

DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA E SEU EFEITO NA UNIFORMIDADE DE GOTEJADORES NA CULTURA DE TOMATE

MICHAEL SILVEIRA THEBALDI¹; MARCO SATHLER DA ROCHA²; DELVIO SANDRI³; ALBERTO BATISTA FELISBERTO⁴ e SEBASTIÃO AVELINO NETO⁴

¹Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, MG mthebaldi@posgrad.ufla.br

²Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, DF sandri@unb.br

³Instituto Brasília Ambiental, DF marcosathler@yahoo.com.br

⁴Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, GO abf87@globocom.com, savneto@gmail.com

1 RESUMO

O sistema de irrigação mais apropriado na aplicação de efluentes tratados é o gotejamento, pois não há o risco de contaminação dos frutos e parte aérea da planta e menor possibilidade de contaminação dos agricultores e consumidores, além da economia de água e energia, apresentando, como limitação, a suscetibilidade ao entupimento. Este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de aplicação de água na irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial, antes e após um ciclo da cultura do tomate de mesa irrigado com água residuária tratada proveniente de abate de bovinos, fertirrigação convencional e água natural de um córrego. Os ensaios de vazão por emissor foram realizados em três linhas de cada combinação de água e tipo de gotejamento, em um total de 12 gotejadores por lateral, nos emissores novos e após 90 dias do ciclo da cultura. Com as vazões, foram calculados o CUC, CUD e CUE de cada tratamento. Houve maior redução dos valores de CUC, CUD e CUE na irrigação com água residuária e gotejamento enterrado. Após o ciclo da cultura do tomate o CUC foi classificado como excelente, o CUD como bom e o CUE como excelente para a maioria dos tratamentos.

Palavras-chaves: gotejamento subsuperficial, efluente, fertirrigação.

THEBALDI, M. S.; ROCHA, M. S. da; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; AVELINO NETO, S.

EFFECT OF DIFFERENT WATER TYPES ON THE DRIP UNIFORMITY IN TOMATO CULTURE

2 ABSTRACT

Despite of showing some susceptibility to clogging the drip irrigation system is the most suitable for the application of treated effluents, because there is no risk of fruit and leaves contamination and has reduced possibility of farmer or consumer contamination as well as water and energy savings. This research aimed to evaluate water application uniformity using surface and subsurface drip irrigation with treated wastewater from cattle slaughter, conventional fertigation and natural water from a stream before and after one fresh tomato crop cycle. On the 90th day of the crop cycle emitter flows were evaluated in three lines of

each combination of water and drip type on a total of 12 drip emitters per lateral line. Values of CUC, CUD and CUE for each treatment were computed from the flow measurements. Higher reduction of the CUC, CUD and CUE values were found for wastewater irrigation and subsurface drip irrigation. Once the tomato cycle was over, the CUC was rated excellent, the CUD good and the CUE excellent for most treatments.

Keywords: subsurface drip irrigation, effluents, fertigation.

3 INTRODUÇÃO

O uso planejado de águas residuárias implica na necessidade de menor captação dos recursos hídricos primários, constituindo-se, portanto, em estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural em seus aspectos qualitativos e quantitativos (Medeiros et al., 2007), principalmente quando usado na agricultura, servindo como fonte extra de nutrientes às plantas e auxiliando no desenvolvimento da cultura (Sandri et al., 2009).

Dentre os despejos agroindustriais, o de abate bovino apresenta grande potencial para reúso agrícola devido a sua alta carga orgânica e compostos nitrogenados (Thebaldi et al., 2011). No entanto, exige cuidados especiais no que se refere à interferência no desempenho do sistema de irrigação, exigindo, portanto, tratamento adequado dos efluentes. Neste sentido, Sousa et al. (2006) relatam que a utilização de lagoas de estabilização estão entre os melhores métodos de tratamento de efluentes, principalmente quando esse efluente possui o objetivo de ser aplicado na agricultura.

