

Determinação do posicionamento de sensores de água do solo em mamoeiro irrigado por microaspersão e gotejamento

Gian Carlo de Carvalho¹, Eugênio Ferreira Coelho², Arthur José Mendes Pamponet³

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos. CEP 52171-900. Recife, PE, Brasil. E-mail: giancarvalho@gmail.com.

²Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Rua Embrapa, s/n. CEP 44380-000. Cruz das Almas, BA, Brasil. E-mail: eugenio@cnpmf.embrapa.br.

³Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710. CEP 44380-000. Cruz das Almas, BA, Brasil. E-mail: arthurpamponet@gmail.com.

Resumo: Um dos grandes problemas enfrentados quando se utiliza sensores para determinar o momento e a quantidade de água a aplicar no solo é a definição da localização e do número de sensores, que são dependentes da variabilidade espacial do solo. O trabalho objetivou avaliar a distribuição da água disponível, a extração total de água no volume molhado do solo e definir a melhor localização dos sensores para monitoramento da umidade ou tensão da água no solo, para o mamoeiro cultivar Sunrise Solo irrigado por sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, em solos dos tabuleiros costeiros. Quatro tratamentos foram avaliados: T1 – Gotejamento com quatro emissores de 4 L.h⁻¹ por planta, em uma lateral por fileira de plantas; T2 – Gotejamento com oito emissores de 4 L.h⁻¹ por planta, em duas laterais por fileira de plantas (quatro emissores de cada lado da planta); T3 – microaspersão com um emissor de 32 L.h⁻¹ para quatro plantas; T4 – microaspersão com um emissor de 43 L.h⁻¹ para quatro plantas. O monitoramento de água no solo foi feito em uma planta por tratamento, na qual foi aberta uma trincheira longitudinalmente à fileira de plantas nos tratamentos irrigados por gotejamento e radialmente à planta nos tratamentos irrigados por microaspersão. Foram avaliadas a distribuição de umidade e água disponível numa malha de 0,25 x 0,20 m limitada pela profundidade de 0,80 m e distancia da planta de 1,0 a 1,2 m. A extração total de água foi computada pela diferença entre as umidades em diferentes tempos em cada ponto da malha. Os resultados indicaram que as áreas de maior extração no perfil do solo tanto para o sistema de irrigação por microaspersão como de gotejamento foram influenciadas pelas zonas de maior disponibilidade de água. O posicionamento de sensores de umidade do solo e de tensiômetros varia de acordo com sistema de irrigação utilizado.

Palavras chave: Extração de água do solo, Distribuição de raízes, Água disponível.

Soil water sensor placement in the papaya root system under microsprinkler and drip irrigation

Abstract: One of the biggest problem faced when using sensors for establishment of the moment and the amount of water supply to the soil regards to the location of these sensors that are strongly dependent on soil spatial variability. The work had as objective to evaluate water availability and total extraction distribution in the soil wetted volume and to define the most suitable location of sensor for monitoring soil water content end tension for papaya cv Sunrise Solo irrigated by drip and sprayer systems in the coastal table land soils. Four treatments were evaluated: T1 – drip system with four emitters of 4 L.h⁻¹ per plant, one lateral per plant row; T2 – drip system with eight emitters of 4 L.h⁻¹ per plant, two laterals per plant row (four emitter at each side of the plant); T3 – micro sprinkler with one 32 L.h⁻¹ emitter for four plants; T4 – micro sprinkler with one 43 L.h⁻¹ emitter for four plants. One plant per treatment was used for soil water monitoring. Measurements were done in a trench longitudinally to plant row for treatments that were irrigated by drip and radially to the

plant for micro sprinkler treatments. Soil water distribution and water availability were evaluated in a grid of 0,25 x 0,20 m limited by 0.80 m depth and distance from plant of 1.0 to 1.2 m. The water extraction was computed by the differences between soil water content at different times in each location of the grid. Results indicated that the zones of larger extraction in the soil profile either for microsprinkler or drip system were influenced by the zones of larger water availability. Soil water content sensor and tensiometer placement vary according to the irrigation system.

Key Words: Soil water extraction, Root distribution, Available water.

Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão (FAO, 2010) sendo que, o Estado da Bahia participa com um volume de 1.792.594 toneladas e o Estado do Espírito Santo com 891.236 toneladas, correspondendo juntos a 80,4% da produção nacional (IBGE, 2009).

A água no solo desempenha papel fundamental para o bom desenvolvimento do mamoeiro e conhecer as regiões de absorção de água pelas raízes no solo se torna imprescindível nos estudos de monitoramento de umidade para fins de manejo de irrigação, bem como adubação via solo ou água (COELHO et al., 2003; ARRUDA, 1989).

Coelho et al. (2003), evidencia que conhecer a profundidade efetiva do sistema radicular, não é suficiente para inferir nas zonas de absorção de água e nutrientes, sendo necessário também conhecer a distância horizontal efetiva das raízes em relação à planta, definida por Vieira (1996) como a distância a partir da planta em que se localizam 80% do total de raízes.

