

DESEMPENHO DE GOTEJADORES, UTILIZANDO ÁGUA DE BAIXA QUALIDADE QUÍMICA E BIOLÓGICA

DRIP LINES PERFORMANCE USING WATER OF LOW CHEMICAL AND BIOLOGICAL QUALITY

Cristiani Campos Martins BUSATO¹; Antônio Alves SOARES²

1. Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, bolsista CNPq, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, Brasil. cristiani.martins@ufv.br; 2. Engenheiro Agrícola, Professor Titular, Departamento de Engenharia Agrícola - UFV, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO: Esse trabalho objetivou identificar as principais causas de entupimento em três modelos de tubogotejadores (M1, M2 e M3), caracterizar a qualidade da água utilizada na irrigação, bem como verificar os gêneros de bactérias causadoras de entupimento. Avaliou-se a uniformidade de aplicação de água, por meio da vazão e do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (Us). Conclui-se que todos os parâmetros de qualidade da água analisados encontravam-se dentro dos padrões desejados, com exceção do ferro. Foram identificadas ferrobactérias dos gêneros *Gallionella* e *Leptothrix* nos tubogotejadores. Após 700 h de funcionamento do sistema, a vazão dos tubogotejadores M1 e M2 reduziu 26,13 e 27,4%, respectivamente, e o modelo M3 apresentou um incremento de 1%. Os valores de Us apresentaram reduções de 28,35; 16,25 e 12,5% para os modelos M1, M2 e M3, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação localizada. Entupimento. Ferrobactérias.

INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico. No entanto, quando se usa irrigação localizada, uma séria atenção deve ser dada à qualidade da água, pois ela pode conter elementos que venha causar obstruções nos emissores, provocando graves problemas de uniformidade de emissão (AYERS; WESTCOT, 1999). Em virtude dos pequenos diâmetros de orifício, o entupimento dos emissores configura-se como um dos principais problemas relacionados ao método (BATISTA et al., 2006).

As principais fontes causadoras de entupimento identificadas por Gilbert e Ford (1986), são de natureza química, relacionadas à precipitação de elementos como cálcio e ferro, de natureza física, sendo partículas do solo e pequenos animais (formigas, aranhas, ovos de lesmas, etc.) as principais causas, e de natureza biológica, relacionado a algas e mucilagem bacteriana, principalmente.

O predomínio do uso de fontes de águas superficiais, aliado à alta frequência de temperaturas na faixa ótima para o desenvolvimento de microrganismos resulta em elevado risco de entupimento de origem biológica para os sistemas de irrigação (RESENDE et al., 2001).

Na região Sudeste do Brasil, freqüentemente encontram-se águas que apresentam elevados teores de ferro total, elemento este que pode provocar sérios problemas de entupimento, principalmente

quando presente em forma reduzida, podendo precipitar-se no interior das tubulações quando oxidado, favorecendo, ainda, o desenvolvimento de ferrobactérias (CORDEIRO, 2002). Segundo Martinko et al. (1997), o entupimento ocorre devido à ação bacteriana associada ao ferro, que ao ser oxidado da forma ferrosa (Fe^{2+}) para a forma férrica (Fe^{3+}), forma precipitados de hidróxido férrico ($Fe(OH)_3$) muito insolúveis em água.

De acordo com Marques Júnior (1998), os problemas produzidos por complexos de ferro são especialmente graves quando o pH da água se encontra entre 7,0 e 7,8, evidenciando a importância do conhecimento desse parâmetro no estudo do processo de entupimento de emissores. As altas temperaturas e os valores altos de pH favorecem a precipitação química, a qual se origina por excesso de carbonatos ou sulfatos de cálcio ou magnésio, ou pela oxidação de ferro para formar um precipitado férrico insolúvel de cor marrom avermelhado (HERNANDEZ; PETINARI, 1998).

A potencialidade do ferro em criar problemas de obstrução é mais difícil de avaliar porque, freqüentemente, este elemento contribui para a formação de mucilagens produzidas pelas ferrobactérias. A concentração de ferro de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ deve ser considerada como a máxima permissível, porém quando se incluem os custos dos filtros, o valor máximo prático é de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ (FORD; TUCKER, 1986).

