



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

RENATO WRUBLEWSKI

Desempenho e eficiência de aplicação de água de mini canhão de
irrigação com diferentes diâmetros de bocais

ERECHIM
2014

RENATO WRUBLEWSKI

DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA DE MINI CANHÃO DE
IRRIGAÇÃO COM DIFERENTES DIÂMETROS DE BOCAIS

Trabalho de conclusão de curso de
graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em
Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Von Linsingen
Piazzetta

ERECHIM
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

Av. Dom João Hoffmann, 313.
CEP: 99700-000
Bairro Fátima
Erechim/RS
Brasil

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Wrublewski, Renato

Desempenho e eficiência de aplicação de água de mini
canhão de irrigação com diferentes diâmetros de bocais:
/ Renato Wrublewski. -- 2014.
36 f.:il.

Orientador: Hugo Von Linsingen Piazzetta.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia, Erechim, RS , 2014.

1. Eficientes. 2. Lâmina. 3. Cuc. I. Piazzetta, Hugo
Von Linsingen, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

RENATO WRUBLEWSKI

**Desempenho e eficiência de aplicação de água de mini canhão de irrigação
com diferentes diâmetros de bocais**

**Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado para obtenção de
grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.**

Orientador: Prof. Dr. Hugo Von Linsingen Piazzetta

Aprovado em: 23/07/2014

Dedico primeiramente a *Deus*, a minha família, amigos, namorada e a todos que colaboraram de alguma forma para conclusão deste trabalho, em especial aos produtores rurais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, criador divino com toda sua luz, e ao meu guia que estão sempre transmitindo paz, força e coragem para mim.

Ao meu pai Irani, mãe Marizete e irmã Gabriela, pelo carinho sempre transmitido sobre todas as formas, durante estes 5 anos. Por nunca pouparem os seus esforços para me ajudar e acima de tudo me apoiar nas decisões tomadas.

A minha companheira, amiga e futura esposa Emanuele, que nunca poupou seu tempo e esforço em me ajudar, tanto nas atividades dos trabalhos acadêmicos, quanto na demonstração em diversas às formas de carinho, de compreensão, e o mais importante à paciência e a motivação para minha conclusão do curso.

Aos amigos e amizades conquistadas, que foram muitas durante estes anos, ressaltando aqueles que de alguma forma não mediram esforços para a conclusão deste trabalho.

A todos os funcionários da Empresa Provim Maquinas, especialmente aos meus Tios, Sergio e Noemi Provim, que além de chefes, são a minha segunda família, pela grande motivação, ajuda, pelas conversas, e pela oportunidade de trabalho, onde pude aprimorar os conhecimentos, uma experiência muito importante para minha vida profissional e também afetiva. E aos demais colegas funcionários da empresa, que passaram sempre seu apoio e muito auxiliaram na conclusão deste trabalho e demais formas de contribuição para minha vida.

Ao meu Professor e Orientador Hugo Von Linsingen Piazzetta, que me auxilio na busca do conhecimento, no desenvolvimento deste projeto, pela grande amizade construída, e tudo mais que foi importante para conclusão do trabalho e para a conclusão deste curso.

Aos agricultores, Carlos Wesp e família; Agostinho Mistura e família; e Zilmar Fiorentin e família, que muito contribuíram com seu tempo, seus equipamentos e pela oportunidade de concretizar este trabalho, além do conhecimento adquirido durante a visita de suas propriedades, que foram muito proveitosas para meu conhecimento.

Enfim quero agradecer, a todos que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho, tanto com trabalho físico e também por motivação e contribuições, que são muitos importantes.

“Aos outros eu dou o direito de ser como são, a mim, dou o dever de ser cada dia melhor”.

Chico

Xavier

RESUMO

A utilização da água para o uso na irrigação é um assunto amplamente discutido entre pesquisadores e sociedade civil, considerada uma prática que consome grandes quantidades de água todos os anos durante a safra. Desta forma, a busca por sistemas de irrigação mais eficientes no que tange a utilização da água, assume fundamental importância, uma vez que se busca a mitigação de fatores que levam a redução da disponibilidade dos recursos naturais. Objetivou-se com este trabalho a determinação da qualidade dos sistemas de irrigação convencional existentes na região alto Uruguai, através da escolha de três propriedades a fim de verificar o desempenho e a uniformidade aplicação de água do aspersor mini canhão PLONA KS1500 sob diferentes diâmetros de bocais. Foi realizada a quadriculação da área em torno do aspersor, constituindo um quadrante de 2636 m. No centro de cada quadrado foi colocado um pluviômetro, para coleta da lâmina aplicada. Também foram feitas aferições da pressão de serviço do aspersor, velocidade e direção do vento, umidade e temperatura do ar no momento de cada repetição, para o bocal de 12 mm, 14 mm e 16 mm, sendo que cada avaliação foi de 20 minutos. Através das coletas foram calculados os valores de: CUC (62,8-68,2%); CUD (43,1-47,7%); CUE (51,5-58,3%); CUE (51,5-58,3%); CUH (45-48,8%); Ea (85,1-89,8%); Ed (61-66%); Ei (42,3-60,8%) e UDH (53-60,3), com exceção da Ea que apresentou bons parâmetros para o sistema nos diferentes bocais. O restante dos índices e coeficiente obtidos apresentaram classificação de ruins a inaceitáveis nos diferentes diâmetro de bocais pelo sistema convencional, caracterizando a má distribuição de água aspergida pelo emissor. Os índices e os coeficientes calculados foram comparados ainda com a velocidade do vento medida durante as avaliações, encontrando uma influência direta na determinação dos coeficientes.

Palavras-chaves: Eficientes. Lâmina. CUC.

ABSTRACT

The use of water for irrigation purposes is a subject widely discussed among researchers and civil society, considered a practice that consumes large amounts of water every year during the harvest. Thus, the search for more efficient irrigation systems in relation to water use, is of fundamental importance, since it seeks to mitigate factors that lead to reduced availability of natural resources. The objective of this study was to determine the quality of existing conventional irrigation systems in high-Uruguay region, through the choice of three properties in order to verify the performance and uniformity of application of water spray mini cannon Plona KS1500 under different nozzle diameters . Was performed quadratura area around the sprinkler, forming a quadrant 2636 m. In the center of each square was placed one rain gauge for the collection of applied laminates. Measurements of the pressure of the sprinkler, speed and wind direction, humidity and air temperature were also made at the time of each repetition, to the nozzle of 12 mm, 14 mm and 16 mm, and each review was 20 minutes. Through the return value from the collections were calculated: CUC (62.8 to 68.2%); CUD (43.1 to 47.7%); CUE (51.5 to 58.3%); CUE (51.5 to 58.3%); CUH (45 to 48.8%); And (85.1 to 89.8%); Ed (61-66%); Hey (42.3 to 60.8%) and UDH (53 to 60.3), with the exception of Ea showed good parameters for the system in the different nozzles. The rest of the indices and coefficient obtained showed poor to unacceptable rating of the different diameter nozzles by the conventional system featuring maldistribution of water sprayed by the issuer. Indexes and coefficients calculated were compared with the measured wind speed during assessments, finding a direct influence on the determination of the coefficients.

