

## ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA DE TRÊS ASPERSORES SOB ARRANJO QUADRICULAR

Leoncio Gonçalves Rodrigues<sup>1</sup>, Aparecida Rodrigues Nery<sup>2</sup>, Luis Nery Rodrigues<sup>3</sup>, Francisco Rondynelle Rodrigues Sousa<sup>4</sup>, José Vanduir Barreira Junior<sup>5</sup>

**RESUMO:** A aplicação de água de um aspersor está condicionada a pressão exercida sobre o seu orifício de saída. Deste modo, em aspersão, a uniformidade de distribuição de água e a eficiência de aplicação dependem das características do aspersor e da pressão de operação. Vários aspectos como ângulo, diâmetro do bocal e tipo de difusor atuam sobre a distribuição de água. O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia (IFCE) Campus Crato e teve como objetivo avaliar os coeficientes de uniformidade e a eficiência de aplicação nos aspersores Fabrimar Pingo, Meganet e Vigua sob arranjo quadricular, para assim compreender como as características do aspersor podem afetar o seu desempenho. O aspersor Fabrimar Pingo apresentou um maior coeficiente de CUC, CUD e CUE com valores de 70, 53 e 53 % respectivamente se comparado aos demais, operando na faixa de pressão 1,4 kgf.cm<sup>-2</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manejo, Irrigação, Avaliação.

## ANALYSIS OF UNIFORMITY COEFFICIENTS AND WATER APPLICATION EFFICIENCY OF THREE SPRAYERS UNDER QUADRICULAR ARRANGEMENT.

**ABSTRACT:** The application of water from a sprinkler is conditioned by the pressure exerted on its outlet orifice. Thus in spray mode the uniformity of water distribution and the application efficiency depend on the characteristics of the sprinkler and the operating

<sup>1</sup> Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Gerente de Produção vegetal, Fazenda Águas da Tamanduá, PB. CEP 63185-000, Farias Brito, CE. Fone (83) 98196-0445. e-mail: leonmeid@gmail.com;

<sup>2</sup> Doutora, Professora do IFPA – Castanhal. Email: cydanery@gmail.com;

<sup>3</sup> Doutor, Professor do IFCE – Tauá. Email: luis.lunero@gmail.com;

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, IFCE – Crato. Email: rondynelle\_17@hotmail.com;

<sup>5</sup> Tecnólogo em irrigação e drenagem. Secretária de Agricultura de Mauriti- CE, vanduijunior\_agropec@hotmail.com.

pressure, various aspects such as angle, nozzle diameter and type of diffuser act on the water distribution. The present work was developed at the Federal Institute of Science and Technology (IFCE) Campus Crato. The objective of this study was to evaluate the uniformity coefficients and the efficiency of application in Fabrimar Pingo, Meganet and Vigua sprinklers under a four - way arrangement, in order to understand how the characteristics of the sprinkler can affect its performance. The Fabrimar sprinkler had a higher coefficient of CUC, CUD and CUE with values of 70, 53 and 53 %, respectively, when compared to the other operating it the pressure of 1.4 kgf.cm<sup>-2</sup>.

**KEYWORDS:** Management, Irrigation, Evaluation.

## INTRODUÇÃO

Em irrigação por aspersão a água precipita como uma chuva artificial, com intensidade por um tempo definido, a fim de suprir a falta de água ou a má distribuição de água das chuvas, promovendo o melhor desenvolvimento das culturas (BERNARDO, SOARES, MANTOVANI, 2006). Uma eficiente aplicação de água via sistema por aspersão depende da uniformidade de aplicação, assim sendo sua eficiência está condicionada a esta uniformidade. Entretanto, vários aspectos condicionam esta eficiência, como por exemplo, pressão do sistema, aspectos climáticos como temperatura e vento, tipo do aspersor e características relacionadas a este.

No mercado existem diferentes tipos de aspersores, que de igual maneira promovem diferentes taxas de aplicação e assim se obtém diferentes coeficientes de uniformidade, desse modo para melhorar o desempenho de um aspersor, deve-se empregar o uso correto do sistema para obter bons índices de eficiência. O uso correto consiste principalmente em garantir que os aspersores tenham suas exigências mínimas para operação e aplicação de águas atendidas.

