

**NOTA TÉCNICA:****GOTEJADORES E DISPOSITIVOS FINAL DE LINHA OPERANDO COM ÁGUAS CONTENDO MATERIAL ORGÂNICO**

Fernando França da Cunha¹, Thiago Ramos da Silva², Sofia Michele Muchalak³, Fernando Fagner Magalhães⁴ & Simone Quintão Silva⁵

¹ Doutor em Engenharia Agrícola, DEA-UFV/Viçosa, MG. E-mail: fernando.cunha@ufv.br

² Graduando em Agronomia, CPCS-UFMS/Chapadão do Sul, MS. E-mail: thiago.ramossilva10@gmail.com

³ Mestre em Agronomia, CPCS-UFMS/Chapadão do Sul, MS. E-mail: softiamichelemuchalak@hotmail.com

⁴ Mestrando em Agronomia, CPCS-UFMS/Chapadão do Sul, MS. E-mail: magalhaes.fernandof@gmail.com

⁵ Doutoranda em Microbiologia, IBILCE-UNESP/São José do Rio Preto, SP. E-mail: simonequintaosilva@gmail.com

Palavras-chave:

irrigação localizada
sólidos totais
uniformidade de aplicação

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho de gotejador e válvula autolimpante operando com águas contendo diferentes concentrações de sólidos totais. O experimento foi conduzido em esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas dois tipos de finais de linha (convencional e válvula autolimpante), nas subparcelas águas com cinco concentrações diferentes de sólidos totais (7 mg L⁻¹, 407 mg L⁻¹, 1.007 mg L⁻¹, 2.007 mg L⁻¹, 4.007 mg L⁻¹) e nas sub-subparcelas 60 avaliações do sistema de irrigação, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. No final do período experimental cada gotejador aplicou o volume acumulado de 1,44 m³. Os parâmetros avaliados foram a vazão e as uniformidades de aplicação de água calculados por meio dos coeficientes de distribuição, Christiansen e estatístico. Águas contendo concentrações de sólidos totais inferiores a 17,7 e 44,8 mg L⁻¹ aplicadas em sistemas equipados com finais de linha convencionais e autolimpantes, respectivamente, não afetaram o desempenho dos gotejadores. Sistemas de irrigação equipados com finais de linha autolimpantes proporcionaram melhor desempenho dos gotejadores operando com águas contendo 407 mg L⁻¹ de sólidos totais.

Keywords:

localized irrigation system
total solids
uniformity application

DRIPPERS AND END OF LINE DEVICES OPERATING WITH WATER CONTAINING ORGANIC MATERIAL**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the performance of a dripper and of a self-cleaning valve operating with water containing different concentrations of solids. The experiment was conducted in a sub-subplot design with two end of line devices in the plot (conventional and self-cleaning valve) as well as water with five different concentrations of solids in the subplots (7 mg L⁻¹, 407 mg L⁻¹, 1,007 mg L⁻¹, 2,007 mg L⁻¹, 4,007 mg L⁻¹) and 60 different irrigation system assessments in the sub-subplots, all of these in a completely randomized design with three replications. At the end of the trial period, each dripper applied a total volume of 1.44 m³. The parameters evaluated were water flow and uniformities of water application calculated through distribution coefficient, Christiansen's uniformity coefficient and statistical coefficients. The performance of the drippers tested was not affected by the application of water containing solid concentrations below 17.7 and 44.8 mg L⁻¹ in irrigation systems equipped with conventional and self-cleaning end of line devices, respectively. Irrigation systems equipped with self-cleaning end of line devices provided better dripper performance when operating with water containing a total solid concentration of 407 mg L⁻¹.

INTRODUÇÃO

Diante do cenário atual de competitividade pelo uso da água e problemas relacionados à disponibilidade dos recursos hídricos, há necessidade de alternativas para economia de tal insumo na irrigação. Nesse aspecto, a irrigação localizada tem sido adotada com êxito para diversas culturas. Entende-se como irrigação localizada a aplicação da água via superfície ou subsuperfície do solo, próximo à raiz, não molhando toda a área (CUNHA *et al.*, 2014a). O sistema localizado mais conhecido é o de gotejamento, que apresenta maior custo de implantação, maior eficiência no uso da água, menor consumo de energia, controle fitossanitário facilitado e favorecido, fertirrigação viabilizada e favorável.

