

COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

**FRANCISCO LEONARDO SOUSA LOPES¹, LAÉRCIO DA SILVA PEREIRA²,
JOÃO CARLOS CURY SAAD³, CARLOS JOSÉ GONÇALVES DE SOUZA LIMA⁴,
THEULDES OLDENRIQUE DA SILVA SANTOS⁵, VALBER MENDES FERREIRA⁶**

¹ Graduando em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Piauí (UFPI), leofrancis02@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Doutor em Agronomia: Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Rural, FCA/Unesp, Botucatu - SP.

³ Eng. Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Rural, FCA/Unesp, Botucatu - SP.

⁴ Eng. Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Agrícola e Solos, CCA/UFPI, Teresina - PI.

⁵ Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia, CTT/UFPI, Teresina - PI.

⁶ Eng. Agrônomo, Doutor em Agronomia: Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Agrícola e Solos, CCA/UFPI, Teresina - PI.

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

RESUMO: A avaliação do desempenho dos sistemas de irrigação é de grande importância pois permite conhecer as condições reais de funcionamento dos sistemas nas áreas irrigadas. Com este estudo, objetivou-se avaliar a uniformidade e a eficiência de aplicação de água de um sistema de irrigação por gotejamento instalado em cultivo de abacaxizeiro. As linhas laterais do sistema de irrigação eram fitas gotejadoras de diâmetro nominal 16 mm, com emissores espaçados a 0,40 m, vazão 1,5 L h⁻¹ e pressão de serviço de 1,0 bar. Foram determinados os valores das vazões máxima (q_{max}), mínima (q_{min}) e média (q_{med}). O sistema de irrigação foi avaliado com base nos valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), Uniformidade Estática (CUE), Uniformidade de Distribuição (CUD), Uniformidade de Hart (CUH), Eficiência Padrão da HSPA (UDH), Coeficiente de Uniformidade (CU) e na eficiência de aplicação de água (EF). O sistema de irrigação apresentou valores de q_{max} , q_{min} e q_{med} de 1,60; 1,43 e 1,28 L h⁻¹, respectivamente. Os valores de CUC, CUE, CUD, CUH, UDH, CU e EF foram, respectivamente, 93,72; 93,42; 92,96; 94,75; 91,64; 97,57 e 87,81%, indicando boas condições operacionais do sistema de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação localizada, desempenho de sistemas de irrigação

COEFFICIENTS OF UNIFORMITY AND EFFICIENCY OF WATER APPLICATION IN DRIP IRRIGATION SYSTEM

ABSTRACT: Evaluating the performance of irrigation systems is of great importance as it allows us to understand the real operating conditions of the systems in irrigated areas. This study aimed to evaluate the uniformity and efficiency of water application from a drip irrigation system installed in pineapple cultivation. The drip lines of the irrigation system were drip tapes with a nominal diameter of 16 mm, with emitters spaced 0.40 m apart, flow rate 1.5 L h⁻¹ and operating pressure of 1.0 bar. The maximum (q_{max}), minimum (q_{min}) and average (q_{med}) flow rate values were determined. The irrigation system was evaluated based on the values of Christiansen Uniformity Coefficients (CUC), Static Uniformity (CUE), Distribution Uniformity (CUD), Hart Uniformity (CUH), HSPA Standard Efficiency (UDH), Coefficient of Uniformity (CU) and water application efficiency (EF). The irrigation system

presented q_{max} , q_{min} and q_{med} values of 1.60; 1.43 and 1.28 L h⁻¹, respectively. The values of CUC, CUE, CUD, CUH, UDH, CU and EF were, respectively, 93.72; 93.42; 92.96; 94.75; 91.64; 97.57 and 87.81%, indicating good operational conditions of the irrigation system.

