

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

Robson André Armindo¹, Jorge Luiz Moretti de Souza², Eduardo Teixeira da Silva³, Kaline Pasetti Castagnolli⁴

RESUMO

Neste trabalho, teve-se por objetivo determinar o perfil radial de distribuição de água, a uniformidade, o coeficiente de descarga e a curva vazão *versus* pressão de três aspersores comumente utilizados em projetos de irrigação por aspersão convencional na região de Curitiba-PR, para oferecer informações auxiliares aos projetistas da região. Os aspersores foram testados à pressão de serviço obtendo-se os dados para análise dos resultados monitorando-se variáveis como: velocidade e direção do vento; pressão de serviço, rotação e vazão dos aspersores; além do tempo de ensaio. Por anamorfose dos dados observados, geraram-se as curvas pressão *versus* vazão dos três modelos avaliados. Ajustando-se uma função *spline* cúbica, realizou-se ainda a determinação dos raios máximos de aplicação de água de cada aspersor. A partir dos resultados, conclui-se que os três modelos de aspersores apresentam aceitáveis índices de coeficientes de descarga e, que o perfil radial de distribuição de água de cada modelo avaliado se apresentou de maneira diferente, tanto em distribuição quanto ao raio molhado máximo atingido. O modelo A apresentou maior uniformidade de aplicação de água. Ademais, os modelos A e C podem ser instalados em condições de maior espaçamento, do que os recomendados pelos fabricantes, gerando-se maior economia com valores de uniformidade superiores a 80%.

Palavras chave: alcance, vazão, pressão, intensidade de precipitação.

RADIAL PROFILE, UNIFORMITY AND SPRINKLERS SPACING SIMULATION THAT ARE USED IN SPRINKLER IRRIGATION CONVENTIONAL SYSTEMS

ABSTRACT

This study aimed to determine the radial profile of water distribution, as well as the discharge coefficient and the flow versus pressure potential curve of three sprays commonly used in the design of conventional sprinkler irrigation in the region of Curitiba-PR, to provide

¹ Prof. D.Sc. Dpto. de Solos e Eng. Agrícola, Universidade Federal do Paraná (UFPR), email: rarmindo@ufpr.br

² Prof. D.Sc. Dpto. de Solos e Eng. Agrícola, Universidade Federal do Paraná (UFPR), email: jmoretti@ufpr.br

³ Prof. D.Sc. Dpto. de Solos e Eng. Agrícola, Universidade Federal do Paraná (UFPR), email: eduardo@ufpr.br

⁴ Acadêmica do Curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

technical data to the designers in the region. The sprinklers were tested at operating pressure for getting the data to generate water radial distribution profiles, flow versus pressure potential curve and their discharge coefficients. Variables such as wind speed and direction, working pressure, rotation and flow rate were monitored. It was also carried out a set of cubic adjusts according to ASABE technical standards for determining the maximum range of water application. It was concluded that, in the given experiment conditions, the three models of sprinklers had acceptable coefficients of discharge and that the radial profile of each water distribution model is presented in a different distribution and wet radius reach. The model A presented greater uniformity of water application. Furthermore, the A and C models can be installed in conditions of greater spacing than those recommended by the manufacturers, generating a greater savings uniformity values above 80%.

Keywords: reach, flow rate, pressure, precipitation intensity.

INTRODUÇÃO

A irrigação é uma operação agrícola que tem como finalidade básica disponibilizar água para a planta mantendo o solo com umidade adequada utilizando, para isso, os métodos de irrigação. Fatores como o dimensionamento correto e o manejo eficiente do sistema projetado são importantes para o sucesso do sistema de irrigação. Dentre os métodos de irrigação existentes pode-se citar o de aspersão, que reproduz artificialmente a chuva.

Um sistema de irrigação deve proporcionar água uniformemente para as plantas buscando-se o aumento da produtividade, a redução do custo por unidade produzida e o aumento da renda líquida do produtor, ou seja, deve ser economicamente viável. Ademais, um adequado controle de irrigação por aspersão deve distribuir a água sobre a superfície do solo promovendo-se a infiltração, sem que haja escoamento superficial.

