

TUBOS GOTEJADORES CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE FERRO VIA ÁGUA COM CARGA ORGÂNICA E SÓLIDOS SUSPENSOS

Lilian Cristina Castro de Carvalho¹, Rubens Duarte Coelho², Marconi Batista Teixeira³,
Frederico Antonio Loureiro Soares⁴, Fernando Nobre Cunha⁵, Nelmício Furtado da Silva⁶

RESUMO

Realizou-se um experimento com sete modelos de tubos gotejadores novos convencionais, com suas respectivas linhas gotejadoras montadas em uma bancada de ensaios em estrutura metálica localizada no Laboratório de Irrigação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP. Objetivou-se avaliar a susceptibilidade de diferentes tubos gotejadores convencionais ao entupimento por ferro solúvel na água de irrigação (óxido de ferro) via duas qualidades de água (com e sem carga orgânica) e sólidos suspensos (solo), com os emissores dos tubos gotejadores posicionados para baixo. Os modelos A, B, C e E foram os que apresentaram melhor desempenho, mantendo suas vazões praticamente constantes mesmo quando submetidos à aplicação de ferro solúvel na água de irrigação (óxido de ferro, sulfato ferroso e hidróxido de ferro) via duas qualidades de água (com e sem carga orgânica) e sólidos suspensos (solo).

Palavras-chave: Qualidades de água, irrigação localizada, entupimento, ferro.

DRIPLINE SUBJECTED TO CONVENTIONAL APPLICATION ROUTE IRON OXIDE AND SOLID ORGANIC WATER WITH SUSPENDED LOAD

ABSTRACT

The experiment was conducted with seven different types of conventional drip irrigation tapes (named from A to G), with their respective drip lines mounted on a metal structure test

¹ Professora do Instituto Federal do Ceará, IFCE. Av. Dr. Guarani, 317, Derby Clube, 62042-030, Sobral, CE. email: liliancarv@ifce.edu.br.

² Eng. Agrônomo, Prof. Livre Docente, DER - Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, C.P.: 9, CEP: 13418-900, fone (0xx19) 3447-8551, email: rdcoelho@esalq.usp.br

³ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Instituto Federal Goiano – IFGoiano – Rio Verde, GO, email: marconibt@gmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Instituto Federal Goiano – IFGoiano – Rio Verde, GO, email: fredalsoares@gmail.com

⁵ Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, email: fernandonobrecunha@hotmail.com

⁶ Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, email: nelmiciofurtado@gmail.com

bench located in the Irrigation and Drainage Laboratory of the University of Sao Paulo (ESALQ / USP). The main objective was to evaluate the susceptibility of the conventional drip tapes to clogging by soluble iron in the irrigation water (iron oxide) via two water qualities (with and without organic load) and suspended solids (soil) with the emitters the dripline faced down. Tapes A, B, C and E showed the best performance, by keeping almost constant flow even when subjected to the application of soluble iron in irrigation water (iron oxide, iron sulfate and iron hydroxide) via two qualities of water (with and without organic load) and suspended solids (soil).

Keywords: Qualities of water, drip irrigation, emitter clogging, iron.

INTRODUÇÃO

A irrigação localizada representa um grande avanço na tecnologia de irrigação. No entanto, uma característica inerente aos métodos de irrigação localizada é a pequena área de passagem da água nos emissores. Em função dos pequenos diâmetros do orifício, a obstrução dos emissores parece ser o maior problema associado à operação de irrigação por gotejamento (BRAUER, 2010).

As obstruções químicas geralmente resultam da precipitação de sais de cálcio, magnésio, ferro ou manganês, formando incrustações que podem bloquear, parcial ou completamente a passagem da água. As obstruções biológicas são causadas por pequenos organismos aquáticos, como larvas, algas, fungos e bactérias que passam através dos filtros e se desenvolvem formando colônias no interior das tubulações, cujo crescimento é favorecido por condições de repouso, iluminação, temperatura e nutrientes, como nitrogênio e fósforo.

