

DISPOSITIVO DE CONTROLE DE ROTAÇÃO PARA ASPERSOR DE IMPACTO

JULIO CESAR MARTINS DEAMO¹; LUIZ FERNANDO RESENDE DOS SANTOS ANJO²; ANDRÉ LUÍS TEIXEIRA FERNANDES³; ANTÔNIO CARLOS BARRETO⁴ E DIEGO MATEUS BARBOSA SILVA⁵

¹ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Ms Inovação Tecnológica, professor, Universidade de Uberaba, Av. Nenê Sabino, 1801 Bairro Universitário 38.055-500, Uberaba, Minas Gerais, Brasil, deamo.julio@gmail.com

² Eng. Civil, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Av. Frei Paulino, 30 Abadia 28025-180 - Uberaba, Minas Gerais, Brasil, luizfernandoresende@yahoo.com.br

³ Eng. Agrônomo, Pró- Reitor Pesquisa, Pós-graduação e Extensão, Universidade de Uberaba, Av. Nenê Sabino, 1801 Bairro Universitário 38.055-500 – Uberaba, Minas Gerais, Brasil, andre.fernandes@uniube.br

⁴ Eng. Agrícola, Dr. Engenharia Agrícola, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Rua João Batista Ribeiro, 4000 Distrito Industrial II 38064-790, Uberaba, Minas Gerais, Brasil, barreto@iftm.edu.br

⁵ Eng. Agrônomo, Assistente Técnico em vendas Microgeo Adubação Biológica. Rua Pastor Floriano José Pereira, 110 Condomínio Industrial Duas Barras 13481-178, Limeira, São Paulo, Brasil, diegomateus_agro@outlook.com

1 RESUMO

A crescente crise hídrica e a degradação cada vez maior das fontes de água limpa tornam o uso eficiente da água em sistemas de irrigação cada vez mais relevantes para a produção agrícola sustentável. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de um dispositivo mecânico de controle de rotação, no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em aspersor de impacto, e determinar se houve alguma alteração significativa no CUC e em qual bocal e pressão isso ocorreu. Foi desenvolvido um dispositivo mecânico para controlar a rotação do aspersor, que funciona através da ação de um sistema ajustável com esfera e mola de compressão. O experimento foi realizado em laboratório de hidráulica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro. Utilizou-se para execução do trabalho um aspersor de impacto operando em duas pressões de serviço (200kPa e 300kPa), três repetições e duas situações (com e sem dispositivo), totalizando 48 observações. O experimento foi conduzido em conformidade com as normas da ABNT utilizando-se a distribuição radial dos coletores, sendo que a pressão de serviço, rotação e vazão foram medidas a cada 15 minutos e a duração total de cada teste foi de uma hora. Os dados foram processados através do software Catch 3D[®]. Pela análise dos dados, concluiu-se que o uso do dispositivo melhorou significativamente o coeficiente de uniformidade de Christiansen apenas entre os bocais de 3,97mm e 5,15mm, sendo que o bocal de 3,97mm foi o que apresentou pior desempenho em todas situações. A pressão de serviço de 300 kPa foi a que apresentou melhor perfil de distribuição, sendo portanto recomendado o uso do dispositivo em pressões iguais ou superiores a essa.

Palavras Chave: Uniformidade de distribuição, sustentabilidade, redução de custos

DEAMO, J.C.M., ANJO, L.F.R.S., FERNANDES, A.L.T., BARRETO, A.C., SILVA, D. M. B.

