



Estimativa da eficiência de um sistema de irrigação por microaspersão

Lúcia Oliveira Lima¹; Josemar Pereira de Oliveira¹; Rafael Rodrigues Almeida¹; Marjony Ravardiere Moises Diniz¹; Murilo Santana de Miranda¹; José Sebastião Costa de Sousa²

¹Graduando em Horticultura – IF Sertão - PE. e-mail: oliveirall@hotmail.com.br; josemar.jpo@hotmail.com; rafaelalmeida-tecnologo@hotmail.com; jonylpu_fm@hotmail.com; murilo.petroлина@hotmail.com

² Professor, M.Sc. Eng. Agrícola, Campus Petrolina Zona Rural – IF Sertão -PE. e-mail: sebastião.costa@ifsertão-pe.edu.br

Resumo: A eficiência de aplicação refere-se à relação entre o volume de água disponível para a cultura e o volume aplicado pelo emissor. O presente trabalho teve como objetivo, estimar a eficiência de um sistema de irrigação por microaspersão, utilizando-se dos valores de CUD (coeficiente de distribuição), e por meio do balanço hídrico no solo comprovar a eficácia dessa estimativa, para auxiliar nos testes de eficiência do sistema de microaspersor, foram coletadas amostras de solos em três pontos da área experimental para a determinação da umidade do solo, a vazão dos emissores foi determinada no campo com um auxílio de uma proveta. A partir da vazão de cada emissor os valores de CUC (coeficiente de Christiansen), CUD e Ef (eficiência do sistema) foram: 97,86%; 95% e 85,5% respectivamente. Através da estimativa da eficiência do sistema de irrigação por microaspersão, com base nos valores de CUD de 95%, e por meio do balanço hídrico no solo, obter uma eficiência de 85,5%. A eficiência do sistema foi de 85,5%. A metodologia utilizada mostrou-se satisfatória e foi de simples execução.

Palavras-chave: balanço hídrico, coeficiente de uniformidade, coeficiente de Christiansen

1. INTRODUÇÃO

O uso da água na agricultura representa, a nível mundial, cerca de 70% de toda a água doce, enquanto a indústria utiliza 20% e o abastecimento humano, 10% (FAO, 2004). Isto demonstra a necessidade dos irrigantes, seus principais usuários, em usá-la com a maior eficiência possível, face às reservas de água utilizável estar cada vez mais escassas, especialmente nas regiões onde a precipitação é mal distribuída temporalmente, como na região semi-árida do Nordeste brasileiro.

A irrigação no final do século passado foi duramente criticada e responsabilizada pela escassez de água e de energia elétrica em algumas regiões do Brasil o aumento de produtividade e qualidade dos alimentos. Nos dias atuais, cerca de 40% da produção mundial de alimentos e fibras. As críticas dirigidas à irrigação, divulgadas pela mídia, induziram a sociedade a formar uma opinião distorcida sobre o uso desta técnica, não mostrando às populações os seus benefícios, com provêm de áreas irrigadas (CUNHA et al, 2009).

Os sistemas de irrigação depois de implantados precisam ser avaliados para comprovação do seu desempenho. Estando em conformidade com o projeto, o manejo da irrigação poderá ser realizado conforme programado; caso contrário, as correções cabíveis devem ser feitas de imediato. Avaliações periódicas devem acontecer para a manutenção do perfeito funcionamento do sistema (BERNARDO et al., 2006).

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando-se que, quando bem projetada e manejada, a área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, com área mínima molhada de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semiárido (AZEVEDO, 1986).

A irrigação por microaspersão e por gotejamento constitui os principais sistemas de irrigação localizada. O sistema microaspersão é caracterizado por apresentar pressão operacional menor que 207 kPa (20,7 mca), vazão de 20 a 100 L.h⁻¹ e diâmetro de alcance dos emissores variando de 1,50 a 10,00 m (BOMAN 1989). Keller & Bliesner (1990) comentam que é recomendável, após a instalação de um sistema de irrigação, proceder-se a testes de campo, com objetivo de se verificar a adequação da



irrigação recomendando, quando necessário, ajustes na operação e, principalmente, no manejo. Esses procedimentos visam maximizar a eficiência do sistema.

