

## UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE GOTEJADORES OPERANDO COM ÁGUA COM MACRO E MICRONUTRIENTES

I. O. F. Silva<sup>1</sup>, C. R. Rodrigues<sup>2</sup>, F. N. Cunha<sup>3</sup>, G. S. Moraes<sup>4</sup>, E. S. Cunha<sup>5</sup>, R. T. Manso<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito da fertirrigação com macro e micronutrientes em diferentes tempos de funcionamentos no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD). O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. A casa de vegetação é constituída de cobertura de filme plástico polietileno transparente, de 150 micras e laterais fechadas, com tela tipo sombrite com 30% de interceptação. O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 3 x 4, com três repetições; sendo o tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), o tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro) e quatro tempos de funcionamento (200, 400, 600 e 800 h). Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2,3 L h<sup>-1</sup>, diâmetro nominal 16 mm, pressão de operação 100 a 350 kPa e espaçamento entre emissores de 0,5 m. O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu da pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa (+/- 5 kPa) no início da linha, posicionamento dos coletores sob os respectivos gotejadores com três segundos de defasagem e retirada dos coletores com a mesma sequência e defasagem de tempo após 5 min de coleta. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de uniformidade de Christiansen e de distribuição. Os menores valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen e de distribuição são causados pela aplicação de sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro via fertirrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** molibdato de amônio, cloreto de magnésio, obstrução

## UNIFORMITY OF DISTRIBUTION OF DRIPPING OPERATING WITH WATER WITH MACRO AND MICRONUTRIENTS

<sup>1</sup> Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: igorolacirrv95@gmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Ciência do Solo, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: carlos.rodrigues@ifgoiano.edu.br

<sup>3</sup> Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

<sup>4</sup> Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: giovanisantosrv@gmail.com

<sup>5</sup> Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: eduardosousacunha3@gmail.com

<sup>6</sup> Acadêmica de Engenharia Ambiental, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: rannaiany@hotmail.com

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the effect of fertirrigation with macro and micronutrients in different operating times on the uniformity coefficient of Christiansen (CUC) and distribution (CUD). The experiment was realized in a greenhouse located in the experimental area of the IFGoiano - Rio Verde Campus. The greenhouse consists of roof of film plastic transparent polyethylene, of 150 microns and closed sides, with screen with 30% interception. The experimental design used randomized block, analyzed in factorial scheme 3 x 4, with three replications; with treatment 1 (ammonium molybdate, magnesium chloride and ammonium sulfate), treatment 2 (calcium nitrate, boric acid and zinc sulphate) and treatment 3 (copper sulphate, manganese chloride and iron sulphate) and four operating times (200, 400, 600 and 800 h). Used a drip tube model with nominal flow of  $2.3 \text{ L h}^{-1}$ , nominal diameter 16 mm, operating pressure 100 to 350 kPa and spacing between emitters of 0.5 m. The procedure to realization of flow reading consisted in pressurizing the system, stabilization of the pressure at 150 kPa ( $\pm 5 \text{ kPa}$ ) at the beginning of the line, positioning the collectors under the respective drippers with three seconds of lag and removing the collectors with the same sequence and lag of time after 5 min of collection. After of tabulated the flow data, were determined the Christiansen uniformity coefficient and of distribution. The lower values of the Christiansen uniformity coefficient and distribution are caused by the application of copper sulphate, manganese chloride and iron sulphate via fertirrigation.

**KEYWORDS:** ammonium molybdate, magnesium chloride, obstruction

## INTRODUÇÃO

Na irrigação localizada, a uniformidade de aplicação de água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada à variação de vazão dos emissores, variação essa devida aos ganhos e perdas de energia de posição, da qualidade do tubo, das obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor (Gomes, 1999).

As características hidráulicas dos emissores em irrigação localizada constituem-se na relação vazão versus pressão na entrada, na uniformidade de fabricação e na uniformidade de distribuição da água (Nascimento, 1999). Além disso, se bem utilizada, a irrigação é um instrumento muito eficaz no aumento da rentabilidade, permitindo, a racionalização de insumos através da fertirrigação (Silva & Silva, 2005). Cunha et al. (2014a) verificaram que a

uniformidade quando utilizado o CUC e CUE apresentam diferença significativa em relação com e sem fertirrigação, enquanto, com a utilização do CUD essa diferença não foi constatada.

Os fatores que afetam a uniformidade de aplicação de água são as obstruções, coeficiente de variação de fabricação, expoente de descarga do emissor e variações de pressão, entre outros (Solomon, 1985).

Objetivou-se, assim avaliar o efeito da fertirrigação com macro e micronutrientes em diferentes tempos de funcionamentos no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. A casa de vegetação é constituída de cobertura de filme plástico polietileno transparente, de 150 micras e laterais fechadas, com tela tipo sombrite com 30% de interceptação. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen (2013), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais.