A irrigação por gotejamento representa um grande avanço na tecnologia de irrigação. Entretanto, a qualidade da água é um fator essencial, pois problemas como o entupimento dos emissores diminuem a eficiência desse sistema. Dessa forma, análises das fontes de água são extremamente necessárias uma vez que há exigência de água de boa qualidade, livre de sólidos suspensos e dissolvidos, que podem causar problemas no sistema. Sendo assim, é bastante aconselhável essa análise antes da instalação do sistema de irrigação (SILVA *et al.*, 2011; BUSATO *et al.*, 2012).

Uma característica inerente aos métodos de irrigação localizada é a pequena área de passagem da água nos emissores. Em virtude dos pequenos diâmetros de orifício, o entupimento de emissores configura-se como um dos principais problemas relacionados a esse método (BUSATO & SOARES, 2010). As principais causas desse entupimento foram divididas por Barboza *et al.* (2011) em três categorias: entupimento de origens química, física e biológica. A determinação da causa exata do entupimento de emissores pode ser complexa, uma vez que vários agentes na água podem interagir entre si, agravando o problema do entupimento.

Do ponto de vista prático, a vazão média de emissores pode ser considerada bom indicativo do processo de entupimento, sendo utilizado em vários trabalhos pertinentes (SOUZA & MOREIRA, 2012; VALE *et al.*, 2013; DALRI *et al.*, 2014). Todavia, diversos autores adotam diferentes metodologias

de avaliação para caracterização de entupimento (SILVA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2013).

Uma forma de minimização dos problemas de entupimento dos sistemas de irrigação por gotejamento é o adequado dimensionamento do sistema e, nesse sentido, devem ser considerados alguns componentes como os emissores e os dispositivos de final de linha. Nesse quesito, as empresas trazem para o mercado finais de linha autolimpantes e emissores com alta tecnologia, ambos de baixo custo.

As válvulas de fim de linha autolimpantes são utilizadas na normalização dos sistemas de irrigação, pois retiram todo o ar das tubulações e impedem que ocorra pressão negativa no interior da tubulação, evitando o estrangulamento dessas tubulações e sucção de impurezas para dentro dos emissores. Além disso, é natural que as impurezas que, porventura, entrem no sistema se acumulem nos finais de linha. A retirada de parte da água antes e após um evento de irrigação por essas válvulas autolimpantes é a garantia da remoção dessas impurezas de forma sistemática.

Quanto ao gotejador, é necessário um emissor que utilize baixa pressão de serviço, proporcionando economia de água e energia. Entretanto, os emissores possuem bocal de diâmetro reduzido, o que pode resultar em susceptibilidade ao entupimento caso opere com águas apresentando altas concentrações de sólidos totais.

Diante do exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o desempenho de gotejadores e válvula final de linha autolimpante operando com águas com diferentes concentrações de sólidos totais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi montado e realizado na área experimental do Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) em Chapadão do Sul-MS (18°47'39" S, 52°37'22" O e altitude 820 m).

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas dois tipos de finais de linha (convencional e válvula autolimpante), nas subparcelas águas contendo cinco concentrações diferentes de sólidos totais (7

mg L⁻¹, 407 mg L⁻¹, 1.007 mg L⁻¹, 2.007 mg L⁻¹, 4.007 mg L⁻¹) e nas sub-subparcelas 60 avaliações do sistema de irrigação por gotejamento, no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os sólidos foram retirados da primeira camada de solo, de 0,01 m, rica em matéria orgânica, seca ao ar e peneirada em peneira de aço com abertura de 32 mesh.

Na área experimental foram montadas duas plataformas de teste para aplicação da água de irrigação, sendo uma equipada com fim de linha convencional e outra com válvulas autolimpantes da marca Implebrás. Cada unidade experimental continha três linhas laterais com mangueira gotejadora marca Petroisa, modelo Manari, com espaçamento de 0,20 m entre emissores e com vazão de 1,53 L h⁻¹ na pressão de operação de 122 kPa.

Foram executadas 60 avaliações do sistema de irrigação no período compreendido entre 11 de setembro de 2012 e 10 de outubro de 2014 (760 dias). Em média, eram realizadas três irrigações por semana e as avaliações eram efetuadas após a aplicação de 24 litros de água feita pelo emissor. O tempo de operação do sistema de irrigação por gotejamento, ao longo do período experimental, foi de 950 horas, aproximadamente. Na avaliação, coletava-se a vazão de 20 gotejadores por linha lateral. A vazão de cada gotejador foi obtida por meio da razão entre o volume de água coletado, por meio de coletores posicionadas junto ao emissor, e o tempo de coleta.

