

**Área:** Sustentabilidade | **Tema:** Educação e Sustentabilidade

**UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA DE ASPERSORES EM BANCADA LABORATORIAL  
PEDAGÓGICA.**

**UNIFORMITY OF SPRINKLER WATER APPLICATION IN PEDAGOGICAL LABORATORY BENCH**

Luiza Da Rosa Vidal, João Fernando Zamberlan, Rodrigo Fernando Dos, Marco Ivan Rodrigues Sampaio e

Rafael Pivotto Bortolotto

**RESUMO**

A irrigação por aspersão é uma das modalidades mais difundidas no mundo e especialmente na região sudeste e sul do Brasil são utilizadas em uma diversidade grande de culturas. Porém a mesma traz consigo uma desvantagem, que é a redução de uniformidade de aplicação de água quando da ocorrência de ventos fortes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da velocidade do vento em uma bancada laboratorial. Para tanto se utilizou uma bancada pedagógica laboratorial equipada com microaspersores e um exaustor onde foram realizados ensaios com diferentes velocidades do vento em 5 repetições. Os volumes foram coletados em 112 copos graduados e anotados os volumes onde posteriormente foram calculados os coeficientes de uniformidade de Christiansen. Observou-se variações nas uniformidades médias calculadas para cada tratamento. Concluiu-se que em condições de altas velocidades do vento ocorreu uma redução dos valores de uniformidade de aplicação de água na bancada.

**Palavras-Chave:** Irrigação. Aspersão. Vento. Educação

**ABSTRACT**

Sprinkler irrigation is one of the most widespread modalities in the world and especially in the southeastern and southern regions of Brazil are used in a large diversity of crops. However, it brings with it a disadvantage, which is the reduction of uniformity of application of water when strong winds occur. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of wind speed on a laboratory bench. In order to do so, we used a laboratory laboratory equipped with microsprinklers and an exhaust fan where tests with different wind speeds were performed in 5 repetitions. The volumes were collected in 112 graduated cups and the volumes were recorded where later the coefficients of uniformity of Christiansen were calculated. Variations in the average uniformities calculated for each treatment were observed. It was concluded that under conditions of high wind velocities there was a reduction of the water application uniformity values in the bench.

**Keywords:** Irrigation. Aspersion. Wind. Education

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

## **UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA DE ASPERSORES EM BANCADA LABORATORIAL PEDAGÓGICA.**

### **UNIFORMITY OF SPRINKLER WATER APPLICATION IN PEDAGOGICAL LABORATORY BENCH**

#### **RESUMO**

A irrigação por aspersão é uma das modalidades mais difundidas no mundo e especialmente na região sudeste e sul do Brasil são utilizadas em uma diversidade grande de culturas. Porém a mesma traz consigo uma desvantagem, que é a redução de uniformidade de aplicação de água quando da ocorrência de ventos fortes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da velocidade do vento em uma bancada laboratorial. Para tanto se utilizou uma bancada pedagógica laboratorial equipada com microaspersores e um exaustor onde foram realizados ensaios com diferentes velocidades do vento em 5 repetições. Os volumes foram coletados em 112 copos graduados e anotados os volumes onde posteriormente foram calculados os coeficientes de uniformidade de Christiansen. Observou-se variações nas uniformidades médias calculadas para cada tratamento. Concluiu-se que em condições de altas velocidades do vento ocorreu uma redução dos valores de uniformidade de aplicação de água na bancada.

**Palavras-chave:** Irrigação. Aspersão. Vento. Educação.

#### **ABSTRACT**

Sprinkler irrigation is one of the most widespread modalities in the world and especially in the southeastern and southern regions of Brazil are used in a large diversity of crops. However, it brings with it a disadvantage, which is the reduction of uniformity of application of water when strong winds occur. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of wind speed on a laboratory bench. In order to do so, we used a laboratory laboratory equipped with microsprinklers and an exhaust fan where tests with different wind speeds were performed in 5 repetitions. The volumes were collected in 112 graduated cups and the volumes were recorded where later the coefficients of uniformity of Christiansen were calculated. Variations in the average uniformities calculated for each treatment were observed. It was concluded that under conditions of high wind velocities there was a reduction of the water application uniformity values in the bench.