De acordo com Alves (1999), os métodos de irrigação localizada são os mais eficientes no semiárido, relacionando as seguintes causas: i) apresentam maior eficiência no uso da água, adubação e controle de pragas e doenças; ii) adaptam-se a diferentes solos e topografia; e iii) acarretam em maior produtividade das fruteiras. Segundo os trabalhos de Leão & Soares (2000), e Gonzaga Neto (2000), observa-se que a microaspersão apresenta melhores resultados de produtividade e qualidade no cultivo de uva no Submédio do São Francisco.

Para Bernardo (2006), a eficiência de aplicação é a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação considerada útil às plantas. Em geral, a baixa eficiência nos projetos de irrigação está relacionada à desuniformidade de distribuição d'água. Segundo Frizzone (1992) a eficiência de aplicação incorpora a eficiência de distribuição e a eficiência em potencial de aplicação, dando idéia das perdas de água por percolação e por evaporação. Dentre os sistemas de irrigação, a localizada apresenta maiores valores de eficiência de aplicação, da ordem de 80 a 90%, bem superiores às faixas de 60 a 80%, e de 50 a 70%, dos sistemas por aspersão e superfície, respectivamente (KELLER & BLIESNER 1990).

Christiansen (1942) foi o primeiro pesquisador que estudou a uniformidade de distribuição da água para aspersores rotativos, determinando o efeito da pressão de serviço, do espaçamento, da rotação e da velocidade do vento sobre a distribuição da água; estabeleceu o parâmetro conhecido como coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). O Soil Conservation Service (1968) propôs a equação para cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), que considera a média dos 25% menores valores de precipitação em relação à média total.

A eficiência de aplicação (EA) refere-se à relação entre o volume de água disponível para a cultura e o volume aplicado pelo emissor. Pode-se obter altos índices de eficiência empregando-se um dimensionamento correto do sistema, equipamentos adequados e um manejo racional da água. Nos sistemas de aspersão, microaspersão e gotejamento em videiras, os valores de EA variam normalmente de 80% a 90%. Isso quer dizer que entre 80% e 90% do volume de água aplicado ficará disponível para a planta. Se a eficiência for baixa haverá a necessidade de se aplicar um volume maior para compensar as perdas, significando um desperdício de água e energia (CONCEIÇÃO, 2005).

Trabalhos de modelagem e simulação computacional têm mostrado que fatores como temperatura e umidade relativa do ar, altura de instalação do emissor e velocidade do vento, exercem efeito pronunciado na evaporação da água e na uniformidade de distribuição (SILVA, 1989). Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho estimar a eficiência de um sistema de irrigação por microaspersão, utilizando-se dos valores de CUD, e por meio do balanço hídrico no solo comprovar a eficácia dessa estimativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na área experimental de cultivo de Atemóia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF SERTÃO-PE), *Campus Petrolina Zona Rural*, localizado na cidade de Petrolina-PE, Submédio São Francisco, (9°20'Sul, 40°42'Oeste e 412 m de altitude, Google Earth, 2012). O clima da região é do tipo BSw^h Semi-Árido quente, com estação chuvosa no verão e temperatura do mês mais frio superior a 18°C segundo a classificação de Köppen. A área avaliada possui o sistema de irrigação por microaspersão (Figura 1).

O teste iniciou-se no dia 25 de outubro de 2011, com coletas de água em diversos emissores. Seguindo metodologia de Keller & Karmelli (1975) (determinação da vazão de 16 emissores distribuídos em quatro tubulações laterais, conforme ilustração da Figura 2).



Figura 1 – Representação da área experimental de Atemóia em Petrolina - PE.

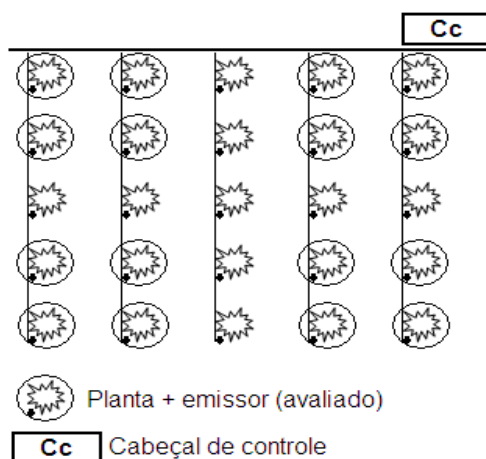


Figura 2 – Croqui da área de Atemóia em Petrolina - PE.

A vazão dos emissores foi determinada mediante método volumétrico; em cada emissor selecionado foi coletado água durante 3 minutos e com auxílio de uma proveta, aferiu-se o volume coletado (procedimento de coleta da vazão na Figura 3).



