

Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento

Evaluation of distribution uniformity of a drip irrigation system

Célia S. dos Santos¹, Daniella P. dos Santos², Patrícia F. da Silva^{3*}, Élvis da S. Alves⁴, Márcio Aurélio L. dos Santos⁵.

RESUMO –A produtividade agrícola em áreas irrigadas depende de uma série de fatores, dentre eles, o dimensionamento e manutenção dos sistemas. Em algumas situações, sistema de irrigação com pouco tempo de uso apresenta desuniformidade, comprovando que não apenas o tempo de uso ou a qualidade dos componentes do sistema determinam a eficiência na irrigação. Aplicações excessivas ou insuficientes de água prejudicam o desenvolvimento das culturas e, conseqüentemente, a produtividade e a rentabilidade do agricultor. Este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade em sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados em tomate cultivado no município de Arapiraca-AL. Os coeficientes de uniformidade (CUC, CUD), a eficiência de aplicação, as vazões dos sistemas foram obtidos em avaliações de campo. Os resultados identificaram que o sistema está operando com boa uniformidade e boa eficiência de aplicação.

Palavras-chave: olerícolas, manejo de irrigação, características hidráulicas, eficiência.

SUMMARY - Agricultural productivity in irrigated areas depends on a number of factors, including the design and maintenance of systems. In some situations, irrigation system with little usage time display unevenness, proving that not only the time or the quality of the components of the system determines the efficiency in irrigation. Applications excessive or insufficient water hampers the development of cultures and consequently the productivity and profitability of the farmer. This study aimed to evaluate the uniformity of drip irrigation systems, used in tomatoes grown in the city of Arapiraca-AL. The uniformity coefficient (CUC, CUD), application efficiency, the flow rates of the systems were obtained in field evaluations. The results indicate that the system is operating with good uniformity and good application efficiency.

Keywords: vegetable crops, irrigation management, hydraulic characteristics, efficiency.

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 02/12/2012; aprovado em 30/06/2013

¹Mestranda pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração Manejo de água e solo. E-mail: celia_agron@hotmail.com

²Mestranda em Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de Alagoas- *Campus* Arapiraca, área de concentração Uso da água na Agricultura. E-mail: daniellapsantos@hotmail.com.

³Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande, área de concentração Irrigação e Drenagem. Email: patrycyafs@yahoo.com.br

⁴Graduando pela Universidade Federal de Alagoas-*Campus* de Arapiraca. Email: elvistv@gmail.com

⁵Professor Dr. Adjunto IV, Universidade Federal de Alagoas-*Campus* Arapiraca, departamento de Irrigação e Drenagem. Email: mal.santo@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A irrigação consiste na técnica de fornecimento de água às culturas quando a atividade pluviométrica se torna insuficiente para suprir as necessidades hídricas da planta, sendo caracterizada como uma atividade essencial para o desenvolvimento de uma agricultura rentável (SOUZA, et al., 2008).

Um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, o qual apresenta vantagens como: a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação. Entretanto, tal sistema de irrigação tem como uma das principais limitações o fato de ser susceptível ao entupimento de seus emissores. A sensibilidade ao problema varia com as características do emissor e com a qualidade da água utilizada, seja por causas físicas, químicas e/ou biológicas (CARARO, 2004).

Um outro fator de grande relevância é a uniformidade de distribuição de água, informação importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de dimensionamento quanto na fase de operação do sistema. Mantovani & Ramos (1994) afirmam que a uniformidade da irrigação tem como objetivo básico melhorar a produtividade e/ou a rentabilidade da propriedade. Segundo BERNARDO (1995), é de capital importância determinar a uniformidade de distribuição d'água em qualquer método de irrigação e na irrigação por gotejamento é recomendável após a instalação do sistema e a cada dois anos de funcionamento.

A escolha do método de irrigação deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto e nos seus benefícios sociais, devendo ser considerado, entre outros aspectos a uniformidade de distribuição de água (BERNARDO, 2006). Para Scaloppi & Dias (1996), reduzidos valores de uniformidade determinam em geral, maior consumo de água e energia, maior perda de nutrientes e déficit hídrico, em significativa proporção da área irrigada.

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma meta a ser atingida na agricultura irrigada, mas por melhor que seja o sistema de irrigação, a distribuição da água aplicada dificilmente será plenamente uniforme, e a mensuração dessa variabilidade é fundamental na avaliação do desempenho da irrigação (SILVA et al., 2004). A avaliação do sistema de irrigação é uma importante etapa para obter as informações relacionadas à eficiência de uso da água do sistema de irrigação, perdas durante a aplicação e uniformidade de distribuição de água, funcionamento real do sistema (vazão, pressão, lâmina, entupimento, etc.) e necessidade de manutenção (MANTOVANI et al., 2009).

Segundo Barreto Filho et al., (2000), a uniformidade de aplicação de água é um parâmetro que caracteriza o sistema de irrigação em função da diferença de volume aplicado na planta ao longo das linhas laterais; deste modo a avaliação feita no sistema de irrigação localizada pode evitar problemas como baixa uniformidade e eficiência,

obtendo-se assim valores de aplicação aceitáveis (CARVALHO et al., 2006).

A uniformidade de distribuição de água é essencial em qualquer método de irrigação, pois afeta a eficiência do uso da água e como consequência, a quantidade e a qualidade da produção. Em sistemas de irrigação localizada a uniformidade de aplicação de água pode ser expressa por meio de vários coeficientes, destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Emissão (CUE), (MANTOVANI et al., 2007), que compara a média de 25% dos menores valores de vazões observadas com a média total e a Uniformidade estatística (Us), entre outros. Dada à relevância da temática, objetivou-se avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, quanto à uniformidade de distribuição de água, eficiência de aplicação da água na cultura do tomate na região agreste de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma área rural familiar pertencente ao município de Arapiraca-AL, o qual está localizado entre as coordenadas geográficas 9°49'18" de latitude Sul e 36°35'57" de longitude Oeste e 232 m de altitude e precipitação variando entre 750 a 1000 mm anual (MEDEIROS, 2009). Tem se caracterizada como região de crescimento na produção de hortaliças irrigada, depois do declínio da cultura do fumo.

A área do experimento se constituiu de uma subunidade de aproximadamente 0,52 ha, com o comprimento das linhas secundárias de 58 m e as linhas de gotejadores de 90 m, implantadas com as culturas do tomateiro (*LycopersiconEsculentum*Mill.). O gotejador utilizado na área é o modelo Tiquira, com vazão real a pressão máxima de 4,27 L.h⁻¹. Os espaçamentos adotados foram de 0,3 m entre gotejadores e de 1,0 m entre linhas de gotejadores.

Foram avaliadas as uniformidades de distribuição de água nas subunidades de irrigação por gotejamento. Como a medição de vazão de todos os gotejadores de uma unidade operacional demanda muito tempo, para simplificar e reduzir o trabalho utilizou-se o método proposto por Keller & Karmeli (1975), que recomenda a obtenção de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, no primeiro gotejador, nos gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento e no gotejador final da linha.

No trabalho, utilizou-se a recomendação de Keller & Karmeli (1975), considerando a média dos gotejadores que contribuam com a planta (um gotejador por planta). As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, foram a primeira, as situadas a 1/3 e 2/3 do comprimento e a última linha lateral (Figura 1). A uniformidade com que uma subunidade de irrigação localizada distribui a água foi avaliada mediante o Coeficiente de Uniformidade (CUD). Para calcular o CUD, dentro da subunidade se elegeu a lateral mais distante e mais elevada de todas as tubulações terciárias, e as duas intermediárias. Em cada lateral selecionou-se

quatro emissores seguindo o mesmo critério. No total foram selecionados 16 pontos de coleta, constituídos por 16 emissores, um em cada ponto, no caso, foram analisados os emissores que contribuíam no fornecimento de água para a planta. Conforme mostra a Figura 1.

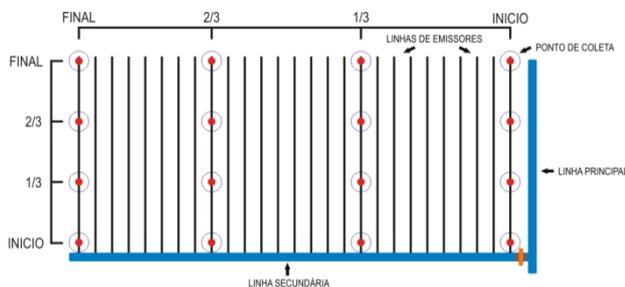


Figura 1 - Disposição das linhas de plantas selecionadas dentro da subunidade avaliada

Para determinação da vazão foi utilizado o método direto de acordo com a norma da ABNT (1986). Em cada emissor foram colocados, coletores, e as vazões coletadas, medidas em provetas com precisão de 0,2 mL, com capacidade 200 mL, capazes de interceptar a emissão de cada gotejador. O tempo de coleta foi fixado em 5 minutos, utilizando-se cronômetros com precisão de 0,01s, e convertidas às vazões para litros por hora, cujo resultado é a média de dois gotejadores por planta (ponto de coleta). Com os dados de volume foi possível efetuar os cálculos das variáveis analisadas.

Com os dados coletados, estimaram-se os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), eficiência de aplicação (Ea), variação de vazão (ΔQ), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), coeficiente de uniformidade de Hart (CUH), eficiência padrão da HSPA (UHD), e o coeficiente de variação (CV), descritos nas Equações (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) e (8).

Para a determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen do sistema (CUC) utilizou-se a seguinte equação:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - Q|}{nQ} \right) \quad (1)$$

Em que:

- Q_i = vazão coletada em cada gotejador (Lh^{-1});
- Q = média das vazões coletadas de todos os gotejadores (Lh^{-1});
- n = número de gotejadores analisados.

Utilizou-se também avaliação do sistema de irrigação localizada, coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), conforme Merriam e Keller (1978), que é baseada na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores, sendo determinada a partir da seguinte equação:

$$CUD = \frac{Q_{25\%}}{Q_{med}} * 100 \quad (2)$$

Em que:

- $Q_{25\%}$ = média de 25% do total de gotejadores com as menores vazões, ($L h^{-1}$);
- Q_{med} = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ($L h^{-1}$).

É sempre difícil determinar a eficiência de irrigação em sistema localizado, mesmo o intervalo de irrigação sendo de vários dias. Contudo, com um bom manejo e irrigações complementares para reabastecer toda a água consumida pelas plantas, as perdas por percolação profunda irão variar em aproximadamente 10 %. Desse modo a eficiência de aplicação (E_a) sob irrigação completa segundo Merriam e Keller (1978), pode ser estimada por:

$$E_a = 0,9 \times CUD \quad (3)$$

Em que:

- E_a = eficiência de aplicação.

Sabendo que uma aplicação uniforme de água está relacionada com a variação de pressão máxima que ocorre nas laterais, em cada subunidade irrigada por emissor, verificou-se a variação de vazão ao longo destas linhas através da seguinte expressão:

$$\Delta Q = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max}} * 100 \quad (4)$$

Em que:

- ΔQ = variação de vazão na lateral, %;
- Q_{max} = valor máximo de vazão na lateral, $L h^{-1}$;
- Q_{min} = valor mínimo de vazão na lateral, $L h^{-1}$.

$$CUE = 100 * \left(1 - \frac{Sd}{Q_{med}} \right) \quad (5)$$

Em que:

- CUE = coeficiente de uniformidade estatístico, em %;
- Sd = desvio-padrão dos valores de precipitação, em ($L h^{-1}$);

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 02/12/2012; aprovado em 30/06/2013

¹Mestranda pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração Manejo de água e solo. E-mail: celia_agron@hotmail.com

¹Mestranda em Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de Alagoas- Campus Arapiraca, área de concentração Uso da água na Agricultura. E-mail: daniellopsantos@hotmail.com.

³Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande, área de concentração Irrigação e Drenagem. Email: patrycyafs@yahoo.com.br

⁴Graduando pela Universidade Federal de Alagoas-Campus de Arapiraca. Email: elvistv@gmail.com

⁵Professor Dr. Adjunto IV, Universidade Federal de Alagoas-Campus Arapiraca, departamento de Irrigação e Drenagem. Email: mal.santo@hotmail.com

Q_{med} = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ($L h^{-1}$).

$$CUH=100*\left(1-\sqrt{\left(\frac{2}{\pi}\right)*\left(\frac{Sd}{Q_{med}}\right)}\right)(6)$$

Em que:

CUH = coeficiente de uniformidade de Hart, em %;

Sd = desvio-padrão dos valores de precipitação, em ($L h^{-1}$);

Q_{med} = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ($L h^{-1}$).

$$UDH=100*\left(1-1,25\frac{Sd}{Q_{med}}\right)(7)$$

Em que:

UDH = eficiência padrão da HSPA, em %;

Sd = desvio-padrão dos valores de precipitação, em ($L h^{-1}$);

Q_{med} = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, ($L h^{-1}$).

O coeficiente de variação determina o quanto mais homogêneo é o conjunto de valores em evidência.

$$CV=100*\left(\frac{s}{Q_{med}}\right)(8)$$

Em que:

CV = Coeficiente de Variação (%);

Q_{med} = média das vazões coletadas nos gotejadores, (Lh^{-1}).

A interpretação dos valores do CUD foi baseada na metodologia proposta por Merriam e Keller (1978): CUD maior que 90%, excelente; entre 80% e 90%, bom; 70% e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos coeficientes (CUC, CUD, CUE e CUH), eficiências (UDH e Ea), e variação de vazão, desvio padrão obtidos pelas expressões, encontram-se na Tabela 1.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é um índice que faz uso do desvio médio absoluto, para expressar a dispersão das lâminas (REZENDE et al., 1998). O coeficiente de uniformidade de Christiansen encontrado para a cultura do tomate foi considerado excelente pela classificação da ASAE (1996). Segundo Puig-Bargueset al., (2005), quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar produtividade máxima e, de acordo com Bernardo et al., (2008), o limite mínimo de CUC aceitável em sistema de irrigação por gotejamento é de 80%. Para Frizzone (1992) o CUC não é mais que os demais coeficientes propostos.

Tabela 1 - Tabela 1. Valores e classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água em campo do sistema de irrigação por gotejamento (ASAE, 1996)

MÉTODO	TOMATE	CLASSIFICAÇÃO
CUC (%)	92,84	Excelente
CUD (%)	87,27	Bom
CUE (%)	85,09	Bom
EA (%)	78,54	Regular
CUH (%)	88,10	-
UDH (%)	81,36	-
ΔQ (%)	25	-
CV(%)	14	-

A uniformidade de distribuição CUD, considera a razão entre a média de 25% do menor quartil das vazões e a lâmina média coletada. O baixo valor do CUD expressa uma perda de água por percolação profunda quando a lâmina mínima aplicada corresponde à lâmina necessária.

Segundo López et al., (1992), ele é o mais usado na avaliação, pois este possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água. O coeficiente de uniformidade de distribuição foi classificado como bom de acordo com ASAE (1996).

Esse valor de uniformidade reflete o bom dimensionamento hidráulico, pois as pressões de serviço no final das linhas laterais se encontravam dentro dos limites de operação recomendados pelos fabricantes; além disso, as condições de operação desses sistemas, onde são

feitas limpezas periódicas dos gotejadores e das linhas laterais, e a reposição dos gotejadores entupidos ou danificados, também contribuíram para obtenção desses valores de uniformidade.

Observando os valores de CUC para o sistema de irrigação em estudo (Tabela 1), nota-se que obteve valor superior a 90%, sendo classificados de acordo por ASAE (1996) como excelente. Santos et al., (2012), conduziram experimento em São João do Jaguaribe-CE, avaliando a uniformidade de aplicação de água na irrigação por microaspersão na cultura da banana e obtiveram resultados semelhantes.

Os valores encontrados do coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) para as cultura do tomate foi de 85%, sendo classificado de acordo por ASAE (1996) como bom segundo valores citados na Tabela 1. Paulino et al., (2009)

em avaliações de sistemas de irrigação convencional trabalhando em olerícolas em Montes Claros-MG, obteve resultados semelhantes de coeficiente de uniformidade estatístico.

