

**AERAÇÃO, CLORAÇÃO E USO DE PERMANGANATO DE POTASSIO NO
TRATAMENTO DO EXCESSO DE ÍONS DE FERRO E MANGANESE EM ÁGUA DE
IRRIGAÇÃO**

JOSE CRISPINIANO FEITOSA FILHO¹; TARLEI ARRIEL BOTREL², LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE³, JOSE MARIA PINTO⁴, ANTONIO PIRES DE CAMARGO⁵

¹Professor Associado III, Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, Fone (83) 3362-2300, feitosa@cca.ufpb.br.

² Professor Associado da Universidade de São Paulo/USP, Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

³ Professor Associado III, Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, Fone (83) 3362-2300, lofeca@cca.ufpb.br.

⁴ Pesquisador Dr. Embrapa Semi-Arido, Petrolina-PE.

⁵ Mestrando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

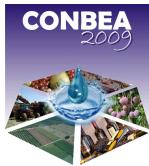
Escrito para apresentação no
XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
2 a 6 de agosto de 2009 - Juazeiro-BA/Petrolina-PE

RESUMO: Na irrigação localizada entupimentos de tubulações e emissores são freqüentes quando águas contendo excesso de íons solúveis de ferro(Fe^{++}) e de manganês(Mn^{++}) são utilizadas. Esses íons em contato com o oxigênio do ar ou presentes na água são oxidados passando para as formas insolúveis, Fe^{+++} e Mn^{+++} , que ao se precipitarem, obstruem parcialmente ou totalmente os emissores. Há varias formas de tratamento de água recomendadas para remover o excesso de íons de ferro e manganês, como: aeração, cloração, filtração, uso de permanganato de potássio e controle de pH. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da aeração feita isoladamente e conjuntamente com os tratamentos de cloração, uso de permanganato de potássio, com e sem o controle do pH da água. Amostras de água foram obtidas nos tempos de aeração de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos, sendo avaliadas as concentrações de Fe^{++} , ferro total, Mn^{++} e manganês total. A eficiência da aeração feita isolada foi menos eficiente quando comparada com os dados dela conjunta aos demais tratamentos. O uso de permanganato de potássio em água com pH neutro foi a forma mais eficiente no controle dos íons de ferro e de manganês. A redução das concentrações dos íons Fe^{++} e Mn^{++} mostrou-se mais dependente do pH da água do que das diferentes formas de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação localizada, tratamento de água, íons de ferro e manganês

**AERATION, CHLORINATION AND USE OF POTASSIUM PERMANGANATE FOR
TREATMENT OF IRON AND MANGANESE IONS IN IRRIGATION WATER**

ABSTRACT: Emitters clogging are common problems in microirrigation systems when used water which contain excess of iron and manganese soluble ions (Fe^{++} and Mn^{++}). These soluble ions oxidizes to insoluble forms (Fe^{+++} e Mn^{+++}) due to exposure to oxygen in the air or water and it may cause partial or total clogging of emitters. There are many kinds of water treatment recommended to remove iron and manganese ions excess, such as: aeration, chlorination, filtration, use of potassium permanganate and pH control. This work had the purpose to assess the efficiency of aeration done separately and jointly with chlorination, use of potassium permanganate, with or without pH water control. Water samples were acquired on interval of times 0, 30, 60, 90 and 120 minutes. From these samples it was assessed concentrations of Fe^{++} , total iron, Mn^{++} and total manganese. Just aeration had smaller efficiency if compared with the other treatments which aeration done jointly with other kinds of treatment. The use of potassium permanganate in water with neutral pH showed the best efficiency results for treatment of iron and manganese ions. The concentration reduction of Fe^{++} and Mn^{++} was more dependent to water pH than the different treatments.



KEYWORDS: microirrigation, water treatment, iron and manganese ions

INTRODUÇÃO: Na irrigação localizada, entupimento de emissores constitui uma das principais causas do abandono prematuro de muitos projetos de irrigação, principalmente, quando são utilizadas águas contendo excesso de íons de ferro e de manganês. Existem inúmeros tratamentos recomendados para o controle do excesso de íons de ferro e manganês, dentre eles: aeração, cloração, filtração, uso de permanganato de potássio e controle de pH. Muitos dos trabalhos que avaliaram os efeitos do ferro e manganês na água de irrigação quantificaram apenas as concentrações de ferro total e de manganês total, mantendo a resolução do problema ainda incompleta. Autores como Pizarro (1987) e Zinati (2005) recomendam aeração da água no controle do excesso de íons de ferro e manganês em água de irrigação. Ford & Tucker (1975) avaliaram os principais agentes causadores de obstruções num sistema por gotejamento e constataram que o depósito de ferro foi responsável por grande parte desses problemas e que as obstruções dos emissores ocorreram quando a concentração dos íons de Fe^{++} na água apresenta-se superior a $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$, sendo muito severa quando estes níveis forem superiores a $0,8 \text{ mg.l}^{-1}$. A cloração é citada por Nakayama & Bucks (1991) que a divide em cloração contínua e cloração intermitente. Paschoalato et al. (2008) avaliaram os efeitos do permanganato de potássio na dosagem de $3,5 \text{ mg.l}^{-1}$, como pré-oxidante e concluíram que esse produto pode ser recomendado como oxidante. O pH da água é um dos fatores mais importantes no tratamento de águas. Muitos fatores dele dependem, ora exigindo valor fixo e próximo da neutralidade, ora aumentado ou reduzindo de acordo com a acidez ou a alcalinidade da água. Pereira (2004) avaliou os efeitos da aeração artificial no controle do excesso de íons de ferro e de manganês presentes em água para fins de irrigação. Constatou que a aeração foi mais eficiente na oxidação de íons Fe^{++} em relação a íons Mn^{++} .