O ferro nas águas é proveniente da intemperização do material geológico de origem, como solos e rochas, bem como do transporte hídrico de materiais sólidos no entorno da bacia, proveniente das ações antrópicas. O ferro encontra-se em sua forma, reduzido (Fe^{+2}), mais solúvel, que ao passar pelo sistema de filtragem oxida-se, precipitando e adquirindo a forma Fe^{+3} (MANTOVANI, 2006). O ferro precipitado pode ser arrastado pela água, saindo pelo emissor, ou pode ser retido por filamentos

de bactérias, que obstruem a passagem da água. As bactérias (ferrobactérias) podem aderir ao plástico ou ao metal, o que impede seu arraste pela água (MARTINS, 2007).

A irrigação localizada está sujeita a alterações de vazão, tendo como consequência na sua pior hipótese a obstrução da emissão ao longo do tempo, porém este fato pode ser agravado com a utilização da aplicação de nutrientes via água de irrigação assim como efluentes com altos teores de sólidos e bactérias formadoras de biofilme (CUNHA et al., 2013).

Nakayama et al. (2006) citam diversos aspectos físicos como sólidos suspensos (Partículas inorgânicas: areia, silte e argila); químicos como precipitados (hidróxidos, óxidos e carbonatos) e biológicos como atividade bacteriana (deposições microbiana: ferro, enxofre, manganês) que provocam obstruções nos sistemas de irrigação localizada. Para a minimização do entupimento são sugeridas diversas técnicas visando a recuperação de emissores, como a filtragem e a cloração, porém este conjunto de técnicas irá variar em função da fonte causadora do entupimento, sendo necessário sempre uma avaliação sistemática do sistema de irrigação (TEIXEIRA, 2006). Capra & Scicolone (2004) recomendam a filtração da água como a principal ação preventiva quanto ao entupimento de emissores, causada por partículas tanto de origem mineral quanto orgânica.

Nos dias atuais existem inúmeros gotejadores sendo comercializados, variando quanto à

sensibilidade ao entupimento. Dessa forma, objetivou-se com este experimento avaliar a susceptibilidade de diferentes tubos gotejadores convencionais ao entupimento por ferro solúvel na água de irrigação (óxido de ferro) via duas qualidades de água (com e sem carga orgânica) e sólidos suspensos (solo), com os emissores dos tubos gotejadores posicionados para baixo.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi conduzida no Laboratório de Irrigação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba - SP, cujo clima é classificado como Cwa - subtropical úmido, segundo classificação climática de Köppen, temperatura média máxima superior a 22° C e média mínima de 18° C, ocorrendo chuvas de verão e secas de inverno.

O experimento foi desenvolvido em uma bancada de ensaios, construída em estrutura metálica composta por três andares, com 11 m de comprimento, 4 m de largura e 5,8 m de altura, sendo cada andar da bancada independente dos demais.

Os andares foram divididos em duas partes, sendo cada uma composta por diferentes níveis para a inserção das linhas gotejadoras que foram unidas no início e no final da bancada por registros e conexões de PVC. Para a condução da água e montagem das linhas de gotejadores do ensaio utilizou-se um registro de 2” na linha principal e um registro de ¾” na entrada de cada nível. Na entrada de cada módulo da bancada, foi instalada uma tomada de pressão, permitindo o ajuste da pressão a cada medição de vazão, e se necessário, ajustada àquela preestabelecida. Para a medição e monitoramento da pressão de serviço, foi utilizado um manômetro com faixa de leitura de 0 – 700 kPa, calibrado previamente por um manômetro de peso morto.