Entretanto, a irrigação irrestrita com água de baixa qualidade pode expor os agricultores e consumidores a uma variedade de patógenos como bactérias, vírus, protozoários ou helmintos. A transmissão de doenças pode ocorrer através do contato do agricultor com a água, consumo dos produtos e através do solo e subsolo contaminado. O método de irrigação usado pode também afetar significativamente a propagação de patógenos (Capra&Scicolone, 2004).

Para a irrigação com a aplicação de efluentes tratados o sistema mais apropriado de irrigação é o gotejamento, o qual apresenta diversas vantagens, como economia de água e energia (Marouelli& Silva, 2006) e menor possibilidade de contaminação humana por aplicar água diretamente ao solo. Para Cararo&Botrel (2007) essas vantagens vão além, pois, na irrigação por aspersão com efluentes, ocorre o risco de contaminação dos frutos e parte aérea da planta, desenvolvendo fungos entre outros microrganismos patogênicos. Assim a irrigação por gotejamento se torna a mais indicada.

Entretanto, o sistema de irrigação por gotejamento possui como grande limitação o fato de seus emissores possuírem orifícios e labirintos pequenos, suscetíveis ao entupimento (Bernardo et al., 2006). Este fato é agravado quando da aplicação de efluentes que possuam altos teores de sólidos suspensos e bactérias formadoras de biofilme (Ribeiro et al., 2005; Cararo&Botrel, 2007).

O entupimento parcial ou completo reduz a uniformidade de distribuição de água e, como consequência, reduz a eficiência de irrigação (Marouelli& Silva, 2002). Em muitos casos, para assegurar que as plantas recebam a quantidade correta de água, faz-se necessário irrigar em excesso áreas com déficit, prática que causa percolação profunda e consequentes prejuízos como maior consumo de energia, lixiviação de fertilizantes e contaminação do lençol subterrâneo (Keller&Bliesner, 1990).

Uma variante ao sistema de gotejamento tradicional é o gotejamento subsuperficial. De acordo com Souza et al. (2007) o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial apresenta algumas vantagens em relação ao superficial, tais como: aumento substancial na eficiência de irrigação e maior durabilidade e a redução da área de evaporação de água a partir da superfície do solo. Entretanto, esta variante do gotejamento pode aumentar o risco potencial de entupimento devido à entrada de partículas de solo e/ou intrusão radicular nos emissores.

Souza et al. (2005) avaliaram, por meio da caracterização hidráulica de microaspersores aplicando água limpa e residuária de avicultura e bovinocultura, que as últimas podem causar o entupimento dos emissores e, conseqüentemente, alterar sua vazão.

A partir do exposto, este trabalho teve como objetivo, avaliar a uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial, antes e após um ciclo da cultura irrigada com água residuária de abate bovino tratada, fertirrigação e água natural de um córrego.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a 300 m de distância da estação de tratamento de esgoto (ETE) de um frigorífico no município de Anápolis, GO, situada nas coordenadas geográficas 16°19'17" S e 48°59'33" W.

Os gotejadores foram submetidos à irrigação com três tipos de água: efluente tratado de abate bovino captado na saída da lagoa facultativa da ETE do frigorífico (A1); água de um córrego da região, captada pelo frigorífico, com adição de fertilizantes (A2) e a água do mesmo córrego como testemunha (A3). A água do córrego era armazenada em três caixas de polietileno de 2000 litros. Os três tipos de água foram combinados com dois tipos de irrigação por gotejamento, superficial (I1) e subsuperficial (I2).

Na montagem do sistema de irrigação foram utilizados tubos gotejadores de 12mm de diâmetro nominal e espaçamento entre emissores de 0,40 m, instalados a 0,10 m da linha de plantas no gotejamento superficial e enterrada a 0,15 m da superfície do solo sob as linhas de plantas no gotejamento subsuperficial. Foram utilizados emissores Hydrogol, classificados como do tipo labirinto, com vazão nominal de 2,0 L h⁻¹ na pressão de 120 kPa. A pressão de serviço utilizada foi de 140 kPa, mantida por meio de reguladores de pressão na entrada de cada parcela.

A água utilizada como testemunha e na fertirrigação foi obtida do córrego Jurubatuba, pela captação em tubulações do próprio frigorífico. Essa água foi conduzida e acumulada três reservatórios com capacidade de 2000 L cada, totalizando 6000 L, próximo a lagoa de estabilização facultativa.

