

UTILIZAÇÃO DA ÁREA ADEQUADAMENTE IRRIGADA PARA COMPARAR A UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA CALCULADA POR DIFERENTES EQUAÇÕES EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

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

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo 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: aspersão convencional, pivô central com emissores tipo lepa, pivô central com emissores convencionais. 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. Todas as equações apresentaram relação com o conceito de área adequadamente irrigada, exceto o CUBH.

PALAVRAS-CHAVE: aspersão convencional, pivô central, coeficiente de uniformidade.

USE OF THE AREA BEING ADEQUATELY IRRIGATED TO COMPARE THE UNIFORMITY OF WATER APPLICATION OF CALCULATED FOR DIFFERENT EQUATIONS IN SYSTEMS OF IRRIGATION FOR SPRINKLER

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 irrigation systems for sprinkler. 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. All the equations presented relationship with the concept of ABAI, except CUBH.

KEYWORDS: sprinkler, central pivot, 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; eng.batista@gmail.com; rodrigocharnet@hotmail.com; c.brasileiro@yahoo.com.br

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

INTRODUÇÃO

O investimento em agricultura irrigada é fundamental para que o Brasil continue a aumentar sua produção, gerando empregos e excedentes exportáveis. A agricultura irrigada trouxe para atividade agrícola o pensamento das grandes empresas, cujos segmentos de produção necessitam de controles adequados para não haver frustração na safra. Diante disso a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada. Por melhor que seja o sistema de irrigação, a distribuição da água aplicada jamais será plenamente uniforme, e a mensuração dessa variabilidade é fundamental na avaliação do desempenho da irrigação (SILVA et al., 2004).

O desempenho de qualquer método de irrigação pode ser medido, utilizando parâmetros de uniformidade e de eficiência da água aplicada pelo sistema de irrigação. Um desses parâmetros utilizados é a área adequadamente irrigada, que é a porcentagem da área que durante uma irrigação, recebe uma lâmina d'água igual ou superior a lâmina real necessária (KELLER & BLIESNER, 1990). Quanto as equações para obtenção da uniformidade dos sistemas de irrigação, existem muitos coeficientes e apesar disso, 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 por aspersão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os sistemas de irrigação avaliados foram: aspersão convencional, pivô central equipado com emissores lepa e pivô central equipado com emissores convencional. Para cada sistema, avaliou-se 20 equipamentos por meio do teste de uniformidade de distribuição da água.

Para a determinação da uniformidade de distribuição de água dos sistemas de irrigação, foi utilizado o kit de uniformidade, que é constituído de pluviômetros, hastes e proveta graduada. No sistema de irrigação por aspersão, a área entre os aspersores foi dividida em subáreas retangulares de dimensões de 9 m². Os coletores foram colocados no centro de cada subárea, sendo que o volume coletado representou a precipitação em cada subárea. Nos sistemas de irrigação por pivô central, foram instaladas duas malhas de coletores distanciadas com ângulo de 3°, sendo que na mesma malha de coletores, os pluviômetros ficaram espaçados em 3 m.

Os volumes coletados nos pluviômetros foram convertidos em lâminas d'água, dividindo o volume coletado pela área de abrangência do coletor. A evaporação de água foi quantificada por um pluviômetro de volume inicial conhecido, sendo que, no final dos testes,

foi feita a leitura no mesmo pluviômetro, em que a diferença correspondeu à evaporação durante a realização dos testes. Esta diferença foi acrescida à leitura dos pluviômetros. No sistema de irrigação por aspersão, o tempo dos testes foi maior ou igual a metade do tempo em que o sistema funcionava durante as irrigações praticadas. Para os sistemas de irrigação por pivô central, o tempo de coleta foi aquele gasto para que o pivô juntamente com o jato dos emissores passasse sobre o pluviômetro.

De posse aos dados coletados, calculou-se a uniformidade de aplicação de água por meio dos coeficientes de uniformidade CUC (CHRISTIANSEN, 1942), CUD (CRIDDLE et al., 1956), CUA (KARMELI & KELLER, 1975), CUE (WILCOX & SWAILES, 1947), CUH (HART, 1961), UDH (HART, 1961) e CUBH (BENAMI & HORE, 1964).

Para o sistema de irrigação por pivô central, foi utilizado a metodologia de ponderação segundo BERNARDO et al. (2006). Uma vez que cada coletor representa uma área maior, à medida que se afasta do centro do pivô, têm-se que ponderar os valores coletados. O fator de ponderação foi o número de ordem do coletor.

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.