O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por um conjunto de motobomba centrífuga (marca KSB, modelo

KSB Hydrobloc C 750) cuja operação de funcionamento foi realizada manualmente, obedecendo rigorosamente os horários de início e fim de cada aplicação. Para evitar a entrada de partículas em suspensão no sistema, foi utilizado um filtro de disco de 120 mesh/Amiad, com capacidade para 15 m³ h⁻¹ de vazão, cuja limpeza foi feita a cada 12 horas de funcionamento.

No preparo e armazenamento das soluções utilizaram-se caixas de amianto, com capacidade para 1000 L, que foram conectadas ao conjunto motobomba por meio de uma sucção de 0,06 m de diâmetro, através de um adaptador de caixa d'água e o bombeamento de cada solução foi controlado por um registro de esfera de 0,06 m, instalado na extremidade da sucção dentro da caixa, permitindo o bombeamento da solução.

O sistema de aplicação da solução foi adaptado de tal forma a permitir recirculação da mesma, onde a solução gotejada era recolhida por dois conjuntos de telhas de aço zincado (forradas com filme plástico), com uma inclinação de 3%. A solução recolhida era então conduzida para uma calha de zinco revestida com fibra de vidro, localizada no centro do módulo, que então retornava a solução para a caixa da respectiva captação, através de um conjunto de tubos PVC de 100 mm.

Ao final da aplicação, os registros eram fechados com o sistema ainda em funcionamento, para evitar o retorno da solução ao reservatório, garantindo assim que a solução permanecesse em contato com toda a superfície interna da linha gotejadora. Para evitar uma perda acentuada da solução ao longo da semana, foram colocadas cortinas de plásticos nas laterais da bancada de ensaio. Após cada ensaio de vazão, o sistema permanecia desligado por um dia, com o objetivo de se fazer a limpeza, o preparo de nova solução e reparos e manutenção do sistema.

O tratamento realizado na Fase 1 do experimento pode ser resumido da seguinte forma: linhas gotejadoras do setor 2 - 6 mg L⁻¹ de Fe⁺² (óxido de ferro)+água LAB (Tabela 1).

Tabela 1. Análise da água do Laboratório de Irrigação da ESALQ/USP utilizada na preparação da solução aplicada na Fase 1.

Parâmetro	Unidade	Resultado
Alcalinidade (2CO ₃ ²⁻ +HC ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	35,8
Cloreto (Cl)	mg L ⁻¹	33,9
Nitrato (N-NO ₃)	mg L ⁻¹	20,5
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg L ⁻¹	149,3
Fósforo (P)	mg L ⁻¹	0,05
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₃)	mg L ⁻¹	0,11
Sódio (Na ⁺)	mg L ⁻¹	44,0
Potássio (K ⁺)	mg L ⁻¹	7,1
Cálcio (Ca ²⁺)	mg L ⁻¹	33,2
Magnésio (Mg ²⁺)	mg L ⁻¹	9,2
Ferro (Fe ²⁺)	mg L ⁻¹	0
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	0,01
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0,09
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	1,14
Boro (B)	mg L ⁻¹	0
Alumínio (Al)	mg L ⁻¹	0
Cor aparente	PtCo	4
Turbidez	FTU	4
Sedimentos em suspensão	mg L ⁻¹	6,0
Condutividade elétrica (CE)	mS cm ⁻¹	0,37
pH	----	7,5
Gás carbônico (CO ₂)	mg L ⁻¹	1,9
Acidez (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	6,5
Dureza total (CaCO ₃)*	mg L ⁻¹	120,6

*Dureza total calculada com base no equivalente de carbonato de cálcio (CaCO₃).

Na Fase 2 em que os tratamentos permaneciam 24 horas em aplicação contínua e 72 horas em repouso, avaliou-se a susceptibilidade dos tubos gotejadores ao entupimento quando submetidos à aplicação de carga orgânica (fitoplâncton/algas), mais sólidos em suspensão, na concentração de 409 mg L⁻¹ (Tabela 2) e 18,8 mg L⁻¹ de ferro solúvel (Fe⁺²). Utilizou-se como fonte de ferro uma associação de sulfato ferroso (6 mg L⁻¹), óxido de ferro (6 mg L⁻¹) e hidróxido de ferro (6,8 mg L⁻¹); associados apenas a água do lago e teve duração de 1068 horas de aplicação. Nesta fase (Fase 2), as linhas gotejadoras do setor 1 tiveram seus orifícios posicionados para baixo.