ROTATION CONTROL DEVICE FOR IMPACT SPRINKLER

2 ABSTRACT

The growing water crisis and the increasing degradation of clean water sources make efficient use of water increasingly relevant in irrigation systems for sustainable agricultural production. The aim of this study was to evaluate the effect of a mechanical speed control, in the Christiansen's Uniformity Coefficient (CUC) in sprinkler impact, and determine if there was any significant change in CUC and in which nozzle and at what pressure that occurred. A mechanical device was developed to control the rotation of the sprinkler, which works through the action of an adjustable system with ball and compression spring. The experiment was carried out in the hydraulics laboratory of Triângulo Mineiro Federal Institute. An impact sprinkler operating in two operating pressures (200 kPa and 300 kPa), was used; three replicates and two situations (with and without the device), totalizing 48 observations. The experiment was conducted in accordance with ABNT using the radial distribution of collectors, and the operating pressure, rotation and flow rate were measured every 15 minutes; each test lasted one hour. Data were processed through Catch 3D® software. Analyzing the data, it was concluded that the use of the device improved significantly Christiansen's uniformity coefficient, only between 3.97mm and 5.15mm nozzle, with the 3.97 mm nozzle showing the worst performance in all situations. The pressure of 300 kPa service showed the best profile; it is therefore recommended to use the device in the same pressures or above them.

Keywords: Uniformity of distribution, sustainability, cost-cutting

3 INTRODUÇÃO

Na irrigação por aspersão a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato d'água em gotas. Para tal efeito a água é conduzida e aplicada às áreas por meio de equipamentos, normalmente compreendendo moto bombas, tubulações e aspersores das mais diversas capacidades e características de fabricação (BERNARDO et al., 2008).

MANTOVANI et al. (2009) afirmam que são vários os tipos utilizados de irrigação por aspersão, dentre eles cabe ressaltar o sistema convencional, pois é um dos mais utilizados em pequenas e médias propriedades, respondendo a 17,2% de toda área irrigada do Brasil, ficando atrás apenas da irrigação por superfície (58,1%) e da irrigação por pivô central (19,6%). (CESAR et al., 2005), afirmam que a irrigação por aspersão convencional tem contribuído acentuadamente para o aumento da área irrigada no Brasil.

De acordo com Lima; Ferreira e Christofidis, apud (COELHO et al., 2005) todos os sistemas de irrigação utilizados de forma racional podem promover uma economia de aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida. Do valor relativo à energia, a economia de 20% seria devido à não aplicação excessiva da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados.

O manejo adequado da irrigação é uma prática que adota critérios na aplicação da água como o momento e as quantidades ideais, assim, as plantas têm suas necessidades hídricas supridas (DUARTE, 2010).

De acordo com (FARIA et al., 2009) os sistemas de irrigação por aspersão convencional devem aplicar água da maneira mais uniforme possível, visto que a desuniformidade de aplicação de água diminui o retorno econômico em função da redução na produtividade das culturas irrigadas e do desperdício de água, de energia e de fertilizantes.

É recomendável, após a instalação de qualquer sistema de irrigação, proceder testes de campo, como por exemplo determinação da vazão real, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), dentre outros com o objetivo de se verificar a adequação da irrigação, recomendando, quando necessário, ajustes na operação e, principalmente, no manejo (SOUZA et al., 2008).

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).

De acordo com Rezende et al. (1998), Christiansen (1942), foi o primeiro pesquisador a estudar a uniformidade de distribuição em aspersão convencional, quantificando-a através de um índice estatístico; denominado coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de um dispositivo mecânico de controle de rotação, no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em aspersor de impacto, e determinar se houve alguma alteração significativa no CUC e em qual bocal e pressão isso ocorreu.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em laboratório de hidráulica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro. Localizado a 800m de altitude, com latitude de 19° 39' 19" S e longitude de 47° 57' 27" W. Utilizou-se o aspersor Rain Bird modelo 46H, devido à sua larga aplicação nos sistemas de irrigação por aspersão convencional utilizados no Brasil fabricado em material plástico de alta resistência, com duplo encaixe para bocais, sendo que foram testados no encaixe principal os bocais com medidas de 3,97 mm, 4,37 mm; 4,76 mm e 5,16 mm. No encaixe secundário foi montado um bocal do tipo orifício com raia em latão na medida de 2,18mm. As molas utilizadas são as originais fornecidas pelo fabricante, confeccionadas em aço inoxidável, sendo que, nestas não houve qualquer intervenção.

Foi desenvolvido exclusivamente para esse modelo de aspersor um dispositivo mecânico de controle de rotação que se adapta ao corpo fixo do aspersor de modo a acomodar perfeitamente a mola e os anéis de vedação originais (Figura 1). A estrutura física do aspersor sofreu pouca alteração, a única intervenção realizada foi a usinagem do sextavado de fixação de modo a deixá-lo cilíndrico para permitir a montagem do mecanismo.