Em um mesmo ponto sob as mesmas condições de clima, pressão, vazão, entre outros, os aspersores apresentam coeficientes de uniformidade bastante diferentes, mostrando que aspectos intrínsecos ao próprio aspersor afetam a aplicação de água e o desempenho do sistema. De acordo com Jardim *et al.* (2018), os aspersores em diferentes arranjos e sobreposições se comportam diferentes para mesma lâmina aplicada. A distribuição de água é afetada pelo arranjo e o tipo do aspersor (RODRIGUES *et al.* 2015).

Para avaliar o desempenho dos aspersores, adotou-se os seguintes critérios de coeficientes de uniformidade: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e Coeficiente de Uniformidade Estático (CUE). A avaliação de um sistema de aspersores permite conhecer o seu comportamento e as suas características de funcionamento, possibilitando entender quais as melhores características dos aspersores, auxiliando na escolha correta do aspersor. Outro aspecto positivo é que aumenta-se a probabilidade do alcance de bons índices de eficiência de aplicação em sistemas ao qual já se conhece o comportamento do aspersor, deste modo se obtém ainda como vantagens redução do consumo de água e energia.

O objetivo deste trabalho foi avaliar três modelos de aspersores Meganet, Fabrimar Pingo e Vigua e assim determinar os coeficientes CUC, CUD e CUE sobre arranjo quadricular, para através dos resultados obtidos, realizar um diagnóstico dos coeficientes de uniformidade e os aspectos que devem ser considerados para melhor desempenho de sistemas por aspersão.

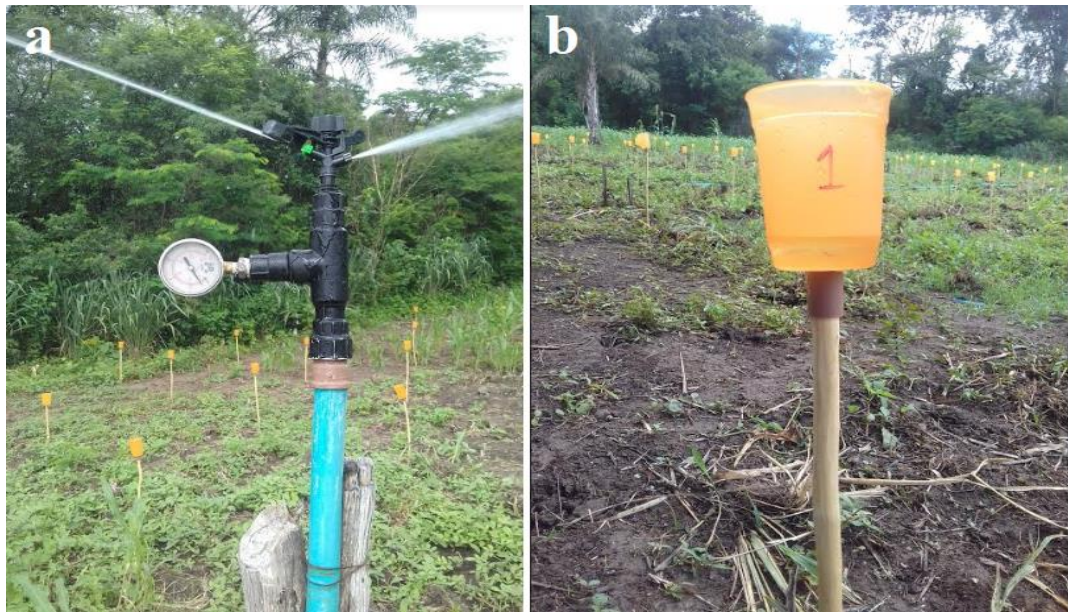
## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em uma área de cultivo de Sorgo (*Sorghum Bicolor*) localizada no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia (IFCE), Campus Crato, CE. Cartograficamente referenciado por 7° 12' S e 39° 26' W. O clima da região é o Aw, conforme classificação de Köppen com precipitação média anual de 1086 mm e temperatura média de 25 °C. Foram realizadas três avaliações duas no dia 16 e uma no dia 17 março de 2018, as avaliações tiveram duração de uma hora, realizadas no intervalo de 9:00 as 11:00 h. Sendo avaliado o aspersor que se encontrava na região mais crítica da área, por saber que há uma variação de pressão na ordem de 30% do primeiro aspersor ao ultimo e vazão de 20% de acordo com Bernardo, Mantovani e Soares, 2006.

