

Desempenho hidráulico de sistemas de irrigação por gotejamento operando com água residuária da suinocultura

Rafael Oliveira Batista; Adriana de Fátima Mendes Oliveira; Francisco de Oliveira Mesquita

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Av. Costa e Silva, n. 572, Mossoró, RN. CEP: 59625-900 E-mails:rafaelbatista@ufersa.edu.br; oliveira.adrianamendes@gmail.com; mesquitaagro@yahoo.com.br.

Resumo: Neste trabalho, analisaram-se os efeitos das proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura (ARS) e água de abastecimento (AA) no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de sistemas de irrigação por gotejamento. O experimento foi montado no esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas as proporções de tempo de irrigação com ARS e AA (1E3A - uma hora de ARS mais três horas de AA, 2E2A - duas horas de ARS mais duas horas de AA, 3E1A - três horas de ARS mais uma hora de AA e 4E - quatro horas de ARS), nas subparcelas os tipos de gotejadores (G1, G2 e G3) e nas sub-subparcelas os tempos das avaliações (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 h), em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. O CUC foi determinado por linha lateral com a vazão de 22 gotejadores. As características físico-químicas e microbiológicas de ARS e AA foram monitoradas durante o período experimental. Os resultados obtidos indicaram que as proporções de tempo de irrigação 1E3A e 4E minimizaram o entupimento dos gotejadores resultando em níveis excelentes de uniformidade de aplicação de efluente nas unidades de irrigação com gotejador G3.

Palavras chave: Irrigação localizada, uniformidade de aplicação, obstrução

Hydraulic performance of drip irrigation systems operating with swine wastewater

Abstract: This study analysed the effects of the proportions of irrigation time with swine wastewater (ARS) and water supply (AA) on Christiansen uniformity coefficient (CUC) of drip irrigation systems. The experiment was set up in split-split-plot scheme with proportions of irrigation time of ARS and AA (1E3A - one hour of ARS and three hours of AA, 2E2A - two hours of ARS and two hours of AA, 3E1A - three hours of ARS and one hour of AA and 4E - four hours of ARS) in the plot, kind of drippers (G1, G2 and G3) in the subplots and the operation time (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 and 160 h) in the subsubplots in an completely randomized design, with three replications. The CUC was determined by lateral line flow rate of 22 drippers. The physico-chemical and microbiological characteristics of ARS and AA were monitored during the trial period. The results indicated that the proportions of irrigation time 1E3A and 4E minimized clogging of drippers resulting in excellent levels of uniformity of effluent in irrigation units with dripper G3.

Key words: drip irrigation, application uniformity, clogging.

Introdução

A expansão sustentável da suinocultura no Brasil depende de alternativas tecnológicas que minimizem o impacto ambiental negativo provocado pelas águas residuárias geradas por essa atividade. O alto custo dos fertilizantes

manufaturados, as restrições impostas pelos órgãos ambientais atualmente e o teor elevado de nutrientes das águas residuárias de suinocultura fazem com que o seu principal destino seja o uso agrícola, como fertilizante das culturas comerciais (CABRAL et al., 2011; SCHIRMANN et al., 2013).

As principais manifestações de degradação ambiental decorrentes da atividade das águas residuárias são a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por compostos orgânicos, nutrientes e microrganismos entéricos; alterações das características físicas, químicas e biológicas dos solos; poluição atmosférica pela emissão de gases prejudiciais e a presença de insetos (SARDÁ et al., 2010; BARRETO et al., 2013).

A utilização de dejetos de animais na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição do sistema água-solo-atmosfera, disponibilização de água e fertilizantes para as culturas e aumento da produção agrícola. Entretanto, para que isso possa se tornar uma prática viável, é preciso aperfeiçoar as técnicas de tratamento, aplicação e manejo de efluentes (BATISTA et al., 2010; SANTOS et al., 2012).

Do ponto de vista ambiental, os sistemas de irrigação por gotejamento são os mais sustentáveis para a disposição de águas residuárias por causa da elevada eficiência de aplicação, do baixo risco de contaminação do produto agrícola e de operadores no campo, da minimização dos riscos de escoamento superficial, percolação e acumulação de sais próximo ao sistema radicular e da prevenção de aerossóis (ORON et al., 1999).

Como desvantagens, os sistemas de irrigação por gotejamento que operam com águas residuárias apresentam suscetibilidade ao entupimento dos gotejadores (PUIG-BARGUÉS et al., 2010). A formação de biofilme resultante da interação entre mucilagens bacterianas e partículas orgânicas e inorgânicas tem sido a principal causa de entupimento de gotejadores que operam com águas residuárias (DAZHUANG et al., 2009). A presença de gotejadores obstruídos em sistemas de irrigação por gotejamento acarreta aplicação desuniforme das águas residuárias (DURAN-ROS et al., 2009; LIU; HUANG, 2009).

Considerando a expansão nacional do uso de águas residuárias de suinocultura na agricultura, torna-se indispensável à consolidação de métodos de prevenção do entupimento de gotejadores, com custo acessível ao produtor e baixo risco à saúde humana, às plantas cultivadas e ao ambiente.

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho analisar os efeitos das proporções de tempo de irrigação com água residuária de

suinocultura e água limpa no coeficiente de uniformidade de Christiansen de sistemas de irrigação por gotejamento.

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado na Unidade Piloto de Tratamento e Aplicação Localizada de Água Residuária de Suinocultura (UTARS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, sob as coordenadas geográficas 20°46'11.25" de latitude sul e 42°51'44.96" de longitude oeste.