Nas áreas produtoras de mamão nos Tabuleiros Costeiros, Coelho et al. (2000) relatam que, a região de maior concentração do sistema radicular do mamoeiro, encontra-se em um raio de 0,35 m a partir do tronco, podendo variar em função da textura e a estrutura do perfil do solo. Silva et al. (2001) observaram que as regiões de absorção de água do sistema radicular do mamoeiro variam conforme a distribuição de água dos emissores em relação à posição da planta. A distribuição de água no solo depende do sistema de irrigação utilizado, sendo que, no sistema de gotejamento, o bulbo molhado depende do volume, da vazão do gotejador, da posição (na superfície do solo ou enterrado), da disposição

dos gotejadores (fonte pontual ou fonte em linha), do número de gotejadores, das propriedades físicas do solo, da atividade do sistema radicular das plantas e do manejo da irrigação (COELHO & OR, 1996).

Para determinar a umidade no solo podem ser utilizados diversos métodos, entre eles a gravimetria (GARDNER, 1986), considerado o método-padrão, e a reflectometria no domínio do tempo (TDR), que se baseia na transmissão e recepção de sinais de microondas através de sondas instaladas no solo. A TDR apresenta algumas vantagens, principalmente pela precisão, possibilidade de multiplicação de leituras, repetição sem destruição da amostra de solo e automação na coleta de dados (OR & WRAITH, 1997; TOPP et al., 1980).

O uso da TDR como técnica para a determinação da umidade é feita a partir da relação dos teores de água do solo com os valores da constante dielétrica aparente, por meio de curvas de calibração obtidas a partir de dados de campo ou de laboratório (CONCIANI et al., 1997). Neste sentido, os dados obtidos pela TDR tem sido usados para de determinar através de fórmulas empíricas a evapotranspiração das culturas, os padrões de distribuição de água para irrigação localizada e nos estudos de extração de água pelas plantas, além do monitoramento da água no solo para manejo da irrigação (COELHO & ARRUDA, 2001).

Um dos grandes problemas enfrentados quando se utiliza sensores para determinar o momento e a quantidade de água a aplicar no solo é a definição da localização e do número de sensores, que são dependentes da variabilidade espacial do solo. A maioria dos produtores posiciona os mesmos de maneira empírica. (COELHO FILHO, 1998; DOOREMBOS & KASSAM, 1994), sendo encontradas na literatura

recomendações para um número limitado de culturas que levam em consideração a distribuição do sistema radicular das mesmas, que tem seu desenvolvimento condicionado ao sistema de irrigação empregado (GOLDBERG et al., 1971; STEVENS & DOUGLAS, 1994). Saber o correto posicionamento dos sensores de água no solo acarretará em economia para o agricultor, visto que a quantidade de sensores a serem utilizados podem ser reduzidos.

Coelho & Or (1998) ressaltam que a extração de água pelas raízes nem sempre é proporcional a densidade de comprimento de raízes (DCR), sendo necessário, para a instalação de sensores, levar em conta as zonas efetivas de extração pelas raízes, as quais variam de acordo com o tipo de solo, cultura, idade das plantas e sistema de irrigação (COELHO et al., 2007).

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a distribuição da água disponível, a extração total de água no volume molhado do solo e definir a melhor localização dos sensores para monitoramento da umidade ou tensão da água no solo, para o mamoeiro cultivar Sunrise Solo irrigado por sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, em solos dos tabuleiros costeiros.

Material e métodos

O trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas – BA (12°48'S; 39°06'W; 225 m.) O clima da região é considerado como úmido a subúmido. O solo da área é caracterizado como Latossolo Amarelo Álico de textura média, com valores médios de 654 g kg⁻¹ de areia total, 77 g kg⁻¹ de silte, 269 g kg⁻¹ de argila e densidade de 1,59 kg dm⁻³ na camada de 0 a 0,70 m (SOUZA & SOUZA, 2001). A umidade a capacidade de campo, correspondente ao potencial de -10 kPa é 0,1882 m³ m⁻³ e a do ponto de murcha permanente, equivalente a -1500 kPa é 0,1271 m³ m⁻³.

O mamoeiro cultivar Sunrise Solo foi plantado em espaçamento de 1,8 m entre linhas e 2,0 m entre plantas. Os tratos culturais, de correção do solo, aplicação de fertilizantes e defensivos foram realizados de acordo com as

recomendações para as condições dos Tabuleiros Costeiros (TRINDADE, 2000).

As parcelas irrigadas por microaspersão foram constituídas de duas fileiras de plantas, cada qual contendo seis plantas úteis. As parcelas irrigadas por gotejamento foram compostas de uma fileira de plantas, com seis plantas úteis. Entre cada parcela foi implantado uma fileira de plantas, a fim de evitar a interferência entre tratamentos.