De posse aos dados coletados de vazão, calculou-se a uniformidade de aplicação de água por meio dos coeficientes de distribuição (CUD), Christiansen (CUC) e estatístico (U_s), utilizando-se as Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$CUD = 100 \frac{X_{25\%}}{\bar{X}} \tag{1}$$

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right] \tag{2}$$

$$U_s = 100 \left[1 - \frac{S}{\bar{X}} \right] \tag{3}$$

em que,

CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição, %;
 X_{25%} = Média de 25% do total de coletores, com as menores precipitações, mm;

\bar{X} = Média das precipitações, mm;

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

X_i = Precipitação observada nos coletores, mm;

n = Número de coletores;

U_s = Coeficiente de uniformidade estatístico, %; e

S = Desvio-padrão dos dados de precipitação, mm.

Na Tabela 1 estão apresentados os critérios para classificação da uniformidade de aplicação da irrigação por diferentes metodologias.

Foram realizadas análises do potencial hidrogeniônico (pH) e de sólidos dissolvidos totais (mg L⁻¹) e suspensos totais (mg L⁻¹) da água de irrigação nos diferentes tratamentos no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul. Para os sólidos dissolvidos e suspensos, a metodologia de quantificação foi a gravimétrica.

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Instituto

Tabela 1. Critérios para classificação dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), de Christiansen (CUC) e estatístico (U_s)

Classe	CUD (%)	CUC (%)	U _s (%)
Excelente	> 90	> 90	> 90
Bom	80-90	80-90	80-90
Razoável	70-80	70-80	70-80
Ruim	<70	60-70	60-70
Inaceitável	-	< 60	< 60

Fonte: Merriam & Keller (1978); ASAE (1996).

de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, em São José do Rio Preto-SP. Para isso, foram selecionados, aleatoriamente, um gotejador de cada unidade experimental. Foi utilizado um bisturi para retirar parte da fita plástica que encobria o labirinto do gotejador. A seguir, foi usado um suabe estéril para coletar todo conteúdo presente no interior da peça. Esse suabe foi homogeneizado em solução salina 0,9%. Em seguida, foram feitas diluições sucessivas e plaqueamento por meio da técnica *spread plate*. As placas foram incubadas em estufas a 37 °C por 24 h. Foi realizada a contagem para determinação do número de unidade formadoras de colônias (UFC mL⁻¹).

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. A comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey a 5% de significância. Para os fatores quantitativos, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste a 5% de significância, no coeficiente de determinação e no fenômeno biosistêmico. Para execução das análises estatísticas, foram empregados os programas estatísticos “Assistat 7.6” e “Sigma Plot 11.0”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH da água de irrigação não superou o valor de 5,74 (Tabela 2), independente da concentração de sólidos totais. De acordo com Nakayama & Bucks (1991), esses valores proporcionam baixo risco de entupimento para esta característica físico-química. O aumento da população bacteriana entre os tratamentos com concentrações de sólidos totais

de 7 e 4.007 mg L⁻¹ foi igual a 2,3 unidades log. Segundo Nakayama & Bucks (1991), águas com concentrações de 4.007 mg L⁻¹ de sólidos totais possuem população bacteriana que proporciona risco moderado ao entupimento de emissores e os demais tratamentos proporcionam baixo risco. Para os sólidos dissolvidos, os tratamentos aplicando águas com concentrações de 2.007 e 4.007 mg L⁻¹ de sólidos totais apresentaram risco moderado ao entupimento e os demais tratamentos baixo risco (NAKAYAMA & BUCKS, 1991). Quanto aos sólidos suspensos, o tratamento com água de abastecimento apresentou baixo risco de entupimentos e os demais tratamentos severo risco (NAKAYAMA & BUCKS, 1991).

O acúmulo de volume de água e o aumento dos sólidos totais proporcionaram redução da vazão dos gotejadores (Figura 1). A redução da vazão foi maior nos tratamentos que apresentaram maiores concentrações de sólidos totais. De acordo com a equação de regressão, as diferenças de vazão dos gotejadores no sistema de irrigação equipado ou não com fim de linha autolimpante entre o início (0 L) e fim (1.440 L) do período experimental, foram de 0,5 e 100,0% nos tratamentos com 7 e 4.007 mg L⁻¹ de sólidos totais, respectivamente.