A água residuária do setor de suinocultura foi submetida aos processos de tratamento por sedimentação, degradação anaeróbia e filtração para possibilitar operação das unidades de aplicação de efluente com a finalidade de minimizar agentes físicos de obstrução de gotejadores.

A plataforma de testes foi construída em alvenaria, nas dimensões de 3,4 m de largura por 18,0 m de comprimento, com declividade transversal de 2% (Figura 1). Uma canaleta foi construída ao longo da lateral mais baixa da plataforma, com a finalidade de coletar e retirar desta a água e a água residuária aplicada pelos gotejadores.

A unidade de controle para bombeamento da água residuária de suinocultura foi constituída por um reservatório de 7,0 m³, uma peneira com tela de 307 mesh e um conjunto motobomba de 3 cv (Figura 1a). A outra unidade de controle para o bombeamento de água foi composta por um reservatório de 6,0 m³, um conjunto motobomba de 3 cv e um filtro de discos de 120 mesh (Figura 1b).

Na plataforma foram montadas quatro unidades de fertirrigação, sendo que cada uma delas possuía uma válvula reguladora de pressão de 105 kPa, uma linha de derivação de PVC com diâmetro nominal de 32 mm e nove linhas laterais de polietileno.

Em cada unidade de irrigação foram testados três tipos de gotejadores, apresentados na Tabela 1. Para cada tipo de gotejador foram instaladas na linha de derivação três linhas laterais com 18 m de comprimento, em nível (Figura 1c). Em todas as linhas laterais foram marcados 22 emissores para medição da vazão (Figura 1d).

As unidades de irrigação funcionaram quatro horas por dia até completar 160 h, seguindo a metodologia proposta por Cunha et al. (2007), onde um tempo de operação de 144 h foi suficiente para proporcionar obstrução de gotejadores que operaram com água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. No entanto, o coeficiente de uniformidade de Christiansen (equação 1) foi calculado, a cada 20 h, com os dados de vazão dos 22 gotejadores identificados por linha lateral, adaptado da metodologia proposta por Merriam e Keller (1978).

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n_e \bar{q}} \right] \quad (1)$$

em que; CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %; q_i = vazão de cada gotejador, $L h^{-1}$; \bar{q} = vazão média dos gotejadores, $L h^{-1}$; e

n_e = número de gotejadores.

A vazão de cada gotejador foi determinada coletando-se o volume aplicado durante três minutos. Os valores dos coeficientes CUC obtidos nas unidades de irrigação foram classificados empregando os valores referencias proposto por Merriam e Keller (1978), onde os valores de CUC: empregando os valores referencias proposto por Merriam e Keller (1978), onde os valores de CUC: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; 70 e 80%, razoável; e menor que 70%, ruim. Com o uso de válvulas reguladoras de pressão nas quatro unidades de irrigação, a pressão de serviço foi mantida em 105 ± 5 kPa e medida diariamente com manômetro graduado de 0 a 400 kPa.

O monitoramento da qualidade da água residuária de suinocultura foi realizado a cada 20h, simultaneamente com a determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen,

Figura 1 - Bancada experimental, destacando-se as unidades de controle para bombeamento de água residuária de suinocultura (a) e de água limpa (b), a plataforma de testes (c) e ensaio para medição de vazão (d).



(a)



(b)



(c)



(d)

totalizando nove amostragens até o encerramento dos ensaios experimentais no tempo de operação de 160 hora. A água residuária de suinocultura foi proveniente da Unidade-Piloto de Tratamento e Aplicação Localizada de Água Residuária de Suinocultura (UTARS), sendo a maior frequência do monitoramento atribuída as elevadas oscilações das características físico-químicas e microbiológicas do efluente em detrimento do tipo de alimentação, vacinação, vermifugação e lavagem das instalações.

No monitoramento da qualidade da água de abastecimento as amostragens foram realizadas a cada 80 h, devido à menor variação das características físico-químicas e microbiológicas. A água de abastecimento foi oriunda da rede de abastecimento de água da Companhia de Saneamento de Minas Gerais-COPASA.

Determinaram-se as características físico-químicas e microbiológicas da ARS e AA conformidade com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (RICE et al., 2012).

No Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV foram medidos os valores de pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio obtida após 5 dias de incubação à 20 °C (DBO_5^{20}), sólidos suspensos (SS) e sólidos dissolvidos (SD). Enquanto, nos Laboratórios de Matéria Orgânica e Resíduos e de Espectrofotometria Atômica, ambos do

Departamento de Solos da UFV, foram determinadas as concentrações de ferro total (Fe), manganês total (Mn), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). As populações de bactérias (PB) foram obtidas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Microbiologia da UFV. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por mililitro ($UFC\ mL^{-1}$).

O experimento foi montado em esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas as proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento (1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E), nas subparcelas os tipos de gotejadores (G1, G2 e G3) e nas sub-subparcelas os tempos das avaliações (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 h), em delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de média e análise de regressão. Na análise de variância, empregou-se o teste F ao nível de 1% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t ao nível de 10%, no coeficiente de determinação e no processo em estudo. As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o programa computacional Sisvar 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2011).

Tabela 1 - Características dos gotejadores (G) utilizados nos ensaios: vazão nominal (Q), área do orifício (A), comprimento do labirinto (L), coeficiente de variação de fabricação (CV_f) e faixa de pressão recomendada (P).

