

EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO EM PIVÔ CENTRAL COM DIFERENTES EMISSORES E ALTURAS DE APLICAÇÃO

Rodrigo Dal Sasso Lourenço¹, Nelson Sarmiento Alves Sá², Regivaldo Freitas Cavalcanti³,
Marcus Vinicius Viana Schmidt⁴, Samyra Alves Condé⁵

RESUMO: Os sistemas de irrigação por pivô central vêm sendo amplamente utilizados para cultivos de porte elevado, com isso almeja-se compreender o impacto na eficiência de irrigação em posicionar os emissores em diferentes alturas, avaliando o desempenho de um sistema de irrigação em termos de eficiência de aplicação potencial e uniformidade de distribuição, considerando diferentes tecnologias e alturas de aplicação. Foram elaborados quatro tratamentos com três diferentes placas defletoras e duas alturas de aplicação. Observou-se que os tratamentos 1 e 2 que possuem um maior diâmetro molhado obtiveram resultados de uniformidade superiores aos demais tratamentos e médias iguais estatisticamente. No entanto, para a variável eficiência de aplicação potencial os resultados variaram de acordo com a placa defletora, altura dos emissores e horário de aplicação. Destaca-se o tratamento 1 instalado a 1,80m de altura, que apresentou os melhores resultados em condições amenas de clima, porém em condições adversas de clima os tratamentos 3 e 4 se mostraram uma coerente opção de emissores instalados a 3,70m, obtendo médias iguais estatisticamente ao tratamento instalado a 1,80m.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia de aplicação, eficiência de aplicação, uniformidade de distribuição.

IRRIGATION EFFICIENCY IN CENTER PIVOT WITH DIFFERENT SPRINKLERS AND APPLICATION HEIGHTS

ABSTRACT: Center pivot irrigation systems have been widely used for high-height crops. For this reason, this study aims to understand the impact on irrigation efficiency in positioning

¹ Eng. Agrônomo; Msc. Engenharia Agrícola UFV; Consultor Irriger - Depto. Eng. Agrícola UFV Campus Universitário, 36.570.900 – Viçosa MG - (31) 98504 -6586 – rodrigodalsasso@gmail.com

² Eng. Agrônomo; MSc Engenharia Agrícola UFLA; Gerente Regional Centro-Oeste Irriger; Rio Verde – GO

³ Eng. Agrônomo; Gerente Corporativo de Irrigação e Fertirrigação – Grupo Vale do Verdão – Orlândia – SP

⁴ Eng. Agrícola; MSc Engenharia Agrícola UFV; Gerente Geral Senninger Irrigação do Brasil, Jaguariúna – SP

⁵ Eng. Agrônomo, MSc Fitotecnia UFV, Doutoranda em Fitotecnia UFV – Viçosa MG

the sprinklers at different heights, evaluating the performance of an irrigation system in terms of potential application efficiency and distribution uniformity, considering different technologies and application heights. Four treatments were elaborated with three different deflector plates and two application heights. It was observed that the treatments 1 and 2 that have a larger wet diameter obtained uniformity results greater than other treatments and showed to be statistically equal means. However, for the potential application efficiency variable the results varied according to the deflector plate, sprinklers height and application time. The treatment 1 installed at 1.80m high stands out, which presented the best results in mild climate conditions, but in adverse weather conditions treatments 3 and 4 proved to be a coherent choice of sprinklers installed at 3.70m, obtaining means statistically equal to the treatment installed at 1.80m.

KEYWORDS: application technology, application efficiency, distribution uniformity.

INTRODUÇÃO

De acordo com Bernardo et al. (2006), a eficiência de um sistema de irrigação por pivô central, é constituída de modo prático, por dois fatores principais: a eficiência de distribuição de água, que depende da fração da área adequadamente irrigada que se pretende atingir e da uniformidade de aplicação de água; e da eficiência de aplicação potencial, que reflete as perdas por evaporação e arraste da água pelo vento no trajeto entre os emissores e o alvo a ser irrigado. Essas eficiências ajustam a necessidade de água de um evento de irrigação considerando as perdas que existem pela desuniformidade do sistema, perdas essas, intrínsecas ao próprio sistema de irrigação e ou decorrentes da influência das variáveis meteorológicas.

