

## Ajuste da distribuição normal de probabilidade na lâmina aplicada por um equipamento linear móvel

**BERNARDO GOMES NÖRENBERG<sup>1</sup>; MARIA CLOTILDE CARRÉ CHAGAS NETA<sup>2</sup>; JOSÉ MARIA BARBAT PARFITT<sup>3</sup>; SAMUEL BESKOW<sup>4</sup>; ALBERTO COLOMBO<sup>5</sup>; LESSANDRO COLL FARIA<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Mestrando, PPG Recursos Hídricos da UFPel – [bernardo.norenberg@hotmail.com](mailto:bernardo.norenberg@hotmail.com)

<sup>2</sup>Graduanda, Engenharia Hídrica da UFPel – [netamariacc@gmail.com](mailto:netamariacc@gmail.com)

<sup>3</sup>Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – [jose.parfitt@embrapa.br](mailto:jose.parfitt@embrapa.br)

<sup>4</sup>Professor, CDTec/UFPel – [samuel.beskow@ufpel.edu.br](mailto:samuel.beskow@ufpel.edu.br)

<sup>5</sup>Professor, DEG/UFLA – [acolobo@deg.ufla.br](mailto:acolobo@deg.ufla.br)

<sup>6</sup>Orientador, Professor, CDTec/UFPel – [lessandro.faria@ufpel.edu.br](mailto:lessandro.faria@ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos hídricos no Brasil, nos diferentes setores da economia, indica que, em média, as atividades de produção (irrigação, industrial e criação animal) correspondem por cerca de dois terços do total da água utilizada, sendo que destas, a atividade que mais demanda de água é a irrigação, na qual utiliza 46% do total de recursos hídricos retirados (ANA, 2007).

De acordo com estudo realizado por PARFITT et al. (2011), quando se irriga por aspersão, pode-se obter uma redução na utilização da água em torno de 40% a 50%, se comparado com a irrigação por inundação, mantendo-se a produtividade.

Segundo definição proposta por CHRISTANSEN (1942), a irrigação por aspersão tem por objetivo fornecer água para a cultura, sem que a água esco superficialmente no solo, e, para um bom funcionamento do sistema, a água deve ser distribuída na área irrigada de maneira o mais uniforme possível.

Os sistemas de irrigação por aspersão são amplamente utilizados no Brasil, entretanto, devido a dimensionamentos errôneos ou a utilização em condições climáticas inadequadas, esses sistemas muitas vezes não operam com a sua máxima eficiência, desperdiçando água, energia e fertilizantes (BESKOW et al., 2011).

HEERMANN et al. (1992) salientam que, além de uma alta uniformidade de aplicação da água, um sistema de irrigação necessita, também, aplicar o volume de água exigido pela cultura e no momento correto. Os autores também ressaltam que é impossível um sistema aplicar água com total eficiência em toda a área, então se fazem necessárias técnicas de manejo do sistema de irrigação para suprir a demanda hídrica da cultura em questão, minimizando perdas por escoamento superficial e/ou percolação, sendo assim, se o padrão de distribuição de água do equipamento for conhecido, possibilita aplicar uma lâmina de irrigação que maximize a eficiência do sistema.

As distribuições de probabilidades podem ser utilizadas para representar a aplicação de água por diversos sistemas de irrigação, WARRICK et al. (1989), determinaram que as distribuições teóricas de probabilidade se ajustam à uma larga escala de lâminas aplicadas pelos sistemas de irrigação, além disso, estes autores encontraram que distribuição normal de probabilidade se ajusta adequadamente para a maioria dos casos. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo verificar o ajuste da distribuição normal de probabilidade ao perfil de distribuição de água aplicado por um equipamento linear móvel de irrigação, operando em condições de campo, no sul do Rio Grande do Sul.

## 2. METODOLOGIA

Neste trabalho, utilizou-se um sistema de irrigação por aspersão do tipo linear móvel, o qual está instalado na Embrapa, no Campo Experimental de Terras Baixas (ETB). O equipamento foi fabricado pela empresa Valley, possui 300 m de comprimento divididos em 5 vãos mais um vão em balanço, estes equipados com tubos de descida espaçados 2,3 metros entre si, com emissores de água Senninger, modelo I-Wob, bocal de 6,35mm de diâmetro, capaz de fornecer uma vazão de 1313 L.h<sup>-1</sup> com 68,9 KPa de pressão.