O sistema de tratamento era constituído de uma sequência de três lagoas em série, sendo duas anaeróbias (volumes de 9867,90 m³ e 8107,44 m³) e uma facultativa (volume de 12900,00 m³). A captação da água residuária para irrigação foi realizada na saída da lagoa facultativa, por meio de um mangote.

A mudança da água de irrigação de cada tratamento foi realizada por meio de registros de esfera, nas tubulações de sucção e recalque. O efluente tratado e a água do córrego eram conduzidos em tubos de polietileno de baixa densidade passando, em cada linha, por filtros de disco de ¾" e 130 microns para reduzir o entupimento por causas físicas. Na tubulação destinada à passagem de água proveniente do córrego Jurubatuba, instalou-se uma subdivisão para a tubulação destinada ao tratamento por fertirrigação, realizada por meio de um injetor

tipo Venturi de 3/4" acoplado a um reservatório de polietileno de 500 L utilizado para mistura dos nutrientes.

A aplicação de nutrientes na fertirrigação foi feita a partir da necessidade da cultura, conforme análise química do solo. O manejo da fertirrigação seguiu as recomendações de Carrijo et al. (2004). A fertirrigação com fósforo foi parcelada em duas vezes, sendo aplicados 60% no pré-plantio e 40% após 50 dias. Com base na análise de solo e exigência da cultura foi aplicado um total de 0,40 t ha⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP) purificado (60% P₂O₅ e 11% N). As aplicações foram realizadas a cada dois dias, de acordo com o turno de rega estabelecido e conforme a necessidade hídrica diária da cultura.

O manejo da irrigação foi feito utilizando um Tanque "Classe A". O volume aplicado por planta durante o ciclo foi de 97,07 litros o que resultou em um tempo total de irrigação de 55,47 horas por tratamento.

Os ensaios de vazão por emissor foram realizados em uma linha de cada combinação de água e tipo de gotejamento, com três repetições. Cada lateral possuía 12 emissores, totalizando 4,80 m de comprimento. As avaliações foram realizadas logo após a instalação do sistema em campo e ao fim do ciclo de cultivo de tomate de mesa, cv. Dominador, totalizando 90 dias. Para a avaliação da vazão após o ciclo da cultura os tubos dos tratamentos de gotejamento subsuperficial foram desenterrados. As mesmas laterais avaliadas após a instalação do sistema em campo foram avaliadas ao fim do ciclo de cultivo.

O volume de água aplicada por emissor foi obtido com auxílio de coletores de 80 mm de diâmetro e altura de 102 mm e lido em proveta graduada. O tempo de coleta de água foi em média de três minutos por emissor.

Na área experimental foi implantado um sistema de cultivo de tomate em fileiras simples, espaçadas 1,0 m entre linhas e 0,50 m entre plantas, totalizando 20000 plantas por hectare.

A Figura 1 mostra a instalação hidráulica do experimento em campo.