O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 3 x 4, com três repetições; sendo o tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), o tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro) e quatro tempos de funcionamento (200, 400, 600 e 800 h).

Foram aplicados via fertirrigação as seguintes quantidades no tratamento 1: 0,12 g/1000 L de molibdato de amônio, 200 g/1000 L de cloreto de magnésio e 200 g/1000 L de sulfato de amônio; no tratamento 2: 900 g/1000 L de nitrato de cálcio, 1,9 g/1000 L de ácido bórico e 1,15 g/1000 L de sulfato de zinco; no tratamento 3: 0,12 g/1000 L de sulfato de cobre, 4 g/1000 L de cloreto de manganês e 400 g/1000 L de sulfato de ferro.

Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2,3 L h<sup>-1</sup>, diâmetro nominal 16 mm, pressão de operação 100 a 350 kpa e espaçamento entre emissores de 0,5 m.

À entrada das linhas gotejadoras foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão fosse checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida. Para isso, foi utilizado um manômetro de bourdon com faixa de leitura de 0 - 4

Kgf cm<sup>-2</sup>. Durante todo o período do ensaio foram realizadas as leituras de temperatura da água no reservatório de captação, com aplicação dos tratamentos com temperatura da água na faixa de 25°C (25°C ± 1°C).

O tempo de injeção dos fertilizantes corresponderam a 2 horas como forma de garantir uma melhor aplicação das fontes de nitrogênio, com base em uma diluição mínima. Para injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação optou-se por um injetor Venturi que realizava a sucção do fertilizante depois de dissolvidos em uma caixa reservatório com capacidade para 50 L.

O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu da pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa (+/- 5 kPa) no início da linha, posicionamento dos coletores sob os respectivos gotejadores com três segundos de defasagem e retirada dos coletores com a mesma sequência e defasagem de tempo após 5 min de coleta. Foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor. O monitoramento da vazão dos gotejadores, permitiu a obtenção da vazão média dos gotejadores, utilizando-se a equação 1.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos da uniformidade de aplicação de água, conforme as equações 1 a 2.

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

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

Em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

$X_i$  = vazão de cada gotejador, em L h<sup>-1</sup>;

$\bar{X}$  = vazão média dos gotejadores, em L h<sup>-1</sup>;

$n$  = número de gotejadores observados;

$S$  = desvio-padrão dos dados de vazão, em L h<sup>-1</sup>;

$X_{25\%}$  = média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões, em L h<sup>-1</sup>; e

$X_{12,5\%}$  = média de 12,5% do total de gotejadores, com as maiores vazões, em L h<sup>-1</sup>;

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão, e as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR<sup>®</sup> (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade de água no tempo de funcionamento de 200 h se manteve sempre acima de 97,7%, com destaque para a fertirrigação com o tratamento 1 e 2 que apresentaram o maior coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). O tratamento 3 apresentou o menor CUC, com uma diferença de até 1,6% em relação aos tratamentos 1 e 2 indicando um possível efeito negativo dessa fonte na uniformidade (Tabela 1).

Vários fatores podem comprometer a uniformidade dos sistemas de irrigação localizada destacando-se, entre eles, o desequilíbrio de vazão, entupimento parcial ou total dos emissores (Vieira et al., 2004; Cunha et al., 2014b).

No tempo de funcionamento de 400 h o tratamento 3 apresentou o menor CUC, indicando uma diferença de 1,5 e 3,2%, para os tratamentos 1 e 2, respectivamente.

No tempo de funcionamento de 600 h houve diferença significativa na uniformidade entre todos os tratamentos com destaque para o tratamento 1, tal desempenho foi confirmado no tempo de funcionamento de 800 h onde o tratamento 1 também apresentou o maior CUC, seguido do tratamento 2 e 3.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) no tempo de funcionamento de 200 h não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para a uniformidade (Tabela 2). Magalhães et al. (1996) compararam no tempo de funcionamento inicial a uniformidade de distribuição do potássio e do fósforo em um sistema de irrigação localizada por gotejamento, também verificaram que não houve diferença estatística quanto à uniformidade de distribuição.

No tempo de funcionamento de 400 h o tratamento 3 apresentou o menor CUD, indicando uma diferença de 1,2 e 3,8%, para os tratamentos 1 e 2, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 2, verificou-se uma diferença de 2,6%.

No tempo de funcionamento de 600 h o tratamento 2 apresentou o maior CUD, indicando uma diferença de 2,1 e 4,2%, para os tratamentos 1 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 3, observou-se uma diferença de 2,1%.

No tempo de funcionamento de 800 h o tratamento 1 apresentou um CUD intermediário, indicando uma diferença de 1,8 e 1,3%, para os tratamentos 2 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 2 e 3, verificou-se uma diferença de 3,1%.