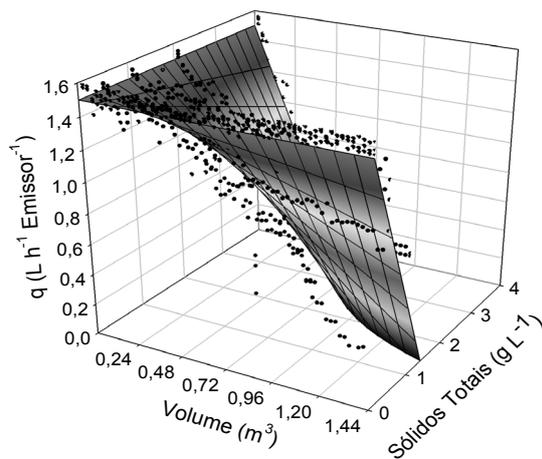
Os resultados obtidos na presente pesquisa indicam que os sólidos totais foram prejudiciais aos gotejadores. Essa grande redução na vazão ocorreu em razão da reduzida abertura dos labirintos e tamanho de bocal dos gotejadores, de aproximadamente de 0,25 mm. Esse valor corrobora com os dados de classificação do tamanho do bocal de emissores quanto à sensibilidade ao entupimento proposto por Pizarro Cabelo (1996).

Admitindo uma redução máxima de 10% da

Tabela 2. Médias de potencial hidrogeniônico (pH), população bacteriana (PB) e sólidos dissolvidos totais (SDT) e suspensos totais (SST) nas águas de irrigação coletadas nos emissores dos diferentes tratamentos. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2014

ST (mg L ⁻¹)	7	407	1.007	2.007	4.007
pH	5,91	5,93	5,78	5,85	5,74
PB (UFC mL ⁻¹)	<10 ²	2,5 x 10 ²	4,1 x 10 ²	2,6 x 10 ³	2,0 x 10 ⁴
SDT (mg L ⁻¹)	7	185	395	623	988
SST (mg L ⁻¹)	<0,1	222	613	1.384	3.018