Keywords: Efficient. Lamina. CUC.

Lista de Figuras

Figura 1 - Croqui da área de coleta dos dados experimentais.....	17
Figura 2 - Coletores instalados na unidade experimental.....	18
Figura 3 - Mini canhão utilizado com manômetro para monitoramento	19
Figura 4 - Anemômetro, cata-vento digital, termômetro digital e higrômetro digital .	19
Figura 5 - Correlação entre os Coeficientes de Uniformidade de aplicação de água em porcentagem (CUD, CUC, CUE e CUH) e a velocidade do vento ($m s^{-1}$)	29
Figura 6 - Índices de eficiência de aplicação de água em porcentagem (EA, ED e EI) em relação à velocidade do vento ($m s^{-1}$)	30

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) 23

Tabela 2 - Médias dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) obtidos em mini canhões equipados com diferentes conjuntos de bocais. 24

Tabela 3 - Médias da Eficiência de Aplicação de água (EA), Eficiência de Distribuição (ED), Eficiência de Irrigação (EI) e Eficiência Padrão da HSPA (UDH) obtidos em mini canhões equipados com diferentes conjuntos de bocais..... 25

Tabela 4 Médias de Intensidade de Aplicação de Água (IA) e Lâmina média aplicada, obtidos em mini canhões equipados com diferentes conjuntos de bocais..... 28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
	ANEXOS 1 – Recomendações técnicas para o mini canhão Plona KS 1500	35

1.0 INTRODUÇÃO

A irrigação consiste no uso de técnicas para aplicação de água de maneira uniforme as culturas, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água para os cultivos agrícolas em determinadas regiões, principalmente às com irregularidade pluviométrica e com longos períodos secos. Nada mais é do que um método artificial semelhante à chuva, que beneficia as culturas, mantendo e muitas vezes aumentando seu potencial produtivo.

O Brasil possui uma área em torno de 4,6 milhões de hectares irrigados, que contribuem com 16% da produção total brasileira e 35% do total da economia produzida no país. O Rio Grande do Sul contribui com cerca de 1,1 milhões de hectares, sendo que destes apenas 30 mil hectares são destinados para sistemas de aspersão, 35 mil para pivô central e 5 mil para irrigação localizada, o restante a maior parte são áreas com irrigação em superfície drenadas. Estima-se que o Brasil possui 29,5 milhões de hectares de terras apropriadas para a irrigação, sendo que deste total 14,6 milhões estariam localizados em terras altas e 14,9 milhões de hectares em áreas de varzeas, mas apenas 10,7% das áreas disponíveis são utilizadas para a finalidade de irrigação. (ANA - Agência Nacional das Águas, 2009)

Segundo dados apresentados pela ANA (2013) cerca de 53% da água captada da natureza é destinada a irrigação, porém desta apenas 66% é efetivamente aplicada nas culturas, gerando um desperdício de 34%. Sendo assim o governo brasileiro, em 1997 instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) que visa regulamentar o uso da água para os diversos fins, dentre eles na irrigação, utilizando instrumentos como a outorga e a cobrança pelo uso da água, visando à conscientização da importância da manutenção dos recursos hídricos.

O sistema de irrigação por aspersão pode ser desenvolvido utilizando diferentes tipos de emissores, dentre os quais podemos citar: canhões, mini canhões, aspersores convencionais e micro aspersores, todos distribuídos uniformemente na área irrigada, espaçados de acordo o levantamento topográfico do terreno, vazão e alcance do aspersor. Os sistemas de irrigação por aspersão podem ser utilizados em diversos cultivos, como em produção de olerícolas, produção de grãos, irrigação de pastagens ou em pomares, estes

que podem ser fixos (sistemas permanentes ou enterrados), auto propélidos convencionais (com auxílio de bomba) ou tracionados (auxílio de trator), pivô central e sistemas móveis (Sistemas portáteis ou semi-portáteis) (TESTEZLAF, 2005).

Esta forma de aplicação de água sofre grande influência das condições meteorológicas principalmente pela ação do vento e da temperatura do ar, causando excessiva evaporação em dias mais secos e carregamento da água aplicada fora do alvo específico, diminuindo sua eficiência e dificultando atender as necessidades das culturas agrícolas, requerendo do sistema uma grande vazão de água aplicada e maior demanda de energia de funcionamento do sistema. É de fundamental importância conhecer em detalhe o sistema de irrigação, toda a estrutura do sistema, funcionamento do conjunto motobomba, funcionamento dos emissores de água, pressão adequada de serviço, necessidades da cultura e as características do solo. Desta forma é possível minimizar as perdas ou insuficiência de água para a cultura irrigada e também diminuir os custos com a operacionalização do sistema, com consequência direta na preservação deste importante recurso que é a água.

Paz et al. (2002) trazem a confirmação de que com um manejo adequado do sistema de irrigação, o uso da água pode ser mais eficiente para o produtor, usufruindo do aumento da produtividade das culturas irrigadas, com consequente diminuição de custos da produção e viabilizando a prática da irrigação, com enfoque no retorno rápido dos investimentos na propriedade. Ressaltando também, que os sistemas de irrigação que não apresentam uniformidade de aplicação, eficiência de armazenamento, transporte e distribuição de água são inapropriados quando se busca máxima receita líquida e otimização do uso do recurso.

A mais direta consequência ao usuário da irrigação é a diminuição significativa dos custos com energia e mão-de-obra, apontando também a redução do impacto ambiental que sistemas mais eficientes proporcionam, visto que um sistema bem dimensionado e manejado preocupa-se não somente em utilizar a água de forma consciente, mas também conferir uma melhor produção agrícola juntamente com a preservação do ambiente sem alterações significativas na sua composição. Desta forma, a busca pela

eficiência dos sistemas de irrigação torna-se uma importante ferramenta para o manejo sustentável na agricultura irrigada praticada atualmente.