Segundo Cordoville (2005), ferrobactérias dos gêneros *Sphaerotilus*, *Gallionella* e *Crenothrix* utilizam a energia resultante da conversão do óxido

ferroso em hidróxido férrico, formando compostos que se depositam no microorganismo sob a forma de bainhas, que por sua vez acumulam-se nas paredes das tubulações. Estas bactérias têm importância econômica e sanitária, causando a formação de crostas de ferrugem no interior de tubulações. Elas chegam a formar extensos depósitos geológicos de ferro e, nas canalizações, constituem freqüentes causas de obstruções, além de dar uma coloração parda avermelhada à água. Os gêneros das ferrobactérias mais comuns que causam problemas quando presentes na água são: *Sphaerotillus*, *Leptothrix*, *Crenothrix* e *Gallionella*.

Diversos tipos de gotejadores estão disponíveis no mercado, apresentando diferentes sensibilidades ao entupimento, fato que pode ser verificado em trabalhos realizados por Ravina et al. (1992), Pizarro (1996) e Resende (1999). Esse inconveniente advém de causas biológicas, físicas e/ou químicas, ocorrendo todos conjuntamente quando se utilizam águas com elevados valores de ferro, manganês, bactéria e material orgânico (RAVINA et al., 1992).

No que se refere ao manejo, uma consequência direta da baixa uniformidade de aplicação de água é o aumento do volume aplicado, já que o aplicador, ao constatar a diminuição da vazão média dos gotejadores, pelo efeito do entupimento, tem a tendência de aumentar o tempo de aplicação (CUNHA et al., 2006).

Do ponto de vista prático, a vazão média de emissores pode ser considerada um bom parâmetro para avaliar o processo de entupimento, sendo utilizado em todos os trabalhos pertinentes (GILBERT et al., 1979; RAVINA et al., 1992).

Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar a qualidade da água utilizada na irrigação, identificar os gêneros de bactérias causadoras de entupimento e avaliar a uniformidade

de aplicação de água de três modelos de tubogotejadores por meio da vazão e do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (Us).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área experimental pertencente à Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa, em Santa Teresa - ES, situada a 19°48' de latitude sul e 40°40' de longitude Oeste, em uma altitude de 174 m.

Na área experimental, montou-se um sistema de irrigação por gotejamento composto por três modelos de tubogotejadores, cujas características técnicas estão mostradas no Tabela 1. Utilizou-se um conjunto motobomba de 1 cv para fornecer água às linhas de derivação de PVC com diâmetro nominal de 32 mm, onde foram conectadas as linhas laterais, espaçadas de 0,15 m. Um filtro de disco de 120 mesh foi instalado após a motobomba. Para cada modelo foram instaladas três linhas com 20 m de comprimento, contendo cada uma 24 tubogotejadores (Figura 1).

A água utilizada foi captada em uma lagoa próxima ao local do experimento. Fez-se a coleta de uma amostra de água no local de captação, segundo Matos (2007), para efeito de caracterização do teor de ferro total e de outros elementos de importância para a irrigação localizada, como manganês total, sódio, enxofre, cálcio, magnésio, cobre, zinco e potássio, além do pH e condutividade elétrica.

O teor de ferro total presente na água de irrigação foi determinado semanalmente, utilizando kit modelo IR - 18, com reagente ferover, com amostras de água retiradas antes do filtro e no final das linhas de irrigação. A temperatura e o pH da água de irrigação também foram determinados semanalmente.

Tabela 1. Características técnicas dos tubogotejadores utilizados no experimento

Características técnicas	Modelo		
	M1	M2	M3
Vazão (L h ⁻¹)	2,2	2,6	2,3
Compensação da pressão	sim	não	sim
Diâmetro interno (mm)	13,8	16,1	14,6
Diâmetro externo (mm)	16,0	17,3	17,0
Pressão (KPa)	80 – 350	150	50 – 400
Espaçamento entre gotejadores (m)	0,75	0,75	0,75