Os aspersores avaliados foram Meganet, Fabrimar Pingo e Vigua, que operaram sob uma pressão de 1,4 kgf.cm<sup>-2</sup> por tempo de uma hora, no período da manhã sob condição de ausência de vento. A haste do tubo de subida era de PVC com diâmetro interno 0,032 m e altura de 1,5m em relação ao solo. Na base de instalação do aspersor sobre a haste foi instalado um manômetro para medição da pressão.

As avaliações dos aspersores foram realizadas de forma individual, fechando as saídas dos aspersores ao entorno. Para tanto, foi escolhida a posição mais crítica da área onde foi

realizada avaliação, deste modo se o sistema operasse satisfatório neste ponto, concluía-se que toda área atendia aos requisitos do dimensionamento. Para a coleta das lâminas foram dispostos em torno do aspersor avaliado, coletores espaçados em 2 x 2 m, ao todo foram dispostos 100 coletores. Altura do coletor em relação ao solo era de 0,7 m. Cada coletor apresentava área de secção de 44,179 cm<sup>2</sup>. A Figura 1a ilustra o esquema de instalação do aspersor e a Figura 1b dos coletores.



**Figura 1.** Esquema de instalação aspersor (a) e coletores (b).

Os coletores foram confeccionados com material improvisado, entretanto foram tomadas como referência as dimensões do kit de avaliação da Fabrimar. A medição da lâmina foi realizada com auxílio de uma proveta em mililitro e a pressão com auxílio de um manômetro graduado em psi e kgf cm<sup>-2</sup>. Com as lâminas dos coletores foi realizada a sobreposição em arranjo quadricular com auxílio do Excel® para um espaçamento de 12 x 12 m, para tanto foram criados conjuntos de dados iguais representados pelas letras Z, X, Y em que a interseção das áreas sobrepostas era realizada pela adição das lâminas que ocupavam o mesmo ponto em um plano x,y.

A partir das lâminas sobrepostas foram obtidos os valores que permitiriam realizar a determinação dos coeficientes Coeficiente de Uniformidade Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e a Eficiência de Aplicação (EA). Para elaboração de gráficos do perfil de distribuição foi utilizado o software Surfer®.

A determinação da intensidade de aplicação do aspersor foi definida através da Equação 1.

$$IA = \frac{QZ \times 3600}{E1 \times E2} \quad (1)$$

Em que:

$QZ$  - é a vazão do aspersor,  $L s^{-1}$ ;

$IA$  - Intensidade de aplicação,  $mm h^{-1}$ ;

$E1 \times E2$  - Espaçamento do aspersor em m.

A lâmina coletada no coletor em mililitros foi convertida para milímetros pela aplicação da Equação 2.

$$Lc = \frac{Vl}{Ar} \times 10 \quad (2)$$

Em que:

$Lc$  - Lâmina coletada no coletor mm;

$Vl$  - Volume coletado no coletor em  $cm^3$ ;

$Ar$  - Área do coletor em  $cm^2$ ;

10 é um fator de conversão de cm para mm.

O Coeficiente CUC foi determinado pelo método proposto por Christiansen (1942), enquanto que o Coeficiente CUD e o Coeficiente CUE foram obtidos pelo método citado por Bernardo (2006). O CUC, CUD e CUE foram obtidos pelas equações 3, 4 e 5, respectivamente.

$$CUC = \left\{ 1 - \frac{\sum^n |Lc - Lmed|}{N * Lmed} \right\} \times 100 \quad (3)$$

$$CUD = \frac{Lc \times 25}{Lmed} \times 100 \quad (4)$$

$$CUE = 100 \times \left\{ 1 - \frac{Sd}{Lmed} \right\} \quad (5)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Lc - Lmed)^2}{N - 1}} \quad (5.1)$$

Em que:

*CUC* - Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

*Lc* - Lâmina coletada no coletor no ponto *i*, em mm, para  $i=1, \dots, n$ ;

*Lmed* - Lâmina média, em mm;

*N* - Número de coletores;

*CUD* - Coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

*Lc25* - Lâmina média de 25% do total de coletores com menores lâminas, em mm;

*CU* - Coeficiente de uniformidade estatístico, em %;

*Sd*: desvio padrão, em mm.