Desta forma, este trabalho objetiva analisar e comparar a homogeneidade e eficiência de aplicação de água de mini canhões de irrigação utilizando diferentes conjuntos de bocais. Para tanto, os objetivos específicos deste trabalho são:

- Determinar a Intensidade de Aplicação de água (I_a);
- Determinar o Coeficiente de Christiansen (CUC);
- Determinar o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD);
- Determinar o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE);
- Determinar o Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH);
- Determinar o Índice de Eficiência Padrão da HSPA (UDH);
- Determinar o Índice de Eficiência de Aplicação (E_a);
- Determinar o Índice de Eficiência de distribuição (E_d) e
- Determinar o Índice de Eficiência de Irrigação (E_i).
- Verificar a influência da velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar sobre a homogeneidade e eficiência de aplicação de água.

2.0 UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A uniformidade e a distribuição de água aplicada pelos sistemas de irrigação são os principais parâmetros avaliativos para qualificar a irrigação, obtidos através de coeficientes que avaliam a variabilidade da lâmina aplicada na superfície do solo. A análise da eficiência da distribuição de água pelos sistemas de irrigação é medida através de coeficientes de uniformidade estatísticos, com a realização de correta amostragem da quantidade de lâmina de água distribuída pelos aspersores com os resultados obtidos podemos obter um parecer correto de como se encontra a eficiência e desempenho completo do sistema, além disso, permite alertar sobre a ocorrência de excesso ou falta de água para a cultura irrigada (ROCHA et al., 1999).

Mantovani et al. (2009) inferem que a eficiência de um sistema de irrigação nada mais é do que a diferença entre a quantidade de água que é aspergida pelos emissores e quantidade real desta água que chega ao solo para ser aproveitada pelas culturas irrigadas. As perdas podem ser divididas em dois períodos, um durante a aplicação e outro após a aplicação de água. As perdas mais significativas são durante a aplicação, e dependem muito das características climáticas e do equipamento de irrigação usado. As perdas após a aplicação são por escoamento superficial pelo excesso de água e por percolação, que são facilmente evitadas pelo manejo correto da irrigação.

Os coeficientes utilizados para avaliação do sistema de irrigação por aspersão podem ser descritos segundo REZENDE et al. (2002) e ROCHA et al. (1999) em: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (CUC, 1942), foi o primeiro índice proposto e ainda muito usado, calculado através da média dos valores coletados nos pluviômetros; Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), proposto por Criddle et al. (1956), Coeficiente de Uniformidade estatístico (CUE) proposto por Wilcox e Swailes (1947), Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) proposto por Hart (1961) obtidos pelo calculado do desvio absoluto e a média dos valores coletados; Eficiência Padrão proposto pelo HSPA - Hawaiian Sugar Planters Association, 1895 (UDH) calculado a partir do desvio absoluto e pela média dos valores coletados nos pluviômetros; e a Eficiência de Aplicação (E_a) obtido através do cálculo entre o valor médio coletado e a lâmina média aplicada pelo aspersor em mm.

Keller e Bliesner (1990) acrescentam ainda a eficiência de distribuição de água (Ed) no intuito de determinar a eficiência de irrigação (Ei) definida pelos mesmos autores a partir do produto de três eficiências: distribuição, aplicação e condução, esta, considerada igual a um, quando o equipamento não apresenta vazamento algum no sistema de condução. Evangelista et al. (2010) propõem utilizar 80% para a área adequadamente irrigada, este parâmetro deverá ser utilizado para determinação da Ed.

De acordo com Mantovani et al. (2009) não existe um modelo para avaliação dos aspersores, as avaliações a campo são as mais indicadas para determinação da eficiência de aplicação e da uniformidade de distribuição de água. Como exemplo, quando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen for de 80%, significa que 80% da área recebeu a lâmina de água média ou superior de água.

Segundo o mesmo autor, a melhor eficiência do sistema de irrigação permite uma economia de água, mão de obra e energia, também possibilita as culturas um melhor desempenho na produção, além de reduzir o custo real do sistema.

As condições meteorológicas, como temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, são os principais fatores agravantes na uniformidade de distribuição de água pelo método de aspersão. A velocidade do vento é o fator do tempo que tem prejudicado muito a qualidade de uniformidade e eficiência da irrigação, portanto deve-se evitar irrigação em dias com altas velocidades do vento. Dentre os sistemas de irrigação por aspersão, o pivô central apresenta os melhores desempenhos em condições de ventos fortes, comparados ao autopropelido e o convencional.

A evaporação das gotículas de água aspergidas pelo emissor tem alcançado valores de até 10%, antes que essas gotas alcancem o solo. Devem-se avaliar as condições do tempo no momento da irrigação, escolhendo os períodos do dia com condições mais adequadas (ANDRADE e BRITO, 2006).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em 3 propriedades agrícolas nos municípios de Paulo Bento e de São Valentim – RS (27°35'10"S 52°29'19"W; 27°42'20.5"S 52°20'11.2"W; 27°44'18.8"S 52°24'20.4"W), no ano de 2014. As quais pertencem à zona climática designada pela letra C, com o tipo climático Cfa, segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se com um clima subtropical úmido, sem estação seca e com um verão quente com temperaturas médias em torno de 22°C, com precipitação média anual de 1777,8 mm (TORRES, 2008).

As propriedades selecionadas foram escolhidas por possuírem o sistema de irrigação convencional constituído por aspersores do tipo mini canhão.

As avaliações foram realizadas com base na metodologia proposta por Mantovani et al. (2009), que consiste no dimensionamento e quadriculação da área em quadrados exatos de 3 x 3 metros, formando um quadrante de 36 x 36 metros em torno do aspersor, foram alocados no centro de cada quadrado um coletor em altura média de 0,7 m em relação ao solo, espaçados também de 3 x 3 metros conforme croqui apresentado na Figura 1 e do coletor representado na figura 2 .

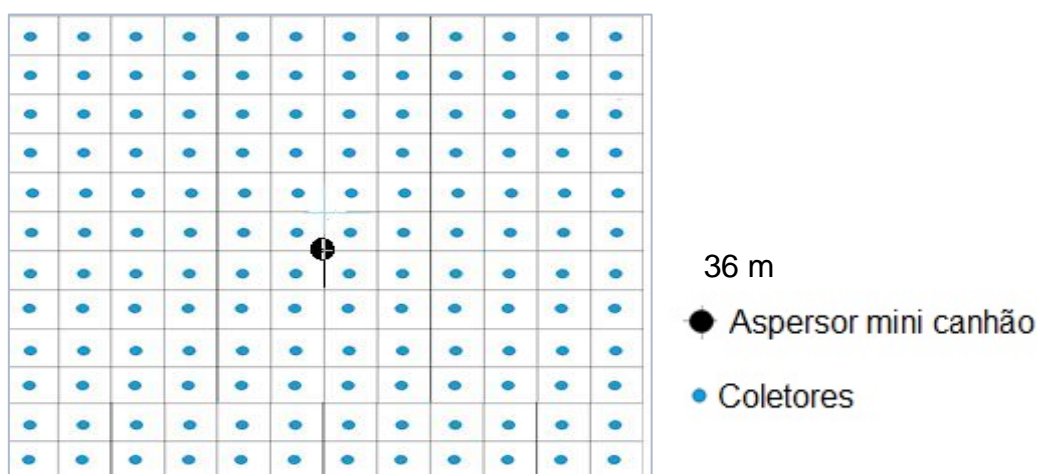


Figura 1- Croqui da área de coleta dos dados experimentais.