Figura 1. Detalhes do dispositivo

Esse dispositivo foi inteiramente fabricado em PVC rígido e constitui-se de um corpo fixo (Figura 2) e um disco divisor com 12 divisões equidistantes a 30° , sendo estas fabricadas com ângulo de 100° e 2,5mm de profundidade (Figura 3), esfera de posicionamento com $3/8$ de polegada de diâmetro, mola de retração em aço ABNT 1080 com diâmetro do arame 1mm e passo entre espiras 1,2mm, parafuso de ajuste sextavado com rosca inglesa fina de $7/16''$ ($7/16''$ BSF) e parafuso allen de fixação com rosca inglesa grossa de $3/16''$ ($3/16''$ BSW). Para a montagem do mecanismo, foi necessário desmontar o aspersor para adaptação e testes do mesmo (Figura 4). Foram utilizadas no processo de usinagem, além do torno mecânico horizontal, a fresadora ferramenteira equipada com equipamento divisor, morsa, jogo de pinças, ferramentas de corte, furadeira de coluna, esmerilhadora e bancada de madeira.

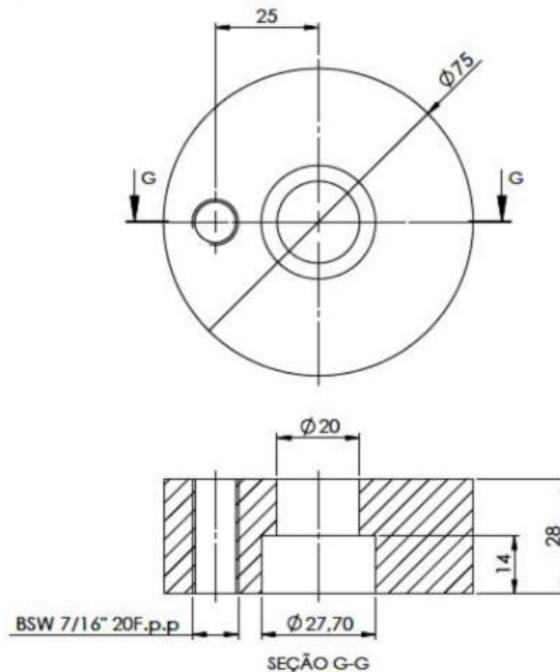
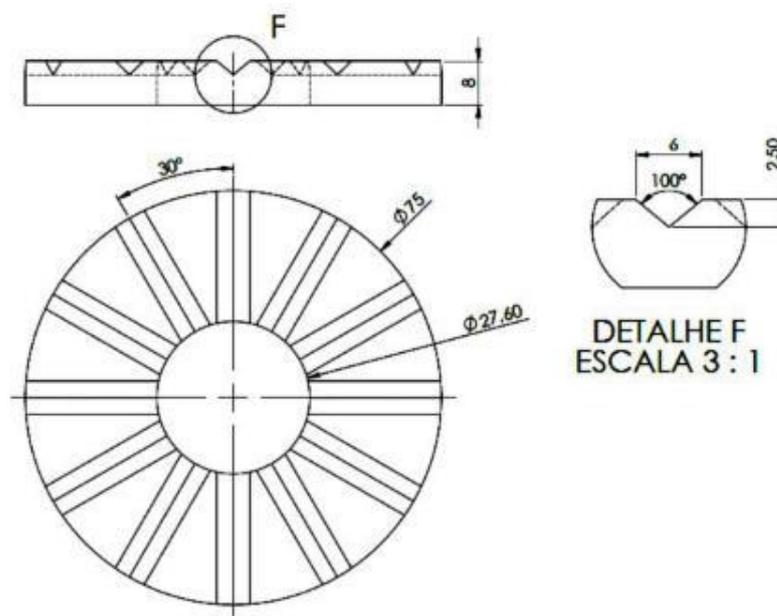
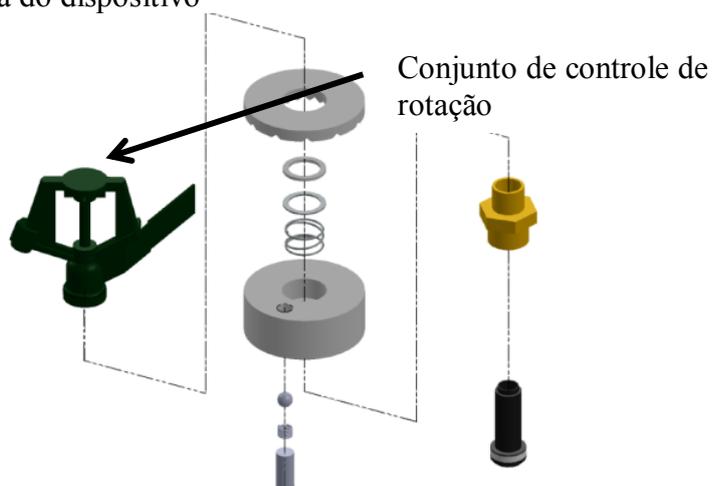
Figura 2. Detalhes do corpo fixo (medidas em milímetros)

