

OBSTRUÇÃO DE GOTEJADORES UTILIZADOS PARA A APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA DESPOLPA DOS FRUTOS DO CAFEIEIRO

Rafael Oliveira Batista; Antonio Teixeira de Matos; Fernando França da Cunha; Paola Alfonsa Lo Monaco

Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

1 RESUMO

A realização deste trabalho objetivou identificar os principais fatores causadores de entupimento em gotejadores tipo fita, quando utilizados para a aplicação de água residuária bruta da despolpa dos frutos do cafeeiro (ARCB) e tratada em filtro orgânico (ARCF). Foi montada uma estrutura hidráulica de avaliação, constituída de gotejadores do modelo AQUA-TRAXX, não autocompensante, posicionados no espaçamento de 0,3 m. Manteve-se a pressão de serviço no início das linhas laterais em 101 kPa, e quantificaram-se a intervalos de 36 horas, as vazões dos gotejadores, até a obtenção de um tempo total de 144 horas de operação do sistema. Com a aplicação de ARCB, houve redução de 100% no CUD após 36 horas e, com a aplicação da ARCF, essa redução ocorreu após 144 horas de funcionamento do sistema. A utilização do filtro orgânico retardou o entupimento dos gotejadores, entretanto, não preveniu o desenvolvimento do filme biológico na tubulação e junto aos emissores. A formação de biofilme foi resultante da interação entre bactérias formadoras de mucilagens (principalmente aeróbias mesófilas, para a ARCB, e enterobactérias, para a ARCF) e sólidos suspensos e dissolvidos, consistindo no principal fator de entupimento parcial e total dos gotejadores.

UNITERMOS: Biofilme, entupimento, emissores.

BATISTA, R. O.; MATOS, A. T. DE; CUNHA, F. F. DA; LO MONACO, P. A. OBSTRUCTION OF DRIP TAPE USED FOR APPLYING WASTEWATER FROM COFFEE FRUITS PULPING

2 ABSTRACT

This study aimed to identify the main factors of the drip tape clogging, when used in the application of untreated wastewater from coffee fruit pulping (ARCB) and treated wastewater from an organic filter (ARCF). For that, a hydraulic structure of evaluation was built, consisting of non-pressure compensating drippers of the model AQUA-TRAXX positioned in 0.3m spacing. Service pressure was kept, in the beginning of the lateral lines, at 101 kPa; the discharges of the drippers were quantified every 36 hours, until a total time of 144 hours of the system operation. For the ARCB application, the CUD reduction was 100%, after 36 hours of the system operation, and for the ARCF application, this reduction was verified after 144 hours. The use of the organic filter delayed the clogging of the drippers but this did not prevent the biofilm development on the tubes and emitters. The biofilm formation was resultant of the interaction between mucilage producer bacteria (mainly aerobic mesophilic, for the ARCB, and enterobacteria, for the ARCF) and suspended and dissolved solids that consisted the main factor of partial and total clogging of drippers.

KEYWORDS: Biofilm, clogging, emitters.

3 INTRODUÇÃO

A atividade de lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro, necessária para a redução do custo de secagem e a melhoria da qualidade de bebida, é geradora de grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, ricos em material orgânico e inorgânico que, se dispostos no meio ambiente sem tratamento, podem causar grandes problemas ambientais como degradação ou destruição da flora e da fauna, além de comprometer a qualidade da água e do solo.

A utilização de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola. Entretanto, para que isso possa se tornar uma prática viável, é preciso que sejam desenvolvidas técnicas de tratamento, aplicação e manejo de águas residuárias (MATOS, 2003).

Se, por um lado, a utilização das águas residuárias na agricultura minimiza o problema da contaminação dos corpos hídricos receptores, por outro, em razão das pequenas dimensões dos orifícios dos gotejadores, a qualidade hídrica torna-se um fator essencial, uma vez que a formação de biofilme, resultante da interação entre bactérias e algas, pode provocar obstruções, reduzindo, consideravelmente, a uniformidade de aplicação de água e, conseqüentemente, a eficiência do sistema (ADIN et al. 1991; SAGI et al. 1995).