**Keywords:** Irrigation. Aspersation. Wind. Education.

## **1 INTRODUÇÃO**

A irrigação é uma técnica utilizada na agricultura que tem por objetivo fornecer água necessária as plantas no momento e na quantidade certa, garantindo produtividade e o sucesso da atividade. Para obter uma maior eficiência, esta depende da quantidade de água demandada pela cultura e dos fatores intrínsecos do processo produtivo, como condições climáticas, do solo, sistema e da própria planta. Toda a água aplicada via irrigação deve obrigatoriamente passar pelos processos fisiológicos das plantas, traduzindo-se em produção. Este fator é que define, se de fato a aplicação da água está sendo eficiente.

Devido a grande importância do uso da água na agricultura, que utiliza em média em torno de 60% da água doce, buscaram-se formas para o uso racional e consciente da água. Existem diferentes métodos de irrigação em que a água pode ser aplicada as culturas sendo alguns deles: irrigação superficial, aspersão convencional, pivô central, autopropelido, gotejamento e microaspersão.

Dentre estes o sistema de irrigação por aspersão, é um dos mais utilizados em diferentes culturas e situações. O sistema de aspersão é constituído de sistema moto bomba, tubulações e emissores (aspersor) que quando pressurizados aplicam água na forma de pequenas gotas simulando uma precipitação. O mesmo possui diferentes modalidades sendo que dentre seus principais sistemas estão a aspersão convencional, o auto propelido e o pivô central. O sistema de aspersão convencional é considerado o sistema básico de irrigação por aspersão, do qual derivam os demais. São classificados em portáteis, semipotáteis e fixos dependendo do grau de movimentação em campo.

A aspersão é um método que permite um bom controle da lâmina de água aplicada com eficiências superiores a 85%. Porém, em função de aspergir a água, esta sofre a influência do vento, podendo haver deriva, o que acaba por reduzir a sua uniformidade de aplicação e consequentemente sua eficiência.

Percebeu-se assim a necessidade da mensuração da uniformidade que a aplicação desta lâmina de água deveria ter. Portanto, utiliza-se o teste de uniformidade de Christiansen que consiste em colocar coletores em uma malha de pontos em torno do aspersor, sendo que a área é dividida em subáreas quadradas, onde os coletores de precipitação são distribuídos no centro de cada subárea, assim o volume ou a lâmina coletada em pluviômetro representou a precipitação em cada subárea. Existem diferentes coeficientes para expressar a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação por aspersão, sendo o coeficiente de Christiansen, proposto por J.E Christiansen, o coeficiente de uniformidade de distribuição recomendado pelo serviço de conservação do solo dos Estados Unidos e o coeficiente estático de uniformidade, proposto por Wilcox e Swailes, os três mais usados.

Com base nestes conceitos elaborou-se uma bancada laboratorial de irrigação por aspersão com o intuito de avaliar a uniformidade de aplicação de água e visualizar a influência que o vento possui no processo, sem a necessidade de se ir a campo. Pode-se também verificar o funcionamento das diferentes partes constituintes de um sistema de aspersão e sua influência com o meio. O referido trabalho teve como objetivo mensurar a uniformidade de aplicação de água em bancada pedagógica laboratorial sob o efeito de diferentes velocidades do vento.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A produção de alimentos necessita de verticalização produtiva dada ao aumento na demanda. Os sistemas de irrigação vêm ao encontro desta verticalização a medida que se viabiliza produzir em áreas áridas ou com baixas precipitações, reduzindo o risco de frustrações

de safra ou reduções na produtividade. Também permite que em função de suprir a demanda hídrica das culturas estas possam maximizar seu potencial produtivo. No Rio Grande do Sul, principalmente na região Fronteira Oeste e Campanha com índice pluviométrico anual de aproximadamente 1500 mm, entretanto, a região se caracteriza pela desuniformidade das precipitações, ou seja, períodos com excesso de água e outros com déficit (SOARES et al., 2017). De acordo com ANA 2017, a área irrigada no Brasil aumentou, expressivamente, de 462 mil hectares para 6,95 milhões de hectares e poderá expandir mais de 45% até 2030, atingindo 10 milhões de hectares.

