

## **RISCOS DE ENTUPIMENTO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA APLICANDO ESGOTO DOMÉSTICO BRUTO**

D.C. FERREIRA<sup>1</sup>; A.A. SOARES<sup>2</sup>; J. A. R de SOUZA<sup>3</sup> M.R.VICENTE<sup>4</sup>; C.C.  
CASTRO<sup>6</sup>; R. O. BATISTA<sup>5</sup>

**RESUMO:** Neste trabalho foram avaliados os coeficientes de uniformidade de aplicação (CUC) e distribuição (CUD) de um sistema aplicando lâminas de esgoto doméstico bruto e foram conduzidas análises de sólidos com o objetivo de quantificar o risco de entupimento pela aplicação de esgoto doméstico. O esgoto apresentou concentrações de sólidos suspensos e totais abaixo da média sugerida pela literatura e também apresentou risco severo de entupimento devido à presença de sólidos totais. A abertura de final de linhas não apresentou melhoria da uniformidade do sistema, enquanto a remoção e limpeza dos gotejadores entupidos melhorou a uniformidade, que variou de 70 a 85%.

**PALAVRAS CHAVE:** Esgoto doméstico, entupimento, uniformidade de sistemas

## **CLOGGING RISK OF DRIP IRRIGATION SYSTEM APPLYING GROSS DOMESTIC SEWAGE**

**ABSTRACT:** In this work the Christiansen uniformity of application (CUC) and distribution (CUD) of a drip system applying gross domestic sewage and the concentration of solids were assessed monthly in order to quantify the risk of clogging due to sewage application. The sewage presented concentrations of suspended and total solids below the mean values suggested by literature however presented a severe risk of clogging due to total solids concentration. The uniformity varied from 70 to 85% and the opening of line endings did not present improvement on the system uniformity, but removal and replacement of clogged emitters did.

**KEY WORDS:** Domestic sewage, clogging, irrigation system uniformity

---

<sup>1</sup> Engº Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Rua Afonso Pena, 120/202 Centro CEP: 36570-000, Viçosa, MG. Fone: ( 31) 8854-6169 e-mail: faraell@gmail.com;

<sup>2</sup> Professor Titular Eng. Agrícola, DEA/UFV;

<sup>3</sup> Doutorando em Eng. Agrícola, DEA/UFV;

<sup>4</sup>;Doutorando em Eng. Agrícola, DEA/UFV

<sup>6</sup> Estudante de Agronomia, UFV

<sup>55</sup> Doutor em Eng. Agrícola, DEA/UFV.

**INTRODUÇÃO:** O entupimento de gotejadores é o maior problema associado à operação de sistemas de irrigação por gotejamento, especialmente quando estes aplicam águas residuárias (Ravina et al., 1997). Existem muitos fatores químicos, físicos e biológicos nas águas superficiais, subterrâneas e residuárias relacionados ao entupimento em sistemas de aplicação, especialmente de gotejadores e, em muitos casos, tais fatores encontram-se inter-relacionados, o que dificulta ainda mais o controle deste problema (Feigin et al., 1991).

Algumas características presentes nas águas residuárias podem favorecer o entupimento de gotejadores. A presença de sólidos suspensos, que na maioria das vezes apresentam componentes orgânicos e inorgânicos (Batista, 2007) no esgoto doméstico, apresenta risco físico de entupimento dos gotejadores enquanto os sólidos dissolvidos apresentam riscos químicos de entupimento (Keller & Bliesner, 1990; Matos, 2004). Bucks et al. (1979) propuseram um quadro de classificação de água residuária indicando critérios relativos ao risco de entupimento de gotejadores (quadro 3).

Quadro 3 - Critérios para avaliação do potencial de entupimento de gotejadores por fontes de água que abastecem sistemas de irrigação localizada

Fatores	Risco de entupimento		
	Baixo	Moderado	Severo
<b>Físico</b>			
Sólidos suspensos (mg L-1)	< 50	50 – 100	> 100
<b>Químico</b>			
pH	< 7,0	7,0 – 8,0	> 8,0
Sólidos dissolvidos (mg L-1)	< 500	500 – 2.000	> 2.000
Manganês (mg L-1)	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Ferro total (mg L-1)	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Sulfeto de hidrogênio (mg L-1)	< 0,2	0,2 – 2,0	> 2,0
<b>Biológico</b>			
População bacteriana (nº mL-1)	< 1 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>4</sup> – 5 x 10 <sup>4</sup>	> 5 x 10 <sup>4</sup>

Fonte: BUCKS et al. (1979).