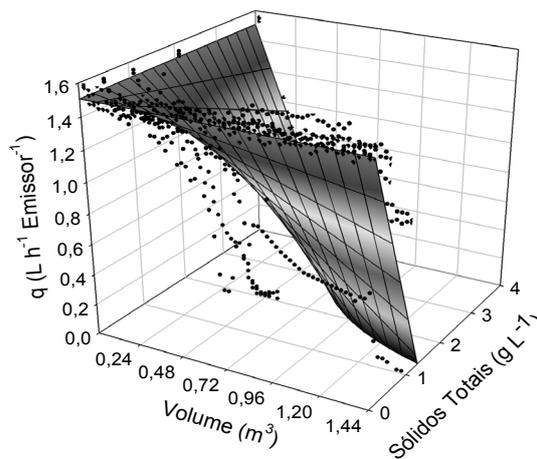
Fim de Linha Convencional



$$q = 1,5003^{**} - 0,7355^{**} V ST$$

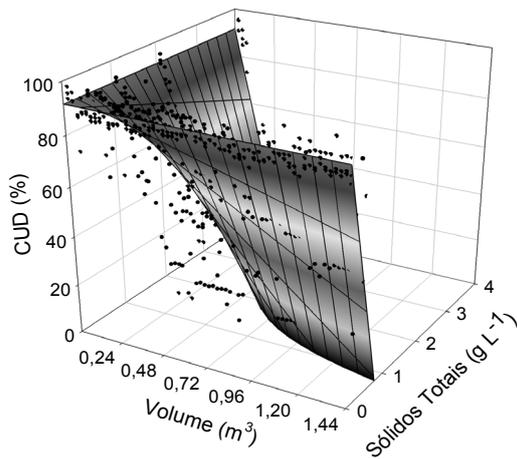
$R^2 = 0,4527$ $p < 0,0001$

Válvula Autolimpante



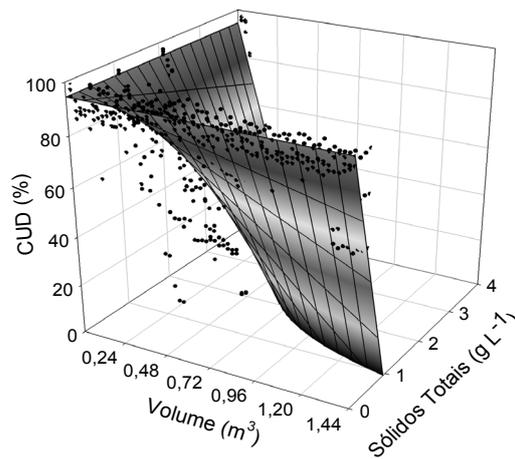
$$q = 1,5066^{**} - 0,7882^{**} V ST$$

$R^2 = 0,3057$ $p < 0,0001$



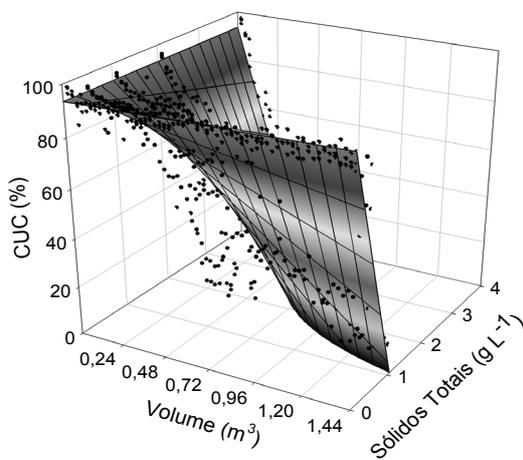
$$CUD = 92,0978^{**} - 82,5288^{**} V ST$$

$R^2 = 0,4291$ $p < 0,0001$



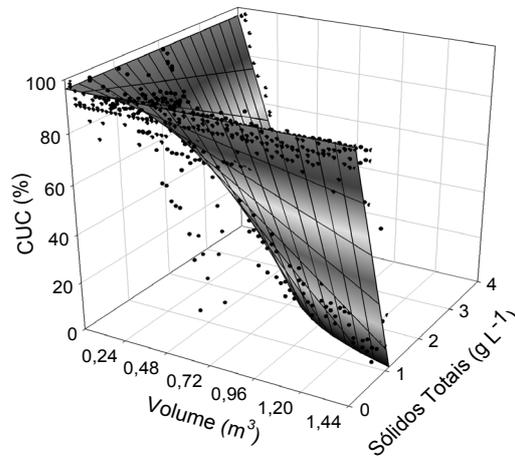
$$CUD = 94,5212^{**} - 70,1429^{**} V ST$$

$R^2 = 0,3789$ $p < 0,0001$



$$CUC = 95,5772^{**} - 2,3492^{**} ST - 59,3490^{**} V ST$$

$R^2 = 0,6490$ $p < 0,0001$



$$CUC = 97,3052^{**} - 2,0554^{*} ST - 58,2850^{**} V ST$$

$R^2 = 0,6012$ $p < 0,0001$

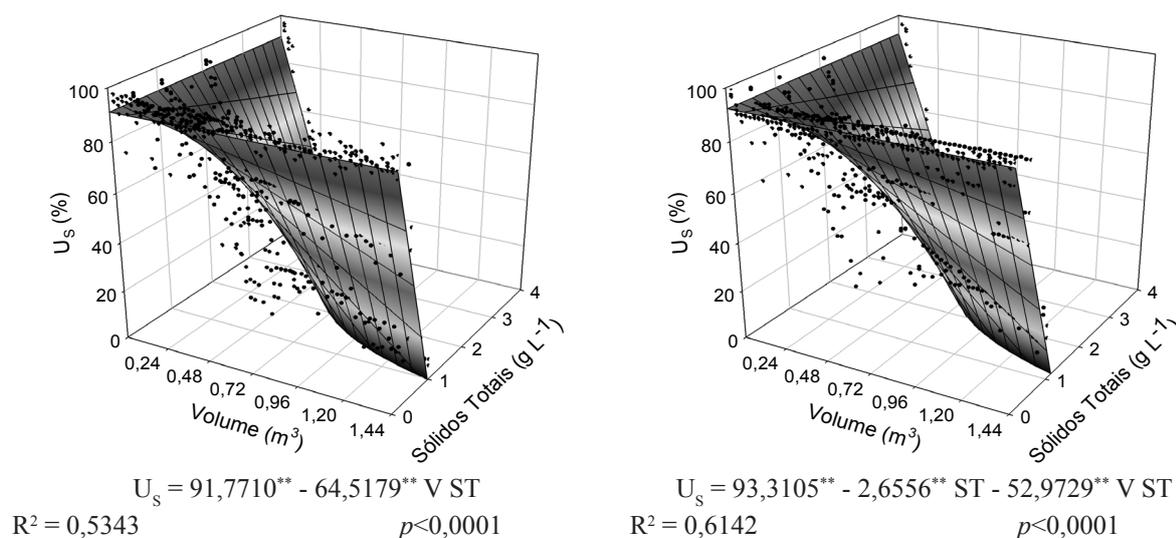


Figura 1. Vazão dos gotejadores (q) e coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD), de Christiansen (CUC) e estatístico (U_s) para as diferentes concentrações de sólidos totais (ST) e volumes (V) aplicados em sistemas equipados com finais de linha convencional e autolimpante. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2014. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

