

ADERÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE PROBABILIDADE EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LINEAR MÓVEL EQUIPADO COM DOIS MODELOS DE ASPERSORES

THAINÁ VIEIRA HOLZ¹; BERNARDO GOMES NÖRENBERG²; ROBERTA BEZERRA DA SILVA¹; JOSÉ HENRIQUE NUNES FLOES³; MARIA CLOTILDE CARRÉ CHAGAS NETA¹; LESSANDRO COLL FARIA⁴

¹Graduanda, Engenharia Hídrica - CDTEc/UFPel - thainaholz@hotmail.com;
robertabsilva@icloud.com; netamariacc@gmail.com

²Doutorando, PPG Recursos Hídricos - CDTEc/UFPel - bernardo.norenberg@hotmail.com

³Doutorando, PPG Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas - DEG/UFLA - josenunesflores@hotmail.com

⁴Orientador, Professor Dr., CDTEc/UFPel – lessandro.faria@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional das Águas - ANA (2017), o Brasil está entre os dez países com a maior área irrigada do planeta. Neste cenário, com o expressivo aumento das tecnologias e aperfeiçoamento dos sistemas de irrigação, constata-se a importância de estudos que qualifiquem a eficiência destes sistemas e um investimento na produção agrícola sustentável.

No método de irrigação por aspersão, a água é aplicada sob pressão acima do cultivo, por meio de aspersores na forma de uma chuva artificial, podendo ser implantadas em áreas de diferentes topografias (CHRISTIANSEN, 1967). Dentre os sistemas de irrigação por aspersão, tem-se o sistema do tipo linear móvel, que, de acordo com a NBR 14244 (ABNT, 1998), é um equipamento automatizado, constituído de uma linha de emissores, sustentado por uma ou mais torres autopropelidas que se movem em linha reta ou em uma curvatura suave e irriga basicamente uma faixa retangular.

O perfil da lâmina aplicada por um equipamento de irrigação, assim como a determinação da eficiência de irrigação podem ser descritos e avaliados com o uso de distribuições teóricas de probabilidade, sendo a distribuição normal de probabilidade a mais utilizada para esta finalidade (HEERMANN et al., 1992; ANYOJI; WU, 1994).

A curva "S" mostra a densidade de probabilidade cumulativa da distribuição normal, utilizada para determinar a eficiência de aplicação do sistema de irrigação por aspersão, indicando a frequência ou a probabilidade de que valores inferiores ou superiores a um valor especificado ocorram. Através da lâmina de irrigação necessária, a curva indicará a fração da área que receberá maior ou menor quantidade de água do que aquela requerida (HART; REYNOLDS, 1965).

O estudo objetivou avaliar a aderência da distribuição normal de probabilidade às lâminas de água aplicadas por um sistema lateral móvel de irrigação equipado com aspersores modelo Superspray e modelo I-Wob, manejadas em condições meteorológicas semelhantes.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Campo Experimental de Terras Baixas (ETB), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Clima Temperado, localizado no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul ($31^{\circ} 49' 12,75''$ S; $52^{\circ} 27' 59''$ W). Onde neste estudo, utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão do tipo lateral móvel da marca Valley/Valmont.

O equipamento utilizado nos ensaios possui 265 metros de comprimento, dividido em cinco vãos, perfazendo uma área irrigada de 60 hectares, providos

inicialmente com emissores modelo I-Wob. Foram utilizados apenas o segundo e o quarto vão do equipamento pelo fato de apresentarem uniformidades de distribuição de água similares, conforme observado por CHAGAS NETA et al. (2014). Para fins comparativos, no segundo vão os aspersores modelo I-Wob (Placa Oscilante) foram substituídos pelos aspersores modelo Superspray (Placa Fixa). Os aspersores estavam montados com bocais de 6,35 mm com capacidade de fornecer uma vazão de 1313 L h⁻¹, sendo ambos equipados com reguladores de pressão de 68,9 KPa (10 psi).

Com base na Norma Técnica 14244 (ABNT, 1998), a uniformidade de distribuição de água foi determinada, empregando o uso de coletores com abertura de diâmetro e profundidade de 8 cm da marca Fabrimar, fixados em hastes metálicas, condicionadas a 0,70 m de altura da superfície do solo. No segundo e no quarto vão do equipamento foram posicionadas duas linhas distanciadas cinco metros entre si, cada uma com 18 emissores com espaçados a três metros.

As variáveis meterológicas foram obtidas com uma estação meteorológica Vantage Pro2™ equipada com sensores de velocidade e direção do vento, de temperatura e umidade relativa, e com um *data logger*, configurado para armazenar os dados observados em intervalos de um minuto.

As lâminas coletadas, por sua vez, foram adimensionalizadas com propósito comparativo entre os resultados dos ensaios, conforme recomendações de KARMELO (1978), dividiu-se a lâmina coletada (mm) pela lâmina média (mm) de cada ensaio.