Existem muitos fatores físicos, químicos e biológicos nas águas superficiais, subterrâneas e residuárias com elevado potencial de entupimento, particularmente de gotejadores. Análises detalhadas de gotejadores têm indicado que os gêneros de bactérias *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Clostridium*, *Flavobacterium*, *Brevibacterium*, *Micrococcus* e *Bacillus* podem propiciar problemas de obstruções (GILBERT & FORD, 1986). De acordo com Batista (2004), a aplicação de esgoto sanitário tratado via sistema de irrigação por gotejamento propiciou o desenvolvimento de um biofilme verde, resultante da interação entre bactérias formadoras de mucilagem e algas, no interior das linhas laterais e dos gotejadores.

O referido autor afirma, ainda, que as bactérias formadoras de mucilagens eram dos gêneros *Pseudomonas*, *Enterobacter* e *Clostridium*. Ferrobactérias e cianobactérias foram também identificadas, porém, com nível populacional muito baixo.

A formação de depósitos gelatinosos, resultantes da interação entre partículas orgânicas e inorgânicas, algas e zooplâncton, tem sido o fator central no processo de entupimento de gotejadores utilizados na aplicação de água residuárias (RAVINA et al. 1992; RAVINA et al. 1997). Estudos realizados por Taylor et al. (1995) evidenciaram que as interações entre fatores físicos, químicos e biológicos foram responsáveis por 90% dos gotejadores entupidos.

Taylor et al. (1995) propuseram uma teoria sobre os mecanismos de entupimento de gotejadores por biofilme. Segundo estes autores, o desenvolvimento de biofilme dentro de linhas laterais é um processo complexo, que se inicia pela deposição de algas e de outros sólidos orgânicos, no ambiente escuro do interior das linhas laterais. As altas concentrações de matéria orgânica estimulam o crescimento de bactérias heterotróficas formando o biofilme. As forças hidráulicas que surgem durante a operação do sistema desprendem fragmentos do biofilme, e posteriormente, tais espaços vazios podem ser rapidamente, ocupados por outras partículas orgânicas transportadas pelo efluente. Os fragmentos do biofilme são, então, depositados sobre as partículas inorgânicas que estavam inicialmente alojadas nas estreitas passagens dos gotejadores, desencadeando, assim, o processo de entupimento.

O trabalho objetivou identificar os principais fatores causadores de entupimento em gotejadores tipo fita, quando utilizados na aplicação de água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro, nas condições bruta e previamente tratada em filtro orgânico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental foi realizado na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Nesta área experimental foram montadas duas plataformas de testes, cada qual com três unidades de gotejamento e cada uma com quatro linhas laterais. Nos testes foram utilizadas gotejadores tipo fita do modelo AQUA-TRAXX fabricado pela TORO, com as seguintes especificações técnicas: vazão nominal de 1,0 l h⁻¹ à pressão de 56 kPa, espaçamento entre gotejadores de 0,3 m e variação de pressão de 29 a 101 kPa.

Parte da água residuária bruta da despolpa dos frutos do cafeeiro foi submetida a um tratamento primário, pela passagem em filtro orgânico, constituído por coluna de 1,20 m de altura, tendo o pergaminho dos grãos de café como elemento filtrante, na granulometria de 3-4 mm, conforme recomendações de Lo Monaco et al. (2002), antes da sua condução até o sistema de aplicação por gotejamento.

Em amostras da água residuária bruta (ARCB) e da água residuária tratadas (ARCF), coletadas antes de sua circulação no sistema de aplicação, realizaram-se a determinação do pH e a quantificação das concentrações dos sólidos totais, suspensos, dissolvidos, sólidos fixos totais e sólidos voláteis totais. Análises físicas e químicas das águas residuárias foram realizadas no Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

Na condução do experimento, as unidades de aplicação de água foram operadas, separadamente, sendo mantida, no início das linhas laterais, pressão de serviço de 101 kPa, propiciando vazões médias iniciais nos gotejadores de 1,25 e 1,35 l h⁻¹, nas unidades de aplicação da ARCB e ARCF, respectivamente.

Durante o período de testes, realizaram-se cinco avaliações das vazões dos gotejadores, a cada 36 horas, por meio da seleção de 16 gotejadores, equidistantes, em cada linha lateral. A vazão de cada gotejador avaliado foi obtida por meio da razão entre o volume de água residuária coletada e um tempo de coleta de três minutos. Os dados de vazão foram interpretados por meio do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), calculado conforme apresentado na Equação 1.

