

## AVALIAÇÃO DE COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO EM MANGUEIRA GOTEJADORA UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA

Kevim Muniz Ventura<sup>1</sup>, Roberta Daniela da Silva Santos<sup>2</sup>, Josiane Turato da Silva Pereira<sup>3</sup>, Maryjane Diniz de Araújo Gomes<sup>4</sup>, Marcello Henrique Costa de Souza<sup>2</sup>, Rodrigo Máximo Sánchez Román<sup>5</sup>

**RESUMO:** Para ser considerada eficiente, é fundamental que os sistemas de irrigação apresentem alta uniformidade de aplicação da água. A avaliação do comportamento do sistema de irrigação é uma das etapas primordiais antes de qualquer estratégia de manejo de irrigação, pois a uniformidade da irrigação acarreta o aumento tanto da produtividade quanto a rentabilidade da propriedade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de aplicação de água na mangueira gotejadora NaanPC25. O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-SP e foi conduzido conforme as recomendações da Norma ISO 9261:2004, durante 660 horas, utilizando efluente secundário oriundo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Botucatu. A avaliação foi realizada na bancada de ensaios para tubos gotejadores e foram calculados os coeficientes de uniformidade. Após 660 horas de uso, os parâmetros CUC, CUD e CUE classificaram-se como excelente e a eficiência de aplicação como aceitável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coeficiente de distribuição, eficiência de aplicação, efluente doméstico tratado

## EVALUATION OF WATER APPLICATION UNIFORMITY ON DRIPPING IRRIGATION USING WASTEWATER

**ABSTRACT:** To be considered efficient, it is essential that the irrigation systems have high uniformity of water application. The evaluation of the behavior of the irrigation system is one

---

<sup>1</sup> Engenheiro agrônomo, Doutorando em Agronomia (Irrigação e Drenagem), FCA - UNESP Botucatu, Av. Universitária no 3780 – Botucatu, SP. Fone (49) 999113862. E-mail: k.kevim@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor(a) em Agronomia (Irrigação e Drenagem), FCA-UNESP, Botucatu, SP

<sup>3</sup> Mestra em Agronomia (Irrigação e Drenagem), FCA-UNESP, Botucatu, SP

<sup>4</sup> Prof. Doutora, IFPA, Castanhal, PA

<sup>5</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Rural, UNESP, Botucatu, SP

of the primordial steps before any irrigation management strategy, since the uniformity of irrigation leads to an increase in both productivity and profitability of the property. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of water application in the dripping hose NaanPC25. The experiment was carried out in the Hydraulics Laboratory of the Department of Rural Engineering of the Faculty of Agronomic Sciences - FCA / UNESP, Botucatu-SP campus and was conducted according to the recommendations of ISO 9261: 2004, for 660 hours, using secondary effluent from the Station Botucatu Sewage Treatment Plant (ETE). The evaluation was carried out on the test bench for drip tubes and uniformity coefficients were calculated. After 660 hours of use, the parameters CUC, CUD and CUE were classified as excellent and the application efficiency as acceptable.

**KEYWORDS:** Distribution coefficient, application efficiency, treated domestic effluent

## INTRODUÇÃO

A crescente demanda alimentícia da população mundial torna a necessidade de uma agricultura mais produtiva e eficiente cada vez maior (DOMINGUES, 2004). Uma das formas de aumentar a produção agrícola é através da irrigação localizada, definida como a aplicação de água em pontos selecionados de forma que o manejo resulte em significativa economia de água e energia (BERNARDO, 2008).

Um dos fatores que determina o sucesso de um sistema de irrigação localizada é a qualidade da água utilizada, uma vez que problemas com entupimento podem diminuir a eficiência e uniformidade do sistema (BRAUER et al., 2011).

A uniformidade de distribuição é um dos fatores de fundamental importância para avaliar um sistema de irrigação localizada, tanto na fase que precede a instalação quanto durante o uso do sistema (FAVETTA & BOTREL, 2001). Este parâmetro é importante pois tem grande efeito no rendimento das culturas, sendo considerado indispensável na operação de sistemas de irrigação.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os coeficientes de uniformidade de uma mangueira gotejadora após extenso período de utilização com água residuária.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-

SP. Foi avaliado uma mangueira gotejadora NaanPC25. Foi conduzido conforme as recomendações da Norma ISO 9261:2004, durante 32 dias, totalizando 660 horas de funcionamento, utilizando efluente secundário oriundo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Botucatu.