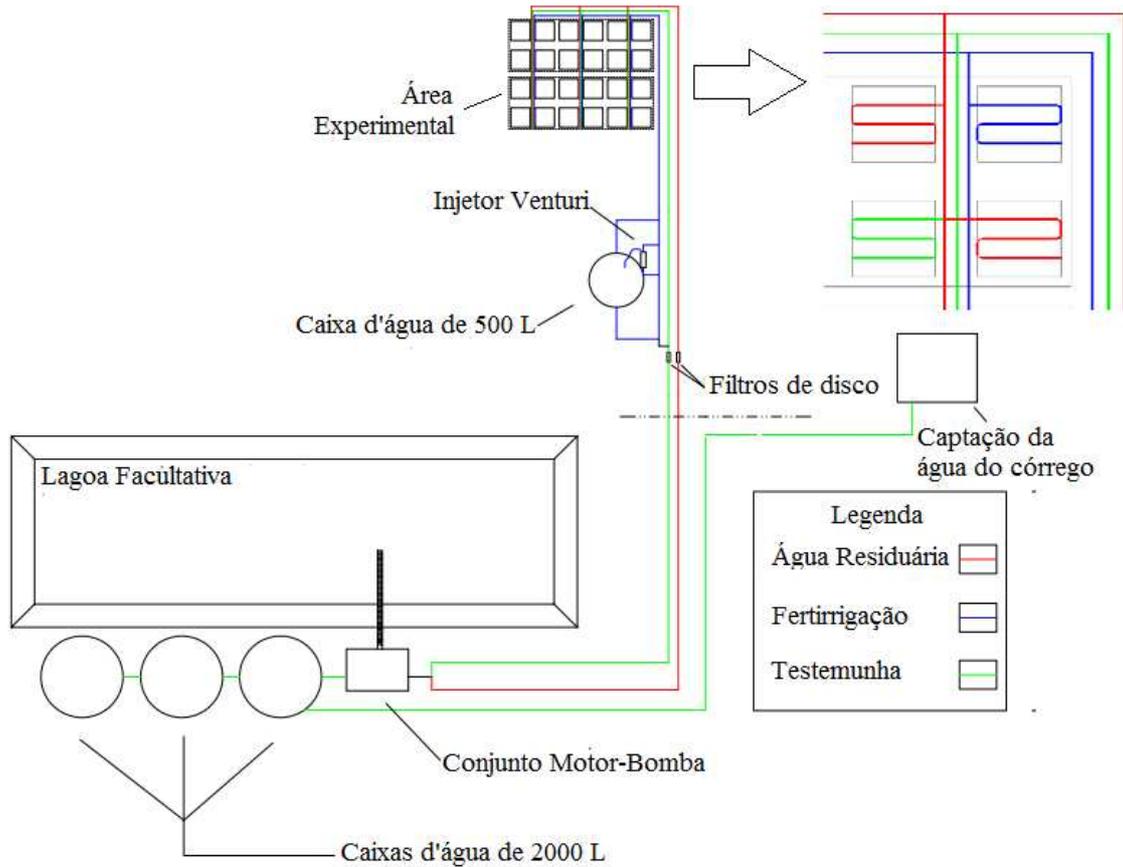


Figura 1. Disposição da rede hidráulica, do local de cultivo do tomate e da estação de tratamento efluente.

Foram utilizados os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), Christiansen (1942), de distribuição (CUD), originalmente apresentado por Keller&Karmeli (1974) e estatístico (CUE), proposto por Wilcox&Swales (1947).

O CUC foi calculado pela Equação 1:

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

Em que:

q_i = vazão observada em cada coletor, $L h^{-1}$;

q_m = média das vazões considerando todos os coletores, $L h^{-1}$;

n = número de coletores utilizados.

O CUD foi obtido através da Equação 2:

$$CUD = 100 \times \frac{q_{25}}{q_m} \quad (2)$$

Em que:

q_{25} = valor médio dos 25% menores valores de vazões observadas, $L h^{-1}$;

q_m = média das vazões, considerando todos os coletores, $L h^{-1}$.

O CUE foi calculado pela Equação 3:

$$CUE = \left(1 - \frac{S}{q_m}\right) \times 100 \quad (3)$$

Em que:

S = desvio padrão da amostra;

q_m = média das vazões, considerando todos os coletores, $L h^{-1}$.

Para auxiliar a interpretação dos resultados dos coeficientes de uniformidade de aplicação obtidos, foram realizadas três análises de qualidade das águas utilizadas na irrigação do tomateiro, com 25, 50 e 95% do ciclo da cultura concluídos. Os parâmetros analisados foram pH, ferro, dureza e manganês. A partir dos valores obtidos, pôde-se classificar o risco de entupimento de emissores a partir da classificação sugerida por Nakayama&Bucks (1986).

A concentração de ferro foi obtida seguindo o procedimento de Merck (1972) e a de manganês como descrito por Fries&Getrost (1977); já concentração de dureza foi determinada seguindo metodologia apresentadas em APHA (1995). O pH foi medido *in situ* com pHmetro portátil microprocessado.