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{q} \quad (1)$$

em que:

CUD : coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

$q_{25\%}$: valor médio dos 25% menores valores de vazões dos gotejadores, l h⁻¹; e

q : valor médio da vazão dos gotejadores, l h⁻¹.

O experimento foi conduzido no período de 03/07 a 13/08 de 2004, período em que a unidade de aplicação funcionou, em média, quatro horas por dia e sete dias por semana.

Após 36 horas de funcionamento das unidades de aplicação de ARCB e de 144 horas da de ARCF, considerado tempo máximo de operação do sistema de aplicação das águas residuárias, foram retiradas amostras de gotejadores pertencentes ao sistema hidráulico de distribuição e aplicação das águas, para análise do material sedimentado e formado nas tubulações e junto aos emissores. Análises microbiológicas foram realizadas no Departamento de Microbiologia da UFV. Nas análises microbiológicas procurou-se identificar e quantificar o nível populacional das bactérias presente no biofilme formado junto aos emissores e nas tubulações das linhas laterais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação de águas residuárias da despolpa de frutos do cafeeiro, houve a formação de biofilme dentro e fora dos gotejadores, o que proporcionou o entupimento parcial ou total dos emissores. Na Figura 1 está apresentado o detalhamento da acumulação de biofilme dentro e fora de gotejadores que foram parcial (a, b) e totalmente (c, d) entupidos. Observa-se, nessa figura, que a estrutura causadora de perda de carga (frisos vermelhos) favoreceu o desenvolvimento do biofilme, particularmente no que se refere à deposição de sólidos orgânicos presentes na água residuária.

