



VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

Fernando Nobre Cunha¹, Renato Campos de Oliveira², Nelmício Furtado da Silva², Luciana Minervina de Freitas Moura², Marconi Batista Teixeira³, Raimundo Rodrigues Gomes Filho⁴

RESUMO

A uniformidade de distribuição da água em áreas irrigadas influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e o custo da irrigação, assim como o desempenho da cultura no campo. Deste modo, objetivou-se avaliar a uniformidade de distribuição da água ao longo do tempo em um sistema de gotejamento subsuperficial. O experimento foi conduzido em bancada de ensaios instalada em casa de vegetação na área experimental do IFGoiano – Câmpus Rio Verde. Sobre uma bancada de ensaios foram instalados 20 recipientes de PVC com 0,1 m de diâmetro e 0,6 m de altura, contendo cada recipiente um gotejador. Utilizou-se solo de textura argilosa para preencher os recipientes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando-se dois modelos de gotejadores, com 20 repetições (gotejadores). Utilizou-se a pressão de 1,0 bar (modelo 1 e 2). Os valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição diminuem ao longo do período de operação enquanto que os valores de Coeficiente de Variação de Vazão crescem, conforme ocorre o aumento do tempo de funcionamento.

Palavras chave: Vazão, uniformidade, tempo de funcionamento.

TEMPORAL VARIABILITY OF UNIFORMITY IN DISTRIBUTION SYSTEM DRIP

ABSTRACT

The uniformity of water in irrigated areas directly influences the management, quality, efficiency and cost of irrigation, as well as the performance of the crop in the field. Thus, this study aimed to evaluate the uniformity of water distribution over time in a subsurface drip system. The experiment was conducted in a test bench installed in a greenhouse in the

¹ Acadêmico de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Câmpus Rio Verde. Rodovia Sul Goiana km 01, CEP 75901-970, Rio Verde, GO. Fone: (64) 9235-8631. e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

² Acadêmicos de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Câmpus Rio Verde. Rodovia Sul Goiana km 01, CEP 75901-970, Rio Verde, GO.

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Câmpus Rio Verde. Rodovia Sul Goiana km 01, CEP 75901-970, Rio Verde, GO.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Adjunto Universidade Federal de Sergipe – UFS, Aracaju, SE.

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

experimental area IF Goiano - Câmpus Rio Verde. On a test bench were installed PVC containers 20 with 0.1 m diameter and 0.6 m in height, each vessel containing one emitter. We used clay soil to fill the containers. The experimental design was completely randomized, using two models of drippers with 20 replications (drippers). We used a pressure of 1.0 bar (models 1 and 2). The Uniformity Coefficient Distribution and Uniformity Coefficient of Christiansen values decreased throughout the period of operation while the values of CVq grow as there is increase in operating time.

Keywords: Flow, uniformity, operating time.

INTRODUÇÃO

Um dos sistemas de irrigação mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, que apresenta vantagens como economia de água e energia, possibilidade de automação e de fertirrigação (SOUSA et al., 2011).

A irrigação localizada está sujeita a alterações de vazão, tendo como consequência na sua pior hipótese a obstrução da emissão, pelo fato de utilizar emissores com orifícios de passagem de água muito pequenos, esta limitação acontece principalmente na irrigação por gotejamento que possui como grande limitação o fato de seus emissores possuírem orifícios e labirintos pequenos, suscetíveis ao entupimento, ocasionando perda da uniformidade de irrigação ao longo do tempo, porém este fato pode ser agravado com a utilização da aplicação de nutrientes via água de irrigação assim como efluentes com altos teores de sólidos e bactérias formadoras de biofilme. Existem diversos trabalhos expondo estes fatos (BUSATO & SOARES, 2010; TEIXEIRA et al., 2008; BERNARDO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2005; CARARO & BOTREL, 2007).

Em um sistema de irrigação por gotejamento, a uniformidade de aplicação de água está relacionada a fatores hidráulicos e à qualidade dos gotejadores, além da qualidade da água e uso da fertirrigação com sais que podem ocasionar o entupimento dos emissores, contribuindo também para a desuniformidade de aplicação.

