

UNIFORMIDADE DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL

IEDO PEROBA DE OLIVEIRA TEODORO¹, TIMOTEO HERCULINO DA SILVA BARROS², CARLOS ALBERTO QUILOANGO CHIMARRO³, LUIZ FERNANDO DA SILVA NASCIMENTO⁴, JULIA PATARO DE OLIVEIRA⁴, FERNANDO CAMPOS MENDONÇA⁵

¹Eng. Agrônomo, Mestrando em engenharia de sistemas agrícolas, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba/SP, iedopot06@usp.br

²Eng^a. Agrônomo, Doutor em engenharia de sistemas agrícolas, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba/SP.

³Eng. Agrônomo, Doutorando em engenharia de sistemas agrícolas, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba/SP.

⁴Graduando em Agronomia na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba/SP.

⁵Eng. Agrônomo, Prof. Assist. Doutor, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba/SP

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: A agricultura irrigada promove um maior crescimento e produtividade das culturas. Avaliar periodicamente a uniformidade da irrigação possibilita identificar a necessidade de manutenção e substituição de componentes do sistema. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar um sistema de gotejamento superficial implementado na cultura da cana-de-açúcar. O estudo foi realizado na área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", no sistema de gotejamento da estufa agrícola do departamento de biossistemas. Os dados coletados (288 amostras) foram submetidos aos indicadores de uniformidade de Christiansen (CUC), distribuição (CUD) e estatística (CUE). O coeficiente de variação (5,77%) caracteriza a precisão experimental como excelente, menor que 10%. Os resultados do teste de uniformidade revelaram coeficientes de 95.56, 95.78 e 94.23% para CUC, CUD, e CUE, respectivamente. O sistema de irrigação avaliado tem alto desempenho (excelente uniformidade), com baixa variação na intensidade de aplicação dos emissores, e os indicadores de uniformidade superiores a 94%.

PALAVRAS-CHAVE: água, desempenho, sustentabilidade

UNIFORMITY OF SURFACE DRIP IRRIGATION SYSTEMS

ABSTRACT: Irrigated agriculture promotes greater crop growth and productivity. Evaluating the uniformity of irrigation periodically makes it possible to identify the need for maintenance and replacement of system components. In this sense, the objective of this study was to evaluate a drip system implemented in sugarcane crops. The study was carried out in the experimental area of the "Luiz de Queiroz" School of Agriculture, the evaluated system corresponds to a drip tape with a nominal flow rate of 1.6 L h⁻¹, under a service pressure of 1 bar and a spacing of 0.2m between emitters and 0.5m between lines. The collected data (288 samples), getting flow rate in six emitter per time, were submitted to the following uniformity indicators: Christiansen's uniformity coefficient (CUC), distribution uniformity coefficient (CUD), statistical uniformity coefficient (CUE). The coefficient of variation (5.77%)

characterizes the experimental accuracy as excellent, less than 10%. Results from the uniformity test revealed coefficients of 95.56%, 95.78%, and 94.23% for CUC, CUD and CUE respectively. The evaluated irrigation system has high performance, with low variation in the intensity of application of the emitters, and uniformity indicators were higher than 94%.