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP Piracicaba-SP. A água utilizada nos testes foi captada de um açude e recalcada para dois reservatórios de poliéster com capacidade de 5000 litros cada. Um injetor Venturi com dimensão das tubulações de entrada e de saída de $\frac{3}{4}$ ", trabalhando com a água como fluido motriz e o ar como fluido succionado foi utilizado para captar o ar atmosférico e permitir aeração artificial na água mantida em dois reservatórios. As amostras de água foram obtidas nos tempos operacionais de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos e conduzidas ao laboratório para obter às concentrações de Fe^{++} , ferro total, Mn^{++} e manganês total. Foram avaliadas a eficiência da aeração feita isoladamente e conjuntamente com os tratamentos de cloração, uso de permanganato de potássio, com e sem o controle do pH da água. As amostras de água foram coletadas em cada tratamento, nos tempos de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Na cloração foi utilizado o hipoclorito de sódio (NaOCl), colocando o volume de 2,0 litro dessa solução em cada reservatório de 5000 l de água (40mg.l^{-1}), duas horas antes de ser iniciada a aeração e a tomadas de dados. O pH da água foi mantido próximo a 7,0 com adição de ácido sulfúrico duas horas antes do início da coleta das amostras. Inicialmente uma solução matriz foi preparada adicionando 5 ml de ácido sulfúrico com 95 a 98 % de pureza em água contida em cada um dos dois beckers de vidros (1000ml). No tempo inicial zero o volume de 500 ml da solução matriz do primeiro vidro foi adicionado no reservatório de 5000l. Passados 30 minutos, o restante dos 500ml da solução foi adicionada à água do reservatório contendo a água a ser tratada. Após o tempo de 1,5 hora da primeira aplicação, novo volume de 1000 ml da solução foi adicionado à água do reservatório para manter o pH da água em torno de 6,5. Com uso de permanganato de potássio foi adotado a dose recomendada por Paschoalato et al. (2004), de $3,5 \text{ mg.l}^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 estão as concentrações de ferro solúvel, ferro total, manganês solúvel e de manganês total dos tratamentos conjuntos da aeração artificial (AR) x aeração artificial + cloração (CL)+ controle de pH(pH), nos tempos de operação de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Com relação à redução das concentrações de ferro solúvel vê-se que no tratamento AR+CL+controle de pH houve redução de 30% na concentrações, enquanto que com aeração artificial isolada ocorreu aumento nessas concentrações no tempo de operação, possivelmente, a precipitação desses íons nas amostras de água. Na Tabela 2 estão os dados da concentração de ferro solúvel, ferro

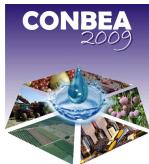
insolúvel, ferro total, manganês solúvel, manganês insolúvel e manganês total, do tratamento conjunto com Aeração Artificial e (Aeração + Uso de Permanganato de Potássio + Controle do pH) em condições de alcalinidade com uso de hidróxido de sódio, nos tempos de operação de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Pelos dados apresentados na Tabela 2 vê-se que a aeração isolada os valores das concentrações dos íons solúveis de ferro manteve constante, independente do tempo de operação enquanto com uso de permanganato de potássio e em condições de alcalinidade essas concentrações foram aumentando com o tempo de operação; possivelmente devido a oxidação desses íons nos tempos maiores, fazendo-os precipitar para camadas mais profundas do reservatório onde as amostras de água foram captadas. Pelos resultados verifica-se eficiência do uso de permanganato de potássio no processo de oxidação dos íons de ferro solúveis, e incrementos nos valores das concentrações de ferro total. Esse comportamento dos dados já não se verifica com relação às concentrações dos íons de manganês solúvel e concentração de manganês total, certamente em razão da presença desses íons terem sido insignificante na água durante os testes como consta nos resultados analíticos da água apresentados na Tabela 2. Quando as concentrações de íons de ferro solúvel e ferro total são comparadas do tratamento com aeração isolada em relação aos dados do tratamento com permanganato de potássio e em condições de alcalinidade constata-se que houve precipitação maior desses íons nessa última forma de tratamento em condições alcalinas; condicionado incremento das concentrações à mediada que houve aumento do tempo de aeração, afetando a oxidação dos íons de ferro pelo permanganato de potássio na água, provavelmente foi o que condicionou concentração maior dos íons de ferro solúvel e de ferro total nos tempos maiores. Com permanganato de potássio e em condições alcalina, a concentração dos íons de ferro variou de $1,7 \text{ mg.l}^{-1}$ para $2,2 \text{ mg.l}^{-1}$ enquanto que as de ferro total variaram de 2,0 para $2,9 \text{ mg.l}^{-1}$, com incremento de +35,2% e +45,0 %, respectivamente. As concentrações estão condizentes com citações da CARUS CORPORATON (2008) quando relata eficácia maior do permanganato de potássio na remoção do ferro comparada na remoção do manganês da água.