Os ensaios para avaliação da uniformidade de distribuição de água do equipamento linear móvel foram executados de acordo com a norma técnica NBR 14244 (ABNT, 1998). Foram conduzidos 18 ensaios de campo do sistema linear móvel, sendo estes realizados no mês de abril de 2014.

Os coletores da marca Fabrimar com diâmetro e profundidade de 8 cm, instalados à uma altura de 70 cm do solo. Os coletores foram dispostos em duas linhas paralelas ao equipamento linear móvel e distanciadas de 5 m entre si, sendo, em cada linha, instalados 95 coletores com espaçamento de 3 m entre si. 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 climáticas foram monitoradas através de uma estação meteorológica, instalada a cerca de 50 m do equipamento linear móvel, a uma altura de 2 m da superfície do solo e equipada com sensores de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento; sendo os dados registrados em um *data logger* em intervalos regulares de 1 minuto. Além disso, foram registrados os horários de início e término de cada ensaio de distribuição de água.

Com os perfis de distribuição de água, aplicados pelo equipamento, foram obtidas as funções cumulativa e de densidade de probabilidades observadas, através do software EasyFit® 5.5 (EASYFIT, 2010). Também foram ajustadas, conforme indicado na literatura (DUKES; 2006; HEERMANN et al., 1992; WARRICK et al., 1989), as funções de probabilidade com a distribuição normal, Equações 1 e 2.

$$FDPn = f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\cdot\pi}} \cdot e^{-0,5\left[\frac{(X_i-\mu)}{\sigma}\right]^2} \quad (1)$$

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

Onde:

- FDPn – Função Densidade de Probabilidade da distribuição Normal
- FCPn – Função Cumulativa de Probabilidade da distribuição Normal
- X<sub>i</sub> – Lâmina coletada “i”
- μ - Média das lâminas coletadas
- σ – Desvio Padrão das lâminas coletadas

A fim de avaliar o ajuste da distribuição normal de probabilidade com a distribuição de lâminas aplicada pelo equipamento linear móvel de irrigação, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos 18 ensaios de campo, realizados no equipamento linear móvel de irrigação, estão explícitos na Tabela 1. Observa-se nesta tabela uma variação no índice de Kolmogorov-Smirnov (KS) entre 0,07 e 0,25, ensaios 18 e 4, respectivamente. Analisando-se o valor p, o qual remete ao nível de ajuste da distribuição normal de probabilidade, constata-se que em apenas 4 ensaios esta distribuição descreveu adequadamente, ao nível de significância de 5% (Valor  $p \geq 0,05$ ), as lâminas aplicadas pelo equipamento.

Este resultado diverge dos obtidos por HEERMANN et al. (1992), para ensaios de campo em um pivô central, e por DUKES (2006), para um equipamento linear móvel, onde a distribuição normal de probabilidade ajustou-se adequadamente na descrição dos perfis das lâminas aplicadas pelo equipamento, diferentemente do encontrado neste estudo.

Possivelmente a diferença nos resultados obtidos, pode ser atribuída às diferentes condições climáticas entre as regiões onde foram realizados os estudos. Outro fator que pode explicar as diferenças nos resultados são os diferentes tipos de emissores utilizados. HEERMANN et al. (1992) utilizaram emissores de impacto e sprays de placa fixa, DUKES (2006) utilizou somente emissores spray de placa fixa, enquanto neste estudo foram utilizados emissores de placa oscilante, sendo diferentes, de acordo com observado FACI et al. (2001), os padrões de distribuição de água destes emissores.

Tabela 1: Parâmetros da distribuição Normal de probabilidade dos ensaios de campo e seus respectivos ajustes com a distribuição observada.

| Ensaio | Média | Desvio padrão | Índice KS | Valor p |
|--------|-------|---------------|-----------|---------|
| 1      | 8,88  | 1,3417        | 0,2056    | 0,0005  |
| 2      | 8,55  | 1,1761        | 0,1978    | 0,0016  |
| 3      | 8,74  | 1,4035        | 0,2126    | 0,0003  |
| 4      | 11,43 | 1,6695        | 0,2500    | 0,0000  |
| 5      | 9,27  | 2,0710        | 0,1307    | 0,0712* |
| 6      | 8,97  | 1,6635        | 0,1559    | 0,0176  |
| 7      | 7,02  | 1,0038        | 0,2008    | 0,0008  |
| 8      | 8,77  | 1,2777        | 0,2031    | 0,0007  |
| 9      | 8,92  | 1,6460        | 0,2096    | 0,0004  |
| 10     | 7,75  | 1,2674        | 0,1993    | 0,0009  |
| 11     | 9,69  | 2,0573        | 0,1228    | 0,1045* |
| 12     | 8,60  | 1,5872        | 0,2152    | 0,0002  |
| 13     | 7,60  | 1,0017        | 0,2264    | 0,0001  |
| 14     | 8,90  | 1,4524        | 0,2070    | 0,0005  |
| 15     | 8,73  | 1,5691        | 0,2310    | 0,0001  |
| 16     | 11,79 | 1,8832        | 0,1963    | 0,0011  |
| 17     | 10,16 | 1,6224        | 0,1090    | 0,1886* |
| 18     | 10,78 | 1,3700        | 0,0700    | 0,7139* |

