

Uniformidade de distribuição de água do microaspersor MC-20

Water distribution uniformity of micro sprinkler MC-20

Paulo E. S. Martins^{1*}, Elcides R. da Silva¹, Vinícius G. Santana¹, Jerônimo A. de Araújo Neto¹, José R. Zanini²

¹ Faculdade de Ciências Agrárias, Centro Universitário de Patos de Minas, CEP 38702-054, Patos de Minas, MG, Brasil.

E-mail: *paulo_xx_martins@hotmail.com, author for correspondence

² Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, CEP 14884-900, Jaboticabal - SP, Brasil

Recebido/Received: 2014.04.11

Aceite/Accepted: 2015.02.03

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar o perfil radial e a uniformidade de distribuição de água do microaspersor Agropolo, modelo MC-20, operando com pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a., e através de um aplicativo computacional, prever a uniformidade na aplicação de água, visando fornecer recomendações para sua adequada regulagem, com vistas ao dimensionamento de sistemas e manejo de áreas irrigadas com o microaspersor citado. Para a determinação dos parâmetros avaliados, utilizou-se o método radial, descrito pela ABNT (1999) e com o auxílio do aplicativo computacional CATCH 3D, versão 4.45 (Allen, 1992) fez-se a simulação e sobreposição das lâminas de água com diferentes espaçamentos. Os resultados obtidos mostram que o microaspersor apresentou baixo CVF, variando entre 1,62 e 2,12% e alta uniformidade de distribuição de água, em todas as pressões estudadas. Cerca de 57,5% dos espaçamentos avaliados apresentaram grau máximo de classificação do CUC e do CUD. Observou-se para todas as pressões estudadas, grande amplitude de precipitação entre a base do microaspersor e o coletor disposto a 0,5 m da base.

Palavras-chave: perfil de distribuição de água, performance hidráulica, uniformidade da irrigação.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the radial profile and the uniformity of water distribution of micro sprinkler manufactured by the company Agropolo, model MC-20, operating at pressures of 10, 15, 20, 25, 30 and 35 m c.a., and through a computer application, to predict uniformity in water application, aiming to provide recommendations for appropriate adjustment, for the design of systems and management of irrigated areas using the micro sprinkler quoted. For the determination of the parameters rated, was used the radial method, described by ABNT (1999) and with the aid of computer application CATCH 3D, version 4.45 (Allen, 1992) a simulation was done and overlapping layers of water with different spacing. The results show that the micro sprinkler had low CVF, ranging between 1.62 and 2.12% and high uniformity of water distribution in all studied pressures. About 57.5% of the evaluated spacing's showed maximum grade rating of UC and UD. It was observed for all studied pressures wide range of precipitation between the base and the collector of the sprinkler, placed 0.5 m from the base

Keywords: irrigation, hydraulic performance, profile water distribution.

Introdução

A irrigação é uma importante técnica no desenvolvimento da agricultura, pois permite a estabilidade da produção em períodos de déficit hídrico (Martins *et al.*, 2012). Nesse contexto, a agricultura irrigada tem alcançado grande expressividade no setor produtivo mundial, com área irrigada em torno de 277 milhões de hectares (18% da área plantada) e responsável por 44% da produção mundial de alimentos (Christofididis, 2006). Porém, o crescente uso da água para fins de irrigação tem despertado a preocupação da opinião pública de maneira geral, em razão dos impactos causados ao ambiente pela má utilização das águas de superfícies pelos irrigantes (Martins *et al.*, 2012).

Segundo Andrade *et al.* (2004), agricultura irrigada tem afetado o meio ambiente de forma dramática com impactos que podem conduzir à degradação do solo e das águas e perdas de produtividade. Coelho *et al.* (2005) citam que a simples melhoria de 1% na eficiência do uso da água de irrigação nos países em desenvolvimento de clima árido e semi-árido, significaria economia de cerca de 200 mil litros de água por agricultor, por hectare por ano.