Figura 3 – Demonstração da coleta da água para determinação da vazão dos emissores.

Para obtenção dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) foram empregadas as Equações 1 e 2.



$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - X_m|}{N \cdot X_m} \right)$$

(Eq. 1)

Em que:

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

X_i – vazão do emissor i , $L h^{-1}$;

X_m – vazão média dos emissores, $L h^{-1}$.

$$CUD = 100 \cdot \frac{X_{25\%}}{X_m}$$

(Eq. 2)

Em que:

CUD – coeficiente de distribuição, %;

$X_{25\%}$ – vazão média do menor quartil de emissores, $L h^{-1}$;

X_m – vazão média dos emissores, $L h^{-1}$.

A interpretação dos valores do coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC) baseou-se na metodologia proposta por Mantovani (2001): CUD maior que 90%, excelente; entre 80% e 90%, bom; 70% e 80%, razoável; 60% a 70% ruim e menor que 60%, inaceitável.

E para a estimativa da eficiência do sistema de irrigação, seguiu-se recomendação de Vermeiren & Jobling (1997) para sistema localizados (Equação 3).

$$E_f = 0,9 \cdot CUD$$

(Eq. 3)

Em que:

E_f – eficiência do sistema de irrigação, %;

CUD – coeficiente de distribuição, %.

Em posse da eficiência do sistema de irrigação, calculou-se a lâmina bruta necessária para o evento de irrigação com emprego da Equação 4.

$$LBI = \frac{E_{To} \cdot K_c \cdot T_i}{E_f}$$

(Eq. 4)

Em que:

LBI – lâmina bruta de irrigação, mm;

E_{To} – evapotranspiração de referência, $mm dia^{-1}$;

K_c – coeficiente de cultura, adimensional;

T_i – turno de irrigação, dia;

E_f – eficiência do sistema de irrigação, decimal.

A umidade do solo influencia diretamente o volume de água nele armazenado, bem como a sua resistência e a compactação, entre outros fatores. Logo, é de fundamental importância o conhecimento da umidade do solo para estudos do movimento da água no solo, disponibilidade de água, erosão, época e quantidade de água a ser aplicada em irrigação (BERNARDO et al., 2008).

Diante do exposto, para a determinação da umidade gravimétrica, segundo metodologia da EMBRAPA (1997), foram realizadas três coletas de solo, a cada dia de avaliação, de forma representativa, em três pontos na área experimental, da seguinte maneira.

No dia 26 de outubro do referido ano, logo nas primeiras horas do dia, entre 5:00 e 5:30h, realizou-se as primeiras coletas de solo, com uso de anéis volumétricos, na área que compreendia o alcance de distribuição dos emissores (Figura 4). Onde foram coletadas na área três amostras de solos, na profundidade de 0,30 m e em seguida os anéis com as amostras de solos, contendo um volume de 100 cm^3 , foram acondicionados em bandeja de polietileno.



Figura 4 – Coleta de solo para a determinação da umidade do solo.

Após cada coleta, as amostras foram direcionadas ao Laboratório de Análises de Solos e Plantas do IF Sertão – PE, onde foram pesadas em balança semi analítica e em seguida colocadas em estufa calibrada a uma temperatura de 105°C durante 24h.

No dia 27 de outubro de 2011, realizaram-se as coletas matinais e de acordo com dados obtidos a partir dos cálculos de evapotranspiração pelo modelo de Penman-Monteith, foi detectado um déficit hídrico, necessitando da aplicação de uma lamina de irrigação durante duas horas.

As coletas do dia 28 de outubro de 2011 foram coletadas amostras de solos para conferir se a lamina de irrigação determinada foi correta. Com isso foi possível determina o balanço hídrico no solo é comprovar a eficácia da irrigação promovida.

Nesse trabalho foi desconsiderado, no cálculo da LBI, a fração necessidade para lixiviação dos sais, devido a água utilizada para irrigação (na área estudada) apresentar condutividade elétrica em torno de $0,067 \text{ dS m}^{-1}$ (valor muito baixo) e a condutividade elétrica do estrato de saturação tolerada pela Atemóia (*Annona squamosa*, L.), ser desconhecida.

A Evapotranspiração de Referência (ET_o), para os dias em que foram feitas as análises foram de 6,14; 6,6 e 7,9 mm.dia^{-1} , respectivamente, obtidos através de dados da Estação Agrometeorológica de Bebedouro - Petrolina-PE, (EMBRAPA, 2011).