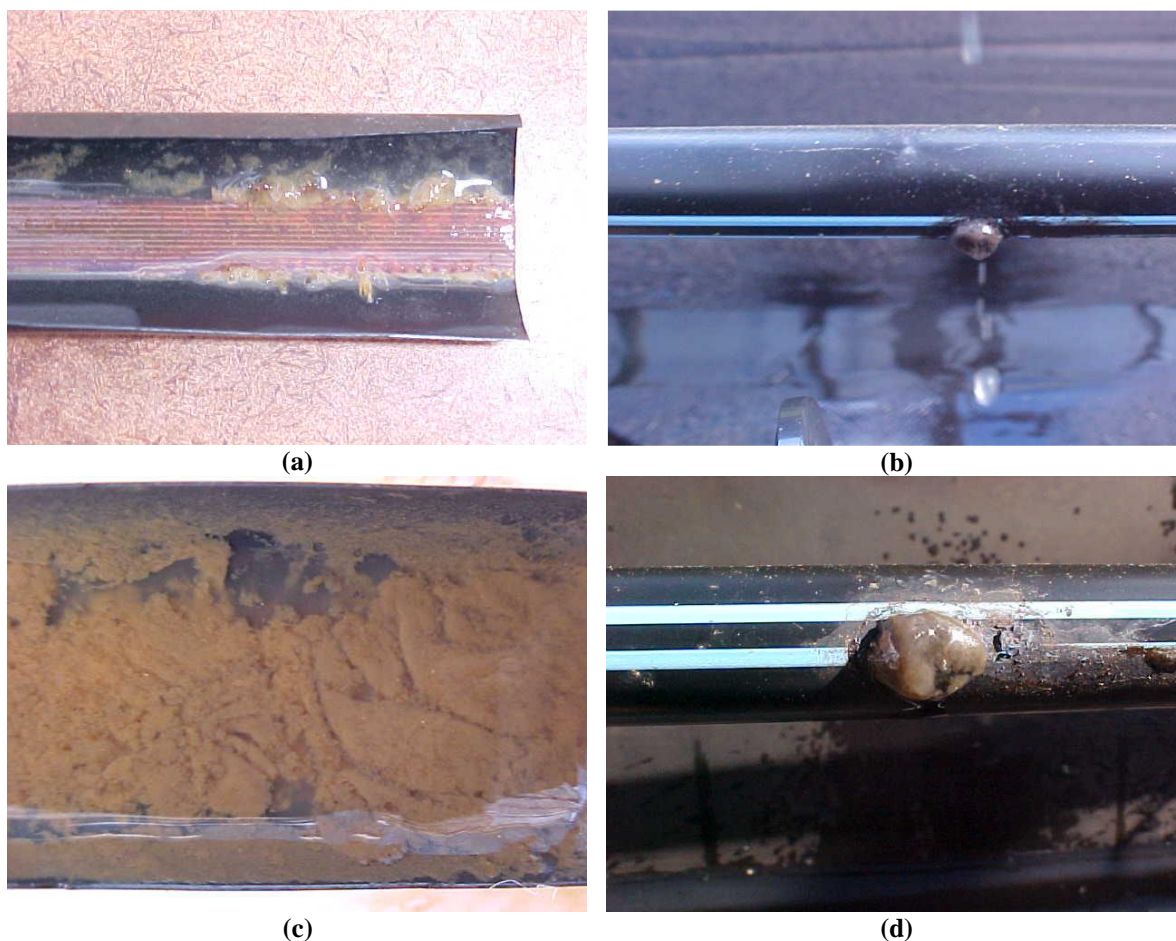


Figura 1 - Detalhe do acúmulo de material e formação de biofilme dentro e fora de gotejadores parcial (a, b) e totalmente (c, d) entupidos, com a aplicação da água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro.

No Quadro 1 estão apresentados os resultados das análises químicas e físicas de amostras da ARCB e ARCF utilizadas nos ensaios. Verifica-se, pelos resultados apresentados que, tanto a ARCB como a ARCF apresentaram pH baixo o que, segundo Bucks et al. (1979), proporciona baixo risco de entupimento de emissores. No que se refere à concentração de sólidos dissolvidos, os valores obtidos, tanto para amostras da ARCB como da ARCF, estão na condição de risco severo de entupimento. A concentração de sólidos suspensos na ARCB está no limite entre o risco de entupimento moderado e severo, enquanto a encontrada na ARCF está na condição de baixo risco de entupimento dos emissores (BUCKS et al., 1979).

Quadro 1 - Atributos físicos e químicos da água residuária bruta da despolpa dos frutos do cafeeiro (ARCB) e da água residuária filtrada da despolpa dos frutos do cafeeiro (ARCF)

Atributos	Unidades	ARCB	ARCF
pH	-	4,4	4,5
Sólidos totais	mg l ⁻¹	4.016	3.708
Sólidos suspensos	mg l ⁻¹	100	23
Sólidos dissolvidos	mg l ⁻¹	3.916	3.685
Sólidos fixos	mg l ⁻¹	1.018	800
Sólidos voláteis	mg l ⁻¹	2.998	2.908

No Quadro 2 estão apresentados os valores do CUD calculados ao longo do tempo de operação do sistema hidráulico de aplicação da ARCB e ARCF. Verifica-se, com base nos dados apresentados nesse quadro, o alto potencial de entupimento que apresentam os gotejadores, quando usados como emissores de águas residuárias bruta e filtrada da despolpa dos frutos do cafeeiro. A formação de incrustações e, mais especificamente, de biofilme no interior dos emissores provocou reduções drásticas na uniformidade de aplicação dessas águas. Os valores médios do CUD, na unidade de aplicação de ARCB foram de 92,4 e 0,0% para 0 e 36 horas de funcionamento do sistema, respectivamente. De acordo com esses resultados, ocorreu redução de 100% no CUD após 36 horas de operação do sistema, algo inaceitável no caso da aplicação de água em irrigação. Comportamento semelhante foi observado para a unidade de aplicação de ARCF, na qual, após 144 horas de funcionamento do sistema, o CUD também apresentou redução de 100%.