Devido ao alto consumo de água da agricultura ligado a cultivos em grandes extensões e às exigências hídricas das diversas culturas, fazem-se necessários sistemas de irrigação bem dimensionados, que apresentem índices adequados de uniformidade de aplicação de água, aliados a um manejo correto da irrigação, propiciando assim a melhoria da produtividade, redução das perdas de água (Prado e Colombo, 2011; Oliveira *et al.*, 2012) e por lixiviação (Agostinho, 2011) e maximização dos recursos hídricos disponíveis (Santos *et al.*, 2013). Sendo assim, o uso de aplicativos computacionais que determinam a uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação, baseados em dados de precipitação obtidos a partir de ensaios com o equipamento testado, estão sendo cada vez mais utilizados (Carrión *et al.*, 2001).

A análise das melhores disposições dos emissores no campo, através de modelos de cálculo da distribuição espacial de água é efetuada a partir dos perfis estacionários de distribuição de água dos microaspersores, operando nas mesmas condições que serão atingidas por ocasião de sua instalação nos sistemas de irrigação. Desta forma, o perfil radial de distribuição de água dos aspersores, determinado em instalações apropriadas, em função das diferentes combinações de pressão de serviço e diâmetro de bocais, é utilizado para simular a distribuição de

água de sistemas de irrigação (Allen, 1992).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o perfil radial e a uniformidade de distribuição de água do micraspersor MC-20, com bocal verde (1,5 mm de diâmetro interno) e operando com pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a. utilizando-se de um aplicativo computacional para o cálculo da uniformidade na aplicação de água, visando gerar informações que possam contribuir para o melhor dimensionamento de sistemas e manejo de áreas irrigadas com o microaspersor citado.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em área plana e asfaltada no Laboratório de Hidráulica do Centro Universitário de Patos de Minas, no município de Patos de Minas, MG, a 18° 34' 44" de latitude S, 46° 1' 04" de longitude W e altitude média de 815 m, em condições de vento nulo.

O microaspersor estudado foi o modelo MC-20 (Figura 1), de plástico poliacetal, fabricado pela empresa Agropolo, operando com pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a. e bocal verde de 1,5 mm de diâmetro interno. De acordo com as informações do fabricante (Quadro 1), para o bocal verde de 1,5 mm de diâmetro interno, as vazões variam entre 89,08 L h⁻¹ a 174,4 L h⁻¹. Em relação ao raio de alcance, o catálogo do fabricante apresenta o valor de 3,4 m apenas para a pressão de 20 m c.a.



Figura 1 – Modelo do microaspersor MC-20.

Foram distribuídos ao redor do microaspersor, quatro conjuntos de coletores (pluviômetros) da marca Fabrimar, que possuem forma geométrica cilíndrica, com diâmetro de 80 mm na parte superior e altura de 102 mm, espaçados a cada 0,5 m, seguindo-se o método de amostragem em malha, conforme metodologia da ABNT (1999). Para a obtenção da precipitação cor-

Quadro 1 – Vazões (Q) e raio de molhamento (R) do microaspersor Agropolo MC-20 para o bocal verde de 1,5 mm de diâmetro interno em diferentes pressões de serviço (P).

P (m c.a.)	Q (L h ⁻¹)	R (m)
10	89,08	
15	111,70	
20	130,80	3,4
25	146,70	
30	161,10	
35	174,40	

respondente a aproximadamente 0 m de distância do microaspersor, foram dispostos quatro coletores, dispostos quadrangularmente a 0,05 m do tubo de elevação do microaspersor. Foram dispostas também duas linhas radiais de coletores, espaçados 0,5 m a partir do aspersor, para obtenção do perfil radial de distribuição de água e do raio de molhamento do aspersor.

Para a determinação da vazão, foram realizados testes com três microaspersores a partir do volume de água coletado em função do tempo e da pressão de operação. Os testes foram realizados nas pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a., permitindo também calcular o Coeficiente de Variação de Fabricação (CVF) (Equação 1), para permitir a utilização dos microaspersores como repetições. A interpretação dos valores de CVF foram baseadas na proposição de Solomon (1979).

Equação 1

$$CVF = 100 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_m)^2}{n - 1}} / q_m$$

em que:

- CVF Coeficiente de variação de fabricação (%);
- q_i Vazão de cada emissor (L h⁻¹);
- q_m Vazão média dos emissores (L h⁻¹); e
- n Número de emissores do lote de amostragem.