Figura 3. Detalhes do disco divisor**Figura 4.** Vista explodida do dispositivo

Os bocais foram testados operando em duas pressões, 200 e 300 kPa. A pressão foi observada durante todo o ensaio por um manômetro digital tipo Tubo de Bourdon, graduado em kgf cm^{-2} e conectado perpendicularmente ao tubo de subida conforme a norma NBR ISO 7749-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2000), a qual determina que a conexão do manômetro seja realizada a uma distância maior ou igual a 20cm abaixo do orifício do bocal, sendo que o manômetro deve ser instalado no mesmo nível do bocal para se promover as leituras.

O aspersor foi instalado de acordo com as recomendações da norma NBR ISO 7749-1 (ABNT, 2000), exceto pelo fato de ser montado dentro de uma campânula, evitando-se com isso o molhamento de todo o ambiente, já que ensaios foram realizados em ambiente fechado.

A tubulação adutora utilizada no experimento apresentava um diâmetro nominal de 50mm com uma redução para 25mm no trecho final a aproximadamente 1 metro de distância

da campânula. O ajuste da pressão de serviço do aspersor foi realizado mediante o uso de um registro de gaveta montado logo após a saída da bomba, sendo o manômetro instalado no tubo de subida conforme norma NBR ISO 7749-1 (ABNT, 2000).

Foi utilizado um conjunto moto bomba mono estágio acionado por um motor com potência de 3cv, vazão $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, acoplado a um reservatório plástico de 1000 litros. Os coletores utilizados foram de plástico com as seguintes dimensões: 8cm de diâmetro do bordo superior e 8 cm de altura. Esses foram montados em uma haste de alumínio devidamente fixada no piso de concreto do galpão, sendo que a medida da altura do bordo superior do coletor até o solo foi de 20cm.

Foi utilizado na distribuição dos coletores o método radial, de acordo com a norma NBR ISO 7749-1 (ABNT, 2000). O espaçamento entre coletores foi de 1m, instalados em uma única linha que continha todos os coletores de 1/8 de uma malha de 16 por 16 coletores, totalizando 108 coletores. A duração de cada ensaio foi de 1 hora, sendo realizada a cada 15 minutos a verificação da pressão de serviço bem como a leitura da rotação do aspersor, que foi feita através da cronometragem do tempo de 1 minuto e contagem do número de voltas do aspersor nesse período de tempo.

Para simular a malha de coletores, foi utilizado o software Catch 3D®, versão 3.50b (ALLEN; MERKLEY, 2004). A malha foi gerada de modo a representar um conjunto de aspersores arrançados de forma quadrangular e com espaçamentos variados e inferiores a 70% do diâmetro molhado por um único aspersor funcionando isoladamente, conforme a norma NBR ISO 7749-1 (ABNT, 2000).

