

Suscetibilidade ao entupimento de gotejadores operando com água residuária de suinocultura

Rafael Oliveira Batista¹, Rubens Alves de Oliveira², Delfran Batista dos Santos³,
Francisco de Oliveira Mesquita¹ & Ketson Bruno da Silva¹

Protocol 04.2013 - Received: 13/02/2013 - Accepted: 12/04/2013

Resumo: Este estudo foi realizado com o propósito de analisar a suscetibilidade ao entupimento de gotejadores operando com água residuária de suinocultura. Foram utilizados três modelos de gotejadores (Naan Tif, Naan Drip Paz 25 e Plastro Hydro PC). A cada 20 h de funcionamento das subunidades de fertigação foram avaliadas a vazão (Q) e a uniformidade de aplicação de água, por meio do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Os resultados indicaram que a formação de biofilme, resultante da interação entre colônias de bactérias e sólidos totais, propiciou a obstrução dos gotejadores cuja ordem de susceptibilidade ao entupimento foi: Naan Tif > Naan Drip Paz 25 > Plastro Hydro PC.

Palavras-chave: emissores, obstrução, biofilme, efluente

Clogging susceptibility of drippers operating with swine wastewater

Abstract: The purpose of this study was to analyse the clogging susceptibility of drippers operating with swine wastewater. The dripper models Naan-Tif, Naan Drip Paz 25 and Plastro Hydro PC were tested. Every 20 h of functioning as subunits of fertigation, flow rate (Q) and uniformity of water application were evaluated, by means of the coefficient of uniformity of distribution (CUD). In accordance with the obtained results, it can be concluded that the formation of biofilm resulting due to the interaction between bacteria colonies and total solids, produced blockage in the drippers, whose order of susceptibility to clogging was: Naan Tif > Naan Drip Paz 25 > Plastro Hydro PC.

Key words: emitters, blockage, biofilm, effluent

¹ DCAT/UFERSA, Mossoró, RN. E-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br; mesquitaagro@yahoo.com.br; ketsonbruno@hotmail.com

² DEA/UFV, Viçosa, MG. E-mail: rubens@ufv.br

³ IF Baiano, Senhor do Bonfim, BA. E-mail: delfran.batista@gmail.com

Introdução

A inserção da indústria no processo produtivo da suinocultura contribuiu para o melhoramento das raças de suínos e consequente tecnificação do sistema de manejo, empregando-se alta tecnologia nas áreas de nutrição, sanidade e ampliação da escala de produção, gerando como efeito colateral, grande produção de dejetos. Dado ao seu potencial poluidor, esses resíduos requerem tratamentos específicos estabelecidos por leis de proteção ambiental que, em algumas situações e dada à inadequada capacitação dos próprios produtores para gerenciamento desses resíduos, são tratados simplesmente como agentes poluidores (Cabral et al., 2011).

A capacidade poluente dos dejetos de suínos é, em termos comparativos, superior à de outras espécies animais. No entanto, quando os dejetos de suínos são utilizados de forma criteriosa na agricultura, podem melhorar a qualidade do solo com a incorporação de matéria orgânica e propiciar economia de adubos químicos, em virtude do aporte de macro e micronutrientes para o desenvolvimento de cultivos agrícolas (Cabral et al., 2011).

O sistema de irrigação por gotejamento tem sido usado para aplicação de águas residuárias por causa da elevada eficiência de aplicação do efluente e do baixo risco de contaminação do produto agrícola e de operadores no campo. No entanto, esses sistemas possuem emissores que apresentam alta suscetibilidade ao entupimento. A sensibilidade ao problema de entupimento varia com as características do emissor (Trooien et al., 2000) e com a qualidade da água relacionada aos aspectos físicos, químicos e biológicos (Nakayama & Bucks, 1991).

A formação de depósitos gelatinosos resultantes da interação entre partículas orgânicas e inorgânicas, algas e bactérias formadoras de mucilagens, tem sido o fator central no processo de entupimento de gotejadores, aplicando-se águas residuárias. Batista et al. (2005b) constataram a formação de biofilme resultante da interação entre bactérias formadoras de mucilagens e sólidos totais, em gotejadores, aplicando água residuária da despulpa dos frutos do cafeeiro. Adin & Sacks (1991) relataram que as algas presentes em esgotos sanitários tratados obstruíram gotejadores somente após a ocorrência de deposições minerais ou de material gelatinoso. Estudos realizados por Taylor et al. (1995) evidenciaram que as interações entre fatores físicos, químicos e biológicos, foram responsáveis por 90% dos gotejadores entupidos.

