

MEDIDAS PREVENTIVAS E OPERACIONAIS PARA EVITAR OBSTRUÇÕES DE TUBULAÇÕES E EMISSORES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO OU MICROASPERSÃO EM ÁGUAS CONTENDO AGENTES DE NATUREZA FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA

Data de submissão: 09/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Jose Crispiniano Feitosa Filho

Prof. Dr. DSER/CCA/UFPB; Associado IV.
Advogado. Areia-Paraíba.

Guttemberg da Silva Silvino

Prof. Dr. Associado IV. . DSER/CCA/
UFPB; Areia-PB.

José Maria Pinto

Pesquisador Dr. da Embrapa Semi-Arido.
Petrolina-PE.

RESUMO: Na Irrigação e Fertirrigação por Gotejamento ou Microaspersão as obstruções das tubulações e emissores são frequentes e têm como causa principais os depósitos de material sólidos em suspensão da água de irrigação além da presença de elementos químicos como excesso de íon de ferro e de manganês e Material Orgânico. Este trabalho teve como objetivo fazer Revisão Bibliográfica em Teses, Dissertações, Livros Didáticos, Apostilas de Aula, Artigos Técnicos, Site de Internet e outras fontes de informações a fim de obter Conceitos, Detalhes, Características das Formas de Obstruções e Controle de cada um desses Agentes causadores de Obstruções em Tubulações

e Emissores dos Sistemas de Irrigação. Além disso apresentar Exemplos de Cálculos e de Dosagem dos Produtos e práticas recomendadas para o Controle de Agentes de Natureza Físicas, Químicas e/ou Biológicas causadores dessas obstruções; bem como fornecer Informações Técnicas das Medidas Preventivas, dos Níveis de Riscos Baixos, dos Riscos Médios e dos Riscos Altos e passíveis de Perigo na água de irrigação. Além disso fornecer recomendações Operacionais dos Sistemas de Irrigação/Fertirrigação visando Melhor Operacionalidade e Eficiências dos Sistemas de Irrigação por Gotejamento ou por Microaspersão. Como Conclusão recomendam-se proceder antes da Aquisição e da Instalações dos Sistemas de Irrigação no campo ter Atenção Especial para a necessidade de se fazer Análise da Qualidade da Água a ser utilizada na Irrigação; bem como de conhecer e adotar os Procedimentos de Coleta da Água para Análises e Interpretação dos Níveis adequados e de riscos dos Principais Agentes passíveis de influenciar nas obstruções das tubulações e dos emissores dos Sistemas de Irrigação visando Prevenir os danos e dos abandonos prematuros de Projetos de Irrigação ou de Fertirrigação.

PALAVRAS CHAVE. Filtração, Excesso de Íons de Ferro e de Manganês, Fertirrigação, Obstruções de Tubulações e Emissores.

PREVENTIVE AND OPERATIONAL MEASURES TO AVOID CLOGGING PIPES AND EMITTERS OF IRRIGATION AND FERTIRRIGATION SYSTEMS BY DRIP OR MICROSPRAYING IN WATER CONTAINING PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL AGENTS

ABSTRACT. In Drip Irrigation and Fertigation or Microsprinkler, obstructions in pipes and emitters are frequent and are mainly caused by deposits of solid material suspended in the irrigation water, in addition to the presence of chemical elements such as excess iron and manganese ions and organic material. This work aimed to perform a bibliographic review of theses, dissertations, textbooks, class notes, technical articles, websites and other sources of information in order to obtain concepts, details, characteristics of the forms of obstructions and control of each of these agents that cause obstructions in pipes and emitters of irrigation systems. In addition, it presents examples of calculations and dosage of products and recommended practices for the control of physical, chemical and/or biological agents that cause these obstructions; as well as providing Technical Information on Preventive Measures, Low Risk Levels, Medium Risks and High Risks and Risks that may cause Hazards in irrigation water. In addition, providing Operational Recommendations for Irrigation/Fertigation Systems aiming at Better Operability and Efficiency of Drip or Micro-sprinkler Irrigation Systems. As a Conclusion, it is recommended that before the Acquisition and Installation of Irrigation Systems in the field, Special Attention be paid to the need to Analyze the Quality of the Water to be used in Irrigation; as well as knowing and adopting the Water Collection Procedures for Analysis and Interpretation of the appropriate Levels and risks of the Main Agents that may influence obstructions in the pipes and emitters of Irrigation Systems in order to Prevent damage and premature abandonment of Irrigation or Fertigation Projects.

KEYWORDS: Filtration, Excess Iron and Manganese Ions, Fertigation, Pipe and Emitter Obstructions.

1 | INTRODUÇÃO

Na Irrigação e Fertirrigação por Gotejamento ou Microaspersão as obstruções das tubulações e emissores são frequentes e têm como causa principais os depósitos de material sólidos em suspensão da água de irrigação além da presença de elementos químicos como excesso de íon de ferro e de manganês e Material Orgânico.

As Obstruções de Tubulações e Emissores constituem os maiores problemas, principalmente nesses 2 (dois) Sistemas de Irrigação que são os principais constituintes do Método de Irrigação Localizado por serem essas obstruções responsáveis pelo abandono prematuro de muitos Projetos de Irrigação.

Os Agentes causadores dessas obstruções são divididos como sendo eles de natureza física; de natureza química e de natureza biológica.

Dentre os Agentes de Natureza Físicas estão as deposições acumulativas de

partículas inorgânicas como: areia, silte, argila, plásticos e partículas orgânicas como fragmentos de plantas, de animais, peixes, etc.

Esses Materiais em suspensão na água são transportadas pelas tubulações e ao alcançarem os emissores com saídas de água de pequeno diâmetros nelas esse material são retidos e passam a obstruir essas saídas. Para resolver parte desse problema recomenda-se que se façam a Operação de Filtragem da água antes dela adentrar nas tubulações e nos emissores dos sistemas de irrigação.

Já os agentes de natureza química são de controle mais difíceis por serem decorrentes da deposição de produtos distintos transportados dissolvidos na água de irrigação ou já nela incorporada quando feita a Quimigação ou Fertirrigação. Nesse caso os precipitados mais comuns são o Carbonato de Cálcio, o Carbonato de Magnésio e o óxido de Ferro.