KEYWORDS: localized irrigation, performance of irrigation systems

INTRODUÇÃO: A irrigação é crucial para aumentar o rendimento das culturas agrícolas e o lucro das áreas irrigadas. A aplicação da lâmina de irrigação requerida pelas culturas pode ser efetuada por métodos de irrigação por superfície, subsuperfície, aspersão e localizada. A escolha do método e, conseqüentemente, do sistema de irrigação depende de vários fatores como o tipo de cultura, clima, disponibilidade e qualidade da água, energia elétrica e da topografia do terreno (FRIZZONE et al., 2012). O sistema de irrigação localizado por gotejamento caracteriza-se pela alta eficiência de aplicação de água (85% a 95%). Neste sistema, a lâmina de irrigação é aplicada na região próxima do sistema radicular das plantas em pequenas vazões e alta frequência, podendo formar um “bulbo úmido” ou uma “faixa molhada” no solo (BISCARO, 2014). Contudo, é comum que este sistema apresente problemas de obstruções de emissores causadas por partícula sólidas e orgânicas. Além disso, variações no processo de fabricação de emissores, características dos emissores e o tempo de uso, também contribuem para uma redução expressiva da uniformidade de aplicação de água. Assim, a avaliação da uniformidade e da eficiência de aplicação de água pelos sistemas de irrigação por gotejamento é crucial para identificar problemas relacionados à obstrução de emissores e de dimensionamento hidráulico (SANTOS et al., 2015). Portanto, acreditamos que a diminuição da eficiência de aplicação de água pode ocasionar reduções significativas na produtividade e perdas de natureza econômica em áreas irrigadas. Objetivou-se avaliar a uniformidade e a eficiência de aplicação de água de um sistema de irrigação localizada por gotejamento em área cultivada com abacaxizeiro.

MATERIAL E MÉTODOS: O sistema de irrigação foi instalado em uma área de 250 m² cultivada com abacaxizeiro no Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (05°02'39,95" S; 42°47'03,70" O e altitude 77 m) da Universidade Federal do Piauí, localizado na cidade de Teresina – PI. A rede hidráulica do sistema era composta por uma linha de derivação de 50 mm de diâmetro nominal (DN) e as linhas laterais eram fitas gotejadoras de 62 m de comprimento de DN 16 mm. Os emissores das fitas gotejadoras eram espaçados a cada 0,40 m, com vazão do emissor especificada pelo fabricante 1,5 L h⁻¹, operando em uma pressão de serviço de 1,0 bar. A cultura do abacaxizeiro era cultivada no espaçamento 0,9 x 0,4 x 0,4 m, com dois emissores por planta. Para a avaliação da uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação foi utilizado a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), que consiste na avaliação da 1ª lateral, lateral a 1/3, lateral a 2/3 e a última lateral. Nas laterais selecionadas foram avaliados o 1º gotejador, gotejador a 1/3, a 2/3 e o último gotejador. Foram inseridos coletores abaixo dos emissores selecionados e coletou-se o volume de água durante três minutos em três repetições. Foram determinados os valores das vazões máxima (q_{max}), mínima (q_{min}) e média (q_{med}) e os coeficientes abaixo:

i) Coeficiente de Uniformidade de Christiansen em % (CHRISTIANSEN, 1942):

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

ii) Coeficiente de Uniformidade Estático em % (WILCOX & SWAILES, 1947):

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

iii) Coeficiente de Uniformidade de Distribuição em % (CRIDDLE et al., 1956):

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

iv) Coeficiente de Uniformidade de Hart em %, (HART, 1961):

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

v) Eficiência padrão da HSPA em % (HART, 1961):

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

vi) Coeficiente de Uniformidade em % (KELLER & KARMELI (1975):

$$CU = 100. \left(1 - 1,27. \frac{CVf}{\sqrt{e}}\right). \frac{qmin}{qm}$$

Em que: n- número de emissores observados; Xi- vazão de cada emissor (L h⁻¹); \bar{X} - vazão média dos emissores (L h⁻¹); S- desvio-padrão dos dados de vazão (L h⁻¹); X_{25%} - média de 25% do total de emissores com as menores vazões (L h⁻¹). Para avaliação dos valores dos coeficientes de uniformidade utilizou-se as classificações descritas por ASAE (1996), Mantovani (2001) e Frizzone et al (2012). A eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (EF) foi determinada pela equação: EF = CU . RT, onde, CU é o coeficiente de uniformidade (%); e RT, é relação entre água transpirada e água aplicada à planta (decimal) (SAN JUAN, 1993). O valor de RT adotado foi 0,9.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na tabela 1 estão descritos os valores das vazões médias coletadas durante a avaliação. O sistema de irrigação apresentou valores de *qmax*, *qmin* e *qmed* de 1,6; 1,28 e 1,43 L h⁻¹, respectivamente. De modo geral, verificou-se que as médias das vazões ficaram próximas da *qmed* (1,5 L h⁻¹) especificada pelo fabricante.