As adubações foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira et al. (2004), sendo as aplicações via água de irrigação. Os cálculos das quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados em cada fertirrigação seguiram as recomendações de Coelho et al. (2008).

A dotação hídrica aplicada foi feita com turno de rega variável de modo que os tratamentos recebessem a mesma quantidade de água a fim de que retornassem a umidade a capacidade de campo. O cálculo da dotação hídrica foi feito com base na evapotranspiração de referência obtida pela equação de Penman-Monteith modificada (ALLEN et al., 2006), utilizando os coeficientes de cultivo (Kc) recomendados por Coelho Filho et al. (2003), e o coeficiente de localização de acordo com Fereres et al. (1981).

Para a avaliação do experimento uso-se quatro tratamentos. O tratamento um (T1) continha uma linha de irrigação por fileira de plantas, com 4 emissores por planta distanciados entre si em 0,5 m e o tratamento dois (T2), duas linhas de irrigação por fileira de plantas, com 8 emissores. Nos tratamentos com microaspersão foi colocado uma linha de irrigação entre as duas fileiras de plantas, sendo que a cada quatro plantas havia um microaspersor, logo, no tratamento três (T3) foram usados emissores com vazão de 32 L h⁻¹ e no tratamento quatro (T4), emissores de 43 L h⁻¹.

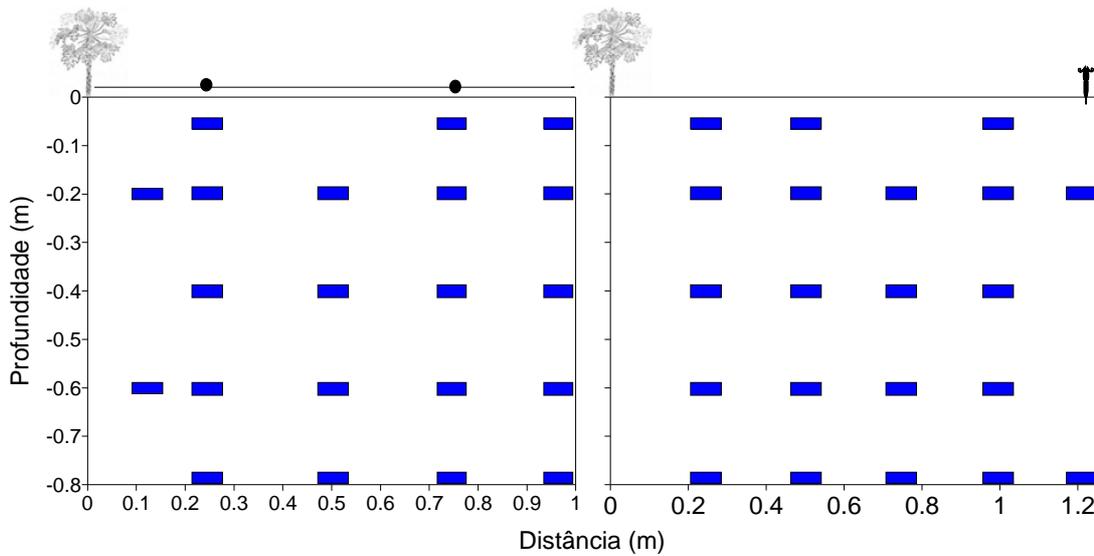
Para o monitoramento de água no solo foi aberta uma trincheira por planta, longitudinalmente à fileira de plantas nos tratamentos irrigados por gotejamento e radialmente à planta nos tratamentos irrigados por microaspersão. Camadas de 0,20 m de solo foram retiradas de cada vez e separadas das demais, a fim de recompor o perfil do solo na sua caracterização original. As sondas de TDR, foram

construídas no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura com uso de cabo coaxial de 50 ohms com 3,5 m de comprimento, isoladas com corpo de resina de poliéster de 0,05 m, hastes de 0,003 m de diâmetro e 0,10 m de comprimento fora da resina, espaçadas de 0,017 m (SILVA et al., 2005). Posteriormente foram identificadas e instaladas horizontalmente nas trincheiras obedecendo às

configurações apresentadas na Figura 1 para os tratamentos irrigados por gotejamento (A) e microaspersão (B).

As leituras de umidade do solo foram realizadas em intervalos de 10 minutos em 63 sondas conectadas a oito multiplexadores SDMX50 (Campbell Scientific) ligados à TDR 100 e esse a um datalogger CR10X para a aquisição e armazenamento dos dados.

Figura 1 - Posição das sondas de TDR no perfil de solo para os tratamentos irrigados por gotejamento (A) e microaspersão (B).



As leituras de umidade do solo foram realizadas em intervalos de 10 minutos em 63 sondas conectadas a oito multiplexadores SDMX50 (Campbell Scientific) ligados à TDR 100 e esse a um datalogger CR10X para a aquisição e armazenamento dos dados.