A aspersão é uma das modalidades de irrigação mais populares e utilizadas no Brasil, porém, têm alguns problemas concernentes à eficiência e uniformidade de aplicação de água, sendo que tais perdas podem ocorrer basicamente por duas formas, evaporação e arraste ou deriva. SMAJSTRLA & ZAZUETA (2003) relatam que a perda de água por evaporação é aquela parcela de água que evapora das gotas pulverizadas pelo ar, e a perda por arraste ou deriva diz respeito à água carregada pelo vento para fora da área irrigada ou que seja depositada fora da área de ação do aspersor. Segundo, TARJUELO (1999), os principais fatores que interferem nos valores de perdas de água por arraste, na irrigação é a altura do aspersor, tamanho de gotas e velocidade do vento.

O conhecimento da distribuição da água aplicada em sistemas de irrigação por aspersão é de fundamental relevância, pois permite que se identifiquem as áreas deficientes ou excessivamente irrigadas, sendo que o parâmetro mais utilizado para quantificar a uniformidade de distribuição de água na irrigação foi desenvolvido por Christiansen em 1941, conhecido como coeficiente de uniformidade de Christiansen (FIETZ e HERNANI, 1994). Os referidos autores em seu trabalho observaram que a uniformidade reduzia à medida que a velocidade do vento aumentava. Ao avaliar o efeito de alguns desses fatores sobre a uniformidade de aplicação de água de sistemas convencionais de aspersão, equipados com canhões hidráulicos, AZEVEDO et al., (2000) observaram que a velocidade do vento foi o fator que mais influenciou na uniformidade de aplicação de água.

Segundo Faria *et al.*, (2009) e Justi *et al.*, (2010) os sistemas de irrigação por aspersão devem aplicar água da maneira mais uniforme possível, visto que a desuniformidade de aplicação de água diminui o retorno econômico e aumenta o impacto ambiental da irrigação, em função da redução na produtividade das culturas irrigadas e do desperdício de água, energia e de fertilizantes. A avaliação do desempenho de sistemas de irrigação é uma prática cujos irrigantes não têm dado importância, apesar de terem acessos à tecnologia, muitos não a utilizam de maneira adequada, por falta até mesmo de orientação (SILVA & SILVA, 2005). Isto indica que a irrigação pode ser excessiva ou deficitária sendo demonstrado em ambos os casos, prejuízos econômicos relevantes na agricultura irrigada (MARTINS *et al.*, 2011). A uniformidade de aplicação de água pode interferir no desempenho produtivo das culturas bem como nos custos da irrigação (COELHO et al., 2018).

Pereira *et al.*, (2016), avaliando sistema de aspersão observou que aproximadamente 79,31% da área estava recebendo uma lâmina maior ou igual à lâmina média de aplicação, sendo classificado como razoável, por (Mantovani, 2001). Martins, (2013) avaliando o desempenho de sistemas de irrigação por aspersão no Sul do Estado do Espírito Santo, encontrou um Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) médio de 70,54 %. Bertossi, (2013), avaliando um sistema de irrigação por aspersão em malha em pastagem encontrou um CUC inaceitável de 59,5%. Notadamente esses valores variam bastante dadas as condições intrínsecas de cada local estudado e do sistema. Sendo assim, Mantovani, Bernardo e Palaretti (2007) classificam a uniformidade como alta quando o CUC > 95%, uniformidade média com  $55\% < \text{CUC} \leq 95\%$  e uniformidade baixa quando o  $\text{CUC} \leq 55\%$ .

Estas determinações são importantíssimas para os sistemas irrigados por aspersão, cabendo ao profissional de irrigação e ao próprio irrigante avaliar se o sistema está sendo eficiente no uso da água. Á campo isso é extremamente relevante e os fatores meteorológicos possuem grande influência (TAMAGI et al., 2016). Portanto, na impossibilidade muitas vezes de realizar essas determinações a campo no momento da formação destes profissionais, a utilização de bancadas didáticas para demonstrar o processo ocorrente no ambiente, torna-se importantíssimo no momento da apropriação do conhecimento pelo discente ou futuro profissional. Andrade *et al.*, (2016) ressalta que o uso de bancadas para auxílio nas aulas reproduz situações que o discente irá encontrar no campo permitindo que o mesmo vá além das aulas teóricas e visualize a teoria aplicada na prática.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de Cruz Alta-RS, com clima segundo a classificação de Köpen denominado como zona fundamental temperada e tipo fundamental temperado úmido (Cfa), por possuir ocorrência de chuvas durante todos os meses e ter a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a -3°C (MORENO, 1961). A precipitação média é de 1250 mm a 1700 mm por ano, sendo que nos meses de dezembro a março são os de menor ocorrência de chuvas. O estudo e testes foram realizados junto ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação (LAHIR) da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ) durante o ano de 2018. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições, com diferentes velocidades de vento (tratamentos), uma sem vento servindo como testemunha, e as outras com 2 km/h, 8 km/h, e 12 km/h, respectivamente, com uma pressão constante da bomba em 1,9 bar, as repetições foram realizadas no período compreendido entre março e abril, uma segunda em junho e julho e uma última compreendida entre os meses de outubro e novembro, a fim de obter-se uma maior precisão na análise dos dados.