Dechmi et al. (2003) destacam a importância da variável altura do emissor, uma vez que quanto mais alto em relação ao solo o emissor estiver instalado, maior será a trajetória das gotas até alcançar a superfície, aumentando o tempo de exposição das partículas de água às variáveis climáticas. No entanto, observa-se a necessidade de se trabalhar com os emissores instalados a uma altura mínima que assegure uma correta sobreposição das lâminas, de forma a obter uma maior uniformidade de aplicação e uma melhor cobertura da área cultivada.

Smajstrla e Zazueta (2003) afirmam que as gotas arrastadas pelo vento podem evaporar enquanto estão sendo transportadas ou cair fora da área irrigada, constituindo perdas em ambos os casos, já que a água não fica disponível para as plantas que estão sendo irrigadas.

Por outro lado, Ortíz *et al.* (2009) consideram que a porção da água arrastada que cai nas bordas da área cultivada e a retida pelo dossel não podem ser completamente consideradas perdas, pois contribuem para a redução da evapotranspiração

Tarjuelo *et al.* (2000) classificaram as perdas em dois grupos distintos, as perdas por evaporação e as perdas por arraste. As perdas por evaporação dependem principalmente das variáveis: umidade relativa, temperatura do ar e da água, velocidade do vento, altura do emissor, pressão de serviço e diâmetro de gota. No entanto, quando se considera as perdas por arraste, observa-se uma influência somente das variáveis velocidade do vento, diâmetro de gota e altura dos emissores, que irá determinar a trajetória que a gota d'água terá até alcançar a superfície do solo ou a parte aérea da planta, conseqüentemente o tempo que esta gota ficará susceptível aos efeitos da variável velocidade do vento.

As influências das variáveis intrínsecas ao sistema em relação às perdas por evaporação e arraste podem ser evitadas e ou minimizadas, garantindo assim uma maior eficiência de irrigação. Em equipamentos de irrigação por aspersão tipo pivô central que vêm sendo amplamente utilizados para o cultivo de cana-de-açúcar, há dúvidas sobre o impacto na eficiência de irrigação em se posicionar os emissores à altura dos tirantes (3,70 m) durante todo o ciclo do cultivo uma vez que baixa-los após o corte e voltar a suspendê-los gera um custo de mão-de-obra e o tubo de descida enrolado no tubo do pivô provoca redução em sua vida útil. Diante do exposto objetiva-se com este trabalho analisar o desempenho deste sistema de irrigação, levando em conta a uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação, considerando diferentes tecnologias e alturas de aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Usina Atvos, localizado no município de Cachoeira Alta, Goiás, nas coordenadas: Latitude 18°55'7.47"Sul e longitude 50°55'21.46"Oeste a uma altitude de 470 metros. Segundo a classificação de Köpen, o clima é do tipo Aw, tropical com estação de seca no inverno. A área experimental conta com um monitoramento climático de uma estação meteorológica Davis Vantage Pro II, que fica situada a 50 metros de distância do local do teste que registrou as variáveis climáticas (temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), velocidade do vento (ms^{-1}), velocidade máxima do vento (ms^{-1}), umidade relativa do ar(%), radiação solar (wm^{-2}) e precipitação (mm)) em intervalos de 10 em 10 minutos.