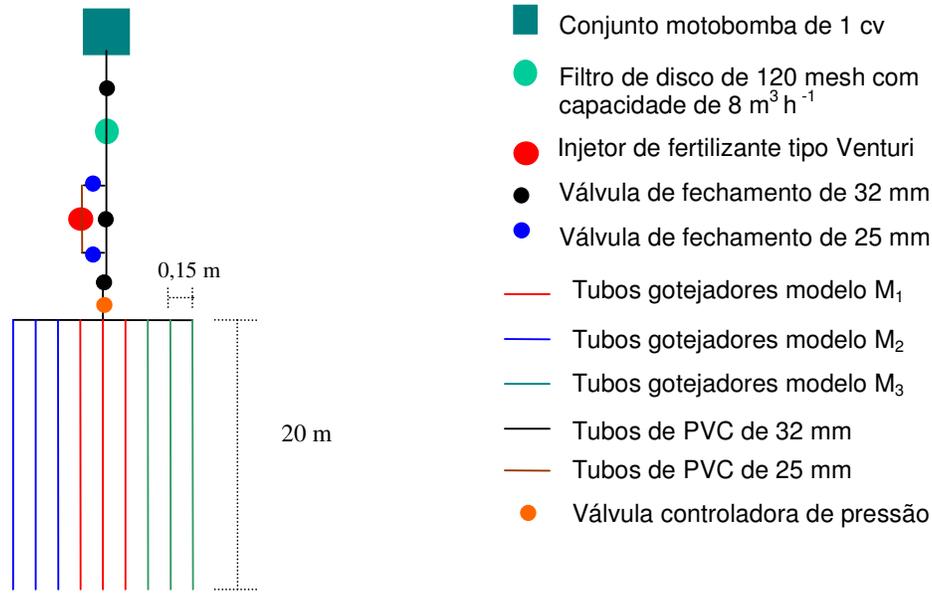


Figura 1. Esquema do sistema de irrigação montado no experimento.

Foram coletadas amostras de água de 12 emissores por linha, sendo a vazão de cada tubogotejador determinada medindo-se o volume de água aplicado durante três minutos.

A vazão foi calculada pela Eq. 1.

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

em que:

q = vazão do tubogotejador, L h⁻¹;
 V = volume de água coletado, mL;
 t = tempo de coleta, min.

A uniformidade de aplicação foi determinada pelo coeficiente de uniformidade Estatístico (Us) (BRALTS et al., 1987), determinado pela Eq. 2. Observa-se na Tabela 2 os critérios para classificação de Us.

$$U_s = 100(1 - CVq) = 100 \left(1 - \frac{\sigma_q}{qm} \right) \quad (2)$$

em que:

CVq = coeficiente de variação da vazão do emissor;

σ_q = desvio-padrão da vazão do emissor;
 qm = vazão média dos emissores, L h⁻¹.

Tabela 2. Critérios para classificação dos sistemas de irrigação quanto a Us

Us (%)	Avaliação
90 – 100	Excelente
80 – 90	Muito bom
70 – 80	Regular
60 – 70	Péssimo
< 60	Inaceitável

Fonte: Favetta e Botrel (2001)

O sistema de irrigação operou por 700 h, funcionando em média, 15 h por dia. As avaliações foram realizadas no início do experimento e a cada 100 horas de funcionamento, totalizando oito avaliações.

Todos os dias mediam-se a pressão de serviço antes e após o filtro, com um manômetro. A limpeza do filtro era realizada sempre que a diferença de pressão antes e a após o filtro era igual

ou superior à 20 kPa, conforme o critério proposto por Bernardo et al., (2008).

Para identificar os gêneros de ferrobactérias causadoras de entupimento, foram coletados 10cm de mangueira, dos três modelos de tubogotejadores. As amostras foram armazenadas em geladeira a uma temperatura de 2 e 8°C, durante 20 h. Após este período foram vedadas com filme plástico, identificadas e enviadas para o laboratório. As

análises foram realizadas de acordo com as técnicas preconizadas no Standard Methods (APHA et al., 2005),

Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão, adotando-se o nível de 1% de probabilidade pelo Teste “t”.

Tabela 3. Concentração de cobre (Cu), manganês total (Mn), ferro total (Fe), zinco (Zn), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), enxofre (S), potássio (K), pH e condutividade elétrica (CE) da água utilizada no experimento.