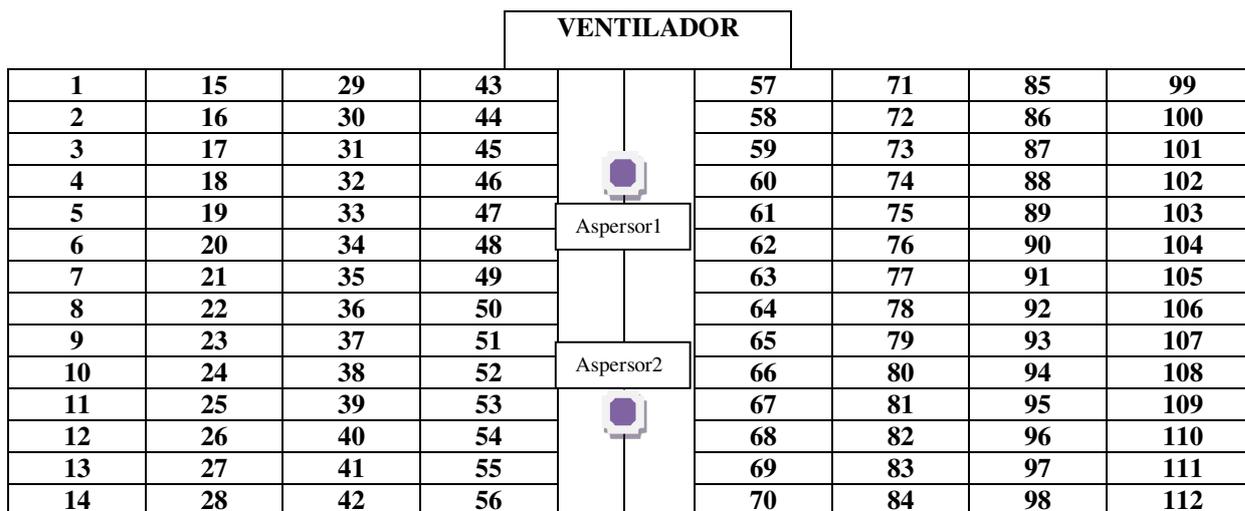
Para tanto utilizou-se uma bancada pedagógica que foi construída na própria universidade com fins didáticos para as aulas de Irrigação e Drenagem. A bancada consiste de um reservatório de água, um conjunto motobomba de 1cv de potência, dois manômetros de bourdon analógicos com glicerina, para medir a pressão na saída da bomba e outro no final da linha de aspersão. Em um tubo de PVC de 3/4 com 3,5m de comprimento estão instalados 4 microaspersores no centro da bancada. Todo esse sistema encontra-se dentro e delimitado por uma parede de vidro de 6 mm com 1m de altura da base da bancada e com duas portas laterais. Foi instalado um ventilador em uma das extremidades da bancada a uma altura de 0,5m na linha dos emissores de água, onde regula-se a velocidade do vento. No centro, existe uma canaleta que drena a água de volta ao reservatório, podendo esta ser reutilizada novamente no processo, ou seja, há um circuito fechado onde toda a água é reaproveitada no sistema. Para os testes de uniformidade foram utilizados recipientes graduados de 100 ml dispostos na bancada com distância de 10 cm x 10 cm, formando uma malha de aproximadamente 1m<sup>2</sup>, onde se alternou a velocidade do vento (0, 2, 8 e 12 km/h), que foi medida com o auxílio de um anemômetro digital portátil na altura e junto dos aspersores a cada mudança de velocidade. O sistema ficou ligado por uma hora e posteriormente, o volume de precipitação de cada recipiente foi medido e anotado, calculado a precipitação média e posteriormente a uniformidade de distribuição de água aplicada pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC):

$$CUC = 100 \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right) \quad (1)$$

Onde: CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen,  $X_i$  é o volume precipitado no recipiente,  $\bar{X}$  a média das precipitações e  $n$  o número total de recipientes.