A eficiência de aplicação foi estimada segundo método proposto por Merriam & Keller (1978) apud Bernardo, Soares & Mantovani (2006), expresso pela Equação 6. A Equação 7 permite estimar a pulverização de água pelo vento.

$$EAp = 0.9 * CUD \quad (6)$$

$$PV = 100 - EAp \quad (7)$$

Em que:

*EAp* – Eficiência de aplicação de água, em %;

*CUD* - Coeficiente de uniformidade de distribuição, em %.

*PV* – Pulverização pelo vento, em %.

A interpretação dos coeficientes avaliados se deu através dos limites propostos por Mantovani (2001) conforme Tabela 1.

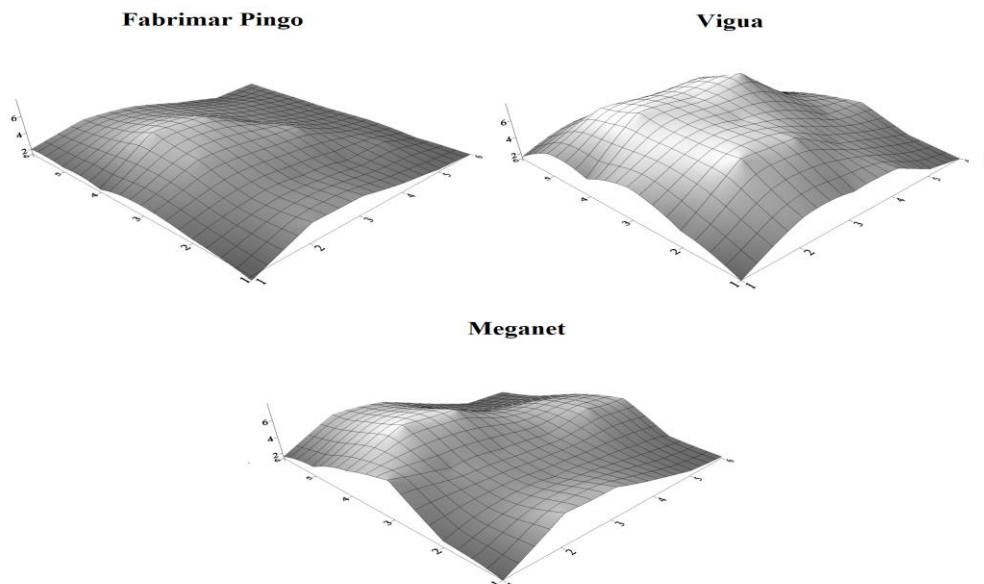
**Tabela 1.** Coeficientes de classificação das uniformidades de aplicação de água

CLASSIFICAÇÃO	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Excelente	>90	>84	90-100
Bom	80-90	68-84	80-90
Razoável	70-80	52-68	70-80
Ruim	60-70	36-52	60-70
Inaceitável	<60	<36	<60