Com exceção da dureza, os demais parâmetros obteve-se por titulação, e a concentração em $mg L^{-1}$, foi obtida em um fotocolorímetro de bancada, com resolução de $0,001 mg L^{-1}$ para concentração e de $0,001$ para absorvância e precisão relativa de 2%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados médios obtidos dos parâmetros analisados nas águas utilizadas durante a irrigação do cultivo de tomate.

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros de qualidade da água avaliados durante o experimento.

Parâmetros	Água do córrego Jurubatuba	Água residuária de abate bovino
Dureza ($mg L^{-1}$)	119	500
Ferro ($mg L^{-1}$)	0,604	1,645
Manganês ($mg L^{-1}$)	0,595	1,778
pH	7,4	7,8

Segundo classificação de Nakayama&Bucks (1986), a água residuária de abate bovino apresentou alto risco potencial de entupimento de emissores para dureza. Em contrapartida, o risco de entupimento da água do Córrego Jurubatuba para dureza é considerado reduzido.

A concentração de ferro avaliada para a água do córrego Jurubatuba apresentou risco potencial médio de entupimento dos emissores e alto para o efluente tratado de abate bovino (Tabela 1) a partir da classificação proposta por Nakayama&Bucks (1986).

Para o parâmetro manganês, a água do córrego Jurubatuba apresentou risco potencial de entupimento classificado como médio e como alto na água residuária.

Os valores de pH apresentaram risco médio de entupimento tanto no efluente tratado de abate bovino quanto na água do córrego Jurubatuba (Nakayama&Bucks, 1986).

A Tabela 2 mostra os Resultados do CUC, CUD e CUE na instalação do sistema de irrigação em campo e após 90 dias de ciclo da cultura do tomate.

Tabela 2. Resultados do CUC, CUD e CUE na instalação do sistema de irrigação em campo e após 90 dias de ciclo da cultura do tomate.

Tratamento	CUC (%)		CUD (%)		CUE (%)	
	Na instalação	Após 90 dias	Na instalação	Após 90 dias	Na instalação	Após 90 dias
A1I1	96,62	94,49	94,88	88,99	94,84	92,10
A2I1	96,99	94,59	96,95	89,38	96,96	91,86
A3I1	95,10	94,47	91,02	90,39	93,28	90,90
A1I2	95,43	91,96	91,39	86,00	92,68	88,17
A2I2	96,44	96,03	94,32	93,10	95,22	93,46
A3I2	96,86	93,90	97,21	88,60	97,67	90,73

A1: efluente tratado de abate bovino, A2: fertirrigação convencional, A3: água do córrego Jurubatuba, I1: gotejamento superficial, I2: gotejamento subsuperficial.

5.1 Coeficiente de uniformidade de Christiansen

Segundo o critério adotado por Mantovani (2002) para os valores de CUC em sistema de gotejamento, os valores encontrados para os gotejadores novos e após o ciclo da cultura do tomate, em todos os tratamentos foram considerados excelentes, ou seja, entre 90% e 100%.

O maior valor foi 96,99%, para linha de fertirrigação superficial (A2I1) logo após a instalação do sistema em campo. Dentre os CUCs obtidos antes do transplante, a diferença do maior valor para o menor valor (95,10% em A3I1) foi de apenas 1,95%. Pletsch et al. (2009) avaliando a uniformidade de gotejadores de longo percurso tipo labirinto aplicando esgoto doméstico tratado em diversos tempos de uso em laterais de 6 m de comprimento e 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.

A maior redução no valor de CUC ocorreu na irrigação subsuperficial utilizando água residuária, em que se obteve um CUC de 95,43% para gotejadores novos e após o ciclo da cultura o valor de uniformidade foi de 91,96% (também o menor valor encontrado), o que configura uma redução de 3,47%. Estes resultados se devem ao alto risco de entupimento de emissores expressado pelos resultados de qualidade da água residuária. No geral, os menores resultados obtidos após o ciclo do tomate foram nos tratamentos utilizando esgoto tratado de abate bovino (A1).

Baumgartner et al. (2007) na irrigação da alface por gotejamento, obtiveram, ao utilizarem efluente de uma lagoa de estabilização de dejetos suíno, diluído 1:65, um CUC 74,05%, valor muito inferior aos encontrados neste trabalho, após 200 horas de funcionamento, ressaltando um maior potencial de entupimento deste efluente.