Foram distribuídos 112 copos de 100 ml sobre a bancada com a distância de 10x 10 cm entre si, formando uma área de 1 m<sup>2</sup>. Com o auxílio de um cronometro para controlar o tempo, foram realizadas 5 repetições de cada variação das condições de vento: a testemunha sem vento, com vento a 2 km/h, com vento a 8 km/h e vento a 12 km/h. Após 1 hora a bancada era desligada e o volume coletado em cada copo foi transferido para uma proveta graduada onde o valor da lâmina era medido e anotado o este valor em uma planilha. Posteriormente eram calculados os CUCs para cada repetição e tratamento. A Figura 1 mostra a disposição dos copos graduados e a posição do ventilador e dos microaspersores.

Figura 1- Croqui da disposição dos copos na bancada laboratorial.



Posteriormente os valores dos coeficientes calculados foram classificados de acordo a Tabela 1 proposta por Mantovani (2001). Sendo os coeficientes aceitáveis para irrigação por aspersão devem estar a cima de 80% de uniformidade.

Tabela 1. Coeficientes de Uniformidade de Christiansen.

Classificação	CUC (%)
Excelente	>90
Bom	80-90
Razoável	70-80
Ruim	60-70
Inaceitável	<60

Fonte: Mantovani, 2001.

Os dados foram tabulados e analisados estatisticamente obtendo-se as médias, desvio padrão, e realizado teste f para verificar a significância e sendo significativo realizou-se teste de comparação de médias de Scott-Knott a 5% de significância. Realizou-se teste de correlação entre as velocidades do vento e os valores de precipitação medidos. Para tanto foi usado Excell e software estatístico SASM AGRI for Windows.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados ensaios de aplicação de água na mesma vazão e pressão para as diferentes velocidades do vento num total de 5 repetições onde posteriormente foram calculados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) médios. Estão descritos na Tabela 2 os resultados obtidos dos ensaios de laboratório com as médias dos tratamentos e a média de cada repetição.

Tabela 2. Valores médios do CUC para as diferentes velocidades do vento em bancada de irrigação por aspersão e teste de comparação de médias de Scott-Knott.

Nº Repetições	Sem Vento	2 km/h	8 km/h	12 km/h
CUC %				
1	90,22	86,34	69,84	68,05
2	81,54	88,19	71,74	58,89
3	87,95	83,31	66,21	56,08
4	86,62	91,23	70,17	56,25
5	83,68	85,86	59,04	47,91
Média	86,06 <b>a</b>	86,70 <b>a</b>	67,04 <b>b</b>	57,43 <b>c</b>
CV (%)	6,67			