A presença de microrganismos também é um fator importante, e o crescimento de colônias de microrganismos em sistemas de aplicação é vastamente citado por Batista et al. (2006). O entupimento de gotejadores ocasionado por agentes biológicos, na maioria das vezes, está associado à formação de mucilagens, que é afetada pelas características temperatura, matéria orgânica e pH das águas residuárias, assim como o crescimento de populações microbiológicas (Ravina et al., 1997; Batista 2007). O mesmo autor afirma que a concentração de oxigênio dissolvido na água residuária também interfere diretamente no crescimento de microrganismos e, portanto, no entupimento dos sistemas de aplicação.

Elementos químicos também podem favorecer o entupimento. A salinidade pode trazer problemas de obstrução dos gotejadores quando existe interação entre os íons, gerando precipitados ou o desenvolvimento de lodos (Batista, 2007). De acordo com Nakayama et al. (2006) os precipitados químicos resultam das reações de íons catiônicos cálcio, magnésio, manganês e ferro com íons aniônicos sulfatos, fosfatos, silicatos e hidróxidos, além de reações com outras substâncias orgânicas.

Assim, objetivou-se avaliar a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação por gotejamento aplicando esgoto doméstico bruto, e buscar possíveis causas de entupimento do sistema.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado na Área Experimental de Tratamento de Resíduos (AETR), localizada na Universidade Federal de Viçosa – UFV, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola – DEA. A AETR é constituída por uma estação elevatória e uma unidade de tratamento preliminar, abastecida pelo esgoto proveniente do condomínio residencial Bosque Acamari, 0,14 ha plantado com cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) em 2002, quatro faixas de escoamento superficial cultivadas com capim Tifton 85 do gênero *Cynodon* e uma lagoa de maturação com capacidade de armazenagem de 300 m<sup>3</sup>.

Para realização do experimento, usou-se apenas parte da AETR (unidade de tratamento preliminar e 0,14 ha de cafeeiro arábica) e infra-estrutura para aplicação de esgoto doméstico tratado de forma preliminar composta de uma linha de derivação que capta a água residuária bruta da adutora e a conduz a um filtro de areia. Após a filtração, o esgoto doméstico era armazenado em tanque com capacidade de 2.500 L, no qual há um conjunto motobomba acoplado, que possibilita a sua aplicação utilizando-se um sistema de irrigação por gotejamento, depois de passar por um filtro de disco de 1”, com malha de 120 mesh e capacidade de filtração de até 5,0 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>.

No presente experimento foi feita aplicação de esgoto doméstico, por um período de quatro meses, de abril a julho de 2007. As lâminas totais aplicadas em cada tratamento foram 180, 350, 480 e 638 mm, para os tratamentos T2, T3, T4 e T5, respectivamente

As lâminas diárias aplicadas variaram e foram, em média 4,85, 6,80, 6,47 e 10,62 mm nos meses de abril, maio, junho e julho, respectivamente.

A uniformidade de aplicação do sistema foi medida mensalmente e interpretada por meio dos coeficientes CUC e CUD, apresentados nas Equações 1 e 2. Todos os gotejadores

das linhas laterais tiveram sua vazão medida, por serem somente 40 gotejadores por fileira de plantas (bloco). A uniformidade pôde ser calculada para cada tratamento dentro de cada bloco. As médias dos tratamentos e dos blocos foram, então, calculadas e comparadas com a classificação proposta por Keller e Bliesner (1999) e também com as uniformidades obtidas em amostragens seguintes.