Figura 2 - Coletores instalados na unidade experimental

Foram comparados os conjuntos de bocais com: (1) 12x5 mm , (2) 14x5 mm e (2) 16x5 mm, instalados em um mini canhão da marca Plona® modelo KS 1500 (Figura 3), com espaçamento de 36 m entre linhas de irrigação e 36 metros entre os aspersores, distribuídos de maneira uniforme na área irrigada. Os aspersores foram dispostos a uma altura média de 1,5 metros em relação ao solo. A vazão do aspersor foi estimada em cada avaliação utilizando a Eq. 1.

$$Q = S_o \times Cd \times \sqrt{2 \times g \times PS} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

Q = vazão individual de cada aspersor ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

S_o = soma das áreas dos dois bocais presentes no aspersor (m^2)

Cd = coeficiente de descarga do aspersor; Conforme o fabricante = 0,75

g = aceleração da gravidade; $9,81 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$

PS = pressão da água medida no aspersor (mca)

Os coletores utilizados possuíam área de captação com seção circular com 0,1 m de diâmetro totalizando área de $0,00785 \text{ m}^2$ e capacidade de armazenamento de 0,5 litros. A coleta foi realizada em um tempo de irrigação de 20 minutos. Após este período, foram feitas as leituras do volume de água de cada coletor utilizando-se uma proveta graduada, permitindo assim a

estimativa da lâmina de água aplicada. Este procedimento foi realizado duas vezes para cada bocal em cada propriedade de maneira aleatória.

Para cada repetição foi realizada a aferição da pressão de serviço do aspersor com auxílio de um manômetro conforme figura 3, preenchido com glicerina e escala de 0,0 a 7,0 kgf cm⁻². Também foi monitorada a velocidade e direção do vento através de um anemômetro e cata-vento digital obtendo-se assim os valores médios naquela repetição. Também foi monitorada a temperatura e umidade relativa do ar com auxílio de um termômetro digital e higrômetro digital apresentados na figura 4.



Figura 3 - Mini canhão utilizado com manômetro para monitoramento



Figura 4 - Anemômetro, cata-vento digital, termômetro digital e higrômetro digital

A intensidade de aplicação de água (Ia) dos aspersores foi estimada através da Equação 2

$$Ia = \frac{Q}{Ea \times El} \times 1000 \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

Ia = intensidade de aplicação de água do conjunto de aspersores (mm h^{-1})

Q = vazão individual de cada aspersor ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

Ea = espaçamento entre os mini canhões na linha de irrigação (m)

El = espaçamento entre as linhas de irrigação (m)

Para determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), foi utilizada a Equação 3 proposta por Christiansen (1942).

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \times \bar{X}} \right] \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%).

X_i = precipitação observada em cada coletor (mm).

\bar{X} = média geral dos valores de precipitação (mm).

n = tamanho da amostra.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi estimado através da Equação 4 proposta por Criddle et al. (1956).

$$CUD = 100 \times \frac{X_{25}}{\bar{X}} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

X_{25} = média do menor quartil (mm) e

\bar{X} = média geral dos valores de precipitação (mm).

O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) foi obtido a partir da Equação 5 proposta por Wilcox & Swailes (1947).

$$CUE = 100 \times \left[1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1) \times (\bar{X})^2}} \right] \quad (\text{Eq.5})$$

Onde:

CUE = coeficiente de uniformidade estatístico (%);

X_i = precipitação observada em cada coletor (mm).

\bar{X} = média geral dos valores de precipitação (mm).

n = tamanho da amostra.

O coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) foi estimado através da Equação 6 proposta por Hart (1961)

$$CUH = 100 \times \left[1 - \sqrt{\frac{\pi}{2} \times \left(\frac{S_d}{\bar{X}} \right)} \right] \quad (\text{Eq.6})$$

Onde:

CUH = coeficiente de uniformidade de Hart (%);

Sd = desvio padrão da média da precipitação obtida nos coletores (mm)

\bar{X} = média geral dos valores de precipitação (mm).

Também foram estimados, através dos dados obtidos, os valores de Eficiência padrão da HSPA (UDH) (Equação 7) proposta por Hart (1961), eficiência de aplicação de água (Ea) (Equação 8) e eficiência de distribuição de água (Ed) (Equação 9) ambas as proposta por Keller e Bliesner (1990).

$$UHD = 100 \times \left(1 - 1,25 \times \frac{S_d}{\bar{X}} \right) \quad (\text{Eq.7})$$

$$ea = \frac{\bar{X}}{Y_a} \times 100 \quad (\text{Eq.8})$$

$$Ed = 100 + (606 - 24,9AAI + 0,349AAI^2 - 0,00186AAI^3) \left(1 - \frac{CUC}{100} \right) \quad (\text{Eq.9.})$$

Onde:

UHD = eficiência padrão da HSPA (%);

Sd = desvio padrão da média da lâmina obtida nos coletores (mm);

\bar{X} = média geral dos valores de precipitação (mm);

Ea - eficiência de aplicação (%) e

Y_a - lâmina média aplicada pelo aspersor (mm).

E_d = eficiência de distribuição de água (%)

AAI = área adequadamente irrigada, adotado 80% conforme Evangelista et al. (2010).

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%).

A eficiência de irrigação foi estimada a partir da (Equação 10) proposta por Keller e Bliesner (1990)

$$E_i = (E_a \times E_d \times E_c) \times 100 \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde:

E_i = eficiência de irrigação (%)

E_a = eficiência de aplicação de água (decimal)

E_d = eficiência de distribuição de água (decimal)

E_c = eficiência de condução de água, considerado 1 por não ocorrer vazamentos no sistema.

Os dados coletados nas diferentes propriedades, de acordo com cada bocal, foram utilizados para estimar-se os coeficientes de uniformidade e eficiências propostos e foram comparados de acordo com a escala proposta por Mantovani (2001) apresentada na Tabela 1 e também com os parâmetros citados por Bernado et al. (2006), que qualifica a uniformidade de aplicação, considerando os coeficientes que forem acima de 90% como excelentes, bom de 80-90%, regular 70-80%, ruim 60-70% e inaceitável abaixo de 60%.

Para o trabalho foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, sendo que cada propriedade em que foram conduzidas as avaliações correspondeu a um bloco e em cada bloco foram feitas duas repetições, totalizando 24 unidades experimentais ou quadrantes. Dentro de cada quadrante foram dispostos os 144 coletores.

Tabela 1- Classificação dos valores do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional em função do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade Estatística (Us) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição.

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

Fonte: Mantovani (2001)

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade. Para os dados homogêneos e normais foi realizada a análise de variância e posterior teste de comparação de médias utilizando o modelo de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para os dados não paramétricos foram utilizados o teste de hipóteses de Kruskal-Wallis. Também foi realizada a análise de correlação entre a velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar com os coeficientes de uniformidade estimados. As análises estatísticas foram realizadas com o software Assistat v.7.7.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes foram realizados em condições meteorológicas com velocidades de vento entre 0,5 m s⁻¹ a 4,3 m s⁻¹; valores de umidade relativa do ar entre 21,5% a 80,5%; e de temperatura entre 12,5°C a 31,9°C.

Os resultados médios dos coeficientes (CUC, CUD, CUE e CUH) obtidos pelas expressões estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) obtidos em mini canhões equipados com diferentes conjuntos de bocais.

Bocais (mm)	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)	CUH (%)
12 x 5	62,8 ^{ns}	43,1 ^{ns}	51,5 ^{ns}	45,0 ^{ns}
14 x 5	64,3	47,0	54,4	46,8
16 x 5	68,2	47,7	58,3 ⁿ	48,8

ns Não Significativo a Tukey (P≤0,05)

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que os Coeficientes de Christiansen (CUC), Estatístico (CUE), Hart (CUH) e Distribuição (CUD), não foram diferentes estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre os bocais avaliados. Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) ficaram entre 62 a 68%; o coeficiente de uniformidade distribuição (CUD) apresentou valores entre 43 a 47%; os coeficientes de uniformidade estatístico (CUE) obtidos ficaram entre 51 a 58%; e os valores de CUH também ficaram entre 45 e 48%, considerados segundo a classificação proposta por Mantovani (2001) e Bernardo et al. (2006) de ruins a inaceitáveis. Todos os coeficientes seguiram as mesmas condições, conforme diminuía o tamanho dos bocais, mostrando a má distribuição de água pelo sistema de irrigação.

Os valores dos coeficientes mais elevados, mas ainda considerados inaceitáveis, quando comparados à metodologia citada que os qualificam, foram obtidos pelos maiores bocais, principalmente o de 14 x 5 mm e 16 x 5 mm, que conseguiram atingir a melhor lâmina de água aplicada quando comparadas ao bocal de menor diâmetro com 12 x 5 mm.

Paulino et al. (2009), em trabalho realizado para avaliar a uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistema de aspersão convencional em diferentes propriedades na região de Monte Claros–MG encontraram nas 4 propriedades avaliadas diferentes valores dos coeficientes CUC, CUD, CUE e CUH, entre 80 a 30%, considerados bons em algumas propriedades e inaceitáveis em outras, constando que as principais causas evidenciadas em todas as propriedades, foram às pressões de serviço e vazões do aspersor menores do que o recomendado pelo fabricante. Segundo os autores do trabalho, esses índices obtidos constataam que se deve realizar um novo redimensionamento do sistema.

Nas avaliações realizadas nas propriedades escolhidas, as pressões de serviço e a vazão do sistema, foram encontradas pressões de 42 a 45 mca no bocal de menor diâmetro alcançando o máximo rendimento do sistema, condizendo com a pressão recomendada pelo fabricante. No bocal de médio diâmetro foram coletadas pressões de trabalho variando de 38 a 42 mca, não alcançando o máximo rendimento recomendado pelo fabricante. No bocal de maior diâmetro foram coletadas pressões de serviço variando de 20 a 25 mca. Esta variação de pressão ocorreu provavelmente em razão da redução da resistência imposta pelo bocal de maior diâmetro. Entretanto, o aumento do diâmetro do bocal compensou a redução de pressão, mantendo a vazão semelhante entre os tratamentos.

Os resultados dos Índices de eficiência (EA, ED, EI e UDH) obtidos pelas expressões estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Médias da Eficiência de Aplicação de água (EA), Eficiência de Distribuição (ED), Eficiência de Irrigação (EI) e Eficiência Padrão da HSPA (UDH) obtidos em mini canhões equipados com diferentes conjuntos de bocais.

Bocais (mm)	EA (%)	ED (%)	EI (%)	UDH (%)
12 x 5	85,1 ^{ns}	61,0 ^{ns}	52,3 ^{ns}	53,5 ^{ns}
14 x 5	66,3	62,6	42,3	55,3
16 x 5	89,8	66,7	60,8	60,3

ns Não Significativo a Tukey ($P \leq 0,05$).

A eficiência de aplicação de água (EA) no bocal de menor e maior diâmetro foi considerada boa e no de médio diâmetro foi considerada regular. Os valores da eficiência de distribuição (ED) foram considerados ruins em todos os bocais; os valores de eficiência de irrigação (EI) no bocal de menor e médio diâmetro foram considerados inaceitáveis e no de maior diâmetro foi considerado ruim; nos bocais de menor e médio diâmetro o índice de eficiência padrão HSDA (UDH) foi considerado inaceitável e no maior diâmetro de ruim, todos os índices foram qualificados de acordo com os parâmetros citados por Bernardo et al. (2006).

Para o índice EA, obtido através da lâmina média aplicada e o volume médio coletado em mm em todos os pluviômetros, o bocal de menor diâmetro apresentou valor de 85,1%, qualificado como bom, condizendo que a maior parte da lâmina de água aspergida atingiu o local correto na superfície do solo e tanto a pressão como a vazão estavam adequadas. O bocal de médio diâmetro apresentou o valor de 66,3%, classificado como ruim, como resultado da alta variação na pressão de serviço, muitas vezes chegando à mínima recomendada, resultando em uma menor lâmina aplicada, condizendo ao valor de EA calculado. O bocal de maior diâmetro foi o que apresentou o melhor índice de EA comparado aos demais bocais, considerado bom, mesmo funcionando com a pressão mínima de serviço recomendada manteve uniformidade na lâmina aplicada, o que conferiu o alto valor de EA ao sistema.

Os valores do índice de ED obtido através do CUC determinado em cada bocal ficaram em parâmetros considerados ruins em todos os bocais, esta má distribuição da lâmina de água se dá pela influência direta dos fatores condicionantes ligados diretamente ao vento, como direção e velocidade.