G	Q ($L\ h^{-1}$)	A (mm^2)	L (mm)	CV_f (%)	P (kPa)
G1	2,00	4,45	327	≤ 3	80 - 300
G2	1,70	1,86	176	≤ 3	40 - 100
G3	3,60	2,54	44	≤ 4	80 - 350

Na condução dos ensaios experimentais foram utilizadas as seguintes proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura (ARS) e água de abastecimento (AA): 1E3A = uma hora de aplicação de ARS seguida de três horas de aplicação de AA; 2E2A

= duas horas de aplicação de ARS seguida de duas horas de aplicação de AA; 3E1A = três horas de aplicação de ARS seguida de uma hora de aplicação de AA; e 4E = quatro horas de aplicação de ARS.

Resultados e Discussão

Constam na Tabela 2, os valores médios e os desvios-padrão das características físico-químicas e microbiológicas da água residuária de suinocultura (ARS) e da água de abastecimento (AA) utilizadas nos ensaios com as unidades de irrigação, bem como os riscos de entupimento de gotejadores conforme as recomendações de Nakayama *et al.* (2006) e Capra e Scicolone (1998).

Almeida (2010) recomenda que o valor de pH da água de irrigação deve estar entre 6,5 e 8,4, pois as concentrações de H^+ e OH^- podem interferir na disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas, na estrutura e características do solo, como também nos sistemas de irrigação. Nesse sentido, os valores médio de pH tanto da água residuária de suinocultura como da água de abastecimento atenderam as recomendações para irrigação de cultivos agrícolas.

Na água residuária de suinocultura o valor médio do pH encontram-se dentro da faixa de 5 a

9 estabelecida pela Resolução CONAMA nº 430/2011 para lançamento de água residuária doméstica tratada em corpos hídricos receptores (Brasil, 2011a). Além disso, esse valor médio foi superior ao pH de 6,81 obtido por Moura *et al.* (2011) em água residuária doméstica tratada com tanque séptico, filtro anaeróbio e reator solar, onde houve uma ligeira acidificação do efluente em função do tratamento anaeróbio. Com relação ao risco de obstrução de gotejadores, o pH da água residuária de suinocultura foi classificado como moderado, pois encontrou-se dentro da faixa de 7,0 a 7,5 estabelecida por Nakayama *et al.* (2006). O valor médio do pH da água de abastecimento, durante o período experimental, enquadra-se na faixa de 6,0 a 9,5 estabelecido pela Portaria MS nº 2914/2011 (Brasil, 2011b) que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. De acordo com Nakayama *et al.* (2006), o valor médio do pH de AP também encontrou-se dentro da faixa de 7,0 a 7,5, sendo o risco de obstrução de gotejadores classificado como moderado.

Tabela 2 - Valores médios e desvios-padrão das características físico-químicas e microbiológicas da água residuária de suinocultura (ARS) e da água de abastecimento (AA) utilizadas nos ensaios experimentais, bem como os riscos de entupimento de gotejadores.

Características	ARS	Risco de entupimento de gotejadores		AA	Risco de entupimento de gotejadores	
		[1*]	[2*]		[1*]	[2*]
pH*	7,54 ± 0,14	Moderado		7,12 ± 0,07	Moderado	
SS *	333 ± 60,56	Severo		0 ± 0	Nenhum	
SD* (mg L ⁻¹)	1370 ± 284,39	Moderado		54 ± 9	Baixo	
Fe* (mg L ⁻¹)	5,50 ± 2,92	Severo		0 ± 0	Nenhum	
Mn* (mg L ⁻¹)	0,84 ± 0,76	Moderado		0 ± 0	Nenhum	
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	4,85 ± 0,93		Baixo	0,53 ± 0,06		Baixo
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,81 ± 0,37		Moderado	0,21 ± 0,01		Baixo
DBO ₅ ^{20*} (mg L ⁻¹)	602 ± 252,43			10 ± 0,59		
PB** (UFC mL ⁻¹)	9,7x10 ⁵ ± 5,62	Severo		1,5x10 ³ ± 2,71	Baixo	

Nota: SS = sólidos suspensos; SD = sólidos dissolvidos; Fe = ferro total; Mn = manganês total; Ca²⁺ = cálcio; Mg²⁺ = magnésio; DBO₅ = Demanda Bioquímica de Oxigênio; PB = população bacteriana; e UFC = unidades formadoras de colônias. * Média e Desvio-padrão aritmético das características. ** Média e Desvio-padrão geométrico da característica. (1) Nakayama *et al.* (2006); (2) Capra e Scicolone (1998).

A concentração média de sólidos suspensos presente na água residuária de suinocultura foi superior a 100 mg L⁻¹ representando risco severo de obstrução de gotejadores conforme a

recomendação Nakayama *et al.* (2006), ultrapassando, também, o limite de 50 mg L⁻¹ estabelecido por Capra e Scicolone (2007) para sistemas de irrigação por gotejamento que

operam com águas residuárias com níveis aceitáveis de uniformidade de distribuição de efluente. Esse valor médio de sólidos suspensos supera os valores médios de 25 mg L^{-1} e 45 mg L^{-1} obtido por Reinaldo *et al.* (2012) e Moura *et al.* (2011), respectivamente, em águas residuária doméstica tratada. Na água de abastecimento houve ausência de sólidos suspensos não representando risco de obstrução de gotejadores, corroborando com Liu e Huang (2009) que não detectaram a presença de sólidos suspensos na água de abastecimento utilizada nos ensaios com sistemas de irrigação por gotejamento.