vazão ao final da aplicação acumulada de 1.440 L, a água de irrigação nos sistemas equipados com fim de linha convencional e autolimpante poderia apresentar concentrações máximas de 104,2 e 132,8 mg L⁻¹ de sólidos totais, respectivamente, de acordo com as equações de regressão. Esses resultados corroboram com Nakayama & Bucks (1991) e Liu & Huang (2009), que afirmam que água com concentração superior a 100 mg L⁻¹ apresenta severo risco de entupimento de emissores localizados. Batista *et al.* (2013) observaram que a redução da vazão foi correlacionada com aumento dos sólidos totais presentes na água de irrigação. Os autores combinaram soluções de água limpa com efluente de esgoto doméstico resultando nas seguintes concentrações de sólidos totais, 50, 225 e 399 mg L⁻¹, que resultaram em reduções na vazão de 9, 25 e 34%, respectivamente, ao final de 48 horas de aplicação. No presente experimento o tempo médio de operação do sistema de irrigação por gotejamento foi de, aproximadamente, 950 horas.

Além disso, deve-se considerar que além dos sólidos totais houve desenvolvimento de micro-organismos na seção de descarga dos gotejadores (Tabela 2), uma vez que os sólidos presentes na

água de irrigação eram originários de matéria orgânica, com bons teores de nutrientes. Sagi *et al.* (1995) determinaram redução de vazão média de gotejadores de 38% em relação à vazão inicial, em função da presença de mucilagem formada por colônias de protozoário (*Epystilys balanarum*). Esse comportamento também já foi estudado em sistemas de irrigação localizados operando com água com concentração de material orgânico (RESENDE *et al.*, 2000) e em diferentes águas residuárias (CUNHA *et al.*, 2006; SOUZA & MOREIRA, 2012; BATISTA *et al.*, 2014; FERNANDES *et al.*, 2014).

Observa-se que o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) sofreu redução linear em seu valor em função do volume de água acumulado e do aumento da concentração de sólidos totais, independente do fim de linha utilizado (Figura 1). Esse resultado vai de encontro aos que foram obtidos por Batista *et al.* (2013), que também verificaram redução linear do CUD em função do volume acumulado de água aplicado pelos emissores Naan Drip Paz e Plastro Hydro PC. Observa-se também no presente estudo que houve maiores reduções dos valores de CUD nos tratamentos com maiores concentrações de sólidos totais. Esse resultado

pode ser associado, possivelmente, à barreira física proporcionada pelos sólidos totais nas saídas dos gotejadores e pela formação de biofilme resultante da interação entre bactérias e sólidos suspensos nos emissores corroborando com Vale *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2014).

No início dos testes, em 11 de setembro de 2012, todos os valores de CUD das unidades foram superiores a 90%, sendo classificados como “excelentes” por Merriam & Keller (1978). Analisando os valores do CUD pelas equações de regressão ajustada ao final do período experimental (10 de outubro de 2014), após a passagem de 1.440 litros pelos emissores, apenas águas de irrigação com concentrações mínimas de sólidos totais de 17,7 mg L⁻¹ para o sistema com fim de linha convencional e 44,8 mg L⁻¹ para o sistema equipado com válvula autolimpante permaneceram com valores de CUD superiores a 90%, ou seja, com classificação excelente.

Após aplicados 1.440 L pelo sistema de irrigação por gotejamento, águas com concentrações superiores a 775,0 e 935,8 mg L⁻¹ de sólidos totais para os sistemas equipados com fim de linha convencional e autolimpante, respectivamente, apresentaram CUD de 0%. Cunha *et al.* (2006), utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro, com sólidos totais na concentração de 3.708 mg L⁻¹, verificaram redução nos valores de CUD de 94 para 0% após 108 horas de funcionamento. Na aplicação de irrigação, quando o CUD é reduzido, pode-se aumentar o tempo de aplicação de água. Assim, as plantas que receberam menores lâminas de irrigação passam a receber a quantidade previamente estabelecida, de modo a atender suas exigências hídricas. No entanto, aquelas plantas que recebiam a lâmina adequada passam a ter problema de irrigação excessiva, consumindo mais energia elétrica e perdendo água por percolação e possível lixiviação de nutrientes (VALE *et al.*, 2013). De acordo com Cunha *et al.* (2014b), na irrigação localizada a equação do CUD é a mais utilizada na avaliação de sistemas, pois possibilita uma medida mais rigorosa, dando maior peso às plantas que recebem menos água.