Quadro 2 - Valores do CUD ao longo das horas de funcionamento para as unidades de irrigação abastecidas com água residuária bruta da despolpa dos frutos do cafeeiro (ARCB) e água residuária filtrada da despolpa dos frutos do cafeeiro (ARCF)

Repetições	Horas de funcionamento				
	0	36	72	108	144
ARCB					
CUD (%)					
R1	96,2	0,0			
R2	94,2	0,0			
R3	86,9	0,0			
Média	92,4	0,0			
ARCF					
CUD (%)					
R1	93,4	18,3	3,7	0,0	0,0
R2	96,2	32,3	6,0	0,5	0,0
R3	91,1	38,9	9,3	0,5	0,0
Média	93,6	29,9	6,4	0,3	0,0

Ainda que se saiba que na aplicação de águas residuárias, quando da fertirrigação de culturas agrícolas, não se obtenha uniformidade de aplicação tal como as requeridas quando da aplicação de água “limpa”, verificou-se que, quando da aplicação de ARCF por um período de tempo de apenas 36 horas, foram obtidos valores de CUD menores que 40%, o que pode ser considerado inaceitável, mesmo para águas residuárias. Por esta razão, entende-se que tratamento físico-químico, tal como já discutido anteriormente, seja essencial para que promova maior eficiência dos filtros na remoção de sólidos dissolvidos.

No Quadro 3 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas efetuadas na mucilagem formada ao longo das tubulações e, principalmente, junto aos emissores. Foram identificadas bactérias aeróbias mesófilas e enterobactérias no material sólido presente no sistema hidráulico de aplicação da ARCB, enquanto que no material presente no sistema hidráulico de aplicação da ARCF identificou-se somente o grupo das enterobactérias. Os sólidos suspensos e dissolvidos presentes na água residuária (Quadro 1), ficaram presos à mucilagem bacteriana à medida que o tempo de aplicação foi aumentando, proporcionando aumento do volume de biofilme formado.

Quadro 3 - Resultados das análises microbiológicas do biofilme formado no interior das linhas laterais nas unidades de irrigação por gotejamento aplicando água residuária bruta da despolpa dos frutos do cafeeiro (ARCB) e água residuária filtrada da despolpa dos frutos do cafeeiro (ARCF)

Microrganismos	Unidades	ARCB	ARCF
Contagem padrão de bactérias aeróbias mesófilas	UFC mL ⁻¹	3,4 x 10 ⁷	ND
Contagem de enterobactérias	UFC mL ⁻¹	< 10 ²	4,5 x 10 ⁴

* UFC : Unidades Formadoras de Colônias

** ND : Não detectado

6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- águas residuárias da despolpa de frutos do cafeeiro apresentam elevado risco de entupimento de emissores, mesmo que submetidas a tratamento em filtros orgânicos;
- a utilização do filtro orgânico retardou o entupimento dos gotejadores em razão de ter proporcionado a remoção de parte dos sólidos da água residuária, entretanto, não impediu a formação de filme biológico junto aos emissores;
- a formação de biofilme, resultante da interação entre bactérias formadoras de mucilagens e sólidos suspensos e dissolvidos, consistiu no principal fator de entupimento parcial e total de gotejadores que aplicaram água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro.
- a água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro deve ser submetida a tratamento físico e físico-químico caso venha a ser aplicada por gotejamento para fertirrigação de culturas agrícolas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIN, A.; SACKS, M. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. **Journal of the Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 117, n. 6, p. 813-826, 1991.

BATISTA, R. O. **Influência da aplicação de esgoto sanitário tratado sobre sistemas de irrigação por gotejamento**. 2004. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBET, R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.2, n.2, p. 149-162, 1979.

CABANELLAS, C.F.G. **Tratamento da água sob recirculação, em escala laboratorial, na despolpa dos frutos do cafeeiro**. 2004. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

GILBERT, R. G.; FORD, H. W. Operational principles. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (Ed.). **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 142-163.

MONACO, P.A. Lo et al. Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1-4, p. 40-47, 2002.

MATOS, A.T. Tratamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento do fruto do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de café**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, 2003. p. 647-708.

RAVINA, I. et al. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 33, n. 2-3, p. 127-137, 1997.

RAVINA, I. et al. Control of clogging in drip irrigation with stored reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, New York, v. 13, n. 3, p. 129-139, 1992.

SAGI, G. et al. Clogging of drip irrigation systems by colonial protozoa and sulfur bacteria. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5., 1995, Orlando. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1995. p. 250-254.

TAYLOR, H. D. et al. Drip irrigation with waste stabilisation pond effluents: Solving the problem of emitter fouling. **Water Science Technology**, London, v. 31, n. 12, p. 417-424, 1995.