O CUC em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para o tratamento 1, 2 e 3, com  $R^2$  acima de 93% (Figura 1A). A Figura 1A apresenta o comportamento da uniformidade de aplicação para cada tratamento em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 200 e 800 h, observa-se reduções no CUC de aproximadamente 6,1, 5,6 e 7,5%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.

O CUC a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 2, 1,9 e 2,5%, quando aplicado via água de irrigação o Tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), Tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o Tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro), respectivamente.

O CUD em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para o tratamento 1, 2 e 3, com  $R^2$  acima de 91% (Figura 1B). A Figura 1B apresenta o comportamento da uniformidade de aplicação para cada tratamento em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 200 e 800 h, observa-se reduções no CUD de aproximadamente 9, 8 e 10,2%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.

Keller e Karmeli (1974) considera o CUD o mais rigoroso para a avaliação em campo de sistema de irrigação, entretanto mesmo sendo o CUD mais rigoroso, este não identifica de maneira adequada os distúrbios de vazão (Cunha et al., 2014b).

O CUD a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 3, 2,7 e 3,4%, quando aplicado via água de irrigação o Tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), Tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o Tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro), respectivamente.

## CONCLUSÕES

Os menores valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen e de distribuição são causados pela aplicação de sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro via fertirrigação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; MELO, S. R. P. Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.8, nº. 5, p.391 - 402, 2014a.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 8, p. 444-454, 2014b.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GOMES, H. P. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412p.

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

MAGALHÃES, M.I.; TEXEIRA, A.S.; FERREYRA, F.F. Uniformidade de distribuição do fertilizante, via fertirrigação, em um sistema de irrigação por gotejamento. In: congresso brasileiro de engenharia agrícola, 25., 1996, Bauru. Anais... Bauru: UNESP/ Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996.

NASCIMENTO, T. Caracterização Hidráulica do Microaspersor Rain-Bird Qn-141. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.1, p.30-33, 1999.

SILVA, C. A. da.; SILVA, C. J. da. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. *Revista científica eletrônica de agronomia*. Faculdade de agronomia e engenharia flor estal de garça/faef. Ano iv, número 08; periodicidade: semestral, 2005.

SOLOMON, K.H. Global uniformity of trickle irrigation system. Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.28, n.4, p.1151-8, 1985.

VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, J.G.F.; RAMOS, M.M.; SILVA, C.M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, p.1-6, 2004.

**Tabela 1.** Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em diferentes tempos de funcionamento

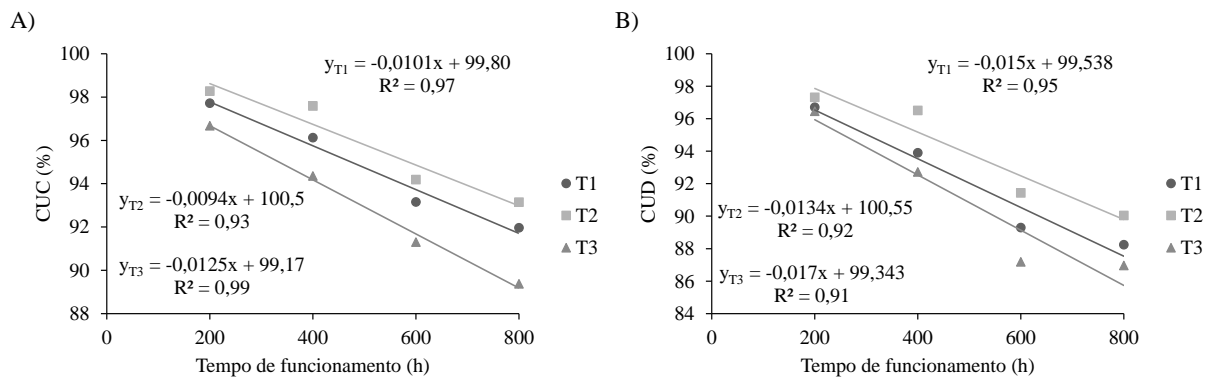
Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	97,72 a	96,12 b	93,16 b	91,97 b
T2	98,28 a	97,59 a	94,19 a	93,14 a
T3	96,68 b	94,36 c	91,31 c	89,37 c

<sup>1</sup>Tratamento 1: molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio; Tratamento 2: nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco; e o Tratamento 3: sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) em diferentes tempos de funcionamento

Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	96,71 a	93,90 b	89,30 b	88,24 b
T2	97,31 a	96,51 a	91,44 a	90,04 a
T3	96,47 a	92,72 c	87,19 c	86,97 c

<sup>1</sup>Tratamento 1: molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio; Tratamento 2: nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco; e o Tratamento 3: sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.



**Figura 1.** Coeficiente de uniformidade de Christiansen (A) e de distribuição (B) em função dos tempos de funcionamento para o Tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), Tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o Tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro).