

## **AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE PROBABILIDADE À LÂMINA APLICADA POR UM SISTEMA LINEAR MÓVEL EQUIPADO COM EMISSORES PLACA FIXA**

*Emanuele Baifus Manke<sup>1</sup>; Bernardo Gomes Nörenberg<sup>2</sup>; Maria Clotilde Carré Chagas Neta<sup>3</sup>; José Henrique Nunes Flores<sup>4</sup>; Samuel Beskow<sup>5</sup>; Lessandro Coll Faria<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Mestranda, PPG Recursos Hídricos da UFPel – manumanke@gmail.com

<sup>2</sup>Mestrando, PPG Recursos Hídricos da UFPel – bernardo.norenberg@hotmail.com

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Hídrica – UFPel – netamariacc@gmail.com

<sup>4</sup>Mestrando, PPG Recursos Hídricos da UFPel – josenunesflores@hotmail.com

<sup>5</sup>Professor, CDTec – UFPel – samuelbeskow@gmail.com

<sup>6</sup>Orientador, Professor, CDTec – UFPel – lessandro.faria@ufpel.edu.br

### **1. INTRODUÇÃO**

No cenário atual a agricultura irrigada tem alcançado expressividade no setor produtivo mundial, tornando-se fundamental a utilização de equipamentos de irrigação e técnicas de manejo que propiciem o uso racional de água e energia (OLIVEIRA, 2013). Seda que, em geral, o objetivo de projetistas e operadores de sistemas de irrigação é estabelecer uma relação entre a distribuição de água e o desempenho do sistema de irrigação (KARMELI, 1978).

No Rio Grande do Sul, a situação não é diferente, a ocorrência de estiagem na época de cultivo de arroz tem sido frequente nos últimos anos, causando muitos problemas para irrigação em todo estado, devido à alta necessidade de água no sistema de irrigação por inundação. Assim, sistemas de irrigação por aspersão pode ser uma alternativa muito promissora para a orizicultura, por ser um sistema mais eficiente, consumindo menos água quando comparado ao sistema de irrigação por inundação (GIACOMELI, 2013).

Neste mesmo contexto, Topak et al. (2005) afirmam que os sistemas de irrigação por aspersão têm a capacidade de atingir elevada uniformidade e eficiência de irrigação resultando em economia de água e, consequentemente, rentabilidade, sendo estes equipamentos de fácil operação e automatizados. Keller e Bliesner (1990) afirmam também que a distribuição de água obtida a partir do sistema mecanizado tipo lateral móvel tem resultado em elevados coeficientes de uniformidade de aplicação operando em condições de vento.

De acordo com Anyoji & Wu (1994), a lâmina aplicada por sistemas de irrigação pode ser representada por uma distribuição normal de probabilidade, possibilitando assim a determinação da eficiência desses sistemas. A função de distribuição normal, segundo Heinemann (1992), é uma distribuição de probabilidade teórica, que pode ser aplicada para diversas circunstâncias, tais como diferentes tipos de aspersores e velocidade do vento.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar a aderência da distribuição normal de probabilidades às lâminas de água aplicadas por um equipamento mecanizado de irrigação tipo lateral móvel, equipado com aspersores de placa fixa, modelo Superspray, durante a irrigação da cultura do arroz no sul do Rio Grande do Sul.

### **2. METODOLOGIA**

O trabalho foi realizado em um sistema de irrigação por aspersão mecanizado do tipo lateral móvel instalado no município do Capão do Leão, Rio

Grande do Sul (31° 49' 12,75" S; 52° 27' 59" W), no Campo Experimental de Terras Baixas (ETB), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Clima Temperado.

O equipamento utilizado é de fabricação Valley, possui comprimento total de 300 m e capacidade de irrigar uma área total de, aproximadamente, 60 ha. Nos ensaios foi utilizado apenas o segundo vão do equipamento para a realização dos experimentos, seguindo a metodologia de Dukes et al. (2006), os quais avaliaram a uniformidade de somente dois vãos de um sistema linear móvel equipados com diferentes aspersores.

No segundo vão do sistema foram então instalados os aspersores da marca Senninger, modelo Superspray (Placa Fixa), com diâmetro de bocal de 6,35 mm e com capacidade de fornecer uma vazão de 1313 L.h<sup>-1</sup>. Os aspersores estão instalados em tubos flexíveis de descida espaçados de 2,3 metros e dispostos a 2,0 m da borda do coletor, estando conectados individualmente a válvulas reguladoras de pressão de 68,9 KPa (10 psi).

A uniformidade de distribuição de água deste equipamento foi determinada seguindo os padrões da Norma Técnica 14244 (ABNT,1998). No total foram realizados 16 ensaios de campo no período de 14 de dezembro de 2014 a 24 de abril de 2015. Nos experimentos utilizou-se coletores da marca Fabrimar com diâmetro e profundidade de 8 cm, instalados à uma altura do solo de 0,7 m. No campo foram dispostas duas linhas paralelas ao equipamento de irrigação distanciadas de 5 m entre si, sendo, em cada linha, instalados 18 coletores espaçados de 3 m. O volume de água em cada coletor foi mensurado logo após o término do ensaio, por meio de uma proveta de vidro de 100 mL.

As variáveis meteorológicas foram registradas por meio de uma estação meteorológica Vantage Pro2™, marca Davis, a qual foi posicionada a uma distância de 50 metros da área de ensaios. A estação é equipada com sensores de velocidade e direção do vento, de temperatura e umidade relativa do ar, e com um data logger, o qual foi configurado para armazenar os dados observados em intervalos de 1 minuto.

Nos procedimentos de cálculo, primeiramente as lâminas coletadas foram adimensionalizadas, dividindo-se a lâmina média coletada (mm) pela lâmina de cada ensaio (mm), conforme a metodologia descrita por Karmeli (1978). Sendo então aplicada, de acordo com a metodologia de Heermann et al. (1992), da função cumulativa de probabilidade de distribuição normal (FCP), equação 1.

$$FCP = \text{Prob} (X \leq X_i) = \int_{-\infty}^{X_i} \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-0,5 \left[ \frac{(X_i - \mu)}{\sigma} \right]^2} \cdot dx \quad (1)$$

$\mu$  = Média das lâminas coletadas (mm);

$\sigma$  = Desvio padrão das lâminas coletadas (mm);

$X_i$  = Lâmina coletada durante os ensaios (mm).

Para a análise de aderência das lâminas junto à distribuição normal, aplicou-se, de acordo com o recomendado por Hermann et al. (1992), o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância, para os 16 ensaios de campo realizados no equipamento de irrigação tipo lateral móvel equipado com aspersores de placa fixa modelo Superspray.

Tabela 1 – Valores de KS para os 16 ensaios de campo do equipamento.

KS <sub>Límite</sub> ao nível de significância 5% = 0,309								
Ensaio	1	2	3	4	5	6	7	8
Supersray	0,125	0,107	0,082	0,195	0,096	0,095	0,103	0,114
Ensaio	9	10	11	12	13	14	15	16
Supersray	0,118	0,187	0,133	0,129	0,106	0,197	0,135	0,090

Pode-se observar por meio da Tabela 1 que para os 16 ensaios de campo os resultados do teste de aderência KS foram significativos a nível de 5% de significância, comprovado pelos valores dos mesmos, que foram inferiores ao valor de KS<sub>Límite</sub> (0,309). Desta forma, pode-se afirmar que os ensaios dos aspersores de placa fixa (Superspray) foram representados adequadamente pela distribuição normal de probabilidade. Resultados similares foram encontrados por Heermann et al. (1992), os quais avaliando um sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central equipado com dois modelos de aspersores (impacto e spray), também verificaram que a a distribuição normal pode ser utilizada para descrever a lâmina aplicada em seus ensaios de campo, pois dos sessenta ensaios avaliados pelos mesmos apenas cinco não foram significativos a nível de 5% de significância, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov.

A Figura 1 apresenta alguns dos ensaios de campo em que a distribuição normal ajustou-se adequadamente e outros em que ocorreu discrepância entre a lâmina simulada e a observada. No eixo das ordenadas desta figura estão representadas às funções cumulativas de probabilidade da distribuição normal e a distribuição empírica acumulada dos valores observados em campo, e no eixo das abcissas às lâminas adimensionalizadas de seis ensaios de campo. Além dos resultados apresentados na Figura 1, em geral, as distribuições dos demais ensaios de campo apresentaram um ajuste adequado. Estes resultados são semelhantes aos de Karmeli (1978), que avaliando um sistema de irrigação por aspersão convencional obteve um ajuste apropriado da distribuição normal para ensaios de campo com valores elevados de uniformidade de irrigação.

