

Aplicação de água residuária de processamento de mandioca em sistema de irrigação por gotejamento

GRIS, D.J.*¹; HERMES, E.²; VILAS BOAS, M.A.³

¹Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), *Campus* Palotina, Rua Pioneiro 2153, Jardim Dallas, CEP 85.950-000, Palotina/PR. E-mail: diegojgris@gmail.com. *Autor para correspondência

²Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Professora Assistente I, Universidade Federal do Paraná (UFPR), *Campus* Palotina, Rua Pioneiro 2153, Jardim Dallas, CEP 85.950-000, Palotina/PR. E-mail: elianehermes@yahoo.com.br

³Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor Associado C, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* Cascavel, Rua Universitária 2069, Jardim Universitário, CEP 85.819-110, Cascavel/PR. E-mail: marcio.vilasboas@unioeste.br

RESUMO

A água residuária do processamento de mandioca ocasiona um sério problema ambiental quando lançada em corpos hídricos. Por outro lado, este resíduo pode ser utilizado como fonte de nutrientes para as culturas. Contudo, é necessário controlar a qualidade desse efluente devido aos efeitos negativos que pode acarretar ao sistema. O presente estudo teve como objetivo avaliar um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de resíduo de mandioca, por meio da determinação dos coeficientes de variação de vazão total (CVt), de uniformidade de distribuição (CUD) e de uniformidade de Christiansen (CUC). O estudo foi conduzido na Amidonaria da C. Vale, em Terra Roxa (PR). Foram instalados quatro sistemas de 66 m², com sete linhas laterais de 11 m, espaçadas em 1 m, com um gotejador a cada 0,30 m. Os sistemas foram alimentados por dois reservatórios de 1000 L, elevados a 1,5 m e 2,0 m do chão, onde foram armazenadas a água para irrigação e a água residuária do processamento de mandioca para fertirrigação. Foram instalados um filtro de tela plástica de 1" junto ao reservatório e dois manômetros digitais. Foram realizados 30 ensaios para cada tratamento, por meio das metodologias de Keller e Karmeli (1975) e de Denículi (1980). Obteve-se uma média geral excelente, acima dos 90%, para CUD e CUC. Os resultados evidenciam que não houve diferença expressiva entre a utilização de água ou de efluente no sistema, demonstrando que a água residuária de processamento de mandioca pode ser aplicada com eficiência em um sistema de irrigação por gotejamento.

Palavras-chave: carga hidráulica, coeficiente de uniformidade, vazão.

ABSTRACT

Application of wastewater from the cassava processing to drip irrigation system

The wastewater discarded from the cassava processing causes a serious environmental problem when dumped into water bodies. On the other hand, this residue can be used as a source of nutrients for crops. However, it is necessary to control the quality of this effluent because of the negative effects that it may cause to the irrigation system. This study aimed to evaluate a drip irrigation system with the application of cassava wastewater by determining the coefficients of variation of emitter discharge (CVq), distribution uniformity (DUC) and Christiansen's uniformity (CUC). The experiment was conducted at C. Vale cassava processing factory in the city of Terra Roxa (Paraná, Brazil). Four systems of 66 m² were installed, with 7 lateral lines of 11 m, spaced in 1 m, with one dripper at each 0.30 m. The systems were fed by two tanks of 1000 L, situated at 1.5 m and 2.0 m above the ground and containing water for irrigation and the cassava wastewater for fertigation. A plastic mesh filter was installed in the tank and two digital

manometers controlled the pressure. Thirty trials were performed for each treatment, using the methodologies of Keller and Karmeli (1975) and Denículi (1980). Excellent averages, above 90%, were obtained for both DUC and CUC. The results showed no expressive differences between the use of water and the use of effluent, demonstrating that cassava wastewater can be applied efficiently on a drip irrigation system.

Keywords: hydraulic load, coefficient of uniformity, flow rate.

INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento caracteriza-se pela aplicação lenta e regular da água e/ou fertilizantes diretamente à zona da raiz das plantas (LIU & HUANG, 2009; CAMP & LAMM, 2003). É um método que apresenta alta eficiência na distribuição de água, proporcionando a economia deste recurso limitado.