Os valores de CUC foram calculados por esse mesmo aplicativo computacional utilizando-se como parâmetro o espaçamento tomado em número inteiro. Para esses cálculos utilizou-se a média de três repetições do ensaio para cada medida de bocal, operando em cada uma das duas pressões. Esse procedimento foi utilizado para avaliar o aspersor com e sem a utilização do dispositivo.

Após a coleta e processamento dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste de estatística Scott-Knott com significância de 5%, por meio do software SISVAR® versão 5.3 Build 77 (FERREIRA, 2011). Para gerar o perfil tridimensional foi utilizado o software Surfer®, versão 7 (GOLDEN SOFTWARE, 1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de CUC considerando o espaçamento de 16 x 16 m, estão descritos na Tabela 1

Tabela 1. Média dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC)

CUC Médio pressão 200kPa			CUC Médio pressão 300kPa		
Bocal	Dispositivo		Bocal	Dispositivo	
	Com	Sem		Com	Sem
3,97	67.48	69.23	3,97	75.00	73.04
4,37	74.51	72.85	4,37	77.93	74.09
4,76	71.35	71.73	4,76	74.70	74.99
5,16	73.01	72.40	5,16	78.04	75.80

De acordo com os dados contidos na Tabela 1, pode-se observar que o bocal de 4,37mm foi o que obteve maior CUC para a pressão de 200kPa, tanto com como sem o uso do dispositivo de controle de rotação. Na pressão de 300 kPa, o bocal que apresentou melhor CUC foi o de 5,16mm.

Os gráficos das Figuras 5 a 8 detalham o comportamento dos perfis de distribuição em cada repetição em comparação com os valores médios obtidos.

Figura 5. Perfil bocal 4,37mm na pressão de funcionamento de 200kPa com dispositivo alternativo

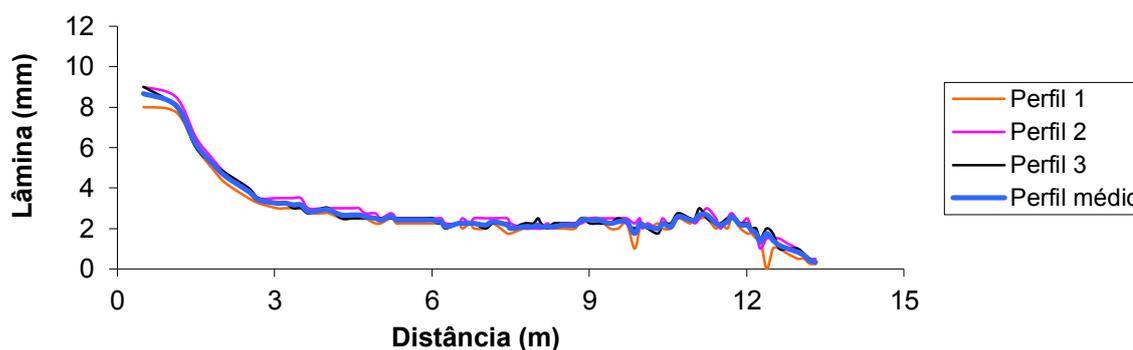
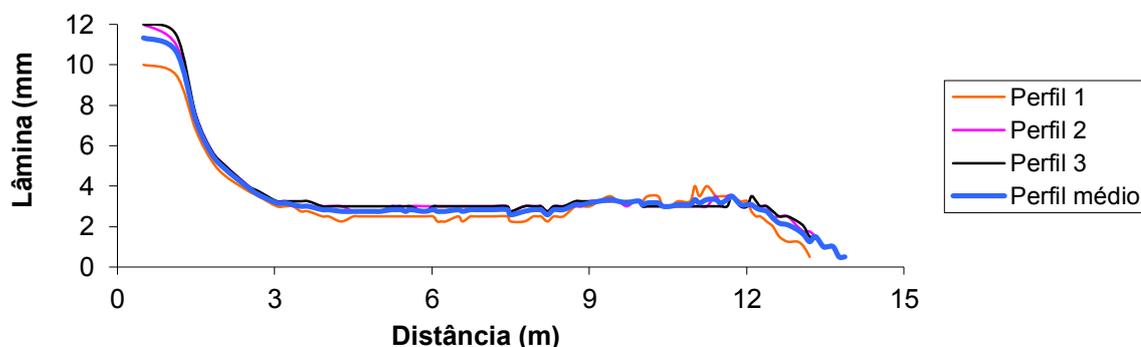


Figura 6. Perfil bocal 4,37mm na pressão de funcionamento de 200kPa sem dispositivo alternativo.



