

COMPARAÇÃO DE EQUAÇÕES QUE ESTIMAM A UNIFORMIDADE PARA SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA CONSIDERANDO O CONCEITO DE ÁREA ADEQUADAMENTE IRRIGADA

F. F. da CUNHA¹; J. A. R. de SOUZA¹; M. R. VICENTE¹; C. A. B. de ALENCAR¹; R. C. G. da SILVA¹; M. M. RAMOS²; R. O. BATISTA¹

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho verificar quais equações que calculam a uniformidade de aplicação de água que estão relacionadas ao conceito de área adequadamente irrigada (AAI), para sistemas de irrigação por aspersão. Os sistemas de irrigação analisados foram microaspersão e gotejamento. Para cada sistema, avaliou-se 20 equipamentos por meio do teste de uniformidade de distribuição de água. As equações utilizadas foram: coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), distribuição (CUD), absoluto (CUA), estatístico (CUE), Hart (CUH), Benami e Hore (CUBH) e eficiência padrão da HSPA (UDH). Em cada avaliação, a AAI foi obtida para gerar o coeficiente de regressão da reta. Com exceção do CUBH, todas as demais equações apresentaram relação com o conceito de AAI.

PALAVRAS-CHAVE: microaspersão, gotejamento, coeficiente de uniformidade.

COMPARISON OF EQUATIONS THAT ESTEEM THE UNIFORMITY FOR SYSTEM OF TRICKLE IRRIGATION CONSIDERING THE CONCEPT OF AREA BEING ADEQUATELY IRRIGATED

SUMMARY: The present work aimed to verify which equations that calculate the uniformity of water application that they are related to the concept of area being adequately irrigated (ABAI), for systems the trickle irrigation. The analyzed irrigation systems were: sprinkler, central pivot with originators type lepa, central pivot with conventional originators. For each system, it was evaluated 20 equipments by means of the test of uniformity of water distribution. The used equations were: coefficients of uniformity of Christiansen (CUC), distribution (CUD), absolute (CUA), statistical (CUE), Hart (CUH), Benami and Hore (CUBH) and standard of HSPA efficiency (UDH). In each evaluation, ABAI was obtained to generate the coefficient of regression of the straight line. Except for CUBH, all the other equations presented relationship with the concept of ABAI.

KEYWORDS: microsprinkler, dripping irrigation, uniformity coefficient.

¹ Pós-Graduando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa-MG, E-mail: cunhaff@yahoo.com.br; jarstec@yahoo.com.br; marcelo@irriga.com.br; c.brasileiro@yahoo.com.br; rodrigocharnet@hotmail.com; eng.batista@gmail.com

² D.S., Professor, DEA/UFV, Viçosa-MG, E-mail: mmramos@ufv.br

INTRODUÇÃO

No final do século passado, percebeu-se com maior intensidade a escassez de água e energia elétrica em algumas regiões do Brasil. A irrigação por ser vista como uma atividade que consome os recursos hídricos tornou-se a maior responsável pela falta de água e energia elétrica. Porém essa mesma técnica possui um papel importante na falta de alimentos, que é outro problema existente não somente no País, mas em todo o mundo. Diante disso a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada.

O desempenho de qualquer método de irrigação pode ser medido, utilizando parâmetros de uniformidade e de eficiência da água aplicada pelo sistema de irrigação. A uniformidade expressa a variabilidade espacial da água aplicada e os dois índices de eficiência refletem o percentual da área adequadamente irrigada e a eficiência alcançada na aplicação da água

Muitos coeficientes são usados para expressar a variabilidade de distribuição da água aplicada por um sistema de irrigação. O primeiro deles foi proposto por CHRISTIANSEN (1942) e adota o desvio médio absoluto como medida de dispersão (CUC). CRIDDLE et al. (1956) introduziram outra medida da uniformidade, considerando a razão entre a média do menor quartil e a lâmina média coletada (CUD). KARMELI & KELLER (1975) propuseram uma medida de uniformidade que inclui as razões das vazões máxima e mínima dos emissores com a média (CUA). WILCOX & SWAILES (1947) propuseram um coeficiente de uniformidade utilizando o desvio-padrão como medida de dispersão, para o qual se aceitam valores acima de 75% (CUE). Já HART (1961) propôs um coeficiente de uniformidade usando também o desvio-padrão como medida de dispersão (CUH). Quando a lâmina de água aplicada pelos aspersores tem distribuição normal, tem-se que CUC é igual a CUH. O último autor propôs, ainda, outro coeficiente para representar a uniformidade de distribuição da água conhecido como eficiência padrão da HSPA (UDH) sendo que, quando a lâmina de irrigação aplicada tem distribuição normal, o CUD é igual a UDH. BENAMI & HORE (1964) propuseram uma medida de uniformidade que inclui a razão da média de grupos com vazões superiores e inferiores a média coletada (CUBH).