A posição de plotagem das lâminas coletadas nos ensaios de campo foi determinada utilizando-se a distribuição empírica de probabilidade de Weibull, seguindo metodologia proposta por NAGHETTINI; PINTO (2007).

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

Onde: FCP_{normal} - função cumulativa de probabilidade da distribuição normal; μ - média das lâminas coletadas (mm); σ - desvio padrão das lâminas coletadas (mm); X_i - lâmina coletada (mm).

Para a análise da aderência das lâminas junto a distribuição normal, aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (Equação 2) a 5% de significância.

$$KS = \max |q(X) - FCP_{\text{normal}}(X)| \quad (2)$$

Onde: KS - máxima diferença entre as frequências observadas e as teóricas; $q(X)$ - probabilidade de não excedência da distribuição empírica de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov (KS) ao nível de 5% de significância (0,309), para os 6 ensaios de campo avaliados, estão apresentados da Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do Teste de Kolmogorov-Smirnov

Emissor	Ensaio					
	1	2	3	4	5	6
Superspray	0,104	0,188	0,121	0,134	0,084	0,104
I-Wob	0,180	0,089	0,112	0,122	0,116	0,087

Na Tabela 1, pode-se verificar que todos os ensaios dos dois modelos de emissores se ajustaram satisfatoriamente à distribuição normal, já que o teste

estatístico de Kolmogorov-Smirnov apresentou valores inferiores ao tabelado (0,309) para um nível de significância de 5%.

As funções cumulativas de probabilidade da distribuição normal e observada dos valores observados em campo pelas lâminas adimensionais dos seis ensaios de campo do sistema linear móvel de irrigação equipado com emissores modelo Superspray e I-Wob estão representadas na Figura 1, respectivamente, bem como a velocidade média do vento (V em $m s^{-1}$) e o coeficiente de variação (CV) para cada ensaio.