As características de distribuição de água dos aspersores dependem do modelo de aspersor considerado e das suas condições operacionais como: altura de instalação, diâmetros dos bocais, pressão de serviço, ângulo de saída do jato e velocidade de rotação, além das condições climáticas durante sua operação (KING et al., 2011). Clemmens & Molden (2007) mencionam que vários parâmetros de desempenho são utilizados para avaliar a distribuição de água na irrigação por

aspersão. Um deles faz uso de modelos de simulação de distribuição espacial da água, efetuada a partir dos perfis estacionários de distribuição de água dos aspersores, sendo analisados sob as mesmas condições presentes no campo (CARRIÓN et al., 2001). De acordo com Marin-Benito et al. (1992), as três formas geométricas mais frequentes dos perfis radiais de distribuição de água dos aspersores de tamanho médio são: a) elíptica, obtida quando se trabalha com apenas um bocal; b) rosquilha, obtida quando o aspersor opera em pressões de serviço muito baixas e; c) triangular, obtida quando se trabalha com aspersores com dois bocais. Pereira (1995) comparou a uniformidade de aplicação de água de sistemas estacionários, operando com aspersores de perfis radiais tipo triangular, rosquilha e elíptico, concluindo que, na maioria das situações, o perfil triangular proporciona os melhores resultados, enquanto o perfil rosquilha proporcionava os menores valores de uniformidade. Assim, o perfil radial de distribuição, simula a distribuição de água de determinado sistema de aspersão convencional (PAZ, et al., 2002).

A aplicação da água por sistemas de irrigação não é perfeitamente uniforme. Para um método de irrigação em particular, elevada uniformidade pode ser alcançada ocorrendo, no entanto, um aumento dos custos de operação. É comum expressar-se a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação por meio de

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

coeficientes de uniformidade que expressem à variabilidade da lâmina de irrigação aplicada sobre o solo (BRENNAN, 2008).

De acordo com Justi et al., (2010), o coeficiente de uniformidade proposto por Christiansen (CUC) é amplamente utilizado para avaliar a uniformidade de sistemas de irrigação por aspersão. Adota-se, como referência para sistemas de irrigação por aspersão, o valor mínimo de CUC de 0,80 ou 80%. Valores inferiores a este podem ser admitidos se a precipitação pluvial apresentar valor significativo durante a estação de cultivo, ou se a diminuição dos custos do sistema com a redução da uniformidade compensar na

diminuição da receita, devido à redução na produção da cultura (ZOCOLER, et al., 1999). Já o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) se apresenta como outra forma de avaliação e relaciona a medida da distribuição da água média do menor quartil dos dados com a lâmina média aplicada em toda área de irrigação.

Neste trabalho, teve-se por objetivo determinar o perfil radial de distribuição de água, o coeficiente de descarga, avaliação da uniformidade e a curva pressão *versus* vazão de três aspersores amplamente utilizados em projetos de irrigação para a olericultura na localidade de Curitiba e região metropolitana, a fim de difundir suas características aos projetistas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma área plana e gramada no Setor de Ciências Agrárias (SCA), pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Curitiba-PR. Para a avaliação dos três modelos de aspersores, montou-se uma estrutura de testes composta de: conjunto motobomba de potência de 2 cv, caixa d'água de capacidade de 3000 L,

hidrômetro, manômetro tipo *Bourdon*, anemômetro e tubulações de engate rápido de PVC de 50 mm de diâmetro e 6 m de comprimento (Figura 1-b). A altura de instalação do aspersor (Aa) foi de 0,5 m, muito utilizada em projetos de irrigação em olericultura por produtores da região metropolitana de Curitiba-PR e diferente da altura padrão de 1,0 m adotada em ensaios realizados pelos fabricantes.

