



UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA POR RADIAÇÃO SOLAR

M. A. L. Sales^{1*}, R. M. Sánchez-Román²

¹UnB – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia Veterinária (FAV), Brasília, DF, Brasil

²UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA), Botucatu, SP, Brasil

Article history: Received 21 October 2019; Received in revised form 06 November 2019; Accepted 08 November 2019; Available online 05 December 2019.

RESUMO

A utilização de água residuária na agricultura é uma alternativa viável para a sustentabilidade ambiental no meio agrícola, no entanto, ainda são necessários diversos estudos sobre a reutilização desta água. Deste modo, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de água residuária doméstica tratada por radiação solar (ARD-TRS) na uniformidade do sistema de irrigação. O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP, Botucatu-SP, no qual adotou o delineamento estatístico casualizado com cinco repetições e cinco tratamentos, 0, 25, 50, 75 e 100% de ARD-TRS na lâmina total de irrigação, completando os tratamentos com respectivamente 100, 75, 50, 25 e 0% de água de abastecimento da FCA (AAF). O sistema de irrigação apresentou uma redução nos coeficientes de uniformidade, no entanto, ainda ficaram próximos a 90%, e após a lavagem das mangueiras gotejadoras com solução de cloro livre na concentração de 50 mg L⁻¹, os valores ficaram próximos ao da uniformidade inicial do sistema. Permitindo concluir que, ARD-TRS diminui a uniformidade do sistema de irrigação, porém reversível após a lavagem da fita gotejadora.

Palavras-chave: Irrigação localizada. CUC. Obstrução de emissores.

UNIFORMITY OF DRY IRRIGATION SYSTEM UNDER DIFFERENT CONCENTRATIONS OF SOLAR RADIATION RESIDUE WATER

ABSTRACT

The association of wastewater use in agriculture is a viable alternative for environmental sustainability in the agricultural environment. However, several studies on water reuse of this necessary. The objective of this work was to evaluate the influence of domestic wastewater treated by solar radiation (ARD-TRS) on irrigation system uniformity. The experiment was carried out in the FCA / UNESP, Botucatu-SP, Department of Rural Engineering, in which it adopted a randomized statistical design with five replicates and five treatments, 0, 25, 50, 75 and 100% ARD-TRS in the total leaf irrigation, completing treatments with 100, 75, 50, 25 and 0% FCA supply water (AAF), respectively. The irrigation system presented a reduction in the uniformity coefficients. However, they were still around 90%, after flushing the hoses using 50 mg L⁻¹ of free chlorine after using it for of chives and zucchini growing season. It can be concluded that ARD-TRS decreases the uniformity of the irrigation system, but after flushing of the drip tape in has a CUC as close as brand news.

* mal_sales@hotmail.com

Keywords: Localized irrigation. CUC. Obstruction of emitters.

INTRODUÇÃO

Atualmente uma das maiores preocupações da humanidade é a disponibilidade dos recursos hídricos. No entanto, sua utilização e gerenciamento estão comprometendo a sua qualidade. Segundo a FAO (2011), cerca de 70% da água utilizada no mundo é empregada na agricultura, podendo nos países subdesenvolvidos esse índice chegar a 90%. Desta forma, a sociedade cobra do poder público uma resposta sustentável para esta atividade (FREITAS et al., 2015). Sendo assim, existe a necessidade de incorporar tecnologias para reduzir os desperdícios e incluir o reuso de água nesta atividade (TUNDISI, 2008).

Conhecer as características físicas, químicas e biológicas da água a ser utilizada na prática da irrigação é de extrema importância, pois esta irá influenciar no sistema de irrigação, sendo que, quando se utiliza água residuária doméstica tratada deve-se tomar cuidados redobrados, pois essa água contém grande quantidade de material orgânico, inorgânico e microbiológico. Podendo-se com esta análise antecipar possíveis problemas e formular medidas de controle (NAKAYAMA e BUCKS, 1991).

Gilbert e Ford (1986 apud FARIA, COELHO E RESENDE, 2004) relatam que, as principais fontes causadoras de entupimento são de natureza química, relacionadas à precipitação de elementos como cálcio e ferro; de natureza física, sendo partículas do solo e pequenos animais (formigas, aranhas, ovos de lesmas, etc.); e de natureza biológica, relacionado a algas e mucilagem bacteriana, principalmente.