Os valores do índice de EI calculados através dos valores de EA, ED e EC (Eficiência de condução), para os bocais ficaram classificados como inaceitáveis, conferindo ao sistema de irrigação muita baixa eficiência de irrigação. Estes baixos índices de eficiência foram agravados principalmente pela má distribuição de água pelo sistema, causado pelas condições climáticas no momento da coleta e pela baixa pressão e vazão do aspersor, quando aumentado o diâmetro do bocal, obtendo assim menores lâminas aplicadas.

Os valores do índice padrão de HSDA (UDH) calculados pelo desvio médio dos valores coletados e a média do volume coletado em mm, para os

bocais foram classificados em: ruim no maior diâmetro e inaceitáveis ao de médio e menor diâmetro. Estes baixos valores são conferidos ao baixo volume médio coletado e a pouca variação entre os valores.

Segundo Paulino et al. (2009), em seu trabalho também foram encontrados valores de EA entre 48% a 33% e de UDH entre 71% a 30%, que condizem as propriedades que apresentaram as menores pressões e vazões coletadas foram as que apresentaram os piores índices de EA e UDH. Os baixos índices obtidos nas avaliações, também estão diretamente ligados a problemas nas tubulações, como vazamento, a falta de emissores na área irrigada, o que segundo os autores resultaram em inadequado funcionamento dos aspersores.

Amaral et al. (2011), em experimento realizado para avaliação da eficiência e grau de adequação de sistemas de irrigação por aspersão, em cidades no estado do Pará, constatou os baixos coeficientes de CUC nas propriedades avaliadas. Os principais motivos para o desempenho insatisfatório do sistema de irrigação são a falta de projeto de dimensionamento adequado do sistema, falta de manutenção e também sobre o manejo das cultura, como o plantio no espaçamento recomendado. Estes mesmos sistemas quando submetidos a simulações hidráulicas obtiveram altos índices de eficiência, evidenciando que a falta de manejo, manutenção e dimensionamento corretos do sistema, pode intensificar sua inviabilidade, com altos gastos de energia e desperdício de água.

Quando comparados os índices de uniformidade e distribuição de água superficiais calculados com os índices de uniformidade e distribuição subsuperficiais no perfil do solo, pode-se evidenciar que mesmo quando os menores índices superficiais são obtidos pelo sistema de irrigação, estes não afetam a uniformidade de água no perfil do solo e em muitas vezes estes índices se sobressaem e são maiores as superficiais, comparação esta realizada por Rocha et al. (1999) para determinar a uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo.

Quanto aos sistemas avaliados nas propriedades escolhidas, tem menos de 3 anos de instalação, e estão em perfeitas condições de manutenção, funcionamento e foram dimensionados de acordo com projeto pré-estipulado

pela Emater/Rs e empresa responsável pela instalação. Para correção dos baixos índices de uniformidade e distribuição devem ser realizados alguns manejos quando da utilização do sistema para irrigação da cultura, trabalhando-se com bocais de médio diâmetro e com o número de aspersores adequado, não superando o máximo rendimento da bomba. Podem ser utilizados os bocais de maior diâmetro, para aumento da lâmina aplicada, porém tende-se avaliar que o tempo de irrigação pode aumentar porque não se pode trabalhar com um número alto de aspersores ao mesmo tempo pela sobrecarregamento do sistema, causando falta de água na tubulação e drástica diminuição da pressão. Para isto, seria necessário um maior conjunto moto-bomba para manter a pressão ou diminuir o número de aspersores funcionando ao mesmo tempo na área irrigada, aumentando o tempo de irrigação e os custos do sistema. A recomendação é trabalhar-se com bocais médios, tendo o cuidado com o número adequado de aspersores funcionando ao mesmo tempo, para uma melhor lâmina de irrigação, irrigando uma maior área em menor tempo.

Tabela 4 – Médias de Intensidade de Aplicação de Água (IA) e Lâmina média aplicada, obtidos em mini canhões equipados com diferentes conjuntos de bocais.

Bocais (mm)	IA (mm h ⁻¹)	Lâmina Média (mm)
12 x 5	8,03 b	2,37 b
14 x 5	9,85 a	2,54 b
16 x 5	9,82 a	3,00 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os bocais de médio e maior diâmetro apresentam a melhor intensidade de aplicação de água, e a pior intensidade de aplicação foi obtida pelo menor diâmetro de bocal. A maior lâmina média aplicada foi conferida ao bocal de maior diâmetro, e a pior lâmina média foram os bocais de médio e menor diâmetro. Condizendo com o que foi discutido acima, que o maior bocal confere um maior volume aplicado na superfície do solo.

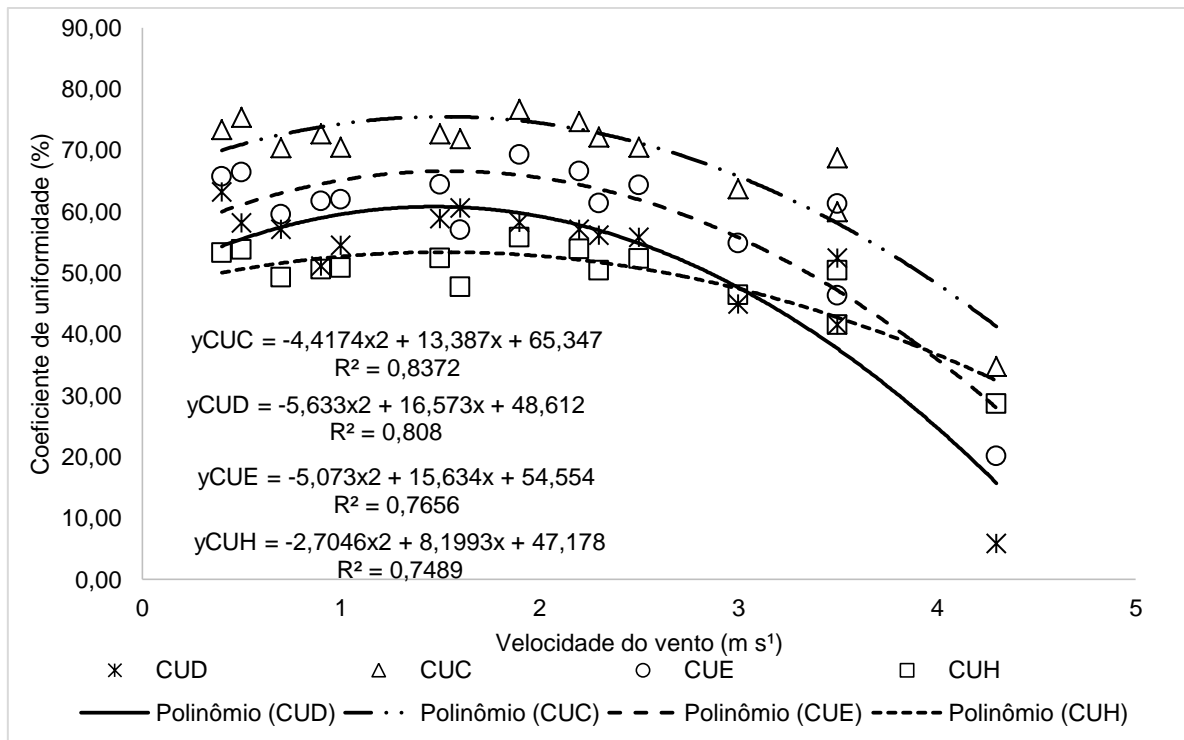


Figura 5 - Correlação entre os Coeficientes de Uniformidade de aplicação de água em porcentagem (CUD, CUC, CUE e CUH) e a velocidade do vento ($m s^{-1}$).