O Estado do Paraná é o terceiro maior produtor brasileiro de mandioca, responsável por aproximadamente 17% da produção nacional (IBGE, 2009). A Região Oeste do estado possui cerca de 15 indústrias de fécula, produzindo uma quantidade significativa de efluentes. Por isso, torna-se necessária a utilização de alternativas que propiciem uma correta disposição deste resíduo que, quando lançado diretamente em corpos hídricos, apresenta um sério problema ambiental.

Esta água residuária apresenta-se como importante fonte de nutrientes, pois dispõe de concentrações significativas de nitrogênio, fósforo e principalmente potássio, favorecendo o desenvolvimento de culturas. A aplicação deste resíduo tem trazido resultados satisfatórios para os agricultores que a utilizam como substituto aos fertilizantes comuns (GAMEIRO *et al.*, 2003).

A aplicação de águas residuárias via fertirrigação é uma alternativa que leva à economia de água e nutrientes. Contudo, é necessário controlar a qualidade deste efluente devido aos efeitos negativos que este pode acarretar ao sistema de irrigação (BATISTA *et al.*, 2005), comprometendo a uniformidade de aplicação.

A uniformidade de aplicação de água influencia na produção agrícola e na minimização de gastos com água e energia, sendo o principal fator a ser considerado. A utilização de águas inadequadas ao sistema compromete a qualidade de irrigação devido à desuniformidade de aplicação (VIEIRA *et al.*, 2004). Existem diversos coeficientes que monitoram essa uniformidade, avaliando a eficiência de aplicação de água.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de água residuária de processamento de mandioca por meio do teste de comparação de médias entre os tratamentos e determinação dos coeficientes de variação de vazão total (CVt), de uniformidade de distribuição (CUD) e de uniformidade de Christiansen (CUC).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área situada na Amidonaria da Cooperativa Agroindustrial C.Vale – Unidade de São José, localizada na Rodovia PR 364, Km 26, no município de Terra Roxa – Paraná.

Foram instalados 4 sistemas de irrigação por gotejamento de aproximadamente 66 m², compostos por uma linha principal e sete linhas laterais de 11 m cada, espaçadas em 1 m entre si. Os sistemas foram montados sobre a mesma área, porém em períodos de tempo distintos. Foi utilizado o tubo gotejador Streamline 16080, com vazão nominal de 1,49 L·h⁻¹ (85 kPa) por gotejador. O tubo possui um gotejador a cada 0,30 m, totalizando aproximadamente 252 gotejadores em cada um dos sistemas.

Os sistemas foram alimentados por dois reservatórios de 1000 L cada, elevados a 1,5 e 2,0 m do chão, com o intuito de diferenciar a carga hidráulica aplicada nos tratamentos. Nestes reservatórios foram armazenadas a água para irrigação e a água residuária de processamento de mandioca, para fertirrigação, em momentos diferentes, conforme o tratamento aplicado. Deste

modo, foram testados ambos os tipos de água (água para irrigação e resíduo para fertirrigação) em ambas as cargas hidráulicas (1,5 e 2,0 m). Os dutos de entrada de água e de resíduo, bem como a saída para a linha principal, foram movidos de um reservatório para outro, de acordo com a necessidade do tratamento aplicado.

Em cada um dos sistemas foi instalado um filtro de tela plástica de 1 polegada de diâmetro junto ao reservatório visando um pré-tratamento dos sólidos e minimizando possíveis problemas de entupimento no sistema que comprometeriam a qualidade da irrigação. A pressão foi controlada com a instalação de dois manômetros digitais Instrutemp ITMDP-15, com precisão de $\pm 0,3\%$ a 25°C , um no início e outro no final do sistema. A leitura da pressão foi realizada 2 vezes a cada ensaio, no início e no final de cada coleta. A Figura 1 ilustra o *layout* do sistema de irrigação por gotejamento.