Ribeiro et al. (2010) afirmam que as

alterações no coeficiente de variação de vazão estão relacionados ao processo de obstrução, cujo principal responsável é a qualidade da água usada na irrigação, uma vez que o problema não afeta igualmente todos os gotejadores ao longo da linha lateral, sendo dependente também do coeficiente de variação de fabricação.

A manutenção de elevada uniformidade de aplicação e distribuição de água nos sistemas de irrigação por gotejamento torna-se fundamental para uma eficiente irrigação e, conseqüentemente, um melhor aproveitamento dos recursos hídricos e redução dos custos (RIBEIRO et al., 2012). Uma boa uniformidade de distribuição de água de irrigação é fundamental para um bom manejo da fertirrigação (SOUSA et al., 2003).

Segundo Coelho (2007), vários fatores podem afetar a uniformidade de distribuição de água nos sistemas de irrigação localizada (pressão de operação do emissor, velocidade da água na tubulação, alinhamento da linha lateral, entupimento de emissores, entre outros).

A uniformidade de aplicação de água em áreas irrigadas influencia diretamente o manejo, a eficiência e o custo da irrigação, assim como afeta a qualidade e produtividade da cultura (AZEVEDO & SAAD, 2012). Segundo Teixeira et al. (2008), para prevenir o entupimento dos emissores, a avaliação sistemática do sistema de irrigação e o monitoramento da qualidade da água são essenciais.

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

Em muitos casos, para assegurar que as plantas recebam a quantidade correta de água, faz-se necessário irrigar em excesso áreas com déficit, prática que causa percolação profunda e consequentes prejuízos como maior consumo de energia, lixiviação de fertilizantes e contaminação

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em bancada de ensaios instalada em casa de vegetação na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde. A casa de vegetação possui cobertura de filme plástico polietileno transparente, de 150 micras e laterais fechadas, com tela tipo sombrite (30% de interceptação).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando-se dois modelos de gotejadores (Modelo 1 e Modelo 2). Cada linha comportava 30 emissores, dos quais foram selecionados aleatoriamente 16 para a realização dos ensaios, sendo que os recipientes para coleta de vazão foram acoplados aos emissores avaliados ao longo de quatro linhas laterais. Foi realizado um ensaio de vazão a cada 50 horas de funcionamento, correspondendo aproximadamente 10 dias.

Os dois modelos de tubos gotejadores utilizados foram autocompensantes, com vazão nominal de $1,0 \text{ L h}^{-1}$, diâmetro nominal 16 mm, diâmetro interno 13 mm, pressão de operação de 100 a 350 kPa e espaçamento de 0,5 m entre gotejadores. O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por uma motobomba centrífuga da marca Schneider, modelo BC-21 F, potência 1,5 CV e vazão de $6 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

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,

do lençol subterrâneo (KELLER & BLIESNER, 1990).

Deste modo, objetivou-se avaliar a uniformidade de distribuição da água ao longo do tempo em um sistema de gotejamento subsuperficial.

foi utilizado um manômetro de bourdon com faixa de leitura de $0 - 4 \text{ Kgf cm}^{-2}$. Durante todo o período do ensaio foram realizadas leituras de temperatura da água no reservatório de captação. O procedimento de aplicação de água consistiu de 6 horas diárias.

O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu da pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa ($\pm 5 \text{ kPa}$) 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 cinco minutos de coleta.

Os procedimentos para leitura individual da vazão dos gotejadores consistiram da pressurização do sistema, posicionamento de recipientes (capacidade de 1 litro) sob os respectivos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, medição do volume coletado e tabulação dos dados.

Para se obter maior exatidão foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, expressando-se os valores de vazão em L h^{-1} , utilizando para tal uma balança de precisão certificada (OHAUS) com precisão de 0,01 g. O monitoramento da vazão dos gotejadores (L h^{-1}) permitiu a obtenção da vazão média dos gotejadores, utilizando-se a equação 1.