Para o kc foi adotado o valor 1,00 e turno de irrigação de três dias. Diante disso a eficiência da irrigação realizada na área experimental foi comprovada com base na umidade do solo determinada para uma profundidade de 0,30 m, através da análise das amostras coletadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos dados coletados no campo para determinação da vazão (q), (Tabela 1).

Tabela 1– Valores da vazão de cada emissor.

Linha lateral	Emissor	Vazão (L h^{-1})	Linha lateral	Emissor	Vazão (L.h^{-1})
1	1	54,8	4	1	58,6
1	2	57,0	4	2	62,6
1	3	61,4	4	3	67,0
1	4	57,0	4	4	56,6
2	1	62,0	5	1	58,0
2	2	55,6	5	2	56,2
2	3	57,4	5	3	62,0
2	4	57,0	5	4	57,2

A linha lateral refere-se ao sistema de microaspersão com faixa molhada contínua que foi avaliada.

Para cada coleta de solo foi determinado a umidade, através do método-padrão de estufa/gravimétricos, cujos valores encontram-se descritos na (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de umidade gravimétrica do solo com base em peso para todas as amostras coletadas, durante os três dias de avaliação, em área de Atemóia em Petrolina - PE

Dia	Coleta	Umidade do solo (%)	Dia	Coleta	Umidade do solo (%)
26/out	1	14,34	27/out	3	11,46
26/out	2	14,13	28/out	1	14,66
26/out	3	12,61	28/out	2	15,86
27/out	1	13,52	28/out	3	12,80
27/out	2	11,87			

Em destaque na figura 5, os pontos de coleta das amostras de solo.

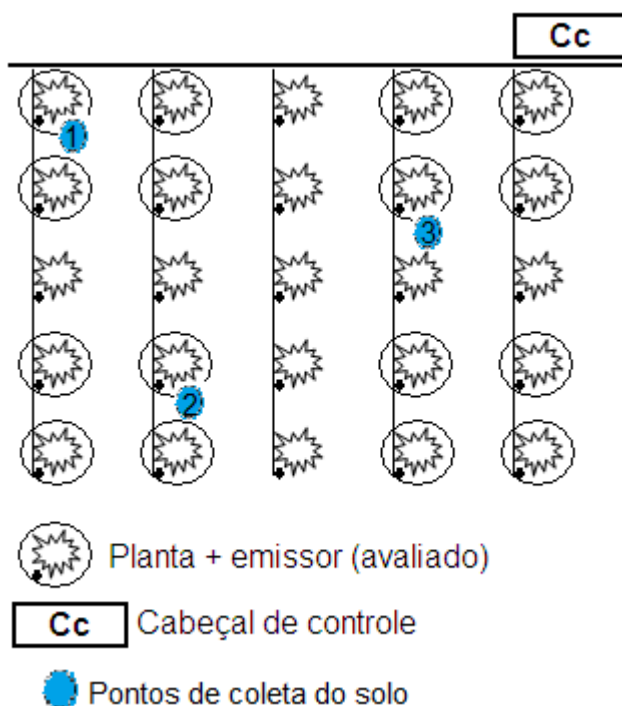


Figura 5 – Croqui da área, com os pontos de coleta de solo.

A densidade global do solo das amostras apresentou em média de 1.700 Kg m^{-3} . A umidade média com base de peso de 13,69% no dia 26/out e 12,28% no dia 27/out, confirmando a necessidade de repor essa umidade evapotranspirada. Feita a irrigação no dia 27/out à tarde, a umidade média com base de peso no dia 28/out logo de manhã (antes do nascer do sol) foi de 14,44%. Esse acréscimo de 0,4% na umidade provavelmente foi devido há alguma diferença de pressão na rede de água pressurizada que é muito frequente neste sistema, mudando a vazão dos emissores.

A partir da vazão de cada emissor (Tabela 2), e fazendo uso das Equações 1, 2 e 3, observou-se que o sistema de irrigação por microaspersão conforme as condições de campo apresentou um coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 95% que segundo os critérios propostos por Merriam e Keller (1978) possui um grau de aceitabilidade considerado excelente.



O resultado obtido do CUD está acima dos valores convencionalmente recomendados para o funcionamento adequado de um sistema de irrigação localizada, que segundo Mantovani (2001) é de 84%.