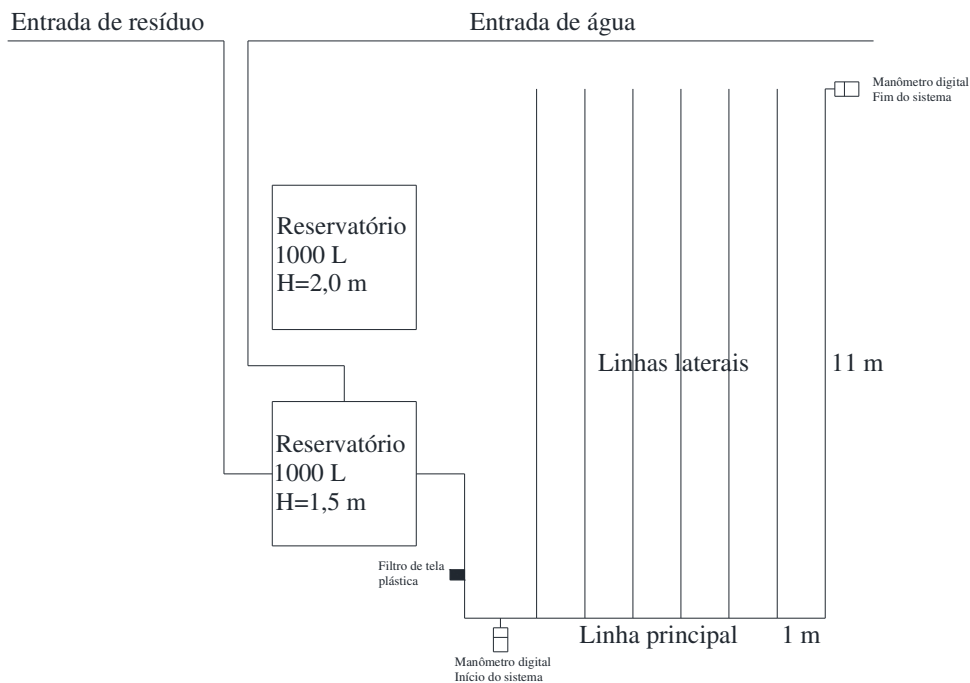


FIGURA 1 - *Layout* do sistema de irrigação por gotejamento. Os dutos de entrada de água e de resíduo, bem como a saída para a linha principal, foram acoplados ao segundo reservatório para a realização dos tratamentos com carga hidráulica de 2,0 m (T2 e T4).

Foram realizados 30 ensaios para cada tratamento, a cada 1 hora de operação, com tempo de coleta de 4 minutos para cada gotejador amostrado. A coleta das vazões dos gotejadores foi realizada através das metodologias de Keller & Karmeli (1975) e de Denículi (1980).

O delineamento experimental foi um fatorial 2×2 . O fator 1 foi o tipo de água e o fator 2 a carga hidráulica aplicada. A concentração de sólidos suspensos do efluente utilizado nos tratamentos T3 e T4 foi de $466 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, caracterizando um resíduo com risco severo de entupimento do sistema, segundo a classificação de risco descrita por Nakayama & Bucks (1986). A Tabela 1 apresenta a caracterização físico-química da água residuária utilizada nos ensaios referentes aos tratamentos T3 e T4. A Tabela 2 mostra a constituição dos 4 tratamentos aplicados.

A variável resposta foi a vazão ($\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$), medida em cada gotejador amostrado, que posteriormente foi utilizada nos cálculos dos coeficientes de uniformidade, considerando-se o coeficiente de variação total (CVt) (SOLOMON, 1979), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (BRALTS, 1986) e o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC)

(CHRISTIANSEN, 1942). Os dados obtidos para a vazão dos gotejadores foram submetidos à análise de variância, com auxílio do software Sisvar®.

TABELA 1. Caracterização da água residuária utilizada nos tratamentos T3 (resíduo aplicado com carga hidráulica de 1,5 m) e T4 (água residuária aplicada com carga hidráulica de 2,0 m).

Parâmetro	Valor	Metodologia
Alcalinidade Total (mg·L ⁻¹)	607,26	APHA (2005)
Cálcio (mg·L ⁻¹)	0,2303	APHA (2005)
Condutividade elétrica (mg·L ⁻¹)	3,25	APHA (2005)
DQO (mg·L ⁻¹)	154	APHA (2005)
Ferro (mg·L ⁻¹)	0,0814	APHA (2005)
Magnésio (mg·L ⁻¹)	0,0269	APHA (2005)
Manganês (mg·L ⁻¹)	0,3276	APHA (2005)
pH	6,8	APHA (2005)
Sólidos dissolvidos totais (mg·L ⁻¹)	7139	APHA (2005)
Sólidos suspensos totais (mg·L ⁻¹)	466	APHA (2005)
Sulfeto (mg·L ⁻¹)	12,5	APHA (2005)
Turbidez (UNT)	43,7	APHA (2005)

TABELA 2. Constituição dos tratamentos.

