

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES QUALIDADES DE EFLUENTES TRATADOS NO DESEMPENHO DE EMISSORES AUTOCOMPENSANTES

Patrícia Ferreira da Silva¹, Rigoberto Moreira de Matos¹, Sabrina Cordeiro de Lima¹, Roberta de Cássia Barros Gomes¹ e José Dantas Neto¹

¹Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campus I. Avenida Aprígio Veloso, 882, CEP: 58.429-140, Bairro Universitário, Campina Grande, PB. E-mail: patrycyafs@yahoo.com.br, rigobertomoreira@gmail.com, sabrina.lcordeiro@hotmail.com, robeert4@hotmail.com, zedantas1955@gmail.com

RESUMO: A escassez de água potável vem pressionando a tomada de decisões que envolvam o uso mais racional da irrigação e o reuso na produção agrícola. Objetivou-se com este trabalho analisar o desempenho de emissores de dois conjuntos de irrigação, operando com diferentes qualidades de esgoto tratado. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os fatores arranjados em esquema fatorial 3x2, correspondendo a três tipos de água (água de abastecimento (A.ABAST); água tratada por (WETLAND); água tratada por (UASB/WETLAND), e dois sistemas de irrigação (superficial e subsuperficial). Para o gotejo superficial a água tratada por WETLAND obteve menor vazão, maior Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Grau de Entupimento (GE). No gotejo subsuperficial o melhor tratamento para a vazão e CUC foi o UASB/WETLAND, e o maior grau de entupimento foi verificado na água tratada por UASB/WETLAND. Os coeficientes CUD, CUC e EA foram classificados como excelentes para todos os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, irrigação localizada, obstrução.

INFLUENCE OF DIFFERENT QUALITIES WASTEWATER TREATED ON PERFORMANCE OF EMITTER SELF-COMPENSATING

ABSTRACT: The water scarcity has been pressing decision making involving the most rational use of irrigation and reuse in agricultural production. This study aimed to analyze the performance of two sets of emitters irrigation operating different qualities of treated sewage. The research was conducted in greenhouse belonging to the Academic Unit of Agricultural Engineering At the Federal University of Campina Grande, in a completely randomized design with four replications, and the factors arranged in a 3x2 factorial arrangement, corresponding to three types of water (water supply (A.ABAST); treated water (WETLAND); treated water (UASB / WETLAND), and two irrigation systems (surface and subsurface). For surface drip water treated by WETLAND had lower flow, higher Christiansen Uniformity Coefficient (CUC) and Degree of clogging (GE). In subsurface drip the best treatment for flow and CUC was the UASB / WETLAND, and the greatest degree of obstruction was found in water treated by UASB / WETLAND. The CUD, CUC and EA coefficients were rated as excellent for all treatments.

KEY WORDS: Reuse, drip irrigation, obstruction.

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista ambiental, os conjuntos de irrigação por gotejamento são os mais sustentáveis para a disposição de água residuárias no ambiente 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 (Cunha et al., 2013).

Um dos sistemas de irrigação mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, que apresenta vantagens como economia de água e energia, possibilidade de automação e de fertirrigação (Sousa et al., 2011). No entanto, na irrigação localizada, vários fatores podem comprometer a uniformidade de distribuição de água, tais como: a desuniformidade dos emissores devido a processos de fabricação, o dimensionamento inadequado do sistema, bem como o entupimento dos emissores, causado pelas partículas minerais ou orgânicas presentes na água.

A utilização de águas residuária tratada na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição ambiental. Entretanto, para que isso se torne uma prática viável, é preciso aperfeiçoar as técnicas de tratamento, aplicação e manejo dessas águas residuárias (Batista et al, 2010).

A irrigação localizada, por utilizar emissores com orifícios de passagem de água muito pequenos, está sujeita a alterações nas vazões nos pontos de missão devido ao efeito das obstruções, ocasionando perda da uniformidade de irrigação (Busato e Soares, 2010). A obstrução dos emissores está diretamente relacionada à qualidade da água de irrigação e à arquitetura interna do tubo gotejador. Portanto, os sólidos em suspensão, a composição química e a atividade microbiológica ditam o tipo de tratamento de água necessário para prevenção das obstruções (Dazhuang et al., 2009).

Batista et al. (2010) observaram, avaliando o efeito da aplicação de esgoto doméstico tratado sobre a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por gotejamento, a formação de um biofilme, resultante da interação entre colônias de bactérias e algas, propiciando entupimentos parcial e total dos gotejadores, acarretando na diminuição da vazão e da uniformidade de aplicação.

Objetivou-se com o presente trabalho analisar o desempenho de emissores de dois conjuntos de irrigação, operando com diferentes qualidades de esgoto tratado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - PB. “A área experimental se localiza nas coordenadas geográficas: 7° 12’ 88” de latitude sul, 35° 54’ 40” de longitude oeste e altitude média de 532 m. Para o ensaio foi utilizada estrutura de alvenaria com 8 m de comprimento por 1 m de largura e 0,3 m de altura, composto por três módulos.