Os agentes de natureza biológica consistem de ação de microrganismos ou parte deles como: algas, fungos, ou bactérias presentes nas águas de Irrigação ou que também são desenvolvidos no interior das tubulações dos sistemas de irrigação.

1.1 Medidas de Controle de Cada um Desses Agentes.

Para facilitar o Controle dos problemas de obstruções das tubulações e dos emissores dos Sistemas de irrigação existem Tabelas contendo referências que ajudam a qualificar e interpretar os riscos possíveis de ocorrerem decorrentes da ação de Agentes de Natureza Físicas, de Natureza Química e de Natureza Biológicas presentes na água de irrigação, com dados apresentados na Tabela 01. Pelos dados apresentados nessa tabela torna-se fácil após o recebimento das Análises feitas na água de Irrigação o técnico operador dos Sistemas de irrigação ter conhecimento dos riscos e de Medidas preventivas a serem adotadas para minimizar os riscos das possíveis obstruções.

Fatores	Níveis de Obstruções		
	Baixo	Médio	Alto
a) Físicos	-	-	-
Sólidos em Suspensão (ppm)	50	5-100	100
b) Químicos	-	-	-
pH	7,0	7,0- 8,0	8,0
Sólidos dissolvidos (ppm)	500	500- 2000	2000
Manganês (ppm)	0,1	0,1- 1,5	1,5
Ferro (ppm)	0,1	0,1- 1,5	1,5
c) Biológicos	-	-	-
Bactérias (Nº/ml)	10.000	10.00- 50000	50.000

Tabela 01. Critérios de Classificação dos Agentes Causadores de Obstruções Presentes na Água de Irrigação.

Fonte: GILBERT & FORD (1986).

1.1.1 Medidas de Prevenção dos Agentes de Natureza Físicas.

As obstruções devidas a presença de partículas de areia e de material orgânicos são controladas normalmente utilizando a filtração primária (filtro de areia) e a filtração secundário (filtros de disco e filtros de tela ou de malha) da água de irrigação. A filtração primária se faz quando a água logo que saís da fonte de captação ou e antes dela ser entrada no Cabeçal de Controle.

Segundo Testezlaf (2008), "o entupimento de emissores na irrigação localizada por contaminantes físicos, químicos e biológicos afeta o desempenho hidráulico, amplia os problemas de manutenção e, conseqüentemente, o custo operacional do sistema, reduzindo a uniformidade de distribuição da água. Acrescenta que a obstrução dos emissores afeta negativamente a operação do Sistema de irrigação, reduzindo as chances de sucesso da irrigação e tornando a qualidade da água a principal preocupação no manejo de culturas irrigadas por sistemas localizados" (Grifo nosso).

Os Filtros de Tela e os Filtros de Disco devem ser instalados logo após o local que foi fixado o injetor de produtos químicos na Quimigação/Fertirrigação. No funcionamento dos filtros, diferentes parâmetros hidráulicos estão envolvidos e precisam ser conhecido e quantificados pelos técnicos planejadores e operantes dos Sistemas de Irrigação o Sistemas de Fertirrigação.

Dentre eles: a) a quantidade de fluxo (q) , que consiste na vazão por unidade de área do meio filtrante, expressa em $m^3.s^{-1}.m^2$. b) A Condutividade Hidráulica de meio filtrante (k) expressa em $m.s^{-1}$. (YAGUE, 1996).

Também FEITOSA FILHO et al. (2000) construíram um Filtro utilizando Material de Baixo Custo (PVC) e avaliaram Características Hidráulicas do Filtro submetido a diferentes Condições de Vazões e de Pressão de Serviço. Dentre os resultados verificaram que a Eficiência do Filtro e da Filtração procedeu-se em oposição as causas das obstruções. Assim verificaram que a Eficiência do Filtro foi dependente de 4 (quatro) fatores: a) da Quantidade das Impurezas presentes em Suspensão na Água a ser filtrada; b) do Tipo de Material Filtrante, c) do Sentido do Fluxo da Água no Filtro; e d) do Tempo de funcionamento do Sistema de Filtração com um todo. Como resultado verificaram que Fluxo da Água no Filtro no Sentido descendente deve ser adotado na Operação de Filtragem e em operação Normal. Já o Sentido Ascendente deve ser adotado quando se desejar fazer a retro lavagem do filtro visando a limpeza do Material Filtrante impregnado com as impurezas da filtração. No trabalho eles verificaram também que o Sentido do Fluxo da Água no Meio Filtrante influenciou mais no aumento das Perdas de Cargas no Filtro do que a Vazão Motriz e na taxa de Fluxo por Superfície Filtrante. Quando as Perdas de Cargas foram avaliadas em função das Taxas de Fluxo por Superfície Filtrante elas apresentaram melhores ajustes, seguindo o modelo de Funções matemáticas Polinomiais Quadráticas. As Perdas de Carga em função do Tempo de Funcionamento do Filtro e da Taxa de Fluxo da água no Meio

Filtrante mostraram-se como referenciais adequados para se definir a Eficiência dos Filtros de Areia.

1.1.2 Medidas de Prevenção de Agentes de Natureza Química.

A formação de precipitados na água de irrigação depende dos íons presentes na água, do pH da água e dos produtos nela utilizados como adubos para Fertirrigação ou Produtos com outras finalidades. Os precipitados podem contribuir para obstruções das tubulações e emissores do Sistema de Irrigação principalmente, nas águas com nível de pH acima de 7,0.

Os tratamentos químicos são remendados para reduzir o potencial de precipitação de sais insolúveis que causam as obstruções nas partes internas das tubulações e nos emissores do sistema de irrigação. Os precipitados originam-se de reações entre o cálcio ou carbonatos (CUENCA, 1989).

1.1.3 Medidas de Controle do Excesso de Íons de Ferro e Excesso de Íons de Manganês em Água de Irrigação com Uso da Aeração Artificial.