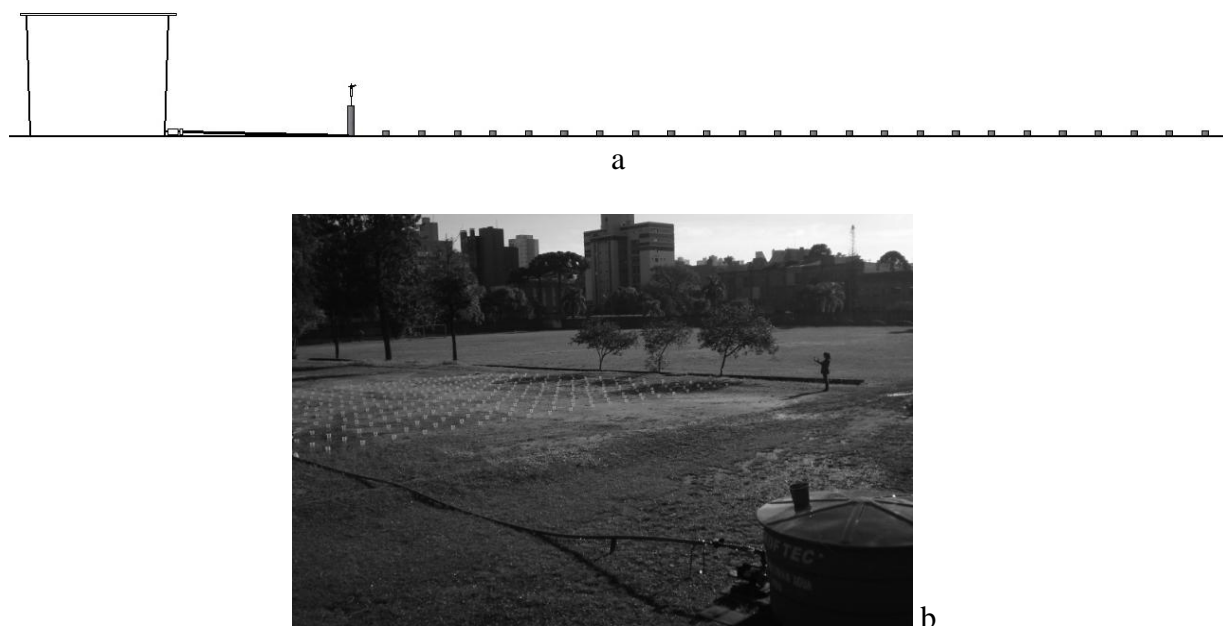


Figura 1- Imagem da área onde foi realizado o experimento. a) disposição dos coletores para os testes de perfil radial; b) disposição dos coletores para os testes de uniformidade.

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

Na primeira etapa, realizaram-se testes para determinação do perfil radial de três aspersores de distintos fabricantes. Os aspersores foram separados e classificados em aspersores de Modelo A, Modelo B e Modelo C (Tabela 1). Sobre o solo foram colocados coletores alinhados

unidirecionalmente, distanciados a 0,5 m entre si e com seção de coleta maior que 0,08 m de diâmetro, como recomenda a *American Society of Agricultural & Biological Engineering* (ASABE) que normatiza esses ensaios.

Tabela 1 – Dados referentes às características dos modelos de aspersores ensaiados.

Aspersores	Modelo A	Modelo B	Modelo C
Diâmetros dos bocais (mm)	3,50 x 2,50	5,00 x 4,60	5,56 x 3,18
vazão nominal ($m^3 h^{-1}$)	0,97	2,43	2,34
Pressão de serviço (mca)	25	25	25
Raio molhado máximo (m)	13,00	15,50	15,05

Nos ensaios, testou-se cada aspersor à pressão de serviço (H_s) durante 1 h, valendo-se de três repetições a fim de determinar as médias das leituras. Com o auxílio de uma proveta, realizou-se a leitura da lâmina precipitada em cada coletor, em mm, e valendo-se do manômetro para aferição de pressão, e do hidrômetro para determinação da vazão (q), coletaram-se dados para a determinação dos perfis radiais de distribuição, das curvas vazão *versus* pressão e do coeficiente de descarga (cd) dos três modelos testados. O cd foi determinado como o coeficiente angular da reta 1:1, obtida pela relação entre as vazões observada e estimada para toda faixa de pressão, uma vez que na linha lateral de aspersão somente um aspersor atua na H_s . Os ensaios foram conduzidos em condições de vento com velocidade menor que $1,1 m s^{-1}$, como é recomendado para irrigação por aspersão convencional.

Para determinação do raio máximo de aplicação de água (R_{max}), para cada aspersor testado, realizou-se um ajuste em função *spline* cúbica dos últimos quatro pontos de coleta, conforme eq.(1), para as eq. (2) e (3).

encontrar a posição correspondente à intensidade mínima de precipitação no valor de $0,26 mm h^{-1}$, como recomenda a norma técnica ASABE.

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (1)$$

em que:

y: intensidade mínima de precipitação, $mm h^{-1}$;

x: distância ou alcance correspondente à intensidade mínima de precipitação, m;

a, b, c, d: parâmetros de ajuste da função *spline* cúbica, adimensionais.