Tratamento	T1	T2	T3	T4
Sólidos Suspensos (mg·L ⁻¹)	0	0	466	466
Carga hidráulica (m)	1,5	2,0	1,5	2,0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta a estatística descritiva dos dados da vazão coletada dos gotejadores amostrados (mL·h⁻¹) para os quatro tratamentos aplicados, considerando-se as metodologias de coleta de Keller & Karmeli (1974) e Denículi (1980).

TABELA 3. Estatística descritiva para a vazão dos gotejadores na metodologia de Keller e Karmeli e Denículi, nos quatro tratamentos aplicados: T1 (água com carga de 1,5 m); T2 (água com carga de 2,0 m); T3 (água residuária com carga de 1,5 m); T4 (água residuária com carga de 2,0 m).

Metodologia	Trat.	N	Média	DV	CV	Mínimo	Máximo	Mediana
K. e K.	1	30	687,50	70,8	10,30	436,90	758,90	713,70
K. e K.	2	30	833,94	43,44	5,21	737,34	887,81	848,67
K. e K.	3	30	708,13	44,42	6,27	542,81	800,16	703,13
K. e K.	4	30	855,53	22,32	2,61	816,09	895,78	854,07
Denículi	1	30	692,10	64,30	9,29	497,10	742,70	714,50
Denículi	2	30	831,70	41,68	5,01	738,98	887,11	843,75
Denículi	3	30	698,49	42,08	6,02	541,17	781,41	698,21
Denículi	4	30	859,43	30,18	3,51	818,44	983,20	857,11

DV – desvio padrão; CV – coeficiente de variação.

Observa-se que os tratamentos que aplicaram uma carga hidráulica de 2,0 m apresentaram médias de vazão mais elevadas em relação aos demais, nas duas metodologias de coleta. Porém, quando SE comparam as médias considerando o tipo de água utilizada, os valores de vazão com o uso do efluente de processamento de mandioca foram semelhantes, indicando que a qualidade desta água não afetou o volume de aplicação.

O desvio padrão demonstrou um comportamento semelhante, com pouca variabilidade, exceto pelo tratamento 1 na metodologia de Keller & Karmeli, em que se obtiveram valores mais elevados. Relacionado a isso, apenas o CV do tratamento 1 apresentou valor superior a 10%, ou seja, todos os demais tratamentos possuem valores de CV que classificam seus dados como homogêneos (PIMENTEL GOMES, 2000). Com relação à média e a mediana, seus valores foram próximos em todos os tratamentos aplicados, indicando simetria de distribuição (PIMENTEL GOMES, 2000).

As Tabelas 4 e 5 apresentam a análise de variância para a vazão em função dos diferentes tratamentos aplicados e das metodologias utilizadas.

TABELA 4. Análise de variância da vazão dos gotejadores amostrados, de acordo com a metodologia de Keller e Karmeli.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F _{calc}	Prob.
Sólidos	1	13351,8693	13351,8693	5,695*	0,0186
Carga	1	647422,0874	647422,0874	276,154**	0,0000
Sólidos X Carga	1	7,4053	7,4053	0,003 ^{ns}	0,9553
Erro	116	271952,7272	2344,4200		
Total Corrigido	119	932734,0893			
CV (%)	6,28				
Média Geral	771,2830	Número de Observações:		120	

ns – não significativo; * e ** - significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 5. Análise de variância da vazão dos gotejadores amostrados, de acordo com a metodologia de Denícúli.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F _{calc}	Prob.
Sólidos	1	8731,9904	8731,9904	4,086*	0,0455
Carga	1	677438,1978	677438,1978	316,981**	0,0000
Sólidos X Carga	1	3410,3473	3410,3473	1,596 ^{ns}	0,2090
Erro	116	247909,8802	2137,1541		
Total Corrigido	119	937490,415747			
CV (%)	6,00				
Média Geral	770,4293	Número de Observações:		120	