5.2 Coeficiente de uniformidade de distribuição

Reis et al. (2005), verificaram a uniformidade de projetos de irrigação localizada na bacia do Rio Itapemirim, ES e Gonçalves et al. (2006) avaliando a uniformidade de aplicação de água residuária de suinocultura por gotejamento, registraram valores de CUD inferiores aos valores de CUC, o que também ocorreu no presente trabalho. Este fato ocorre, pois o CUD se configura como um teste mais rigoroso, pois dá um peso maior na avaliação às

menores vazões ou lâminas avaliadas ao longo da lateral.

A maior redução no valor de CUD comparando-se os gotejadores novos (antes do transplante) com a situação encontrada após o ciclo da cultura do tomate (55,47 horas de uso) ocorreu no tratamento e A3I2 (irrigação testemunha com gotejamento enterrado), onde o valor inicial foi de 97,21% e final de 88,60%. Porém, o menor valor obtido foi 86,00% utilizando água residuária tratada de abate bovino em gotejamento subsuperficial (A1I2).

Os valores de CUD obtidos para os gotejadores novos foram classificados como excelentes por Merriam & Keller (1978). Em contrapartida, na avaliação após o ciclo da cultura, apenas dois valores, 93,10% e 90,39% para A2I2 e A3I1, respectivamente, foram classificados como excelentes (superiores a 90%), os demais foram classificados como bons (intervalo de 85% a 90%).

Carvalho et al. (2006) obtiveram um CUD de 68% em gotejadores tipo orifício sobre linha irrigando a cultura da goiaba com três anos de uso e água de abastecimento convencional. Os autores atribuíram este resultado ao entupimento causado por péssimas condições de conservação e operação do sistema e danos físicos do equipamento devido ao tempo de uso. Esta situação pode ser agravada ao se utilizar água com baixa qualidade para irrigação, como encontrada no efluente tratado de abate bovino.

Puig-Bargués et al. (2010) avaliaram o CUD de gotejadores em laterais de irrigação submetidas a diferentes períodos de limpeza para carregamento de partículas possivelmente nelas acumuladas e aplicando água residuária urbana após tratamento terciário, obtiveram, depois de 540 e 1620 horas de operação em tratamento sem limpeza das laterais, redução do CUD de 95,1% para 94,2 e 76,0%, respectivamente. A redução em função do tempo de funcionamento foi mais acentuada para 1620 horas de funcionamento em gotejadores enterrados, chegando valor de CUD a 54%, resultados que, comparados aos obtidos neste trabalho, mostram uma pequena redução da uniformidade de irrigação com um período curto de uso, porém, a redução pode ser acentuada ao passo da utilização contínua do sistema.

5.3 Coeficiente de uniformidade estatístico

O maior CUE avaliado foi para o tratamento utilizando água do Córrego Jurubatubano gotejamento enterrado (A3I2) com os gotejadores novos. Neste tratamento também ocorreu a maior redução do CUE, 6,94 pontos percentuais, entre o gotejador novo e após 55,47 horas de uso.

Apenas no tratamento em que se irrigou com efluente tratado em gotejamento superficial após o ciclo da cultura do tomate observou valor de CUE classificado como “muito bom”. Os demais valores obtidos em ambas as épocas de avaliação tiveram classificação excelente segundo Botrel & Favetta (2001)

Carvalho et al. (2006) avaliaram gotejadores tipo orifício sobre linha irrigando a cultura da goiaba em sistema de gotejamento tipo orifício com três anos de uso e água de abastecimento convencional e encontraram valor de CUE de 76,19%, inferior ao valor obtido para o tratamento utilizando água do córrego Jurubatuba e gotejamento superficial. Pletsch et al. (2009) avaliando gotejadores tipo labirinto aplicando água residuária de origem doméstica obtiveram um CUE de 98,81% para gotejadores novos, 97,56% para gotejadores com 500 horas de uso e 67,26% com 1000 horas de uso. Estes dados mostram grande influência ao entupimento do efluente tratado de abate bovino e baixa qualidade também da água do córrego Jurubatuba utilizada na irrigação controle e fertirrigação, já que o equipamento utilizado com 500 horas de uso em uma lateral de seis metros de comprimento apresentou CUE superior ao deste trabalho.