Na segunda etapa coletaram-se as lâminas precipitadas, para análises de uniformidade, em malha regular de coletores espaçados de 1,0 m (Figura 1-b). A duração dos testes também foi de 1 h, nas condições recomendadas pelos fabricantes monitorando-se sempre a q , a velocidade rotação do aspersor (n) e a velocidade do vento (U). Para analisar a uniformidade dos aspersores, calculou-se com os dados de lâminas sobrepostos o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), por meio

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

$$CUC(\%) = \left[\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

$$CUD(\%) = \left(\frac{\bar{X}_{25\%}}{\bar{x}} \right) \times 100 \quad (3)$$

em que:

\bar{x} : média dos valores de lâmina sobrepostos, mm;

x_i : i-ésimo valor de lâmina precipitada em cada pluviômetro, mm;

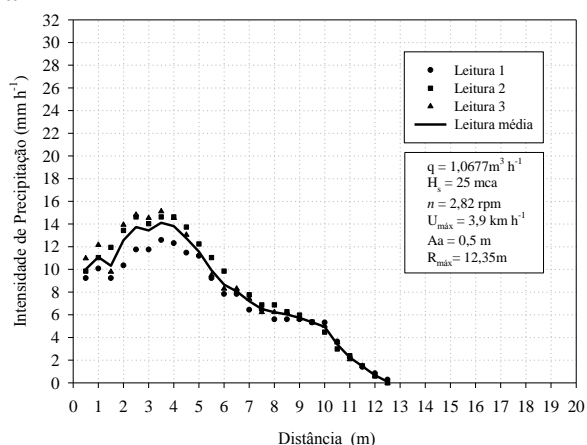
$\bar{X}_{25\%}$: média dos valores de lâmina precipitada do menor quartil, mm.

n: número total de termos da soma, adimensional;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se os gráficos gerados a partir dos resultados gerados na primeira etapa, percebe-se que o modelo A apresentou perfil radial do tipo triangular, enquanto os modelos B e C apresentaram perfil radial do tipo rosquilha (Figura 2). Analisando-se os perfis radiais de distribuição dos três modelos avaliados, percebe-se que até o alcance de 3,0 m, houve tendência de aumento da taxa de aplicação do modelo A, ocorrendo a partir

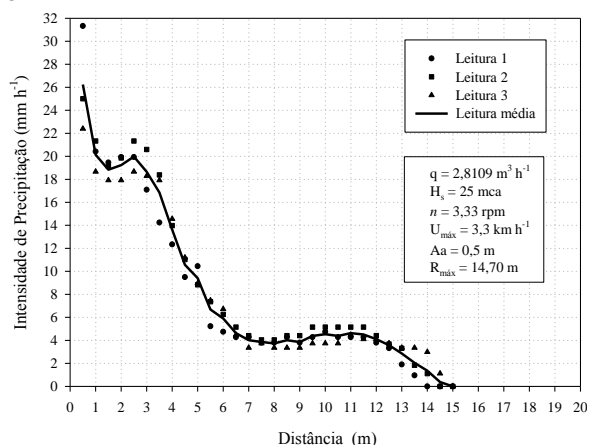
a



Na terceira e última etapa, buscou-se economizar os recursos financeiros do irrigante realizando-se simulações de espaçamentos maiores entre os aspersores avaliados com o objetivo de reduzir o custo fixo no projeto de irrigação. Estabelecendo-se um critério de exigência de CUC maior que 80%, simularam-se espaçamentos tais que aproximassem o CUC desse índice mínimo necessário. Contudo, utilizaram-se apenas espaçamentos maiores do que os alcances informados pelos fabricantes, pois espaçamentos menores fugiriam da proposta de diminuir custos.

daí, uma redução esperada até atingir seu alcance máximo de aplicação. Os resultados do modelo B apresentaram alta intensidade de precipitação nos primeiros 3,0 m, sendo que a partir desse ponto houve acentuada redução de sua aplicação. Já modelo C apresentou menor variação da intensidade de precipitação ao longo de todo seu raio de aplicação mostrando-se menos sensível a variações ao longo desse raio.

b



PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

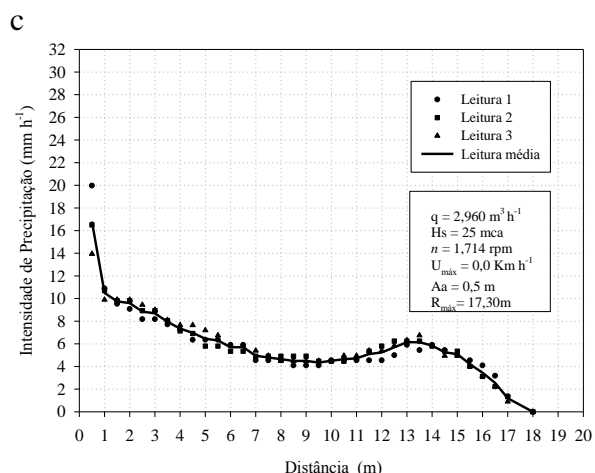


Figura 2 – Imagem do perfil radial de distribuição de água dos três aspersores avaliados. a) modelo A, b) modelo B e c) modelo C.