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

$$q = \frac{M}{1000 \times t} 60 \quad (1)$$

Sendo:

q – vazão do gotejador, L h⁻¹;
 M – massa de água coletada, g; e
 t – tempo de coleta, min.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos da vazão e da uniformidade de aplicação de

água pelos métodos mais utilizados na literatura, destacados nas equações 2 a 7.

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right\} \quad (2)$$

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN, 1942), em %.

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (3)$$

CUE = coeficiente de uniformidade estatístico (WILCOX & SWAILES, 1947), em %.

$$CUD = 100 \left(\frac{X_{25\%}}{\bar{X}} \right) \quad (4)$$

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (CRIDDLE et al., 1956), em %.

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

CUA = coeficiente de uniformidade absoluto (KARMELI & KELLER, 1975), em %.

$$CUH = 100 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(\frac{S}{\bar{X}} \right)} \right\} \quad (6)$$

CUH = coeficiente de uniformidade de Hart (HART, 1961), em %.

$$UDH = 100 \left(1 - 1,27 \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (7)$$

UDH = eficiência padrão da HSPA (HART, 1961), em %.

Sendo:

X_i = vazão de cada emissor, em L h⁻¹;
 \bar{X} = vazão média dos emissores, em L h⁻¹;
 n = número de emissores observados;
 S = desvio-padrão dos dados de vazão, em L h⁻¹;

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

$X_{25\%}$ = média de 25% do total de emissores, com as menores vazões, em $L h^{-1}$; e
 $X_{12,5\%}$ = média de 12,5% do total de emissores, com as maiores vazões, em $L h^{-1}$.

A avaliação da uniformidade do sistema de gotejamento foi realizada utilizando-se as classificações propostas em ASAE (1993). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F

ao nível de 0,05 de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática em função do tempo de funcionamento para cada coeficiente de uniformidade utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores vazões apresentaram um incremento próximo a 10% em relação a vazão nominal, enquanto que as vazões mais baixas encontradas para o modelo 1 e 2 (M1 e M2) foram de 19 e 45% respectivamente em relação a vazão nominal. Hills et al. (2000) verificaram diminuição de até 75% na vazão nominal média de sistemas de irrigação por gotejamento, aplicando esgoto sanitário tratado, após 3.000 horas de funcionamento; pode-se observar também que para M1 58,6% das vazões dos emissores encontravam-se abaixo da vazão nominal, esse valor ficou bem próximo ao verificado no M2 que foi de 57,8% uma diferença de apenas 0,8%, entretanto para valores acima da vazão nominal essa diferença se tornou mais acentuada, pois para M1 e M2 estes valores foram de 40,6 e 35,9 demonstrando uma diferença da ordem de 4,7%, já no que diz respeito a valores iguais a vazão nominal para o M1 e M2, foram bem discrepantes sendo estes 0,8 e 6,2% do total das vazões, uma diferença de 5,4% indicando o baixo peso destes valores nos coeficientes de uniformidade.

O acréscimo ou decréscimo da vazão pode ser ocasionado tanto pelo

entupimento parcial ou total dos emissores, no entanto geralmente estes estão mais relacionados à diminuição da vazão, mas em contra posição existem alguns modelos nos quais podem ocorrer o inverso.

Ravina et al. (1992), trabalharam com emissores autocompensantes e não autocompensantes e observaram aumento da vazão no início do processo de entupimento, em ambos os tipos; logo o entupimento dos emissores pode tanto reduzir ou aumentar a vazão, o que implica de maneira direta na diminuição da uniformidade de aplicação de água; comportamento similar foi observado por Resende et al. (2000), com os gotejadores Netafim RAM e Dripline, no qual, o aumento da vazão, pode estar associado ao primeiro estágio de acumulação de material dentro do emissor, o que pode alterar o regime do escoamento; assim de forma geral pode-se observar que a elevação da vazão é menor do que a sua redução, sendo então sua ocorrência mais comum, tal fato implica em um maior impacto da redução de vazão na uniformidade do que propriamente em relação ao seu aumento (Figura 1).