\*Significante ao nível de 5% no teste de Kolmogorov-Smirnov.

Na Figura 1 é apresentada a comparação entre a Função Cumulativa de Probabilidades (FCP) da distribuição Normal e a distribuição das lâminas observadas nos ensaios 13 (Figura 1A) e 18 (Figura 1B), sendo que no ensaio 18 a distribuição normal se ajustou adequadamente (valor  $p \geq 0,05$ ) e no ensaio 13 não se ajustou a este nível de significância.

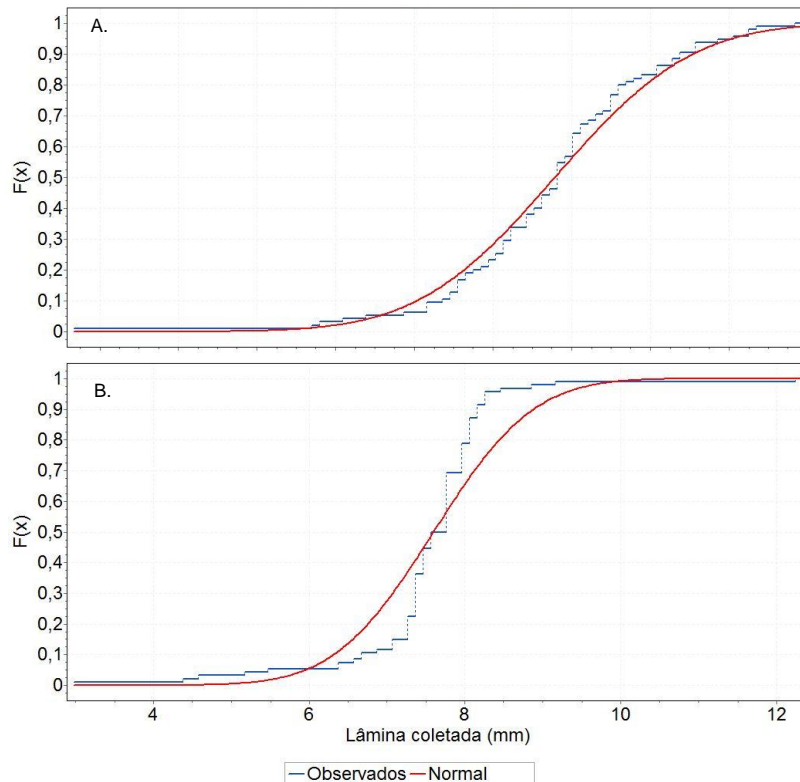


Figura 1: Comparação entre as funções cumulativas de probabilidades da distribuição normal e dos dados coletados em campo. A) Ensaio 18; B) Ensaio 13.

#### 4. CONCLUSÕES

A distribuição normal de probabilidades não representa adequadamente à distribuição de água aplicada pelo equipamento linear móvel de irrigação, sugerindo-se a verificação de outras distribuições teóricas de probabilidade.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. **GEO Brasil : recursos hídricos: resumo executivo**. Ministério do Meio Ambiente/Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília. 60 p. 2007.
- BESKOW, S.; FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; MOURA, M. C. de. Modelagem das perdas de água por evaporação e arraste em aspersores de média pressão. **Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.221–228, 2011.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Bulletin No. 670. Berkeley, California.: University of California, Agricultural Experiment Station. 1942.
- DUKES, M. D. Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system. **ASABE**, v. 22, n.4, p.541-548, 2006. ISSN 0883–8542.
- EASYFIT 5.5. Mathwave EasyFit 5.5. **User's Manual**. 2010.
- FACI, J. M.; SALVADOR, R.; PLAYÁN, E.; SOURELL, H. Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.127, p.224-233, 2001.
- 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.
- WARRICK, A. W.; HART, W. E.; YITAYEW, M. Calculation of distribution and efficiency for nonuniform irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. v.115, n.4, p.674-686, 1989.