A avaliação da mangueira gotejadora foi realizada na bancada de ensaios para tubos gotejadores, onde foram retirados da bobina contendo 834 emissores, 27 emissores ao acaso. A bancada é composta por um reservatório de água com capacidade de 300 litros, um conjunto moto-bomba e com um filtro de tela metálica de 200 mesh. A bancada possui linhas laterais com 6 metros de comprimento (4 linhas, com recirculação de água), 2 válvulas de saída de ar e 2 manômetros. Durante o decorrer do experimento, foi monitorado a pressão de água através de um manômetro digital, com precisão de 99%.

Para quantificar a vazão de cada emissor, utilizaram-se Beckers de plástico com capacidade de 500 ml durante o intervalo de 10 minutos, decorrido esse período, todos os recipientes foram retirados simultaneamente. Com o auxílio de uma proveta volumétrica graduada com capacidade de 500 ml, foi medido o volume de água acumulado, esse procedimento foi realizado em triplicata. Em seguida os dados foram convertidos em vazão ( $L h^{-1}$ ).

De posse dos dados, foram calculados os parâmetros CUD (equação 1), CUC (equação 2), CUE (equação 3) e a eficiência de aplicação  $E_a$  (equação 4).

$$CUC = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right] \quad (1)$$

Em que:

$CUC$  - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, em porcentagem;

$n$  - Número de observações;

$X_i$  - Lâmina de água coletada no  $i$ -ésimo ponto sobre a superfície do solo, em mm;

$\bar{X}$  - Lâmina média aplicada, em mm.

$$CUD = 100 \cdot \frac{\bar{X}_{25}}{\bar{X}} \quad (2)$$

Em que:

$CUD$  - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em porcentagem;

$\bar{X}_{25}$  - Média das 25% menores descargas dos emissores, em  $L h^{-1}$ ;

$\bar{X}$  - Média das descargas de todos os emissores, em  $L h^{-1}$ .

$$CUE = 100 * \left( 1 - \frac{S_d}{Q_{méd}} \right) \quad (3)$$

Em que:

$CUE$  - Coeficiente de Uniformidade Estatístico, adimensional;

$S_d$  - Desvio padrão dos valores de precipitação, em  $L\ h^{-1}$ ;

$Q_{méd}$  - Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em  $L\ h^{-1}$ .

$$E_a = 0,9 * CUD \quad (4)$$

Em que:

$E_a$  - Eficiência de aplicação, em porcentagem;

$CUD$  - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em porcentagem.

A metodologia para avaliação da uniformidade de irrigação no sistema de gotejamento foi baseada nos índices CUC (CHRISTIANSEN, 1942) e CUD (CRIDDLE et al., 1956). A interpretação dos valores encontrados baseou-se na proposição de Mantovani (2001) e Frizonne (2012), apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1.** Classificação do CUC para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUC (%)
Excelente	90 – 100
Boa	80 – 90
Razoável	70 – 80
Ruim	60 – 70
Inaceitável	> 60

Fonte: Adaptado Mantovani (2001).

**Tabela 2.** Classificação do CUD para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUD (%)
Excelente	$\geq 90$
Bom	80 a 90
Regular	70 a 80
Ruim	< 70

Fonte: Adaptado de Frizonne (2012).

**Tabela 3.** Classificação do CUE e EA para sistemas de irrigação por gotejamento.

CLASSIFICAÇÃO	CUE (%)	CLASSIFICAÇÃO	EA(%)
Excelente	> 90	Ideal	$\geq 95$
Bom	80 - 90	Aceitável	80 - 95

Fonte: Adaptado de Bernardo et al. (2006).

Foram avaliados os fatores físico-químicos relacionados a qualidade da água para irrigação por gotejamento, como sólidos totais, dissolvidos e voláteis, ferro total (Fe), Manganês (Mn) e pH. As análises químicas para determinação dos teores de nutrientes foram realizadas no laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA. Para a determinação dos sólidos totais, fixos e voláteis foi utilizado a metodologia proposta na Norma Técnica da SABESP (NTS 013). O pH foi determinado através de um pHmetro digital.

A análise de risco de entupimento foi determinada conforme os indicies propostos por Bucks & Nakayama (1986), conforme a Tabela 4.