O equipamento utilizado para este experimento foi um sistema de irrigação por aspersão via pivô central com 655m de extensão distribuídos em 12 torres e um vão em balanço. Este equipamento conta com uma vazão de 280m³/hora cobrindo uma área de 147,2 hectares e consegue aplicar 2,80mm em 14,7 horas se configurado o percentímetro a 100%. Os emissores utilizados são de placa defletora rotativa oscilante (Iwob) acompanhados de reguladores de pressão PSR II de 69 kPa (10PSI), ambos da fabricante Senninger®,

As lâminas dos ensaios de precipitação foram obtidas em coletores Fabrimar® de 80 mm de diâmetro, espaçados equidistantemente de 3 m e instalados a altura de 0,8 m. No total foram 256 coletores dispostos em 4 linhas paralelas de 190m de comprimento espaçadas em 3m entre si. Além das lâminas coletadas, a pressão no último emissor também foi monitorada, garantindo uma pressão de no mínimo 34 kPa acima da pressão nominal do regulador de pressão (69 kPa) assegurando o desempenho dos emissores de acordo com o recomendado pelo fabricante.

Para a avaliação do sistema de irrigação em relação a uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação potencial, foram realizados 3 ensaios de precipitação em 3 distintos horários, com duração de 30 minutos cada teste. O equipamento de irrigação estava configurado com um percentímetro em 28,3% aplicando uma lâmina de 10mm. Para este ensaio foram instalados 3 diferentes emissores de placa defletora rotativa oscilante em 4 diferentes tratamentos variando a placa defletora e a altura do emissor. Cada tratamento foi representado por um lance do sistema de irrigação em estudo de acordo com a seguinte configuração: Tratamento 1: Placa defletora preta 9 ranhuras, ângulo padrão, gotas médias, instalados a 1,80m de altura. Tratamento 2: Placa defletora preta 9 ranhuras, ângulo padrão, gotas médias, 3,70m de altura. Tratamento 3: Placa defletora azul 9 ranhuras, ângulo baixo, gotas médias, 3,70m de altura. Tratamento 4: Placa defletora branca 6 ranhuras, ângulo baixo, gotas grandes, 3,70m de altura.

Para a análise da uniformidade de distribuição, aplicou-se a metodologia do coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC Christiansen (1942) modificado por Heermann e Hein (1968) que adota o desvio médio absoluto como medida de dispersão (Equação 1) e a lâmina média definida conforme Equação 2.

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \times |x_i - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n \alpha_i \times x_i} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

A lâmina média coletada é dada por:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N a_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N a_i} \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen modificado por Heerman e Hein, %;

a_i = Distância do coletor de ordem i em relação ao centro do pivô, m;

x_i = Lâmina coletada no coletor de ordem i , mm;

X = Lâmina média coletada, mm;

N = número total de coletores, adimensional.

Para a determinação das perdas por evaporação e arraste e conseqüentemente a eficiência de aplicação potencial, fez-se necessário ensaios de precipitação para a coleta da lâmina e em seguida verificou-se a relação entre a lâmina coletada com a lâmina aplicada. Este método é o mais utilizado e recomendado pela maioria dos pesquisadores, como Playán et al. (2005), Sanchez et al. (2011) e Bernardo et al. (2006). Desta forma, as PEA foram calculadas usando a seguinte equação (Equação 3):

$$PEA = \frac{L_{aplicada} - L_{coletada}}{L_{aplicada}} \cdot 100 \quad (\text{Equação 3})$$

em que,

PEA - perda por evaporação e arraste, %;

$L_{aplicada}$ - Lâmina aplicada, mm, e;

$L_{coletada}$ - Lâmina coletada, mm.

Para a obtenção dos valores de eficiência de aplicação potencial, subtrai-se o valor obtido de perdas por evaporação e arraste de 100. Para análise dos resultados de uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação, foram aplicadas análises estatísticas descritivas para compreender os valores e seus comportamentos além de um teste t de médias (α 0,05), testando as hipóteses de que as médias obtidas para cada tratamento são iguais ou diferem estatisticamente entre si.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Três ensaios de precipitação foram realizados em distintos horários. Através dos dados coletados nos ensaios foi possível mensurar a eficiência de aplicação potencial e a

uniformidade de distribuição para os diferentes tratamentos e horários. A partir de um teste t de média ($\alpha 0,05$) foi possível comparar os resultados obtidos em relação a uniformidade de distribuição (Tabela 1).