Colônias de protozoários do gênero *Ciliatea* e colônias de *Bryozoa plumatella* foram

identificadas em gotejadores abastecidos com águas residuárias (Ravina et al., 1992). Sagi et al. (1995) constataram a presença de colônias de protozoários (*Epystilus balanarum*) nos gotejadores obstruídos. Os protozoários se aderiram às paredes do equipamento de irrigação mas somente onde a velocidade do escoamento do efluente era inferior a 2 m s^{-1} . Adin & Sacks (1991) constataram ovos de *Dafnia* (efípios) e larvas (com 1 mm de comprimento) dentro de gotejadores autocompensantes operando com esgoto sanitário não-filtrado.

Rav-Acha et al. (1995) verificaram diminuição de 68% na vazão nominal de gotejadores abastecidos com esgotos sanitários tratados, após 60 h do início do experimento; fato similar foi descrito por Sagi et al. (1995), que identificaram colônias de protozoário ocupando 57% da área dos gotejadores acarretando redução de 38% na vazão nominal. Batista et al. (2005a) evidenciaram redução de 67% na vazão de gotejadores, aplicando água residuária da despulpa de frutos do cafeeiro, após 144 h de operação do sistema de aplicação.

Nakayama & Bucks (1981) concluíram que reduções consideráveis na uniformidade de distribuição de água podem ocorrer mesmo quando existem poucos gotejadores entupidos no sistema de irrigação. Hills & El-Ebaby (1990) constataram que o acúmulo de material orgânico dentro de gotejadores ocasionou redução de 48,3% no coeficiente estatístico de uniformidade de aplicação de água, após 1.000 h de funcionamento do sistema de aplicação. Batista et al. (2005b) notaram redução de 100% no coeficiente de uniformidade de distribuição nas unidades de aplicação de água residuária da despulpa dos frutos do cafeeiro, após 144 h de operação.

Nakayama & Bucks (1981) notaram, estudando os efeitos do entupimento em gotejadores por meio de modelagem, que a uniformidade de aplicação de água pode ser reduzida em até 10% quando 1 a 5% dos gotejadores encontravam-se obstruídos.

Estudos realizados por vários pesquisadores mostraram que as águas residuárias aplicadas via sistema de irrigação por gotejamento acarretam sérios problemas de obstrução dos gotejadores, motivo pelo qual se objetivou, nesse trabalho, analisar a suscetibilidade ao entupimento de gotejadores operando com água residuária de suinocultura.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Unidade-Piloto de Tratamento e Aplicação Localizada de Água

Residuária de Suinocultura do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Nesta área experimental a água residuária de suinocultura foi submetida às seguintes etapas de tratamento: 1) tanque de sedimentação de 200 m³ para remoção dos sólidos sedimentáveis e suspensos; 2) caixa de gordura de 8,8 m³ para redução da concentração de óleos e graxas e 3) filtração da água residuária em peneira.

A peneira foi constituída de uma tela (aço inox) com abertura de 47 µm montada em um dispositivo com inclinação fixa de 25°; depois de passar pela caixa de gordura o efluente foi armazenado em um reservatório de 7,7 m³; um conjunto motobomba de 1 cv bombeou o efluente até a parte superior da peneira, por meio de seguimento de tubos de PVC de 32 mm, dotados de perfurações circulares, conforme apresentado na Figura 1; enfim, o efluente filtrado foi armazenado em outro reservatório de 7,7 m³ com a finalidade de abastecer as três subunidades de aplicação.

Montou-se, na área experimental, uma bancada dotada de três subunidades de aplicação, com três modelos de gotejadores (G1, G2 e G3) cujas características técnicas estão apresentadas na Tabela 1. Na linha de derivação do sistema de aplicação, em PVC de 32 mm, foram inseridos nove conectores. Para cada modelo de gotejador foram instaladas três linhas laterais com 17 m de comprimento. Para as avaliações de uniformidade de aplicação do efluente foram identificados 22 gotejadores por linha lateral.

