

# **SIMULAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS CONVENCIONAIS DE IRRIGAÇÃO EM FUNÇÃO DO VENTO**

**L. COLL FARIA<sup>1</sup>; A. COLOMBO<sup>2</sup>; H. F. E. DE OLIVEIRA<sup>3</sup>; G. DO PRADO<sup>4</sup>**

**RESUMO:** Realizou-se um estudo para simular a influência da velocidade e direção do vento na uniformidade da irrigação em sistemas convencionais de aspersão dotados de canhões hidráulicos. O modelo de Richards & Weatherhead foi utilizado para simular a aplicação espacial de água do canhão PLONA-RL250 operando em diferentes condições de vento. Valores simulados de uniformidade de Christiansen (CUC) foram analisados em função da velocidade e direção do vento. As comparações demonstraram que: (i) com o incremento da velocidade do vento os valores de CUC diminuem; (ii) a direção do vento tem pouca influência sobre os valores de CUC; e (iii) em geral, arranjos triangulares de aspersores apresentam menores variações de CUC que os arranjos retangulares.

**PALAVRAS-CHAVE:** canhão hidráulico, simulações digitais, direção do vento

## **SIMULATION OF SOLID SET IRRIGATION SYSTEMS WATER APPLICATION UNIFORMITY AS FUNCTION OF WIND**

**SUMMARY:** A simulation study was carried out aiming to determine the effects of wind velocity and wind direction over water application uniformity of solid set irrigation systems operating with a gun type sprinkler. The Richards & Weatherhead model was used to simulate, under different wind conditions, the spatial water distribution of a PLONA-RL250 gun sprinkler. Simulated values of Christiansen uniformity coefficient (CUC) were compared under different conditions of wind velocity and wind direction. Simulations indicate that: (i) increases on wind velocity tend to decrease CUC values; (ii) wind direction has a lower effect over CUC values; and (iii) in general, the triangular sprinkler dispositions present a lower variation on CUC values than the rectangular dispositions.

**KEY WORDS:** rain gun, digital simulations, wind direction

---

<sup>1</sup> Engº Agrícola, Doutorando em Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP: 37.200-000, Lavras, MG. Fone: (35) 38291388. e-mail: [lessandrofaria@yahoo.com.br](mailto:lessandrofaria@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Engº Agrônomo, Prof. Ph.D., Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras, MG.

<sup>3</sup> Engº Agrícola, Doutorando em Engenharia de Água e Solo, UFLA, Lavras, MG.

<sup>4</sup> Engº Agrônomo, Doutor, UFLA, Lavras, MG.

## **INTRODUÇÃO**

Diversos fatores afetam a uniformidade de aplicação de água dos aspersores, CARRIÓN et al. (2001) destacam: a combinação de bocais, a pressão e o ângulo de saída do jato de água (perfil radial de distribuição de água do aspersor), o espaçamento entre aspersores e a disposição dos mesmos no campo, além da velocidade e direção do vento.

Avaliando alguns destes fatores em sistemas convencionais, equipados com canhão hidráulico, AZEVEDO et al. (2000) observaram que a velocidade do vento foi o fator que mais influenciou na uniformidade de aplicação da água. Os trabalhos de VORIES & BERNUTH (1986) e TARJUELO et al. (1999) demonstram que com o aumento da velocidade do vento ocorre a diminuição da uniformidade de aplicação de água.

A direção do vento em relação à linha lateral também é bastante discutida na literatura, PATACEK (1972) afirma não existir uma orientação única da linha lateral em relação à direção do vento que resulte em maiores valores de CUC, VORIES & BERNUTH (1986) citam que o melhor posicionamento da linha lateral é paralelo a direção do vento, e SHULL & DYLLA (1976) relatam que o melhor posicionamento da linha lateral se dá na posição perpendicular a direção do vento.

Diferentes modelos matemáticos têm sido utilizados para simular a distribuição de água de aspersores operando em condições de vento. Para o caso de canhões hidráulicos, GRANIER et al. (2003) e SMITH et al. (2008) optaram por utilizar o modelo semi-empírico de RICHARDS & WEATHERHEAD (1993) para simular a uniformidade de aplicação de água de sistemas autopropelidos de irrigação, sem considerar a utilização deste modelo em sistemas convencionais de irrigação. Desta forma, este estudo teve como objetivo simular, com base no modelo de RICHARDS & WEATHERHEAD (1993), os efeitos da velocidade e da direção do vento sobre a uniformidade de aplicação de água do canhão PLONA-RL250 operando em sistemas convencionais de irrigação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido a partir dos resultados fornecidos por uma rotina computacional, em Visual Basic para Aplicativos (VBA) da planilha Excel, que utiliza o modelo semi-empírico de RICHARDS & WEATHERHEAD (1993) para simular a

distribuição espacial da água aplicada por um aspersor que opera isoladamente sob diferentes condições de vento (COLL FARIA, 2008).

Para efeito das simulações os seguintes dados de entrada foram considerados:

(i) valores de velocidade média do vento ( $V$ ) de 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6  $\text{m.s}^{-1}$ ; (ii) direção média do vento ( $\Phi$ ) variando desde  $0^\circ$  (sentido do vento paralelo à linha lateral) até  $90^\circ$  (sentido do vento perpendicular à linha lateral), com incrementos regulares de  $15^\circ$ ; (iii) coordenadas (x,y) dos coletores, tomadas no sistema de eixos orientados dos ensaios de campo; (iv) ângulo do de saída do jato de água do canhão PLONA-RL250 em relação ao plano horizontal ( $e = 24^\circ$ ); (v) perfil radial de aplicação de água do canhão PLONA-RL250 operando na ausência de vento, com bocais de 18 x 5 mm, pressão de 490 kPa, representado pelos 21 pares de valores de distância (m) e intensidade de precipitação ( $\text{mm.h}^{-1}$ ) dados a seguir: (0, 0); (1,07, 2,88 ); (3,21, 4,99); (5,34, 3,81); (7,48, 4,36); (9,62, 5,15); (11,75, 5,82); (13,89, 5,97); (16,03, 5,73); (18,17, 5,53); (20,30, 5,46); (22,44, 5,28); (24,58, 5,18); (26,71, 5,23); (28,85, 5,46); (30,98, 5,626); (33,12, 5,75); (35,26, 5,78); (37,40, 5,70), (39,54, 4,35), (41,67, 1,13); (vi) valores, ajustados por, COLL FARIA (2008), para o aspersor PLONA-RL250 operando com bocais de 18 x 5 mm e pressão de serviço de 490 kPa, das constantes empíricas do modelo de RICHARDS & WEATHERHEAD (1993):  $A = 1,5$  s;  $B = 0,6$  s;  $C = -0,4$  s;  $D = 0,1$  s;  $E = 17,1$  s e  $F = -14,4$  s.

A uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão, operando com o canhão PLONA- RL250, sob as mesmas condições consideradas nas simulações foi obtida pela sobreposição das matrizes contendo os valores simulados de intensidade de precipitação ao redor do aspersor. No processo de sobreposição, foram considerados quatro arranjos distintos entre os aspersores: quadrados (36 m x 36 m e 54 x 54 m), retangular (36 m x 54 m) e triangular (36 m x 54 m). Sendo que, os espaçamentos considerados, 36 m e 54 m, representam respectivamente, 42% e 63% do diâmetro molhado pelo aspersor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A redução dos valores de uniformidade de Christiansen (CUC) em relação ao aumento da velocidade do vento e do espaçamento entre aspersores é ilustrada na Figura 1. Nesta figura, observa-se o efeito negativo da velocidade do vento sobre os valores de CUC,

é significativo para velocidades de vento maiores que  $2 \text{ m.s}^{-1}$ , confirmando as observações experimentais de TARJUELO et al. (1999). Porém, a constância de valores de CUC observada por TARJUELO et al. (1999), com ventos superiores a  $5 \text{ m.s}^{-1}$  ou  $6 \text{ m.s}^{-1}$ , não foi confirmada neste estudo. A análise de regressão, realizada para combinar valores de CUC com valores de velocidade do vento, indicou a necessidade de se utilizar polinômios de terceiro, confirmando as observações experimentais de TARJUELO et al. (1999),

