

## Onde Posicionar Sensores de Umidade e de Tensão de Água do Solo Próximo da Planta para um Manejo mais Eficiente da Água de Irrigação

### Introdução

A irrigação eficiente é aquela com menor consumo de energia e menor perda de água, contribuindo na maior conservação dos recursos hídricos, por ser aplicada no momento correto, isto é, aquele em que a umidade do solo começa a comprometer a absorção de água pela planta. Essa irrigação eficiente requer também a reposição correta da água perdida pelas plantas desde a última irrigação. Os sensores que medem a umidade e a tensão de água do solo são instrumentos para se alcançar uma irrigação eficiente. Contudo, é preciso posicioná-los adequadamente na zona radicular das plantas para que se possa definir corretamente quando irrigar e o quanto de água aplicar. Essa circular técnica reúne resultados de estudos conduzidos nos últimos anos para recomendar onde posicionar os sensores de umidade e de tensão de água do solo na zona radicular de diferentes fruteiras tropicais de forma a contribuir para maximização da eficiência de uso de água na irrigação.

Cruz das Almas, BA  
Janeiro, 2015

### Autores

**Eugenio Ferreira Coelho**  
Engenheiro-agrícola, doutor em Engenharia de irrigação, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

**Welson Lima Simões**  
Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

### Sensores de água do solo

Dentre os sensores para medidas de umidade ou tensão da água do solo, há os de maior e de menor precisão. Os de maior precisão são os reflectômetros do tipo TDR (reflectometria no domínio do tempo) ou tipo FDR (reflectometria no domínio da frequência), mais caros e menos acessíveis a maioria dos produtores. No caso de reflectômetros tipo TDR, a coleta manual de dados pode ser feita com uso de diferentes equipamentos como o Trase system e o Minitrase (Soil Moisture), sendo estes os mais apropriados para manejo em campo, pelas facilidades de leituras diretas da umidade. O reflectômetro TDR 100 (Campbell Scientific<sup>1</sup>) não é vendido na forma de um equipamento único como o Trase System, mas em partes separadas (TDR 100, datalogger, bateria, mostrador digital), sendo necessário ao usuário reunir essas partes em uma caixa para tornar o equipamento portátil. Outro tipo de reflectometro de TDR disponível no mercado é a TDR 300, que tem preço mais acessível e é de mais fácil manuseio (Figura 1).



**Figura 1.** Reflectômetros tipo TDR disponíveis para a agricultura e manejo da água de irrigação: (a) TDR 100; (b) Trase system; (c) Trase 300.

<sup>1</sup>A marca do produto não implica em endosso pelos autores.

Os reflectômetros comerciais que usam o princípio da FDR tal como o Diviner são eficientes no manuseio em campo, sendo apropriados para o manejo com leituras manuais (Figura 2).

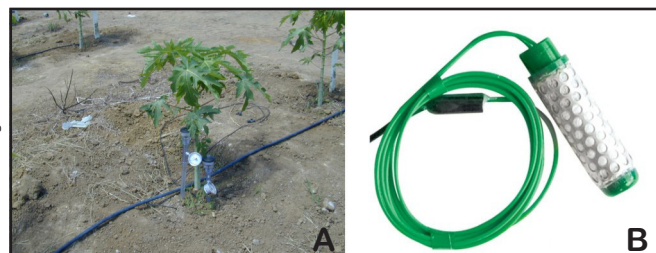


Foto: Paulo Augusto Pereira

**Figura 2.** Refletômetro tipo FDR (sonda de capacitância) em uso no campo

Há sensores de umidade ou de tensão de água do solo mais acessíveis aos produtores tais como o Irrigas, o tensiômetro que funciona na faixa de tensão de 0-80 kPa; bem como, os medidores de tensão com uso de resistência elétrica que podem funcionar na faixa de tensão de água do solo entre 150 kPa e 600 kPa no caso dos blocos de gesso, ou na faixa de 10 kPa a 200 kPa, no caso do material matricial granular (Figura 3). Há também indicadores de umidade do solo de baixo custo no mercado, que fornecem o estado de umidade de forma qualitativa como o método do tato, no qual o solo é comprimido nas mãos, e de acordo com aparência e a consistência da estrutura do mesmo, define-se o estado de umidade, bem como sua aparente disponibilidade de água (Figura 4).