A bancada experimental foi constituída por duas unidades de controle, dotadas de conjunto motobomba de 3 cv. Uma unidade de controle bombeava, durante 2 h, água residuária filtrada, para as subunidades de aplicação. Decorrido esse tempo a outra unidade de controle era acionada por mais 2 h, em que se bombeava água limpa. As subunidades de aplicação funcionaram com



Tabela 1. Caracterização dos modelos de gotejadores Naan Tif (G1), Naan Drip Paz 25 (G2) e Plastro Hydro PC (G3) utilizados no experimento

M	D	Q (L h ⁻¹)	E (m)	K	X	CV (%)
G1	Não	2,0	0,75	0,12	0,61	2
G2	Não	1,7	0,50	0,35	0,38	1
G3	Sim	3,6	0,75	3,15	0,03	3

D - dispositivo de autocompensação; Q - vazão nominal; E - espaçamento entre gotejadores; K - coeficiente de vazão do emissor; X - expoente de vazão do emissor e CV - coeficiente de variação do fabricante

pressão de serviço de 150 kPa, durante 4 h por dia e sete dias por semana, até completar o tempo total de operação de 160 h.

No período de testes foram realizadas, em intervalos de 20 h, nove avaliações dos níveis da uniformidade de aplicação do efluente. Os dados de vazão coletados foram interpretados por meio do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) proposto por Keller & Karmeli (1975), apresentado na Eq 1. Este coeficiente compara a média de 25% dos menores valores de vazões observadas com a média total das vazões para a determinação da uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento. Merriam & Keller (1978) apresentaram o seguinte critério geral para interpretação dos valores de CUD de sistemas que estejam operando por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; entre 70 e 80%, regular e menor que 70%, ruim.

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{\bar{q}}$$

em que:

$q_{25\%}$ - valor médio dos 25% menores valores de vazões observadas, L h⁻¹

\bar{q} - vazão média dos gotejadores, L h⁻¹

Durante o período de testes, análises físicas, químicas e microbiológicas do efluente foram feitas. As coletas do efluente foram realizadas



Figura 1. Sistema de filtração. Vista lateral (A) e abastecimento da peneira com efluente (B)

em três horários distintos (às 7, 9 e 11 h). Dessas coletas simples obtiveram-se amostras compostas as quais foram enviadas aos laboratórios para análises específicas. Parte das amostras compostas foi encaminhada ao Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV para determinação das concentrações dos sólidos totais e suspensos (método gravimétrico). As concentrações dos sólidos dissolvidos foram obtidas pela diferença entre as concentrações dos sólidos totais e dos sólidos suspensos. Logo após cada coleta de amostra simples foram medidos os valores de pH (método eletrométrico, medidor de pH portátil). As análises de ferro total e manganês total foram feitas conjuntamente, nos Laboratórios de Matéria Orgânica e Resíduos e de Espectrofotometria Atômica, ambos do Departamento de Solos da UFV. As contagens de bactérias foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Microbiologia da UFV e os resultados expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por mL de efluente.

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram analisados por meio de estudos de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão (utilizando-se o teste “t” com nível de significância de até 5%), no valor do coeficiente de determinação (R^2) e no processo em estudo.

Resultados e Discussão

As características do efluente coletado a montante das subunidades de aplicação estão apresentadas na Tabela 2. De acordo com a classificação proposta por Nakayama & Bucks (1991), o efluente apresenta risco de entupimento moderado para as características SD, pH e Mn; e risco severo para as características SS, Fe e PB. No trabalho realizado por Liu & Huang (2009) com esgoto tratado em sistema de lodo ativado, os riscos de obstrução de gotejadores foram classificados como baixo, para os atributos SS, Mn e PB; moderado, para as características SD e Fe; e severo, para o atributo pH.

Tabela 2. Valores médios de sólidos suspensos (SS), sólidos dissolvidos (SD), potencial hidrogeniônico (pH), ferro total (Fe), manganês total (Mn) e população bacteriana (PB) no efluente coletado a montante das subunidades de aplicação

SS (mg L ⁻¹)	SD (mg L ⁻¹)	pH	Fe (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)	PB (UFC * mL ⁻¹)
331	1828	7,53	5,14	0,57	1,3 x 10 ⁶

* Unidades formadoras de colônias

Na Figura 2 estão apresentados os valores observados e estimados do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e da vazão (Q), nas subunidades de aplicação com modelos de gotejadores Naan Tif (G1), Naan Drip Paz 25 (G2) e Plastro Hydro PC (G3) em função do tempo de operação.