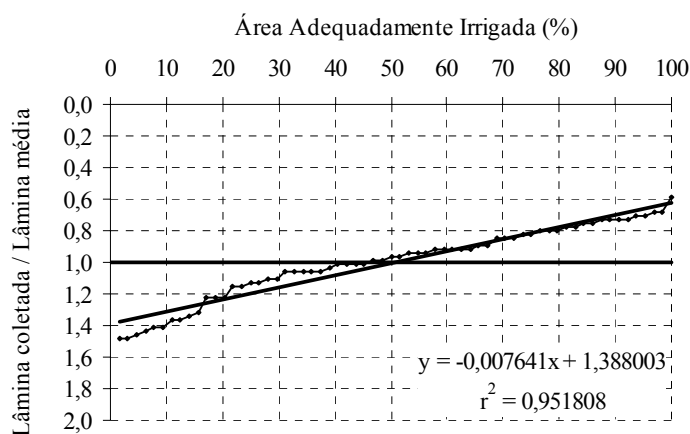


Figura 1 – Relação da lâmina coletada e média, e ordenada de forma decrescente, em função da fração acumulada de área irrigada.

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. No sistema de irrigação por aspersão convencional, com exceção do coeficiente de uniformidade de Benami e Hore (CUBH), todos os modelos ajustados tiveram seus coeficientes de regressão abaixo de 0,1% de probabilidade. Observou-se também que apenas o CUBH apresentou coeficiente de determinação (r^2) menor que 90%. As demais equações avaliadas que calculam a uniformidade de aplicação de água ficaram com r^2 acima de 90%, mostrando que com a redução da uniformidade, há um aumento do coeficiente de regressão, em módulo, retirado do gráfico da área adequadamente irrigada (AAI). 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: coeficiente de uniformidade absoluto (CUA), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), eficiência padrão da HSPA (UDH), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de uniformidade de Hart (CUH), respectivamente.

No sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores lepa, apenas o CUBH apresentou o coeficiente de regressão acima de 0,1% de probabilidade e r^2 menor que 90%. As demais equações avaliadas 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 AAI, em ordem decrescente para o sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores lepa foram: CUC, CUA, CUD, CUE, UDH e CUH.

No sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores convencional, apenas o CUBH apresentou o coeficiente de regressão acima de 0,1% de probabilidade e r^2 menor que 90%. As demais equações avaliadas 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 AAI, em ordem decrescente para o sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores lepa foram: CUA, CUC, CUE, UDH, CUD e CUH.

Em relação ao CUC e CUD, que são os coeficientes mais utilizados, diversos trabalhos mostram que o CUC proporciona maior valor de uniformidade em relação ao CUD (COSTA, 2006; ROCHA et al., 1999; REZENDE et al., 1998; entre outros). REZENDE (1992) afirma que o fato do CUD ser sempre menor que CUC é inerente às variáveis das equações utilizadas na determinação desses coeficientes, pois no cálculo de CUD consideram-se apenas 25% da área que recebeu menos água.

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 por aspersão

Sistema de Irrigação	Equação de Regressão	r^2
Irrigação Por Aspersão Convencional	CUC = 103,12 - 2.708,60* ICrI	0,967
	CUD = 99,49 - 3.817,63* ICrI	0,960
	CUA = 94,04 - 2.764,28* ICrI	0,985
	CUE = 101,21 - 2.992,73* ICrI	0,968
	CUH = 80,30 - 2.040,09* ICrI	0,945
	UDH = 101,53 - 3.800,76* ICrI	0,967
	CUBH = 140,54 - 5.029,82* ICrI	0,570
Pivô Central Equipado Com Emissores Tipo Lepa	CUC = 100,29 - 2.421,77* ICrI	0,998
	CUD = 97,19 - 2.941,80* ICrI	0,964
	CUA = 95,86 - 2.914,50* ICrI	0,988
	CUE = 100,46 - 3.337,09* ICrI	0,961
	CUH = 81,85 - 2.510,80* ICrI	0,953
	UDH = 100,59 - 4.238,11* ICrI	0,961
	CUBH = 162,54 - 8.005,13* ICrI	0,694
Pivô Central Equipado Com Emissores Convencionais	CUC = 100,94 - 2.501,64* ICrI	0,985
	CUD = 99,51 - 3.363,22* ICrI	0,970
	CUA = 94,31 - 2.772,75* ICrI	0,989
	CUE = 100,17 - 3.161,47* ICrI	0,982
	CUH = 80,01 - 2.230,56* ICrI	0,963
	UDH = 100,21 - 4.015,07* ICrI	0,982
	CUBH = 152,72 - 6.138,80* ICrI	0,563

* $p < 0,001$

CONCLUSÕES

Diante dos resultados, concluiu-se que exceto o coeficiente de uniformidade de Benami e Hore, todos os demais está relacionado 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.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2006. 625p.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- COSTA, M. B. **Avaliação da irrigação por pivô central na cultura do café (*Coffea canephora* L.) e na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no município de Pinheiros**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 88p. (Dissertação de Doutorado).
- 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.
- KARMEI, 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.
- REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L. Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 257-261, 1998.
- REZENDE, R. **Desempenho de um sistema de irrigação por pivô central quanto à uniformidade e eficiência de aplicação de água abaixo e acima da superfície do solo**. Piracicaba: ESALQ, 1992. 86p. (Dissertação de Mestrado).
- ROCHA, E. M. M.; COSTA, R. N. T.; MAPURUNGA, S. M. S.; CASTRO, P. T. Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 154-160, 1999.
- 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.