pulmão.

A operacionalização do sistema de injeção de fertilizante na tubulação irrigação pelo pulmão é realizada controlando a abertura do registro que está posicionado na linha principal, para que parte da água destinada à irrigação passe por ele. Portanto, a vazão até o pulmão pode ser regulada mediante o registro na linha principal. Como a vazão da água de entrada é igual à vazão da solução fertilizante de saída, à medida que esse fluxo é efetivado, a solução de fertilizante que fica no pulmão vai se diluindo com o passar do tempo de funcionamento e a concentração da solução incorporada à rede também vai diminuindo.

A quantidade da mistura fertilizante-água que permanece no pulmão em determinado tempo depende da solubilidade dos fertilizantes empregados, do diâmetro das tubulações de entrada e saída do pulmão, do peso específico dos produtos e da vazão derivada do pulmão. A quantidade de fertilizante (Q_f), que permanece no interior do pulmão depois de transcorrido o tempo (T), é dada pela equação:

$$Q_f = Q_0 * e^{-q.T/V}$$

Onde:

Q_0 = quantidade inicial de fertilizante, em kg.L⁻¹

q = fluxo que circula através do pulmão, em L.h⁻¹

V = volume do pulmão, em litros

T = tempo transcorrido de aplicação, em hora

e = base do logaritmo neperiano

Segundo Pinto e Brito (2010), passando pelo pulmão um volume de água correspondente a duas vezes o seu próprio volume, a quantidade de nutrientes incorporada à água de irrigação será de 95%. Quando houver circulado quatro vezes o volume do pulmão, a quantidade de nutrientes incorporada no sistema se aproxima de 98% do fertilizante inicial. Na prática, a concentração de fertilizante restante no pulmão ao final da irrigação deve ser inferior a 2%.

A equação abaixo é utilizada para se calcular o tempo necessário da fertirrigação:

$$T = V / q * \ln Q_f / Q_0$$

Onde:

T = tempo de aplicação, em hora.

V = volume do pulmão, em litro.

q = fluxo que circula através do pulmão, em L.h⁻¹.

ln = logaritmo neperiano.

Q_f = quantidade final de fertilizante, em kg.L⁻¹.

Q₀ = quantidade inicial de fertilizante em kg.L⁻¹.

A vazão, q (L.h⁻¹), que deve passar através do pulmão para aplicar o fertilizante pode ser calculada pela equação:

$$q = 4V / t_r * t_a$$

onde:

t_r * t_a = tempo útil de aplicação de fertilizante:

t_r = relação entre o tempo de aplicação do fertilizante e o tempo de aplicação da irrigação; que usualmente é de 0,8.

t_a = tempo de aplicação da irrigação, em hora.

O tempo mínimo de aplicação da irrigação quando se está fazendo fertirrigação pode ser determinado pela equação:

$$t_a = 5V / q$$

onde:

t_a = tempo de aplicação da irrigação, em hora

V = volume do pulmão, em litros

q = fluxo que circula através do pulmão, em L.h⁻¹

Como vantagens deste sistema de injeção de fertilizantes estão a simplicidade de construção e operação, além do seu baixo custo. Não há necessidade de um suprimento externo de energia e não é sensível à mudança na pressão ou na taxa de fluxo. Entre as desvantagens do sistema estão a concentração variável de nutrientes que causa um aumento do volume dos fertilizantes a ser aplicado no início do ciclo da irrigação e a necessidade de reabastecer o pulmão a cada novo evento de aplicação do processo de fertirrigação.

Com relação à distribuição da solução ao longo das linhas laterais, Feitosa Filho et al. (1999) constataram que, no início do tempo da fertirrigação, ocorre maior concentração da solução nos emissores situados no início das laterais. Porém, com o passar do tempo de aplicação da irrigação, a tendência é de inversão da concentração dos nutrientes nos finais das linhas de irrigação, compensando assim, na média, a aplicação da quantidade de fertilizantes ao longo de toda a linha.

A aplicação de fertilizantes, via água de irrigação, envolve três fases:

Fase 1: aplica-se somente água para o equilíbrio hidráulico do sistema de irrigação visando permitir maior uniformidade de distribuição dos fertilizantes. Esta aplicação geralmente dura 20% do tempo de irrigação previsto no plano de irrigação;

Fase 2: faz-se a fertirrigação propriamente dita. Geralmente dura 60% do tempo previsto, não podendo ser inferior a 10 minutos efetivos; e,

Fase 3: deve ser suficiente para lavar completamente o sistema de irrigação, visando minimizar os problemas de corrosão, entupimento de gotejadores e desenvolvimento de microorganismos no sistema e melhorando a incorporação do fertilizante na zona do sistema radicular. Geralmente, utiliza-se o restante dos 20% de tempo de irrigação.

Considerações Finais

Assim como toda e qualquer tecnologia, o sistema apresentado, por mais simples que seja a sua adoção em campo, exige também uma capacitação teórica e prática para que o usuário final da tecnologia possa tirar o máximo proveito em termos de ganhos de eficiência em seus processos produtivos.

É fundamental seguir as recomendações técnicas de período de aplicação, frequência, dose e fontes de fertilizantes, assegurando, dessa maneira, uma adequada disponibilidade de água e de nutrientes na zona radicular da planta.

Também torna-se imprescindível que, ao final da montagem do sistema de injeção de fertilizantes (neste caso do pulmão de fertirrigação), se realize alguns testes para determinar a sua eficiência, tanto do ponto de vista hidráulico como na distribuição dos fertilizantes ao longo das linhas de irrigação. É preciso observar principalmente as condições mais críticas do projeto de distribuição de água parcelar, considerando os aclives e declives da área da parcela irrigada e os pontos iniciais e finais de cada linha, bem como entre o primeiro e o último emissor da parcela irrigada. Projetos de irrigação e fertirrigação bem dimensionados permitem uma variação máxima de 10% de vazão e de 20% de concentração de nutrientes nos pontos mais críticos, respectivamente, para que se atinja ao máximo os benefícios deles advindos.

Referências

EMBRAPA no ano internacional da agricultura familiar: estímulo à produção autônoma e sustentável dos agricultores familiares. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/embrapa-no-ano-internacional-da-agricultura-familiar>>. Acesso em: 6 set. 2015.

FEITOSA FILHO, J. C.; PINTO, J. M.; ARRUDA, N. T. Dimensionamento, construção e características hidráulicas de um injetor tipo venture para uso na quimigação. **Irriga**, Botucatu, v. 4, n. 2, p. 68-82, 1999.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. e; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPq: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.

PINTO, J. M.; BRITO, R. A. L. **Equipamentos para aplicação de fertilizantes via irrigação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 27 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 231).

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 51 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim técnico IAC, 196).

VIEIRA, R. F. Introdução à quimigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 13-40.