Nota-se que a Eficiência de Aplicação, de 78,54%, encontra-se abaixo do considerado satisfatório por Keller e Bliesner (1990), recomendam valores de EA em torno de 80%, considerando que mesmo em um sistema de irrigação bem manejado podem ocorrer perdas por percolação profunda de até 10%. Essa diminuição da Eficiência pode elevar o consumo de água e de energia, aumentando as despesas e diminuindo a produtividade. Como resposta, podem-se analisar os componentes hidráulicos do sistema de irrigação, responsáveis pela correta obtenção da pressão e vazão, que nesse caso ficam menores que o recomendado pelos fabricantes. Isso comprova o relato de Mantovani et al., (2006), quando afirmam que há influência da pressão de serviço sobre a eficiência de aplicação e uniformidade dos sistemas de irrigação.

Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Paulino et al.,(2009) que obtiveram valores abaixo do esperado, conduzindo um experimento na região do Alto Rio Pacuí, Montes Claros- MG.

O coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) 88,10% por sua vez, teve semelhança quando comparado ao coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), como também a eficiência padrão da HSPA (UDH) 81,36%, comparou-se ao coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

Rocha et al., (1999), relatam em seu trabalho avaliando a uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo, que quando a lâmina aplicada pelos emissores tem uma distribuição normal, o CUC será igual ao CUH e o CUD igual a UDH.

A vazão apresentou variação de 25%. Sendo assim, a quantidade de água disponível para as plantas não condiz com sua necessidade hídrica. Observa-se que a quantidade de água é menor que a necessidade da cultura, causando estresse hídrico pela falta da água.

O coeficiente de variação das vazões foi de 14%, apresentando uma dispersão baixa quando a comparando a média. Quando o CV apresenta valor abaixo de 15% os valores evidenciados em estudo serão classificados como homogêneos e estáveis.

CONCLUSÕES

1. Os coeficientes de Uniformidade de Christiansen e de Uniformidade de Distribuição foram classificados como excelente e bom concomitantemente para a cultura estudada.
2. A observação conjunta dos Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUD, CUE, CUH) se faz necessária para avaliar o desempenho de qualquer sistema de irrigação.
3. O projeto de irrigação avaliado apresenta boa uniformidade de aplicação de água.

4. Apesar de bons índices de uniformidade e eficiência se faz necessário a observação do sistema, tendo em vista que a eficiência de aplicação de água foi encontrada abaixo do recomendado

REFERÊNCIAS

- ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Standard engineering practices data: EP458. Field evaluation of microirrigation systems. St. Joseph: ASAE. p. 972-797. 1996.
- BARRETO FILHO, A. de A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A. de; GOMES, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 8.^a ed., Viçosa: UFV, 625p. 2006.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa: Imprensa Universitária, 657p. 1995.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8 Ed. UFV, Viçosa. 2008.
- CARARO, D. C.; LEVERENZ, L. H.; BOTREL, T. A.; HILLS, D. J. Efeitos de ácido peróxido acético, hipoclorito de sódio e filtro têxtil na minimização do entupimento de gotejadores pelo uso de água residual de tanque séptico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 33, 2004, Campinas. Anais, Campinas: SBEA. (CD ROM). 2004.
- CARVALHO, C. M. de, ELOI, W. M., LIMA, S. C. R. V., PEREIRA, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. Irriga, Botucatu, v. 11, p. 36 - 46, 2006.
- FRIZZONE, J.A. Irrigação por aspersão. Piracicaba: ESALQ –Departamento de Engenharia Rural, 53p. Série Didática, 3. 1992.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation desing. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975.
- KELLER, J., BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 649p. 1990.
- LÓPEZ, J.R., et al. **Riegolocalizado**. Madrid: Mundi – Prensa, 405 p. 1992.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2. ed., atual e ampliado. Viçosa, MG: UFV, p. 355. 2009.

- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 318p. 2007.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2006. 318 p.
- MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa de Milho e Sorgo. – Brasília: EMBRAPA-SSI, 1994. p. 129-158.
- MEDEIROS, R. P. Componentes do balanço de água e de radiação solar no desenvolvimento do milho, em quatro épocas de semeadura, no agreste de Alagoas, p. 34. Rio Largo – AL: 2009.
- MERRIAN, J.L.; KELLER, J. Form irrigation system evaluation a guide for management. Logan Agricultural Irrigation Engineering Department, 271p. 1978.
- PAULINO, M. A. de O.; FIGUEIREDO, F. P. de.; FERNANDES, R. C.; MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. de O.; BARBOSA, F. S. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza-CE. v.3, n.2, p.48-54, 2009.
- PUIG-BARGUES, J.; ARBAT, G.; BARRAGAN, J.; RAMIREZ DE CARTAGENA, F. Hydraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents. *Agriculture Water Management*. v.77, n.1-3, p.249-262, 2005.
- REZENDE, R.; FRIZZONE, J.A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L. de. 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*, v.2, n.3, p.257-261, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. 1998.
- ROCHA, E. M. M; COSTA, R.N.T.; MAPURUNGA, S. M. S. CASTRO, P. T. 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.
- SANTOS, D. A. de O; FREIRE, F. G. C; SANTOS, F. S. S. dos; SANTOS, M. M. S. dos; LIMA, R. M de S; SANTOS, W. O. Avaliação da uniformidade de aplicação de água na irrigação por micro-aspersão na cultura da banana em São João do Jaguaribe-CE. IV Winotec – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. Fortaleza-CE, 2012
- SCALOPPI, J. E.; DIAS, K. F. S. Relação entre a pressão de operação e a uniformidade de distribuição de água de aspersores rotativos por impacto. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1996, Bauru. Anais..., Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, (CD ROM). 1996.
- SILVA, E.M.; LIMA, J.E.F.W.; AZEVEDO, J.A.; RODRIGUES, L.N. Proposição de um modelo matemático para a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.8, p.741-748, 2004.
- SOUZA, E. A. M.; SOUZA, P. C.; BOAS, A. V. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural. *Irriga*, v.13, n.1, p.47-62, janeiro-março, 2008.
- MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; ARAÚJO NETO, S. E. de; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; JUNQUEIRA, K. P. Substratos e quebra de dormência na formação do porta-enxerto de graviola cv. RBR. *Revista Ceres*, v. 49, n. 286, p. 657-668, nov./dez. 2002.
- MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S.E. de; RAMOS, J.D.; PIO, R.; GONTIJO, T.C.A. Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro “Sunrise Solo”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 127-130, abr. 2003.
- MENDONÇA, V.; ABREU, N.A.A. de; SOUZA, H.A. de; FERREIRA, E.A.; RAMOS, J.D. Diferentes níveis de composto orgânico na formulação de substrato para a produção de mudas de mamoeiro ‘Formosa’. *Revista Caatinga*, v. 20, n. 1, p. 49-53, 2007.
- ESQUITA, E.F. de; CHAVES, L.H.G.; FREITAS, B.V.; SILVA, G.A.; SOUSA, M.V.R.; ANDRADE, R. Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 7, n. 1, p. 58-65, 2012.
- PIO, R.; RAMOS, J. D.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P.; MENDONÇA, V.; FABRI, E. G.; CHAGAS, E. A. Substratos na Produção de Mudas de Jaboticaba. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 11, n. 4, p. 425-427, 2005.
- RIBEIRO, M. C. C.; MORAIS, M. J. A.; SOUSA, A. H.; LINHARES, P. C. F.; BARROS JÚNIOR, A. P. Produção de mudas de maracujá-amarelo com diferentes substratos e recipientes. *Revista Caatinga*, v.18, n.3, p.155-158, jul./set. 2005.
- SANTOS, F.C.B. dos. Produção de mudas de cupuaçuzeiro em diferentes tipos e tamanhos de

recipientes, substratos e arranjos. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre (UFA), Rio Branco-Acre, 2008.

SILVA, R.R. da., FREITAS, G.A. de., SIEBENEICHLER, S.C., MATA, J.F. da., CHAGAS, J.R. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobromagrandiflorum* (Willd. ExSpreng.) Schum. sob influência de sombreamento. Revista Acta Amazonica, v. 37, n. 3, p.365-370, 2007.

VALLONE, H.S.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. Diferentes recipientes e substrato na produção de mudas de cafeeiros. Revista Ciência e Agrotecnologia, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2010.