



## INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO NO GRAU DE ENTUPIAMENTO DE EMISSORES

Gabriela Nobre Cunha<sup>1</sup>, Fernando Nobre Cunha<sup>2</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>3</sup>, Adriana Antunes Lopes<sup>4</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o grau de entupimento de gotejadores submetidos a aplicação de macro e micronutrientes. 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  $3 \times 4$ , 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  $2,3 \text{ L h}^{-1}$ , 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 na pressurização do sistema, 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 grau de entupimento e o coeficiente de uniformidade absoluto. A aplicação de nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco proporciona a melhor uniformidade e grau de entupimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** sulfato de amônio, nitrato de cálcio, uniformidade.

## INFLUENCE OF FERTIRRIGATION ON THE DEGREE OF CLOGGING OF EMMITTERS

<sup>1</sup> Pesquisadora, Depto de Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, UniEVANGÉLICA, Av. Universitária Km 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis – GO, CEP: 75083-515, e-mail: gabriela-nc@hotmail.com

<sup>2</sup> Pós-Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano, Rio Verde, GO

<sup>3</sup> Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano, Rio Verde, GO

<sup>4</sup> Prof. Doutora, Depto de Saneamento Ambiental, IFSP, São Carlos, SP

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the degree of obstruction of drippers submitted the application of macro and micronutrient. 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  $3 \times 4$ , 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, 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 degree of obstruction and the absolute uniformity coefficient. The application of calcium nitrate, boric acid and zinc sulfate provides the best uniformity and degree of obstruction.

**KEYWORDS:** ammonium sulfate, calcium nitrate, uniformity.

## INTRODUÇÃO

A grande quantidade de água requerida pela irrigação, o decréscimo da sua disponibilidade e o alto custo de energia necessária à sua aplicação tem aumentado o interesse pela racionalização desse recurso (AZEVEDO et al., 1999).

No dimensionamento de sistemas de irrigação localizada, deve-se considerar a variabilidade existente entre gotejadores, outro ponto importante é que o sistema pode apresentar distúrbios de vazão ao longo do tempo em função da qualidade de água e do manejo de irrigação utilizado (COELHO, 2007).

As pequenas variações na geometria dos orifícios de saída da água provocam sensíveis diferenças na vazão, isto também pode ocorrer devido a fertirrigação pois esta técnica pode ocasionar uma mudança no fluxo da água, principalmente na extremidade do emissor que tem o primeiro contato com os fertilizantes, indicando uma deposição gradual deste material, no interior do mesmo e conseqüentemente assumindo em alguns casos, maior importância que as

variações de vazão decorrentes das diferenças de pressão ao longo da linha (VERMEIREN & JOBLING, 1980; BOTREL, 1984; CUNHA et al., 2014b).

Objetivou-se, assim avaliar o grau de entupimento de gotejadores submetidos a aplicação de macro e micronutrientes.

## 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 foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 3 × 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 aplicadas via fertirrigação as seguintes quantidades no tratamento 1: 0,12 g 1000 L<sup>-1</sup> de molibdato de amônio, 200 g 1000 L<sup>-1</sup> de cloreto de magnésio e 200 g 1000 L<sup>-1</sup> de sulfato de amônio; no tratamento 2: 900 g 1000 L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio, 1,9 g 1000 L<sup>-1</sup> de ácido bórico e 1,15 g 1000 L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco; no tratamento 3: 0,12 g 1000 L<sup>-1</sup> de sulfato de cobre, 4 g 1000 L<sup>-1</sup> de cloreto de manganês e 400 g 1000 L<sup>-1</sup> de sulfato de ferro. O sistema de irrigação possuía sistema de filtragem equipado com filtro de disco de 100 mesh para a retirada de partículas sólidas que porventura pudessem entrar no sistema.