TABELA 1. Médias das vazões (L h⁻¹) obtidas durante o teste de uniformidade do sistema de irrigação por gotejamento instalado em cultivo de abacaxizeiro, Teresina, PI, 2023.

Posições Emissor	Primeira	Lateral 1/3	Lateral 2/3	Última
	Linha lateral			
1º gotejador	1,36	1,40	1,40	1,44
1/3	1,36	1,32	1,40	1,32
2/3	1,28	1,60	1,50	1,52
Último	1,48	1,56	1,48	1,52

Os valores dos coeficientes CUC, CUE, CUD, CUH, UDH e CU foram superiores a 90% (Tabela 2), sendo classificados como sendo excelentes (ASAE, 1996; MANTOVANI, 2001; FRIZZONE et al., 2012). Esse resultado pode ser explicado pelo bom dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação e, ainda, pela ausência de obstruções de emissores causados por partículas minerais e orgânicas. Esses fatores são responsáveis pela diminuição

significativa dos valores dos coeficientes de uniformidade e da eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento (SANTOS et al., 2015). Quando comparados entre si, os coeficientes foram classificados em ordem decrescente, com as seguintes posições: CU, CUH, CUC, CUE, CUD e UDH (Tabela 2). Além disso, é importante destacar que o CU se destacou como sendo o maior coeficiente e, que o UDH apresentou o menor valor obtido. Apesar do menor valor de UDH 91,64%, este coeficiente foi classificado como sendo excelente conforme descrito por Frizzone et al. (2012) e Santos et al. (2014). O valor da EF (Tabela 2) está dentro da faixa considerada satisfatória para sistemas de irrigação localizada por gotejamento (FRIZZONE et al., 2012).

TABELA 2. Valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), estático (CUE), distribuição (CUD), Hart (CUH), Eficiência padrão da HSPA (UDH), Coeficiente de uniformidade (CU) e eficiência do sistema de irrigação em cultivo de abacaxi, Teresina, PI, 2023.

Coeficientes de uniformidade e eficiência de aplicação (%)						
CUC	CUE	CUD	CUH	UDH	CU	EF
93,72	93,42	92,96	94,75	91,64	97,57	87,81

CONCLUSÕES: Os valores dos coeficientes de uniformidade de aplicação de água do sistema e a eficiência de aplicação indicaram que o sistema está operando em ótimas condições.

REFERÊNCIAS: ASAE - American Society of Agricultural Engineers (1996). Standard engineering practices data: EP458. **Field evaluation of microirrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 972-797.

BISCARO, G.A. (Organizador), GOMES P.E., GEISENHOFF, L. O., CRUZ, L.R., OLIVEIRA, C.A. **Sistema de Irrigação Localizada**. 1. ed. Dourados: UFGD., 256p. 2014.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley, University of California: Agricultural Experiment Station, 1942, 124 p. (Bulletin, 670).

CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Soil Conservation Service (USDA), Agricultural Handbook, Washington DC. 82, 1956, 24p.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.D.; REZENDE, R.; FARIA, M.D. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012.

HART, W. E. **Overhead irrigation pattern parameters**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.42, n.7, p.354-355, 1961.

KELLER, J.; KARMELI, D. 1975. **Trickleirrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975, 133p.

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

SAN JUAN, J. A. M. **Riego por goteo: teoría y práctica**. 3ª ed, revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa, Castelló, 1993. p.86-87.

SANTOS, C. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, P. F.; ALVES, É. D. S.; SANTOS, M. A. L. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 8, n. 3, p. 4, 2013.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. **Scientific Agricultural**, v.27, p.565-583, 1947.