Para o ensaio foi utilizada estrutura metálica com 8 m de comprimento por 1 m de largura e 0,11 m de altura, composto por três módulos experimentais e três reservatórios. O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por três motobombas centrífugas da marca Maqtron, modelo IBD 35. A operação de funcionamento das bombas, quanto ao horário de início e término de cada ciclo de aplicação, foi realizada manualmente, obedecendo aos horários de início, duração de aplicação e ensaio de vazão. Para evitar a entrada de partículas em suspensão no sistema, com tamanho superior ao diâmetro dos emissores, foi utilizado 3 filtro de disco de 1”, com capacidade para 5 m³ h⁻¹ de vazão. Para o controle da pressão de serviço fornecida ao sistema utilizou-se 3 manômetros do tipo Bourdon testados e aferidos antes dos ensaios.

A mangueira gotejadora utilizada no experimento é da Rain Bard™, modelo XFS 0612500 dripline autocompensante, com espaçamento entre gotejadores de 0,30 m, e a pressão recomendada para funcionamento segundo o fabricante varia de 60 a 420 kPa.

Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores sendo estes, três tipos de água (água de abastecimento (A.ABAST); água passando apenas por um tratamento (WETLAND); água passando por dois tipos de tratamento (UASB/WETLAND), e dois sistemas de irrigação (gotejo superficial e gotejo subsuperficial). O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. A unidade experimental foi constituída por um recipiente em PVC com diâmetro de 100 mm e altura de 60 cm, contendo cada recipiente um gotejador.

O método de amostragem foi o de Denículi et al. (1980) com 8 pontos, onde a coleta da vazão foi feita em oito emissores por linha lateral: do primeiro emissor, dos emissores situados à posição, 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7, e do último emissor, com um tempo de coleta de 5 minutos cronometrado em cronômetro digital. No sentido de agilizar a medição da vazão dos gotejadores, foi utilizada uma série de coletores graduados de 300 mL, em seguida o

volume medido em provetas de 1000 mL. Para o sistema enterrado os tubos gotejadores foram enterrados a 10 cm de profundidade da superfície do solo.

Durante a coleta de dados alguns cuidados foram tomados, tais como limpeza do filtro de tela antes das avaliações, abertura do final das linhas laterais em intervalos de 5 minutos para saída de impurezas e bolhas de ar, posteriormente o fechamento dos mesmos para estabilização da pressão. Para um resultado mais preciso, devido à variação de temperatura e a turbulência da água no interior do tubo gotejador, podendo interferir na uniformidade, as vazões foram amostradas simultaneamente.

De posse dos dados de vazão dos gotejadores procedeu-se os cálculos dos seguintes parâmetros: Coeficiente de Uniformidade Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), Grau de Entupimento (GE) e Eficiência de Aplicação (EA).

Um dos coeficientes mais conhecido e largamente utilizado para o cálculo da uniformidade é o de Christiansen (1942), que adotou o desvio médio como medida de dispersão, sendo seu cálculo obtido pela equação 1.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - \bar{Q}|}{n \cdot \bar{Q}} \right) \quad (1)$$

Em que: CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

Q_i = vazão coletada em cada gotejador, em $L h^{-1}$;

\bar{Q} = média das vazões coletadas de todos os gotejadores, em $L h^{-1}$; e

n = número de gotejadores analisados.

O conceito de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi originalmente apresentado por Keller e Karmeli (1975), sendo sua definição baseada na razão entre os 25% das vazões mínimas, e as vazões médias dos emissores, conforme expresso pela equação 2.

$$CUD = 100 \left(\frac{\bar{Q}_{25\%}}{\bar{Q}} \right) \quad (2)$$

Em que: CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

$\bar{Q}_{25\%}$ = média de 25% do total de gotejadores com as menores vazões, em $L h^{-1}$; e

\bar{Q} = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em $L h^{-1}$.

A equação 3 é caracterizada por ser mais rigorosa para o dimensionamento e avaliação em campo, pois possui as variações na uniformidade devido a fatores construtivos e fatores hidráulicos. (Keller e Karmeli 1974).

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{Sd}{\bar{Q}} \right) \quad (3)$$

Em que: CUE - coeficiente de uniformidade estatístico, em %;

Sd = desvio-padrão dos valores de precipitação, em L h⁻¹; e

\bar{Q} = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em L h⁻¹.

O entupimento pode ser parcial, reduzindo a uniformidade de aplicação, ou total, interrompendo por completo o funcionamento do sistema, causando sérios problemas às culturas, devido à deficiência hídrica (Cararo, 2004) equação 4.

$$GE = 100 \left(1 - \frac{\bar{Q}_{usado}}{\bar{Q}_{novo}} \right) \quad (4)$$

Em que: GE = Grau de entupimento, em %;

\bar{Q}_{usado} = Vazão média dos emissores usados, em L h⁻¹; e

\bar{Q}_{novo} = Vazão média dos emissores novos, em L h⁻¹.

A eficiência de aplicação (EA), sob irrigação plena, foi determinada de acordo com que sugere Merrian e Keller (1978), a partir da Equação 5 a seguir:

$$EA = CUD.KS \quad (5)$$

Em que: EA = eficiência de aplicação, em %;

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

KS = coeficiente de transmissividade. Para este estudo utilizou-se o valor de 90%, onde o KS desejável está em torno de 85 a 90% (Vermeiren e Jobling, 1997).

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados obtidos observa-se que para o sistema de irrigação por gotejo superficial à medida que se aumentou a pressão de serviço a vazão aumentou, contudo quando se aplicou água tratada por WETLAND a vazão foi menor do que as demais águas utilizadas. Já a água que passou por dois tratamentos e com a água de abastecimento apresentaram os maiores valores para vazão, estando próximas à vazão nominal recomendada pelo fabricante que é de 2,3 L h⁻¹ Figura 1A.

A passagem do esgoto por dois sistemas de tratamento conjugados (UASB/WETLAND) pode melhorar a qualidade físico-química da água, minimizando a formação de incrustações nas paredes dos dutos e emissores e, em contrapartida, mitigando a possibilidade de entupimento dos emissores, tal como constatado no presente trabalho para o gotejo superficial (Figura 1A). Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram também constatados por Silva et al. (2012) que estudando o desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico verificaram que o sistema de tratamento decanto digestor, associado a um filtro digestor e lagoa de estabilização, promoveu melhor desempenho em sistemas de irrigação por gotejamento quando comparado com os demais tratamentos estudados.

No gotejamento subsuperficial a água residuária que passa por dois sistemas de tratamento UASB/WETLAND foi a que resultou em menor valor para a vazão nas diferentes pressões estudadas, sendo a vazão média de 2 L h^{-1} , no entanto na pressão de 150 kPa o UASB/WETLAND evidenciou vazão superior a WETLAND. Porém os tratamentos WETLAND e A.ABAST apresentaram melhores média de vazão variando de 2,1 a $2,28 \text{ L h}^{-1}$ nas quatro pressões estudadas (Figura 1B).

Segundo Talens (2009), variações de pressões influenciam na vazão dos emissores em razão da sua sensibilidade; sendo assim, outra causa que pode estar associada às variações das vazões dos emissores durante o ensaio, é a variação de pressão. Contudo vale ressaltar que para o emissor utilizado no trabalho essa variação de vazão não é permitida uma vez que o mesmo é autocompensante.

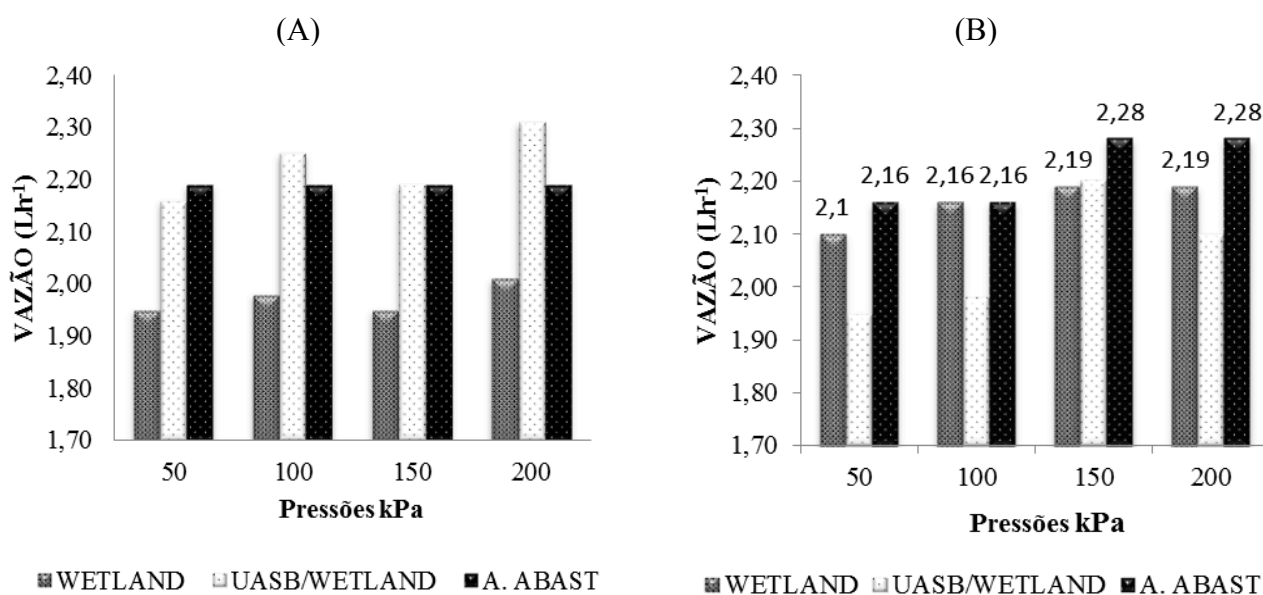


Figura 1 - Vazão dos emissores para o gotejo superficial (A) e para o gotejo subsuperficial (B), em função das diferentes pressões de serviço e da água tratada aplicada.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen para o gotejo superficial foi considerado excelente no tratamento WETLAND nas quatro pressões estudadas, seguido da A.ABAST, porém, na pressão de 50 kPa o CUC foi superior no UASB/WETLAND quando comparado a A.ABAST (Figura 2A). Frigo et al. (2006), investigando o desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento em tubos porosos aplicando água residuária de suinocultura em diversas diluições em linhas laterais de 2,5 m, também obtiveram valores de CUC classificados como excelentes nos gotejadores novos, o que mostra excelente uniformidade em sistemas de gotejamento no início de sua vida útil.

Á água tratada por dois sistemas UASB/WETLAND evidenciou melhor coeficiente de uniformidade de Christiansen sendo classificado como excelente e os demais tratamentos estiveram de excelente a bom nas diferentes pressões estudadas de acordo com a classificação da para o sistema de gotejo subsuperficial (ASAE, 1996; Mantovani, 2009) (Figura 2B).

Pletsch et al. (2009) também obtiveram resultados semelhantes, ao observar alteração no comportamento hidráulico de gotejadores usados com aplicação de água residuária proveniente de esgoto doméstico tratado. Os resultados observados sugerem que pesquisas sejam conduzidas para o desenvolvimento de técnicas auxiliares ao tratamento de esgoto tradicional.

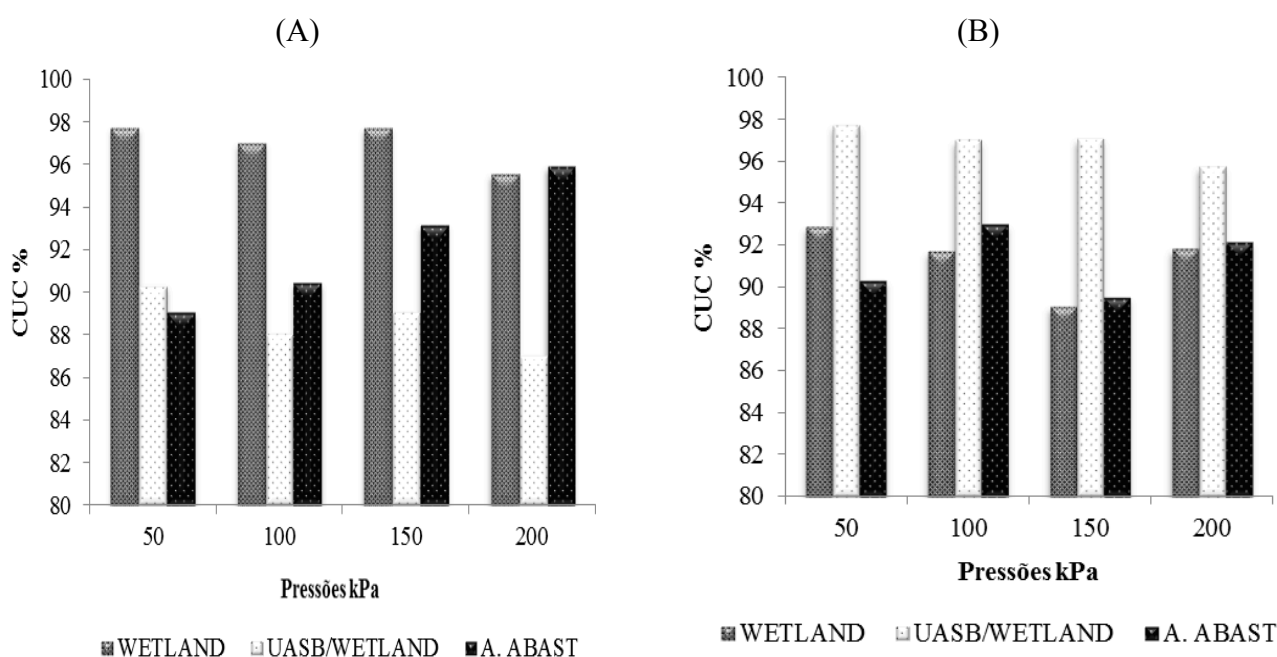


Figura 2 - Coeficiente de uniformidade de Christiansen para o gotejo superficial (A) e para o gotejo subsuperficial (B), em função das diferentes pressões de serviço e da água tratada aplicada.