Foi utilizado um 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 e o comprimento de cada linha de tubos gotejadores foi de 7 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 necessária, 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 foi em torno de 1 h como forma de garantir uma melhor aplicação dos fertilizantes, 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 na 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.

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

$$CUA = 50 \left( \frac{X_{25\%}}{\bar{X}} + \frac{\bar{X}}{X_{12,5\%}} \right) \quad (1)$$

$$GE = \left( 1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) 100 \quad (2)$$

Em que:

CUA - coeficiente de uniformidade absoluto, em %;

GE – grau de entupimento, %;

$X_{25\%}$  = 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>;

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

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

$q_{novo}$  – vazão do gotejador novo, L h<sup>-1</sup>;

$q_{usado}$  – vazão do gotejador usado, 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 para os tempos de funcionamento, e as médias dos tratamentos com fertirrigação foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade de água no tempo de funcionamento de 200 h se manteve sempre acima de 95%, assim nesse tempo de funcionamento não se observou diferença significativa entre os tratamentos para a uniformidade (Tabela 1). No tempo de funcionamento de 400 h o tratamento 3 apresentou o menor CUA, indicando uma diferença de 2 e 4,3%, para os tratamentos 1 e 2, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 2, verificou-se uma diferença de 2,3%.

**Tabela 1.** Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em diferentes tempos de funcionamento.

Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	96,46 a	93,97 b	89,54 b	87,24 b
T2	97,02 a	96,28 a	91,46 a	89,47 a
T3	95,90 a	91,95 c	86,73 c	85,84 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.

Cunha et al. (2014b) observaram que o CUE e o CUA decresceram similarmente ao CUC, indicando um comportamento mais estável do que o verificado no CUD, que apresentou diferenças mais expressivas por supervalorizar os entupimentos.

No tempo de funcionamento de 600 h o tratamento 2 apresentou o maior CUA, indicando uma diferença de 1,9 e 4,7%, para os tratamentos 1 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 3, observou-se uma diferença de 2,8%.

No tempo de funcionamento de 800 h o tratamento 1 apresentou um CUA intermediário, indicando uma diferença de 2,2 e 1,4%, para os tratamentos 2 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 2 e 3, verificou-se uma diferença de 3,6%.

O grau de entupimento (GE) no tempo de funcionamento de 200 h não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando um GE médio de 4,3% (Tabela 2). No tempo de funcionamento de 400 h o tratamento 3 apresentou o maior GE, indicando uma diferença de 2,3 e 5,5%, para os tratamentos 1 e 2, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 2, verificou-se uma diferença de 3,2%.

O ferro e o manganês, em elevados teores, são os principais causadores das obstruções dos emissores em sistemas de irrigação localizada, assim o entupimento dos emissores prejudica o funcionamento geral do sistema de irrigação (BUSATO et al., 2012; CUNHA et al., 2014b).

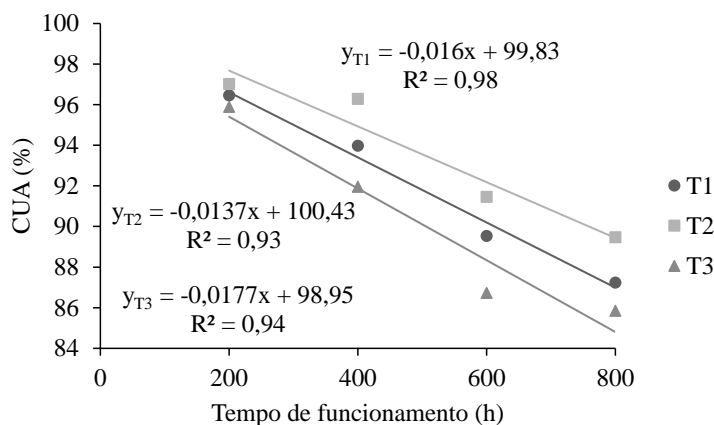
**Tabela 2.** Grau de entupimento (GE) em diferentes tempos de funcionamento.

Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	4,28 a	7,32 b	11,14 a	14,51 b
T2	3,90 a	4,16 a	10,17 a	11,88 a
T3	4,67 a	9,62 c	15,60 c	16,39 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.

No tempo de funcionamento de 600 h o tratamento 1 e 2 apresentaram o menor GE, indicando uma diferença de 5,4%, para os tratamentos 3. No tempo de funcionamento de 800 h o tratamento 1 apresentou um GE intermediário, indicando uma diferença de 2,6 e 1,9%, para os tratamentos 2 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 2 e 3, verificou-se uma diferença de 4,5%.

O CUA em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para o tratamento 1, 2 e 3, com  $R^2$  de até 98% (Figura 1). A Figura 1 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 CUA de aproximadamente 9,60, 8,22 e 10,62%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.



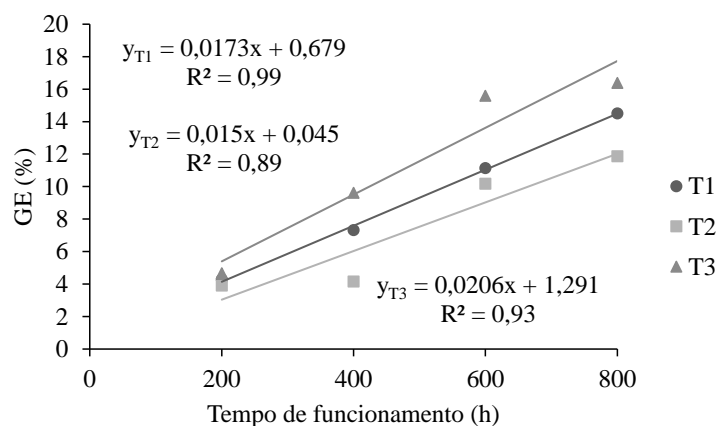
**Figura 1.** Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em função dos tempos de funcionamento para o Tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), Tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o Tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês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

Cunha et al. (2014a) verificaram que a uniformidade obtida tanto na presença quanto na ausência de fertirrigação é considerada como boa, assim pode-se dizer que de maneira geral o sistema de irrigação está funcionando adequadamente mesmo sob fertirrigação.

O CUA a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 3,2, 2,7 e 3,5%, 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 GE em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para o tratamento 1, 2 e 3, com  $R^2$  acima de 89% (Figura 2). A Figura 2 apresenta o comportamento do grau de entupimento dos emissores para cada tratamento em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 200 e 800 h, observa-se incrementos no GE de aproximadamente 10,4, 9 e 12,4%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.



**Figura 2.** Grau de entupimento (GE) 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).

Cunha et al. (2014a) verificaram uma maior propensão ao entupimento total quando na presença da fertirrigação, sendo observada a maior diferença entre sem e com na última avaliação, a qual foi de aproximadamente 5%.

O GE a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um acréscimo de 3,5, 3 e 4,1%, 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

A aplicação de nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco proporciona a melhor uniformidade e grau de entupimento.

A fertirrigação com molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio causou influencia intermediária na uniformidade de distribuição e no grau de entupimento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação de alta pressão. **Engenharia Agrícola**, v. 18, n. 4, p. 53-62, 1999.
- BOTREL, T. A. **Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada**. Dissertação. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1984, 78 p.
- BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F.; BUSATO, C. Dicloroisocianurato na prevenção do entupimento devido ao uso de águas ferruginosas em sistemas de irrigação por gotejamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2012.
- COELHO, R. D. **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. 2007. 192 p. Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. ESALQ, 2007.
- 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, p. 391-402, 2014a.



CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; RIBEIRO, P. H.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Repetibilidade de um sistema de irrigação por gotejamento sob entupimento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, p. 343-353, 2014b.

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

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Localized irrigation. Irrigation and Drainage**. paper, 36. FAO Rome. 1980.