Fonte: Mantovani (2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

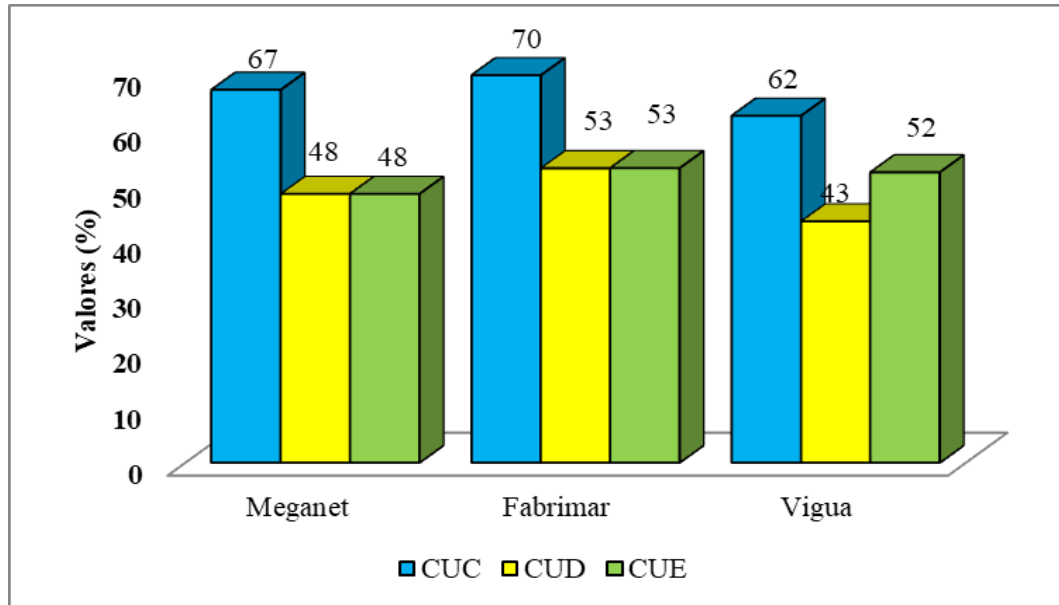
De acordo com os resultados obtidos da avaliação parcial do aspersor, e da sobreposição das lâminas em arranjo quadricular com uso do Excel® foram confeccionados os gráficos de superfície com a ferramenta Surfer®, que apresentam o perfil de distribuição da lâmina aplicada. A partir das lâminas sobrepostas determinou-se os coeficientes de uniformidade e eficiência de aplicação. A Figura 2 ilustra o perfil de distribuição dos três aspersores avaliados sob espaçamento quadricular.



**Figura 2.** Perfil de distribuição para arranjo quadricular.

Por análise visual pode-se constatar que o perfil de distribuição do aspersor Fabrimar Pingo é mais uniforme que o Vigua que por fim é menos uniforme que o do aspersor Meganet. Em termos de aplicação de água, o aspersor Vigua durante avaliação aplicava gotas maiores de água, Meganet pequenas gotas que poderiam ser mais facilmente arrastadas pelo vento, enquanto que o Fabrimar ficava em caráter intermediário. O aspersor Meganet por ser um aspersor de impacto promoveu maior fracionamento das gotas, sendo uma vantagem para culturas de folhas sensíveis, por outro lado o aspersor Vigua demonstrava formação de gotículas mais grossas que apesar de ter maior peso específico demonstrou menor uniformidade.

O CUC para os aspersores Fabrimar, Vigua e Meganet foram 70, 62 e 67 %, enquanto que o CUD se obteve 53, 43 e 48 % e o CUE 53, 52 e 48 % respectivamente. A Figura 3 apresenta os coeficientes de uniformidade para os aspersores avaliados.



**Figura 3.** Coeficientes de uniformidade.

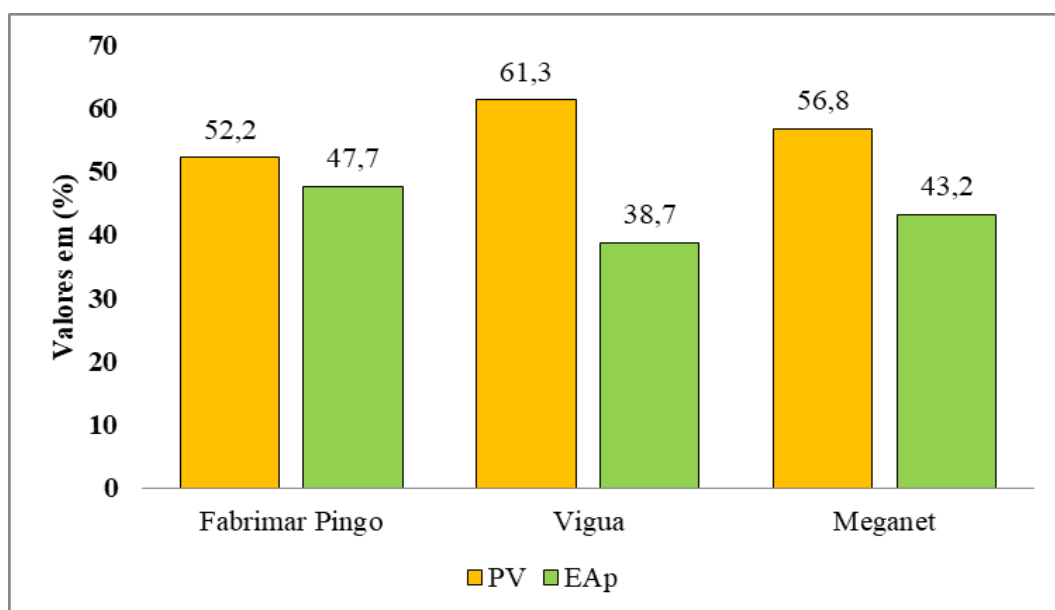
De acordo com a classificação proposta por Mantovani (2001), para o CUC e CUD o aspersor Fabrimar apresentou desempenho razoável e para o CUE inaceitável. O aspersor Vigua para o CUC, CUD e CUE apresentou coeficientes ruim e por fim o aspersor Meganet apresentou CUC, CUD e CUE classificados como ruim.