Obteve-se a relação vazão observada *versus* pressão dos três modelos avaliados (Figura 3). Os modelos gerados a partir da anamorfose dos dados apresentaram ótimos ajustes de regressão. Pode-se verificar que para a mesma H_s recomendada pelos fabricantes (25 mca), o

modelo C apresentou vazão ligeiramente maior que o modelo B. Já o modelo A, que possui menor porte, disponibilizou vazão bem inferior em relação aos modelos B e C para toda faixa de pressão. Entre os modelos B e C não houve diferença significativa nas vazões para toda faixa de pressão ensaiada.

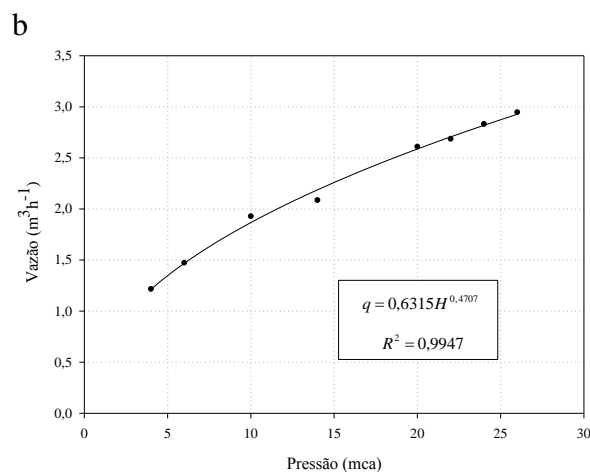
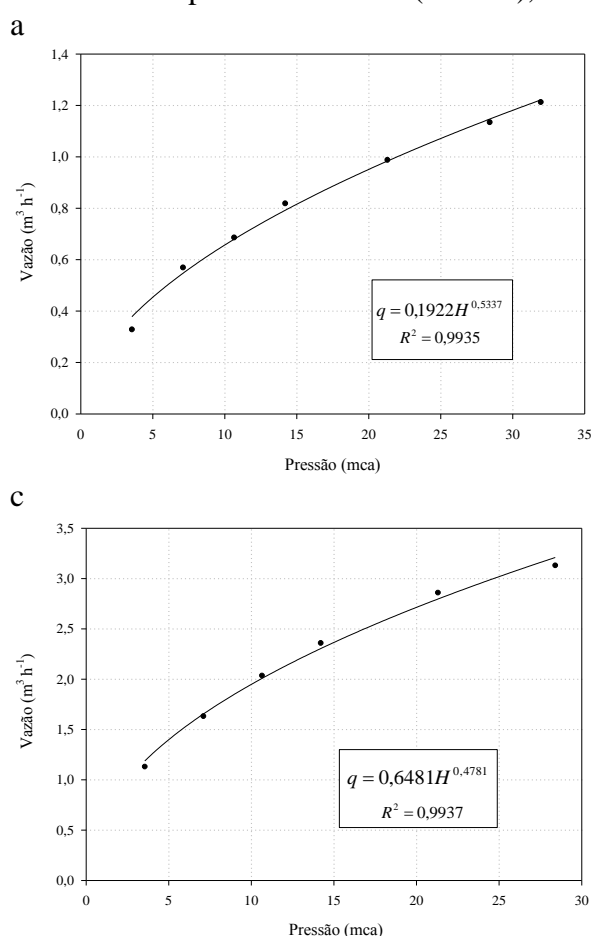


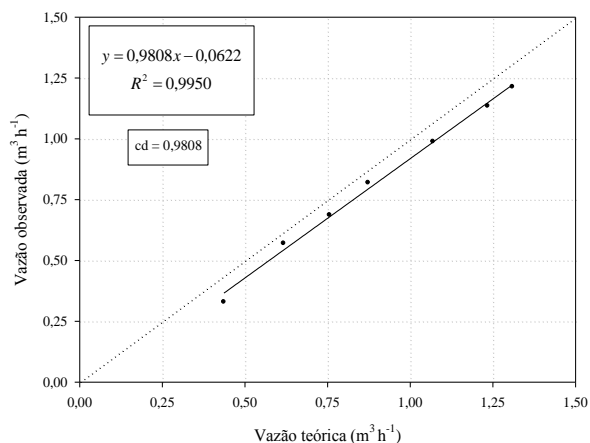
Figura 3 – Imagem das curvas potenciais ajustadas de vazão observada *versus* pressão dos aspersores avaliados.