Foto: Eugênio F. Coelho



**Figura 3.** Sensores de tensão de água do solo: (a) tensiômetro (tensões de 0 a 80 kPa) e (b) watermark (tensões de 10 – 200 kPa)



Foto: Tiberio S. M. Silva

**Figuras 4.** Uso do método do tato para determinação da umidade do solo

## Distribuição de raízes de fruteiras

Os fatores que interferem na distribuição do sistema radicular são o tipo e a configuração do sistema de irrigação, tipos e vazões dos emissores, o manejo da irrigação e em especial a frequência de irrigação. A maior frequência de irrigação acarreta menor volume de solo molhado e, portanto, sistemas radiculares mais próximos da superfície do solo ou mais contraídos, ao contrário das irrigações menos frequentes, que proporcionam sistemas radiculares mais expandidos e profundos.

Para realização de um bom manejo da irrigação, o ideal é que, após a irrigação, o solo atinja a sua umidade adequada (capacidade de campo) até a profundidade onde se encontre 80% da distribuição do sistema radicular ativo da cultura, denominada profundidade efetiva. Em se tratando de irrigação localizada, como gotejamento e microaspersão, é necessário conhecer tanto a profundidade quanto a distancia horizontal efetiva das raízes ativas para absorção, em relação à planta, isto é, a profundidade do solo e a distância da planta onde se concentram 80% do comprimento total das raízes. A Tabela 1 expõe a profundidade e a distância horizontal efetiva das raízes de algumas fruteiras tropicais a partir de resultados de pesquisa de diversos autores.

A distância e profundidade efetiva do sistema radicular não garante que a absorção de água esteja ocorrendo dentro desses limites. A absorção ocorre onde os níveis de umidade lhe são propícios. Regiões de absorção de água do solo tem sido verificadas em pesquisa sob condições específicas (Coelho et al., 2008), mas o uso da distância e da profundidade efetiva do sistema radicular é um bom indicativo para posicionamento de sensores.

**Tabela 1.** Profundidade e distância efetiva do sistema radicular de algumas espécies frutíferas irrigadas.

Cultura	Sistema de irrigação	Espaçamento (m x m)	Profundidade efetiva (m)	Distância efetiva (m)	Fonte
Bananeira	microaspersão	3,00 x 3,00	0,40 a 0,60	0,60	Coelho et al. (2008)
Limão Thaiti	microaspersão	7,00 x 8,00	0,40 a 0,60	2,00	Coelho et al. (2008)
	microaspersão	5,00 x 7,00	0,60	2,00	Machado & Coelho (2000)
Goiabeira	microaspersão	5,00 x 6,00	0,80	0,80	Basso et al. (2002)
Laranja	gotejamento	7,00 x 5,00	2,00	2,00	Coelho et al. (2008)
Mamoeiro	gotejamento	3,5 x 1,70	0,45	0,60	Coelho et al. (2008)
	gotejamento enterrado	3,5 x 1,70	0,25	0,45	Carvalho (2011)
	microaspersão	3,5 x 1,70	0,45	0,55	
Mangueira	gotejamento	5,00 x 8,00	0,90	1,60	Coelho et al. (2008)
	microaspersão	7,00 x 9,00	0,60	2,00	
Maracujazeiro	gotejamento	3,50 x 4,00	0,40 a 0,60	0,65	Sousa et al. (2002)
Videira	gotejamento e	2,00 x 4,00	0,40	0,60	Basso et al. (2003)
	microaspersão	3,00 x 3,50	0,60	0,60	