Observando-se a figura podemos verificar quando do aumento das velocidades do vento acima de $2,5$ até $4,3 m s^{-1}$, os coeficientes de uniformidade e distribuição de água tiverem seus valores decaídos bruscamente chegando a apresentar parâmetros inferiores a 20% , comprometendo a qualidade e a eficiência de irrigação tanto do sistema como do aspersor. Pode-se notar também que as velocidades do vento abaixo de $2,5 m s^{-1}$, causaram pouca ou nenhuma influência nos valores encontrados para os coeficientes de uniformidade. Com isso, devem-se tomar precauções quanto às condições, principalmente de vento, evitando alta velocidade que poderá comprometer a qualidade da aspersão de água, muitas vezes desperdiçando água e energia, com possíveis diminuições na produção da cultura irrigada, já que a água não está atingindo seu alvo.

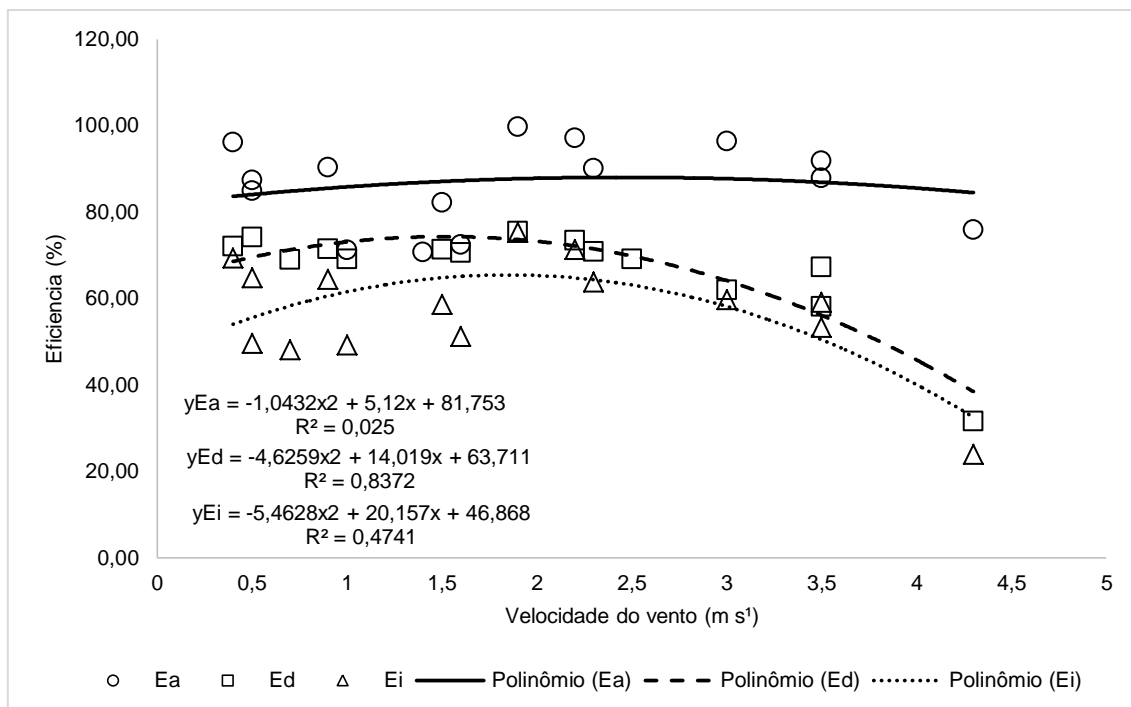


Figura 6 - Índices de eficiência de aplicação de água em porcentagem (EA, ED e EI) em relação à velocidade do vento ($m s^{-1}$).

Pode-se notar forte influência causada pelo aumento da velocidade do vento, chegando a índices inferiores a 40 %, quando a velocidade do vento estava em cerca de $4,3 m s^{-1}$. O índice de Ea foi o único que se manteve com elevados valores, não sofrendo tanta influência quanto aos demais índices, isso se da pelo fato deste índice ser obtido pela lâmina média coletada e aplicada, que apresentaram valores considerados bons nos diferentes bocais.

Segundo Mantovani et al. (2006) a velocidade do vento é fator diretamente responsável pela uniformidade de aplicação de água, podendo acarretar ao sistemas perdas de 5% e até superiores como observado na Figura 2. A alta velocidade do vento pode carregar as partículas de água aspergida pelos aspersores, que em determinados casos tem seu fracionamento e tamanho reduzido, o que facilita ainda mais o arraste para outros locais, evaporação das gotas, que não atingiram as culturas.

Faria et al. (2013), confirmam em trabalho realizado sobre a simulação da distribuição de água em diferentes condições de vento e espaçamentos entre aspersores, testando três diferentes velocidades ($1,4$; $2,8$ e $4,2 m s^{-1}$) e direções do vento (perpendicular à linha lateral de aspersores, 45° em relação

à linha lateral de aspersores e paralelo à linha lateral de aspersores) em função do espaçamento. Os coeficientes mais baixos foram obtidos por velocidades maiores que $2,8 \text{ m s}^{-1}$, e quando a direção do vento se encontra perpendicular às linhas laterais de aspersores, necessitando diminuir o espaçamento entre os mesmo, para correção da uniformidade de água, quando as velocidades do vento ultrapassarem $2,8 \text{ m s}^{-1}$.

Faccioli et al. (2009), em experimento realizado para determinação do vento sobre a uniformidade de irrigação, encontraram resultados satisfatórios quando a velocidade do vento permaneceu a valores menores do que 3 m s^{-1} (CUC 79,66%) porém quando ocorreram elevações e rajadas de vento de até 8 m s^{-1} , o CUC chegou a 63,09%, verificando a alta influência da velocidade do vento nos resultados da uniformidade, principalmente quando ocorrerem partículas de água menores, causadas pelo uso de bocais de menor diâmetro e com alta pressão de serviço, fracionando a gota, fato que ocorreu no bocal de menor diâmetro avaliado em nosso trabalho. Os autores ainda ressaltam dos horários das irrigações, que também contribuem para evaporação das partículas de água e diminuição da uniformidade.