A análise do perfil de distribuição de água apresentado na Tabela 1, permite observar que nos ensaios utilizando o dispositivo obteve-se resultado melhor (74,52% contra 72,85% sem o dispositivo), pode-se observar que o uso do dispositivo ocasionou uma maior estabilidade entre as repetições e também diminuiu a diferença da lâmina nos coletores mais próximos ao aspersor, provavelmente devido à menor quantidade de voltas do mesmo durante a avaliação causada pelo dispositivo, diminuindo a influência do bocal secundário. Isso comprova o que foi descrito por AZEVEDO et al. (2000), os quais afirmam que a pressão e a velocidade de rotação influenciam no coeficiente de uniformidade de Christiansen.

Figura 7. Perfil bocal 5,16mm na pressão de funcionamento de 300kPa com dispositivo alternativo.

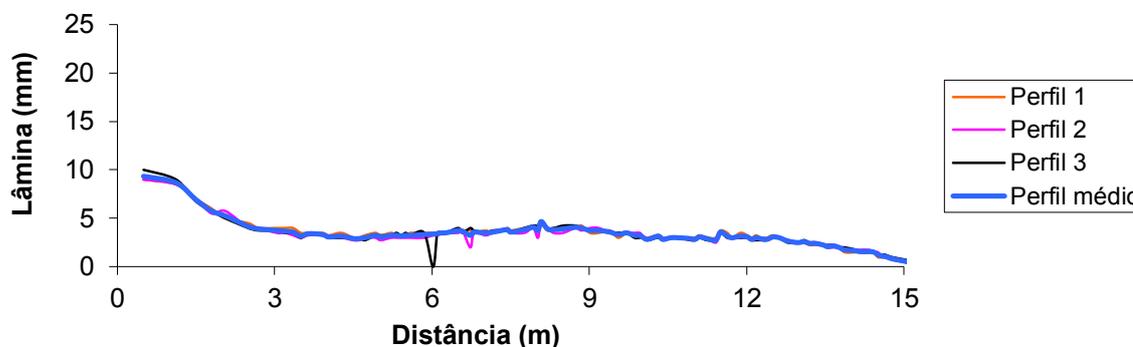
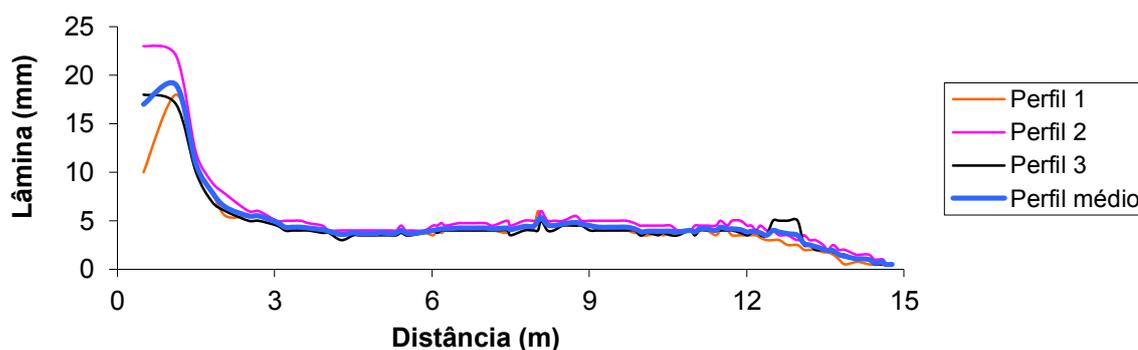


Figura 8. Perfil bocal 5,16mm na pressão de funcionamento de 300kPa sem dispositivo alternativo.