Os coeficientes de uniformidade de distribuição para os gotejo superficial e subsuperficial foram superiores a 90% para os três tipos de água testada Figura 3A e 3B. Esses valores, de acordo com ASAE (1996), enquadram a uniformidade de aplicação de água na categoria excelente, demonstrando que o sistema de gotejamento foi bem dimensionado para as condições locais.

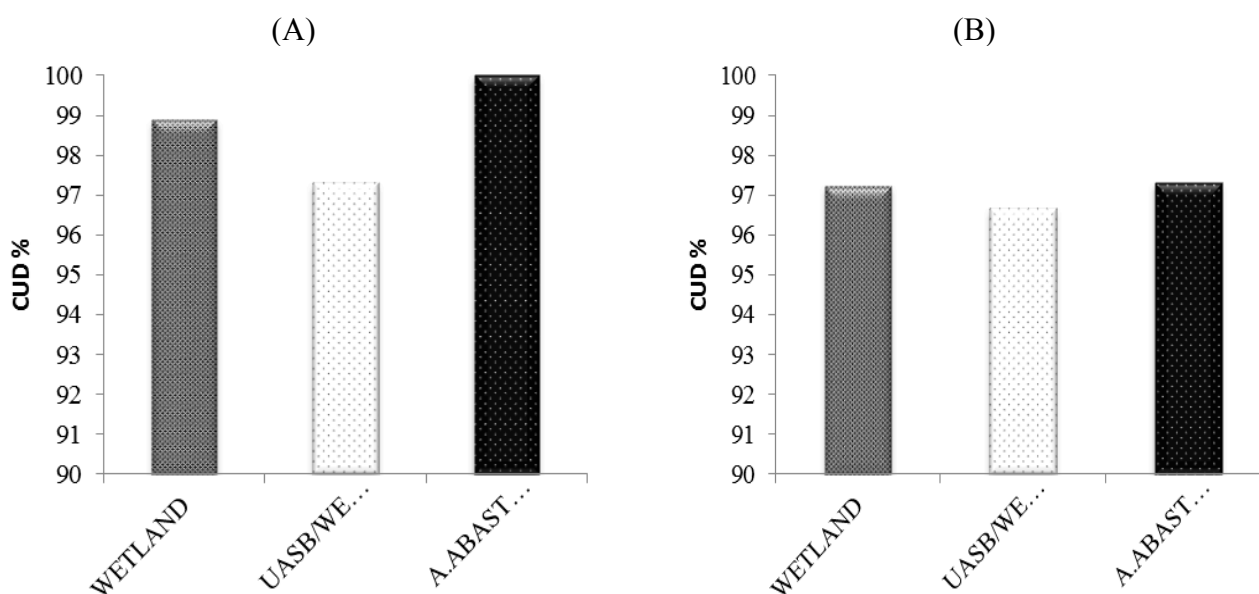


Figura 3 - Coeficiente de uniformidade de distribuição para o gotejo superficial (A) e para o gotejo subsuperficial (B), em função das diferentes pressões de serviço e da água tratada aplicada.

O coeficiente de uniformidade estatístico nas quatro pressões estudadas tanto para o gotejo superficial como subsuperficial foi classificado como excelente, nos diferentes tipos de água usada para avaliação do sistema Figura 4A e 4B.

Os resultados obtidos neste trabalho discordam daqueles encontrados por Santos et al. (2013) que em estudo sobre a uniformidade de distribuição de um sistema de gotejamento em pimenta encontraram um valor de coeficiente de uniformidade estatística (CUE) de 76,47%. Carvalho et al. (2006) também ao avaliarem o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba encontraram valor de CUE de 76,19%. Pletsch et al. (2009) avaliando gotejadores tipo labirinto aplicando água residuária de origem doméstica obtiveram um CUE de 98,81% para gotejadores novos, concordando assim com os dados constatados no presente estudo.