A velocidade do vento no momento de aplicação tem influência direta na qualidade da água aspergida diminuindo consideravelmente, tanto os coeficientes de uniformidade quanto os índices de eficiência do sistema. Quando o valor da velocidade se manteve abaixo de $2,5 \text{ m s}^{-1}$, a uniformidade e distribuição de água, pouco sofreu influência pelo vento. Quando aumentada a velocidade do vento no momento da irrigação para velocidades de até 7 m s^{-1} , os coeficientes de CUC, obtiveram valores de 0 a 2%, principalmente quando tem se grande espaçamento entre os aspersores, comparação esta realizada por Azevedo et al. (2000) em trabalho realizado para determinar a influência dos fatores climáticos na uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação convencional, os autores também concluíram que a direção do vento exerce pouca influência na qualidade final dos coeficientes de uniformidade.

Neste trabalho, não foi encontrada correlação entre a umidade relativa e a temperatura do ar com os coeficientes de uniformidade e índices de eficiência de aplicação de água estudados.

5.0 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho, desenvolvidos nas propriedades avaliadas, permitem as seguintes conclusões gerais: Considerando os resultados obtidos nos coeficientes e índices nos três bocais do mini canhão, o sistema apresenta baixa qualificação segundo os parâmetros na metodologia citada, necessitando de novo manejo da irrigação; A pressão de trabalhos nos bocais de 12x5 mm e 14x5 mm, está dentro da faixa recomendada, e o bocal de 16x5 a pressão está adequada, mas no limite inferior recomendado pelo fabricante para seu funcionamento; A utilização do bocal de médio diâmetro foi o que mostrou melhores resultados, pelo funcionamento de um número considerável de aspersores funcionando ao mesmo tempo, aumentando a eficiência quanto ao tempo de irrigação, comparado as demais bocais que tem pouca eficiência, e soa facilmente afetados pelas condições de funcionamento do sistema e das condições do tempo.

Recomenda-se analisar as condições de tempo no momento da irrigação, escolhendo horas com velocidade do vento mais amenas. Estes são fatores limitantes para uma uniformidade de distribuição de água, principalmente quando se trabalha com altas pressões e ocorre fracionamento da gota, que se torna mais suscetível à evaporação e arraste.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C.L.T; BRITO, R. A. L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Embrapa milho e sorgo, Circular técnica, versão eletrônica, 2 ed., p. 1-17, dez./2006. Disponível em: <<http://ww.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: junho de 2014.

AMARAL, M. A. C. M. do. et al. Eficiência e grau de eficiência de adequação de sistemas de irrigação por aspersão. In: 9º Seminário Anual de Iniciação Científica, 2011, **Anais...** Goiás. – MG.

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, vol.4, n.2. p.10, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-3662000000200004>. Acesso em: junho de 2014.

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

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 176, n. 109, 8 jan. 1997.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124 p.

CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p. Agricultural Handbook, 82.

EVANGELISTA, W. et al. Variáveis climáticas e o desempenho de um pivô central, em Cristalina Goiás. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, vol.14 n.3. p.9, 2010.

FARIA, L. C.; PRADO, G. do.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H. F. E. de. BESKOW, S. Simulação da distribuição de água em diferentes condições de vento e espaçamentos entre aspersores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB. v.17, n.9, p.918–925, 2013.

FACCIOLI, G. G. et al. Determinação da influência do vento na uniformidade da irrigação na região de Itabaiana – SE. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. São Cristovão, 2009. **Anais...** Belo Horizonte – MG.

HART, W.E. Overhead irrigation pattern parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.7, p.354-355, 1961.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

MANTOVANI, E. C. et al. **Irrigação princípios e métodos**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, Divisão de gráfica universitária, 2009. 355p.

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

PAULINO, M. A. O. et al. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.3, n.2, p.48-54, 2009.

PAZ, V. P. da S. et al. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, 2002. p.11 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662002000300004&script=sci_arttext>. Acesso em: Junho de 2014.

REZENDE, R. et al. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p. 1553-1559, 2002. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewFile/2419/1816>> . Acesso em: Junho de 2014.


ROCHA, E. M. M. et al. Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2, p. 154-160, 1999. Disponível em: < <http://www.agriambi.com.br/revista/v3n2/154.pdf>>. Acesso em: Junho de 2014.

TESTEZLAF, R. IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO. **FA 876 – Técnicas de Irrigação**. Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, SP. 2005. 20p. Disponível em: < <http://webensino.unicamp.br/disciplinas/FA876-055506/apoio/12/aspersao.pdf>>. Acesso em: junho de 2014.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2012. 256 p. ISBN 9788522111473 (broch.).

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, v.27, n.11, p.565-583, 1947.




ANEXOS 1 – Recomendações técnicas para o mini canhão Plona KS 1500



[Peças de Reposição](#)
[Imprimir Tabela](#)


KS 1500 [Página Inicial](#)

- ▶ Rosca 1 1/2" BSP;
- ▶ Mini-Canhão de boa uniformidade mesmo a baixas pressões;
- ▶ Funcionamento seguro em ampla faixa de vazões e pressões;
- ▶ Sobre tripé forma um conjunto extremamente leve;
- ▶ Bocal com anéis intercambiáveis, acompanham o canhão;
- ▶ Bocais cônicos opcionais;
- ▶ Rosca opcional para tubo de subida de 2";
- ▶ Mancal inferior vedado contra entrada de sedimentos;
- ▶ Espaçamento máximo recomendado: diâmetro molhado x 0,6 (havendo muito vento reduzir o espaçamento).

BOCAL	Anel			Cônico	
					
Ømm	mca	Øm	m ³ /h	Øm	m ³ /h
12X5	25	48	7,27	52	9,10
	35	52	8,45	56	10,74
	45	56	9,50	62	12,18
Ømm	mca	Øm	m ³ /h	Øm	m ³ /h
14X5	25	52	9,30	56	12,46
	35	58	10,88	62	14,59
	45	64	12,26	68	16,58
Ømm	mca	Øm	m ³ /h	Øm	m ³ /h
16X5	25	56	13,61	60	16,36
	35	62	15,88	64	19,18
	45	68	17,79	70	21,67
Ømm	mca	Øm	m ³ /h	Øm	m ³ /h
18X5	25			64	22,96
	35			70	26,06

10 mca = 1 bar

Bocal de Anéis
Ring Nozzle
Boquilla de Anillos



Bocal Cônico
Tape Borg Nozzle
Boquilla Cônica