Tabela 1. Concentração de ferro solúvel, ferro total, manganês solúvel e de manganês total, dos tratamentos Aeração Artificial (AR) x (Aeração Artificial + Cloração (CL) + Controle de pH(pH)) nos tempos de operação de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos

Tempo (min)	Fe ⁺⁺		Fe total		Mn ⁺⁺		Mn total	
	AR	AR+CL+pH	AR	AR+CL+pH	AR	AR+CL+pH	AR	AR+CL+pH
0	1,0	1,0	1,5	1,5	0,04	0,04	0,05	0,05
30	1,4	0,7	1,6	1,1	0,05	0,04	0,05	0,05
60	1,4	0,7	1,7	1,2	0,05	0,05	0,06	0,08
90	1,1	1,1	2,2	1,6	0,05	0,05	0,06	0,08
120	1,1	0,7	2,0	1,3	0,05	0,05	0,05	0,05
Média	1,2	0,84	1,8	1,34	0,048	0,046	0,054	0,062
% Variação	+10,00	-30,00	+25,00	-13,33	+25,00	+25,00	-	-

Tabela 2. Concentração de ferro solúvel, ferro insolúvel e ferro total, manganês solúvel, manganês insolúvel e manganês total, do tratamento conjunto com Aeração Artificial e (Aeração + Uso de Permanganato de Potássio + Controle do pH) em condições de alcalinidade , nos tempos de operação de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos

Tempo (min)	Fe ⁺⁺		Fe Total		Mn ⁺⁺		Mn Total	
	AR	AR+PP+pH	AR	AR+PP+pH	AR	AR+PP+pH	AR	AR+PP+pH
0	1,7	1,7	2,0	2,0	0,00	0,00	0,00	0,00
30	1,7	2,5	1,7	2,5	0,00	0,74	0,00	0,98
60	1,7	2,2	1,7	2,9	0,00	0,71	0,00	1,09
90	1,7	2,3	1,7	3,0	0,00	0,72	0,00	1,03
120	1,7	2,3	1,9	2,9	0,00	0,73	0,00	1,04
Média	1,7	2,2	1,8	2,7	0,00	0,58	0,00	0,83
% Variação	0,0	+35,3	-0,05	+45,0	0,00	+73	0,00	+104,0



CONCLUSÕES: A aeração artificial foi comprovada como prática isolada e/ou conjunta à cloração e permanganato de potássio na correção de excesso de íons de ferro e de manganês em água. O permanganato de potássio em água com pH próximo a neutro foi a melhor forma de controle do ferro e do manganês. A redução íons tanto de Fe^{++} e Mn^{++} , dependeu mais do pH da água do que das diferentes formas de tratamento. A oxidação do ferro pelo permanganato de potássio mostrou-se mais eficiente em água nas condições de alcalinidade.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI).

REFERÊNCIAS

- CARUS CORPORATION. **Reducing Iron (Fe) e Manganese (Mn) in Water.** Carus Corporation 315 Fifth Street Peru, IL 61354, USA. Disponível em: <<http://www.caruschem.com/index.htm>>. Acesso em: 01 Ago 2008.
- FORD, H.W.; TUCKER, D.P.H. Blockage of drip irrigation filters and emitters by iron sulfer-bacterial products. **Hortscience**, St. Joseph , v.10.n1, p.62-64,1975.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**. St Joseph, v. 24, p. 77-80. 1991.
- PASCHOALATO, C.F.P.R.; WIECHETECK, G. K.; LATANZE, R.; TRIMAILOVAS, M.; BERNARDO, L.D. Pré-oxidação com cloro ou permanganato de potássio, coagulante e filtração de água contendo substâncias húmicas e comparação dos subprodutos formados com pós-cloração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005. **Anais...** Campo Grande, 2005.
- PEREIRA, P.A. **Aeração artificial no tratamento de ferro e de manganês dissolvidos em água de irrigação.** 2004. 49p. Dissertação (Mestrado na área de Irrigação e Drenagem) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia,2004.
- PITTS, D.J.; HAMAN, D.Z.; SMAJSTRLA, A.G. **Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems.** University of Florida. IFAS Extension. 1990.18p. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_AE032#FOOTNOTE_1>. Acesso em: 13 Mai 2007.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia.** Madrid: Mundi-Prensa, 1987. 461p.
- ZINATI, G. **Management of Iron in Irrigation Water.** NJ Agricultural Experiment Station. RUTGERS Cooperative Research e Extension. 2005. 4p. Disponível em: <www.rcre.rutgers.edu>. Acesso em: 12 May 2007.