Para os sólidos dissolvidos da água residuária de suinocultura, o risco de obstrução de gotejadores foi classificado como moderado, pois o valor médio situou-se dentro da faixa limite de 500 a 2000 mg L^{-1} (NAKAYAMA *et al.*, 2006). No entanto, esse resultado foi inferior ao valor médio de 2344 mg L^{-1} de sólidos dissolvidos determinado por Silva *et al.* (2013) para água residuária do processamento da castanha de caju. Na água de abastecimento a concentração média de sólidos dissolvidos foi inferior ao valor limite de 500 mg L^{-1} proposto por Nakayama *et al.* (2006), representando baixo risco de obstrução de gotejadores. Além disso, esse resultado foi menor que o valor médio de 339 mg L^{-1} de sólidos dissolvidos obtido por Liu e Huang (2009) em água de abastecimento que abastecia sistemas de irrigação por gotejamento.

O valor médio do ferro total presente na água residuária de suinocultura superou o valor limite de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ estabelecida por Nakayama *et al.* (2006) que classifica o risco de obstrução de gotejadores como severo. Esse valor médio atende aos padrões de lançamento de água residuária tratada em corpo hídrico, onde o limite máximo é de $15,0 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2011a). Na água de abastecimento não foi detectada a presença de ferro total, indicando que não existe risco de obstrução de gotejadores para essa característica. O valor médio do ferro foi inferior a $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ não contribuindo para a acidez e a indisponibilidade do fósforo e do molibdênio (ALMEIDA, 2010). Em relação à potabilidade da água, o ferro é uma característica organoléptica, pois altera sua coloração. De acordo com a Portaria MS nº 2914/2011 (BRASIL, 2011b), a concentração média de ferro total foi inferior ao limite de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$, indicando a potabilidade dessa água.

A concentração média de manganês na água residuária de suinocultura foi inferior ao limite de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ estabelecido para o lançamento de águas residuárias em corpo hídrico receptor (BRASIL, 2011a). Além disso, a concentração média de manganês nesse efluente foi maior que $0,20 \text{ mg L}^{-1}$, representando riscos de toxicidade para cultivos agrícolas obtidos em solos ácidos. O manganês representa moderado risco de obstrução de gotejadores, pois o seu valor médio encontrou-se dentro da faixa limite de 0,1 a $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ (NAKAYAMA *et al.*, 2006). O teor médio do manganês na água de abastecimento não foi detectado, indicando que não existe risco de obstrução de gotejadores para essa característica. Segundo Almeida (2010), concentrações de manganês inferiores a $0,20 \text{ mg L}^{-1}$ não ocasionam problema de toxicidade à plantas. De acordo com a Portaria MS nº 2914/2011 (BRASIL, 2011b), a concentração média de manganês foi menor que o limite de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, indicando a potabilidade dessa água.

O valor médio do cálcio na água residuária de suinocultura foi menor que $11,89 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ obtido por Silva *et al.* (2013) em água residuária do processamento da castanha de caju. De acordo com Capra e Scicolone (1998), esse valor médio é inferior ao limite de $12,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ que classifica o risco de obstrução de gotejadores como baixo. Para a água de abastecimento o teor de cálcio foi inferior ao valor limite de $12,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, classificando o risco de obstrução de gotejadores como baixo (CAPRA; SCICOLONE, 1998).

A concentração média do magnésio na água residuária de suinocultura foi menor que valor de $4,32 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ determinado por Silva *et al.* (2013) para a água residuária do processamento da castanha de caju. O valor médio do magnésio encontrou-se dentro da faixa limite de 2,0 a $7,3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ que classifica o risco de obstrução de gotejadores como moderado (CAPRA; SCICOLONE, 1998). Na água de abastecimento o teor médio de magnésio foi menor de o valor limite de $2,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, indicando baixo risco de obstrução de gotejadores.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011a), o valor médio da DBO_5^{20} da água residuária de suinocultura não atende ao padrão nacional de 120 mg L^{-1} para lançamento em corpos hídricos receptores.

O resultado obtido para DBO foi superior ao limite de 25 mg L^{-1} de DBO, estabelecido por Capra e Scicolone (2004) para ótima uniformidade de aplicação de efluente via sistemas de irrigação por gotejamento. Para a água de abastecimento o valor médio da DBO_5^{20} foi inferior ao limite de 25 mg L^{-1} proposto por Capra e Scicolone (2004) para ótima uniformidade de aplicação de efluente via sistemas de irrigação por gotejamento.