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

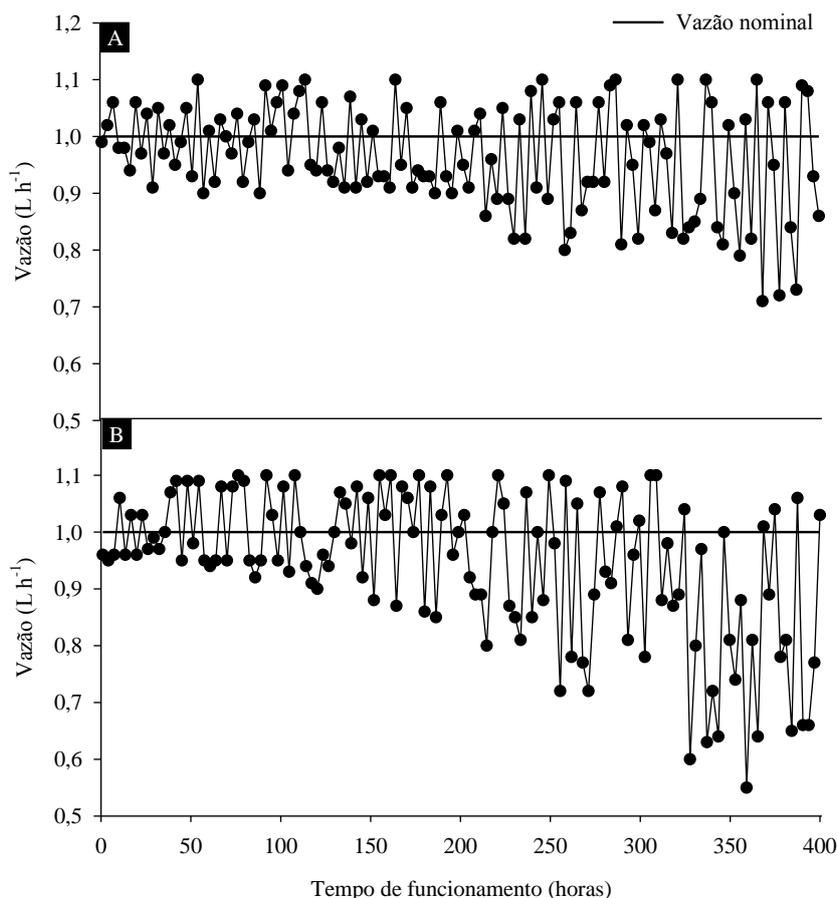


Figura 1. Vazão dos gotejadores em função do tempo de funcionamento, que constitui todo o período de aplicação de água. A – Modelo 1. B – Modelo 2.

A uniformidade de aplicação reduziu ao longo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação. A maioria dos coeficientes para o M1 e M2 no início das avaliações variou entre 96,13 e 93,4%, valores classificados como excelente, no entanto o CUH para o M1 e M2 apresentou valores abaixo de 90% aproximadamente 82,9 e 81,9%, respectivamente. Para o M1 os coeficientes de uniformidade demonstraram a seguinte ordem, do maior para o menor, CUC, CUE, CUD, CUA, UDH e CUH, já o M2 apresentou a seguinte ordem: CUC, CUD, CUE, CUA, UDH e CUH. A menor redução de uniformidade ao longo do tempo de funcionamento no M1 foi observada no CUC 9,3% enquanto que a maior redução foi verificada no CUH 14,14%, em média a redução na uniformidade no M1 foi de

12,33%. Para o M2 esta redução na uniformidade se comportou de maneira similar, sendo deste modo os mesmos coeficientes que apresentaram o menor e maior decréscimo o qual foi de 11,63 e 18,7% (CUC e CUH), em média a diminuição foi de aproximadamente 16,2%; levando em consideração a redução média da uniformidade para ambos os modelos e verificando o menor desvio em relação a esta média, observa-se que o coeficiente que se mostrou mais próximo desta média foi CUA, desta maneira, verifica-se que o CUA pode ser usado dentre os coeficientes como padrão para possíveis comparações e avaliações de desvios de uniformidade, além de servir de referência na tomada de decisão quando na presença de resultados dúbios (Figura 2).