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

a) modelo A, b) modelo B e c) modelo C.

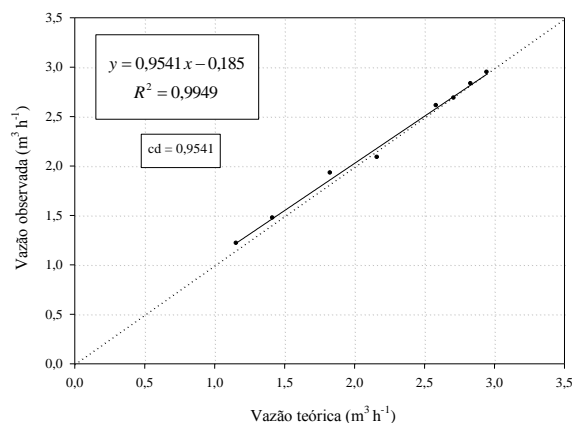
Graficamente, observa-se que nos modelos B e C, a vazão observada se aproxima muito da vazão teórica (Figura

a



4). Os valores de cd foram determinados obtendo-se excelentes ajustes para os três aspersores avaliados ($R^2 > 0,99$).

b



c

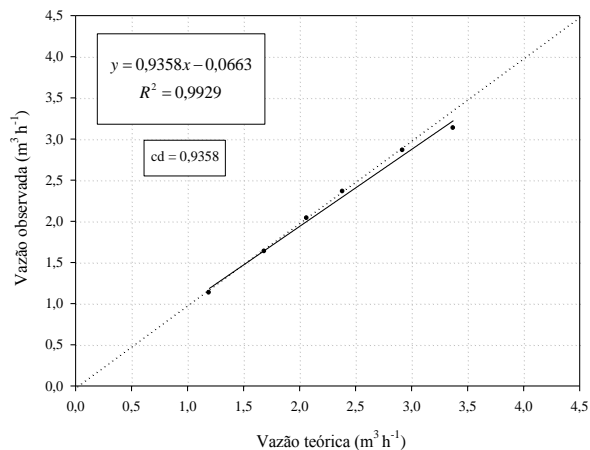


Figura 4 – Imagem dos ajustes dos coeficientes de descarga (cd) dos aspersores avaliados. a) modelo A, b) modelo B e c) modelo C.

Realizando-se um teste “t” de análise de médias, poder-se-ia desconsiderar o coeficiente linear das funções lineares geradas, já que seus valores tendem a zero. Contudo, essa prática levaria a alteração do coeficiente angular das retas, alterando assim os coeficientes de descarga gerados. O modelo A apresentou q maior que a vazão citada no catálogo de seu fabricante, enquanto que os modelos B e C disponibilizaram vazões inferiores aos valores encontrados nos catálogos.

Todos os aspersores foram avaliados em horários em que a velocidade média do vento se manteve sempre em 0 m s^{-1} .

Devido aos valores de área de bocal de cada aspersor, as vazões dos três aspersores mostraram-se diferentes para a mesma H_s . Os valores de n dos aspersores apresentaram grande diferença entre si, apresentando-se como um dos fatores responsáveis pela diferença dos perfis radiais de distribuição dos aspersores avaliados (Tabela 2). O modelo A apresentou como vantagem a característica de fornecer q consideravelmente menor que a vazão do aspersor B, garantindo assim menor potencial de *run-off*, uma vez que o espaçamento máximo adotado em projetos deverá ser o mesmo para ambos modelos, já que seus valores de R_{\max} não

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

apresentaram diferença significativa (Tabela 4).

Tabela 2 – Resultados dos aspersores avaliados em campo.

