

INFLUÊNCIA DE EFLUENTE DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE GOTEJADORES AUTOCOMPENSANTES

JOÃO A. FISCHER FILHO¹, YANE F. DA SILVA², ANDERSON P. COELHO⁴,
ALINE M. SILVA BARBOSA⁴, JOSÉ R. ZANINI⁵

¹ Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia, Professor Assistente, Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro - IMESB, Fone: (19)98292-8964, joaofischer16@gmail.com

² Eng. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP

³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia/Produção Vegetal, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP

⁴ Eng. Ambiental, Mestra em Agronomia/Ciência do Solol, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Assistente Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: O uso do gotejamento na aplicação de efluente de estação de tratamento (EET) é o método de irrigação mais indicado, entretanto as presenças de agentes químicos, físicos e biológicos pode provocar alteração na vazão dos emissores reduzindo a uniformidade de aplicação. Objetivou-se avaliar a uniformidade de aplicação de quatro modelos de gotejadores autocompensantes (G1, G2, G3 e G4) de um sistema de irrigação usando EET, instalado na FCAV/UNESP. O EET procedia da estação de tratamento de esgoto de Jaboticabal-SP, sendo filtrado por um filtro de disco (120 mesh). Foram realizadas sete avaliações dos gotejadores (após 0, 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas de funcionamento), operando a 100 kPa. A uniformidade de aplicação foi expressa pelos coeficientes de uniformidade: Christiansen (CUC), Estatístico (US) e Distribuição (CUD). Observou-se que com o funcionamento do sistema ocorreu redução nos coeficientes avaliados, entretanto os valores de CUD diferiram para cada modelo de gotejador, apresentando no final do experimento reduções na uniformidade de distribuição entre 1,6% e 6,4%. Conclui-se que o tempo de uso do EET afeta negativamente, com intensidades diferentes, os coeficientes de uniformidade dos quatro modelos de gotejadores avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: água residuária, emissores, economia de água

INFLUENCE OF TREATED SEWAGE EFFLUENT IN THE APPLICATION UNIFORMITY OF SELF-COMPENSATING DRIPPERS

ABSTRACT: The use of drip in the application of treatment sewage effluent (TSE) is the most appropriate irrigation method, however the presence of chemical, physical and biological agents can cause changes in the flow of emitters reducing the uniformity of application. This study aimed to evaluate the uniformity of application of four models self-compensating drippers (G1, G2, G3 and G4) of an irrigation system using TSE installed in FCAV/UNESP. The TSE came from the sewage treatment plant Jaboticabal-SP, and filtered through a disc filter (120 mesh). Seven evaluations were carried out (after 0, 100, 200, 300, 400, 500 and 600 hours of operation) the emitters operating at 100 kPa. The uniformity of application was expressed by the uniformity coefficient: Christiansen (CUC), Statistics (US) and Distribution (CUD). It was observed that the functioning of the system caused reduction in the coefficients, however the CUD values differed for each emitter type, showing in the

end of the experiment reductions in distribution uniformity between 1.6% and 6.4%. The conclusion is that the TSE usage time negatively affects with different intensities the coefficients of uniformity of four models evaluated drippers.

KEYWORDS: wastewater, emitters, water saving

INTRODUÇÃO

A utilização de efluente de estação de tratamento (EET) de esgoto para irrigação é uma alternativa viável por fornecer água e nutrientes às plantas, além de despertar consciência mundial no melhor uso deste bem finito. Outro ponto a considerar é que a utilização de esgotos tratados constitui medida efetiva de controle da poluição da água, pois evita ou reduz o lançamento de esgotos em corpos d'água (LIMA et al., 2005).

Para aplicação do EET o sistema de irrigação por gotejamento é o mais indicado, por apresentar melhor uniformidade e maior eficiência de aplicação. Para Cunha et al. (2013), em um sistema de irrigação por gotejamento a uniformidade de aplicação de água está relacionada a fatores hidráulicos e à qualidade dos gotejadores, além da qualidade da água e uso da fertirrigação com sais que podem ocasionar o entupimento dos emissores, contribuindo também para a desuniformidade de aplicação. Portanto, devido à presença de agentes físicos, químicos e biológicos no EET, os gotejadores estão suscetíveis ao entupimento, o qual pode reduzir a uniformidade de aplicação e a vazão dos emissores prejudicando, conseqüentemente o desenvolvimento das culturas irrigadas (NAKAYAMA e BUCKS, 1981).