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

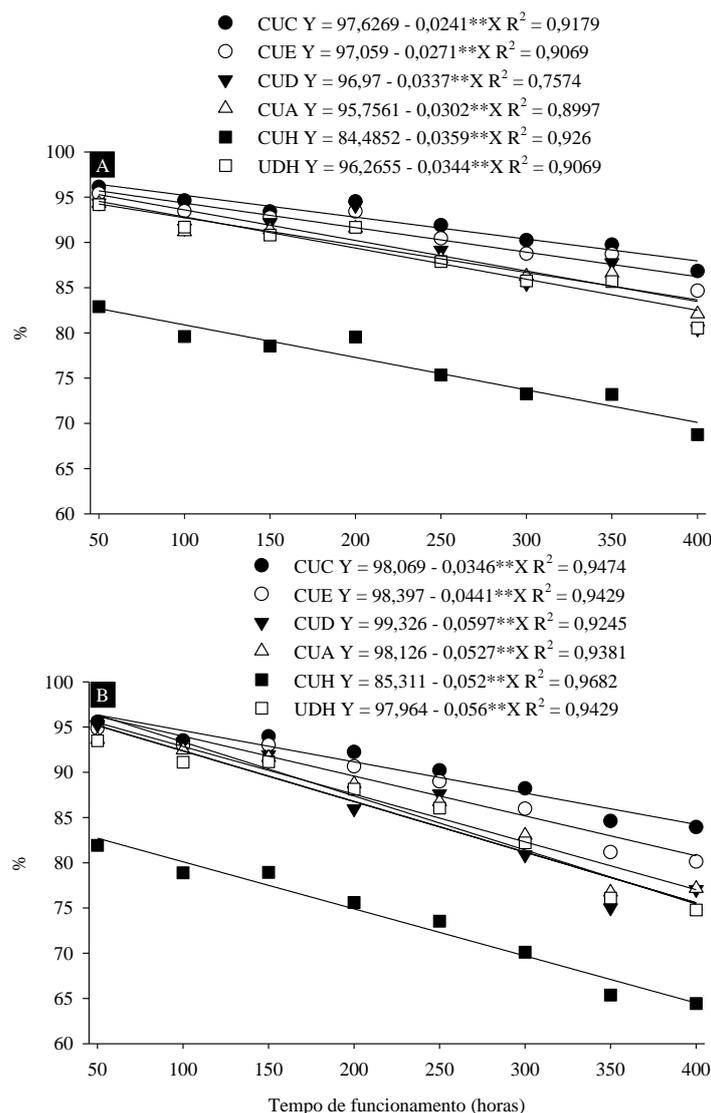


Figura 2. Coeficientes de uniformidade: de Chrisntiansen (CUC), estatístico (CUE); de uniformidade (CUD), absoluto (CUA), de Hart(CUH) e eficiência padrão da HSPA(UDH) para o sistema de gotejamento em função do tempo de funcionamento. A – Modelo 1. B – Modelo 2.

No tempo de funcionamento de 50 h, os modelos 1 e 2 apresentaram valores do CUC de 96,13 e 95,57%; já no tempo de 200 h apresentaram valores do CUC de 94,53 e 92,25%; uma redução de 1,6 e 3,32% respectivamente. De acordo com Merriam & Keller (1978), os valores de CUC, no tempo de operação de 160 h, foram classificados como excelentes (> 90%).

No tempo de funcionamento de 100 h, os modelos 1 e 2 apresentaram valores do CUE de 93,46 e 92,99%; já no tempo de 150 h apresentaram valores do CUE de 92,77 e 93,04%; uma redução de 0,7%

para o modelo 1 e uma estabilização em 93% para o modelo 2.