Segundo Bar (1995) problemas decorrentes da deposição de íons de ferro nos Sistemas de Irrigação por Gotejamento tem sido reportado não só nos EUA, mas também em outras parte do Mundo como Austrália, Zâmbia, Taiwan e Israel. Esses depósitos criam severos problemas de obstruções já que são constituídos de filamentos amorfos gelatinosos do tipo limo que precipitados em água causando obstruções dos sistema . Segundo ele os problemas tornam-se mais comuns em aquíferos oriundos de solos arenosos e ricos de matéria orgânica, e com pH abaixo de 7,0 com ausência de oxigênio nessa águas dissolvidos. Acrescenta que essas águas contem íons ferroso (Fe^{+2}) que é quimicamente reduzido que são 100 % solúveis em água e formam material primários para formação dos limos. Acrescenta que Concentração de íons ferrosos (Fe^{+2}) abaixo de 0,15- 0,22 mg.l^{-1} são considerados de baixo potencial de riscos para obstruções dos Sistemas por Gotejamento (H.W. Ford 1982). Entre 0,2-1,5 mg.l^{-1} de perigo moderado de riscos para obstruções dos emissores. Já Concentrações acima de 1,5 mg.l^{-1} são descritas como de níveis severos; segundo Buck & Nakayama, 1980). A mudança da forma de íons ferroso (Fe^{+2}) para a forma de íons férrico (Fe^{+3}), que é insolúvel se dar naturalmente pelo Processo de Oxidação. Acrescenta que praticamente qualquer água de irrigação contendo concentração acima de 0,5 mg.l^{-1} desse íons não deve ser usada nos sistemas por gotejamento sem que antes tenham feitos o controle desses problema. Cita que experimentos realizados na Florida indicaram que a Cloração sucessivamente controlou os limos decorrentes do ferro quando a concentração deles esteve menor que 3,5 mg.l^{-1} e pH abaixo de 6,5.

Testzlaif et al. (2001) realizaram levantamento da qualidade de águas em diversas propriedades e em quatro tipos de fontes. Constataram que as Concentrações de Ferro e

de Manganês variaram de 0,01 mg.l⁻¹ a 6,2 mg.l⁻¹ para o Ferro Total e para o Manganês Total variaram de 0,01 m.l⁻¹ a 0,30 mg.l⁻¹.

Segundo MRWA (2008), o tratamento mais comum de água consiste na remoção dos íons de ferro e de manganês, principalmente sendo águas de origem subterrânea. Acrescenta que íons de ferro e de manganês reagem com o oxigênio dissolvido na água formando compostos insolúveis, desse modo, dificilmente encontrados ferro e manganês em águas superficiais, ou quando esta contiver alta quantidade de oxigênio dissolvido. É informado também que o limite tolerado na água para o Consumo Humano seja de 0,3 mg.l⁻¹ para o Ferro e de 0,05 mg.l⁻¹ para o Manganês, respectivamente.

A Finalidade da Aeração é converter íons de ferro e de manganês das forma ferrosa (Fe⁺²) e da forma manganosa (Mn⁺²) respectivamente que são solúveis em água para a forma de íon férrico (Fe⁺³) e íon mangânico (Mn⁺³), que são formas insolúveis. Assim para 0,14 mg.l⁻¹ de oxigênio dissolvido na água pode-se oxidar 1,0 mg.l⁻¹ de ferro. Para 0,27 mg.l⁻¹ de oxigênio dissolvido na água pode-se oxidar 1,0 mg.l⁻¹ de manganês, indicativo desse último ser mais difícil de oxidar em relação ao íon de ferro, (MRWA, 2008).

Boon (1978) cita que nem sempre os métodos naturais de aeração são capazes de manter níveis adequados de oxigenação na água. Quando isso não é possível, há a recomendação da necessidade de se ter estruturas e/ou de instrumentos aeradores para facilitar o contato do ar com a água e facilitar o Processo de Aeração Artificial.

Nesse contexto Cavalcante e Urtiga (1992) citam vários Processos recomendáveis para se fazer a Aeração Artificial da Água como: Aeração simples seguida da retirada do material precipitado e, Aeração seguida de leito de contato. Eles recomendam que após a Aeração torna-se importante repouso em torno de 60 minutos para que seja completado o Processo de Precipitação e decantação. Citam como único inconveniente do Processo de Aeração e de Filtração, a baixa eficiência na remoção dos íons de manganês, operação essa, altamente dependente do pH da água.

Imhoff & Imhoff (1986) citam que embora a Aeração traga benefícios no tratamento da água, sua eficácia ainda é limitada em razão de vários parâmetros: O oxigênio proveniente do ar só é dissolvido até seu limite máximo de saturação na água, que fica no máximo, em torno de 10 mg.l⁻¹. Para melhorar a eficiência da aeração no tratamento da água de esgoto recomenda-se que se façam o reforço com outras práticas de tratamento de água. Acrescenta que a eficácia da aeração é dependente de muitas condições ambientais como: da Temperatura, da Pressão; do Tempo de Aeração, do local e da forma de deposição do oxigênio na água.

Schankschouk (1996) recomenda a Aeração seguida da Decantação, preferível ao tratamento químico ao tratamento de água, pois além de servir na oxidação do ferro e do manganês proporciona outras vantagens como a volatilização do gás sulfídrico (H₂S), prevenindo a formação de complexos de enxofre, de ferro e de manganês.

Ribeiro & Bresola Junior (2013) avaliaram o Uso do Permanganato de

Potássio(KMnO_4) e Carvão Ativado em Pó (CAP) na Remoção do Manganês em Água. Pelos resultados concluíram que a) para tempo de contato empregando as dosagens de CAP igual a $7,0 \text{ mg.l}^{-1}$ e de KMnO_4 iguais a $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ e $1,2 \text{ mg.l}^{-1}$ foram insuficientes para remover por completo o composto orgânico utilizado no preparo as solução; b) a dosagem de CAP igual a $7,0 \text{ mg.l}^{-1}$ e de KMnO_4 igual a $1,4 \text{ mg.l}^{-1}$, além de remover integralmente o material orgânico não deixou residual de Manganês acima do limite aceito pela Organização Mundial de Saúde; c) as dosagens de KMnO_4 superiores a $1,6 \text{ mg.l}^{-1}$ mostraram-se inapropriadas por deixarem um residual de Manganês acima do aceitável pela OMS; d) o incremento na dosagem de CAP para $10,0 \text{ mg.l}^{-1}$ e a redução na do oxidante para $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ não só removeram totalmente o Ácido Húmico bem como o residual de Manganês ficou abaixo de limites mais restritivos do que os limites recomendados pela OMS.

Autores como Pizarro (1987) e Zinati (2005) buscando resolver parte das obstruções de tubulações e de emissores com compostos de ferro recomendam que se faça Aeração Artificial da Água a ser utilizada na Irrigação, antes que ela entre nas Tubulações. Isso visando propositamente levar a Oxidação dos íons de Fe^{++} e Mn^{++} , em local determinado e em condições controladas. Deste modo os Precipitados de Fe^{+++} e Mn^{+++} produzidos pela Oxidação pela Aeração Artificial podem ser decantados e/ou retidos com Uso de Filtros e em seguida eliminados para fora antes da água ser adentrada nos Sistemas de Irrigação.

Diante dessas recomendações Trabalho conduzido por FEITOSA FILHO (2008) avaliando os Efeitos da Prática da Aeração feita isoladamente e também feita combinada com a Cloração, com Uso de Permanganato de Potássio e Controle do pH seguidos da Filtração no Tratamento do Excesso de Íons de Ferro e de Manganês em Águas de Irrigação mostrou que a Aeração Artificial da Água feita isoladamente foi comprovada como Prática eficaz no Controle do excessos de Íons de Ferro e de Manganês tanto feita Isoladamente quanto feita conjuntamente junto a Cloração ou ao Uso Permanganato de Potássio, visando a Correção de Excesso de Íons de Ferro e de Manganês em Águas para fins de Irrigação.

1.1.4 Uso de Ácidos Recomendados no Controle de Precipitados Químicos.

Segundo GRANBERRY (1998), os ácidos mais recomendados para tratamento de precipitados químicos são o ácido fosfórico, o ácido sulfúrico e o ácido nítrico; cuja quantidade aplicada na água de irrigação depende de:

- a) Poder Acidificante de cada produto;
- b) da Capacidade do Reservatório de Armazenamento da água; e
- c) do pH da água de irrigação para poder dissolver os precipitados minerais nas linhas e nos emissores.

A escolha do Ácido para ser aplicado na água de irrigação depende dos materiais nela presentes, da quantidade de água a ser tratada e da severidade das obstruções. A

concentração dos ácidos na água pode variar de 1 a 3 mg/10L de H₂O, devendo ser feita num tempo variando de 45 a 60 minutos a fim de se ter uma redução nos níveis de pH de 4,0 para 5,0.

Segundo NAKAYAMA (1986) uma das alternativas viável para prevenir que isso ocorra é controlar o pH da solução.

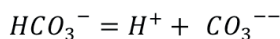
O conceito do Índice de Saturação de Langelier é baseado na relação entre o pH, pH_c (pH calculado) para o pH, pH (pH medido) da água.

O pH_c obtido na Concentração Total dos íons Ca⁺⁺, CO₃⁻ e HCO₃⁻ da água.

A transcrição simplificada para obter esse Índice que envolve a Solubilidade de CaCO₃, K_s e a constante de dissociação K_d do HCO₃⁻ é:



$$K_s = (Ca^{++}) (CO_3^{--})$$



$$K_d = \frac{(H^+) (CO_3^{--})}{(HCO_3^-)}$$

A seguir, dividindo-se o Termo K_s, da eq.(2) por K_d fornece a eq. (3):

$$\frac{K_s}{K_d} = \frac{(Ca^{++}) (HCO_3^-)}{(H^+)} \quad (3)$$

Aplicando Logaritmo nos termos da equação (03), tem-se:

$$\log K_s - \log K_d = \log(Ca^{++}) + \log(HCO_3^-) - \log(H^+) \quad (4)$$

O Logaritmo Negativo do íon H⁺ representa o pH com diferentes valores.

A diferença entre o pH medido (pH_m) da Solução Padrão e o pH calculado (pH_c) representa ao valor do Índice de Saturação de Langelier (ISL), definido pela eq.(5), dada por:

$$ISL = pH_m - pH_c \quad (5)$$

O valor desse índice serve para indicar a tendência de haver ou não precipitação do cálcio e do carbonato presentes na água segundo pelas seguintes condições:

- a) Se pH_m – pH_c = 0 , indica que os constituintes estão em equilíbrio;
- b) Se pH_m – pH_c < 0, indica não ocorrer precipitação;
- b) Se pH_m – pH_c > 0; indica que a precipitação do CaCO₃ provavelmente ocorrerá.

A Eq. (6), redefinida em termo de logaritmo negativo e com “p” representando a transformação, sendo dada por:

$$pH_c = (pK_d - pK_s) + p(Ca^{++}) + p(CO_3^{--} + HCO_3^-) + p(ACF) \quad (6)$$

Tanto o valor K_d quanto o valor de K_s depende da temperatura da água. Uma fórmula que possibilita calcular esse termo é dada por:

$$pK_d - pK_s = 2,586 - 2,621 \times 10^{-2}t + 1,01 \times 10^{-4}t^2 \quad (7)$$

em que t ; corresponde a temperatura, em °C.

O Fator $p(ACF)$ depende da temperatura. Na faixa de 0 a 50 °C a diferença é de apenas de 2%, sendo desprezível na prática. Este fator é dependente da concentração da solução e pode ser calculado pela expressão seguinte:

$$p(ACF) = 7,790 \times 10^{-2} + 2,160 \times 10^{-2}TDS - 5,477 \times 10^{-4}TDS^2 + 5,323 \times 10^{-6}TDS^3 \quad (8)$$

Sendo TDS, os íons dissolvidos totais em mol. l⁻¹.

2 | OBJETIVO DO TRABALHO

Este trabalho teve como objetivo fazer Revisão Bibliográfica em Teses, Disertações, Livros Didáticos, A'postilas de Aula, Artigos Técnicos, Site de Internet e outras fontes de informações a fim de obter Conceitos, Detalhes, Características das Formas de Obstruções e Controle de cada um desses Agentes causadores de Obstruções em Tubulações e Emissores dos Sistemas de Irrigação. Além disso apresentar Exemplos de Cálculos e de Dosagem dos Produtos e práticas recomendadas para o Controle de Agentes de Naureza Físicas, Químicas e/ou Biológicas causadores dessas obstruções; bem como fornecer Informações Técnicas das Medidas Preventivas, dos Níveis de Riscos Baixos, dos Riscos Médios e dos Riscos Altos e passíveis de Perigo na água de irrigação. Além disso fornecer recomendações Operacionais dos Sistemas de Irrigação/Fertirrigação visando Melhor Operacionalidade e Eficiências dos Sistemas de Irrigação por Gotejamento ou por Microaspersão.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

Como Metodologia da Pesquisa foi feita uma Revisão Bibliográfica utilizando livros, periódicos, artigos científicos, site da internet e outras fontes de informações que permitissem apresentar exemplos ilustrativos de Cálculos de Densidades de Plantio. Em seguida, seguindo critérios adotados pelo MINISTÉRIO PUBLICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO (2021) e por Cretella Junior & Cretella Neto (2006) definiram 10 (Dez) Perguntas com suas respectivas Respostas envolvendo Critérios de Cálculos utilizados para obter Densidades de Plantio de Culturas implantadas em formatos distintos de distribuição na área; bem como Apresentar exemplos desses Cálculos passíveis de serem

utilizados ou ajustados para condições similares de explorações.

4 | RESULTADOS

Exemplo 1. Partindo de uma análise de água de irrigação que forneceu os seguintes dados: $\text{Ca}^{++} = 1,94 \text{ meq/L}$, $\text{CO}_3^{--} = 0,28 \text{ meq/L}$, $\text{HCO}_3 = 6,52 \text{ meq/L}$, $\text{TDS} = 10,22 \text{ meq/L}$, $\text{pH} = 7,85$ na temperatura de 26°C . Com esses dados determinar pelo Índice de Saturação de Langelier (ISL) se essa água apresenta ou não riscos de precipitação do CaCO_3 . Como Proceder os Cálculos para a Correção dos Riscos de Obstruções devidas ao uso desses agentes?

RESPOSTA 01.

a) Procedimentos de Cálculos

a) Inicialmente substituindo o Valor da Temperatura de 26°C na equação abaixo tem-se:

$$pKd - pKs = 2,586 - 2,621 \times 10^{-2}(26) + 1,01 \times 10^{-4}(26)^2 = 1,836$$

b) Substituindo o valor do TDS de $10,22 \text{ meq.l}^{-1}$ na equação seguinte tem-se:

$$p(ACF) = 7,790 \times 10^{-2} + 2,160 \times 10^{-2}(10,22) - 5,477 \times 10^{-4}(10,22)^2 + 5,323 \times 10^{-6}(10,22)^3 = 0,236$$

c) A Equação de Conversão para transformar meq/L para mol/L de $\text{p}(\text{Ca})$:

Os procedimentos para se determinar a Concentração Molar do Ca^{++} e HCO_3^- , citado por Cuenca (1989) são os seguintes:

1) Para o Ca^{++} :

- Cálculo do Peso Molecular do Ca^{++} é $40,03 \text{ g}$ e seu peso equivalente é de $20,15 \text{ g}$.

Para se calcular a Concentração em mg/L , de $1,94 \text{ meq/L}$ faz-se:

$$\text{Ca}^{++} = 1,94 \text{ meq/L} \times 20,15 \text{ g/eq} = 38,829 \text{ mg/L}$$

- Concentração em mol/L e o fator “p” se tem:

$$\text{Ca}^{++} = \frac{38,829 \text{ mg/L}}{40,03 \text{ g/mol}} = \frac{0,038829 \text{ g/L}}{40,03 \text{ g/mol}} = 0,00097 \text{ mol/L}$$

Aplicando o Logaritmo Negativo de Ca^{++} obtém-se:

$$p(\text{Ca}^{++}) = 3,013$$

Para o CO_3^{--}

- Peso molecular do CO_3^{--} é 60,018 g e seu peso equivalente de 30,009 g. Para calcular a concentração em mg/L correspondente a 0,28 meq/L se tem:

$$\text{CO}_3^{--} = 0,28 \text{ meq/L} \times 30,009 \text{ g/eq} = 8,402 \text{ mg/L}$$

- Para se calcular a concentração em mol/L tem-se:

$$\text{CO}_3^{--} = \frac{8,402 \text{ mg/L}}{60,018 \text{ g/mol}} = \frac{0,008402 \text{ mg/L}}{60,018 \text{ g/mol}} = 0,00014 \text{ mol/L}$$

3) Para o HCO_3^- :

- O Peso Molecular do HCO_3^- é 61,018 g. Seu peso equivalente é 61,018 g também. Para se calcular a concentração em mg/L correspondente a 6,52 meq/L se tem:

$$\text{HCO}_3^- = 6,52 \text{ meq/L} \times 61,018 \text{ g/eq} = 397,84 \text{ mg/L}$$

- Concentração em mol/L e o fator p se tem:

$$\text{HCO}_3^- = \frac{397,84 \text{ mg/L}}{61,018 \text{ g/mol}} = \frac{0,39784 \text{ mg/L}}{61,018 \text{ g/mol}} = 0,00652 \text{ mol/L}$$

- Para se calcular a concentração em mol/L do somatório ($\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-$) se tem:

$$(\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^{--}) = (0,00014 \text{ mol/L} + 0,00652 \text{ mol/L}) = 0,00792 \text{ mol/L}$$

- Calcular do Fator de p($\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-$), aplicando o logaritmo negativo se tem:

$$p(\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) = 2,101$$

- d) O pHc pela Eq. (12) com substituição dos valores conhecidos fornece:

$$pHc = (1,836) + 3,013 + 2,101 + 0,236 = 7,186$$

- e) Valor do Índice de Saturação de Langelier (ISL) pela Eq. (13) se tem:

$$ISL = 7,85 - 7,186 = + 0,66$$

Dando Valor Positivo para o Índice de Saturação de Langelier (ISL) de 0,66 indica possibilidade haver precipitação do carbonato de cálcio na água de irrigação.

EXEMPLO 2 . Como Proceder para se Determinar a Concentração de Carbonato e de Bicarbonato a serem Eliminados

RESPOSTA 02. A Quantificação da Concentração de Carbonato e do Bicarbonato a ser eliminada pode ser feita segundo HERNÁNDEZ et al. (1987) a partir das seguintes relações:

$$pAlcc = pAlc + ISL$$

$$Alcc = 10^{-pAlcc}$$

$$Alce = Alc - Alcc$$

$$Alc = CO_3^{--} + HCO_3^{--}, meq/L$$

EXEMPLO 03 Como Cálculo do Fator f do Ácido a ser Adicionado na água

$$f, (meq/L) = CaCO_3 \text{ a e liminar, em meq/L}$$

Exemplo 04. Com os dados do exemplo anterior, determinar a quantidade de ácidos a ser adicionada na água de irrigação para evitar precipitação do $CaCO_3$.