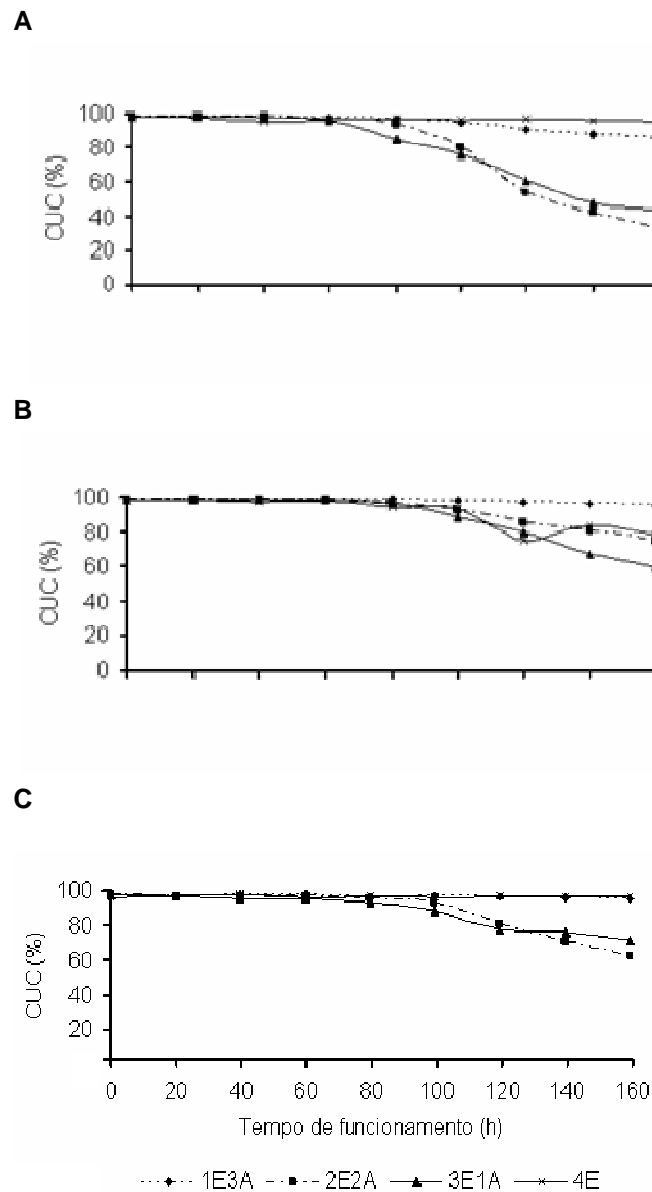
Na água residuária de suinocultura o nível médio populacional de bactérias foi inferior ao limite de $5,0 \times 10^4$ UFC por mL que classifica o risco de obstrução de gotejadores como severo (NAKAYAMA et al., 2006). Esse resultado foi superior ao nível populacional médio de bactérias foi de $4,03 \times 10^3$ UFC por mL obtido por Liu e Huang (2009) em água residuária sanitária tratada. Não foi detectada a presença de coliformes totais na água de abastecimento, indicando que essa característica atende aos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011b). Além disso, a água de abastecimento representa baixo risco de obstrução de gotejadores, tendo em vista que o valor médio da população bacteriana foi inferior ao valor limite de $1,0 \times 10^4$ UFC por mL (NAKAYAMA et al., 2006). Esse resultado foi superior ao valor médio de $6,6 \times 10^1$ UFC por mL obtido por Liu e Huang (2009) em água de abastecimento.

Na Figura 2 estão apresentados os valores médios do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) das unidades de irrigação com três tipos de gotejadores (G1, G2 e G3) submetidas às quatro proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento (1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E). Nos tempos de funcionamento inicial e 160 h, verificou-se que os valores de CUC das unidades de irrigação submetidas às proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E foram de 98 e 86%; 98 e 34%; 98 e 43%; e 98 e 95%, respectivamente (Figura 2a). Observou-se ainda que os valores de CUC das unidades de irrigação, no tempo de funcionamento inicial, foram superiores a 90%, sendo classificados como excelentes, conforme proposto por Merriam e Keller (1978). No tempo de funcionamento de 160 h, o valor de CUC da unidade submetida à proporção de tempo de

irrigação 1E3A encontrou-se dentro da faixa de 80 a 90%, sendo classificado como bom; os valores de CUC das unidades submetidas as proporções de tempo de irrigação 2E2A e 3E1A foram inferiores a 70%, recebendo, assim, a classificação ruim; e o valor de CUC da unidade submetida à proporção de tempo de irrigação 4E foi superior a 90%, mantendo a classificação excelente. As reduções nos valores do CUC das unidades submetidas as proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E foram de 12, 66, 56 e 4%, respectivamente, quando se estabeleceu comparação entre os tempos de funcionamento inicial e 160 h. Os resultados de redução do CUC das unidades de irrigação 1E3A, 2E2A, 3E1A diferem dos obtidos por Batista et al. (2010) que constataram redução no CUC de 4% em unidade de irrigação por gotejamento abastecida com água residuária doméstica terciária, durante 120 h.

Observou-se, na Figura 2b, que os valores de CUC das unidades de irrigação submetidas às proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E, nos tempos de funcionamento inicial e 160 h, foram de 99 e 95%; 97 e 75%; 99 e 59%; e 99 e 78%, respectivamente. De acordo com Merriam e Keller (1978), os valores do CUC das unidades no tempo de funcionamento inicial foram superiores a 90%, sendo classificados como excelentes. No tempo de funcionamento de 160 h, o valor de CUC da unidade submetida à proporção de tempo de irrigação 1E3A foi superior a 90%, mantendo a classificação excelente; os valores de CUC das unidades submetidas as proporções de tempo de irrigação 2E2A e 4E encontraram-se dentro da faixa de 70 a 80%, sendo classificados como razoáveis; e o valor de CUC da unidade submetida à proporção de tempo de irrigação 3E1A foi inferior a 70%, recebendo a classificação ruim. As reduções nos valores do CUC das unidades submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E foram de 4, 24, 40 e 21%, respectivamente, quando se estabeleceu comparação entre os tempos de funcionamento inicial e 160 h. Essas reduções nos valores do CUC foram menores que o valor de 76% obtido por Cunha et al. (2007) em sistemas de irrigação por gotejamento que operaram durante 144 h com água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro filtrada.

Figura 2 - Valores médios do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), ao longo do tempo de funcionamento, nas unidades de irrigação com os gotejadores G1 (a), G2 (b) e G3 (c) submetidas às proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E.