Dentre os sistemas de irrigação, o gotejamento é o mais eficiente, porém o mais susceptível à obstrução, sendo uma das desvantagens relatadas por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a tendência a entupimentos dos emissores, alterando a uniformidade do sistema. De acordo com Souza et al. (2006), a uniformidade do

sistema de irrigação está relacionada com a obstrução dos emissores, onde a qualidade da água usada é a principal responsável pela diminuição de seus valores, e está também influenciada pela quantidade da água aplicada. Para Ventura et al. (2017) a uniformidade de aplicação tem um efeito chave no rendimento de culturas, e pode ser considerado um dos fatores mais importantes no dimensionamento e operação de sistemas de irrigação.

Quanto maior a uniformidade do sistema de irrigação, melhor o desempenho. Os parâmetros de uniformidade: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE), são essenciais para o manejo da irrigação, pois estes são uma das entradas nos cálculos da lâmina de irrigação a ser aplicada.

Para Teixeira et al. (2008) quando se trabalha com irrigação, principalmente o sistema por gotejo, é necessário realizar manutenções preventivas, a fim de reduzir ou eliminar problemas de entupimento de emissores, pois a uniformidade do sistema é fator fundamental para o sucesso do empreendimento. Para minimizar esse problema, são sugeridas as práticas de filtragem e cloração. Quando se utiliza de água residuária, Marques et al. (2018) relataram que a diluição da água residuária em água não contaminada é uma técnica de baixo custo, fácil execução e que não utiliza produtos químicos ou biológicos para a minimização do entupimento de gotejadores.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência de diferentes porcentagens de água residuária doméstica tratada por radiação solar (ARD-TRS) na uniformidade de um sistema de irrigação com características para uma horta familiar por gotejamento, assim como também verificar a eficiência

da cloração na manutenção preventiva do sistema.

MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Engenharia Rural na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo, nas coordenadas geográficas 22° 51' 12" Sul e 48° 25' 45" Oeste e altitude de 763 metros acima do nível do mar.

Para tratar o efluente doméstico, seguiram-se as recomendações propostas nos trabalhos de Queluz e Sánchez-Román (2014) e Alves (2015), utilizando-se de reator solar com formato de tronco cônico invertido, pintado de preto, uma lâmina de

água residuária doméstica nos reatores de 10 cm, e adicionado 125 mg L⁻¹ de peróxido de hidrogênio 35 PA (para análise). A água residuária utilizada no tratamento foi disponibilizada pela Estação de Tratamento de Esgoto da Sabesp, estação instalada dentro do perímetro da FCA.

Após o tratamento da água, duas amostras da água residuária, uma amostra de água de abastecimento da FCA (AAF) e uma amostra de ARD-TRS foram enviadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, para verificar as concentrações de nutrientes presentes na água (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química da água de abastecimento da FCA (AAF) e da água residuária doméstica tratada por radiação solar (ARD-TRS).

Parâmetro	Unidade	AAF	ARD-TRS
Nitrogênio		8,00	13,00
Fósforo		0,00	22,00
Potássio		12,00	25,00
Cálcio		1,00	31,00
Magnésio		5,00	4,00
Enxofre		3,70	16,00
Sódio	mg L ⁻¹	3,00	68,00
Boro		0,00	0,12
Cobre		0,00	0,00
Ferro		0,00	0,04
Manganês		0,00	0,07
Zinco		0,02	0,00
pH		6,95	7,12
Condutividade elétrica	mS cm ⁻¹	0,064	0,57
RAS	(mmol _c L ⁻¹) ^{1/2}	0,27	3,05

Para irrigar a área de plantio, foi utilizado um kit de irrigação para agricultura familiar desenvolvido pela empresa NaanDanJain, porém este foi modificado, pois houve a necessidade da troca do filtro de tela, por um filtro de disco com diâmetro de abertura de 120 mesh (125 microns), para evitar a obstrução dos emissores.

Foram instaladas duas caixas d'águas, uma para ARD-TRS e outra para AAF. Ambas as caixas com mesma elevação, na superfície do solo, assim as cargas foram iguais em ambas as fontes de água para o sistema de irrigação. A linha gotejadora é composta de tubos gotejadores JTA 1,6 L h⁻¹, de 16 mm, com emissores espaçados a cada 0,3 m e com

vazão nominal de $2,1 \text{ L h}^{-1}$ com 10 mca de carga.

Utilizou-se do desnível geométrico do local para obter a altura necessária, sendo assim, as caixas d'água com diferença de elevação de 2,76 m de altura e a uma distância de 25 m da área irrigada.

Foram ministrados cinco níveis de porcentagem de ARD-TRS na lâmina total de irrigação, 0, 25, 50, 75 e 100% da lâmina determinada utilizando ARD-TRS, o restante da lâmina estimada para os tratamentos de 0, 25, 50, 75 e 100% foram completados com AAF. As porcentagens de água aplicada foram realizadas por

tempo de irrigação. Esse sistema foi instalado para irrigar as culturas de cebolinha 'todo ano' e abobrinha 'italiana'.

Foi realizada uma avaliação do sistema (Figura 1) para determinar a uniformidade inicial e uma avaliação no fim do cultivo das duas culturas. Após avaliar, foram aplicadas 50 mg L^{-1} de cloro livre para a limpeza das mangueiras gotejadoras, recomendação de Teixeira et al. (2008). Após a limpeza, realizou-se uma nova avaliação do sistema. Na Figura 2 se observa os momentos das avaliações do sistema de irrigação.



Figura 1. Avaliação do sistema na área do experimento.

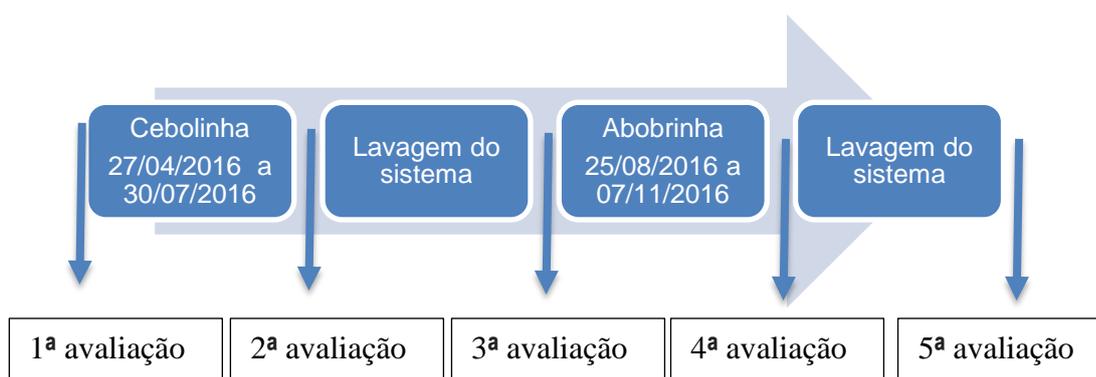


Figura 2. Momento das avaliações do sistema de irrigação

Para avaliar a uniformidade do sistema, optou-se pela metodologia descrita por Keller e Karmeli (1974), onde se utilizam de 16 emissores, sendo quatro emissores na linha lateral e quatro linhas laterais dentro de cada tratamento, da

seguinte forma: o primeiro, 1/3, 2/3 e último.

A realização das coletas das vazões foi realizada de forma direta, coletando-se o volume de água em cada um dos pontos selecionados por cinco minutos

cronometrados, medindo-se o volume com uma proveta graduada. Realizando o procedimento em cinco repetições.

As equações 1, 2 e 3 foram utilizadas para determinar respectivamente:

coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade estatística (CUE).

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_i^n |Q_i - Q|}{n * Q} \right) \quad \text{Eq.1}$$

em que, Q_i - vazão coletada em cada gotejador ($L h^{-1}$); Q - média das vazões

coletadas de todos os gotejadores ($L h^{-1}$); n - número de gotejadores analisados.

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{qm} * 100 \quad \text{Eq.2}$$

em que, $q_{25\%}$ - média de 25% do total de gotejadores com as menores vazões ($L h^{-1}$);

qm - média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea ($L h^{-1}$).

$$CUE = \left[1 - \frac{Sq}{qm} \right] * 100 \quad \text{Eq.3}$$

em que, Sq - Desvio padrão da vazão dos emissores amostrados; qm - média das vazões coletadas nos gotejadores na área ($L h^{-1}$).

Para realizar uma classificação do CUC, CUD e CUE, foram utilizadas respectivamente as classificações de Mantovani (2002), Merriam e Keller (1978) e Mantovani (2001) (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2. Critério para classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).

