

DIFERENTES EQUAÇÕES PARA CÁLCULO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA: PIVÔ CENTRAL

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

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho comparar as equações que calculam a uniformidade de aplicação de água para sistemas de irrigação por aspersão. Os sistemas de irrigação foram pivôs centrais equipados com emissores lepa e convencional. Avaliou-se 20 equipamentos por meio do teste de uniformidade de distribuição de água. As equações utilizadas foram: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD), absoluto (CUA), estatístico (CUE), de Hart (CUH), de Benami e Hore (CUBH) e eficiência padrão da HSPA (UDH). Para análise estatística, considerou-se o CUC a equação padrão, em que as demais foram comparadas com auxílio do teste t para dados pareados. Exceto para CUBH, os valores de uniformidade calculados pelo CUC foram superiores aos calculados pelas demais equações estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicação precisa de baixo consumo de energia, CUC e CUD.

DIFFERENT EQUATIONS FOR CALCULATION OF THE UNIFORMITY OF WATER APPLICATION: CENTRAL PIVOT

SUMMARY: It was aimed in the present work to compare the equations that calculate the uniformity of water application for systems of sprinkler irrigation. The irrigation systems were central pivots equipped with issuing lepa and conventional. It was evaluated 20 equipments by means of the test of uniformity of water distribution. The used equations were: coefficient of uniformity of Christiansen (CU), of distribution (DU), absolute (UA), statistical (UE), of Hart (UH), of Benami and Hore (UBH) and standard of HSPA efficiency (DH). For statistical analysis, considered CU the equation pattern, in that the others were compared with aid of the test "t". The uniformity values calculated by CU didn't differ of the values calculated by UBH and they went largest to the calculated by the other studied equations.

KEYWORDS: Low energy precision application (LEPA), CU and DU.

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

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

INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas por aspersão, o pivô central vem sendo utilizado com relativo sucesso devido a menor demanda de mão-de-obra e possibilidade de redução no custo de energia elétrica com irrigações noturnas. Segundo RODRIGUES et al. (2001) a irrigação por pivô central expandiu de forma mais significativa nas regiões sudeste e centro-oeste do País, devido à alta uniformidade de distribuição da água quando bem dimensionado e com boa manutenção, fácil controle da lâmina d'água aplicada e possibilidade de fertirrigação e quimigação, além de se ter sempre livre as áreas para os tratos culturais.

No entanto segundo COSTA (2006), muitos problemas relacionados ao dimensionamento destes equipamentos, do seu sistema de bombeamento, bem como problemas ocasionados por falta de manutenção dos equipamentos, promovem a redução na uniformidade de distribuição de água às plantas.

A uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação é um parâmetro de grande importância a ser definido, pois a desuniformidade na lâmina de água aplicada sobre uma área conduz a resultados insatisfatórios, com redução da eficiência de aplicação de água e conseqüências no rendimento dos cultivos e nos custos com energia. Segundo COSTA (2006) a uniformidade de distribuição da água em sistemas de irrigação por pivô central é influenciada, principalmente, pelo tipo de perfil de distribuição do aspersor, pela relação entre a pressão e o diâmetro do bocal, pelo espaçamento entre aspersores, pela variação de pressão e o diâmetro do bocal, pelo espaçamento entre aspersores, pela variação de pressão no sistema e pela velocidade e direção do vento.

O objetivo do presente trabalho foi comparar os valores de uniformidade de aplicação de água de sistema de irrigação por pivô central calculados por diferentes equações.

MATERIAL E MÉTODOS

Os sistemas de irrigação avaliados foram pivô central equipado com emissores lepa e equipado com emissores convencional. Para cada sistema, avaliou-se 20 equipamentos por meio do teste de uniformidade de distribuição da água. Utilizou-se nos testes o kit de uniformidade, que é constituído de pluviômetros, hastes e proveta graduada. 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. 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).

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.

Para comparar as equações, considerou o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) a equação padrão. As comparações foram realizadas com auxílio do teste t para dados pareados utilizando 1% de significância. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico SAEG 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados a comparação entre o CUC e demais equações estudadas para o sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores lepa. Os valores de uniformidade calculados pelo CUBH não diferiram ($p>0,01$) dos valores encontrados pelo CUC para um mesmo teste. As demais equações utilizadas para cálculo da uniformidade de aplicação de água apresentaram valores menores ($p<0,01$) que os calculados pelo CUC.

Semelhante ao acontecido para o outro sistema de irrigação por aspersão, verificou-se para o sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores convencional que a equação para cálculo da uniformidade de aplicação de água, CUBH devido a heterogeneidade e consecutivamente seu alto desvio-padrão, não diferiu ($p>0,01$) dos valores encontrados pelo CUC para um mesmo teste (Tabela 2). Já as demais equações estudadas, apresentaram valores

inferiores ($p < 0,01$) que os encontrados pelo CUC. Diversos trabalhos na literatura mostram que o CUC proporciona maior valor de uniformidade em relação ao CUD (COSTA, 2006; ROCHA et al., 1999; 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. Essas conclusões foram afirmadas por KELLER & BLIESNER (1990) acrescentando que CUD pode estar relacionado ao CUC, pela expressão $CUC = 100 - 1,59 (100 - CUC)$.