Resultados observados para vazão dos emissores e CUD foram repetidos para o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e estatístico (U_s), em que o acúmulo de volume de água e o aumento dos sólidos totais proporcionaram redução em seus valores, independente do fim de linha utilizado (Figura 1). Conforme os valores de CUC e considerando a classificação da ASAE (1996), o sistema de irrigação por gotejamento apresentava classificação “excelente” no início do período experimental. Após a passagem de 1.440 L de água com concentração de 7 mg L⁻¹ de sólidos totais, o sistema ainda continuava com a classificação “excelente”, mostrando que o gotejador apresenta ótimo desempenho quando opera com água de boa qualidade. Segundo as equações de regressão, apenas águas de irrigação com concentrações mínimas de sólidos totais de 63,6 mg L⁻¹ para o sistema com fim de linha convencional e 85,0 mg L⁻¹ para o sistema equipado com válvula autolimpante permaneceram com valores de CUC superiores a 90%, ou seja, com classificação excelente. Cunha *et al.* (2006) usando água com sólidos totais na concentração de 3.708 mg L⁻¹ verificaram redução nos valores de CUC de 96 para 23%, após 108 horas de funcionamento do sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de um volume aproximado de 100 litros.

Observa-se na Tabela 3 que os finais de linha autolimpantes possibilitaram melhor desempenho do sistema de irrigação por gotejamento apenas no tratamento com águas com concentração de sólidos totais de 407 mg L⁻¹. Nos demais tratamentos, os diferentes finais de linha estudados não proporcionaram efeito na redução dos parâmetros avaliados. No tratamento com menor concentração de sólidos totais, o final de linha autolimpante não assegurou melhor desempenho porque não era necessário, uma vez que a água apresentava apenas 7 mg L⁻¹ de sólidos totais. Independente do final de linha, verifica-se que os tratamentos com águas contendo concentrações de 2.007 e 4.007 mg L⁻¹ promoveram entupimento em todos os gotejadores de sistema de irrigação, conferindo valores nulos de uniformidade.

Tabela 3. Redução dos valores de vazão dos gotejadores (q) e coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) e estatístico (U_s) entre a primeira e última irrigação, em %, entre os sistemas equipados com finais de linha convencional e autolimpante em diferentes concentrações de sólidos totais. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2014

Fator	Final de Linha	DMS*	Concentração de Sólidos Totais (mg L ⁻¹)				
			7	407	1.007	2.007	4.007
q (L h ⁻¹)	Convencional	14,64	9,15 a	18,23 a	66,74 a	100,00 a	100,00 a
	Autolimpante		5,82 a	12,80 a	58,16 a	100,00 a	100,00 a
CUD (%)	Convencional	17,48	18,23 a	56,79 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
	Autolimpante		7,78 a	28,08 b	100,00 a	100,00 a	100,00 a
CUC (%)	Convencional	17,83	15,94 a	35,32 a	89,21 a	100,00 a	100,00 a
	Autolimpante		10,39 a	15,13 b	69,88 a	100,00 a	100,00 a
U_s (%)	Convencional	16,92	21,92 a	45,47 a	90,74 a	100,00 a	100,00 a
	Autolimpante		12,45 a	20,07 b	75,04 a	100,00 a	100,00 a

* DMS - diferença mínima significativa. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

- O desempenho dos gotejadores não é afetado com aplicação de águas contendo concentrações de sólidos totais inferiores a 17,7 e 44,8 mg L⁻¹ em sistemas de irrigação equipados com finais de linha convencionais e autolimpantes, respectivamente.
- Sistemas de irrigação por gotejamento equipados com finais de linha autolimpantes proporcionam melhor desempenho dos gotejadores quando operam com águas contendo concentrações de sólidos totais superiores a 407 mg L⁻¹.

AGRADECIMENTOS

À Petroisa Irrigação pela doação do equipamento de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE. **ASAE Standards engineering practices data**. 43.ed. Saint Joseph: ASAE, 1996. 864p.