Notou-se, na Figura 2c, que os valores de CUC das unidades submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E nos tempos de funcionamento inicial e 160 h foram de 98 e 95%; 97 e 63%; 97 e 71%; e 96 e 96%, respectivamente. Verificou-se que os valores de CUC das unidades, no tempo de funcionamento inicial, foram superiores a 90%, sendo classificados como excelentes, conforme

proposto por Merriam e Keller (1978). No tempo de funcionamento de 160 h, os valores de CUC das unidades submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A e 4E continuaram sendo superiores a 90% e classificados como excelentes; o valor de CUC da unidade submetida a proporção de tempo de irrigação 2E2A foi inferior a 70%, recebendo a classificação ruim; e o valor de CUC da unidade submetida ao nível

3E1A situou-se entre 70 e 80%, sendo classificado como razoável. As reduções nos valores do CUC das unidades submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E foram de 3, 36, 27 e 0%, respectivamente, quando se estabeleceu comparação entre os tempos de funcionamento inicial e 160 h, confrontando a redução de 100% obtida por Cunha et al. (2007) com sistemas de irrigação por gotejamento que operaram 36 h com água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro não filtrada.

Constatou-se que as proporções de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento 1E3A e 4E minimizaram o entupimento dos gotejadores, enquanto as proporções de tempo de irrigação 2E2A e 3E1A o potencializaram. Na proporção de tempo de irrigação 1E3A, o tempo de aplicação de água de abastecimento foi maior em relação às demais as proporções de tempo de irrigação, isso pode ter causado a remoção de sólidos do interior dos gotejadores e das linhas laterais e a redução da adesão microbiana nas paredes do equipamento, acarretando, assim, a atenuação do entupimento. Em relação à proporção de tempo de irrigação 4E, a minimização do entupimento foi atribuída à escassez de oxigênio dissolvido no efluente, que, provavelmente, diminuiu a produção de

subprodutos da atividade microbiana e, conseqüentemente, a formação de biofilme. Nas proporções de tempo de irrigação 2E2A e 3E1A, os menores tempos de aplicação de água não foram suficientes para a remoção dos sólidos do interior do equipamento, além de favorecerem o desenvolvimento do biofilme, devido ao fornecimento de oxigênio dissolvido aos microrganismos aeróbios.

Na Tabela 3, apresenta-se o resumo da análise de variância dos valores de CUC das unidades de irrigação, no esquema de parcelas sub-subdivididas. A interação N x G x T foi significativa a 1% de probabilidade para a variável CUC. Os valores dos coeficientes de variação das parcelas, subparcelas e sub-subparcelas foram inferiores à 10% sendo classificados como baixos por Pimentel Gomes (2009), indicando alta precisão dos dados coletados em campo.

Em vista dos resultados das análises de variância, procedeu-se ao desdobramento da interação N x G x T. Estão apresentadas, na Tabela 4, as equações de regressão que melhor se ajustaram aos dados de CUC, em função do tempo de funcionamento, para cada nível de gotejador e cada nível de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento.

Tabela 3 - Resumo das análises de variância da variável CUC, no esquema de parcelas sub-subdivididas

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
		CUC
Proporções de água residuária e água de abastecimento (N)	3	2992,90**
Resíduo (a)	8	56,55
Tipo de gotejador (G)	2	1048,33**
N x G	6	532,57**
Resíduo (b)	16	37,24
Tempo de funcionamento (T)	8	3116,21**
N x T	24	541,92**
G x T	16	185,56**
N x G x T	48	101,75**
Resíduo (c)	192	13,94
CV (%) parcela		8,34
CV (%) subparcela		6,77
CV (%) sub-subparcela		4,14

** F significativo a 1% de probabilidade.

Nas unidades de irrigação dotadas do gotejador G1, submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A e 3E1A, o modelo

quadrático foi o que melhor representou a relação entre os dados de CUC e o tempo de funcionamento, com coeficientes de determinação

(R^2) de 0,98; 0,98; e 0,96, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 4. Esses resultados diferem dos obtidos por Batista *et al.* (2009), onde houve relação linear entre o CUC e o tempo de operação de sistemas de irrigação por gotejamento abastecidos com água residuária sanitária terciária para gotejador não autocompensante. Já na unidade submetida à proporção de tempo de irrigação 4E, não se verificou efeito significativo do tempo de funcionamento na alteração do CUC, sendo o modelo nulo (média) o que melhor representou o processo em estudo.

Notou-se que o CUC da unidade dotada do gotejador G2, submetida à proporção de tempo de irrigação 1E3A, não foi alterado, significativamente, pelo tempo de funcionamento, tendo o modelo nulo (média) como a melhor representação dos dados. Em relação aos níveis 2E2A, 3E1A e 4E, constatou-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados

de CUC, em função do tempo de funcionamento, com valores de R^2 de 0,99; 0,99; e 0,80, respectivamente. No trabalho desenvolvido por Batista *et al.* (2009) o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos valores de CUC e tempo de operação de sistemas de irrigação aplicando água residuária sanitária terciária para gotejador não autocompensante.

O CUC das unidades dotadas do gotejador G3, submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A e 4E, não foi alterado, significativamente, pelo tempo de funcionamento, sendo o modelo nulo (média) o que melhor representou o processo em estudo. Entretanto, o modelo quadrático foi o que melhor representou a relação entre o CUC e o tempo de funcionamento das subunidades submetidas aos níveis 2E2A e 3E1A, sendo os valores de R^2 de 0,98; e 0,97, respectivamente, confrontando os resultados obtidos por Batista *et al.* (2009) para gotejador autocompensante.

Tabela 4 - Equações de regressão ajustadas à variável CUC em função dos tempos de funcionamento (T), para cada nível de gotejador e cada proporção de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento.