**Tabela 4.** Risco de entupimento conforme características da água de irrigação segundo Nakayama & Bucks (1986)

Fatores de Entupimento	Níveis de Risco		
	Baixo	Moderado	Severo
	Físico (mg L <sup>-1</sup> )		
Sólidos em suspensão	< 50	50 – 100	> 100
	Químico (mg L <sup>-1</sup> )		
pH	< 7	7 – 8	> 8
Sólidos dissolvidos	< 500	500 – 2000	> 2000
Ferro total	< 0,2	0,2 – 1,5	> 1,5
Manganês	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
	Biológico		
Pop. Bact. (NMP mL <sup>-1</sup> )	< 10.000	10.000 – 50.000	> 50.000

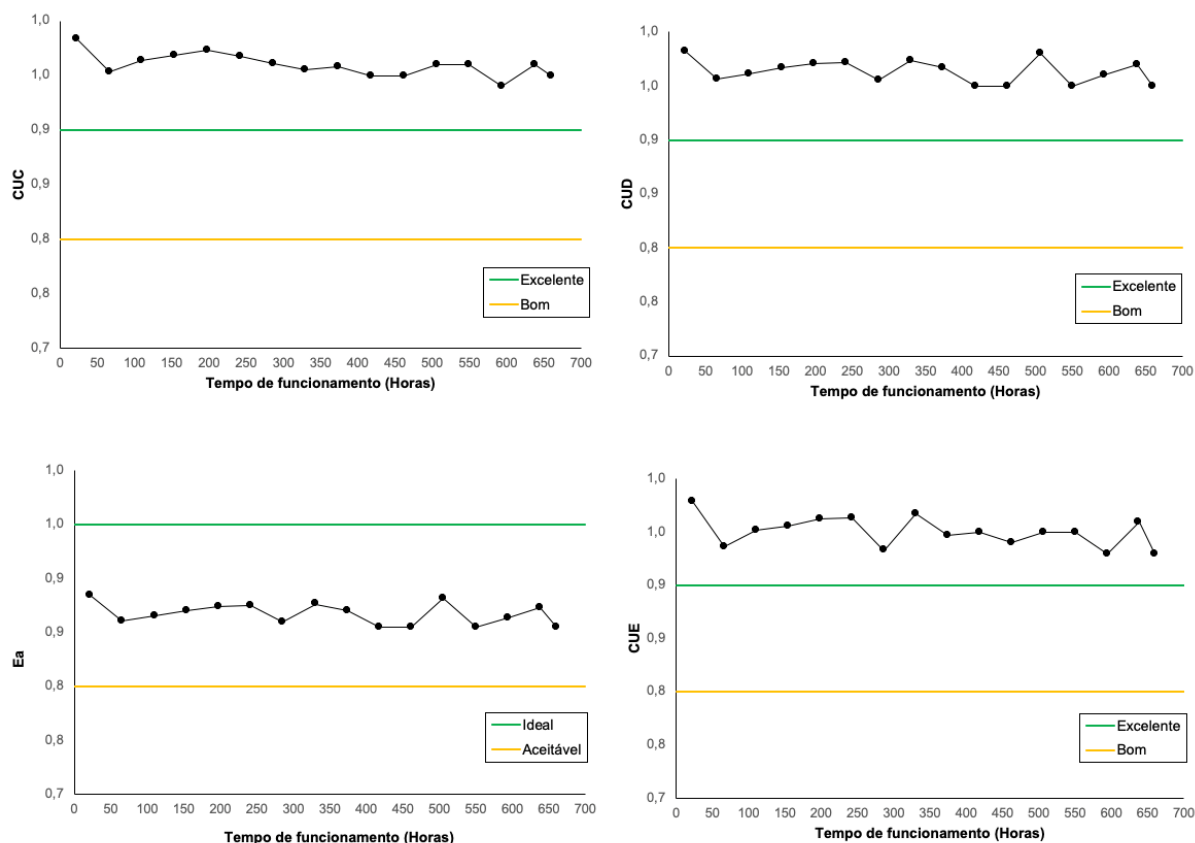
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 estão os resultados das análises para caracterização do efluente utilizado, a fim de determinar o risco de entupimento que a utilização do mesmo em um sistema de irrigação localizada poderia causar. Considerando os valores encontrados, segundo a classificação de Nakayama & Bucks (1986) o efluente utilizado foi classificado como risco moderado de entupimento para os parâmetros físico-químicos, e como risco severo para o parâmetro biológico.