ns – não significativo; * e ** - significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Por meio dos resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5, foi possível verificar, com 95% de confiança, que a carga hidráulica e a concentração de sólidos na água aplicada afetaram a vazão durante o processo de irrigação e fertirrigação. A interação entre os dois fatores apresentou p-valor de 0,9553 para a metodologia de Keller & Karmeli e 0,2090 para a metodologia de Denícúli, não tendo influência significativa, pois o p-valor foi superior a 0,05. O coeficiente de variação foi classificado como baixo, uma vez que foi inferior a 10% em ambas as análises, representando dados homogêneos (PIMENTEL GOMES, 2000).

As Figuras 2 a 7 ilustram a variação dos coeficientes calculados para cada um dos tratamentos, ao longo de todos os ensaios realizados.

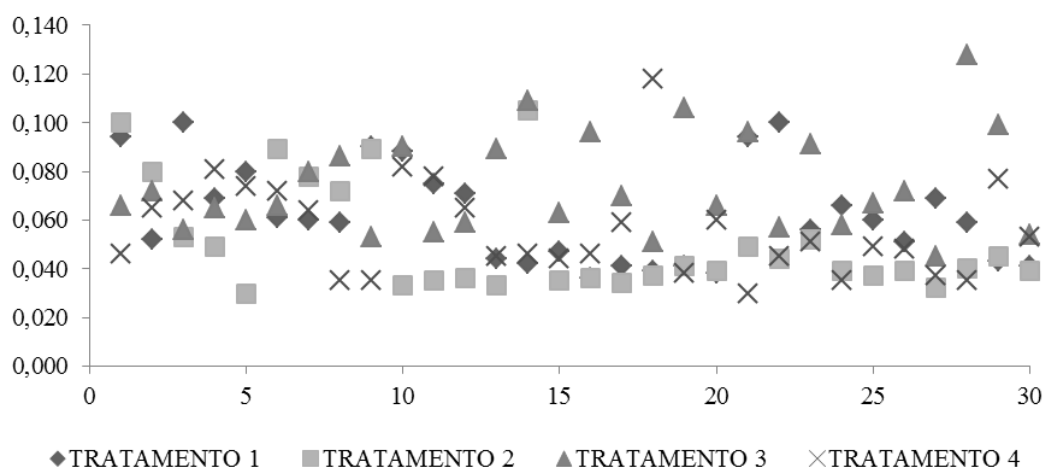


FIGURA 2 - Distribuição do CVt nos quatro tratamentos aplicados: T1 (água com carga de 1,5 m); T2 (água com carga de 2,0 m); T3 (água residuária com carga de 1,5 m); T4 (água residuária com carga de 2,0 m), na metodologia de Keller & Karmeli.

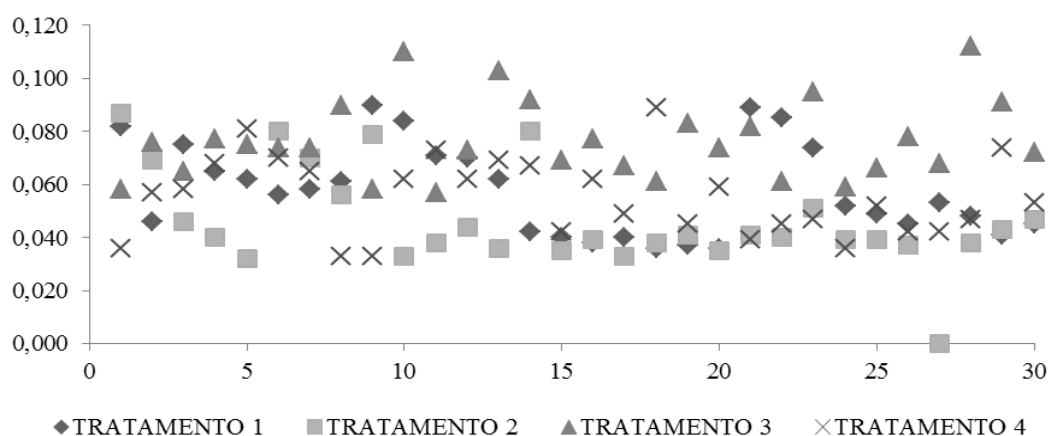


FIGURA 3 - Distribuição do CVt nos quatro tratamentos aplicados: T1 (água com carga de 1,5 m); T2 (água com carga de 2,0 m); T3 (água residuária com carga de 1,5 m); T4 (água residuária com carga de 2,0 m), na metodologia de Deniculi.