Apesar da existência de várias equações para obtenção da uniformidade dos sistemas de irrigação, não existe estudo que relacione esses distintos coeficientes com o conceito de área adequadamente irrigada. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar quais equações que calculam a uniformidade de aplicação de água, estão relacionadas ao conceito de área adequadamente irrigada, para sistemas de irrigação localizada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os sistemas de irrigação avaliados foram microaspersão e gotejamento. Para cada sistema, avaliou-se 20 equipamentos por meio do teste de uniformidade de distribuição da água. Para esse teste, foram selecionadas no mesmo setor de irrigação, 4 linhas e em cada linha 4 microaspersores ou gotejadores, totalizando em 16 pontos amostrados.

Os volumes coletados nas avaliações foram convertidos em vazão, dividindo o volume coletado pelo tempo do teste. O tempo de cada teste foi maior ou igual a metade do tempo em que o sistema de irrigação funcionava durante as irrigações praticadas pelos irrigantes.

De posse aos dados coletados, calculou-se a uniformidade de aplicação de água por meio dos coeficientes de uniformidade CUC, CUD, CUA, CUE, CUH, UDH e CUBH pelas Equações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente.

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

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

$$CUA = 50 \left[\frac{X_{25\%}}{\bar{X}} + \frac{\bar{X}}{X_{12,5\%}} \right] \quad (3)$$

$$CUE = 100 \left[1 - \frac{S}{\bar{X}} \right] \quad (4)$$

$$CUH = 100 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(\frac{S}{\bar{X}} \right)} \right\} \quad (5)$$

$$UDH = 100 \left(1 - 1,27 \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (6)$$

$$CUBH = 166 \frac{N_A}{N_B} \left[\frac{2 T_B + D_B M_B}{2 T_A + D_A M_A} \right] \quad (7)$$

em que, CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, em %; CUA é o coeficiente de uniformidade absoluto, em %; CUE é o coeficiente de uniformidade estatístico, em %; CUH é o coeficiente de uniformidade de Hart, em %; UDH é a eficiência padrão da HSPA, em %; CUBH é o coeficiente de uniformidade de Benami e Hore, em %; X_i a precipitação observada nos coletores, em mm; \bar{X} a média das precipitações, em mm; n o número de coletores; $X_{25\%}$ a média de 25% do total de coletores, com as menores precipitações, em mm; $X_{12,5\%}$ a média de 12,5% do total de coletores, com as maiores precipitações, em mm; S o desvio-padrão dos dados de

precipitação, em mm; M_A a média do grupo de dados de precipitação acima da média geral, em mm; M_B a média do grupo de dados de precipitação abaixo da média geral, em mm; D_A a diferença entre o número de dados de precipitação abaixo e acima de M_A , em decimal; D_B a diferença entre o número de dados de precipitação abaixo e acima de M_B , em decimal; N_A o número de dados de precipitação acima da média geral, em decimal; N_B o número de dados de precipitação abaixo da média geral, em decimal; T_A a soma dos dados de precipitação acima de M_A , em mm; e T_B a soma dos dados de precipitação abaixo de M_B , em mm.

A obtenção da área adequadamente irrigada (AAI) para cada avaliação foi de acordo com KELLER & BLIESNER (1990). Observa-se na Figura 1 que no eixo das abscissas estão os valores de área acumulada e nas ordenadas a relação entre a lâmina coletada e lâmina média. Quanto menor for a uniformidade de aplicação de água, maior será a inclinação da reta ajustada, pois maior quantidade de área a esquerda da figura receberá maior lâmina de irrigação e maior quantidade de área a direita da figura receberá menor lâmina de irrigação. O aumento da inclinação da reta resulta num maior coeficiente de regressão da reta (β_1), em módulo. Diante disso, a equação que melhor representa a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação será aquela que com o aumento do coeficiente de regressão, em módulo, dada pelo gráfico da AAI, implicará num menor coeficiente de uniformidade de aplicação de água.

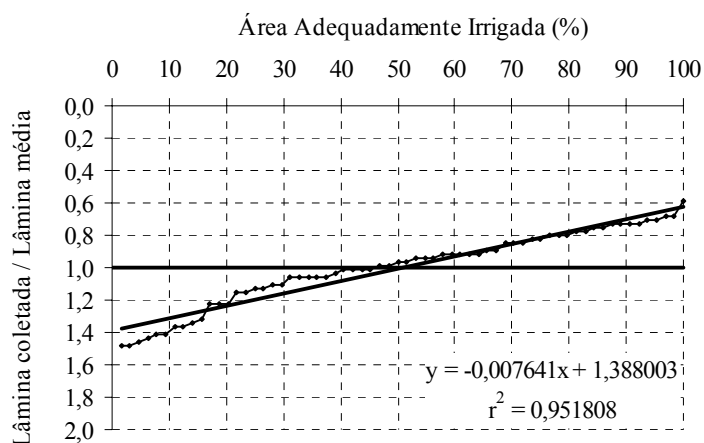


Figura 1 – Relação da lâmina coletada e média, e ordenada de forma decrescente, em função da fração acumulada de área irrigada.