CUC	
Parâmetros avaliados	Classificação
90% a 100%	Excelente
80% a 90%	Bom
70% a 80%	Regular
60% a 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

Fonte: Mantovani (2002).

Tabela 3. Critério para classificação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

CUD	
Parâmetros avaliados	Classificação
90% a 100%	Excelente
80% a 90%	Bom
70% a 80%	Regular
Menor que 70%	Ruim

Fonte: Merriam e Keller (1978).

Tabela 4. Critério para classificação do Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE).

CUE	
Parâmetros avaliados	Classificação
100% a 84%	Excelente
84% a 68%	Bom
68% a 52%	Regular
52% a 36%	Ruim
Menor que 36%	Inaceitável

Fonte: Mantovani (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sabendo que as características químicas influenciam na uniformidade do sistema de irrigação, apresenta-se uma breve caracterização das águas utilizadas. A qualidade química da água mostrou-se apta para ser utilizada na irrigação, pois de acordo com Sandri, Matsura e Testezlaf (2007) os teores de nitrogênio em ambas as análises, estão em concentrações que não serão prejudiciais às plantas. Os teores de fósforo e potássio presente na ARD-TRS e na AAF não são tóxicos (TRANI, 2001; ALMEIDA, 2010). Os valores de cálcio e magnésio encontrados neste trabalho são inferiores ao máximo permitido (ALMEIDA, 2010). Em relação ao sódio, ambas as análises se classificam com nenhuma restrição de uso para irrigação (AYERS e WESTCOT, 1991). O teor de boro na água de abastecimento foi de 0 mg L⁻¹, enquanto que na ARD-TRS foi de 0,12 mg L⁻¹, Crook (1991) e Kirkam (1986) (apud SANDRI, MATSURA e TESTEZLAF, 2007) relataram que pode-se utilizar água residuária na irrigação em curto prazo, com concentração de até 2 mg L⁻¹.

De acordo com Bucks, Nakayama e Gilbert (1979), os valores de manganês e ferro apresentam-se com nenhuma restrição de uso. Os valores de pH indicam entre nenhum e moderada proporção a provocar entupimento nos emissores.

Utilizando os parâmetros de razão de adsorção de sódio (RAS) juntamente com CE e interpretando conforme Ayers e Westcot (1985), observam-se que ambas as águas são classificadas sem nenhuma restrição para seu uso na irrigação,

Enquanto que o diagrama para classificação de águas para irrigação proposto por Richards (1954), mostra que a água de abastecimento encontra-se classificada como C1S1: Água de baixa salinidade e com baixo teor de sódio. De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006) esta água pode ser usada para irrigação na maior parte dos cultivos em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade e com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação. Entretanto a ARD-TRS é classificada em C2S2: Água de salinidade média com baixo teor de sódio. Bernardo, Soares e Mantovani (2006) relata que esta água pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação e possui pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação.

Na Tabela 5 encontram-se os valores iniciais de uniformidade do sistema de irrigação por gotejamento, obtidos utilizando a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1974).

Tabela 5. Uniformidade do sistema de irrigação em cada um dos cinco tratamentos.

Avaliação	Coefficientes	T1	T2	T3	T4	T5
A1	CUC (%)	98,51	99,06	98,69	98,77	98,69
	CUD (%)	98,05	98,65	98,14	98,21	98,13
	CUE (%)	98,16	98,91	98,35	98,52	98,28
A2	CUC (%)	97,46	97,08	95,00	93,37	94,48
	CUD (%)	95,04	94,16	90,86	86,74	89,71
	CUE (%)	94,70	95,65	93,20	91,83	90,27
A3	CUC (%)	96,85	97,25	92,44	93,09	92,90
	CUD (%)	94,35	94,56	91,77	86,66	88,33
	CUE (%)	94,03	94,01	89,09	90,36	89,81
A4	CUC (%)	98,90	98,52	97,48	96,93	97,89
	CUD (%)	98,47	97,59	96,24	94,35	95,99
	CUE (%)	98,61	98,19	96,73	94,65	96,91
A5	CUC (%)	98,38	96,13	93,20	90,99	95,33
	CUD (%)	97,18	97,10	96,74	95,94	95,06
	CUE (%)	97,74	94,02	90,88	89,67	93,04