Cu	Mn	Fe	Zn	Ca	Mg	Na	S	K	pH	CE
(mg L ⁻¹)										
(μs cm ⁻¹)										
0,013	0,214	2,373	0,106	6,201	2,18	11,0	8,2	1,85	7,03	83,7

Observa-se no Tabela 3, que os teores de 0,013, mg L⁻¹ de cobre, 0,106 mg L⁻¹ de zinco, 6,201 mg L⁻¹ de cálcio e 2,18 mg L⁻¹ de magnésio, elementos químicos relacionados a risco potencial de causar entupimento, encontram-se bem abaixo dos valores indicados por Bucks et al. (1979), como limite de risco mínimo, ocorrendo o mesmo para os teores de sódio, enxofre e potássio, com valores de 11; 8,2 e 1,85 mg L⁻¹, respectivamente, os quais se configuram, também, como de baixo risco ao entupimento de emissores. A água com CE de 0,0837 dS m⁻¹ apresenta baixa salinidade, pois encontra-se na faixa que pode ser utilizada para a maioria das culturas e solos (CE entre 0 e 0,25 dS m⁻¹, a 25 °C).

Tabela 4. Teor de ferro total (mg L⁻¹), temperatura (°C) e pH da água no ponto de captação, no período de 29/06 a 09/08 de 2006

Data	Fe total (mgL ⁻¹)	Temperatura (°C)	pH da água na captação
29/6/2006	3,5	22,0	7,0
5/7/2006	3,0	23,0	7,0
12/7/2006	3,0	22,0	6,8
19/7/2006	3,5	22,0	6,8
27/7/2006	5,0	21,5	6,9
2/8/2006	3,0	23,0	7,0
9/8/2006	4,0	22,0	7,0
Média	3,57	22,21	6,93
Desvio-padrão	0,6776	0,5249	0,0881
CV (%)	0,1897	0,0236	0,0127
Classificação	Severo		nenhum

¹Classificação proposta por Bucks et al. (1979), para o risco de entupimento de gotejadores

Observa-se no Tabela 4 que todos os valores de temperatura da água estão na faixa estabelecida por Pizarro (1996) como ótima para o desenvolvimento de bactérias, que é de 20 a 30°C. Os valores de pH da água mantiveram-se entre 6,8 e

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Tabela 3, estão apresentados os resultados da análise da qualidade da água utilizada no experimento.

A água utilizada para a irrigação apresentou 2,373 mg L⁻¹ de ferro total, valor superior ao limite de 1,5 mg L⁻¹ proposto por Bucks et al. (1979), sendo, portanto, de risco severo para a irrigação por gotejamento. A concentração de 0,214 mg L⁻¹ de manganês permite classificá-la como de risco moderado (Tabela 3).

Nas avaliações semanais, observa-se no Tabela 4, que a água utilizada no experimento apresentou valores de ferro total superior ao limite de 1,5 mg L⁻¹ durante todo o período do ensaio, chegando a apresentar até 5 mg L⁻¹ na quinta avaliação, sendo então classificada como de risco severo de entupimento para a irrigação por gotejamento.

7,0 durante todo o período do ensaio, estando na faixa normal de 6,7 a 7,5. Para a maioria das bactérias, o pH ótimo de crescimento se localiza entre 6,5 e 7,5. Segundo Bucks e Nakayama (1986) é mais provável a ocorrência de obstrução de

emissores quando se utiliza água com valores de pH maiores que 8, que corresponde ao pH de uma água em equilíbrio com calcário finamente moído.

As análises de laboratório identificaram os gêneros *Gallionella* e *Leptothrix*, constatando-se a presença de 1 a 10 filamentos/células em todas as amostras. A atividade biológica destas bactérias conduz a formação de hidróxidos férricos insolúveis, dos quais, parte é englobada na membrana celular da bactéria e parte precipita no

meio envolvente, sob a forma de glóbulos. Este processo leva à formação de uma massa gelatinosa vermelho-acastanhada, viscosa, com aspecto ferruginoso. É essa mucilagem que se adere à tubulação, conduzindo, conseqüentemente, à diminuição da vazão dos emissores (Figura 2). English (1985) relata que problemas com interações bactéria-ferro têm ocorrido com concentrações de ferro na forma de Fe^{+2} tão baixa quanto $0,1 \text{ mg L}^{-1}$.