No tempo de funcionamento de 100 h, os modelos 1 e 2 apresentaram valores do CUD de 91,57 e 93,36%; já no tempo de 200 h apresentaram valores do CUD de 94,09 e 85,96%; um aumento de 2,52% e uma redução de 7,4% respectivamente, este aumento no modelo 1 deve-se a uma estabilização ocorrida entre as 100 h e 200 h, que pode ser mais bem observada no CUA do que no CUD que mostra certa discrepância entre estes tempos. Segundo Merriam & Keller (1978), os valores de CUD, no tempo de operação de 160 h,

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

foram classificados como excelentes (> 90%).

Os valores dos coeficientes de determinação para M1 e M2 ficaram superiores a 89% mostrando o adequado ajuste dos modelos de regressão aos dados observados, entretanto para o M1 o modelo de regressão do CUD não se ajustou tão adequadamente como os demais, ficando assim o seu coeficiente de determinação em torno de 75%; o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados de CVq em função do tempo de operação. Segundo Batista (2007) o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou a relação entre CUC e CUD e o tempo de operação de 160 h, com gotejador não autocompensante de 1,7 L h⁻¹ operando com água residuária de suinocultura.

Os modelos 1 e 2 de maneira geral apresentaram coeficientes de variação crescente conforme o tempo de funcionamento; deste modo nos tempos de funcionamento de 200 h, os modelos 1 e 2 apresentaram valores de CVq de 6,57 e 9,34%, respectivamente; conseqüentemente verificou-se de maneira geral que no tempo de funcionamento de 50 h a 200 h o valor de CVq foram inferiores a 10%, recebendo, assim, a classificação aceitável, segundo a norma ASABE EP 405 (ASABE STANDARDS, 2003).

Para não prejudicar a uniformidade de aplicação de água, Keller & Karmeli (1975) recomendam que a variação da vazão máxima dos gotejadores seja de 10% em todo o sistema de irrigação.

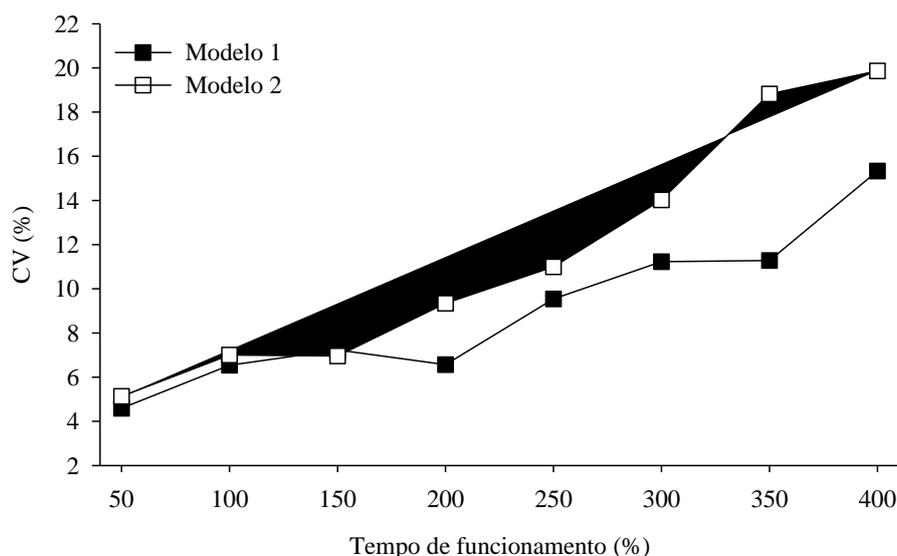


Figura 3. Coeficiente de variação de vazão dos gotejadores em função do tempo de funcionamento, que constitui todo o período de aplicação de água.

Os coeficientes de uniformidade ao longo do tempo tenderam a se distanciar um do outro apresentando resultados cada vez mais dissipados, tal fato se mostrou como um inconveniente, por dificultar a avaliação da uniformidade e conseqüentemente na verificação da real condição do sistema, devido a interpretações de uniformidade distintas que ocorreram em função da escolha do coeficiente.