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen; **CUD** - Coeficiente de Uniformidade de distribuição; **CUE** - Coeficiente de Uniformidade Estatística. **A1** - Uniformidade inicial do sistema de irrigação em cada um dos cinco tratamentos; **A2** - Uniformidade do sistema de irrigação em cada tratamento após o cultivo de cebolinha ‘todo ano’/salsa ‘graúda portuguesa’; **A3** - Uniformidade do sistema de irrigação em cada tratamento após o cultivo de abobrinha ‘italiana’; **A4** - Uniformidade do sistema de irrigação em cada tratamento após a lavagem das mangueiras utilizando 50 mg L⁻¹ de cloro livre após o cultivo da cebolinha ‘todo ano’/salsa ‘graúda portuguesa’; **A5** - Uniformidade do sistema de irrigação em cada tratamento após a lavagem das mangueiras utilizando 50 mg L⁻¹ de cloro livre após o cultivo de abobrinha ‘italiana’.

Verificou-se vazão média abaixo de 1 L h⁻¹ em todos os emissores, vazão aproximada para a altura manométrica do trabalho. Após a utilização das mangueiras gotejadoras, encontram-se os valores médios de vazão para cada tratamento após o cultivo da cebolinha ‘todo ano’ e da abobrinha ‘italiana’, sendo que o menor e maior valor pontual encontrado foram de 0,66 L h⁻¹ e 1,10 L h⁻¹, ambos os valores no T5.

Um dos fatores que influenciou significativamente para que não houvesse uma obstrução maior no sistema de irrigação foi o filtro utilizado, pois por se tratar de um filtro de disco, com maior capacidade e melhor desempenho que o presente no kit de irrigação original. O filtro de disco foi capaz de reter uma maior quantidade de sólidos suspensos, impedindo que estes fossem para a

mangueira gotejadora e obstruíssem os emissores.

Analisando os valores antes e após o cultivo da cebolinha ‘todo ano’ e realizando uma classificação de acordo com Mantovani (2002); Merriam e Keller (1978) e Mantovani (2001), respectivamente para CUC, CUD e CUE, observam-se que os valores de uniformidade apresentados na Tabela 5 se encontram com classificação excelente, pois são superiores a 90%. Porém os valores de CUD do T4 e T5 da A4 e A5 são classificados como “bom”, pois encontram-se entre 80 – 90%, indicando a necessidade de realizar a lavagem das mangueiras ao longo do ciclo das culturas e não esperar até concluir o ciclo das mesmas.

Os resultados presentes no T1, demonstram e confirmam o já exposto por Nascimento (2015), com a utilização do

sistema de irrigação haverá obstrução dos emissores, diminuindo sua uniformidade, independente da água utilizada, mesmo que a qualidade da água de irrigação esteja dentro dos melhores padrões. Além de que, conforme relatam Silva et al. (2012), a uniformidade do sistema de irrigação está ligada também a pressão de serviço do emissor e a velocidade da água.

Suszek et al. (2012) verificando a uniformidade em um sistema de irrigação familiar por gotejamento sob diferentes cargas hidráulicas, 15, 18 e 20 kPa, observaram que quanto maior a carga, maior será o CUC do sistema, pois com estas cargas os autores encontraram, respectivamente, os valores de 81,1; 88,5 e 91,8%; valores superiores foram apresentados no presente trabalho.

Os valores da Tabela 5 confirmam também o exposto por Marques et al. (2018), pois com a diluição da água residuária em água de abastecimento, minimizou-se o entupimento de gotejadores.

Fernandes et al. (2017) avaliaram o desempenho do sistema de irrigação por gotejamento operando com diluições de água residuária doméstica tratada igualmente ao do presente trabalho, porém sendo completada com água de poço, e em que o T1 é o tratamento com 100% de AR e o T5 com 0% de AR, observaram que houve um decréscimo linear conforme houve o aumento linear da porcentagem de água residuária na lâmina total de irrigação, chegando após 133 h de uso ao CUC de 61, 49, 77, 77 e 80%, respectivamente para T1, T2, T3, T4 e T5, os classificando entre razoável e ruim.