BARBOZA, G.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Análise dos riscos à sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do Córrego do Coqueiro-SP. **Revista Brasileira de**

Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.5, n.1, p.24-36, 2013.

BATISTA, R.O.; OLIVEIRA, R.A.; SANTOS, D.B.; MESQUITA, F.O.; SILVA, K.B. Suscetibilidade ao entupimento de gotejadores operando com água residuária de suinocultura. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v.2, n.1, p.19-25, 2013.

BATISTA, R.O.; SILVA JÚNIOR, M.J.; SANTOS, D.B.; CUNHA, F.F.; MESQUITA, F.O.; FREIRE, F.G.C. Gotejadores aplicando proporções de tempo de irrigação com efluente da suinocultura e água de abastecimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.6, p.1746-1756, 2014.

BUSATO, C.C.M.; SOARES, A.A. Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.5, p.739-746, 2010.

BUSATO, C.C.M.; SOARES, A.A.; RAMOS, M.M.; REIS, E.F.; BUSATO, C. Dicloroisocianurato na prevenção do entupimento devido ao uso de águas ferruginosas em sistemas de irrigação por gotejamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p.49-56, 2012.

CUNHA, F.F.; MATOS, A.T.; BATISTA, R.O.; LO MONACO, P.A. Uniformidade de distribuição em

sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.28, n.1, p.143-147, 2006.

CUNHA, F.F.; GODOY, A.R.; MUCHALAK, S.M.; LIMA, S.F.; LEAL, A.J.F.; BAILO, F.H.R.; GUAZINA, R.A. Produção de cultivares de batata em diferentes sistemas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.1, p.55-64, 2014a.

CUNHA, F.N.; SILVA, N.F.; TEIXEIRA, M.B.; CARVALHO, J.J.C.; MOURA, L.M.F.; SANTOS, C.C. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.8, n.6, p.444-454, 2014b.

DALRI, A.B.; PALARETTI, L.F.; CRUZ, R.L.; ZANINI, J.R.; FARIA, R.T.; SANTOS, G.O. Entupimento de emissores enterrados sob a cultura da cana-de-açúcar após três anos de cultivo em condições fertirrigadas. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.1, p.62-71, 2014.

FERNANDES, R.K.A.; BATISTA, R.O.; SILVA, S.K.C.; FALCÃO, J. Vazão de gotejadores aplicando água residuária da castanha de caju. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.4, p.585-597, 2014.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Beijin, v.96, n.5, p.745-756, 2009.

MERRIAM, J.L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v.24, n.1, p.77-80, 1991.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513p.

RESENDE, R.S.; COELHO, R.D.; PIEDADE, S.M.S. Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira**

de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.3, p.368-375, 2000.

SAGI, G.; PAZ, E.; RAVINA, I.; SCHISCHA, A.; MARCU, A.; YECHIELY, Z. Clogging of drip irrigation systems by colonial protozoa and sulfur bacteria. In: International Microirrigation Congress, 5., Orlando, 1995. **Proceedings...** Saint Joseph: ASAE, 1995. p.250-254.

SANTOS, C.S.; SANTOS, D.P.; SILVA, P.F.; ALVES, E.S.; SANTOS, M.A.L. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.8, n.3, p.10-16, 2013.

SILVA, I.N.; FONTES, L.O.; TAVELLA, L.B.; OLIVEIRA, J.B.; OLIVEIRA, A.C. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.7, n.3, p.1-15, 2011.

SILVA, L.P.; SILVA, M.M.; CORREA, M.M.; SOUZA, F.C.D.; SILVA, E.F.F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.5, p.480-486, 2012.

SILVA, K.B.; SILVA JÚNIOR, M.J.; BATISTA, R.O.; SANTOS, D.B.; BATISTA, R.O.; LEMOS FILHO, L.C.A. Irrigação por gotejamento com água residuária tratada da indústria da castanha de caju sob pressões de serviço. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.2, p.695-706, 2014.

SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A. Efeitos da aplicação de esgoto sanitário submetido a diferentes níveis de tratamento em sistemas de irrigação localizada. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v.9, n.2, p.145-158, 2012.

VALE, H.S.M.; ARRUDA, L.E.V.; COSTA, D.O.; COSTA, F.G.B.; BATISTA, R.O. Potencial de entupimento de um sistema de irrigação por gotejamento operando com esgoto doméstico tratado. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v.2, n.1, p.63-70, 2013.