Posteriormente, o microaspersor foi instalado a uma altura de 0,5 m em relação à seção de captação do coletor. Com o auxílio de um manômetro de Bourdon e através de um tubo de pitot verificou-se a pressão de trabalho no bocal do microaspersor analisado. Após uma hora de funcionamento, foram feitas as leituras dos volumes de água contidos em cada coletor, através de uma proveta graduada. A metodologia para avaliação da uniformidade de irrigação baseia-se nos

índices: CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942) e CUD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (Criddle *et al.*, 1956). Os volumes armazenados dentro de cada coletor foram medidos com provetas graduadas de 10 e 25 mL. Os testes foram realizados com três repetições, representadas pelos aspersores utilizados nos testes de vazão, para cada pressão de operação avaliada. A interpretação dos valores de CUC e CUD baseou-se em proposição de Mantovani (2001).

Foi utilizado o aplicativo computacional CATCH 3D, versão 4.45 (Allen, 1992), para o cálculo do CUC e do CUD em condições de sobreposição das lâminas com diferentes espaçamentos. Os resultados relativos à sobreposição e determinação do CUC e CUD de água pelo aspersor foram baseados nos dados de precipitação, sendo simulados os espaçamentos de 1,5x1,5; 1,5x2,0; 2,0x2,0; 2,0x2,5; 2,5x2,5; 2,5x3,0; 3,0x3,5; 3,5x3,5; 3,5x4,0; 4,0x4,0 mxm entre aspersores e entre linhas laterais, respectivamente.

Resultados e discussão

No Quadro 2 estão apresentados os valores da Vazão Média e do Coeficiente de Variação de Fabricação (CVF) nas pressões de operação estudadas. Verifica-se que o microaspersor MC-20 apresentou baixo CVF, variando entre 1,62 e 2,12%, com pequena variação de fluxo dos emissores devido ao processo de fabricação. Segundo proposta de Solomon (1979), os emissores testados são classificados como “excelente”. É importante que os emissores apresentem baixo CVF pois de acordo com Keller e Karmeli (1974), a uniformidade de distribuição de água é dependente da precisão com

Quadro 2 – Valores da Vazão Média e Variação com relação aos dados fornecidos pelo catálogo do fabricante, Coeficiente de Variação de Fabricação (CVF) do microaspersor MC-20 e classificação conforme Solomon (1979).

Pressão (m c.a.)	Vazão Média (L h ⁻¹)	Variação (%)	CVF (%)	Classificação Solomon (1979)
10	84,67	-4,95	2,12	Excelente
15	105,00	-5,99	1,91	Excelente
20	122,80	-5,90	2,02	Excelente
25	138,50	-5,58	1,62	Excelente
30	152,53	-5,31	1,65	Excelente
35	164,62	-5,60	1,66	Excelente

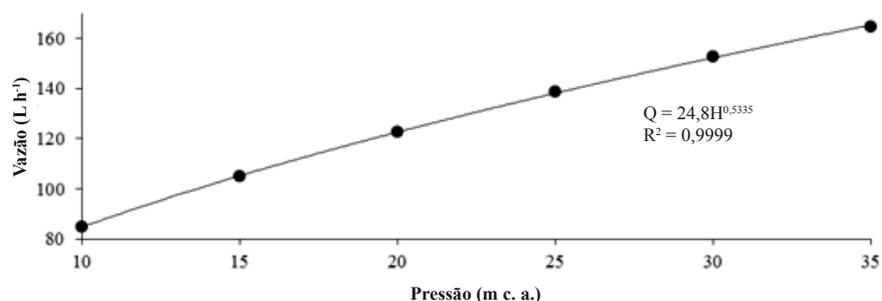


Figura 2 – Curva característica vazão-pressão do microaspersor MC-20 com bocal de 1,5 mm de diâmetro interno.

que os equipamentos são fabricados. De maneira geral, observa-se no Quadro 4 que houve variação entre 4,95 e 5,99% da vazão informada no catálogo do fabricante e a obtida nos ensaios. As variações do CVF e da vazão em relação ao catálogo do fabricante, corroboram com os resultados apontados por Sandri *et al.* (2010) que avaliaram microaspersores novos e usados da NaanDanJain do grupo modular.