Na maioria dos estudos com águas residuárias, o entupimento tem efeito direto na redução de vazão dos gotejadores. Tajrishy, Hills e Tchobanoglous (1994) constataram a formação de biofilme resultante de mucilagens bacterianas e sólidos suspensos em gotejadores aplicando efluente de esgoto doméstico secundário. Trabalhando com água residuária de suinocultura, Batista et al. (2013) verificaram que as características sólidos suspensos, ferro total e população bacteriana representaram risco severo de entupimento de gotejadores e que as porcentagens de entupimento dos gotejadores podem ser menores em função do menor tempo de funcionamento do equipamento para aplicação da água residuária de suinocultura.

Estudos mostram que os emissores possuem diferentes potenciais ao entupimento de acordo com a qualidade da água e as características técnicas de construção (arquitetura do labirinto). Devido aos potenciais benefícios do uso de efluentes na irrigação por gotejamento, técnicas para proteger e reduzir entupimento de emissores tem sido estudada por diversos pesquisadores, entretanto, ainda, se faz necessário estudos para determinação de equipamentos que apresentem melhor performance para aplicação de efluente de tratamento de esgoto em função do tempo de uso sob ação de agentes climáticos.

Assim, objetivou-se avaliar a uniformidade de aplicação de quatro modelos de gotejadores autocompensantes de um sistema de irrigação usando EET.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) de Jaboticabal - SP (coordenadas geográficas 21° 14' 41,9" S e 48° 16' 25,2" W). A Estação de Tratamento de Esgoto "Dr. Adelson Taroco", de onde foi coletado o efluente de tratamento de esgoto (EET) para utilização no experimento, localiza-se a cerca de 1,5 km da área experimental.

Foi instalado um experimento de campo com quatro modelos de gotejadores autocompensantes, utilizando EET para irrigação (análise química na Tabela 1), e para remoção dos sólidos presentes na água residuária foi utilizado um filtro de disco de 130 micra (120 mesh).

TABELA 1. Valores médios das análises químicas e coliformes totais do EET utilizado no experimento, realizadas em 2014 e 2015.

Parâmetro	Unidade	Valores
pH	---	7,1
CE	μS	455,0
N-total	mg L^{-1}	53,0
Ferro total	mg L^{-1}	0,52
Potássio	mg L^{-1}	19,9
DQO	mg L^{-1}	225,0
Cálcio	mg L^{-1}	15,3
Magnésio	mg L^{-1}	6,0
Resíduos	mg L^{-1}	0,2
Óleos e Graxas	mg L^{-1}	93,0
Sulfato	mg L^{-1}	23,6
Manganês	mg L^{-1}	0,1
Zinco	mg L^{-1}	0,3
Sódio	mg L^{-1}	58,3
Coliformes totais	NMP 100 mL^{-1}	47.433

O experimento foi composto por 4 linhas laterais (LL), espaçadas em 0,5 m. Cada LL representando um modelo de gotejadores distribuídos aleatoriamente. Os gotejadores utilizados no experimento foram: NaanPC, Amnon, Vardit e Top Drip. As principais características técnicas dos gotejadores encontram-se na Tabela 2. Com o objetivo de evitar possíveis especulações comerciais, positivas ou negativas, os gotejadores utilizados foram codificados. Nos resultados apresentados, os códigos dos modelos dos gotejadores não possuem relação com a sequência dos emissores citados.

TABELA 2. Principais características técnicas dos tubos gotejadores autocompensantes avaliados

Fabricante	Gotejador	Espaçamento (m)	Diâmetro do tubo (mm)	Vazão (L h^{-1})
NaanJain	Top Drip	0,30	16	1,70
NaanJain	NaanPC	0,75	16	2,50
Drip-Plan	Vardit	0,50	18	2,10
NaanJain	Amnon	0,50	17	1,60

A primeira avaliação foi realizada com água limpa e ocorreu após a montagem do experimento, com tempo igual à zero. Foram realizados mais seis testes de vazão nos mesmos gotejadores, previamente identificados, a cada 100 horas. Foram avaliados 16 emissores por linha lateral (LL). Durante o teste a pressão no início da LL foi mantida a 100 kPa com o auxílio de regulador de pressão e um manômetro de mercúrio. O sistema foi acionado 6 horas por dia de segunda a sexta-feira, totalizando, no final do experimento, um tempo de uso dos gotejadores de 600 horas e 140 dias de uso dos emissores.

Nas avaliações foram utilizados coletores dispostos abaixo dos gotejadores que coletavam o EET dos emissores. Cada gotejador era isolado por barbantes para que fosse coletada a vazão do único emissor avaliado. O tempo de coleta era de quatro minutos, sendo realizadas duas coletas por gotejador. Em seguida o volume coletado foi pesado na balança eletrônica e, posteriormente, transformado em litros por hora, adotando a massa específica do EET igual a 1 g cm^{-3} .

Para avaliação da uniformidade de aplicação do EET pelos gotejadores, foram utilizados os seguintes coeficientes:

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (Equação 1).