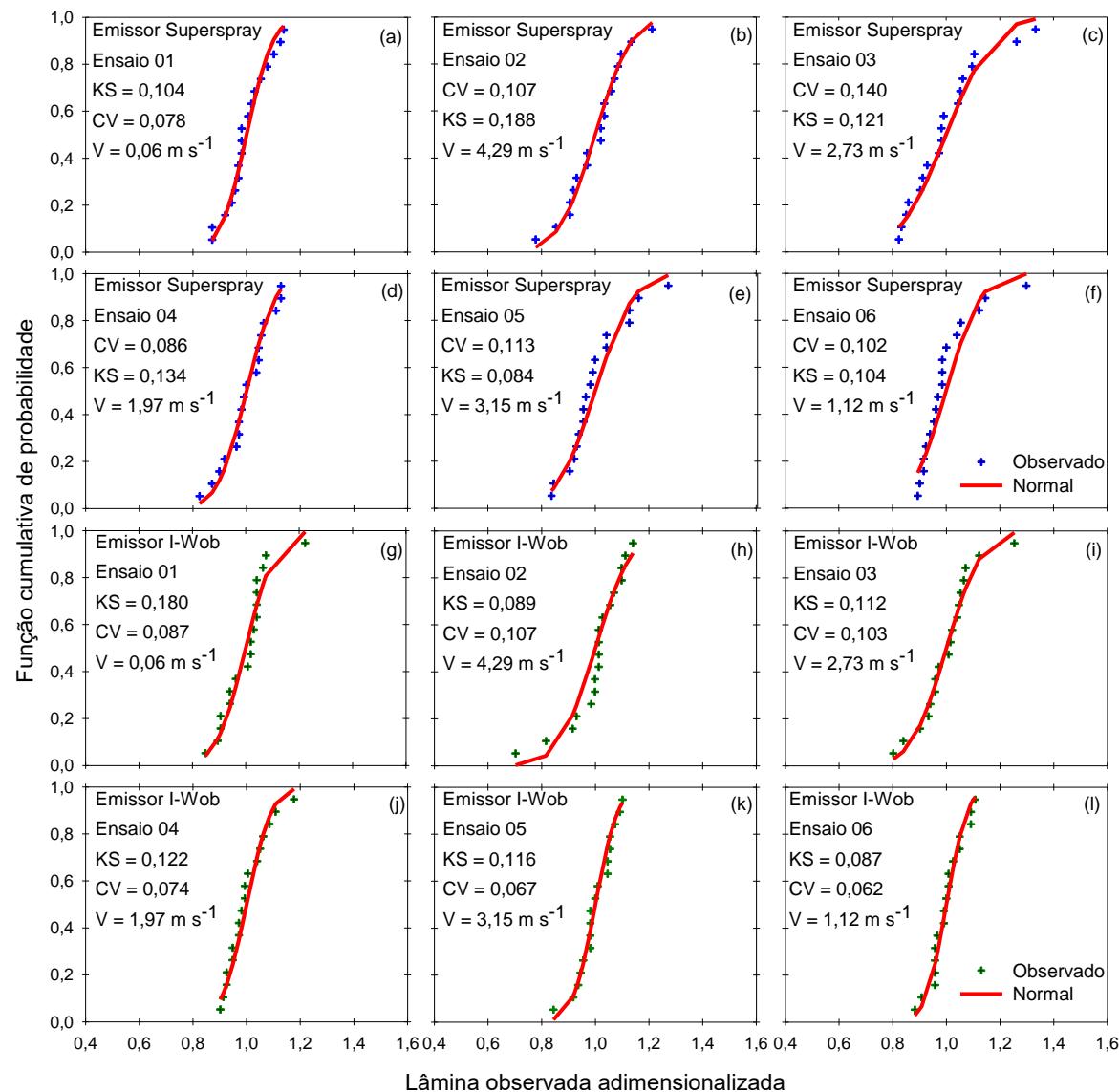


Figura 1 – Funções cumulativas de probabilidade da distribuição normal e distribuições observadas para os ensaios de campo do emissor Superspray e do emissor I-Wob.

Pode-se observar na Figura 1, que a distribuição normal de probabilidades representou adequadamente a distribuição de água aplicada pelo aspersor modelo Superspray, bem como para o aspersor modelo I-Wob. Ao comparar o ensaio 2, por exemplo, com a maior velocidade de vento entre os ensaios ($V = 4,29 m s^{-1}$), nota-se que o modelo Superspray (figura b) se adequou melhor à distribuição normal de probabilidade. A velocidade do vento é um fator preponderante na justificativa da diferença dos resultados, como os encontrados

por KARMELI (1978), estudando um sistema de irrigação por aspersão convencional, operando em diferentes pressões e velocidades do vento, afirmou que a velocidade do vento influencia na uniformidade de aplicação de água.

No entanto, para o ensaio 6 ($V = 1,12 \text{ m s}^{-1}$) em que o aspersor modelo I-Wob (figura I) teve um melhor ajuste da distribuição normal de probabilidade quando comparado com o modelo Superspray (figura f). Assim como para velocidades de vento elevadas, como no Ensaio 3 ($V = 2,74 \text{ m s}^{-1}$), observa-se que a distribuição normal de probabilidade representou pequena discrepância entre os valores de lâmina de água simulados pela distribuição normal e observados nos ensaios de campo equipado com aspersores Superspray (figura c), corroborando assim, com HEERMANN et al. (1992), que, comparando o ajuste de distribuições de probabilidades para diferentes aspersores (de impacto e spray), observou que a distribuição normal de probabilidade se ajustou adequadamente. Estas diferenças entre as curvas normal de probabilidade para os diferentes modelos de emissores testados podem ser justificadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, tendo como fatores preeminentes a velocidade do vento e o coeficiente de variação.

4. CONCLUSÕES

As funções cumulativas da distribuição normal se ajustaram adequadamente, a 5% de significância, para os modelos de aspersores Superspray e I-Wob testados, resultando na aderência da distribuição normal de probabilidade para ambos aspersores.

Existe a necessidade de um estudo com maior número de ensaios para a melhor segurança nos resultados do teste de aderência.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas irrigação, uso da água na agricultura irrigada.** Brasília: ANA, 2017.
- ANYOJI, H.; WU, I. P. Normal Distribution Water Application for Drip Irrigation Schedules. **Transactions of ASABE**, v.37, n.1, p.159-164, 1994.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14244: Equipamentos de irrigação mecanizada - Pivô central e lateral móvel provido de emissores fixos ou rotativos - Determinação da uniformidade de distribuição de água.** Rio de Janeiro, ABNT, 1988.
- CHAGAS NETA, M. C. C; NÖRENBERG, B. G; BESKOW, S; PARFITT, J. M. B; TIMM, L. C; FARIA, L. C. Avaliação da uniformidade de distribuição em cada vão de um equipamento linear móvel de irrigação. In: **XXIII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS.** Pelotas, 2014. Anais do XXIII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas, 2014.
- CHRISTIANSEN, J. E; DAVIS, J.R. **Sprinkler Irrigation Systems.** 1967. Monograff 11. American Society of Agronomy, Madison-WI, 885 p.
- HART, W. E; REYNOLDS, W. N. Analytical design of sprinkler systems. **Transactions of ASABE**, v.8, n.10, p.83-89, 1965.
- HEERMANN, D. F; DUKE, H. R; SERAFIM, A. M; DAWSON, L. J. Distribution functions to represent center-pivot water distribution. **Transactions of ASABE**, v.32, n.5, p.1465-1472, 1992.
- KARMELI, D. Estimating Sprinkler Distribution Patterns Using Linear Regression. **Transactions of ASAЕ**, v.21, n.4, p.682-686, 1978.
- NAGHETTINI, M; PINTO, E.J de A. **Hidrologia Estatística.** Belo Horizonte: CPRM, 2007.