

INTENSIDADE DA INTRUSÃO DE RAÍZES DE CANA-DE-AÇÚCAR EM GOTEJADORES SOB DIFERENTES MANEJOS DA IRRIGAÇÃO

**RONALDO SOUZA RESENDE¹; ANNY KAROLINI MENEZES RODRIGUES²;
JULIO ROBERTO ARAUJO DE AMORIM³ E LUCIANO ALVES DE JESUS
JUNIOR⁴**

¹Engenheiro Agrônomo, Dr. em Agronomia, Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Jardins, CEP 49025-240, Aracaju, SE, Brasil. e-mail: ronaldo.resende@embrapa.br.

²Engenheira Agrônoma, Rua Nossa Senhora das Mercedes, 867, São Paulo – SP, Cep 04165-001, Email akmrodrigues@gmail.com

³Engenheiro Agrônomo, M. Sc. em Irrigação e Drenagem, Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Jardins, CEP 49025-240, Aracaju, SE, Brasil. e-mail: julio.amorim@embrapa.br.

⁴Estatístico, Especialista em Estatística, Analista, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Jardins, CEP 49025-240, Aracaju, SE, Brasil. e-mail: luciano.alves@embrapa.br.

1 RESUMO

O objetivo deste estudo foi quantificar o intrusão das raízes no interior dos gotejadores em função de diferentes níveis de irrigação da cana-de-açúcar e de profundidades de instalação do tubogotejador. Foram avaliadas linhas laterais de irrigação utilizadas durante quatro ciclos de cultivo (2008 a 2011), instaladas em duas profundidades: P1 = 0,25 m e P2 = 0,35 m, em quatro níveis de reposição da demanda evapotranspirativa: W1 = 45%, W2 = 90%, W3 = 135% e W4 = 180% da ETo. Após realização de testes de vazão, os gotejadores de uma amostra de cada tratamento foram dissecados para avaliação da presença e distribuição das raízes no seu interior. Os dados de contagem dos gotejadores com presença de raiz foram submetidos ao teste não paramétrico de Friedman. O tratamento W3 (135% da ETo) resultou em menor nível de intrusão na profundidade P1 (0,25 cm), porém foi o que apresentou maior nível em P2 (0,35 cm). Os resultados obtidos não evidenciaram claramente uma relação entre o manejo da umidade do solo na zona radicular e a ocorrência da intrusão de raízes no orifício de gotejadores. Observou-se a presença de raízes em 65% dos gotejadores, sobretudo localizadas na câmara de saída de água e no labirinto do gotejador.

Palavras-chave: Saccharum spp., gotejamento subsuperficial, entupimento de gotejadores, estrutura do gotejador.

**RESENDE, R. S.; RODRIGUES, A. K. M.; AMORIM, J. R. A. de; JESUS JUNIOR, L.
A. de**

**INTENSITY OF SUGARCANE ROOT INTRUSION IN DRIPPERS UNDER
DIFFERENT IRRIGATION MANagements**

2 ABSTRACT

This study aimed to quantify the root intrusion inside the drippers due to different levels of irrigation and depths of drip side lines installation. For this purpose, the drip side lines used in

the four cycles of sugarcane crop (2008-2011) were evaluated. The side lines were installed at 0.25 m and 0.35 m depth. Sugarcane was submitted to four water replacement levels of the reference crop evapotranspiration (ET_o) demand: W1 = 45%, 90% = W2, W3 = W4 = 135% and 180% of ET_o. After performing flow tests, emitters from a sample of each treatment were dissected for evaluation of the presence and distribution of the roots within them. The count data of drippers with the presence of roots were submitted to the nonparametric Friedman test. W3 Treatment (135% of ET_o) resulted in the lowest level of root intrusion at depth P1 (0.25 cm), but it had the highest level of intrusion at depth P2 (0.35 cm). The results showed an unclear relationship between the management of soil moisture in the root zone of sugarcane and the occurrence of root intrusion into the orifice of drip emitters. The presence of roots was observed in 65% of the evaluated drippers, mainly located inside the water output camera and dripper labyrinth channel.

Keywords: subsurface drip irrigation, emitter clogging, irrigation management.

3 INTRODUÇÃO

Nos sistemas de irrigação localizada, a qualidade da água assume importância fundamental devido ao seu potencial de causar entupimento nos emissores (gotejadores e microaspersores), seja de natureza química, física ou biológica. Nos sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial, adiciona-se a possibilidade de ocorrer a entrada de raízes através dos orifícios de saída de água dos gotejadores, causando-lhes redução de vazão.