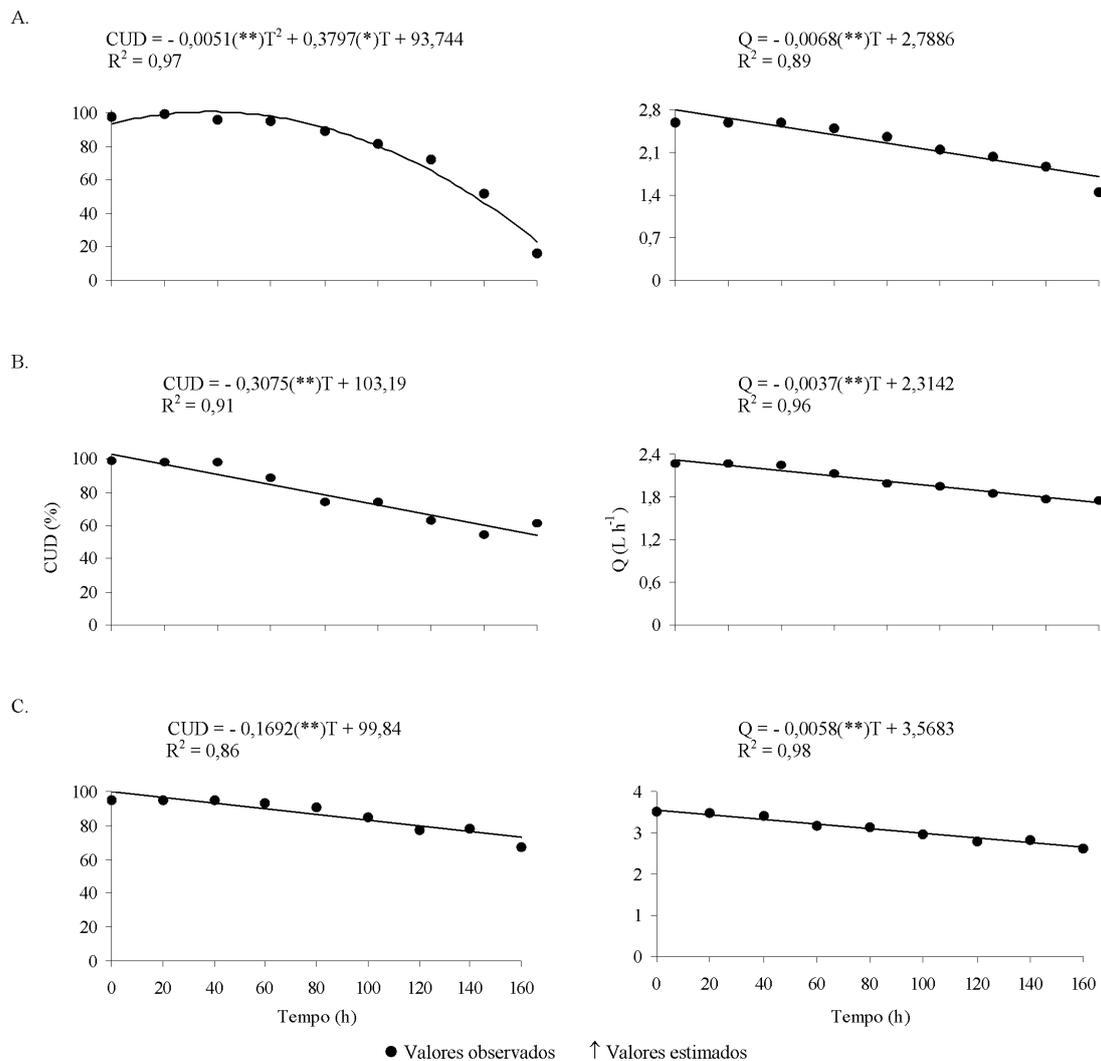
Observou-se que a relação de CUD e Q com o tempo de operação foi predominantemente linear para todas as subunidades de aplicação, com exceção da relação CUD versus tempo de operação da subunidade de aplicação com modelo de gotejador G1, que apresentou relação quadrática atribuída à maior sensibilidade ao entupimento desse modelo de gotejador. Tal sensibilidade ao entupimento pode ser atribuída às características construtivas específicas do emissor, tais como comprimento do labirinto e tamanho da abertura do labirinto como sugerido por Ravina et al. (1992) e Dehghanisani et al. (2005). Esses resultados corroboram com os obtidos por Batista et al. (2011a, b) que também constataram predominância da redução linear de Q e CUD com o tempo de operação em subunidades de fertirrigação abastecidas com esgoto doméstico primário, secundário e terciário. Os valores de R^2 de 0,86 a 0,98 foram similares aos obtidos por Batista et al. (2011a, b) indicando ajuste adequado dos modelos de regressão selecionados.