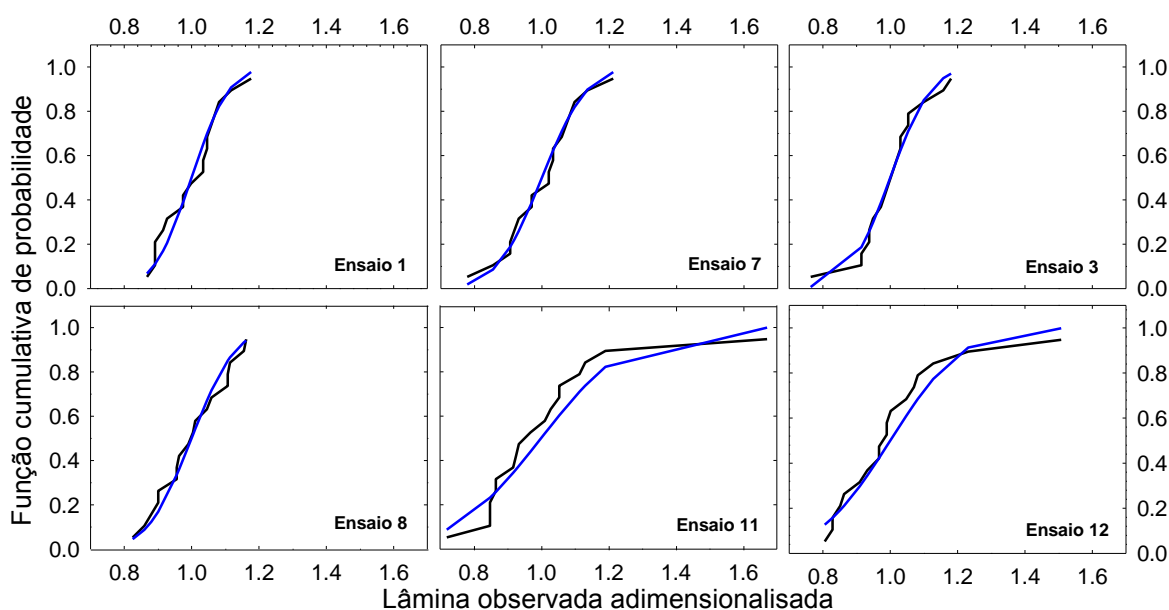


Figura 1 - Funções cumulativas de probabilidade da distribuição normal e distribuições observadas nos ensaios de campo em função da lâmina de água observada, com o emissor modelo Superspray.

Verifica-se por meio da Figura 1 que os quatro primeiros ensaios plotados (ensaios 1, 7, 3 e 8) tendem a um formato aproximado de “S”, indicando uma adequação à distribuição normal de probabilidade mais eficaz. Já nos dois últimos ensaios apresentados nesta figura (ensaios 11 e 12) pode-se identificar que houve um ajuste menos eficaz da distribuição normal em relação aos ensaios de campo, comprovado pela distorção do formato do “S” destes ensaios, que de acordo com Anyoji & Wu (1994) e Karmeli (1978) representa uma adequação menos satisfatória à distribuição normal. Estes resultados corroboram com os dos testes de aderência de KS dispostos na Tabela 1, os quais para os ensaios 11 e 12 foram mais próximos do  $KS_{Limite}$ , apresentando uma menor significância, quando comparado aos demais ensaios da Figura 1.

#### 4. CONCLUSÕES

A distribuição normal de probabilidade representou adequadamente, ao nível de 5 % de significância, os perfis de distribuição de água aplicada por um equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel, equipado com emissores modelo Superspray.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14244:** equipamentos de irrigação mecanizada – Pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos – determinação da uniformidade de distribuição de água. Rio de Janeiro, dez. 1998. 11 p.
- ANYOJI, H.; WU, I. P. Normal Distribution Water Application for Drip Irrigation Schedules. **Transactions of ASAE**. v.37,n.1, p.159-164, 1994.
- DUKES, M. D. Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system uniformity. *Applied engineering in agriculture*. v. 22, n. 4, p. 541-548, 2006.
- GIACOMELI, R.; SANTOS, A. T. L.; MACHADO, G. A.; SILVA NETO, G. F. da; ALBERTO, C. M.; SILVA, V. N. Qualidade fisiológica de sementes de arroz irrigado por aspersão e inundação. In: **CONGRESSO DE ARROZ IRRIGADO**, 8., Santa Maria, 2013. Anais, ... Brasília: Sosbai, 2013.
- HEERMANN, D. F., DUKE, H. R., SERAFIM, A. M., DAWSON, L. J. Distribution functions to represent center-pivot water distribution. **Transactions of ASAE**. v.32, n.5, p.1465-1472, 1992.
- HEINEMANN, A. B.; FRIZZONE, J. A.; PINTO, J. M.; FEITOSA FILHO, J. C. Influência da altura do emissor na uniformidade de distribuição da água de um sistema tipo pivô central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.9, p.1487-1491, 1998.
- KARMEI, D. Estimating Sprinkler Distribution Patterns Using Linear Regression. **Transactions of ASAE**, p. 682- 686, 1978.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York, NY.1990.
- TOPAK, R.; SÜHERI, S.; ÇIFTÇI, N.; AÇAR, B. Performance evaluation of sprinkler irrigation in a semi-arid area. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.8, n.1, p. 97-103, 2005.
- OLIVEIRA, H. F. de; COLOMBO, A.; FARIA, L. C.; BESKOW, S.; PRADO, G. SIA: Modelo para simulação da irrigação por aspersão - Calibração e validação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.3, p.253–260, 2013.