Gotejador	Proporção de água	Equação de regressão	R^2
G1	1E3A	$\hat{C}UC = 98,084 + 0,0349^{ns}T - 0,000726 * T^2$	0,98
	2E2A	$\hat{C}UC = 98,320 + 0,176^{**}T - 0,00388^{**}T^2$	0,96
	3E1A	$\hat{C}UC = 99,837 + 0,0103^{ns}T - 0,00248^{**}T^2$	0,96
	4E	$\hat{C}UC = \bar{C}UC = 96,451$	-
G2	1E3A	$\hat{C}UC = \bar{C}UC = 97,642$	-
	2E2A	$\hat{C}UC = 98,283 + 0,0755^{ns}T - 0,00142^{**}T^2$	0,99
	3E1A	$\hat{C}UC = 97,687 + 0,152^{**}T - 0,00250^{**}T^2$	0,99
	4E	$\hat{C}UC = 99,693 - 0,0360^{ns}T - 0,000698 * T^2$	0,80
G3	1E3A	$\hat{C}UC = \bar{C}UC = 96,572$	-
	2E2A	$\hat{C}UC = 95,643 + 0,173^{**}T - 0,00240^{**}T^2$	0,98
	3E1A	$\hat{C}UC = 97,293 + 0,0119^{ns}T - 0,00116^{**}T^2$	0,97
	4E	$\hat{C}UC = \bar{C}UC = 96,636$	-

******, ***** e **^{ns}** significativos a 1 e 5% de probabilidade e não-significativo a 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Constam na Tabela 5 os valores médios da variável CUC para o fator gotejador dentro de cada nível de tempo de funcionamento e cada nível de proporção de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de

abastecimento. Observou-se, nessa tabela, que não houve efeito das proporções de água sobre o CUC, para cada tipo de gotejador, até o tempo de funcionamento de 60 h.

Analisando as médias da variável CUC

seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas da Tabela 5, notou-se que: na proporção de tempo de irrigação 1E3A, o CUC da unidade dotada do gotejador G1 diferiu somente do CUC da unidade com gotejador G2, no tempo de funcionamento de 140 h, enquanto no tempo de funcionamento de 160 h o CUC da unidade dotada do gotejador G1 diferiu do CUC das unidades com gotejadores G2 e G3; na proporção de tempo de irrigação 2E2A, o CUC da unidade com gotejador G1 diferiu do CUC das unidades dotadas dos gotejadores G2 e G3, nos tempos de funcionamento de 100 e 120 h,

enquanto os valores de CUC das unidades com gotejadores G1, G2 e G3 diferiram entre si nos tempos de funcionamento de 140 e 160 h; na proporção de tempo de irrigação 3E1A, o CUC da unidade dotada do gotejador G1 diferiu do CUC das subunidades dotadas dos gotejadores G2 e G3, nos tempos de funcionamento de 80, 100 e 120 h, enquanto as unidades com gotejadores G1, G2 e G3 diferiram entre si, nos tempos de funcionamento de 140 e 160 h; e na proporção de tempo de irrigação 4E, a partir de 120 h, o CUC da subunidade com gotejador G2 diferiu do CUC das unidades dotadas dos gotejadores G1 e G3.

Tabela 5 - Valores médios da variável CUC (%) para o fator gotejador dentro de cada nível de tempo de funcionamento e cada nível de proporção de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento.

Tempo de funcionamento (h)	Gotejador	Proporção de água residuária*			
		1E3A	2E2A	3E1A	4E
0	G1	98,01Aa	98,14Aa	98,29Aa	98,35Aa
	G2	98,68Aa	98,68Aa	98,73Aa	98,81Aa
	G3	97,77Aa	97,30Aa	97,22Aa	96,32Aa
20	G1	98,26Aa	98,46Aa	98,27Aa	97,88Aa
	G2	98,78Aa	98,73Aa	98,67Aa	98,68Aa
	G3	96,98Aa	97,03Aa	96,80Aa	96,45Aa
40	G1	98,23Aa	98,14Aa	97,26Aa	95,10Aa
	G2	98,32Aa	98,06Aa	98,05Aa	96,52Aa
	G3	97,31Aa	96,69Aa	94,91Aa	97,38Aa
60	G1	97,91Aa	97,17Aa	96,33Aa	96,03Aa
	G2	98,57Aa	98,24Aa	98,32Aa	97,54Aa
	G3	97,24Aa	96,48Aa	94,94Aa	96,01Aa
80	G1	97,16Aa	95,03Aa	84,79Bb	96,92Aa
	G2	98,42Aa	96,55Aa	95,80Aa	93,76Aa
	G3	96,26Aa	93,59Aa	93,02Aa	97,01Aa
100	G1	94,37Aa	80,42Bb	76,53Bb	95,78Aa
	G2	97,68Aa	92,13Aab	88,30Ab	92,66Aab
	G3	96,83Aa	92,62Aab	87,88Ab	95,97Aab
120	G1	90,67Aa	53,66Bb	61,32Bb	97,05Aa
	G2	96,90Aa	85,46Ab	80,05Abc	75,16Bc
	G3	95,83Aa	81,11Ab	77,96Ab	97,05Aa
140	G1	88,05Ba	41,79Cb	47,66Cb	96,06Aa
	G2	96,27Aa	80,11Ab	66,96Bc	83,21Bb
	G3	95,75ABa	70,52Bb	75,87Ab	96,99Aa
160	G1	85,94Bb	33,62Cd	43,37Cc	94,89Aa
	G2	95,17Aa	74,79Ab	59,44Bc	77,99Bb
	G3	95,18Aa	62,67Bb	71,17Ab	96,54Aa

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula nas colunas para cada tempo de funcionamento e minúscula nas linhas para cada proporção de tempo de irrigação com água residuária de suinocultura e água de abastecimento não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No trabalho realizado por Cunha et al. (2007) a partir de 36 h de operação das unidades de irrigação abastecidas com água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro filtrada houve diferença estatísticas entre os valores de CUC em cada tempo de operação estudado.