É necessário localizar a região de extração de água do solo dentro do sistema radicular para caracterizar melhor o posicionamento dos sensores de água do solo. Adota-se a distância e profundidade efetiva de extração de água do solo, à semelhança da distância e profundidade efetiva do sistema radicular, para fins de posicionamento de sensores de umidade ou tensão de água do solo. Os sensores de umidade e potencial de água do solo devem ser instalados na zona radicular limitada pela distância e profundidade onde ocorre 80% da extração de água pelas

raízes. Coelho et al. (2008) sintetiza as distâncias e profundidades efetivas de extração de água pelo sistema radicular para diferentes fruteiras tropicais, sob condições de irrigação (Tabela 2).

Os valores da Tabela 2 foram recomendados para condições comuns de irrigação por microaspersão e gotejamento. Entretanto, emissores com menores vazões, ou no caso de uso da frequência de um dia, causará uma redução nas distâncias e profundidades efetivas de extração de água pelas plantas.

**Tabela 2.** Distância e profundidade efetiva de extração de água no solo, para bananeira, limoeiro, mamoeiro e mangueira, sob irrigação localizada (Coelho et al., 2008).

Cultura	Sistema de irrigação	Frequência de irrigação (dias)	Distância (m)	Profundidade (m)
Bananeira	Microaspersão	2	0,70	0,50
Bananeira	Microaspersão	4	0,70	0,60
Bananeira	Microaspersão	6	1,10	0,80
Limão Thaiti	Microaspersão	2	1,20	0,50
Mamoeiro	Gotejamento	3	0,55	0,40
Mamoeiro	Gotejamento	2	0,40	0,30
Mangueira	Microaspersão	2	1,50	0,70



## Posicionamento de sensores

Posicionar os sensores de medição de umidade ou tensão de água do solo significa instalar esses sensores no entorno da planta onde a atividade das raízes é representativa de todo o sistema radicular, isto é, onde eles possam detectar as variações de umidade e de tensão de água do solo de forma a representar a variação em todo sistema radicular (Figura 5). Os sensores não podem ser instalados onde não há absorção de água ou onde a absorção não seja significativa, isto é entre duas fileiras de plantas ou entre duas plantas.

Existe a recomendação de uso de um segundo sensor na borda inferior da profundidade efetiva do sistema radicular para detectar o momento de finalizar a irrigação, o que pode ser usado, entretanto, é necessário assegurar que seja uma alternativa mais adequada que o uso do tempo de irrigação calculado. A instalação de sensores de

Foto: Tiberio S. M. Silva



**Figura 5.** Posicionamento de tensiômetro próximo de uma touceira de bananeiras

tensão de água como tensiômetros e sensores de resistência elétrica como o watermark deve levar em conta, além da região de relevante extração de água os limites de funcionamento do sensor.

A definição da região para posicionamento de sensores de água do solo dessa circular técnica foi feita para algumas fruteiras tropicais com base: (i) nos limites da zona de extração de água pelas raízes onde ocorre pelo menos 80% da extração total e (ii) nos limites da região onde ocorre pelo menos 80% do comprimento total das raízes. A interseção da região da zona radicular que concentra 80% do comprimento total das raízes e da região onde concentra 80% da extração total de água da planta resulta na região considerada mais propícia à instalação de sensores de umidade do solo.

A Tabela 3 resulta da adaptação de resultados de pesquisas realizadas para definição do posicionamento de sensores de umidade e de tensão de água do solo, por meio da distância da planta e da profundidade do solo para diferentes fruteiras, sob sistema de irrigação por gotejamento e por microaspersão (SANTANA JUNIOR, 2012; CARVALHO, 2012, SANTOS et al., 2007).

A distância recomendada na Tabela 3 corresponde à distância máxima para instalação dos sensores, entretanto as zonas de maior atividade do sistema radicular, isto é, a região onde ocorre as maiores extrações de água pelas raízes ocorre entre 0,20 m e 0,40 m para todas as fruteiras mencionadas, exceto o abacaxi.