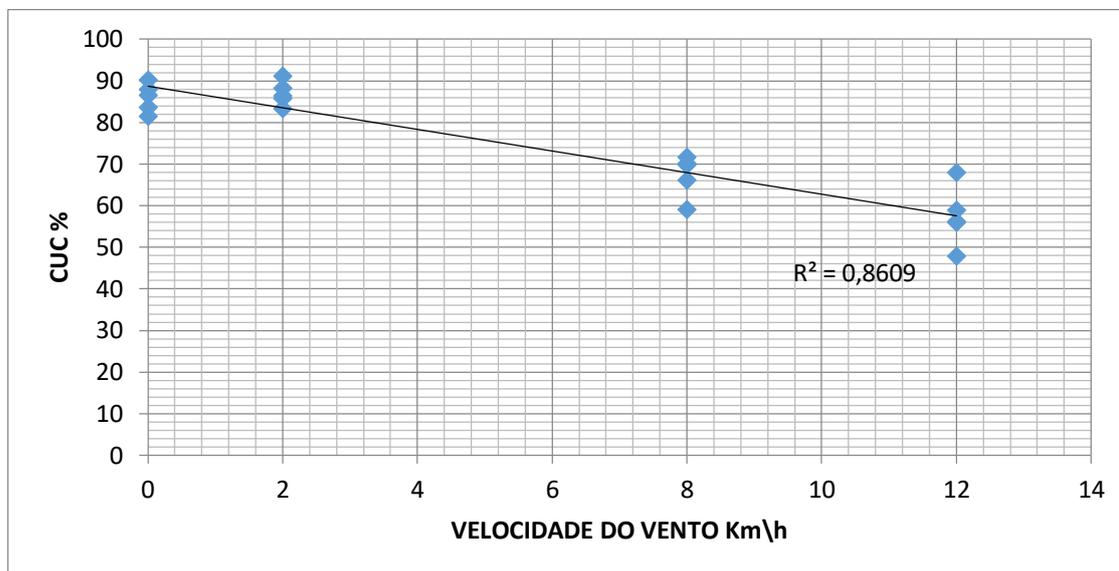
Segundo a Tabela 1, constatou-se que conforme se aumentava a velocidade do vento, o coeficiente de uniformidade diminuía, denotando a influência do mesmo na aplicação de água nos sistemas de aspersão. Não houve diferença significativa entre os tratamentos sem vento e a 2 km/h a nível de 5% de significância, talvez pela baixa velocidade do vento quase não interferir e sendo assim o vento pode ser até um auxílio de certa forma compensando algum local onde tenha recebido menor lâmina. Em sistemas de aspersão se recomendam segundo Mantovani, (2001), uniformidades de aplicação de água acima de 80-85%. E, portanto, nos tratamentos sem vento e a 2 km/h os coeficientes são bons conforme a classificação de Mantovani (2001). Neste caso, os tratamentos com velocidades do vento de 8 km/h e de 12 km/h obtiveram coeficientes de uniformidade de 67,04% e de 57,43% respectivamente. Estas médias diferem estatisticamente a nível de 5% de significância das demais médias. Estes dados comprovam que a medida que se aumenta a velocidade do vento a uniformidade reduz-se, pois uma grande parcela desta água aspergida sobre a área é derivada para outro local ou ponto da bancada. A 8 km/h o coeficiente é classificado como ruim e a 12 km/h inaceitável.

Maroufpoor et al., (2010) estudando a uniformidade de aplicação de água em sistemas de aspersão convencional, concluiu que a uniformidade é dependente das condições do campo. O coeficiente de variação teve um valor de 6,67 sendo considerado baixo estando entre os valores de 0 e 15, demonstrando uma baixa dispersão dos dados em relação a média, sugerindo homogeneidade dos dados e um baixo erro sistemático.

O valor da correlação, entre as velocidades do vento e os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen foi de -0,92786, tendo-se com isso uma correlação negativa em que à medida que aumenta a velocidade do vento diminuiu os coeficientes de uniformidade. O

Gráfico 1 mostra a relação dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e as diferentes velocidades do vento (0,2,8,12 Km/h).

Gráfico 1. Análise de regressão da variação do CUC em função da velocidade do vento.



O comportamento linear demonstrado no Gráfico 1 para as diferentes velocidades e o valor da correlação indica que quanto maior for a velocidade do vento menor a uniformidade, ou seja, a desuniformidade de aplicação das lâminas de água aplicadas pelos aspersores é maior, sendo os mesmos inversamente proporcionais. Os pontos que se encontram na reta estão mais ajustados ao modelo linear estabelecido. O coeficiente de determinação foi de 0,86 mostrando que os valores estão ajustados.

Na prática, ocorre uma maior deriva da água, em função da velocidade do vento deslocando-a para locais marginais. Este fato acarreta em uma distribuição da lâmina de irrigação desigual, implicando em diferentes aportes hídricos a cultura na mesma área podendo gerar redução do potencial produtivo, aumento dos custos da irrigação e menor eficiência no uso da água. O vento tem influência direta no jato de água aplicado por sistemas de aspersão convencionais (FARIA et al., 2012; JUSTI et al., 2010; HOLZAPFEL, 2007).

A bancada pedagógica, neste sentido demonstrou ser eficiente em reproduzir as condições e fenômenos ocorrentes no campo sendo inclusive capaz de gerar dados e mensurar variáveis para posteriormente se calcular os coeficientes. Com isso, a prática, tão necessária ao processo de ensino-aprendizagem pode ser realizada no laboratório com baixo custo, sem a necessidade de se ter uma grande área ou sistema de irrigação por aspersão instalado no campo independentemente das intempéries meteorológicas.

#### 4 CONCLUSÃO

O referido trabalho teve como objetivo mensurar a uniformidade de aplicação de água em bancada pedagógica laboratorial sob o efeito de diferentes velocidades do vento.