Tabela 2. Características físicas do solo da área experimental

Granulometria (%)			Classe Textural	Densidade (g cm ⁻³)	
argila	silte	areia	argilosa	global	partículas
48,16	17,72	34,12		1,45	2,79

O tratamento realizado na Fase 2 podem ser resumidos da seguinte forma: linhas gotejadoras do setor 1 - 18,8 mg L⁻¹ de Fe⁺² (sulfato ferroso, óxido de ferro e hidróxido de ferro) + sólidos suspensos (solo - 409 mg L⁻¹) + carga orgânica (Tabela 3) com os emissores posicionados para baixo.

**TUBOS GOTEJADORES CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE FERRO VIA
ÁGUA COM CARGA ORGÂNICA E SÓLIDOS SUSPENSOS**

Tabela 3. Análise da água do lago utilizada na preparação da solução aplicada na Fase 2.

Parâmetro	Unidade	Resultado
Alcalinidade ($2\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)	mg L ⁻¹	88,4
Cloreto (Cl ⁻)	mg L ⁻¹	19,0
Nitrato (N-NO ₃)	mg L ⁻¹	0,6
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg L ⁻¹	12,1
Fósforo (P)	mg L ⁻¹	0,14
Nitrogênio Amoniacal (N - NH ₃)	mg L ⁻¹	1,1
Sódio (Na ⁺)	mg L ⁻¹	24,0
Potássio (K ⁺)	mg L ⁻¹	6,3
Cálcio (Ca ²⁺)	mg L ⁻¹	17,5
Magnésio (Mg ²⁺)	mg L ⁻¹	3,7
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	0,75
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	0
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0,04
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	0,17
Cor Aparente	mg L ⁻¹	230
Turbidez	mg L ⁻¹	48
Sedimentos em suspensão	PtCo	25
Condutividade elétrica (CE)	FTU	0,18
pH	mg L ⁻¹	7,4
Gás Carbônico (CO ₂)	mS cm ⁻¹	5,3
Acidez (CaCO ₃)	---	33
Dureza Total* (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	58,7
Coliformes totais/100mL	mg L ⁻¹	1,3x10 ³
Coliformes termotolerantes/100mL	mg L ⁻¹	9,2x10 ²

*Dureza Total calculado com base no equivalente de Carbonato de cálcio (CaCO₃) segundo Franson (1995): 2,497 [Ca, mg L⁻¹] + 4,118 [Mg, mg L⁻¹]

Durante o ensaio foram mantidos os espaçamentos originais das linhas gotejadoras, com o objetivo de evitar diferenças relacionadas à influência de emendas e da proximidade dos emissores, reduzindo os erros

e mantendo, assim, as mesmas condições das linhas utilizadas pelos irrigantes. Desta forma o número de gotejadores presentes na linha dependeu do espaçamento fornecido pelo fabricante, porém foi assegurado um número mínimo de 10 emissores para cada modelo analisado.

A Tabela 4 apresenta os emissores com suas características técnicas e a vazão mais comercializada pelos irrigantes, ensaiados nas Fases 1 e 2. Em função dos emissores ensaiados serem produtos comerciais e os ensaios a que foram submetidos não serem normatizados, os dados apresentados e análises realizadas neste estudo foram codificados para evitar qualquer tipo de especulação comercial dos resultados apresentados. A codificação utilizada na representação dos modelos de emissores, não tem nenhuma relação com os nomes comerciais dos produtos e nem tampouco com a sequência de emissores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Características técnicas: fluxo, vazão, diâmetro nominal (Ø N) e espaçamento entre gotejadores dos modelos convencionais utilizados no experimento das Fases 1 e 2.