Tabela 1 – Valores de uniformidade de aplicação de água calculado por diferentes equações para testes realizados no sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores lepa

Teste	Equações						
	CUC	CUD	CUA	CUE	CUH	UDH	CUBH
1	95,05	92,30	91,50	93,57	79,77	91,84	143,60
2	94,64	91,07	90,93	93,30	79,35	91,49	166,25
3	94,40	90,13	90,94	93,11	79,05	91,25	199,88
4	93,91	88,99	90,42	92,26	77,80	90,17	210,50
5	92,12	89,29	87,30	88,60	73,05	85,52	97,75
6	91,91	88,67	87,00	89,71	74,41	86,93	135,55
7	91,63	88,79	85,67	87,50	71,80	84,13	114,58
8	90,94	86,31	85,95	89,21	73,79	86,29	128,25
9	90,82	84,08	82,82	85,24	69,35	81,26	134,36
10	88,10	82,90	79,89	84,08	68,17	79,78	69,40
11	87,24	77,95	78,80	82,50	66,62	77,77	130,16
12	86,02	80,14	76,02	79,67	64,03	74,18	97,12
13	84,88	76,08	72,41	75,29	60,33	68,61	98,00
14	79,78	69,88	70,35	74,66	59,84	67,82	68,19
15	76,85	65,84	66,85	71,58	57,46	63,90	77,32
16	71,97	62,56	60,68	64,88	52,72	55,40	61,84
17	69,51	51,14	54,41	59,73	49,37	48,85	60,24
18	64,66	64,56	53,72	38,14	37,25	21,44	20,47
19	58,67	49,79	48,51	46,52	41,65	32,09	42,06
20	48,81	33,26	37,04	31,85	34,13	13,45	25,11
\bar{x}	82,59	75,69	74,56	76,07	63,50	69,61	104,03
S	13,37	16,52	16,16	18,76	14,18	23,82	52,98
$S \text{ dif.}$	-	4,54	3,49	6,22	3,25	11,02	42,53
$p\text{-valor}$	-	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0362

\bar{x} - média amostral; S - desvio padrão amostral; $S \text{ dif.}$ - desvio padrão da diferença dos valores da coluna com os da equação padrão (CUC); $p\text{-valor}$ - comparação das equações com a padrão (CUC) pelo teste t, valores acima de 0,01 significa que a equação comparada é semelhante a equação padrão e valores abaixo de 0,01 é diferente.

Tabela 2 – Valores de uniformidade de aplicação de água calculado por diferentes equações para testes realizados no sistema de irrigação por pivô central equipado com emissores convencional

Teste	Equações						
	CUC	CUD	CUA	CUE	CUH	UDH	CUBH
1	96,02	93,79	93,47	95,26	82,62	93,98	174,38
2	93,68	90,61	87,91	91,01	76,08	88,58	142,68
3	90,64	84,56	85,15	88,26	72,66	85,09	82,66
4	87,71	80,06	78,69	83,26	67,36	78,75	239,67
5	83,80	77,26	74,46	78,53	63,03	72,73	70,71
6	80,77	70,63	71,91	76,67	61,46	70,38	77,86
7	77,36	65,37	65,60	71,12	57,12	63,33	82,71
8	73,98	62,32	61,74	65,01	52,81	55,57	66,72
9	72,97	66,05	59,15	55,35	46,68	43,29	40,36
10	70,57	62,68	59,23	62,20	50,94	51,99	56,86
11	67,83	57,38	56,35	56,75	47,53	45,07	52,55
12	63,27	53,24	51,24	51,10	44,21	37,90	47,63
13	59,36	38,17	46,56	50,99	44,14	37,75	54,47
14	59,67	39,95	44,61	42,32	39,40	26,75	52,51
15	50,46	34,29	44,93	45,34	41,01	30,58	58,51
16	56,04	36,85	41,42	36,35	36,34	19,16	39,97
17	48,28	33,91	43,41	42,92	39,72	27,51	41,61
18	53,01	27,48	37,18	37,91	37,13	21,15	46,04
19	49,58	25,46	38,93	40,57	38,49	24,52	39,19
20	42,27	27,70	33,12	21,66	29,38	0,50	13,18
\bar{X}	68,86	56,39	58,75	59,63	51,41	48,73	74,01
S	16,43	22,26	18,18	20,80	14,82	26,42	53,33
S dif.	-	6,74	3,72	6,03	4,47	11,03	42,68
p -valor	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5957

\bar{X} - média amostral; S - desvio padrão amostral; S dif. - desvio padrão da diferença dos valores da coluna com os da equação padrão (CUC); p -valor - comparação das equações com a padrão (CUC) pelo teste t, valores acima de 0,01 significa que a equação comparada é semelhante a equação padrão e valores abaixo de 0,01 é diferente.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que os valores de uniformidade calculados pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen não diferem dos valores calculados pelo coeficiente de uniformidade de Benami e Hore e são superiores aos calculados pelas demais equações estudadas.

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.
- 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.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- 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.
- 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.
- RODRIGUES, T. R. I.; BATISTA, H. S.; CARVALHO, J. M.; GONÇALVES, A. O.; MATSURA, E. E. Uniformidade de distribuição de água em pivô central, com utilização da técnica TDR na superfície e no interior do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 187-191, 2001.
- 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.