KEYWORDS: water, performance, sustainability

INTRODUÇÃO: A irrigação localizada é caracterizada por baixa vazão, emissão de alta frequência e aplicação próxima ou dentro da zona radicular (Zaccaria; Bali., 2024). Essas características permitem maior uniformidade de aplicação. A uniformidade do sistema de irrigação é influenciada pelo dimensionamento, qualidade do material e falta de manutenção do sistema. A variação na pressão e vazão do sistema ocorre devido ao número de saídas laterais nos tubosemissores com maior suscetibilidade a entupimentos e obstrução dos elementos filtrantes (Neto et al., 2013). A desuniformidade do sistema introduz uma variação na lâmina hídrica, causando estresse hídrico na cultura (déficit ou excesso hídrico). Santos et al. (2019), avaliaram os efeitos da irrigação no cultivo da cana-de-açúcar e corroboram a variação na produção em função da lâmina de água aplicada. Atualmente, o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de distribuição (CUD) são os mais utilizados. Santos et al. (2022) avaliaram o desempenho de um sistema de gotejamento subterrâneo e obtiveram CUC de 96,96% e CUD de 98,74%, indicando que o sistema estava operando com excelente uniformidade, e indicam na conclusão que mesmo com os resultados obtidos o sistema deve ser avaliado periodicamente para continuar garantindo a uniformidade. Os sistemas de irrigação perdem eficiência e uniformidade, com deterioração, falta de manutenção e substituição de peças, sendo a avaliação da uniformidade a medida mais eficiente para identificar momentos de intervenção. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento superficial, instalado na cultura da cana-de-açúcar, em Piracicaba, São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS: O experimento foi instalado no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em caixas de cimento preenchidas com latossolo amarelo distrófico de textura franco-arenosa. A irrigação do experimento foi realizada com sistema de gotejamento, cujo emissor selecionado apresenta as seguintes características: emissor não compensante, vazão nominal de 1,6 L h⁻¹, sob pressão de serviço de 1 bar, pressão máxima suportada: 1,2 bar, espaçamento de 0,2 m e diâmetro interno de 16,2 mm. O sistema inclui linhas de sucção, recalque e principal, com tubo de mesmo diâmetro (Ø32 mm), no nível do solo com comprimentos de 2, 3 e 6m, respectivamente. As linhas secundárias e de derivação são compostas por mangueiras cegas de Ø16 mm, com comprimento de 14,7m para a secundária mais crítica e 0,8m para as linhas de derivação. As linhas laterais são constituídas por fitas gotejadoras de Ø16 mm e 1,2 m de comprimento. O sistema foi pressurizado por um motor-bomba de 0,5 cv com vazão máxima de 4 L min⁻¹. Para o teste de uniformidade, foram distribuídos três coletores por linha lateral, nos quais foram selecionados o primeiro, terceiro e sexto emissores. A coleta foi realizada em seis emissores simultaneamente (duas linhas laterais por vez) durante três minutos de operação do sistema de irrigação pressurizado, totalizando 288 amostras. Os dados coletados foram transformados em lâmina de irrigação (mm), calculada a intensidade de aplicação e, em seguida, calculados os seguintes indicadores de uniformidade: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade estatística (CUE) (Mantovani, 2001; Keller e Karmeli, 1975; Wilcox e Swailes,

1947). O coeficiente de variação, conforme descrito por Ferreira (2018), foi empregado para avaliar a precisão do experimento. Os cálculos e a representação gráfica foram realizados utilizando a plataforma Jupyter Notebook®, implementado em Python, utilizando as bibliotecas Pandas, NumPy e matplotlib.pyplot.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A vazão dos emissores (Figura 1 A) variou de 1,10 a 1,74 L h⁻¹, com média de 1,57 L h⁻¹ ($\pm 0,09$ L h⁻¹) e primeiro quartil de 1,5 L h⁻¹, representando apenas um desvio de 1,91% da vazão nominal. A intensidade de aplicação (Figura 1 B) atingiu valores máximos, mínimos e médios de 17,4, 11,0 e 15,66 mm h⁻¹, respectivamente, com desvio padrão de 0,90 mm h⁻¹ e coeficiente de variação de 5,77%.