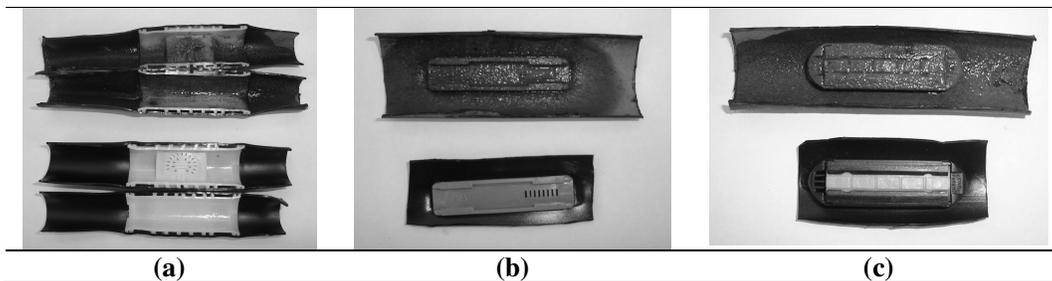


Figura 2 - Modelos de tubogotejadores M1 (a), M2 (b) e M3 (c) novos e após 700 h de funcionamento, com a presença de mucilagem formada pelas ferrobactérias

Para avaliar a influência do entupimento sobre a vazão e o Coeficiente de Uniformidade de Emissão (Us) dos três modelos de tubogotejadores, procedeu-se a análise de regressão, sendo testados vários modelos.

Nas Figuras 3, 4 e 5 estão apresentados os valores médios da Vazão e Us para os gotejadores M1, M2 e M3, respectivamente, em função do tempo de funcionamento do sistema e as respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação, a 1% (*) de probabilidade, pelo teste “t”.

Verifica-se que ocorreram reduções de vazão significativas em função do tempo de funcionamento do sistema para os modelos M1 e M2, como se verificam nas Figuras 3 e 4. A vazão dos modelos M1 e M2 apresentaram redução de 26,13 e 27,4%, respectivamente. Tal sensibilidade ao entupimento foi atribuída às características destes emissores de apresentar duas saídas de água, sendo que uma delas acabava ficando virada para cima, o que permitiu maior acúmulo de mucilagem na câmara de autocompensação, conforme observado em campo por Martins (2007).

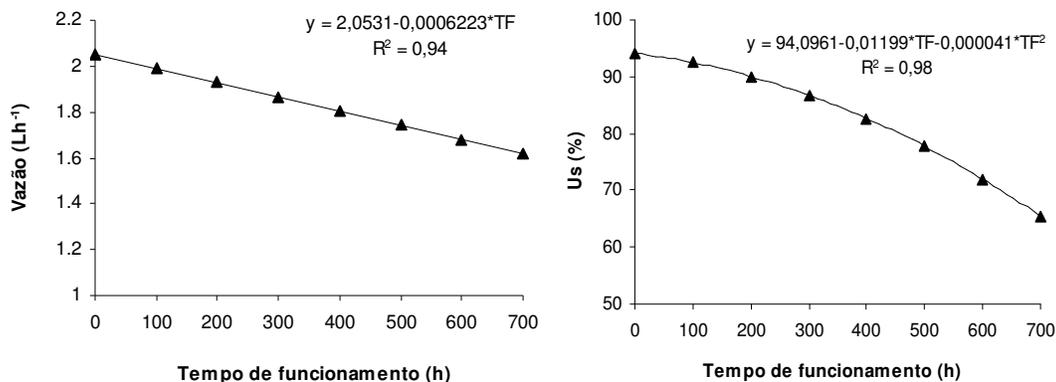


Figura 3. Estimativas dos valores médios de Vazão e Us em função do tempo de funcionamento, no modelo de tubogotejador M1.

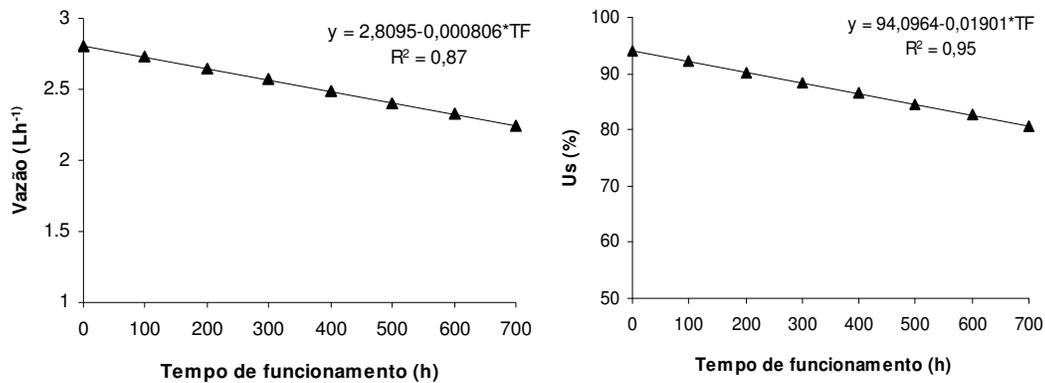


Figura 4. Estimativas dos valores médios de Vazão e Us em função do tempo de funcionamento, no modelo de tubogotejador M2.