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum |z_i - \bar{z}|}{\bar{z} n} \right] \quad (1)$$

em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

$z_i$  - precipitação obtida no coletor de ordem  $i$ , mL;

$\bar{z}$  - precipitação média dos coletores, mL; e

$n$  - número de amostras coletadas, adimensional.

$$CUD = \frac{\bar{z}_{(25)}}{\bar{z}} 100 \quad (2)$$

em que:

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

$\bar{z}_{(25)}$  - média dos primeiros 25 % menores valores de precipitações coletadas na avaliação, mL; e

$\bar{z}$  - precipitação média de todas as observações, mL.

Após a avaliação da uniformidade, os gotejadores cujas vazões se encontravam muito abaixo da média eram tratados com solução de ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) através de imersão em solução para remoção do material que causava entupimento e, quando muito acima da média do sistema, os gotejadores eram substituídos. Ao serem trocados por gotejadores limpos a uniformidade do sistema aumentava mas em seguida voltava a diminuir com o funcionamento do sistema.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A concentração média de sólidos totais foi de 603,5 mg L<sup>-1</sup> no esgoto doméstico, estando abaixo da faixa sugerida por Von Sperling (1996), entre 700 e 1.350 mg L<sup>-1</sup>. Comparativamente ao reportado por Souza (2005), as concentrações foram superiores. Esse autor obteve concentração média de sólidos totais de 528 mg L<sup>-1</sup>.

Quadro 9. Concentração de sólidos no esgoto doméstico (mg L<sup>-1</sup>).

Mês	ST	SF	SV	SST	SDT	SSF	SSV
----- mg L <sup>-1</sup> -----							
Abril	669,5	227,5	442	143	526,5	1,0	142
Maio	645	437	208	104	541	-	-
Junho	496	250	246	126	370	-	-
Média	603,50	304,83	298,67	124,33	479,17	1,00	142,00

ST – Sólidos totais; SF – Sólidos fixos; SV – Sólidos voláteis; SST – Sólidos suspensos totais; SDT – Sólidos dissolvidos totais; SSF – Sólidos suspensos fixos; SSV – Sólidos suspensos voláteis.

Em relação aos sólidos suspensos, o esgoto apresentou concentração média de 479,17 mg L<sup>-1</sup>, que se encontra abaixo da faixa sugerida por Von Sperling (1996), a qual varia de 500 a 900 mg L<sup>-1</sup>.

De acordo com os propostos por Bucks et. al. (1979) (quadro 3), o esgoto doméstico apresenta risco severo de entupimento devido à presença de sólidos totais na água. Os sólidos totais representam riscos físicos de entupimento, enquanto os sólidos dissolvidos apresentam riscos químicos. Em relação a estes, o esgoto apresentou risco moderado a baixo de entupimento.

A uniformidade do sistema variou bastante durante a realização do experimento. O sistema já se encontrava instalado há 4 anos e, em geral, não apresentava boa uniformidade. No início do experimento foi feita uma avaliação do sistema de irrigação que resultou em uniformidade ruim para aplicação de água residuária, em torno de 70 % (quadro 2). Esse mesmo valor ocorreu no mês seguinte, mas no último mês de avaliação, a uniformidade foi muito boa, chegando a 85 %, que seria considerada uniformidade ideal para sistemas de irrigação localizada. As águas residuárias apresentam inúmeras características que as distinguem da água limpa, sendo a mais importante e maior responsável por entupimentos, a presença de sólidos em suspensão e dissolvidos.

Contudo, após a remoção dos gotejadores obstruídos e o seu tratamento com ácido, a uniformidade do sistema melhorou, chegando a níveis próximos do satisfatório.

Quadro 7 - Valores de CUC e CUD dos sistemas de aplicação de esgoto e água limpa.