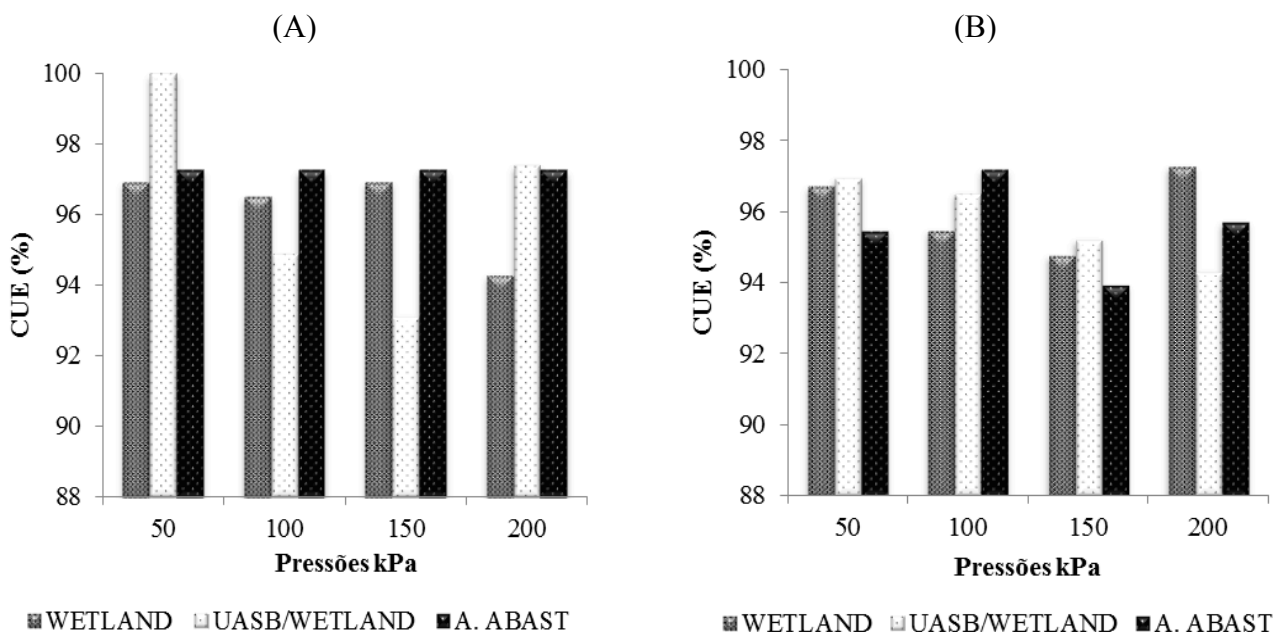


Figura 4 - Coeficiente de uniformidade estatístico para o gotejo superficial (A) e para o gotejo subsuperficial (B), em função das diferentes pressões de serviço e da água tratada aplicada.

No gotejo superficial a água tratada por WETLAND foi a que evidenciou maior grau de entupimento dos emissores nas diferentes pressões estudadas (Figura, 5A), já para a água tratada por UASB/WETLAND e a A.ABAST o grau de entupimento foi menor nas quatro pressões estudadas, fato que pode esta relacionada a melhor qualidade da água em ambos os tratamentos (Figura 5A).

O entupimento de gotejadores prejudica o funcionamento geral do sistema de irrigação afetando suas características de operação e exigindo manutenções mais frequentes. Comumente, a obstrução diminui a uniformidade de aplicação de efluente de sistemas de irrigação localizada (Liu e Huang, 2009). Uma das formas de se prevenir o entupimento de sistemas de irrigação localizada consiste no tratamento preliminar da água de irrigação fazendo-se uso de sistema com aeração, decantação e filtragem (Lemos Filho et al., 2011).

Para o sistema de gotejo subsuperficial a água tratada por UASB/WETLAND foi a que evidenciou maior grau de entupimento nas diferentes pressões estudadas, sendo a água de abastecimento a que menos contribuiu para o entupimento dos emissores nas pressões de 150 e 200 kPa. Porém, nas pressões de 50 e 100 kPa não se verifica diferença no grau de entupimento entre a água tratada por WETLAND e a água de abastecimento fato que já era de se esperar, uma vez que a água de abastecimento não contem as impurezas das águas residuárias (Figura 5B).

Batista et al. (2013) afirmam que os níveis de entupimento dos gotejadores são menores em função do menor tempo de funcionamento do equipamento para aplicação racional da água residuária da suinocultura. Concordando com os dados obtidos no presente trabalho.

Puig-Barguez et al. (2010) verificaram, ao estudar o efeito do entupimento pelo uso de água residuária tratada sobre o sistema de irrigação superficial e subsuperficial com dois tipos de emissores, autocompensantes e não compensantes, que a principal causa do entupimento foi a formação de biofilme. Assemelhando-se aos resultados do presente estudo, no entanto a causa do entupimento deve esta relacionada à deposição de sedimentos sobre o emissor o que pode ser solucionado com a correta manutenção do sistema de irrigação ou mesmo com o tratamento mais eficaz dos efluentes para utilização na irrigação por gotejamento.