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n q_m} \right) \quad (1)$$

em que,

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

q_i – vazão de cada gotejador, L h^{-1} ;

q_m - vazão média dos emissores, L h^{-1} ;

n – número de gotejadores.

Mantovani (2002) apresentou uma classificação dos valores de CUC, particularmente para sistemas de irrigação por gotejamento, conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3. Classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUC (%)
Excelente	90 – 100
Boa	80 – 90
Razoável	70 – 80
Ruim	60 – 70
Inaceitável	-

A uniformidade estatística das vazões dos emissores foram calculadas pelo coeficiente de uniformidade estatística, US, como sugerido por BRALTS et al., 1987, Equação 2.

$$US = 100 \left(1 - \frac{Sq}{q_m} \right) \quad (2)$$

em que,

US – coeficiente de uniformidade estatística, %;

Sq – desvio padrão das vazões obtidas, L h^{-1} ;

q_m – vazão média dos emissores valores, L h^{-1} .

De acordo com ASAE EP458 (1997), a uniformidade estatística de um sistema de microirrigação é considerada “excelente” quando os valores obtidos são maiores que 95%. Para valores entre 95% e 85% a uniformidade estatística é considerada boa.

A uniformidade de distribuição, CUD, definida por Karmeli e Keller (1975), citados por NAKAYAMA e BUCKS (1981), foi calculada pela Equação 3.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} 100 \quad (3)$$

em que,

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

q_{25} – média da vazão dos emissores que constituem os 25% menores valores, $L h^{-1}$;
 q_m – vazão média dos emissores, $L h^{-1}$.

Merriam e Keller (1978) apresentaram um critério geral para interpretação dos valores de CUD, para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; entre 70 e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento dos valores de CUC, US e CUD dos quatro gotejadores autocompensantes em função do tempo de uso com EET são apresentados na Figura 1. Verifica-se que todos os modelos apresentaram redução nos coeficientes de uniformidade avaliados, quando comparado o início e o término do experimento. O modelo G1 destacou-se entre os demais, pois, apresentou maiores valores de uniformidade no final do experimento, próximos a 96% para todos os coeficientes estudados.