Em cada teste de avaliação da uniformidade de aplicação de água, foi obtido o valor de uniformidade pelas sete equações avaliadas no trabalho e o gráfico da AAI e ajustado uma regressão linear de 1º grau. De posse desses valores, para cada sistema de irrigação e equação avaliada, plotou-se na abscissa os valores do coeficiente de regressão β_1 e nas ordenadas os valores de uniformidade.

Esses dados foram submetidos às análises de regressão. A escolha da equação que melhor combina o valor da uniformidade de aplicação de água com a AAI foi baseada na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t e no coeficiente de determinação (r^2). Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico SAEG 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Regressões e coeficientes de determinação (r^2) de coeficientes de uniformidade (em %), em função dos coeficientes de regressão (ICrI) retirados do gráfico da AAI, em módulo (em decimal), para diferentes sistemas de irrigação localizada

Sistema de Irrigação	Equação de Regressão	r^2
Microaspersão	CUC = 101,59 - 2559,78** ICrI	0,986
	CUD = 100,10 - 4.319,05** ICrI	0,972
	CUA = 95,01 - 3.031,48** ICrI	0,985
	CUE = 97,93 - 3.073,93** ICrI	0,988
	CUH = 78,83 - 2.164,80** ICrI	0,941
	UDH = 97,37 - 3.903,89** ICrI	0,987
	CUBH = 158,48 - 5.482,26* ICrI	0,550
Gotejamento	CUC = 101,00 - 2.590,81** ICrI	0,996
	CUD = 97,04 - 3.784,81** ICrI	0,979
	CUA = 94,44 - 2.801,87** ICrI	0,986
	CUE = 98,69 - 2.917,23** ICrI	0,998
	CUH = 78,51 - 2.003,12** ICrI	0,975
	UDH = 98,34 - 3.704,88** ICrI	0,997
	CUBH = 191,00 - 7.460,88* ICrI	0,785

** $p < 0,001$; * $p < 0,01$

No sistema de irrigação por microaspersão, apenas o CUBH (coeficiente de uniformidade de Benami e Hore) apresentou coeficiente de regressão acima de 0,1% de probabilidade e r^2 menor que 90%. As demais equações apresentaram coeficiente de regressão inferior a 0,1% de probabilidade e r^2 acima de 90%. Baseando nos valores de r^2 , as melhores equações que calculam a uniformidade de aplicação de água relacionado ao coeficiente de regressão retirado do gráfico da área adequadamente irrigada (AAI), em ordem decrescente para o sistema de irrigação por microaspersão foram: CUE (coeficiente de uniformidade estatístico), UDH (eficiência padrão da HSPA), CUC (coeficiente de uniformidade de Christiansen), CUA (coeficiente de uniformidade absoluto), CUD (coeficiente de uniformidade de distribuição) e CUH (coeficiente de uniformidade de Hart. Da mesma forma

do sistema de irrigação por microaspersão, no sistema de irrigação por gotejamento, apenas o CUBH apresentou o coeficiente de regressão acima de 0,1% de probabilidade e r^2 menor que 90%. As demais equações apresentaram significância do coeficiente de regressão abaixo de 0,1% de probabilidade e r^2 maior que 90%. Baseando nos valores de r^2 , as melhores equações que calculam a uniformidade de aplicação de água relacionado ao coeficiente de regressão retirado do gráfico da AAI em ordem decrescente foram: CUE, UDH, CUC, CUA, CUD e CUH. Nota-se que a seqüência de equações encontrada para gotejamento foi a mesma que o outro sistema de irrigação localizada. A semelhança encontrada entre os valores de uniformidade calculados pelo CUD, CUH e UDH para ambos os sistemas de irrigação localizada, foi devido os testes apresentaram distribuição normal, pois de acordo com HART (1961), essa condição faz essas três equações se igualarem.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que exceto o coeficiente de uniformidade de Benami e Hore, todas as demais equações para estimarem a uniformidade de aplicação de água estão relacionadas ao conceito de área adequadamente irrigada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENAMI, A.; HORE, F. R. A new irrigation-sprinkler distribution coefficient. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 7, n. 2, p. 157-158, 1964.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. **Methods for Evaluating Irrigation Systems**. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p. Agricultural Handbook, 82.
- HART, W. E. Overhead irrigation pattern parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 7, p. 354-355, 1961.
- KARMELI, D.; KELLER, J. **Trickle Irrigation Design**. Glendora: Rain Bird Manufacturing Corporation, 1975. 132p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York: AVI Book, 1990. 652p.
- WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v. 27, n. 11, p. 565-583, 1947.