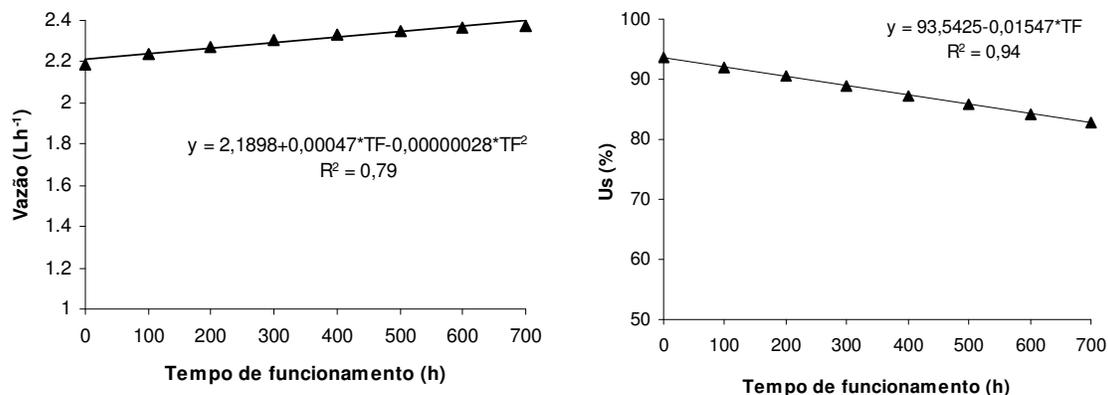


Figura 5. Estimativas dos valores médios de Vazão e Us em função do tempo de funcionamento, no modelo de tubogotejador M3.

O modelo M3 apresentou uma tendência de aumentar sua vazão quando entupido, tendo um incremento em torno de 1%, como apresentado na Figura 5. Tal resultado está em concordância com os obtidos por Cordeiro (2002), que observou este mesmo comportamento neste gotejador, em pesquisa de laboratório, e por Souza et al. (2006), em condições de campo. Segundo Gilbert e Ford (1986), estudos estatísticos mostram que o entupimento dos emissores tem sido a maior causa de variação de vazão nos sistemas de irrigação localizada. Problemas de desuniformidade de vazão também estão relacionados ao aumento da vazão nominal do gotejador, devido à deposição de materiais na membrana flexível dos gotejadores auto-compensantes, assim como pela deterioração da mesma (GILBERT et al., 1979).

Observa-se nas Figuras 3, 4 e 5, que para todos os modelos de tubogotejadores houve redução do coeficiente de uniformidade estatístico (Us). O Modelo M1 apresentou valor de Us de 93,76% na primeira avaliação, classificando-se como excelente de acordo com Favetta e Botrel (2001), mas na

última avaliação esse valor caiu para 67,18%, indicando uma redução de 28,35% na uniformidade. Estabelecendo comparação entre os tempos de funcionamento de 0 e 700 horas, verificaram-se reduções de 16,25 e 12,5% no valor de Us dos modelos M2 e M3, respectivamente. As variações de uniformidade afetam o cultivo, tanto quando ocorrem acima como abaixo da média, pois variações superiores indicam um excesso de água que afetará a eficiência de irrigação; já as variações inferiores indicam que a planta receberá menos água do que necessita, podendo diminuir a produtividade.

CONCLUSÕES

Todos os parâmetros de qualidade da água analisados encontraram-se dentro dos padrões desejados, com exceção do Fe.

As análises de laboratório identificaram os gêneros *Gallionella* e *Leptothrix* nos tubogotejadores, constatando-se a presença de 1 a 10 filamentos/células em todas as amostras.