O decréscimo tanto de CUD quanto da Q ao longo do tempo é atribuído ao entupimento dos gotejadores. No início da avaliação (0 h), os valores do CUD foram classificados de acordo com Merriam & Keller (1978) como excelentes, em todas as subunidades de aplicação. No entanto, no tempo 160 h os valores de CUD foram de 16, 61 e 67% nas subunidades de aplicação com modelos de gotejadores G1, G2 e G3, respectivamente, sendo classificados como ruim, conforme as recomendações de Merriam & Keller (1978).

Estabelecendo-se a comparação entre os tempos 0 e 160 h, foram constatadas reduções nos valores de CUD e Q de 83, 38 e 29% e 44, 23 e 25% nas subunidades de aplicação com modelos de gotejadores G1, G2 e G3, respectivamente.

Em seus trabalhos com água residuária da despolpa do fruto do cafeeiro, Batista et al. (2005a, b) constataram redução nos valores de CUD e Q de 100 e 67%, respectivamente, após 144 h de operação das subunidades de fertirrigação.

A formação de biofilme, de coloração preta resultante da interação de bactérias formadoras de mucilagens e sólidos totais, foi responsável pela obstrução dos gotejadores. Os resultados do desempenho hidráulico indicaram que o



“***” “**” são coeficientes significativos a 0,1 e 5% de probabilidade, respectivamente

Figura 2. Valores observados e estimados de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e vazão (Q), nas subunidades de aplicação com os modelos de gotejadores G1: Naan Tif (A), G2: Naan Drip Paz 25 (B) e G3: Plastro Hydro PC (C), em função do tempo de operação

gotejador G3 foi menos suscetível ao entupimento que os gotejadores G1 e G2, devido à maior área de filtração e vazão, corroborando, assim, com as afirmações de Ravina et al. (1992) e Dehghanisani et al. (2005). Já a maior suscetibilidade ao entupimento do gotejador G1 se deveu à menor velocidade do escoamento de efluente e ao maior comprimento do labirinto, confirmando os relatos de Pizarro Cabello (1990) e Cararo et al. (2006). O gotejador G2 foi mais suscetível ao entupimento do que o G3, por apresentar menor área de filtração e vazão e ser menos suscetível ao entupimento do que G1, em razão da maior velocidade do escoamento de efluente e do menor comprimento do labirinto. Na Figura 3 observam-se o biofilme escuro preenchendo os filtros secundários e o dispositivo de autocompensação do emissor G3.

Para reduzir e/ou minimizar o entupimento de emissores operando com água residuária recomenda-se que seja realizado manejo de abertura de final de linha lateral periodicamente, com objetivo

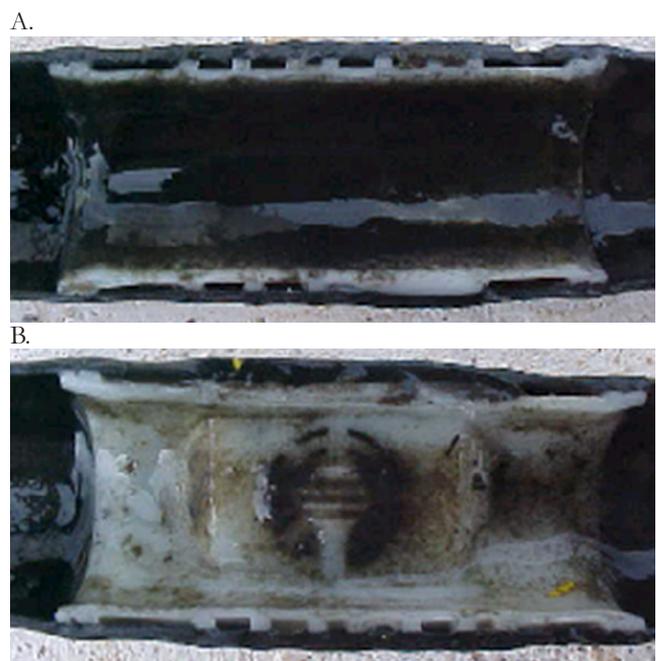


Figura 3. Gotejador modelo Plastro Hydro PC (G3) com biofilme obstruindo os filtros secundários (A) e o dispositivo de autocompensação (B)

de expulsar os resíduos acumulados nos finais de linha e que podem obstruir os emissores.