Batista et al. (2018) avaliando o desempenho de três tipos de emissores de gotejamento para quatro diferentes pressões com aplicação de água residuária de castanha de caju, observaram que apenas no emissor com menor vazão e menor pressão, respectivamente $1,65 \text{ L h}^{-1}$ e 70 kPa, apresentou CUC menor que 90%, chegando a 68% com 160 horas de uso, mostrando assim a susceptibilidade de emissores em menores pressões e vazões; resultado semelhante foi relatado por Silva

et al. (2017). Além do mais, Batista et al. (2018) relatam que o aumento de pressão torna-se uma alternativa de baixo custo, fácil operação e alta eficiência para evitar a formação de biofilme e minimizar o entupimento dos emissores de gotejamento. Porém aqui vale ressaltar que existem outras alternativas, como é o caso da limpeza preventiva.

Os valores encontrados após a limpeza das mangueiras gotejadoras não correspondem com Teixeira, Coelho e Silveira (2010), em que esses autores avaliaram tratamentos para desobstrução de tubos gotejadores com distúrbios de vazão causados por problemas físicos, químicos ou biológicos. Eles observaram que não houve contribuição significativa dos tratamentos químicos (50 mg L^{-1} e 100 mg L^{-1} de cloro livre) para recuperação de vazão dos gotejadores por eles ensaiados. Porém, Teixeira et al. (2008) avaliaram tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais e encontraram que o tratamento com 50 mg L^{-1} de cloro livre foi o mais eficiente estatisticamente, para restabelecer a vazão dos gotejadores a valores próximos da vazão nominal de catálogo, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho, cujo CUD nos tratamentos T1 e T5 apresentaram valores de uniformidade maiores que os apresentados no catálogo do fabricante.

Pode-se afirmar que diferentes porcentagens de ARD-TRS influenciam negativamente na uniformidade do sistema, mesmo após a lavagem das mangueiras gotejadoras, pois se pode verificar que houve um decréscimo na uniformidade, sendo que o T4 apresentou os piores resultados após a utilização das mangueiras, exceto para CUC e CUE após o cultivo da abobrinha 'italiana', os menores valores foram encontrados no T3.

Observa-se que os valores de CUD após o cultivo de cebolinha 'todo ano' e abobrinha 'italiana' são próximos e que após a lavagem das mangueiras em ambos os ciclos, apresentou valores inferiores aos iniciais, exceto no T1, que logo após a lavagem das mangueiras apresentou

valores maiores que a mangueira nova. No caso da cultura da abobrinha 'italiana', após a lavagem das mangueiras, apresentou os menores valores em comparação à cultura da cebolinha 'todo ano', exceto para T3 e T4 que apresentaram valores superiores que quando lavadas.

Freitas et al. (2015) avaliando o desempenho hidráulico de gotejadores em função do tempo de operação com esgoto doméstico tratado, observaram que, conforme aumenta tempo de funcionamento do equipamento de irrigação, o CUC tem uma diminuição, sendo que com 0 e 180h, foram respectivamente de 95 e 73,29%. Após esta experiência, o resultado mostra uma classificação do sistema de razoável, evidenciando a necessidade de uma lavagem; esses autores realizaram limpeza

com hipoclorito a 10%, obtendo CUC de 92,85%. 60h após a lavagem, o CUC estava em 73,06%, evidenciando a necessidade de uma nova lavagem; realizando a lavagem com a mesma solução, obtiveram um CUC de 92,94%. Esses autores concluíram que deve-se manter o CUC acima de 85%, sendo preciso realizar a limpeza do sistema com 25 mg L⁻¹ de hipoclorito de sódio a 10%.

Em duas experiências por separado, trabalhando com água residuária Cunha et al. (2006) e Fernandes et al. (2014) observaram redução do CUE em valores superiores a 90%, indicando estes autores que o entupimento dos emissores é provocado pela interação entre a formação de um biofilme desenvolvido pelas colônias de bactérias e os sólidos suspensos.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que, a utilização da água residuária doméstica tratada por radiação solar influenciou na fita gotejadora, pois apresentou diminuição do desempenho do

sistema de irrigação, porém reversível com a manutenção preventiva, em que se utilizou solução de cloro ativo na concentração de 50 mg L⁻¹ de cloro livre.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas - BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2010. 234p.

ALVES, T. R. **Eficiência De um sistema de desinfecção solar de águas residuárias domésticas com adição de diferentes doses de peroxide de hidrogênio**. 2015. 63f. Dissertação (mestrado)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem. Campina Grande. UFPB, 29. 218p. 1991.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO,

1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1).