De posse dos valores de constante dielétrica obtidos pelo TDR, e da equação de

calibração (equação 1), calculou-se a umidade para todos os pontos. Os dados de umidade foram usados para o cálculo dos valores de água disponível (equação 2) em cada posição das sondas e, posteriormente, foram elaborados gráficos de água disponível e de extração no perfil do solo utilizando o software Surfer 8.0.

$$\theta = 3.10^{-5} Ka^3 - 0,0017ka^2 + 0,0412Ka - 0,2138$$

(1)

Em que

θ - Umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$)

Ka - constante dielétrica

$$AD_{(ri,zi)} = \left(\frac{\theta_{(ri,zi)} - \theta_{pmp}}{\theta_{cc} - \theta_{pmp}} \right) \times 100$$

(2)

Em que:

$AD_{(ri,zi)}$ - Percentagem de água disponível em um ponto (ri,zi) do perfil do solo;

$\theta_{(ri,zi)}$ - Umidade volumétrica em um ponto (ri, zi) do perfil do solo ($m^3 m^{-3}$);

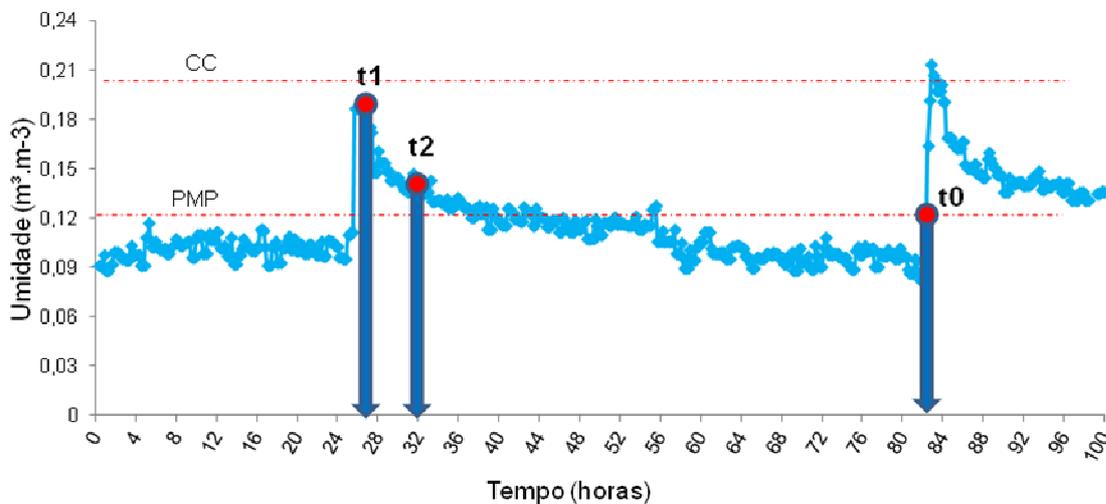
θ_{pmp} - Umidade do ponto de murcha permanente ($m^3 m^{-3}$);

θ_{cc} - Umidade na capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$).

A extração de água computada correspondeu à água retirada da zona radicular por extração pelas raízes, por percolação e por evaporação, conforme equação 3. Para o cálculo da extração definiu-se as que as sondas de TDR ficassem no meio de cada camada. A posição das sondas consideradas encontra-se representado na figura 1. Foi utilizada a metodologia proposta por Coelho & Or (1996) a qual consiste na

diferença entre os percentuais de umidade seis horas após uma irrigação (tempo necessário para ter ocorrido a infiltração e redistribuição da água no solo) e antes da próxima irrigação, conforme Figura 2. Nesse período as perdas por percolação são minimizadas e a maior contribuição na água total extraída, corresponde a absorção pelo sistema radicular.

Figura 2 - Determinação dos instantes em que se obtiveram os valores de umidade ao término da irrigação (t1), seis horas após a irrigação (t2) e antes de uma nova irrigação (t0).



$$\%ext_{(r,z)} = \frac{\sum_{r=0}^r \sum_{z=0}^z (\theta_{t_2} - \theta_{t_0})}{\sum_{r=0}^{1,0} \sum_{z=0}^{0,8} (\theta_{t_2} - \theta_{t_0})} \times 100 \tag{3}$$

em que:

$\%ext_{(r,z)}$ - Percentagem de extração na região do sistema radicular limitada pela distância r e profundidade z do perfil do solo $\sum_{r=0}^r \sum_{z=0}^z (\theta_{t_2} - \theta_{t_0})$ - Extração na região do sistema radicular limitada

pela distância r e a profundidade z do perfil do solo $m^3 m^{-3}$.