O alto teor de ferro total presente na água representa risco severo ao entupimento de emissores. Seu efeito foi comprovado nas avaliações, onde se verificou que após 700 h de funcionamento o modelo M1 apresentou reduções nos valores de Us e

vazão de 28,35 e 26,1%, respectivamente; o modelo M2 apresentou reduções de 16,25 e 27,4%, respectivamente; para o modelo M3, a redução foi de 12,5 % no valor do Us, tendo apresentado um incremento de 1% em sua vazão.

ABSTRACT: This work objectified to identify to the main causes of clogging in three models of drip lines (M1, M2 and M3), to characterize the quality of the water used in the irrigation, as well as verifying the gender of ironbacterias causing of clogging. The uniformity of application of water was evaluated, through the discharge and the Coefficient of Statistic Uniformity (Us). In accordance with the gotten results concluded that all of the parameters of quality of the water analyzed met inside of the wanted patterns, except for the iron. The gender *Gallionella* and *Leptothrix* had been identified in drip lines. After 700 h of operation, the discharge of the drip lines M1 and M2 reduced 26,13 and 27,4%, respectively, and increased 1% for M3. The reductions in the values of Us for model M1, M2 and M3: 28,35; 16,25 and 12,5%.

KEYWORDS: Drip irrigation. Iron bacteria. Clogging.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington: D.C: American Public Health Association. 2005.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Tradução de H. R. Gheyi; J. F. de Medeiros e F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).
- BATISTA, R. O.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C. Influência da aplicação de esgoto sanitário tratado no desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento montado em campo. **Acta Scientiarum. Technoogy**, v. 28, n. 2, p. 213-217, 2006.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2008. 625 p.
- BRALTS, V. F.; EDWARD, D. M.; WU, I. P. Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept. In: HILLEL, D. (Ed). **Advances in irrigation**. Orlando: Academic Press, v. 4, p. 67-117, 1987.
- BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 2, p. 149-162, 1979.
- BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S. **Trickle irrigation for crop Production**: design, operation and management. Amsterdam: Elsevier, 1986, 163p.
- CORDEIRO, E. A. **Influência do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- CORDOVILLE, C. Saneamento, Microorganismos e Exobiologia. In: SEMANA DE ENGENHARIA DA UFF, 7., E SEMINÁRIO FLUMINENSE DE ENGENHARIA, 4., 2005, Niterói. **Anais...** Niterói, 2005.
- CUNHA, F. F., MATOS, A. T.; BATISTA, R. O.; MONACO, P. A. L. 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.

- ENGLISH, S. D. Filtration and water treatment for micro-irrigation. In: INTERNACIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, 3, Fresno, **Proceedings**. St Joseph: ASAE, 1985, p.50-57.
- FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de Sistemas de Irrigação Localizada: Validação de Equações. **Scientific Agricultural**, Piracicaba, v. 58, n. 2, 2001.
- FORD, H. A.; TUCKER, D. P. H. Clogging of drip systems from metabolic products of iron and sulfur bacteria. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., San Diego, 1986. **Proceedings**. San Diego, 1986. p. 212-214.
- GILBERT, R. G.; FORD, H. W. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F. S.; BULKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 142-63.
- GILBERT, R. G.; NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Trickle irrigation: prevention of clogging. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, p. 514-519, 1979.
- HERNANDEZ, F. B. T.; PETINARI, R. A. Qualidade da água para irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 58-60.
- MARQUES JÚNIOR, S. M. **Índice indicador da eficiência de filtragem eletrostática da água em irrigação localizada**. 1998. 98 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- MARTINKO, J.; JOHN, M.; PACK, J. **Biology of microorganisms**. A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey. 1997.
- MARTINS, C. C. **Efeito da cloração orgânica na uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por gotejamento utilizando água ferruginosa**. 2007. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- MATOS, A. T. **Qualidade do solo e da água**. Viçosa: AEAMG/DEA/UFV, 102p, 2007. (Caderno didático n. 33).
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513p.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCUS, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, v. 13, p. 129-39, 1992.
- RESENDE, R. S.; CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, R. D. Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 156-160, 2001.
- RESENDE, R. S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação**. 1999. 77 f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, USP, Piracicaba, 1999.
- SOUZA, J. A. A., CORDEIRO, E. A.; COSTA, E. L. Aplicação de hipoclorito de sódio para recuperação de gotejadores entupidos em irrigação com água ferruginosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 5-9, 2006.