Fabricante	Modelo	Fluxo	Vazão (L h ⁻¹)	Ø N (m)	Espaçamento entre gotejadores (m)	
	Tiran	NC	2,05	16	0,75	
Netafim	Super Typhoon	NC	2,0	16	0,60	
	Plastro	Hydrogol	NC	3,0	17	0,40
	Naandan	Naan Paz	NC	2,0	16	0,75
	Azud	Azudline	NC	1,4	17	0,50
	Petroísa	Petroísa G1	NC	1,5	16	0,50
	Metzerplas	Vered	NC	2,1	17	0,50

*Não compensante (NC). Fonte: Catálogo dos fabricantes.

Depois de tabulados os pesos, procederam-se aos cálculos da vazão, vazão relativa e do coeficiente de variação de vazão, através das Equações de 1 a 3.

$$q = \frac{P}{1000 t d} 60 \quad (1)$$

em que:

q – vazão do gotejador, L h⁻¹;

P – peso da água coletada, g;

t – tempo de coleta, min e

d – densidade da água utilizada no ensaio, g L⁻¹

(o valor médio utilizado para conversão da água para 25 °C foi de 0,997).

$$Q_r = \frac{Q_{x,y}}{Q_i} 100 \quad (2)$$

em que:

Q_r – vazão relativa, %;

Q_{x,y} – vazão de um emissor x num dia y de irrigação, L h⁻¹ e

Q_i – vazão desse emissor no primeiro dia de irrigação, L h⁻¹.

$$CV = \frac{\sigma}{q_m} 100 \quad (3)$$

em que:

CV – coeficiente de variação (%);

σ – desvio padrão da vazão média do emissor (L h⁻¹) e

q_m – vazão média a determinada pressão e temperatura padrão (L h⁻¹).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 1 e

5% de probabilidade, e em casos de significância, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontram-se a vazão média para os diferentes modelos de gotejadores convencionais das Fases 1 e 2 avaliados no período do ensaio.

Conforme se observa os emissores avaliados apresentaram desempenho distintos quanto à redução de vazão em função dos tratamentos impostos, em parte devido à arquitetura de cada gotejador, onde as características construtivas são diferentes em cada modelo de gotejadores fazendo com que a intensidade de entupimento mostre-se de forma heterogênea. Observa-se também na Figura 1, que não houve grande variação nas vazões dos emissores estudados, durante a primeira fase.

Na Fase 2 (após 360 h) as maiores reduções da vazão dos gotejadores ocorreram nos tratamentos T1 e T4.

Os modelos F e G foram os mais afetados durante o período de ensaio, chegando a um declínio acentuado de suas vazões, onde o modelo F a partir de 1296 horas de funcionamento teve redução de vazão de 91% e o modelo G reduziu suas vazões em 72% a partir de 1152 horas de operação. O modelo C foi o de melhor desempenho ao longo de todo o ensaio, mantendo a vazão relativa de seus emissores praticamente constante, acima de 87%.

TUBOS GOTEJADORES CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE FERRO VIA ÁGUA COM CARGA ORGÂNICA E SÓLIDOS SUSPENSOS