A partir dos dados de vazão obtidos em cada pressão e através de análise de regressão, proposta de Keller e Karmeli (1974), foi determinado a equação característica vazão-pressão do microaspersor MC-20 (Figura 2), sendo $Q = 24,8H^{0,5335}$. Observou-se a partir do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$) o bom ajuste

dos dados ao modelo obtido. O expoente “n” igual a 0,5335 caracteriza o emissor como de fluxo turbulento, conforme Keller e Karmeli (1975).

No Quadro 3 estão apresentados os valores médios de CUC, CUD e o raio molhado efetivo para os espaçamentos simulados (1,5x1,5; 1,5x2; 2x2; 2x2,5; 2,5x2,5; 2,5x3; 3x3; 3x3,5; 3,5x3,5; 3,5x4; 4x4 mxm) nas pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a. calculados pelo aplicativo computacional Catch 3D. Observa-se que, predominantemente, houve diminuição dos valores de CUC e CUD com o aumento do espaçamento, corroborando com Holanda Filho *et al.* (2001), Martins *et al.* (2012) e Guirra *et al.* (2013).

Pode-se observar no Quadro 3 que cerca de 57,5% dos

Quadro 3 – Valores médios de CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição) e diâmetro molhado efetivo do microaspersor MC-20.

Pressão (m c.a.)	CUC	Espaçamento entre microaspersores (mxm)										
		CUD	1,5x1,5	1,5x2	2x2	2x2,5	2,5x2,5	2,5x3	3x3	3x3,5	3,5x3,5	3,5x4
10	CUC	93,5	91,8	93,4	89,2	86,6	88,1	89,1	87,6	85,6	81,8	78,8
	CUD	93,0	92,5	91,6	90,6	87,8	89,0	88,2	86,6	79,3	73,1	76,0
15	CUC	96,1	94,1	92,7	92,1	91,0	90,2	89,4	89,0	89,5	89,3	89,1
	CUD	95,9	93,8	91,9	92,2	91,3	90,3	89,9	89,3	90,8	87,9	86,8
20	CUC	95,2	93,0	91,6	91,7	91,1	90,0	89,4	89,3	88,7	88,7	88,2
	CUD	95,4	93,9	93,2	92,6	93,4	90,8	91,0	90,1	89,7	90,4	91,4
25	CUC	94,4	92,6	92,1	90,6	90,4	90,3	89,1	86,4	85,1	84,4	83,5
	CUD	94,8	94,1	92,6	92,3	91,3	90,9	90,5	87,2	85,7	83,1	80,9
30	CUC	95,3	94,7	94,5	93,4	93,0	92,8	92,2	89,9	88,2	87,2	85,6
	CUD	95,6	95,1	96,1	94,8	93,9	93,2	93,7	88,1	85,8	82,9	81,6
35	CUC	97,0	96,8	96,8	96,1	95,6	95,1	94,7	92,5	91,0	90,2	89,5
	CUD	96,7	96,5	97,3	96,5	96,0	94,5	94,1	90,1	87,6	86,8	86,4

Legenda: Conjunto de dados de CUC e CUD com hachuras representam valores considerados excelentes por Mantovani (2001)

espaçamentos avaliados apresentaram grau máximo de classificação do CUC e do CUD conforme proposta de Mantovani (2001). Em todas as pressões avaliadas, os maiores valores de CUC e CUD foram obtidos nos menores espaçamentos, corroborando com Faria *et al.* (2009), Sandri *et al.* (2010) e Martins (2011). Em relação às recomendações sobre espaçamento em relação à pressão de operação, pode-se observar que as pressões de 15, 20 e 35 m c.a. apresentaram com alta uni-

formidade de distribuição até o espaçamento 4x4 m. É válido ressaltar que embora a pressão influencie positivamente a uniformidade de distribuição, El-Berry *et al.* (2009) relatam que as maiores pressões demandam mais energia, fazendo com que as opções de se utilizar o microaspersor MC-20 com bocal de 1,5 mm de diâmetro e pressão de operação de 15 ou 20 m c.a. se tornem interessantes para os espaçamentos de até 4x4 m. Na Figura 3 são representados graficamente os perfis