Outra alternativa que pode ser adotada no intuito de minimizar o entupimento dos emissores operando com água residuária seria a injeção de produtos químicos à base de ácidos, afim de realizar a desobstrução física e biológica dos emissores; outra perspectiva para estudos futuros é o desenvolvimento de emissores específicos para trabalhar com águas residuárias.

Conclusões

1. A água residuária de suinocultura submetida ao pré-tratamento apresentou grande potencial de entupimento de gotejadores.

2. A formação de um biofilme de coloração preta, resultante da interação entre bactérias e sólidos totais, propiciou entupimento parcial e total dos gotejadores.

3. Após 160 h de funcionamento ocorreram reduções nos valores de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e vazão (Q) nas subunidades de aplicação, cuja ordem de susceptibilidade ao entupimento dos gotejadores foi: Naan Tif > Naan Drip Paz 25 > Plastro Hydro PC.

4. Apenas filtração em tela com abertura de 47 µm não previne a obstrução de gotejadores.

Literatura Citada

Adin, A.; Sacks, M. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. *Journal of the Irrigation and Drainage Engineering*, v.117, p.813-826, 1991.

Batista, R. O.; Costa, F. G. B.; Lopes, H. S. S.; Coelho, D. C. L.; Costa Paiva, M. R. F. Efeito das características do esgoto doméstico na uniformidade de aplicação de sistemas de irrigação por gotejamento. *Revista Caatinga*, v.24, p. 137-144, 2011a.

Batista, R. O.; Lo Monaco, P. A.; Matos, A. T.; Cunha, F. F. Alteração na vazão de gotejadores tipo fita utilizados na aplicação de água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.13, p.69-73, 2005a.

Batista, R. O.; Matos, A. T.; Cunha, F. F.; Lo Monaco, P. A. Obstrução de gotejadores utilizados para a aplicação de água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. *Irriga*, v.10, p.299-305, 2005b.

Batista, R. O.; Soares, A. A.; Moreira, D. A.; Feitosa, A. P.; Bezerra, J. M. Influência de diferentes qualidades de esgoto doméstico na vazão de gotejadores. *Revista Caatinga*, v.24, p. 128-134, 2011b.

Cabral, J. R.; Freitas, P. S. L.; Rezende, R.; Muniz, A. S.; Bertonha, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.823-831, 2011.

Cararo, D. C.; Botrel, T. A.; Hills, D. J.; Leverenz, H. L. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. *Applied Engineering in Agriculture*, v.22, p. 251-257, 2006.

Dehghanisani, H.; Yamamoto, T.; Ould Ahmad, B. V.; Fujiyama, H.; Miyamoto, K. The effect of chlorine on emitter clogging induced by algae and protozoa and the performance of drip irrigation. *Transaction of the ASAE*, v.48, p. 519-527, 2005.

Hills, D. J.; El-Ebawy, F. G. Evaluation of microirrigation self-cleaning emitters. *Applied Engineering in Agriculture*, v.6, p.441-445, 1990.

Keller, J.; Karmeli, D. *Trickle irrigation desingning*. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

Liu, H.; Huang, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. *Agricultural Water Management*, v.96, 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. *Transactions of the ASAE*, v.24, p.77-80, 1981.

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

Pizarro Cabello, F. *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación*. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1990. 471p.

Rav-Acha, C.; Kummel, M.; Salamon, I.; Adin, A. The effect of chemical oxidants on effluent constituents for drip irrigation. *Water Research*, v.29, p.119-129, 1995.

Ravina, I.; Paz, E.; Sofer, Z.; Marcu, A.; Schischa, A.; Sagi, G. Control of clogging in drip irrigation with stored reclaimed wastewater. *Irrigation Science*, v.13, p.129-139, 1992.

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, 1995, Orlando. *Proceedings...* St. Joseph: ASAE, 1995. p.250-254.

- Taylor, H.D.; Bastos, R.K.X.; Pearson, H.W.; Mara, D.D. Drip irrigation with waste stabilization pond effluents: Solving the problem of emitter fouling. *Water Science Technology*, v.31, p.417-424, 1995.
- Trooien, T. P.; Lamm, F. R.; Stone, L. R.; Alam, M.; Rogers, D.H.; Clark, G.A.; Schlegel, A.J. Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: Drip-line flow rates. *Applied Engineering in Agriculture*, v.16, p.505-508, 2000.