Tabela 1. Comparativo de médias através do teste t ($\alpha 0,05$) para os resultados de uniformidade de distribuição em um sistema de irrigação pivô central.

	Teste 01	Teste 02	Teste 03
	CUC %	CUC %	CUC %
Tratamento 01	96,5 a	96,6 a	96,6 a
Tratamento 02	95,8 a	95,8 a	96,6 a
Tratamento 03	91,9 b	93,9 b	93,9 b
Tratamento 04	91,8 b	93,0 b	92,9 b

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%).

Considerando os resultados de uniformidade de distribuição, destaca-se que não houve variação significativa nos valores e no comportamento dos emissores em relação aos diferentes horários e alturas de teste. Observa-se que os tratamentos 1 e 2, no qual são compostos por emissores de placa defletora preta com ângulo padrão de aplicação, proporcionaram os melhores resultados de uniformidade de distribuição e médias estatisticamente iguais de acordo com o teste t ($\alpha 0,05$), seguidos pelos tratamentos 3 e 4 que apresentaram resultados inferiores aos tratamentos 1 e 2, porém médias iguais estatisticamente entre tratamentos.

Destaca-se que os tratamentos 1 e 2 são compostos por emissores com placa defletora preta com ângulo padrão de aplicação, produzindo gotas médias com elevado diâmetro molhado e conseqüentemente uma melhor sobreposição e maiores valores de uniformidade de distribuição, além de uma taxa de precipitação instantânea reduzida. Em contrapartida os tratamentos 3 e 4 que são compostos por emissores com placa defletora azul e branca respectivamente, possuem um padrão de aplicação com um ângulo baixo, performando um diâmetro molhado menor com gotas médias e grossas, acarretando uma menor sobreposição e menores valores de uniformidade de distribuição quando comparados com os tratamentos 1 e 2.

A partir da avaliação dos resultados das estatísticas descritivas observa-se que os emissores com ângulo padrão de aplicação (Tratamentos 1 e 2) obtiveram um resultado médio de uniformidade de distribuição de aproximadamente 96%, enquanto que os emissores com ângulo baixo de aplicação obtiveram valores médios de 93%, todos valores excelentes de uniformidade, porém destaca-se uma diferença em 3% de uniformidade devido ao ângulo de aplicação e sobreposição das lâminas.

Estes resultados evidenciam que a variável uniformidade de distribuição é afetada diretamente através dos fatores intrínsecos do sistema (placa defletora, ângulo de aplicação, diâmetro molhado) e não sofre tanta influência dos fatores de clima. Em contrapartida, os resultados de eficiência de aplicação potencial variaram de acordo com a placa defletora, altura dos emissores e horário de aplicação. Os valores médios e o resultado do teste t (α 0,05) para a variável eficiência de aplicação potencial – EaP está apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Comparativo de médias através do teste t (α 0,05) para os resultados de eficiência de aplicação potencial em um sistema de irrigação via pivô central.

Teste 01		Teste 02		Teste 03	
Tratamentos	EaP %	Tratamentos	EaP %	Tratamentos	EaP %
T 01	96,9 a	T 01	88,9 a	T01	98,5 a
T 02	92,6 ab	T 03	86,7 ab	T03	91,1 ab
T 03	88,9 bc	T 04	86,5 ab	T02	90,0 ab
T 04	88,1 c	T 02	82,3 b	T 04	88,7 b

EaP – Eficiência de Aplicação Potencial (%)

Destaca-se os resultados obtidos no primeiro ensaio onde as condições meteorológicas do momento eram mais amenas em comparação com os demais horários, com a velocidade do vento variando de 0,4 até 1,5 ms^{-1} , temperatura média de 23°C e umidade relativa de 42%. Neste teste o tratamento 1 obteve resultado superior quando comparado com os demais tratamentos instalados a 3,70m. No entanto, quando comparada as médias através do teste t (α 0,05) destaca-se que o tratamento 2 instalado a 3,70m obteve médias estatisticamente iguais ao tratamento 1, diferenciando-se dos tratamentos 3 e 4 que obtiveram médias inferiores.