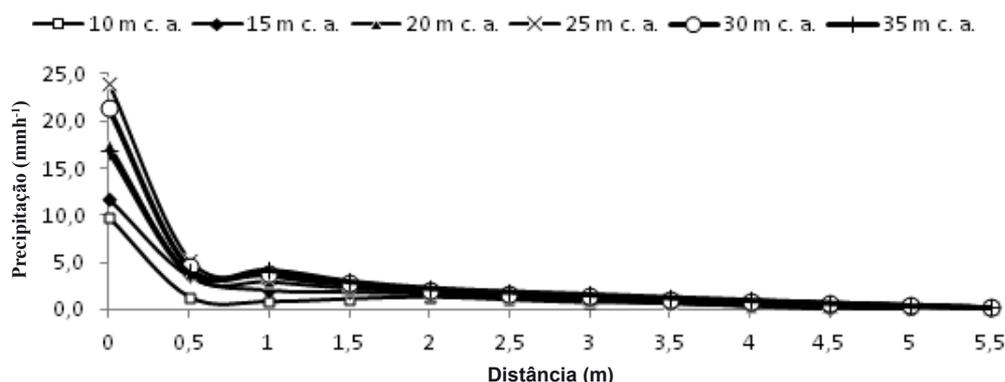


Figura 3 – Perfil de distribuição de água do microaspersor MC-20 com bocal verde de 1,5 mm de diâmetro operando nas pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a.

radiais de distribuição de água para as pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a. Observa-se para todas as pressões estudadas grande amplitude de precipitação entre a haste do microaspersor (0 m) e o coletor disposto a 0,5 m da base, corroborando com Costa (1994). A maior amplitude obtida entre a haste e o coletor disposto a 0,5 m foi para o microaspersor operando na pressão de 25 m c.a. com 18,73 mm h⁻¹. De maneira geral, as precipitações junto à base do microaspersor variaram de 9,85 a 24,01 mm h⁻¹.

Observa-se no Quadro 4 que o aumento da pressão influenciou positivamente o raio de alcance, corroborando com Martins *et al.* (2012). Os raios obtidos foram superiores ao informado pelo catálogo do fabricante para a pressão de 20 m c.a. (Quadro 1).

Quadro 4 – Valores médios obtidos para o raio de alcance do microaspersor MC-20 com bocal verde de 1,5 mm de diâmetro para as pressões de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m c.a.

Pressão (m c.a.)	10	15	20	25	30	35
Raio de alcance (m)	4,0	4,5	5,0	5,5	5,5	5,5

Conclusões

O raio de molhamento é influenciado diretamente pela pressão, mantendo boa uniformidade de distribuição e perfil radial praticamente uniforme a partir de 0,5 m da base do microaspersor.

A pressão de 35 m c.a. apresentou a melhor uniformidade de distribuição em espaçamentos até 4x4 m, embora possam ser recomendadas as pressões de 15 e 20 m c.a. nas mesmas condições.

É importante que o fabricante disponibilize no catálogo as informações de distribuição de água e raio efetivo de molhamento em função da pressão de serviço utilizada para que o projetista e o irrigante possam ter sucesso no projeto de irrigação, principalmente devido à necessidade em reduzir custos com água e energia, além de permitir uma aplicação mais uniforme e possibilitar que a planta expresse melhor seu potencial genético.