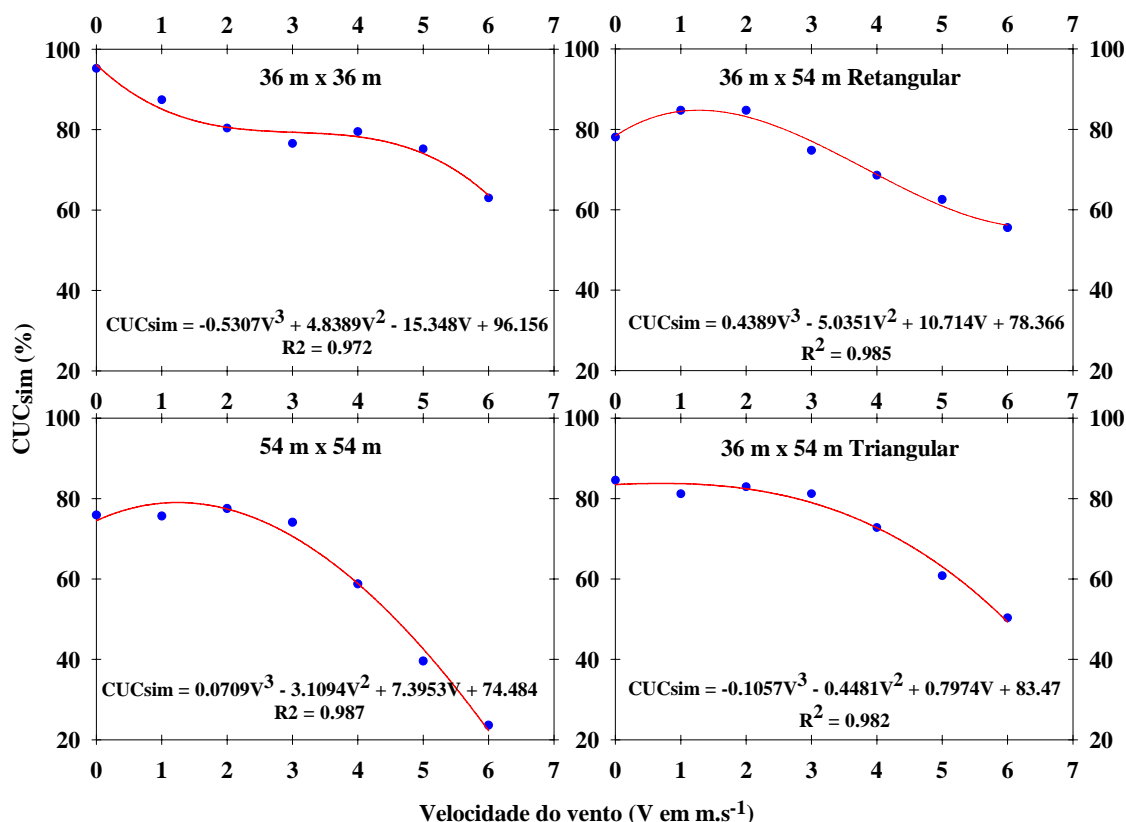


FIGURA 1. Variação dos valores de CUC em função da velocidade do vento para diferentes espaçamentos entre aspersores.

As curvas representadas na Figura 1 não levam em consideração variações na direção do vento. As curvas representadas na Figura 2 mostram, para diferentes velocidades do vento, o efeito da direção do vento. Observa-se nesta figura, que sob condições de ventos fracos o posicionamento da linha lateral em relação à direção do vento tem pouca influência sobre o CUC. Porém, com o aumento da velocidade do vento a direção do vento passa a ter um maior efeito. As simulações realizadas com a disposição retangular de 36m x 54m confirmam as observações experimentais de SHULL & DYLLA (1976), quanto ao menor efeito do vento quando o mesmo tem direção paralela ao maior espaçamento (90° na Figura 2). Porém, as para o mesmo espaçamento (36mx 54m), quando os aspersores estão dispostos em arranjos triangulares, as simulações indicam uma menor interferência da

velocidade do vento com a linha lateral posicionada paralelamente ao sentido do vento ( $0^0$  na Figura 2). Este comportamento é confirmado pelas observações experimentais de AZEVEDO et al. (2000). A adequação dos resultados obtidos através das simulações é também demonstrada através da simetria, em torno do ângulo de  $45^0$ , dos valores de uniformidade obtidos com a disposição quadrada ( $36\text{m} \times 36\text{m}$ ). Esta simetria faz com que a incidência do vento na direção paralela ( $0^0$ ) e a incidência de vento com direção perpendicular ( $90^0$ ) à linha lateral resultem nos mesmos valores de CUC.

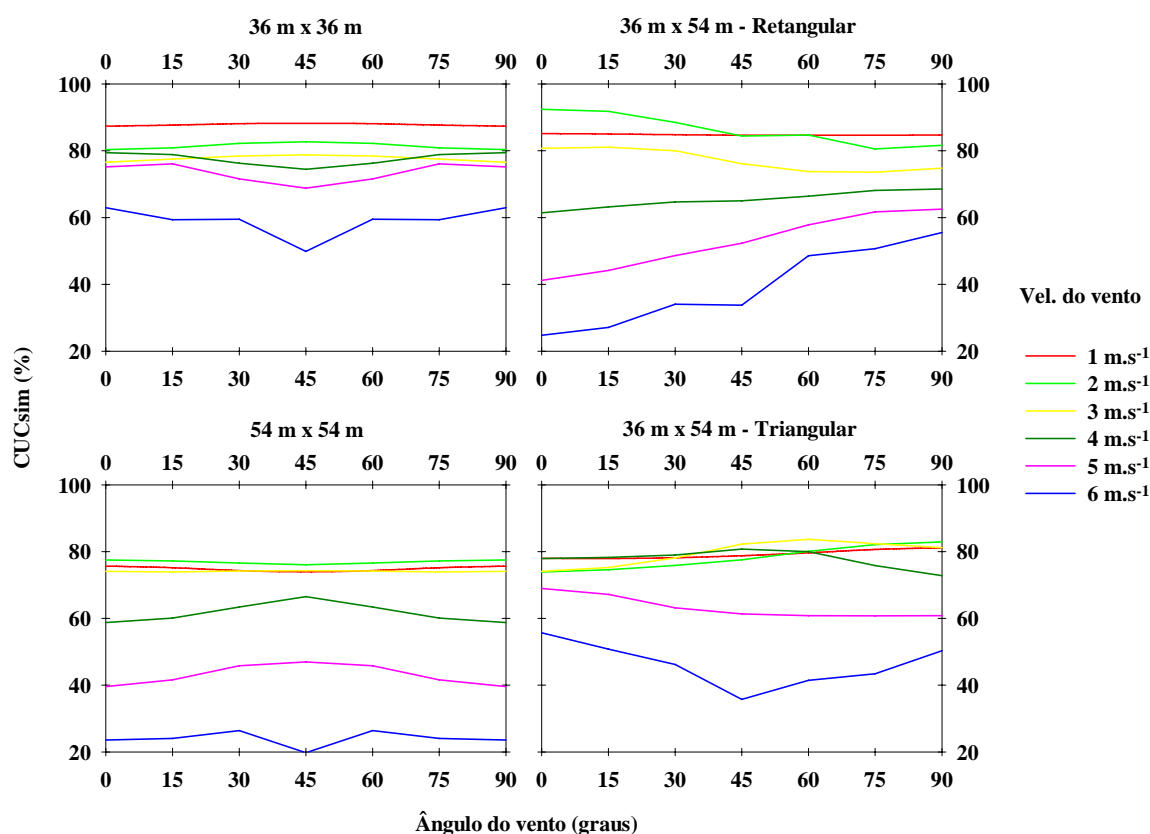


FIGURA 2. Variação dos valores de CUC em função da direção do vento em relação à linha lateral de aspersores. ( $0^0$  paralelo,  $90^0$  perpendicular às laterais)

## CONCLUSÕES

As simulações confirmam conceitos generalizados: (i) sob velocidades de vento superiores a  $2 \text{ m.s}^{-1}$ , observa-se uma redução nos valores de uniformidade; (ii) a influência da direção do vento sobre a uniformidade depende da disposição dos aspersores e da velocidade do vento considerada; (iii) em geral, arranjos triangulares de aspersores apresentam menores variações de CUC que os arranjos retangulares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p.152-158, 2000.
- CARRIÓN, P.; TARJUELO, J. M; MOTERO J. SIRIAS: a simulation model for sprinkler irrigation. Part I: Description of model. **Irrigation Science**, New York, v. 20, n. 2, p. 73-84, 2001.
- COLL FARIA, L. **Simulação da uniformidade de aplicação de água em sistemas convencionais de irrigação operando sob diferentes condições de vento**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- GRANIER, J.; MOLLE, B.; DEUMIER, J. M. IRRIPARC-Part 1: Modeling spatial water distribution under a sprinkler in windy conditions. **International workshop**, Montpellier, p. 14-19, 2003.
- PTACEK, L. R. **Evaluation of wind effects as sprinkler pattern stability and spacing criteria**. 1972. 100 p. Master of Science – Utah State University, Logan.
- RICHARDS, P. J.; WEATHERHEADT, E. K. Prediction of raingun application patterns in windy conditions. **Journal Agricultural Engineering Research**, London, v. 54, n. 4, p. 281-291, 1993.
- TARJUELO, J. M.; MONTERO, J; CARRIÓN, P. A.; HONRUBIA, F. T.; CALVO, M. A. Irrigation uniformity with medium size sprinklers part II: Influence of wind and other factors on water distribution. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 42, n. 3, p. 677-689,1999.
- VORIES, E. D.; BERNUTH, R. D. von. Single nozzle sprinkler performance in wind. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, Michigan, v. 29, n. 5, p. 1325-1330,1986.
- SHULL, H.; DYLLA, A. S. Wind effects on water application patterns from a large, single nozzle sprinkler. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 19, n. 3, p. 501-504,1976.
- SMITH, R. J.; GILLIES, M. H.; NEWELL, G.; FOLEY, J.P. A decision support model for travelling gun irrigation machines. **Biosystems Engineering** (2008), doi: 10.1016/j.biosystemseng. 2008.01.004.