Em linhas gerais, no gotejamento superficial, a água residuária tratada de abate bovino proporcionou maior redução da uniformidade dos emissores. Já ao se utilizar o gotejamento subsuperficial observaram-se reduções mais acentuadas na uniformidade entre gotejadores novos e após o ciclo da cultura do tomate, principalmente no tratamento em que se utilizou água do córrego Jurubatuba. Este fato mostra que a redução de uniformidade desses tratamentos deu-se em função de fatores físicos externos, provocados por se enterrar os tubo gotejadores.

6 CONCLUSÕES

Os valores de CUD, CUC e CUE no gotejamento subsuperficial, após 90 dias de uso no cultivo de tomate foram mais influenciados quando usado efluente de abate bovino em comparação aos demais tratamentos.

Ao final do ciclo da cultura do tomate o CUC e CUE foram classificados como excelente e o CUD como bom, para a maioria dos tratamentos.

O uso da água residuária tratada de abate bovino reduziu a uniformidade dos emissores quando utilizado o gotejamento superficial, ao passo que os tratamentos em que se fez uso do gotejamento enterrado, ocorreu uma redução mais acentuada da uniformidade, em função de fatores físicos externos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19. ed. Washinton: American Public Health Association, 1995. 1193p.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; BOAS, M. A. V. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.152-163, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.68, p.135–149, 2004.

CARARO, D. C.; BOTREL, T. A. Uso de cloração e ar comprimido no controle de entupimento de gotejadores ocasionado pela aplicação de água residuária. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.336-345, 2007.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. Fertirrigação de hortaliças. **Circular Técnica**, 32. Brasília: Embrapa Hortaliças, Brasília, 2004.

BOTREL, T. A.; FAVETTA, G. M. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada; validação de equações. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.2, p 427- 430, 2001

CARVALHO, C. M.; ELOY, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; PEREIRA, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.1, p.36 - 46, 2006.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkle**. Berkeley: University of California, 1942. 41p.

FRIES, J.; GETROST, H. **Organic Reagents for Trace Analysis**, MERCK; 1977, 236p.

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. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p.305-318, 2006.

GONÇALVES, R. A. B; MANTOVANI, E. C; RAMOS, M. M; SOUZA, L. O. C. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada II Avaliação da uniformidade de aplicação de água. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p. 402-414, 2006.

KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York: AVI Book, 1990, 652p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.17, n.4, p.678-84, 1974.

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

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.3, p.342-346, 2006.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Profundidade de instalação da linha de gotejadores em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.206-210, 2002.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de Gérberas: Efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.569-578, 2007.

MERCK. **The testing of water**. 9.ed., Darmstadt: Merck, 1972. 224p.

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

NAKAYAMA, F.S; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986, 164p.

PLETSCH, T. A.; CRUZ, R. L.; MAZZER, H. R.; OLIVEIRA, E. F. Desempenho de gotejadores com uso de efluente de esgoto doméstico tratado. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.2, p. 243-253, 2009.

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

REIS, E. F.; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento, **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p 74-81, 2005.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. S.; PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros utilizados na irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.450-456, 2005.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, 2009.

SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; HENRIQUE, I. N. DANTAS, P. D.; LIMA, S. M. S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum L.*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.89-96, 2006.

SOUZA, E. A.; COELHO, E. D.; PAZ, V. P. S. Distribuição da umidade num perfil de solo irrigado por gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1161-1166,2007.

SOUZA, J. A. R.; DENÍCULI, W.; BATISTA, R. O.; VAL, J. C. C.; MATOS, A. T. Caracterização hidráulica de microaspersor aplicando água limpa, água residuária de avicultura e de bovinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.3, p. 161-172, 2005.

THEBALDI, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; AVELINO NETO, S. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p. 302 – 309, 2011.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, v.27, n.11, p.565-583, 1947.