Em pressões maiores (Figuras 7 e 8), o uso do dispositivo, além de melhorar o CUC, também apresentou uma maior uniformidade entre repetições, além de evitar o excesso de água nos coletores próximos ao aspersor ocasionado pela ação do bocal secundário. O dispositivo se mostrou mais eficaz nessas condições, comprovando o que foi descrito por AZEVEDO et al. (2000).

Houve significância somente entre os bocais e a pressão sendo que o bocal que apresentou pior desempenho foi o de 3,97mm com CUC de 72,25% (Figura 9) e a melhor pressão foi de 300kPa com um CUC de 76,62% (Figura 10). Como pode ser visto, esses resultados comprovam os dados de AZEVEDO et al. (2000) que afirmam que a pressão de operação do aspersor e a velocidade de rotação são os fatores que mais influenciam na uniformidade de aplicação da água.

Figura 9. Perfil tridimensional bocal 3,97mm na pressão de funcionamento de 300kPa espaçamento 15x15m com dispositivo alternativo.

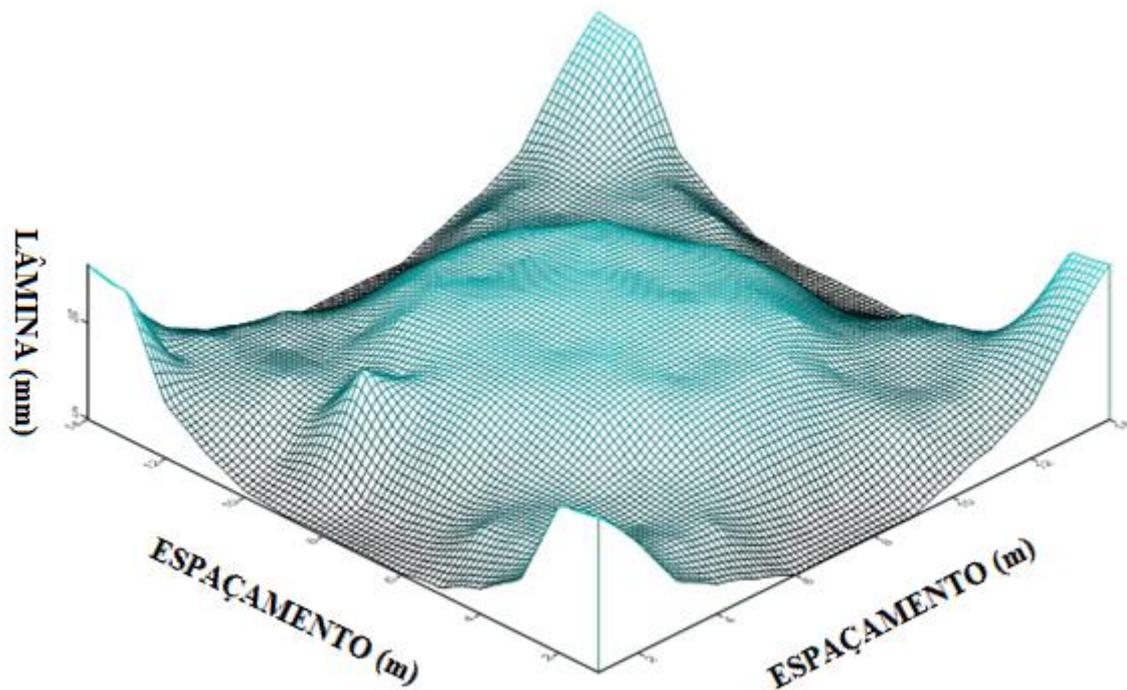
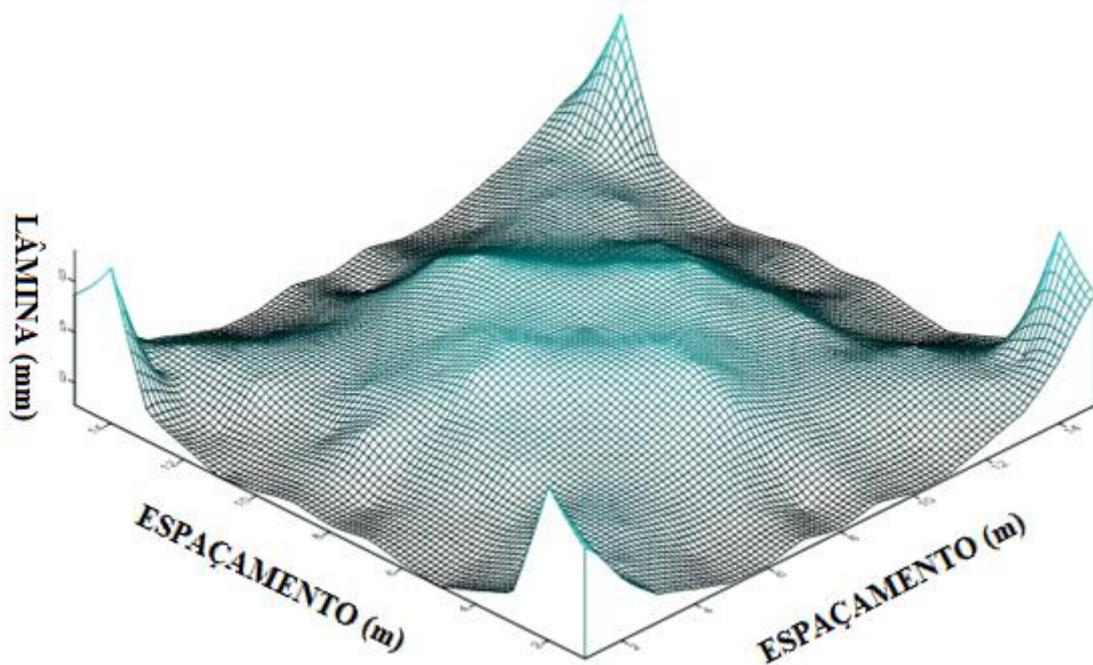