RESPOSTA 04.

$$\bullet pAlcc = pAlc + ISL = (2,101 + 0,66) = 2,761$$

$$\bullet Alcc = 10^{-pAlcc} = 10^{-2,761} = 1,73 meq/L$$

$$Alc = (CO_3^{--} + HCO_3^{--}) = (0,28 meq/L + 6,52 meq/L) = 6,80 meq/L$$

$$\bullet Alce = Alc - Alcc = (6,80 meq/L - 1,73 meq/L) = 5,07 meq/L$$

Portanto, o valor de (f) será de 5,07 meq/L

- Sendo utilizado o ácido clorídrico (HCl) com N = 12, tem-se:

$$HCl = \frac{5,07}{12} = 0,44 L/m^3$$

- Sendo utilizado o ácido sulfúrico (H_2SO_4) com N = 36, tem-se:

$$H_2SO_4 = \frac{5,07}{36} = 0,14 L/m^3$$

- Sendo utilizado o ácido nítrico (HNO_3) com N = 16 tem-se:

$$HNO_3 = \frac{5,07}{16} = 0,32 L/m^3$$

- Sendo utilizado o ácido fosfórico (H_3PO_4) com N = 45 tem-se:

$$H_3PO_4 = \frac{5,07}{45} = 0,11 L/m^3$$

EXEMPLO 05. Como Determinar a Quantidade de Ácido a ser Aplicada na Água

com Uso de Tabelas

RESPOSTA 05. Segundo HERNÁNDEZ et al. (1987) os procedimentos práticos que ajudam determinar a quantidade de ácido necessária para manter nível de pH adequado na água se procede da seguinte maneira.

- a) Obter uma curva de neutralização para determinar o valor do fator (f)meq do ácido e a quantidade do ácido/L para se ter um pH desejado na água. Em seguida, transforma-se a quantidade obtida em litro (L) para outra unidade de volume maior, (m³), considerando o seguinte aspecto. Se 1 L de água necessita de (f)meq de ácido, 1 m³ necessitará de (f) equivalentes do respectivo ácido.
- b) O Fator (f) pode ser determinado pelo Índice de Saturação de Langelier (ISL), eq. (13) cujo valor indica a tendência de haver ou não, a precipitação do CaCO₃ na água.
- c) Sendo conhecido o valor dos sólidos dissolvidos totais (TDS) calcula-se os meq de Na⁺ + Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺, a partir da equação seguinte:

$$meq/L(Na^{+} + Ca^{++} + Mg^{++}) = \frac{TDS(mg/L)}{64}$$

Na Tabela 02 estão dados utilizados nos Cálculos para se Obter o Volume de Ácido a ser adicionada na água.

Ca+Mg+Na(meq/l)	pKd-pKs	Ca ⁺⁺ (meq/L)	p(Ca ⁺⁺)	CO ₃ + HCO ₃	pAlc
0,5	2,11	0,05	4,60	0,05	4,30
0,7	2,12	0,10	4,30	0,10	4,00
0,9	2,13	0,15	4,12	0,15	3,82
1,2	2,14	0,20	4,00	0,20	3,70
1,6	2,15	0,25	3,90	0,25	3,60
1,9	2,16	0,32	3,80	0,31	3,51
2,4	2,17	0,39	3,70	0,40	3,40
2,8	2,18	0,50	3,60	0,50	3,30
3,3	2,19	0,63	3,50	0,63	3,20
3,9	2,20	0,79	3,40	0,79	3,10
4,5	2,21	1,00	3,30	0,99	3,00
5,1	2,22	1,25	3,20	1,25	2,90
5,8	2,23	1,58	3,10	1,57	2,80
6,6	2,24	1,98	3,00	1,98	2,70
7,4	2,25	2,49	2,90	2,49	2,60
8,3	2,26	3,14	2,80	3,13	2,50
9,2	2,27	3,90	2,70	4,00	2,40
11,0	2,28	4,97	2,60	5,00	2,30
13,0	2,30	6,30	2,50	6,30	2,20
15,0	2,32	7,90	2,40	7,90	2,10

Ca+Mg+Na(meq/l)	<i>pKd-pKs</i>	Ca ⁺⁺ (meq/L)	p(Ca ⁺⁺)	CO ₃ + HCO ₃	pAlc
18,0	2,34	10,00	2,30	9,90	2,00
22,0	2,36	12,50	2,20	12,50	1,90
25,0	2,38	15,80	2,10	15,70	1,80
29,0	2,40	19,80	2,00	19,80	1,70

Tabela. 02. Índice para obter o Volume de Ácido a ser adicionada na água.

Fonte: HERNÁNDEZ et al. (1987).

Obs. O Termo p(Kd - Ks) depende da temperatura e os valores da tabela acima são válidos para temperatura de 25 °C. Temperaturas na faixa de 15 a 40 °C deverão ser corrigidos da seguinte maneira: deve-se diminuir de 1% para cada °C e, valores acima de 25 °C deve-se aumentar de 1% para cada valor abaixo de 25 °C.

Exemplo 06. De acordo como os dados fornecidos por uma Análise de Água de irrigação que forneceu os seguintes dados: pH = 8,50; CE= 0,845 mmhos/cm; Ca⁺⁺ = 2,85 meq/L, CO₃⁻ = 0,12 meq/L; HCO₃ = 7,23 meq/L na temperatura de 23°C. Com uso da Tabela e utilizando o Índice de Saturação de Langelier (ISL) determinar se essa água apresenta ou não risco de precipitação do CaCO₃. Caso positivo, quantificar o volume de ácidos a ser adicionado na água de irrigação.

RESPOSTA 06.