Tempo de operação (h)	CUC esgoto	CUC água	CUD esgoto
45 (maio)	71,0 %	98,4 %	70,6 %
45 (junho)	68,9 %	94,7 %	71,2 %
150 (julho)	85,2 %	96,6 %	75,4 %

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%) e CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição

Altas concentrações de sólidos favorecem o desenvolvimento de biofilmes, que formam uma mucilagem nos emissores, obstruindo-os, afetando a uniformidade de aplicação do sistema (Ravina et al., 1997). Batista et al. (2006) reportaram reduções de 4 a 32% na uniformidade de aplicação do sistema, aplicando esgoto doméstico tratado, após 560 h de funcionamento. Os mesmos autores afirmaram que a formação de biofilme proporcionou entupimento parcial e total dos emissores. Medeiros (2005) observou coeficientes de distribuição excelentes no início do experimento e ao final, observou CUDs bons, na média 88 %., aplicando esgoto doméstico tratado. Uma diferença importante entre o esgoto doméstico tratado e bruto, é a concentração de oxigênio dissolvido. No esgoto bruto, a concentração é menor, o que não favorece tanto o desenvolvimento de microrganismos, comparativamente ao esgoto tratado, em que a concentração deste elemento é bem maior, provocando maior formação de biofilmes biológicos.

Um dos maiores problemas observados durante o experimento foi o desenvolvimento de larvas de mosquitos no reservatório principal. Com o funcionamento do sistema, as larvas obstruíam o filtro de disco e causavam diminuição drástica da pressão do sistema. Tal problema foi solucionado com a renovação diária do esgoto, o que evitava a eclosão de ovos de mosquitos. Outra solução foi a limpeza periódica da caixa de esgoto.

É importante trabalhar com baixas vazões no filtro de areia, pois a sujeira retida neste filtro é carregada quando vazões mais altas são aplicadas. Além disso, há remoção do material filtrante juntamente com o esgoto doméstico, o que também causa entupimento nos sistemas de aplicação.

Outras práticas de manejo como abertura do final de linhas eram feitas periodicamente, mas, em geral, a uniformidade do sistema não se apresentava satisfatória.

Já a aplicação de água limpa não apresentou problemas de entupimento, tampouco grandes variações dos coeficientes de uniformidade CUC e CUD (quadro 6).

**CONCLUSÃO:** O esgoto doméstico bruto, tratado preliminarmente, apresenta riscos de entupimento de sistemas de irrigação por gotejamento, principalmente devido à presença de sólidos totais e dissolvidos, contudo, a menor concentração de oxigênio dissolvido não favorece tanto a formação de biofilmes biológicos.

Práticas como abertura de final de linhas, são efetivas, mas após algum tempo de funcionamento há redução da uniformidade do sistema. A remoção e limpeza de gotejadores obstruídos bem como a substituição daqueles com vazões muito acima da média demonstrou ser uma prática bastante funcional e efetiva na manutenção do funcionamento do sistema.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BATISTA, R.O., SOARES, A.A., MATOS, A.T., MANTOVANI, E.C., EUCLIDES, R.M.A. Suscetibilidade ao entupimento de gotejadores mediante a aplicação de esgoto sanitário tratado. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.14, n.2, 81-87, Abr./Jun, 2006.

BATISTA, R.O. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento utilizado na aplicação de água residuária de suinocultura. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

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

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991.

RAVINA, I., PAS, E., SOFER, Z., MARCU, A., SCHICHA, A., SAGI, G. YECHIALI, Z.; LEV, Y. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. Agricultural Water Management, Amsterdam, v. 33, p. 127 – 137, 1997

KELLER, J.; BLIESNER R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 649 p., 1990.

MATOS, A.T. Aproveitamento de efluentes líquidos domésticos e agroindustriais na agricultura. In: Encontro de Preservação de mananciais da Zona da Mata Mineira, 3. Viçosa: Anais. Viçosa: UFV, 2003. 392p

MATOS, A. T. Disposição de águas residuárias no solo. Série caderno Didático, n. 38. Engenharia na Agricultura. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2004

MEDEIROS, S. S. Alterações físicas e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

NAKAYAMA, F. S.; BOMAN, B. J.; PITTS, D. Maintenance. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. (Eds.) Microirrigation for crop production: Design, Operation and Management. Amsterdam, cap. 1, p. 389 – 430, 2006.

SOUZA, J. A. A. Uso de água residuária de origem doméstica na fertirrigação do cafeeiro: efeitos no solo e na planta. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; v.1, 452 p, 2005.

egos Localizados de Alta Frecuencia. 2 ed. Madrid. 471p. 1990.