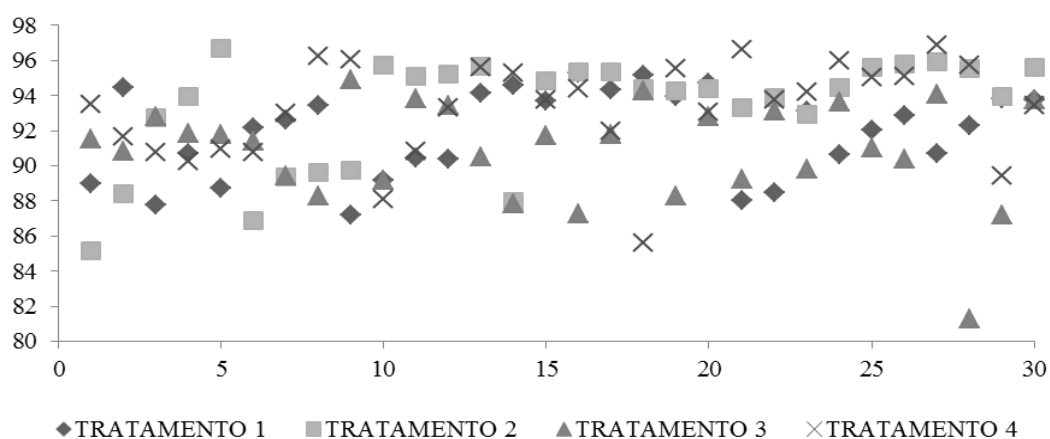


FIGURA 4 - Distribuição do CUD nos quatro tratamentos aplicados: T1 (água com carga de 1,5 m); T2 (água com carga de 2,0 m); T3 (água residuária com carga de 1,5 m); T4 (água residuária com carga de 2,0 m), na metodologia de Keller & Karmeli.

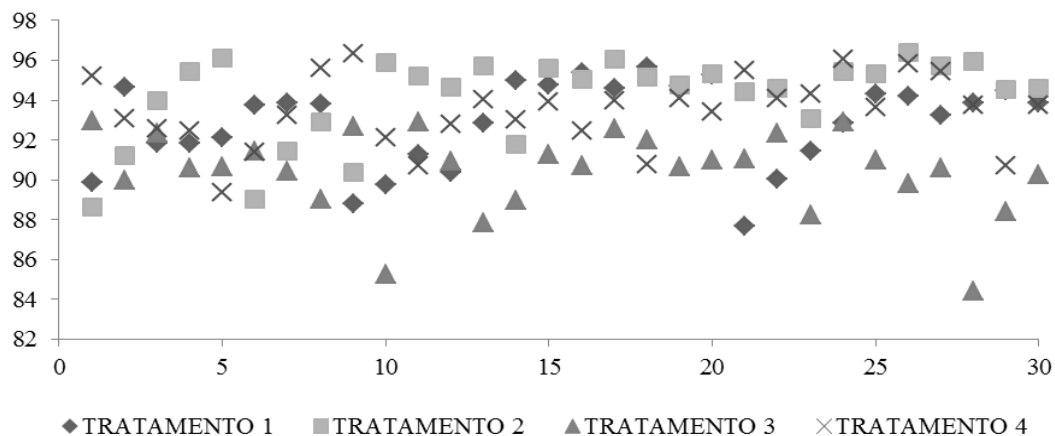


FIGURA 5 - Distribuição do CUD nos quatro tratamentos aplicados: T1 (água com carga de 1,5 m); T2 (água com carga de 2,0 m); T3 (água residuária com carga de 1,5 m); T4 (água residuária com carga de 2,0 m), na metodologia de Denículi.