Aspersores	Modelo A	Modelo B	Modelo C
$q(m^3h^{-1})$	1,07	2,81	2,96
$H_s(mca)$	25,0	25,0	25,0
$n(rpm)$	3,19	1,45	1,52
$\bar{U}(m s^{-1})$	0,00	0,00	0,00

Como as tubulações de PVC, muito utilizadas em projetos de irrigação por aspersão, são vendidas em barras de 6,0 m ou 3,0 m, neste caso sob encomenda, recomenda-se a utilização do modelo B em espaçamento de 12 ou 15 m. Comparando-se os modelos B e C, recomenda-se a utilização do modelo C, pois esse apresenta um alcance consideravelmente maior sem aumento significativo de vazão. Ademais,

o modelo C apresenta uma intensidade de precipitação com menor variância ao longo de seu perfil radial, o que deve garantir maior uniformidade de aplicação de água.

Os parâmetros da eq. (1) foram gerados a partir dos últimos pontos do perfil radial de distribuição para determinar os valores de R_{max} (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores dos parâmetros de ajuste das funções cúbicas utilizadas para determinação do alcance (R) dos aspersores avaliados.

	a	b	c	d	R^2	$R_{max}(m)$	
parâmetros	Modelo A	0,0043	0,0953	0,8883	12,577	0,9996	12,35
	Modelo B	0,0347	0,2002	0,9581	14,94	0,9946	14,70
	Modelo C	0,00118	0,0375	0,4052	17,458	0,9848	17,30

O modelo de aspersor C apresentou valor de R_{max} superior ao estipulado pelo fabricante. Já os modelos A e B apresentaram valores de R_{max} menores que os valores indicados em seus catálogos. Aspersores com maior alcance de distribuição de água possibilitam maior economia no orçamento do projeto, pois o número de aspersores que serão utilizados nesse projeto, para a mesma área, será menor.

Na segunda etapa, mediram-se os valores de q , U e n calculando-se os

resultados CUC e CUD para cada repetição (REP) de cada modelo de aspersor avaliado (Tabela 4). Percebe-se que o modelo A apresentou-se como o mais uniforme na aplicação de água. Para solos com baixa variabilidade espacial de suas propriedades físico-hídricas, pode-se esperar que a produção das culturas seja mais uniforme. Nesse caso, a maior uniformidade de aplicação de água implicaria em maior uniformidade na produção (KING et al., 2011).

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

Tabela 4 – Resultados das análises de campo dos três modelos de aspersor avaliados nas três repetições.

	Modelo A				Modelo B				Modelo C			
	Rep I	Rep II	Rep III	\bar{X}_A	Rep I	Rep II	Rep III	\bar{X}_B	Rep I	Rep II	Rep III	\bar{X}_C
q (m^3h^{-1})	1,10	1,10	1,01	1,07	2,81	2,81	2,80	2,81	2,96	2,96	2,96	2,96
H_s (mca)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
U ($m s^{-1}$)	0,23	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,30	0,10	0,20	0,13	0,00	0,11
n (rpm)	3,19	3,19	3,19	3,19	1,45	1,45	1,45	1,45	1,52	1,52	1,52	1,52
CUC (%)	86,6	92,0	91,9	90,2	78,7	77,0	71,2	75,7	78,9	78,27	81,72	79,6
CUD (%)	74,4	85,9	86,43	82,2	69,9	69,7	57,2	65,6	67,	68,0	72,2	69,1

\bar{X} : refere-se às médias dos variáveis analisadas para os respectivos modelos A, B e C.

Verificou-se que não houve diferença entre os valores de n nas três repetições, tal resultado reflete a dependência da rotação da tensão de ajuste na mola e da H_s , que foi estabelecida e monitorada durante todo o tempo de ensaio. O modelo A também foi o que apresentou maior valor de n em torno de seu eixo. Esse aspersor possui porte bem menor do que os outros modelos, ademais seus bocais são de menores áreas proporcionando menor q e, conseqüentemente, maior tempo de irrigação, pensando-se na mesma lâmina requerida pela cultura.

As realizações dos ensaios em horários iniciais do período da manhã significaram baixa influência dos ventos nos resultados. Medidas com o anemômetro ao longo dos ensaios foram tomadas e transformadas em leituras médias. O modelo B foi o único aspersor avaliado que apresentou, com significância, um valor médio de CUC menor que 80%, não sendo assim recomendado para utilização em projetos de aspersão (CARRIÓN et al., 2001). Ressalta-se ainda que os testes realizados nesse trabalho contaram com apenas uma unidade específica de cada modelo de

aspersor, ou seja, os ensaios não foram realizados com diversos aspersores de lotes de fabricação, devido aos baixos coeficientes de variação de fabricação desses equipamentos.