Procedimentos de Cálculos:

- Sabendo que:

$$Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} = CEx10 = 8,45meq/L$$

- Cálculo do termo (pKd – pKs) a 25 °C

$$8,3 \rightarrow 2,26$$

$$8,45 \rightarrow x \cdot x = 2,301$$

- Cálculo do termo p(Kd – Ks) corrigido para 23 °C

$$p(Kd - Ks) = (2,301 + 2\%) = 2,347$$

- Cálculo do Termo p(Ca⁺⁺) para (Ca⁺⁺) = 2,85 meq/L

$$2,49 \rightarrow 2,90$$

$$2,85 \rightarrow y \cdot y = 3,319$$

- Cálculo do termo p(Alc) para (CO₃⁻ + HCO₃⁻) = 7,35 meq/L

$$6,30 \rightarrow z$$

$$7,35 \rightarrow 2,20 \therefore z = 1,885$$

- Cálculo do Termo pHc pela Equação seguinte.

$$pHc = (2,347) + 3,319 + 1,885 = 7,551$$

- Cálculo do ISL pela Equação seguinte

$$ISL = 8,50 - 7,551 = 0,949$$

- Cálculo da pAlc pela Equação seguinte.

$$pAlCcc = pAlc + ISL = 1,855 + 0,949 = 2,804$$

- Cálculo da pAlcc pela equação seguinte.

$$pAlcc = 10^{-pAlcc} = 10^{-2,804} = 1,57meq/L$$

- Cálculo da Alcalinidade a ser eliminada.
- $Alce = Alc - Alcc = (7,35meq/L - 1,57meq/L) = 5,78meq/L$

O valor de (f) será de 5,78 meq/L

- Sendo utilizado o Ácido Clorídrico (HCl) com N = 12 se tem:

$$HCl = \frac{5,78}{12} = 0,48L/m^3$$

- Se for utilizado o Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) com N = 36, se tem:

$$H_2SO_4 = \frac{5,78}{36} = 0,16L/m^3$$

- Sendo utilizado o Ácido Nítrico (HNO₃) com N = 16 se tem:

$$HNO_3 = \frac{5,78}{16} = 0,36L/m^3$$

- Sendo utilizado o Ácido Fosfórico (H₃PO₄) com N = 45 se tem:

$$H_3PO_4 = \frac{5,78}{45} = 0,13L/m^3$$

Quando o Grau de obstrução das tubulações for muito severo HERNÁNDEZ et al. (1987) recomendam fazer uma limpeza individualizada de cada emissor submergindo durante o tempo de 15 minutos numa Solução contendo Ácido com Concentração de 1 a 2%.

Exemplo 07. Qual o Procedimento para Uso de Cloro Via Água de Irrigação visando o Controle Preventivo de Obstruções de Tubulações e Emissores

RESPOSTA 07. A Cloração da Água de Irrigação tem por finalidade introduzir o Produto Cloro na forma de **hipoclorito de sódio** (NaOCl) ou **gás clorito** (Cl₂), visando o

controle de **proliferação de algas e de bactérias**, prevenindo assim das obstruções de emissores e das tubulações dos sistemas de irrigação.

O Controle das Algas e de Bactérias que se desenvolvem no interior das tubulações pode ser feita depois complementado com a filtração da água. Se a água utilizada na Irrigação for de má qualidade, cada vez que for feita a irrigação, deve-se também fazer uma Cloração (GRANBERRY, 1998).

Na Cloração recomenda-se manter uma concentração de Hipoclorito de Sódio na água de irrigação, em torno de 1 a 2 ppm durante 30 a 60 minutos.

Para quantificar a Concentração Inicial da solução deve tomar amostras da água em pontos além do local de injeção e verificar se a concentração do produto está sendo distribuída como foi planejada. Para se calcular a Taxa de Injeção (Ti) pode-se utilizar a seguinte expressão:

$$Ti = 0,03 \frac{Q}{\% \text{ Cloro no Produto}}$$

Em que, Q, Vazão passando na água a ser tratada

Exemplo 08. Quais os Procedimentos adotados durante a Coleta de Água Para Análise com Fins de Irrigação?

RESPOSTA 08. Segundo Procedimentos da EMBRAPA esses são os Procedimentos seguintes:

a) Procedimentos de Coleta: “Os procedimentos de amostragem a serem adotados vão depender das características do corpo d’água a ser amostrado (rios, represas, oceanos, poços e outros), e da profundidade das amostras a serem obtidas. A seguir serão apresentados alguns procedimentos para coleta de água doce, sejam superficiais ou subterrâneas”. (Grifo nosso).

b) Águas superficiais (rios, córregos, represas)

“Deve-se procurar selecionar pontos espacialmente representativos do corpo d’água a ser analisado, assim como das entradas de poluentes que se pretende detectar. Acrescentam que de acordo com ABNT (1987), recomenda-se evitar a coleta de amostras em áreas estagnadas ou em locais muito próximos às margens.

O procedimento de coleta é bem simples e a dificuldade vai variar com a acessibilidade do local de coleta. Pode ser feito manualmente ou com o auxílio de equipamento.

- **Coleta Manual:** Remove-se a tampa do frasco com todos os cuidados de assepsia. Deve-se evitar apoiar a tampa do frasco em qualquer superfície de modo a evitar a sua contaminação. Desta forma, o responsável pela coleta deve segurar a tampa enquanto procede a amostragem. Em seguida, o frasco é mergulhado na água, enchido e esvaziado por três vezes seguidas. Na quarta vez ele é mergulhado com a boca para baixo, a cerca de 15 a 30 centímetros abaixo da superfície da água para evitar a entrada de contaminantes superficiais, e sua boca direcionada no sentido contrário à corrente e ligeiramente voltado para

cima, de modo a permitir a saída das bolhas de ar durante a entrada da água no frasco (figura 6). Se a água for estática, deverá ser criada uma corrente superficial, através da movimentação do frasco na direção horizontal, sempre para frente. Deve-se encher o frasco até a borda, sem deixar espaço vazio (bolha de ar). Em seguida ele é fechado e identificado para ser encaminhado ao laboratório. Na amostragem de águas muito poluídas ou contaminadas deve-se evitar que a pessoa que está coletando a amostra entre em contato direto com a mesma”. (Grifo nosso).

5 | CONCLUSÕES

Como Conclusão recomendam-se proceder antes da aquisição e da instalações dos Sistemas de Irrigação no campo ter Atenção Especial para a necessidade de se fazer Análise da Qualidade da Água a ser utilizada na Irrigação; bem como conhecer procedimentos de Coleta da Água para Análise e Interpretação dos Níveis e Principais Agentes passíveis de influenciar nas obstruções futuras das tubulações e dos emissores dos Sistemas de Irrigação como forma Preventiva desses problemas de Obstruções.