O valor do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi de 97,86% considerado excelente. Segundo Mantovani & Ramos (1994), quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produção máxima e de acordo com Bernardo (2006), o limite mínimo de CUC aceitável em um sistema de irrigação por gotejamento é de 80%, portanto, como o valor do CUC foi de 97,86% considerado excelente

O sistema de irrigação avaliado apresentou uma eficiência de (Ef) de 85,5%, que de acordo com NRCS (1997), para sistemas de irrigação localizada do tipo microaspersão encontra-se bom, uma vez que o valor considerado excelente é de $\geq 95\%$.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2002), em estudos realizados no projeto de irrigação Barreiras-Norte, no lote 59, sob sistema de irrigação por microaspersão em Barreiras – BA, obtiveram um CUC de 97,8% e o CUD de 97%. Os autores ressaltam que, diante dos resultados obtidos, que o sistema está funcionando com excelente grau de uniformidade. É importante ressaltar que os outros indicadores de desempenho, relacionados com os índices de eficiência, ainda precisam ser analisados para uma conclusão definitiva sobre o padrão de desempenho do sistema de microaspersão.

6. CONCLUSÕES

A eficiência do sistema foi classificado como bom para utilização.

A metodologia utilizada mostrou-se satisfatória e foi de simples execução.

REFERÊNCIAS

- ALVES, É. J. (org.). A Cultura da Banana: Aspectos Técnicos, Socioeconômicos e Agroindustriais. 2ª ed. Brasília: Embrapa – Serviço de Produção de Informação. 1999. 585p.
- AZEVEDO H. M. Irrigação localizada. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.40-53, 1986.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.
- BOMAN, B. J. Distribution patterns of microirrigation spinner and spray emitters. Applied Engineering in Agriculture, St. Joseph v.5, n.2, p.50-56. 1989.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Irrigação: sistemas e manejo. Embrapa Uva e Vinho. Serviço de Produção de Informação, 8. Versão Eletrônica. 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasSemSementes/irrigacao.htm>. Acesso em: 18 fevereiro 2012.
- CUNHA, F. F.; ALENCAR, C. A. B.; VICENTE, M. R.; BATISTA, R. O.; SOUSA, J. A. R. Comparação de Equações para Cálculo da Uniformidade de Aplicação de Água para Diferentes Sistemas de Irrigação. 2009. Engenharia na Agricultura, Viçosa – MG, V.17 N.5. SETEMBRO / OUTUBRO 2009. 404 – 417 p.
- CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by Sprinkling. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. EMBRAPA-CNPS.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA SEMIÁRIDO. Dados Meteorológicos. Disponível em:



<http://www.cpatia.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb10dia.html>. Acesso em 19 de julho de 2012.

FAO (2004). Major Food and Agricultural Commodities and Producers.

FRIZZONE, J. A. Irrigação por aspersão. Piracicaba: ESALQ – Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53p. Série Didática, 3.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation desing. Glendora: Rain Bird Sprinklers Manufacturing Corp., 1975, 133p.

LEÃO, P. C. S.; SOARES, J. M. A Viticultura no Semi-Árido Brasileiro. Petrolina: EMPBRAPA SEMI-ÁRIDO. 2000. 366p.

GONZAGA NETO, L. G. Produtividade e Competitividade Dependem do Aumento de Hectares Irrigados. Revista dos Agrônomos. Ano III, n.1, p.14-20, Março, 2000.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/intl/pt-PT/earth/index.html>. Acesso em 19 julho de 2012.

NRCS. Estimation of Direct Runoff from Storm Raifall. In: Hydrology. National Engineering Handbooks. National Resources Conservation Service . USDA, Washington, USA, 1997.Part 630. Cap. 10 79p. disponível em <http://www.tx.nrcs.usda.gov/> e consultado em julho de 2012.

SANTOS, J. R. M. dos. Irrigar é preciso. Agroanalysis, Rio de Janeiro, v.18, n.3. p.29-34, 1998.

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; LIMA, J. E. F. W. Análise de Desenvolvimento da Irrigação. 1ª Ed. Brasília: Embrapa – Serviço de Produção de Informação. 2002. 84p.

SILVA, W. L. C. Considerações sobre o uso de “sprays” de baixa pressão em pivô central. Revista Item, Brasília, v.39, n.12, p. 26-7, 1989.

SOIL CONSERVATION SERVICE. National Engineering Handbook. Washington: Sprinkler Irrigation, 1968. Section 15, Chapter 11. 83 p.

VERMEIREN, G.A., JOBLING, G.A. Irrigação localizada. Campina Grande: UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 36).