Já na terceira etapa, com as simulações realizadas, encontraram-se valores satisfatórios para aumento de espaçamento para os modelos A e C, o que não ocorreu para o modelo B em nenhuma condição simulada (Tabela 4). Verificou-se para o modelo A que um espaçamento entre aspersores e linhas laterais de 15 m x 18 m, respectivamente, poderia ser utilizado por proporcionar valores de CUC maiores que 80%. Valendo-se de menor rigor, até o espaçamento de 18 m x 18 m poderia ser utilizado para o modelo A levando-se em conta as considerações feitas por Zocoler et al. (1999). Para o modelo C esse espaçamento poderia ser ampliado até 21 m x 21 m, garantindo assim maior economia no custo fixo de aquisição de aspersores, tubos de subida, conexões e tripés que são utilizados em projetos de irrigação por aspersão convencional. Ressalta-se que essas recomendações são feitas única e exclusivamente em função dos valores de CUC.

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

Tabela 4 – Coeficientes de Uniformidade em função de diferentes espaçamentos entre os aspersores avaliados.

Espaçamentos (m x m)	Modelo A	Modelo B	Modelo C
	CUC (%)		
15x15	88,6618	77,7258	85,1232
15x18	84,7875	73,0348	80,8055
18x18	79,0332	73,1028	82,4817
18x21	68,8084	65,8134	82,1972
21x21	59,9972	58,6142	80,7149
21x24	48,5784	50,4341	74,9751

CONCLUSÃO

Nas condições em que foram realizadas as análises conclui-se que:

- os três modelos de aspersores avaliados apresentaram coeficientes de descarga aceitáveis, ressaltando-se que não se deve utilizar o índice convencional de 0,92 para os três modelos, pois esse levaria a erros na estimativa da vazão de projeto.
- o perfil radial de distribuição de água de cada modelo avaliado apresenta-se de forma distinta, tanto em distribuição quanto ao raio molhado máximo

atingido, ficando a cargo do projetista escolher o modelo desejado em função de razões econômicas, da variabilidade física dos solos e da produção esperada da cultura.

- o aspersor modelo A apresentou-se como o mais uniforme na aplicação de água.
- os modelos de aspersores A e C podem ser utilizados em maiores espaçamentos, com altura de instalação de 0,5 m, do que os recomendados pelos fabricantes podendo assim proporcionar economia no custo fixo de aquisição.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a Empresa Bucco Irrigação por

fornecer diversos equipamentos necessários para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRENNAN, D. Factors affecting the economic benefits of sprinkler uniformity and their implications for irrigation water use. **Irrigation Science**, v.26, n.2, p. 109-119, 2008.

CLEMMENS, A.J.; MOLDEN, D.J. Water uses and productivity of irrigation systems. **Irrigation Science**, v.25, n.3, p. 247-261, 2007.

JUSTI, A.L.; VILAS BOAS, M.A.; SAMPAIO, S.C. Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de**

CARRIÓN, P.; TARJUELO, J. M.; MONTERO J. SIRIAS: A simulation model for sprinkler irrigation. Part I: Description of model. **Irrigation Science**, v.20, p.73-84, 2001.

Engenharia Agrícola, v.30, n.2, p. 264-270, 2010.

KING, B.A.; TARKALSON, D.D.; BJORNEBERG, D.L.; TABERNA, J.P. Planting System Effect on Yield Response of Russet Norkotah to Irrigation and Nitrogen under High Intensity Sprinkler Irrigation. **American Journal of Potato Research**, v. 88, n. 2, p. 121-134, 2011.

PERFIL RADIAL, UNIFORMIDADE E SIMULAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE ASPERSORES QUE COMPÕEM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

PAZ, V.P.S.; FRIZZONE J.A.; BOTREL, T.A.; FOLEGATTI, M.V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por

PEREIRA, G.M. **Simulação das perdas de água por evaporação e uniformidade de distribuição por aspersão.** 1995. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ZOCOLER, J. L.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRIZZONE, J.A.; COELHO, R.D.

aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.404-408, 2002.

Análise dos custos de um sistema elevatório de água em função do diâmetro da tubulação de recalque e modalidades de aplicação das tarifas de energia elétrica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 4, n. 3, p. 53-67, 1999.