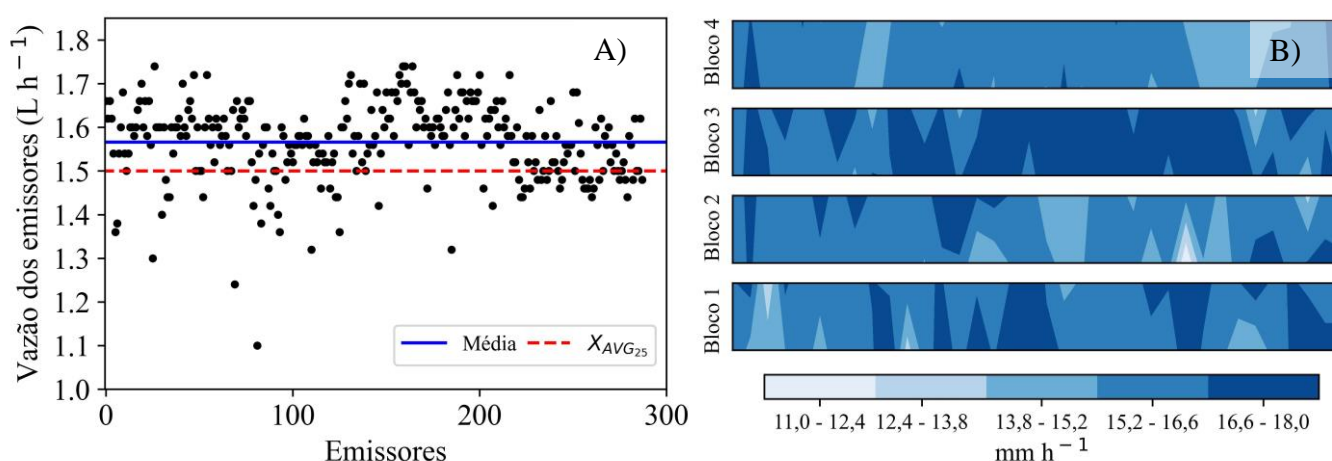


FIGURA 1. Variação da vazão dos emissores (A) e intensidade de aplicação (B) do sistema de gotejamento avaliado.

Os indicadores de uniformidade (Tabela 1) variaram de 94,23 a 95,78. Todos os coeficientes de uniformidade classificam o sistema como excelente uniformidade (Mantovani, 2001; Keller e Karmeli, 1975; Wilcox e Swailes, 1947).

TABELA 1. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) e Coeficiente de Variação (CV), relacionado com a Classificação da Uniformidade do Sistema de Irrigação.

	CUD	CUC	CUE	CV
Coeficientes	95,78	95,56	94,23	5,77
Classificação	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Os valores dos coeficientes de uniformidade para sistemas de gotejamento superficial devem ser superiores a 90%, caso contrário haverá perdas devido à percolação profunda e maiores custos operacionais (Mantovani, 2001). A não uniformidade causa variabilidade no crescimento e produtividade da cultura, tendo em vista que a água é fundamental no processo de disponibilidade de nutrientes para as plantas (Camargo, 2016). Uma alternativa para contornar o entupimento dos emissores é a micro-aeração, que aumenta a colônia de bactérias que purificam a água e reduzem o entupimento dos gotejadores (Li et al., 2023).

CONCLUSÃO: O sistema de irrigação avaliado apresenta alto desempenho, com baixa variação na intensidade de aplicação dos emissores, e os indicadores de uniformidade superiores a 94%.

AGRADECIMENTOS: A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de mestrado, a empresa Santa Clara Agrociência pela parceira no experimento e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. À Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ),

REFERÊNCIAS: Camargo, D.C. Avaliação de equipamentos de irrigação. Fortaleza: INOVAGRI/IFCE. 39p. 2016.

FERREIRA, P. V. (2018). Estatística experimental aplicada às ciências agrárias. Viçosa: UFV.

FRIZZONE, J. A., FREITAS, P. S. L. D., REZENDE, R., FARIA, M. A. D. (2012). Microirrigação: gotejamento e microaspersão.

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

LI, H., LI, P., LI, J., JIANG, Y.; HUANG, X. Influence of micro/nano aeration on the diversity of the microbial community in drip irrigation to reduce emitter clogging. *Biosystems Engineering*, 235, 116-130, 2023.

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

NETO, J. D., AZEVEDO, C. A. V., SILVA, L. F. D., SILVA, P. F., SANTOS, C. S. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em áreas de pequenos produtores do semiárido paraibano. *Enciclopédia Biosfera*, 9(16). 2013.

SANTOS, J. W. F., REIS, L. S., DIAS, M. D. S., DOS SANTOS, R. H. S., DA SILVA, F. D. A.; OLIVEIRA SANTOS, J. P. Efficiency and uniformity of an subsurface drip irrigation system in sugarcane crop. *revista de agricultura neotropical*, 9(1), e6829-e6829. 2022.

SANTOS, L. C., COELHO, R. D., BARBOSA, F. S., LEAL, D. P., JÚNIOR, E. F. F., BARROS, T. H., LIZCANO J. V., RIBEIRO, N. L. Influence of deficit irrigation on accumulation and partitioning of sugarcane biomass under drip irrigation in commercial varieties. *Agricultural Water Management*, 221, 322-333. 2019.

WANG, Y., PUIG-BARGUÉS, J., MA, C., XIAO, Y., MAITUSONG, M., LI, Y. Influence and selection of nitrogen and phosphorus compound fertilizers on emitter clogging using brackish water in drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 291, 108644. 2024.

WILCOX, J.C., SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. *Scientific Agriculture*, 27(11), 565-583, 1947. DOI: <https://doi.org/10.4141/sa1947-006>.

ZACCARIA, D., BALI, K. M. Surface drip irrigation. In *Microirrigation for Crop Production*. Elsevier Science. (pp. 215-255). 2024