$\sum_{r=0}^{1,0} \sum_{z=0}^{0,8} (\theta_{t_2} - \theta_{t_0})$ - Extração total do perfil do solo ($m^3 m^{-3}$)

Para a definição do melhor posicionamento para instalação dos sensores de umidade do solo foi tomado como base o conhecimento da profundidade efetiva das raízes e a distância efetiva das raízes, definidas segundo Arruda (1989) como sendo a distância e profundidade onde se encontram 80% do total de comprimento

de raízes. Também foi considerada a profundidade e distância efetiva de extração, a que corresponde à região do perfil do solo na qual se verifica pelo menos 80% do total de extração de água pelas raízes (SANTOS, 2002). Para o posicionamento de tensiômetros, além de considerar as áreas de maior concentração de

raízes e extração de água, levou-se em conta a limitação de medidas de umidade até tensões de -80 kPa, o que equivale neste trabalho a umidade de $0,1630 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Resultados e discussão

As figuras 3A e 3B ilustram respectivamente a distribuição de água disponível no perfil do solo para T1 e T2, seis horas após a irrigação. Os valores de água disponível em ambos os tratamentos, encontram-se acima de 100% em praticamente todo o perfil do solo, ou seja, acima da capacidade de campo, mostrando a suficiência de água nas regiões de maior concentração de raízes. Os maiores valores de água disponível em T2 podem ser em decorrência da umidade do solo antes de ser realizada a irrigação bem como pelo fato de nesse tratamento possuir oito gotejadores, o que pode condicionar maior acúmulo de água principalmente nas camadas superficiais do perfil, uma vez que o volume de água aplicada por unidade de tempo é o dobro do T1, o qual, por sua vez, apresenta melhor uniformidade na distribuição de água em virtude de apresentar maior tempo de irrigação, condicionando melhor infiltração e redistribuição de água no solo.

Analisando a figura 4 juntamente com as equações de regressões, verifica-se que a distância e profundidade efetiva do sistema radicular situam-se próximas as distâncias e profundidades efetiva de extração de água. Para

T1, a distância efetiva de extração de água, a qual representa 80% do total de água extraída, é de 0,67 m. Nessa distância encontra-se 83% de todo o sistema radicular. Em se tratando de profundidade, verifica-se que, 66% do sistema radicular é responsável pela extração de 80% de água, a qual localiza-se a uma profundidade efetiva de extração de 0,45 m. Ao analisar o T2, encontram-se valores próximos de distância e profundidade efetiva do sistema radicular com a distância e profundidade efetiva de extração de água. Para a distância, 72% do sistema radicular da cultura encontra-se a 0,67m a partir da planta e extraem 80% do total de água consumida enquanto e para profundidade é necessário 86% do total de raízes, os quais localizam-se a uma profundidade de 0,42, corroborando o fato de ocorrer a extração no perfil do solo onde se concentra a efetivamente as raízes.

Através das análises acima é possível definir o correto posicionamento dos sensores de umidade do solo ou equipamentos que medem o potencial de água do solo para os sistemas de irrigação avaliados. Para o T1, a região onde melhor se adéqua a instalação dos sensores de umidade está compreendida na região entre o caule da planta e 0,67 m de distância, visto que nessa região encontra-se 80% do sistema radicular, e 80% da extração de água. Aconselha-se a instalação dos sensores até 0,60 m de profundidade, pois, são encontrados 80% das raízes e 93% da extração de água do perfil do solo.

Figura 3 - Água disponível para T1 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h^{-1} por planta em uma linha lateral (A) e T2 – oito emissores de 4 L h^{-1} por planta em duas linhas laterais (B), seis horas após a irrigação.