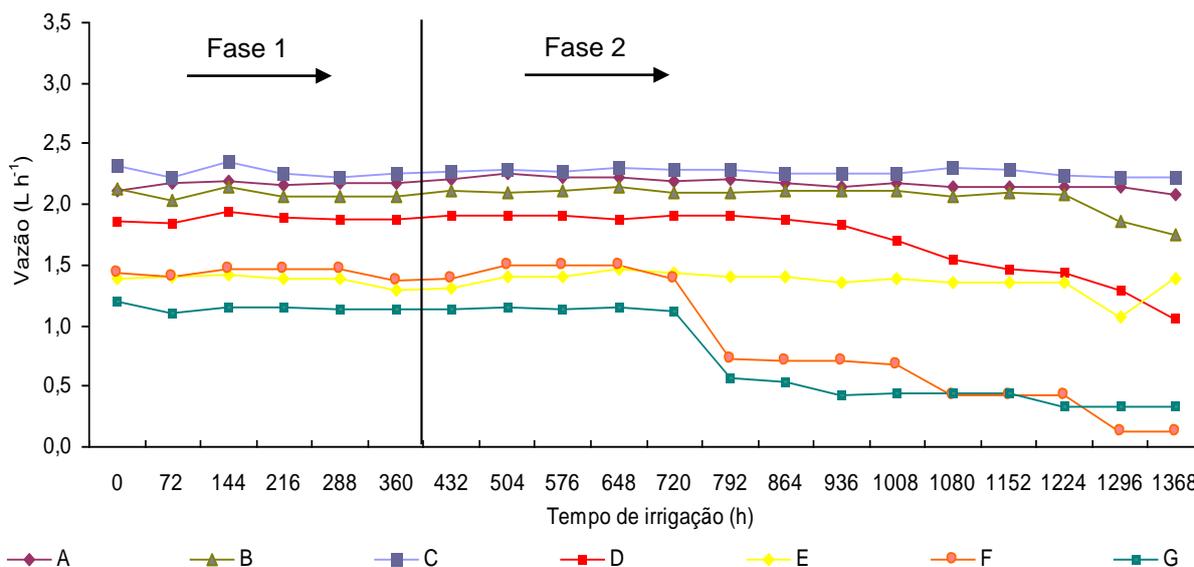


Figura 1. Vazão média ($L h^{-1}$) dos gotejadores convencionais na fase 1 - água LAB/ $6 mg L^{-1}$ de Fe^{2+} (óxido de ferro) e na fase 2 - água LAG/ $18,8 mg L^{-1}$ de Fe^{2+} (sulfato ferroso, óxido de ferro e hidróxido de ferro)/emissor ↓/sólidos suspensos.

A Tabela 5 usa o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias de cada emissor ao longo do tempo. Conforme observado na Tabela 5 houve diferença significativa para todos os modelos avaliados. Ribeiro & Paterniani (2013) observaram que ocorreu uma diminuição de uniformidade de distribuição de água ao longo do tempo, entre a primeira e a quarta etapa para os dois sistemas de filtragem, indicando que houve uma tendência de entupimento dos gotejadores, sendo que a diminuição da uniformidade foi mais acentuada entre a terceira e a quarta etapa.

O modelo B, difere estatisticamente entre as primeiras leituras e as últimas leituras, sendo que as leituras intermediárias não diferiram de nenhuma. O modelo C apesar de pouco diferir dos demais apresentou desempenho desuniforme, aumentando e diminuindo a vazão ao longo das horas.

O modelo D e G mostrou grande amplitude entre as leituras iniciais e as finais, variando estatisticamente ao longo do tempo

em três estágios. O modelo F, difere em 4 médias, apresenta grande amplitude e se distribui em três blocos distintos: de 0 a 720 h com elevadas vazões, de 720 a 1008 h com vazões intermediárias e de 1080 a 1368 h com baixas vazões. Teixeira et al. (2014) observaram uma variação dos valores de vazão média e vazão relativa após cada leitura semanal, podendo de uma semana para outra a vazão média e a vazão relativa apresentar valores baixos e altos respectivamente. Martins et al. (2010) utilizando irrigação com água ferruginosa, obtiveram a seguinte classificação excelente no início das avaliações (CUC igual a 95,8%), mas apresentou redução no valor de CUC de 23%, passando a ser classificado como razoável na última avaliação (CUC igual a 73,75%).

Os modelos A e E, apresentam desempenhos semelhantes, com baixíssima amplitude entre as leituras iniciais e finais e variando sem forma definida ao longo do tempo.