Portanto, ao realizarem-se os testes na bancada, constatou-se que nas velocidades de 8 km/h e de 12 km/h, houve redução da uniformidade de aplicação de água em função da deriva, e constatada pelo cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) sendo classificado como ruim e inaceitável respectivamente. Nos tratamentos sem vento e com vento a 2 km/h, não foram observadas diferenças na uniformidade de aplicação e o coeficiente foi classificado como bom.

O coeficiente de determinação foi de 0,86 mostrou que os dados estão bem ajustados ao modelo linear. A correlação é negativa denotando que a medida que se aumenta a velocidade do vento a uniformidade de aplicação é reduzida. O coeficiente de variação é baixo indicando a homogeneidade dos dados e pequena dispersão em relação as médias calculadas.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. Estudo da ANA aponta em 45% potencial de expansão da irrigação no Brasil até 2030. Disponível em: <http://sbera.org.br/pt/2017/10/estudo-da-ana-aponta-em-45-potencial-de-expansao-da-irrigacao-no-brasil-ate-2030/>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- ANDRADE, A. A. de. et al. Elaboração de bancadas didáticas para automação industrial baseadas em clps e freios de Foucault. **Revista de Ensino de Engenharia**. v.35, n.2, p.3-13, 2016.
- AZEVEDO, H.J, et al. 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.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 611p.
- BERTOSSI, A. P. et al. Avaliação de um sistema de irrigação por aspersão em malha em pastagem. **Nucleus**, v.10, n.1, 2013.
- BESKOW, S. et al. Simulação das perdas de água por evaporação e arraste, no aspersor ny-7 (4,6 mm x 4,0 mm), em sistemas de aspersão convencional. **Revista Engenharia Agrícola**. v.28. n.3. p. 427-437, 2008.
- COELHO, A. P; et al. Uniformidade de aplicação de água para sistema de pivô central e para o aspersor super 10. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.11, n.2, p.95-99, 2018.
- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124p.
- FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H. F. R.; PRADO, G. Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.19-27, 2009.
- FARIA, L. C; BESKOW, S; COLOMBO, A; OLIVEIRA, H. F. E. de. Modelagens dos efeitos do vento na uniformidade da irrigação por aspersão: aspersores de tamanho médio. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 133-141. 2012.
- FIETZ, C. R; HERNANI, L. C. Uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por aspersão convencional. **Revista Ciência Rural**. v.24, n.3, p.527-531, 1994.
- JUSTI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C. Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.264-270, 2010.
- HOLZAPFEL, E. A.; PRADO, X. M.; PAZ, V. P. S.; RODRIGUEZ, A.; ORREGO, X. C. LOPEZ, M. A. Análises técnico-econômico para selección de aspersores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.557-563, 2007.
- MAROUFPOOR, E. et al. Evaluation of Uniformity Coefficients for Sprinkler Irrigation Systems under Different Field Conditions in Kurdistan Province (Northwest of Iran). **Soil & Water**. v.5 n.4. p.139-145. 2010.
- MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV. 2001.
- MARTINS, C. A. S. et al. Desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (Zeamays L.). **Idesia**, v. 29, n. 3. p. 65-74, 2011.

MARTINS, C. L. Análise de irrigação no cultivo do café conilon no Sul do Estado do Espírito Santo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, fev, 2013.

PEREIRA, L. R. et al. Uniformidade e eficiência de aplicação de água em um sistema de irrigação por aspersão em pastagem. **Revista Agrarian**. v.9, n.32, p.156-161, 2016.

SILVA, C. A. da; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 4, n. 8, 2005.

SMAJSTRLA, A.G.; ZAZUETA, F.S. **Evaporation loss during sprinkler irrigation**. Gainesville: Agricultural and Biological Engineering Department, 2003. 8 p

SOARES, F. C. et al. Irrigação suplementar na produção de grãos e na eficiência de uso da água do feijoeiro. **Revista Agrarian**. v.9, n.34, p.374-382, 2016.

TAMAGI, J. T. et al. Uniformidade de aplicação de água de irrigação por aspersores compensantes e não compensantes em diferentes alturas. **Irriga**. v.21, n.4, p. 631-647, 2016.

TARJUELO, J.M. **El riego por aspersión y su tecnología**. 2.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1999. 565 p.