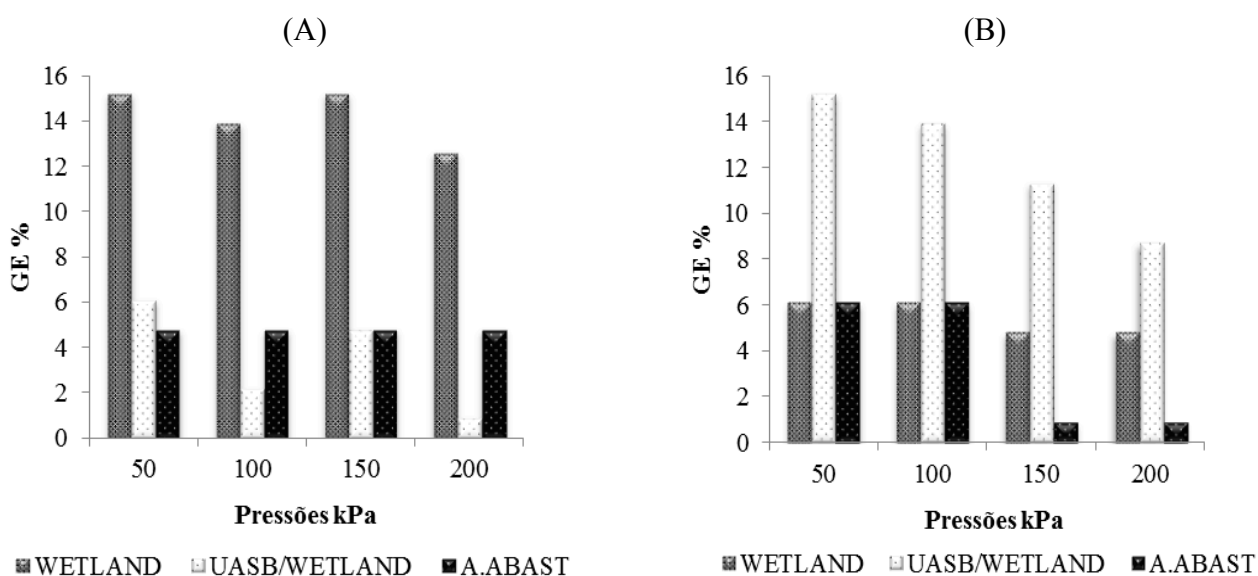


Figura 5 - Grau de entupimento para o gotejo superficial (A) e para o gotejo subsuperficial (B), em função das diferentes pressões de serviço e da água tratada aplicada.

A eficiência de aplicação tanto para o gotejo superficial quanto para o subsuperficial apresentaram valores superiores a 80% (Figura 6A e 6B). Esta eficiência se aproximou da de Dantas Neto et al. (2013) que avaliou desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em áreas de pequenos produtores do semiárido paraibano com eficiência de aplicação média de 80%.

Vidal et al. (2012) afirmam que eficiência de aplicação apresentaram diferença significativa entre as pressões de serviço que variaram de 25 a 200 kPa no nível de 5% de probabilidade. Estando em conformidade com os resultados obtidos no presente estudo com pressão variando de 50 a 200 kPa. Entretanto, esse parâmetro sozinho não reflete a adequação da irrigação, uma vez que em condições de irrigação muito deficiente ele pode atingir altos

valores, levando o irrigante a uma interpretação errônea sobre o desempenho do sistema de irrigação (Rodrigues et al., 2013).

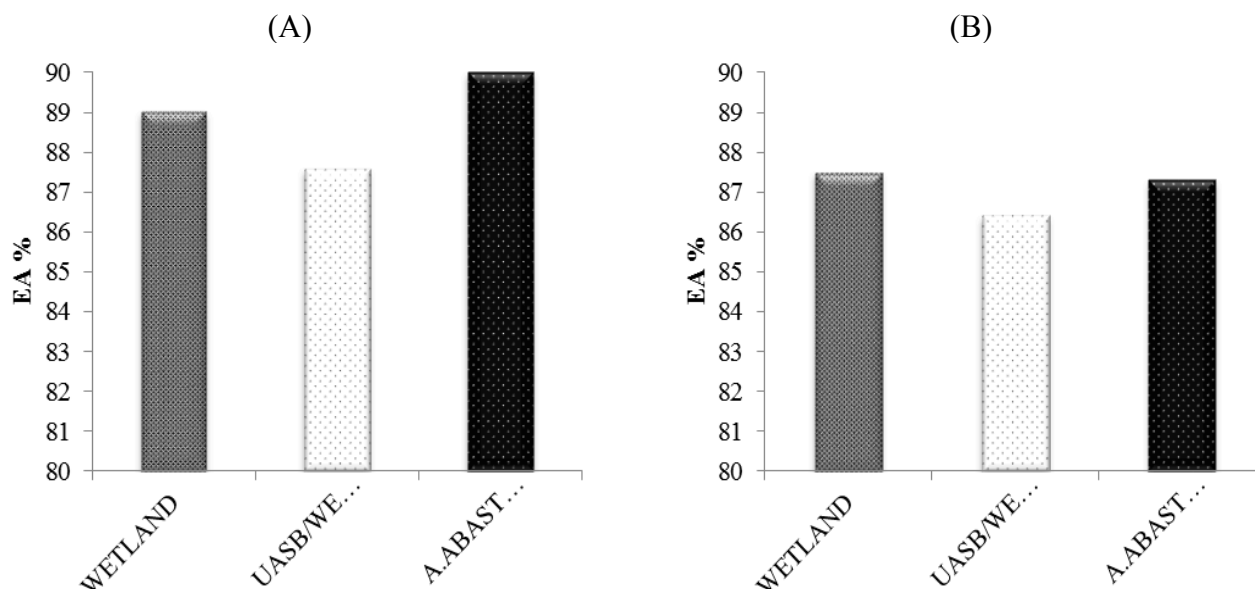


Figura 6 - Eficiência de aplicação para o gotejo superficial (A) e para o gotejo subsuperficial (B), em função das diferentes pressões de serviço e da água tratada aplicada.