REFERÊNCIAS

BAR, I. Iron Control Systems For Drip Irrigation In: p. 239- 243. Microirrigation for a Changing Wold: Coserving Resources/Preseving the Environment. Proceedings of tne Fifth International Microirrigation Congress. April 2-6, 1995. Orlando, Florida.

BOON, A. G. Oxygen transfer in the activated sludge process. In. NEW PROCESSES OF WASTER WATER TREATMENT AND RECOVERY. MATTOCK, G. (Ed). London: Ellis Howood, 1978. P.17-33.

EMBRAPA. Manual Técnico de Coleta, Acondicionamento, Preservação e Análises Laboratoriais de Amostras de Água para fins Agrícolas e Ambientais. Documentos 65. Rio de Janeiro, RJ 2004. 98 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88633/1/doc65-2004-manual-coleta-agua.pdf>

FEITOSA FILHO, J. C. Aeração, Cloração, Uso de Permanganato de Potássio e Controle de pH seguidos de Filtração no Tratamento do Excesso de íons de Ferro e de Manganês em Água de Irrigação. Piracicaba: ESALQ/USP. 2008. 124 p. (Trabalho de Pós-doutorado em Agronomia. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem).

FEITOSA FILHO, J. C. Otimização hidráulica e manejo de injetores Tipo Venturi Duplo para Fins de Quimigação. Piracicaba: ESALQ/USP. 1998. 164 p. (Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem).

FEITOSA FILHO, J. C. Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão com uso de injetores Tipo Venturi e Tanque de Derivação. 1990. 77 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Viçosa.

FEITOSA FILHO, J. C., LOPES, W. F., CAVALCANTE, L. F., SILVA, I. F. da., LOPES, W. F., LEITE JÚNIOR, G. P., PINTO, J. M. Desenvolvimento e avaliação de um filtro de areia confeccionado em material de baixo custo para uso em irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29. Fortaleza. 2000. **Anais...**Fortaleza: SBEA. 2000. Trabalho EAS 264.

FEITOSA FILHO, J. C., PINTO, J. M., ARRUDA, N.T. Dimensionamento, Construção e Características Hidráulica de um Injetor Tipo Venturi Para Uso na Quimigação. **Revista Irriga**. v. 4. n. 2. p 68-82, 1999

FEITOSA FILHO, J.C. Desempenho do Tanque de Derivação na Fertirrigação por Microaspersão. *Revista CERES*. Viçosa. UFV. v.38. n. 216. P 125-136. 1991.

FEITOSA FILHO, J. C., BOTREL, T. A., ARRUDA, N.T. de., PINTO, J.M. Protótipo, Característica Hidráulica e Custo de Um Filtro de Malha para Uso na Irrigação Localizada. In: BALBUENA, R.H., BENEZ, S.H., JORAJURIA, D. (Ed.) *Avances en el manejo del suelo y agua en ingeniería rural latinoamericana*. La Plata: Editorial de la U.N.L.P. 1998. p. 232-238. 422p.

FEITOSA FILHO, J. C.; BOTREL, T. A.; PINTO, J. M. Influência das Formas de Instalação no Desempenho de Injetores Tipo Venturi Utilizados na Quimigação. Murcia-Espanha, 1997. **Actas de Horticultura**. n.19. v.1. p. 443-449. 1997/Apresentado ao 1. Congreso Ibérico de Fertirrigacion, 3. Congreso Nacional de Fertirrigacion. Murcia-Espanha. 1997.

FORD, H. W., TUCKER, D. P.H. Blockage of drip irrigation filters and emitters by iron-sulferbacterial products. **Hortscience**. v.10. n. 1.1975. p. 62-64.

IMHOFF, K; IMMOFF, K. Manual de Tratamento de Águas Residuárias. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1986. 301 p.

NAKAYAMA, F. S. Water analysis and treatment techniques to control emitter

pluggng. In: IRRIGATION ASSOCIATION CONFERENCE, 21-24 Feb. 1982.

Proceedings... Portland, Oregon, 1982.

RAVINA, I., PAZ, E., SOFER, Z., MARCU, A. SHIBA, A., SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**. 1992. v. 13. p.129-139.

RIBEIRO, J.T.; BRESAOLA JÚNIOR, R. Uso do Permanganato de Potássio e Carvão Ativado em Pó na Remoção de Manganês. 2013. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/13040774/uso-do-permanganato-de-potassio-e-carvao-ativado-em-po-na->

TESTEZLAF, R; MATSURA, E. E.; ROSTON, D. M.; PAULA, Jr, D.R; PATERNIANI, J.E.S.; RIBEIRO, T.A.P. Análise do Potencial de Entupimento em Gotejadores Através da Avaliação de Água de Irrigação. *Revista IRRIGA*. Botucatu-SP. v.6; n.1. p.53-60. 2001.

TESTEZLAF, R; DEUS, F. P; MESQUITA, M. Filtro de Areia na Irrigação Localizada . Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_filtros.pdf

TESTEZLAF; R. Filtros de Areia Aplicados à Irrigação Localizada: Teoria e Prática. *Revista Engenharia de Água e Solo*. Eng. Agríc. 28 (3) . Set 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000300020>

THERADGILL, E. D. Chemigation via sprinkler irrigation: corrents status and future development. **Applied engineering in agriculture**. v.1. n.1. p.16-23. 1985.

NAKAYAMA, F.S.; BULKS, D.A. Trickle irrigation for crop production. Amsterdam: Elsevier. Cap. 3. p.142-163.

PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frecuencia. Madrid: Mundi-Prensa, 1987. 461p.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigacion**. Madrid: Mundi-Prensa. 1996. 233 p.

YAGÜE, J. L. F. **Técnicas de riego**, Madrid: Mundi-Prensa. 2. ed. 1996. 471p.

ZANINI, J. R. Hidráulica da Fertirrigação por Gotejamento Utilizando Tanque de Derivação de Fluxo e Bomba Injetora, Piracicaba: USP. 1987. 103 p. (Tese de Doutorado).

WASTER WATER TREATMENT AND RECOVERY. MATTOCK, G.(Ed). London: Ellis Horwood. 1978. p-17-33.