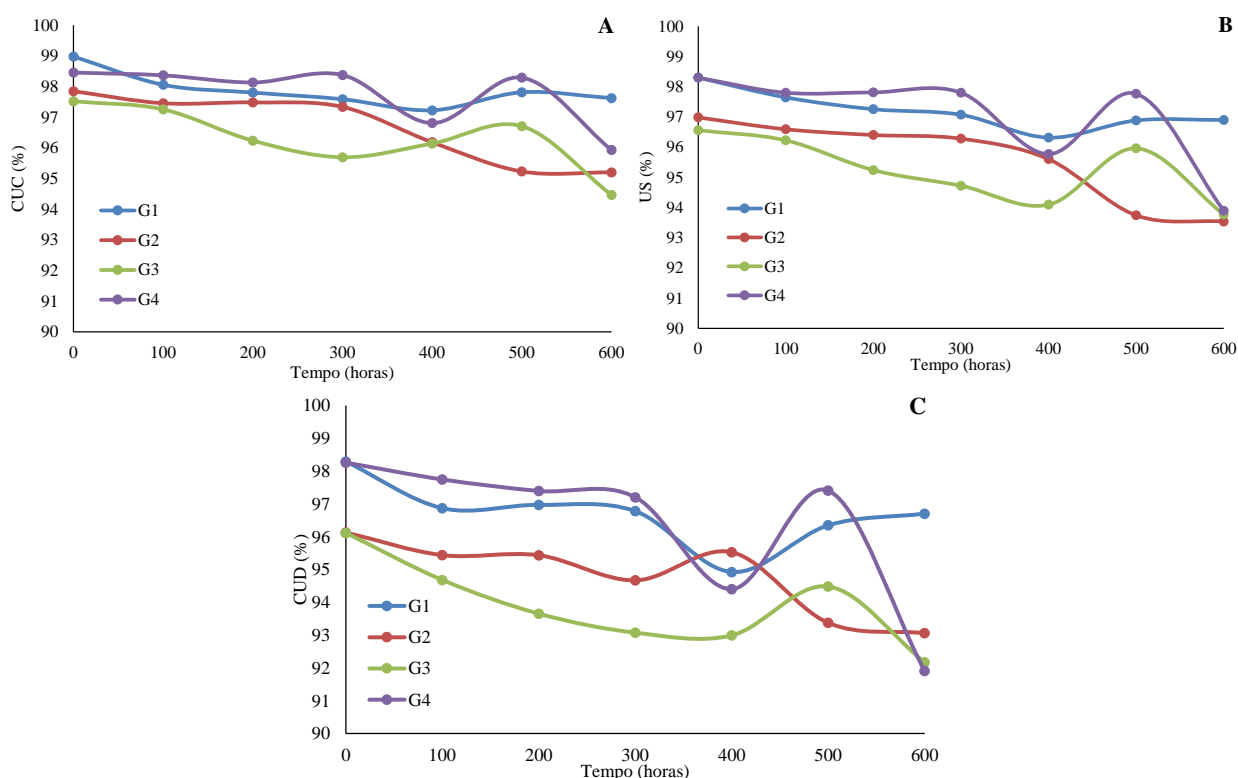


FIGURA 1. Valores de coeficientes de uniformidade de aplicação de Christiansen (A), Estatístico (B) e Distribuição (C) em função do tempo de uso de EET.

O modelo G3 apresentou menores valores de CUC entre os gotejadores estudados, com redução de 3% da uniformidade. Para o US, o modelo G4 foi o gotejador que apresentou maior redução na uniformidade de aplicação após 600 horas de uso de EET, sendo 4,40% quando comparado ao início do experimento, entretanto, o modelo G2 foi o qual encerrou com menor valor para este coeficiente. O modelo G4 apresentou maior redução no CUD com 6,35% e menor valor com 91,91% quando comparado aos demais modelos de gotejadores.

Os valores e a classificação dos coeficientes de uniformidade no final do experimento são apresentados na Tabela 4. O modelo G1 foi superior aos outros modelos, apresentando no final de 600 horas de uso com EET valores de superiores a 95% sendo classificado como excelente para todos os coeficientes avaliados.

TABELA 4. Classificação dos valores de coeficientes de uniformidade Christiansen, Estatístico e Distribuição com 600 horas de funcionamento com EET.

Got.	Classificação – Coeficientes de Uniformidade					
	CUC (%)	Mantovani (2002)	US (%)	ASAE (1997)	CUD (%)	Merriam e Keller (1978)
E1	97,62	Excelente	96,90	Excelente	96,71	Excelente
E2	95,20	Excelente	93,54	Boa	93,06	Excelente
E3	94,46	Excelente	93,77	Boa	92,17	Excelente
E4	95,93	Excelente	93,89	Boa	91,91	Excelente

Os modelos E2, E3 e E4 foram classificados em excelente uniformidade para o CUC, porém, para o US e CUD foram classificados em boa uniformidade, entretanto, destaca-se que estes gotejadores apresentaram coeficientes de uniformidade, no final de 600 horas de uso com EET, superiores a 90%. Sendo assim, ressalta-se que o uso com EET pouco afetou a uniformidade de distribuição dos gotejadores autocompensantes estudados.

Corroborando com os resultados, Berkowitz (2001) avaliando o desempenho de cinco conjuntos de irrigação por gotejamento operando com esgoto doméstico secundário durante seis anos, utilizando gotejadores autocompensantes, observou entupimento dos gotejadores somente em dois conjuntos de aplicação, com redução máxima da vazão inicial de 23%.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o tempo de uso de efluente de estação de tratamento de esgoto afetou, em intensidades diferentes, a uniformidade dos gotejadores não autocompensantes, porém os coeficientes de uniformidade dos gotejadores autocompensantes foram classificados como bom e excelente após 600 horas de funcionamento do sistema de irrigação.

REFERÊNCIAS

- ASAE EP458 (American Society of Agricultural Engineers). Field Evaluation of Microirrigation Systems: EP458. In: ASAE Standards 1997. 44.ed. St Joseph, 1997, p.908-914.
- BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n.7, p. 698 – 705, 2013.
- BERKOWITZ, S. J. Hydraulic performance of subsurface wastewater drip systems. In: *OnSite Wastewater Treatment*, 9, 2001, Fort Worth. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2001. p. 583-592.
- BRALTS, V. F., EDWARDS D. M., WU, I. PAI. Drip irrigation design and evaluation based on the statistical uniformity concept. In: **Advances in Irrigation**. Ed. Hillel, D. New York: Academic Press. 1987. p. 67-117.
- 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.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation desing**. Glendora: Rain Bird Sprinkler

Manufacturing, 1975.

LIMA, S. M. S.; HENRIQUE, I. N.; CEBALLOS, B. S. O.; SOUSA, J. T.; ARAÚJO, H. W. C. Qualidade sanitária e produção de alface irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, supl., p. 21 - 25, 2005.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa, MG: DEA/UFV–PNP&D/Café/EMBRAPA, 2002. 100 p.

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

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. **Irrigation Science**, New York, v. 12, p. 187-192, 1991.

TAJRISHY, M.; HILLS, D. J.; TCHOBANOGLIOUS, G. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 120, n. 4, p. 716-731, 1994.