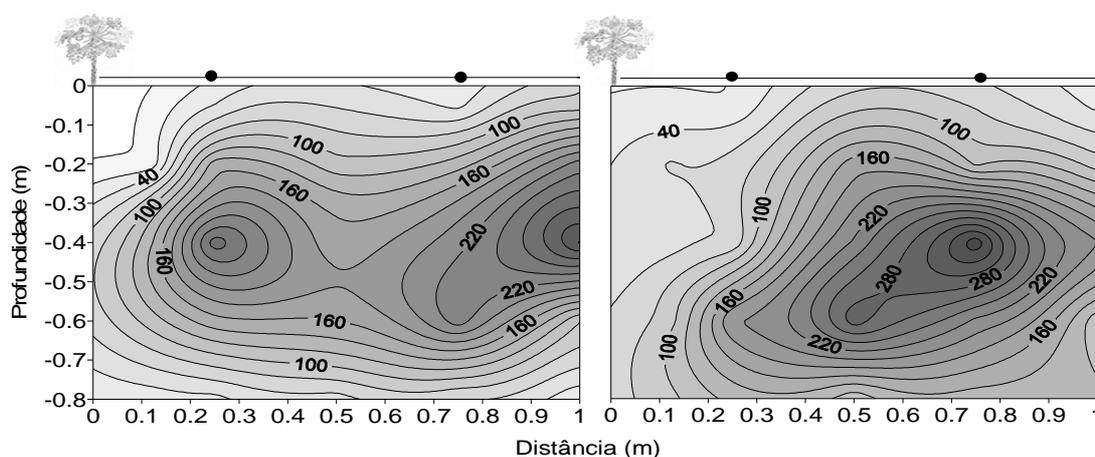
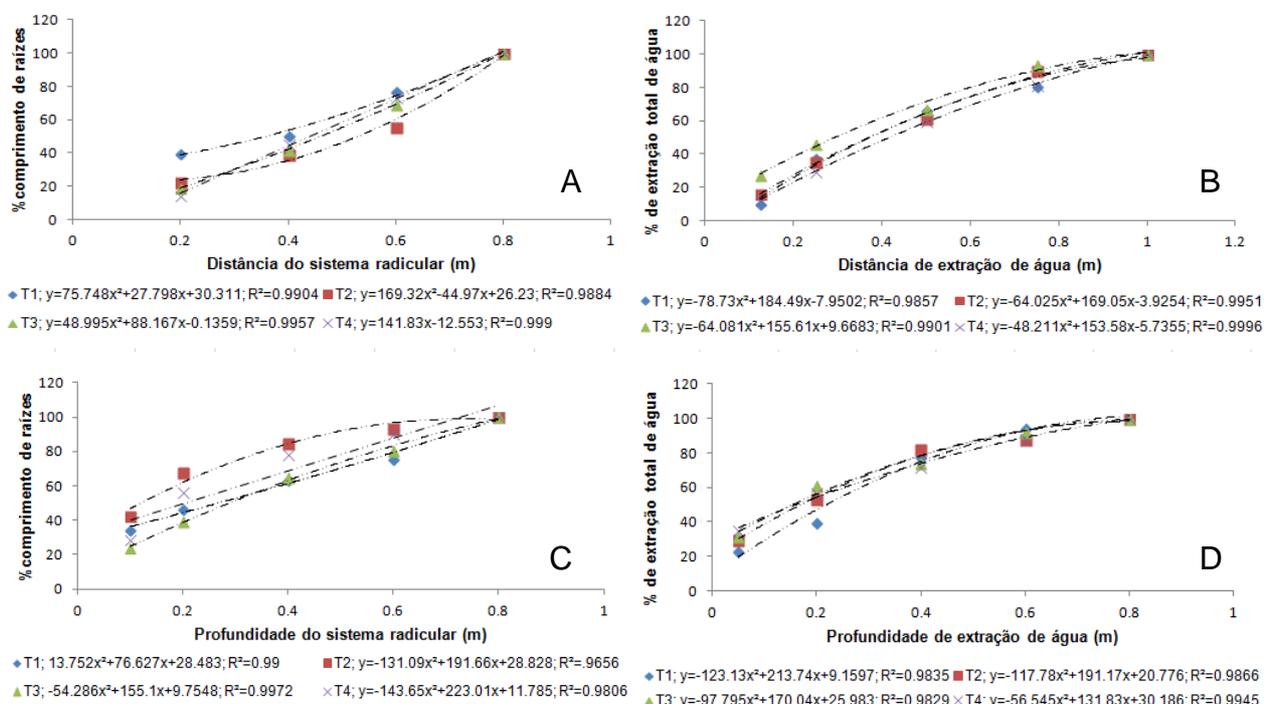


Figura 4 - Distância efetiva do sistema radicular (A), distância efetiva de extração de água (B), profundidade efetiva do sistema radicular (C) e Profundidade efetiva de extração de água (D) para T1 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta em uma linha lateral T2 – oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta em duas linhas laterais, T3 – microaspersor com vazão de 32 L h⁻¹ para quatro plantas e T4 – microaspersor de vazão de 43 L h⁻¹ para quatro plantas.