**Tabela 5.** Resultado da caracterização do efluente utilizado.

Parâmetros		
Sólidos totais dissolvidos		540
Sólidos fixos		211
Sólidos voláteis	mg L <sup>-1</sup>	329
Ferro total		0,10
Manganês		0,9
pH		7,53
Pop. Bact.	NMP mL <sup>-1</sup>	51.500

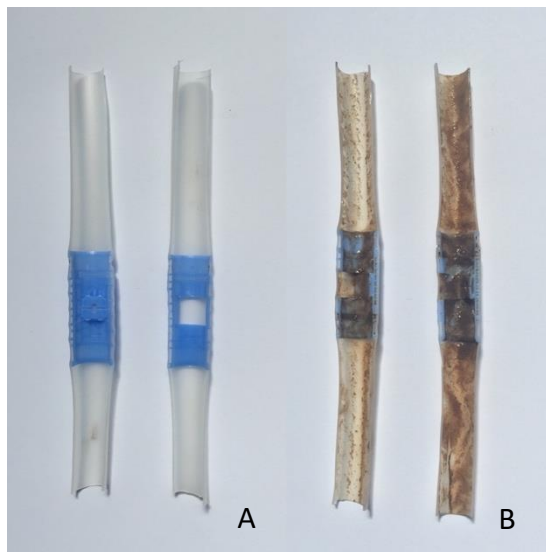
Na Figura 1 são apresentados os resultados encontrados para os coeficientes de uniformidade, analisados para determinar a qualidade da mangueira na utilização com água residuária.



**Figura 1.** Coeficientes de uniformidade analisados durante o funcionamento do sistema.

É evidenciado na Figura 1 que mesmo após extensa utilização a mangueira apresentou resultados de uniformidade excelentes, o que a campo, representaria uma ótima distribuição da água aplicada. Para o CUC, CUD e CUE é possível observar que após 660 horas de funcionamento os coeficientes se mantiveram excelentes, enquanto a Ea na classificação aceitável, segundo a classificação encontrada na literatura (KELLER & BLIESNER 1990; MANTOVANI, 2001; BERNARDO, 2008).

Na figura 2 observa-se o estado que a mangueira se encontra no início (Figura 2A) e no final (Figura 2B) do experimento. Segundo o catálogo do fabricante, essa mangueira possui um sistema de labirinto cascata nos gotejadores, que cria um regime de duplo fluxo que combina um fluxo central rápido com um ciclone turbulento, esse sistema possui inúmeras vantagens como uma alta resistência a entupimento, acurácia e uniformidade à longo prazo e um sistema único de auto limpeza, fatores estes que tornam essa mangueira apta para o uso com água residuária.



**Figura 2.** Corte transversal da mangueira gotejadora no início (A) e no final (B) do experimento.

## CONCLUSÃO

Mesmo após extensa utilização com um efluente com alto risco de entupimento, a mangueira apresentou coeficientes de uniformidade de aplicação de água considerados ideais, logo, a mesma pode ser recomendada para instalações onde se deseja trabalhar com água residuária ou com altos teores de sólidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**, 8 ed. Viçosa: Imprensa universitária. 2008. p. 393-396.

BRAUER, R. L.; CRUZ, R. L.; VILLAS BOAS, R. L.; PLETSCHE, T. A. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em gotejadores em função do teor de ferro. **Irriga**, v. 16, n. 1, p. 21-30, 2011.

DOMINGUES, A. F. Visão da ANA sobre a irrigação e sua inserção na gestão de recursos hídricos. Visão da ANA sobre a irrigação e sua inserção na gestão de recursos hídricos. Slides apresentados In: **SEMINÁRIO: O ESTADO DA ARTE DA AGRICULTURA IRRIGADA E AS MODERNAS TECNOLOGIAS NO USO RACIONAL DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO**, Brasília, DF: 2004.

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

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9621: Agricultural irrigation equipment: emitters and emitting pipe: specification and test**

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 615p

MANTOVANI, E. C. **AVLIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

**methods**. 2 ed. Geneva, 2004b. 20 p.

Nakayama, F. S., Bucks, D. A., Water quality in drip/trickle irrigation: A review, **Irrigation Science**, v. 12, p. 187-192, 1991.