BATISTA, R. O.; SILVA, K. B.; SILVA JÚNIOR, M. J.; SANTOS, D. B.; CUNHA, R. R. Performance of drip emitters for different pressures and application of cashew nuts wastewater. DYNA, v.85, n.204, p.38-43, 2018.

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

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, v.2, p.149-162, 1979.

- CUNHA, F. F.; MATOS, A. T.; BATISTA, R. O.; LO MONACO, P. A. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Maringá**. v. 28, n. 1, p. 143-147, 2006.
- FAO. **The State of the World's Land and Water Resources: managing systems at risk**. London: Earthscan, 2011.
- FARIA, L. F.; COELHO, R. D.; RESENDE, R. S. Variação de vazão de gotejadores de fluxo normal enterrados na irrigação de café. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.589-602, 2004.
- FERNANDES, F. G. B. C.; BATISTA, R. O.; FERREIRA, D. J. L.; SILVA, S. L.; PEREIRA, J. O.; CUNHA, J. L. O. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento operando com diluições de água residuária doméstica tratada. *Revista Espacios*. v.38, n.43, p.10-22, 2017.
- FERNANDES, R. K. A.; BATISTA, R. O.; SILVA, S. K. C.; OLIVEIRA, J. F.; PAIVA, L. A. L. Vazão de gotejadores aplicando água residuária da castanha de caju. **Revista Irriga**. v. 19, n. 4, p. 585-597, 2014.
- FREITAS, C. A. S. de; NOGUEIRA, L. K. A.; MOREIRA, L. C. J.; FERREIRA, C. S. Desempenho hidráulico de gotejadores sob o tempo de exposição ao esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**. v.28, n. 1, p. 214-219, 2015.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v.17, p.678-684, 1974.
- MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2002.
- MANTOVANI, E. C. **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MARQUES, B. C. D.; BATISTA, R. O.; SANTIAGO, R. C.; PORTELA, J. C.; CUNHA, M. E.; CUNHA, R. R. Uniformidade da distribuição de efluente em unidades gotejadoras aplicando diluições da água residuária de laticínios. **Revista Irriga**. v. 23, n. 3, p.592-608, 2018.
- MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.
- NASCIMENTO, R. C. Dinâmica da obstrução de emissores tipo gotejador oriundos do Vale do São Francisco. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2015.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. **Irrigation Science**, New York, v. 12, p. 187-192, 1991.
- QUELUZ, J. G. T.; SÁNCHEZ-ROMÁN R. M. Efficiency of domestic wastewater solar disinfection in reactors with different colors. **Water Utility Journal** v.7, p.35-44, 2014.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture, 160p. 1954.
- SANDRI, D; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alfaca Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n.1, p.17-29, 2007.
- SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol.16, n.5, 2012.
- SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; LIMA, S. C.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. Obstruction and uniformity in drip irrigation systems by applying treated wastewater. *Revista Ceres*, v. 64, n.4, p. 344-350, 2017.

SOUZA, J. A. A.; CORDEIRO, E. A.; COSTA, E. L. Aplicação de hipoclorito de sódio para recuperação de gotejadores entupidos em irrigação com água ferruginosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n.1, p. 5-9, 2006.

SUSZEK, F. L.; BOAS, M. A. VILAS; KLLEIN, M. R.; REIS, C; AY MORE, C; SZEKUT, F. D. **Uniformidade em um sistema de irrigação familiar por gotejamento sob diferentes cargas hidráulicas**. In: INOVAGRI International Meeting & IV WINOTEC Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012.

TEIXEIRA, M. B.; MELO, R. F.; COELHO, R. D.; RETTORE NETO, O.; RIBEIRO, P. A. A. Tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais. **Revista Irriga**, Botucatu. V. 13, n. 2, p. 235-248. 2008.

TEIXEIRA, M. V.; COELHO, R. D.; SILVEIRA, P. R. A. Avaliação de tratamentos utilizados para desobstrução de tubos gotejadores. **Revista Brasileira de agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.1, p.43-55, 2010.

TRANI, P.E. **Hortaliças folhosas e condimentos**. In: PEREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/ POTAFOS, p.293-310, 2001.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

VENTURA, K. M.; BISPO, R. C.; SANTOS, R. D. S.; SOUZA, M. H. C.; SÁNCHEZ-ROMAN, R. M. Análise da uniformidade de aplicação em diferentes sistemas de cultivo com irrigação localizada. **Revista irriga**. Edição Especial, p. 57-63, 2017.