Referências Bibliográficas

- Agostinho, J.M.F.S. (2011) - O aumento da rentabilidade do milho no Minho: eficiência do uso de água e redução dos custos associado à rega e à fertilização. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 34, n. 1, p. 24-41.
- Allen, R.G. (1992) - *Catch-3D sprinkler pattern analysis software: user's manual*. Logan: Utah State University, Department of Biological and Irrigation Engineering, 14p.
- Andrade, E.M.; D'Almeida, D.M.B.A.; Meireles, A.C.M.; Lemos Filho, L.C.A. e Arruda, F.E.R. (2004) - Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, Ceará. *Revista Ciência Agrônômica*, vol. 35, n. 1, p. 9-16.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1999) - Equipamentos de irrigação agrícola: aspersores rotativos. Parte 2: Uniformidade de distribuição e métodos de ensaio. Projeto 04:015.08-013. Rio de Janeiro, 8p.
- Carrión, P.; Tarjuelo, J.M. e Montero, J. (2001) - SI-RIAS: A simulation model for sprinkler irrigation. *Irrigation Science*, vol. 20, n. 2, p. 73-84.
- Christiansen, J.E. (1942) - *Irrigation by sprinkler*. Berkeley: California Agricultural Station, 212p.
- Christofidis, D. (2006) - Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil. Brasília, 18p. [citado 2014-04-11]. Disponível em: < <http://www.comiteibicui.com.br/artigos/Agua%20Genesis,%20genero%20e%20sustentabilidade%20alimentar%20no%20Brasil.pdf> >
- Coelho, E.F.; Coelho Filho, M.A. e Oliveira, S.L. (2005) - Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. *Revista Bahia Agrícola Online*, vol. 7, n. 1, p. 57-60.
- Costa, M.C. (1994) - *Caracterização hidráulica de dois modelos de microaspersores associados a três reguladores de fluxo e um mecanismo de pulso*. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 109 p.
- Criddle, W.D.; Davis, S.; Pair, C.H. e Shockley, D.G. (1956) - *Methods for evaluating irrigation systems*. Washington, SCS-USDA, 24 p.
- El-Berry, A.M.; Ramadan, M H.; El-Adly, A.M. e Mahmoud, M.H. (2009) - Effect of nozzle shape and pressure on droplet size distribution. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, vol. 6, n. 1, p. 208-223.
- Faria, L.C.; Colombo, A.; Oliveira, H.F.E. e Prado, G. (2009) - Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. *Engenharia Agrícola*, vol. 29, n. 1, p. 19-27.
- Guirra, A.P.P.M.; Zanini, J.R. e Silva, E.R. (2013) - Desempenho do aspersor NaanDanJain 435 em função da posição do defletor. *Científica*, vol. 41, n. 1, p.21-32.
- Holanda Filho, R. S. F. de; Porto Filho, F. de Q.; Miranda, N. de O. e Medeiros, J. F. de. (2001) - Caracterização hidráulica do microaspersor Rondo, da Plastiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 5, n. 1, p. 16-21.
- Keller, J. e Karmeli, D. (1974) - Trickle irrigation design parameters. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, vol. 17, n. 2, p. 678-684.
- Keller, J. e Karmeli, D. (1975) - *Trickle irrigation design parameters*. Glendora, Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133p.
- Mantovani, E.C. (2001) - *AVALIA: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada*. Viçosa, MG: UFV.
- Martins, P.E.S.; Zanini J.R.; Silva, E.R. da e Lemos Filho, M.A.F. (2012) - Perfil radial e uniformidade de precipitação do aspersor NaanDanJain 427, em função da regulagem do defletor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, vol. 16, n. 1, p. 3-9.
- Oliveira, H.F.E.; Colombo, A.; Faria, L.C. e Prado, G. (2012) - Efeitos da velocidade e da direção do vento na uniformidade de aplicação de água de sistemas autopropelidos. *Engenharia Agrícola*, vol. 32, n. 4, p. 669-678.
- Prado, G. e Colombo, A. (2011) - Ajuste de parâmetros para distorção da distribuição de água aplicada por canhões hidráulicos em condições de vento. *Irriga*, vol. 16, n. 1, p. 52-69.
- Sandri, D.; Mesquita, M.; Bessa, K.S.E. e Prado, L.C.R.A. (2010) - Influência do tempo de uso sobre as características hidráulicas do microaspersor do grupo modulo. *Engenharia Agrícola*, vol. 30, n. 6, p. 1089-1100.
- Santos, F.L.; Correia, M.M.; Coelho, R.R.; Sousa, A.; Paço, T.A. e Pereira, L.S. (2013) - Efeitos da rega e do regime hídrico em olival super intensivo no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 36, n. 2, p. 206-219.
- Solomon, K. (1979) - Manufacturing variation of trickle emitters. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, vol.22, n.5, p.1034-1038.