**Tabela 3.** Recomendação para posicionamento de sensores de umidade e de tensão de água do solo para fruteiras tropicais sob irrigação por microaspersão e gotejamento.

Cultura	Frequência de irrigação (dias)	Emissor	Vazão do emissor L/h	Distância máxima da planta (m)	Profundidade máxima do solo (m)
Abacaxi	2	gotejamento	4	0,20	0,15 - 0,35
Citros	2	microaspersão	38	1,00	0,20 - 0,35
Bananeira	2	microaspersão	60	0,60	0,20 - 0,35
Bananeira	2	gotejamento	16	0,50	0,20 - 0,35
Mamão	2	gotejamento	12	0,65	0,20 - 0,50
Mamão	2	gotejamento	24	0,71	0,20 - 0,35
Mamão	2	micro	60	0,55	0,20 - 0,45
Mamão	2	gotejamento	12	0,70	0,20 - 0,45
Mangueira	2	micro	43 - 60	1,50	0,20 - 0,60
Maracujazeiro	2	gotejamento	8	0,40	0,20 - 0,35

### Casos específicos de posicionamento de sensores para fruteiras

Os casos específicos de posicionamento de sensores de água no solo são os que envolvem variações da condição edafoclimática, da vazão do emissor e da frequência de irrigação. Para a mangueira, a diferença no posicionamento de sensores para regiões semiáridas e subúmidas está na distância efetiva da planta, que é maior nas condições subúmidas (2,0 m) comparada à condição semiárida (1,50 m), sendo a profundidade efetiva de 0,70 m. No caso da bananeira sob microaspersão, em condições subúmidas a distância efetiva também é maior (0,80 m) que nas condições semiáridas (0,70 m), embora com profundidade efetiva menor (0,40 m).

A vazão do emissor influencia diretamente a área molhada do solo. Quanto maior a vazão, maior a área molhada. Dessa forma, na Tabela 4, verifica-se as recomendações de distâncias e profundidades de instalação de sensores de umidade e de tensão para diferentes vazões do microaspersor. Deve-se destacar que a distância da planta onde ocorre maior atividade do sistema radicular para a bananeira situa-se entre 0,20 m e 0,40 m, embora o sensor possa

ser instalado dentro da região limitada pela distância máxima sugerida na Tabela 4.

A frequência de irrigação afeta o posicionamento dos sensores. O sensor em baixa frequência de irrigação, isto é, em irrigações mais espaçadas no tempo, pode ser estar localizado mais distante da planta e em maior profundidade no solo. A Tabela 5 ilustra a variação das posições de instalação de sensores de umidade e tensão de água do solo para a bananeira e mamoeiro, sendo que, mesmo nessas condições, prevalece maior atividade das raízes na faixa de distância mencionada. As profundidades máximas servem como limite de instalação dos sensores, embora, por segurança a camada de 0,20 a 0,40 seja a mais adequada.

O posicionamento do segundo sensor a ser instalado, no caso de adoção do mesmo para definir o final da irrigação, segue as mesmas distâncias sugeridas e as profundidades serão as profundidades efetivas das raízes, conforme a Tabela 1. O correto posicionamento contribui para maior eficiência do manejo da água, uma vez que se detectará o momento de irrigar de forma a representar as respostas no solo da atividade da planta no uso da água.

**Tabela 4.** Distância e profundidade de instalação de sensores de umidade e de potencial de água do solo para bananeira sob microaspersão com diferentes vazões do microaspersor.

Sensor	Sistema de irrigação	Vazão do emissor (L/h)	Raio de ação do emissor (m)	Distância máxima da planta (m)	Profundidade máxima do solo (m)
Umidade	micro	32	1,50	0,70	0,20 - 0,35
Umidade	micro	60	3,20	0,80	0,20 - 0,35
Tensiometro	micro	32	1,50	0,50	0,20 - 0,35
Tensiometro	micro	60	3,20	0,50	0,20 - 0,60

**Tabela 5.** Posicionamento de sensores de umidade para diferentes frequências de irrigação, adaptado de Santana Junior (2012) e Carvalho (2012).