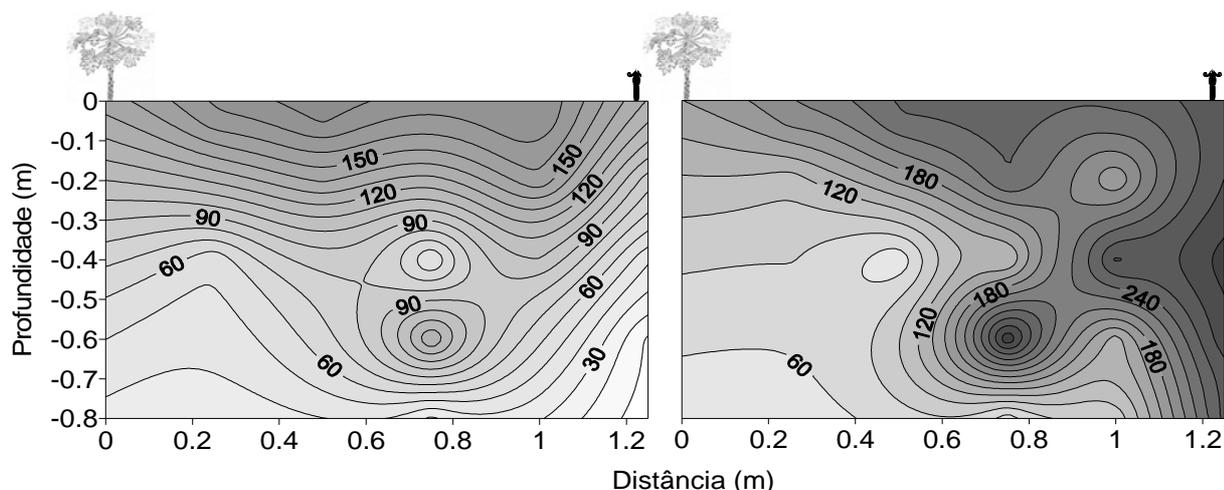


No caso de utilização de tensiômetros a instalação fica compreendida na distância a partir da planta até 0,2 m, com profundidade de 0,40 m, bem como entre 0,2 a 0,7m de distância da planta, à profundidade de 0,2 m, região onde os potenciais de água do solo, pela conversão das umidades na curva de retenção, são superiores a -80 kPa. Para o T2, a distância recomendada à instalação de sensores de umidade é a partir do caule da planta até os 0,71 m, a qual corresponde a 80% do total de raízes e 84% da extração total de água, com profundidade de até 0,42 m, onde encontram-se 86% da profundidade efetiva do sistema radicular e 80% extração de água do perfil. Quando do uso de tensiômetros, recomenda-se a instalação na distância compreendida entre a planta e 0,25 m, com profundidade de até 0,35 m e na distância entre 0,20 a 0,65 m, na profundidade de 0,2 m, região

limitada pela equipotencial de -80 kPa.

Na Figura 5 tem-se os gráficos de água disponível para o T3 e T4, seis horas após ser realizada a irrigação. Observa-se que os valores de água disponível no tratamento T3 encontram-se acima dos 100% ou acima da capacidade de campo até o limite de 0,35 m de profundidade, mostrando dessa forma a suficiência de água para suprir as necessidades hídricas da planta, uma vez que, para esse tratamento, na profundidade citada, encontra-se 60% do sistema radicular do mamoeiro. Ao analisar o comportamento da água disponível para o T4, observa-se que os valores são maiores que os encontrados no T3, atingindo inclusive as camadas mais profundas do perfil e principalmente nas regiões mais próximas ao microaspersor, o que se deve a maior vazão e raio de ação do emissor.

Figura 5 - Água disponível para T3 – um microaspersor com vazão de 32 L h^{-1} para quatro plantas (A) T4 – um microaspersor de vazão de 43 L h^{-1} para quatro plantas (B), seis horas após a irrigação.



Para o tratamento T3 a distância efetiva de extração (0,60 m) foi menor que a distância efetiva do sistema radicular (0,67 m), verificando-se dessa forma que 70% do sistema radicular são responsáveis por 80% da extração de água. No caso das profundidades, 80% da extração de água ocorreram até a profundidade de 0,42 m, enquanto que a profundidade efetiva do sistema radicular atinge os 0,57 m. Para o T4 observa-se que a distância efetiva de extração alcança 0,72 m a partir do caule, sendo superior a distância efetiva do sistema radicular que é de 0,65 m. A profundidade efetiva de extração situa-se próxima a profundidade efetiva do sistema radicular, respectivamente 0,48 e 0,42 m.

Para T3, as regiões que melhor se adéquam a instalação de sensores de umidade situam-se nas faixas de maior extração de água do solo bem como onde encontram-se as maiores concentrações do sistema radicular. Essa região está compreendida entre o caule da planta e a distância de 0,67 m, sendo a profundidade de instalação até 0,57 m, limite onde se encontra 80% do sistema radicular e da extração de água. Por sua vez, para T4 a distância para instalação vai do caule da planta até os 0,72 m com profundidade de 0,48 m.

Conclusões

O posicionamento de sensores de umidade do solo e de tensiômetros varia de acordo com sistema de irrigação utilizado.

As áreas de maior extração no perfil do solo tanto para o sistema de irrigação por microaspersão como de gotejamento foram influenciadas pelas zonas de maior quantidade de água disponível.

Tanto nos tratamentos irrigados por microaspersão como por gotejamento, os valores de distância efetiva de extração e profundidade efetiva de extração são próximos aos encontrados para a distância efetiva e profundidade efetiva do sistema radicular.

Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma - Italia, 2006. 323 p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 56).

ARRUDA, F. B. Necessidade de água nas culturas - Elementos de projeto. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO, 3., 1989, **Anais...**Campinas: IAC, 35 p, 1989.