Figura 10. Perfil tridimensional bocal 5,16mm na pressão de funcionamento de 300kPa espaçamento 15x15m sem dispositivo alternativo.



6 CONCLUSÕES

Para todas as condições testadas, o bocal que apresenta desempenho insatisfatório é o de menor diâmetro, 3,97mm, provavelmente devido à baixa taxa de aplicação desse bocal.

Para a maioria das condições testadas, a melhor pressão de operação é a de 300kPa e o bocal que apresenta melhor desempenho em todas as condições é o de 5,16mm, apesar de apresentar diferença estatística apenas em relação ao aspersor de 3,97mm.

Para a maioria das condições testadas a melhor pressão de operação é a de 300 KPa.

7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; MERKLEY, G. P. **Sprinkler application uniformity and efficiency calculation software** (Catch 3d, v.3.50b). Logan: Utah State University, 2004.

ABNT. **NBR/ISO 7749-1**. Equipamentos de irrigação agrícola -Aspersores rotativos - Parte 1: Requisitos para projetos e operação. Rio de Janeiro, Brasil, 2000. 12 p.

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECOM, P. R. **Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de alta pressão**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 152-158, 2000.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.

CESAR, J. H. F.; ROCHA, F. A.; SILVA, A.M.; MELLO, C. R. **Desempenho hidráulico e diâmetro de gotas de um canhão do tipo turbina**. Irriga, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 193-204, maio-jul. 2005.

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 42 p. (Buletthin, 670).

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água**. Bahia Agrícola, Bahia, v. 7, n. 1, p. 57-60, set. 2005.

DUARTE, L. F. C. **Sistema automatizado georreferenciado sem fio para irrigação localizada auxiliado por sensor de umidade do solo**. 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, 2010.

FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H. F. E.; PRADO, G. **Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 19-27, jan./mar. 2009.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e

Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

Adf/GOLDEN SOFTWARE. **Surfer version 7.0**. Golden, 1999. Software.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Utah: Chapman-Hall Publishers; 1990, Utah State University, Copyright to 2009. 314 p.

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**, New York, v. 88, n. 2, p. 121-134, 2011.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.

REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L. **Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 257-261, 1998. PB, DEAg/UFPB.

SOUZA, E. A. M.; SOUZA, P. C.; VILAS BOAS, M. A. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural**. Irriga, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 47-62, janeiro-março, 2008.