Tabela 5. Vazão média (L h⁻¹), dos modelos A, B, C, D, E, F e G convencionais nas Fase 1 e 2.

		Modelos						
Aplicação (h)		A	B	C	D	E	F	G
Fase 1	0	2,12ab	2,13b	2,31ab	1,86bc	1,38abcd	1,44d	1,19c
	72	2,17bcde	2,03ab	2,22a	1,84bc	1,40abcd	1,40cd	1,10bc
	144	2,19bcde	2,15b	2,35b	1,94c	1,42bcd	1,47d	1,14bc
	216	2,16abcd	2,06ab	2,26ab	1,89bc	1,38abcd	1,47d	1,15c
	288	2,17bcde	2,07ab	2,23a	1,87bc	1,39abcd	1,46d	1,14bc
	360	2,17bcde	2,06ab	2,25ab	1,88bc	1,30a	1,37bcd	1,14bc
Fase 2	432	2,20bcde	2,12b	2,27ab	1,91bc	1,31abc	1,38bcd	1,14bc
	504	2,25e	2,10b	2,29ab	1,90bc	1,40abcd	1,50d	1,14bc
	576	2,22cde	2,11b	2,27ab	1,91bc	1,40abcd	1,49d	1,14bc
	648	2,23de	2,14b	2,30ab	1,87bc	1,47d	1,50d	1,15c
	720	2,19bcde	2,09b	2,29ab	1,90bc	1,44cd	1,39bcd	1,11bc
	792	2,20bcde	2,10b	2,28ab	1,90bc	1,41abcd	0,72abc	0,56ab
	864	2,18bcde	2,11b	2,26ab	1,87bc	1,41abcd	0,71abc	0,54ab
	936	2,14abc	2,12b	2,25ab	1,83bc	1,35abc	0,71abc	0,43a
	1008	2,17bcde	2,11b	2,26ab	1,71bc	1,38abcd	0,68ab	0,43a
	1080	2,14abc	2,06ab	2,30ab	1,54abc	1,35abc	0,42a	0,44a
	1152	2,15abcd	2,09b	2,28ab	1,46abc	1,36abcd	0,42a	0,44a
	1224	2,15abcd	2,08ab	2,24ab	1,43abc	1,35abc	0,42a	0,33a
	1296	2,14 abc	1,86ab	2,23a	1,30ab	1,35abc	0,13a	0,33a
1368	2,08a	1,75a	2,23a	1,05a	1,39abcd	0,13a	0,33a	

*Média com a mesma letra minúscula na coluna ao longo do tempo não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ¹ Fase 1 - água LAB/ mg L⁻¹ de Fe²⁺ (óxido de ferro) e Fase 2 - água LAG/18,8 mg L⁻¹ de Fe²⁺ (sulfato ferroso, óxido de ferro e hidróxido de ferro)/emissor ↓/sólidos suspensos.

Na Tabela 6 são apresentados os valores da vazão relativa obtidos pela coleta individual de vazão dos emissores ao longo da linha. Nesta tabela pode-se observar que em alguns modelos de emissores, pequenas oscilações na vazão relativa, que em conformidade com Teixeira (2006) e Leite (1995), se deve provavelmente, às obstruções aleatórias que ocorriam pelo efeito de alguma eventual sobrepressão no sistema e/ou de uma influência mais acentuada da variação de temperatura na

vazão (alteração da viscosidade da água) durante o período de ensaio. Cunha et al. (2014) observaram uma discrepância de vazão em relação a vazão nominal dos emissores, apresentando desta maneira uma maior amplitude na variação em praticamente todos os ensaios realizados, o que é provavelmente devido a sucção de partículas do solo via gotejador, mostrando desta forma que a presença de partículas solidas pode ter efeito sobre a redução da vazão.