As condições meteorológicas do momento do segundo teste não foram tão favoráveis quanto ao primeiro, com a velocidade do vento variando de 0,8 até 3,4 ms^{-1} , temperatura média de 34°C e umidade relativa de 15%. Destaca-se os resultados do segundo teste, onde o tratamento 1 obteve um valor superior ao tratamento 2, mostrando a influência da altura dos emissores na eficiência de aplicação, indo de encontro ao que foi exposto Dechmi et al. (2003) e Tarjuelo et al. (2000) que destacaram a importância da variável altura do emissor, uma vez que quanto mais alto em relação ao solo o emissor estiver instalado, maior será a trajetória das gotas até alcançar a superfície, aumentando o tempo de exposição das partículas de água às variáveis climáticas. No entanto o tratamento 1 se mostrou estatisticamente igual aos tratamentos 3 e 4 mostrando a influência do ângulo de aplicação e diâmetro de gotas em situações de clima mais adverso, coincidindo com a afirmação Keller e Bliesner (1990) que gotas de diâmetros mais elevados são mais resistentes à deriva e apresentam uma menor área

por unidade de massa, como consequência, sofrem menos influência das perdas por evaporação e arraste.

Durante o terceiro teste a velocidade do vento variou de 0,4 até 2,3 ms^{-1} , temperatura média de 34°C e umidade relativa de 15%. Os resultados mostraram que os tratamentos 2 e 3 instalados a 3,70m de altura obtiveram medias estatisticamente iguais com o tratamento 1, onde os emissores estavam instalados a 1,80m. O Tratamento 4 se mostrou igual aos tratamentos 2 e 3 porém se diferenciou do tratamento 1. Nota-se que o tratamento 4 foi o que obteve resultados mais consistentes e menor variação em relação aos diferentes horários de aplicação, isso devido ao seu ângulo baixo de aplicação e seu diâmetro de gota mais elevado.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados observados conclui-se que os emissores com placa defletora preta e ângulo padrão de aplicação conseguem obter uma melhor performance se tratando de uniformidade de distribuição e que a variável altura do emissor não influenciou nos resultados de uniformidade para as situações testadas.

Observou-se que os emissores instalados à 1,80m obteve os melhores resultados em termos de eficiência de aplicação potencial. No entanto, em algumas situações de clima mais adverso, os tratamentos instalados a 3,70m de altura obtiveram resultados estatisticamente iguais ao tratamento instalado mais próximo do solo, se mostrando como opções interessantes para situações de cultivo e clima específicos.

Recomenda-se uma análise cautelosa de parâmetros como clima, solo, cultivo, custo operacional, mão de obra disponível, dentre outros fatores, para que se possa selecionar e configurar o emissor de acordo com a realidade do projeto. Porém destaca-se que todos os emissores e situações testadas obtiveram resultados satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

DECHMI, F.; PLAYÁN, E.; CAVERO, J. FACI, J. M.; MARTÍNEZ-COB, A. Wind effects on solid set sprinkler irrigation depth and yield of maize (*Zea mays*). **Irrigation Science**, v. 22, p. 67-77, jun. 2003a.

HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of selfpropelled center-pivot sprinkler irrigation system. Transactions of the ASAE, v.27, p.11-14, 1968

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York: NY.1990.

PLAYÁN, E.; SALVADOR, R.; FACI, J.M.; ZAPATA, N.; MARTÍNEZ-COB, A.; SÁNCHEZ, I. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. **Agricultural Water Management**, v. 76, p. 139 – 159, 2005.

SANCHEZ, I.; FACI, J. M.; ZAPATA, N. The effects of pressure, nozzle diameter and meteorological conditions on the performance of agricultural impact sprinklers. **Agricultural Water Management**, v. 102, p. 13 -24, nov. 2011.

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

TARJUELO, J. M et al. Modelling evaporation and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semi-arid conditions. **Agricultural Water Management**, v.43, p.263-284, 2000.