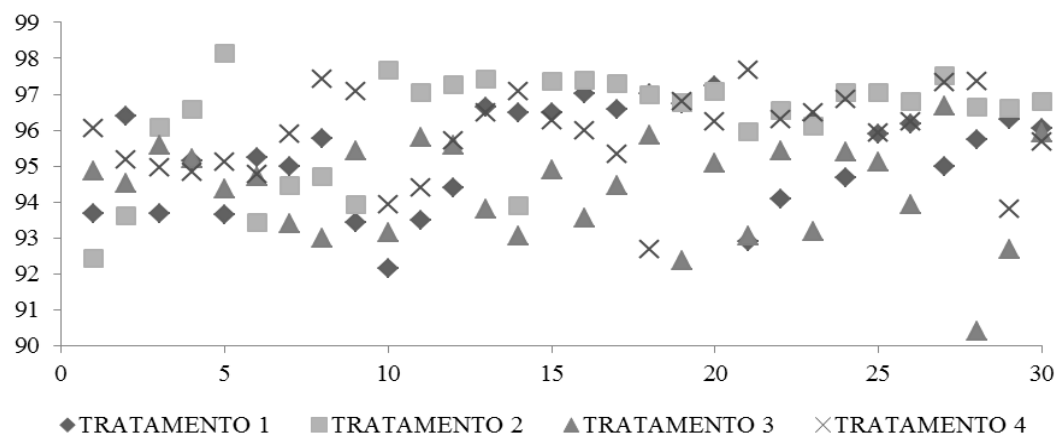


FIGURA 6 - Distribuição do CUC nos quatro tratamentos aplicados: T1 (água com carga de 1,5 m); T2 (água com carga de 2,0 m); T3 (água residuária com carga de 1,5 m); T4 (água residuária com carga de 2,0 m), na metodologia de Keller & Karmeli.

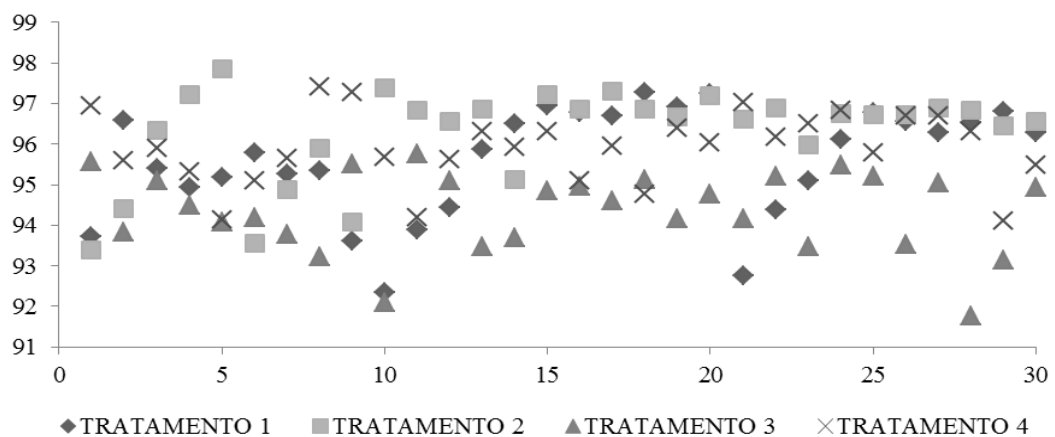


FIGURA 7 - Distribuição do CUC nos quatro tratamentos aplicados: T1 (água com carga de 1,5 m); T2 (água com carga de 2,0 m); T3 (água residuária com carga de 1,5 m); T4 (água residuária com carga de 2,0 m), na metodologia de Denículi.

Em geral, o sistema de irrigação apresentou um bom desempenho em questão de uniformidade na aplicação e distribuição de água e efluente, mantendo valores constantes em todos os tratamentos ao longo dos ensaios.

Os valores médios apresentados nas Figuras 2 a 7 mostram uma média geral acima dos 90% para ambos os coeficientes de uniformidade calculados (CUD e CUC), o que demonstra um comportamento excelente do sistema neste quesito, de acordo com as classificações propostas por Bralts (1986) e Bernardo *et al.* (2005), respectivamente. Os valores de CVt obtidos, embora não excelentes, são na maioria classificados como médios, conforme proposto por Solomon (1979), demonstrando que apenas alguns gotejadores não acompanharam a média de vazão do restante do sistema.