Estabelecendo comparação entres as médias da variável CUC seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula nas linhas da Tabela 5, constatou-se que: no tempo de funcionamento de 80 h, o CUC da unidade com gotejador G1, submetida à proporção de tempo de irrigação 3E1A, diferiu do CUC das subunidades submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A e 4E; no tempo de funcionamento de 100 h, o CUC das unidades dotadas dos gotejadores G1, submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A e 4E, diferiu do CUC das unidades submetidas às proporções de tempo de irrigação 2E2A e 3E1A, enquanto somente o CUC das unidades dotadas dos gotejadores G2 e G3, submetidas à proporção de tempo de irrigação 1E3A, diferiu do CUC das unidades submetidas à proporção de tempo de irrigação 3E1A; nos tempos de funcionamento de 120 e 140 h, o CUC das unidades dotadas dos gotejadores G1 e G3, submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A e 4E, diferiu do CUC das unidades submetidas aos níveis 2E2A e 3E1A, enquanto os valores de CUC das unidades com gotejador G2, submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A e 3E1A, diferiram entre si; e, no tempo de funcionamento de 160 h, os valores de CUC das unidades com gotejador G1, submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A, 2E2A, 3E1A e 4E, diferiram entre si, os valores de CUC das unidades com gotejador G2, submetidas às proporções de tempo de irrigação 2E2A e 4E, não diferiram entre si, e o CUC das unidades com gotejador G3, submetidas às proporções de tempo de irrigação 1E3A e 4E, diferiram do CUC das unidades submetidas às proporções de tempo de irrigação 2E2A e 3E1A. Esses resultados diferem dos obtidos por Cunha et al. (2007), onde foram obtidos valores médios de CUC de 95% no tempo de operação de 0 h e CUC de 0% no tempo de operação de 36 h em sistemas de irrigação por gotejamento abastecido com água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro não filtrada.

Conclusões

As proporções de tempo de irrigação, uma hora de aplicação de água residuária de suinocultura seguida de três horas de aplicação de água de abastecimento e quatro horas de aplicação de água residuária de suinocultura, minimizaram o entupimento dos gotejadores resultando em níveis excelentes de uniformidade de aplicação de efluente nas unidades de irrigação com gotejador G3. 1E3A = uma hora de aplicação de ARS seguida de três horas de aplicação de AA; 2E2A = duas horas de aplicação de ARS seguida de duas horas de aplicação de AA; 3E1A = três horas de aplicação de ARS seguida de uma hora de aplicação de AA; e 4E = quatro horas de aplicação de ARS.

Referências

- Almeida, O. T. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 227p.
- Batista, R. O.; Souza, J. A. R.; Ferreira, D. C. Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 18-22, 2010.
- Batista, R. O. et al. Taponamiento de goteros y del filtro de discos con agua residual sanitaria de una laguna de maduración. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, Medellín, v. 62, n. 1 p. 4957-4966, 2009.
- Barreto, N. S. E. et al. Avaliação do impacto ambiental no rio Subaé, São Francisco do Conde-BA, através de bioindicadores de contaminação fecal. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 25, n. 2, p. 164-169, 2013.
- Brasil. **Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial, Brasília, 2011a. Disponível em:

- <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2013. Brasil. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial, Brasília, 2011b. Disponível em: <http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/bibliotec_a/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 03 dez. 2013.
- Cabral, J. R. et al. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p.823-831, 2011.
- Capra, A.; Scicolone, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 15, n. 16, p.1529-1534, 2007.
- Capra, A.; Scicolone, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 68, n. 2, p.135-149, 2004.
- Capra, A.; Scicolone, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 70, n. 4, p.355-365,1998.
- Cunha, F. F. et al. 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. 143147, 2006.
- Dazhuang, Y. et al. Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater. **Journal of Environmental Sciences**, Beijing, v. 21, n. 6, p. 834-841, 2009.
- Duran-Ros, M. et al. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 67-79, 2009.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- Liu, H.; Huang, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 5, p. 745-756, 2009.
- Merriam, J. L.; Keller, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- Moura, F. N. et al. Desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de esgoto doméstico em áreas rurais do semiárido brasileiro. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.8, n.1, p. 264-276, 2011.
- 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: Elsevier, 2006, cap. 11, p. 389 - 430.
- Oron, G. et al. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 223-234, 1999.
- Pimentel Gomes, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p. Puig-Bargués, J. et al. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 6, p. 883-891, 2010.
- Reinaldo, G. P. B. et al. Desempenho de sistema decanto-digestor com filtro biológico seguido por alagado construído e reator solar no tratamento de esgoto doméstico. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 62-74, 2012.
- Rice, E. W.; Baird, R. B.; Clesceri, A. D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA, AWWA, WPCR, 2012. 1496p.
- Santos, K. S. R.; Sampaio, E. V. S. B.; Araújo, M. S. Adubação orgânica em sistemas agrícolas no Agreste Paraibano. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 24, n. 2, p. 130-144, 2012.

Sardá, L. G. et al. Redução da emissão de CO₂, CH₄ e H₂S através da compostagem de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.9, p.1008-1013, 2010.

Silva, K. B. et al. Desempenho de gotejadores operando com efluente da castanha de caju sob distintas pressões de serviço. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 339- 346, 2013.

Schirmann, J. et al. Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.1, p.271-280, 2013 Recebido: em 21/02/13

Recebido em: 21/02/13
Aceito em: 05/05/14