Cultura	Sistema de irrigação	Frequência de irrigação (dias)	Distância da planta (m)	Profundidade do solo (m)
Bananeira	microaspersão	2 dias	0 - 0,70	0,20 - 0,50
Bananeira	microaspersão	4 dias	0 - 0,70	0,20 - 0,60
Bananeira	microaspersão	6 dias	0 - 1,10	0,20 - 0,80
Mamoeiro	gotejamento	3 dias	0 - 0,55	0,20 - 0,40
Mamoeiro	gotejamento	2 dias	0 - 0,40	0,20 - 0,30

## Referências

BASSOI, L.H.; TEIXEIRA, A.H.C.; SILVA, J.A.M.; SILVA, E.E.G.; TARGINO, E.L.; MAIA, J.L.T.; FERREIRA, M.N.L. Parâmetros para o manejo de irrigação da goiabeira no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. (cd rom).

BASSOI, L.H.; HOPMAMS, J.W.; JORGE, L.A.C.; ALENCAR, C.M.; SILVA, J.A.M. Grapevine root distribution for drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.377-387, 2003.

CARVALHO, G. C. **Variáveis de crescimento, de produção e da relação solo-água-planta no mamoeiro Sunrise Solo sob sistemas de irrigação localizada**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Dissertação (Mestrado) - 2011.

COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; CARVALHO, J. E. B. de; COELHO FILHO, M. A. **Distribuição de raízes e extração de água do solo em fruteiras tropicais sob irrigação**. 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. v. 1. 80p.

MACHADO, C. C.; COELHO, R. D. Estudo da distribuição espacial do sistema radicular do limão "Cravo" enxertado com lima ácida "Tahiti". **Laranja**, Cordeirópolis, v.21, n.2, p. 359-380, 2000.

SANTANA JUNIOR, E.B. **Caracterização solo-água, distribuição radicular e eficiência de uso da água pela cultura da banana sob diferentes configurações de irrigação localizada**. 2012. Cruz das Almas: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias).

SANTOS, D. B. dos; COELHO, E. F.; AZEVEDO, C. A. V. de. Sensor placement for soil water monitoring in lemon irrigated by microsprinkler. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Impresso), v. 11, p. 46-52, 2007.

SOUSA, V. F.; FOLEGATTI M. V.; COELHO FILHO, M. A.; FRIZZONE, J. A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n.1, p.51-56. 2002.

### Circular Técnica, 109

Embrapa Mandioca e Fruticultura  
Endereço: Rua Embrapa, s/n, Caixa Postal 07, 44380-000, Cruz das Almas - Bahia  
Fone: (75) 3312-8048  
Fax: (75) 3312-8097  
SAC: [www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/)  
[www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura](http://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura)

1ª edição  
(2015): online

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



### Comitê de publicações

Presidente: *Aldo Vilar Trindade*  
Secretária: *Maria da Conceição P. Borba dos Santos*  
Membros: *Antonio Alberto Rocha Oliveira, Aurea Fabiana Apolinário de Albuquerque, Cláudia Fortes Ferreira, Herminio Souza Rocha, Jacqueline Camolese de Araújo, Marcio Eduardo Canto Pereira, Tullio Raphael Pereira de Pádua, Léa Ângela Assis Cunha, Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

### Expediente

Supervisão editorial: *Aldo Vilar Trindade*  
Revisão de texto: *Jacqueline Camolese de Araújo, Maurício Antonio Coelho Filho*  
Revisão gramatical: *Mª da Conceição P. B. dos Santos*  
Normalização bibliográfica: *Lucidalva Ribeiro G. Pinheiro*  
Editoração: *Maria da Conceição P. Borba dos Santos*