Nesta pesquisa, nota-se pela Tabela 2, em que apresenta a classificação do desempenho dos aspersores, bem como a eficiência de aplicação (Eap) e pulverização pelo vento (PV), que apenas o aspersor Fabrimar sob condição crítica de funcionamento foi capaz de apresentar uma classificação razoável, estando os demais para os diferentes coeficientes com a classificação Ruim. Para o aspersor Fabrimar a eficiência de aplicação foi de 47,7 % enquanto que a pulverização pelo vento 52,2 %. O aspersor Vigua apresentou eficiência de aplicação de 38,7% e uma pulverização pelo vento de 61,3 %. Com o aspersor Meganet obteve-se eficiência de aplicação de 43,2 % e pulverização pelo vento de 56,8 % conforme apresentado na Figura 4.



**Tabela 2.** Classificação do desempenho dos aspersores assim como a eficiência de aplicação (Eap) e pulverização pelo vento (PV).

Aspersor	CUC	CUD	CUE	EAp	PV
	Classificação			%	
Fabrimar Pingo	Razoável	Razoável	Razoável	47,7	52,2
Vigua	Ruim	Ruim	Razoável	38,7	61,3
Meganet	Ruim	Ruim	Ruim	43,2	56,8

**Figura 3.** Eficiência de aplicação (EAp) e pulverização pelo vento (PV).

A lâmina média de cada aspersor aplicada para o arranjo foi de 2,9; 3,7 e 4,64 mm.h<sup>-1</sup>, observando que apesar de aplicar uma lâmina menor o aspersor Fabrimar possui uma eficiência de aplicação maior, por outro lado aplicando a maior lâmina média o aspersor Vigua demonstra uma maior perda de água e menor eficiência.

Como o aspersor avaliado foi o último da linha na região mais crítica, pode-se afirmar que com o incremento da pressão haverá um incremento na eficiência de aplicação. Para Bernardo, Soares e Mantovani (2006), uma faixa de variação de pressão aceitável do início ao final da linha é da ordem de 30%.

Em diversas culturas cultivadas por sistemas de aspersão verifica-se um crescimento reduzido na periferia da área, tanto em virtude do efeito oásis assim como da lâmina de água reduzida se comparado com início do ramal. Para os aspersores avaliados constatou-se que o aspersor Fabrimar teve estes efeitos reduzidos, apresentando, mesmo sob condição crítica, um

coeficiente CUC e CUD razoável. Tal fato pode estar relacionado à característica física do aspersor, como ângulo de aspersão, diâmetro de bocal e sua forma.

## CONCLUSÕES

Sob a condição mais crítica, o aspersor Fabrimar Pingo apresentou os melhores índices em relação aos demais. O aspersor Fabrimar Pingo teve melhores coeficientes de uniformidade, eficiência de aplicação e menor pulverização pelo vento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625 p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. Bulletin 670, 1942. 128 p.

JARDIM, C. C. S.; MOTOMIYA, A. V. A.; ARMANDO, E. J.; SANTOS, R. O.; OLIVEIRA, R. A. **Distribuição da lâmina de água em aspersão em diferentes arranjos de sobreposição**. Convibra, 2018.

MANTOVANI, E. C. A. **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

RODRIGUES, L.G.; BEZERRA, A. E.; GOMES, A. C. P.; PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA, W. C. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM DISPOSIÇÃO TRIANGULAR E QUADRICULAR. **Anais do Iii Inovagri International Meeting - 2015**, [s.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/III-INOVAGRI-2015/01.09.2015/a046.pdf>>.

Acesso em: 12 fev. 2019.