Ribeiro et al. (2012) avaliaram 22 gotejadores sobre condições extremas para o uso de sistema de irrigação por gotejamento e contataram que ocorreu maior suscetibilidade ao entupimento em razão do posicionamento do orifício dos gotejadores (para baixo), alguns gotejadores apresentaram valores de vazão após 288 horas de irrigação classificadas como inaceitáveis, mas de maneira geral, a

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

arquitetura interna dos gotejadores avaliados foi o fator determinante na

caracterização do processo de entupimento.

CONCLUSÕES

Os valores de CUC, CUE, CUD, CUA, UDH e CUH diminuem ao longo do período de operação enquanto que os valores de CVq crescem, conforme ocorre o aumento do tempo de funcionamento.

O CUA deve ser usado dentre os coeficientes como padrão para possíveis comparações e avaliações de desvios de uniformidade, além de servir de referência na tomada de decisão quando na presença de resultados dúbios de interpretação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ASABE EP 405. **Design and installation of microirrigation systems**. ASAE Standards, St. Joseph, p.900-905, 2003.

Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.2, p.336-345, 2007.

AZEVEDO, L. P.; SAAD, J. C. C. Uso de dois espaçamentos entre gotejadores na mesma linha lateral e seus efeitos sobre a formação do bulbo molhado no solo e parâmetros físicos de rabanete. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 148 - 167, abril-junho, 2012.

COELHO, R. D. **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. 2007. 192p. Livre-Docencia - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BATISTA, R. O. Desempenhos de sistemas de irrigação por gotejamento utilizado na aplicação de água residuária de suinocultura. Viçosa: DEA/UFV, 2007. 146f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - UFV, Viçosa.

HILLS, D. J.; TAJRISHY, M. A.; TCHOBANOGLIOUS, G. **The influence of filtration on ultraviolet disinfection of secondary effluent for microirrigation**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.43, n.6, p.1499-1505, 2000.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p. BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A. Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.5, p.739-746, 2010.

KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York: AVI Book, 1990, 652p.

CARARO, D. C.; BOTREL, T. A. Uso de cloração e ar comprimido no controle de entupimento de gotejadores ocasionado pela a aplicação de água residuária.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Centro de Pesquisa de Milho e Sorgo. -Brasília: EMBRAPA-SSI, 1994. p. 129-158.

VARIABILIDADE TEMPORAL DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE GOTEJAMENTO

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A; SCHISCHA, A; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, New York, v.13, p.129-139, 1992.

REIS, E. F.; POSSE, R. P.; BARROS, F. M.; LIMA, J. S. S.; PEZZOPANE, J. E. M. Uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação localizada no sul do Estado do Espírito Santo - ES. In: congresso brasileiro de engenharia agrícola, 31, 2002, Salvador. Anais... Salvador: UFBA/SBEA,2002.

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; PIEDADE, S. M. S. Eficiência da cloração da água de irrigação no tratamento de gotejadores com entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.382-389, 2000.

RIBEIRO, P. A. de A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidade de água. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.279-287, mar./abr. 2010.

RIBEIRO, P. A. de A.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; FRANCO, E. M.; SILVA, N. F. da; CARVALHO, L. C. C. de; ALVES, M. E. B. Gotejadores submetidos a condições críticas de qualidade da água. **Brazilian Journal of**

Irrigation and Drainage - IRRIGA, Botucatu, Ed. Especial, p. 368 - 379, 2012.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. S.; PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros utilizados na irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.450-456, 2005.

SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Embrapa: Informação Tecnológica, Brasília, 2011, 771p.

SOUSA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. L.; ALENCAR, C. M. Distribuição de fertilizantes em um sistema de fertirrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.7, n.1, p. 186-189, 2003.

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; CORDEIRO, E. A.; MUDRIK, A. S.; SIMÃO, F. R. Uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por gotejamento utilizado em cafeicultura irrigada. In: Simpósio brasileiro de pesquisa dos cafés do Brasil, 2., 2001, Vitória. Anais... Brasília: Embrapa Café, 2001. p. 679-685.

TEIXEIRA, M. B.; MELO, R. F. de; COELHO, R. D.; RETTORE NETO, O.; RIBEIRO, P. A. de A. Tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA**, Botucatu, v.13, n.2, p.235-248, 2008.