A variação da vazão observada entre os tratamentos é explicada pela diferença na carga hidráulica utilizada e, conseqüentemente, na pressão aplicada nos gotejadores. Descartando esta diferença, percebe-se que não houve grande variação entre tratamentos de mesma carga hidráulica, mesmo com a aplicação da água residuária.

O menor valor de CUD calculado foi de 81,28% em T3, através da metodologia de Keller & Karmeli, o qual ainda é considerado bom segundo a classificação descrita por Bralts (1986). Por outro lado, o melhor CUD obtido foi de 96,91% em T4, valor excelente, também pela metodologia de Keller & Karmeli.

Para CVt, o pior valor foi observado em T3, na metodologia de Keller & Karmeli, chegando a um coeficiente de variação de 0,128, que é classificado como pobre, conforme proposto por Solomon (1979). O melhor resultado foi obtido em T4, com valor de apenas 0,030 por Keller e Karmeli, o qual é considerado excelente.

Em relação ao coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o menor resultado observado foi de 90,40% em T3, pelo método de Keller & Karmeli. O melhor valor alcançado foi de 98,15% em T2, também pela metodologia de Keller & Karmeli. Ambos podem ser classificados como ótimos por se encontrarem acima dos 90% de uniformidade, de acordo com Bernardo *et al.* (2005).

Baumgartner *et al.* (2007) aplicaram águas residuárias da piscicultura e suinocultura. No tratamento com efluente de peixes, os valores de CUC ficaram acima de 85%. Utilizando o efluente de suínos, o CUC foi de 74,05%. Os resultados indicam que estes resíduos apresentam maior potencial de entupimento dos gotejadores, quando comparados ao resíduo de processamento de mandioca.

Os resultados evidenciam que não houve diferença expressiva entre a utilização de água potável e água residuária no sistema, demonstrando que o resíduo de processamento de mandioca pode ser aplicado com eficiência em um sistema de irrigação por gotejamento. Entretanto, devido ao curto período de avaliação do sistema, deve-se ter em mente que os equipamentos podem sofrer alterações dentro de um maior tempo de utilização. Pode-se esperar que, em longo prazo, a característica de alto risco de entupimento do resíduo utilizado converta-se no entupimento real dos gotejadores, prejudicando a qualidade de aplicação do sistema de irrigação.

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam que não houve diferença expressiva entre a utilização de água ou de efluente no sistema;

CUD e CUC obtiveram uma média geral acima dos 90% de uniformidade, demonstrando um comportamento excelente;

CVt foi classificado, em geral, como médio, indicando que houve uma certa variação na vazão de alguns gotejadores do sistema, embora não comprometendo a qualidade de distribuição de água ou resíduo;

O uso de água residuária de processamento de mandioca via irrigação por gotejamento é uma ótima alternativa ao despejo deste resíduo diretamente em corpos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 1998.
- BATISTA, R.O.; LO MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; CUNHA, F.F. Alteração na vazão de gotejadores tipo fita utilizados na aplicação de água residuária da despulpa de frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.2, p.69-73, 2005.
- BAUMGARTNER, D., SAMPAIO, S.C., SILVA, T.R., TEO, C.R.P.A., VILAS BOAS, M.A. Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 27: 152-163, 2007.
- BERNARDO, M.M.P.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 711 p.
- BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9). Califórnia, 1942. 124 p.
- CAMP, C.R.; LAMM, F.R. Irrigation systems, subsurface drip. **Encyclopedia of water science**, New York, p. 560-563, 2003.
- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkely: University of California, Experiment Station, 1942. 124 p.
- 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**, Viçosa, v.27, n.150, p.155-162, 1980.
- GAMEIRO, A.H. CARDOSO, C.L.; BARROS, G.S.C.; ANTIQUEIRA, T.R. GUIMARÃES, V. D.A.A **indústria do amido de mandioca**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, 90 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção municipal**: 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2009.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.
- 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.
- NAKAYAMA, F.S; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**: design, operation and management. Amsterdam: Elsevier, 1986. 164 p.
- SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.22, n.5, p.1034-1038, 1979.
- VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, J.G.F.; RAMOS, M.M.; SILVA, C.M.; CORDEIRO, E. A. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.1-6, 2004.