CONCLUSÕES

A menor vazão e o maior CUC no gotejo superficial são obtidos com a água tratada por WETLAND.

O CUD e CUE nos diferentes tipos de água nos dois sistemas de irrigação usados foram classificados como excelente.

O GE foi maior no tratamento WETLAND para o gotejo superficial e para o sistema subsuperficial o maior grau de entupimento foi verificado na água tratada por UASB/WETLAND.

A eficiência de aplicação foi classificada como excelente para os dois sistemas analisados nos diferentes tipos de água utilizados.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). **Field evaluation of microirrigation systems**. St. Joseph, 1996, p. 792-797.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; MESQUITA, F. O.; SILVA, K. B. Suscetibilidade ao entupimento de gotejadores operando com água residuária de suinocultura. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, p. 19-25, 2013.

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**, v. 57, p. 18-22, 2010.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A. Desempenho de gotejadores utilizando água de baixa qualidade química e biológica. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 739-746, 2010.

CARARO, D. C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. Piracicaba: ESALQ/USP. 2004. 130 p. Tese de Doutorado.

CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; PEREIRA, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Revista Irriga**, v. 11, p. 36 - 46, 2006.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; OLIVEIRA, R. C.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; GOMES FILHO, R. R. Caracterização hidráulica de gotejadores em condição superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, p. 317 - 329, 2013.

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: University of California, 1942, 142p. (Bulletin, 670).

DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, L. F. D.; SILVA, P. F.; SANTOS, C. S. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em áreas de pequenos produtores do semiárido paraibano. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 679 – 688, 2013.

DAZHUANG, Y.; ZHIHUI, B.; ROWAN, M.; LIKUN, G.; SHUMEI, R.; PEILING, Y. Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater. **Journal of Environmental Sciences**, v. 21, p. 834-841, 2009.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v. 27, p. 155-162, 1980.

FRIGO, E. P.; SAMPAIO, S. C.; FREITAS, P. L.; NÓBREGA, L. H.; SANTOS, R. F.; MALLMANN, L. S. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. **Revista Irriga**, v. 11, p. 305-318, 2006.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 17, p. 678-684, 1974.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, Rain bird Sprinkler Manufacturing Corporation. California: Glendora, 1975. 133p.

LEMOES FILHO, M. A. F.; ZANINI, J. R.; SILVA, E. R. S.; CAZETTA, J. O.; FERRAUDO, A. S. Sistema com aeração, decantação e filtração para a melhoria da qualidade de água em irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 506-519, 2011.

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.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2009. 100p.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University. 1978, 271p.

PLETSCH, T. A.; CRUZ, R. L.; MAZZER, H. R.; OLIVEIRA, E. F. Desempenho de gotejadores com uso de esgoto doméstico tratado. **Revista Irriga**, v. 14, p. 243-253, 2009.

PUIG-BARGUÉS, J.; ARBAT, G.; ELBANA, M.; DURAN-ROS, M.; BARRAGÁN, J.; RAMÍREZ, C. F.; LAMM, F. R. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 883-891, 2010.

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G.; REIS, E. F. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Ambiente**, v. 9, p. 323-334, 2013.

SANTOS, C. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, P. F.; SILVA T. V.; SANTOS, M. A. L.; Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em pimenta. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, p. 17-22, 2013.

SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. E. . Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 480-486, 2012.

SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Embrapa: Informação Tecnológica, Brasília, 2011, 771p.

TALENS, J. A. M. **Riego localizado y fertirrigación**. 4. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2009. 575p.

VIDAL V. M.; BESSA, J. F. V.; PEDROSA J. S.; VALÉRIO F. L.; SOARES F. A. L.; TEIXEIRA M. B. Caracterização hidráulica de um sistema de irrigação por gotejo. In: Inovagri International Meeting & IV Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, I , Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: I Inovagri International Meeting & IV Winotec, 2012 .(CD-ROM).

VERMEIREN, L.; JOBLING. G. A. **Irrigação Localizada**. Tradução de GHEY, H. R.; DAMASCENO, F. A. V.; SILVA JÚNIOR, L. G. A.; MEDEIROS, J. F. Campina Grande. UFPB. 1997. 184 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).