**TUBOS GOTEJADORES CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE FERRO VIA
ÁGUA COM CARGA ORGÂNICA E SÓLIDOS SUSPENSOS**

Tabela 6. Vazão Relativa (QR), expresso em %, dos gotejadores convencionais avaliados, no período do ensaio, para os modelos A, B, C, D, E, F e G na fase 1 e 2.

Aplicação (h)	Modelos						
	A	B	C	D	E	F	G
	QR (%)						
	0	100	100	100	100	100	100
Fase 1	72	103	96	96	99	102	97
	144	104	101	102	104	103	102
	216	102	97	98	101	100	101
	288	102	97	97	101	101	101
	360	102	97	97	101	94	95
		432	104	100	98	102	95
Fase 2	504	106	99	99	102	102	104
	576	105	99	99	102	102	103
	648	105	101	100	101	107	104
	720	103	98	99	102	105	96
	792	104	99	99	102	102	50
	864	103	99	98	101	102	49
	936	101	100	98	98	98	49
	1008	102	99	98	92	100	47
	1080	101	97	100	83	98	29
	1152	102	98	99	79	99	29
	1224	101	98	97	77	98	29
	1296	101	88	97	70	98	9
	1368	98	82	97	56	101	9

¹ Fase 1 - água LAB/ mg L⁻¹ de Fe²⁺ (óxido de ferro) e Fase 2 - água LAG/18,8 mg L⁻¹ de Fe²⁺ (sulfato ferroso, óxido de ferro e hidróxido de ferro)/emissor ↓/sólidos suspensos.

CONCLUSÕES

A adição de partículas de solo, passando pelo sistema de filtragem, não potencializou mudanças significativas do cenário de suscetibilidade ao entupimento na grande maioria dos emissores analisados.

Os modelos A, B, C e E foram os que apresentaram um melhor desempenho, mantendo suas vazões praticamente constante mesmo quando submetido a aplicação de ferro solúvel na água de irrigação (óxido de ferro, sulfato ferroso e hidróxido de ferro) via duas qualidades de água (com e sem carga orgânica) e sólidos suspensos (solo).

O ferro solúvel na água de irrigação provocou maiores percentuais de obstrução nos modelos de emissores F e G.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAUER, R. L. Dinâmica de entupimento de gotejadores em função da aplicação de água rica em ferro. Botucatu, 2010. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 68, p. 135-149, 2004.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n. 4, p. 248 - 257, 2013.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; RIBEIRO, P. H. P.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Repetibilidade de um sistema de irrigação por gotejamento sob entupimento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, nº. 4, p.343 - 353, 2014.

FRANSON, M. A. H. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, 19o. Edição, 1995.

LEITE, J.A.O. **Avaliação da susceptibilidade de tubogotejadores ao entupimento por precipitados químicos de carbonato de cálcio**. 1995. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed UFV, 2006. 318 p.

MARTINS, C. C. **Efeito da cloração orgânica na uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por gotejamento**

utilizando água ferruginosa. 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.

MARTINS, C. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F. Aplicação de cloro orgânico no tratamento de tubogotejador utilizado na irrigação com água ferruginosa. **Acta Science, Agronomy**. vol.32 no.1 Maringá Jan./Mar. 2010.

NAKAYAMA, F. S.; BOMAN, B. J.; PITTS, D. Maintenance. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKARAMA, F. S. (Eds.). *Microirrigation for crop production: Design, Operation, and Management*. Amsterdarn: Elsevier, 2006, cap.11, p. 389-430.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; COLETTI, C. Chemical treatment to unclogg dripper irrigation systems due to biological problems. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.65, n.1, p.1-9, 2008.

TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. Curva característica da vazão de gotejadores em diferentes temperaturas da água e ação do cloro ou ácido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.8, nº. 3, p. 220 - 233, 2014.

TEIXEIRA, M.B. **Efeitos de dosagens extremas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes (irrigação localizada)**. 2006. 322 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.