- COELHO, E. F.; OR, D. A parametric model for twodimensional water uptake by corn roots under drip irrigation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, n. 4, p. 1039-1049, 1996.
- COELHO, E. F.; OR, D. Root distribution and water uptake patterns of corn under surface and subsurface drip irrigation. **Plant and Soil**. Dordrecht, v. 206, n. 2, p 123-136, 1998.
- COELHO, E. F.; SILVA, J. G. F. da; SOUZA, L. F. de. Irrigação e fertirrigação. In: TRINDADE, A.V. (Org.). **Mamão produção aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.37-42, 2000. (Frutas do Brasil, 3).
- COELHO, E. F.; ARRUDA, F. B. Aplicações da técnica de TDR: manejo da água no solo. In: WORKSHOP SOBRE APLICAÇÕES DA TÉCNICA DE TDR (REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO) NA AGRICULTURA, 1. Campinas. **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**. Campinas, SP: UNICAMP, FEAGRI, 2001. p. 129-145, 2001.
- COELHO, E. F.; CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A.; SANTOS, M. R. dos. Distribuição e absorção de água pelas raízes do mamoeiro sob três frequências de irrigação por gotejamento. In: Papaya Brasil 2003. **Qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória : INCAPER. v. 1. p. 503-506, 2003.
- COELHO, E. F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V. Sensor Placement for soil water monitoring in lemon irrigated by micro sprinkler. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 56-52, 2007.
- COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; CARVALHO, J. E. B.; COELHO FILHO, M. A. **Distribuição de Raízes e extração de Água do Solo em Fruteiras Tropicais sob Irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 80, 2008.
- COELHO FILHO, M. A. **Variabilidade espacial aplicada ao manejo da irrigação por microaspersão em lima ácida 'Tahiti' (Citrus Latifolia TANAKA)**. 1998. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- COELHO FILHO, M. A.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Transpiração máxima de plantas de mamão (*Carica Papaya* L.) em pomar fertirrigado, nas condições de Cruz das Almas BA. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 13, Juazeiro. **Anais**. Viçosa: ABID, 2003. (CD-ROM).
- CONCIANI, W.; CARNEIRO, B. J.; SOARES, M. M.; HERMANN, P. S. P.; CRESTANA, S. Emprego de TDR com sondas multihastes segmentadas para medida de umidade de um perfil de solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1997, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa-CNPDIA. v. 1, p. 169-173, 1997.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande : UFPB, 1994. 212 p. (Estudos FAO : Irrigação e Drenagem, 33).
- FAO – Food and Agriculture Organization. **Agricultural production**. Disponível em: <http://http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 21 de nov. 2010.
- FERERES, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. **Ponencia en IV Seminario Latinoamericano de Microirrigación**. Barquisimeto, Venezuela, 1981. (En prensa).
- GARDNER, W. H. Water content. In: **Methods of soil analysis**. Madison: A. Klute. p. 493-544, 1986.
- GOLDBERG, S. D.; RINOT, M.; KARU, N. Effect of trickle irrigations intervals on distribution and utilization of soil moisture in a vineyard. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 35, p. 127-130, 1971.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Culturas Temporárias e Permanentes. 2009, v. 36. 90 p.

LEDIEU, J.; de RIDDER, P.; de CLERCK, P.; DAUTREBANDE, S. A method of measuring soil moisture by time-domain reflectometry. **J. Hydrol.** V. 88, p.319-328. 1986.

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. F. J. **Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 69).

OR, D.; WRAITH, J. M. Agricultural and environmental soil physics. **Utah State University**, Logan, p. 218, 1997.

SANTOS, D. B. **Extração de água pelo limão 'Tahiti' com porta enxerto Citrumelo 'Swingle' sob microaspersão nas condições semiáridas da Bahia.** 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002.

SILVA, T. S. M. da; COELHO, E. F., LIMA, D. M.; SANTOS, D. B. Absorção de água pelo sistema radicular do mamoeiro irrigado por diferentes sistemas de microaspersão. **Anais...** Fortaleza: XI CONIRD, Ago. p.6 11, 2001.

SILVA, A. J. P.; COELHO, E. F.; SANTOS, M. R. Avaliação de sondas de TDR para medida da condutividade elétrica aparente e da umidade. In: XV CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, **Anais...** Teresina, PI, 2005.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. **Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, Bahia.** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 2001. p. 56. (Boletim de Pesquisa, 20).

STEVENS, R. M.; DOUGLAS, T. Distribution of grapevine roots and salt underdrip and full-ground cover microjet irrigation systems. **Irrigation Science**, Berlin, v. 15, p. 147-152, 1994.

TRINDADE, A. V. **Mamão. Produção: aspectos técnicos.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologias, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil; 3).

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, v. 16, p. 576-583, 1980.

VIEIRA, D. B.; GENOVEZ, A. M.; GOMES, E. M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do milho (*Zea mays* L.) irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas, p. 95-106, 1996.

Recebido em: 25/01/2013
Aceito em: 16/04/2014