A assertiva de que o inadequado manejo da irrigação pode contribuir para a ocorrência da intrusão de raízes tem sido comumente encontrada na literatura. Tal tese foi defendida por Camp et al. (2000), ao afirmarem que o manejo da irrigação pode influenciar a probabilidade de ocorrer intrusão de raízes, dado que interfere no ambiente imediatamente adjacente ao emissor. Segundo esses autores, a irrigação de alta frequência, que mantém o solo em volta do emissor sempre próximo à saturação, pode inibir o crescimento radicular nessa área para algumas plantas, mas, não para outras. E, de modo contrário, déficit de umidade do solo, algumas vezes imposto com o objetivo de controle da frutificação ou da qualidade na maturação ou no crescimento vegetativo, pode aumentar a intrusão como consequência da alta concentração de raízes na área do emissor. Nessa mesma linha de pensamento, Mead (2016) afirmou que o sistema radicular não invade emissores em solos saturados ou próximos à saturação; portanto, se não houver depleção elevada de água no solo, não ocorrerá intrusão radicular.

A vazão média e a variação da vazão de uma amostra de emissores têm sido utilizadas como indicadores da ocorrência de entupimento. Em estudo realizado em ambiente controlado, Resende et al. (2004) avaliaram o potencial de intrusão radicular em 14 modelos de gotejadores e observaram comportamento contrário ao enunciado por aqueles autores. Nesse estudo, o nível de redução de vazão em função de intrusão de raízes foi mais acentuado quando o regime de umidade do solo foi mantido na tensão de 10-15 kPa, em relação à manutenção de um regime de 70-80 kPa. Para cana-de-açúcar, a faixa limite crítica do potencial de água no solo é comumente apontado como de 80 a 100 kPa (PIRES; ARRUDA; SAKAI, 2008).

O presente estudo teve como objetivo quantificar a ocorrência de intrusão de raízes de cana-de-açúcar no interior de gotejadores em função de diferentes níveis de irrigação e de profundidades de instalação do tubogotejador.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O cultivo da cana-de-açúcar, variedade RB 867515, foi conduzido em área experimental localizada na Usina Coruripe, município de Coruripe, AL, com coordenadas geográficas 10°01'29" de latitude Sul e 35°16'24" de longitude Leste e altitude de 108 m. O solo da área é um Argissolo amarelo coeso.

Os tratamentos consistiram em quatro lâminas ou níveis de irrigação (W) aplicados em duas profundidades de instalação do tubogotejador: 0,25 m (P1) e 0,35 m (P2). As lâminas de irrigação foram definidas como percentual da média diária da evapotranspiração de referência (ET_o) estimada na semana anterior, sendo esses percentuais 45%, 90%, 135% e 180% da ET_o (W1, W2, W3, W4). A ET_o foi estimada utilizando o modelo de Penman-Monteith, a partir de dados de uma estação climatológica automática instalada próxima à área experimental. A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estabelecida com base na ET_o utilizando-se os coeficientes culturais (K_c) respectivos às fases de desenvolvimento da cultura, conforme Silva et al. (2012). Para caracterização do regime hídrico do solo representativo de cada tratamento, foi efetuada a leitura de umidade do solo durante o período de irrigação, por meio da técnica de reflectometria no domínio do tempo – FDR (Sentek - Diviner 2000®).

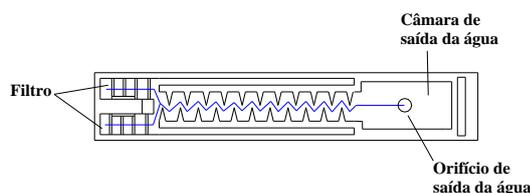
Para cada profundidade de instalação do tubogotejador, foi delineado um ensaio em blocos ao acaso, com quatro repetições por tratamento (níveis de irrigação). A cana foi plantada em fileiras duplas, com espaçamento de 0,5 m entre fileiras simples e de 1,3 m entre duplas. As irrigações foram aplicadas diariamente por meio de um sistema de gotejamento subsuperficial com tubogotejadores espaçados de 1,8 m (uma linha de gotejadores em cada fileira dupla de plantio) e gotejadores espaçados de 0,5 m entre si. A parcela experimental consistiu em quatro linhas duplas, com 11 m de comprimento, resultando em uma área de 79,2 m². Com exceção do quarto ciclo, ao final de cada cultivo foi efetuada a aplicação de 0,15 mL do herbicida trifluralina (TFN), por gotejador, via sistema de irrigação.

Ao final do quarto ciclo da cultura, as duas linhas centrais de tubogotejadores de cada parcela foram retiradas do solo para avaliação. Após a realização de testes de vazão (RESENDE; AMORIM; RODRIGUES, 2012), os gotejadores de três parcelas de cada tratamento de lâmina de irrigação (60 gotejadores por nível de irrigação, 240 por profundidade) foram dissecados com o propósito de identificar a ocorrência de raízes no seu interior. Em desenho do gotejador (Figura 1), foi registrada a disposição da raiz no interior de cada um. Com o propósito de quantificar o grau de intrusão em função da disposição da raiz, foi estabelecida uma escala numérica representando categorias de níveis de intrusão (N), como segue: N0 – gotejador sem presença de raiz; N1 – raiz localizada apenas na câmara de saída de água; N2 – raiz alcançando o labirinto; N3 – raiz alcançando o pré-filtro e N4 – raiz alcançando o interior do tubogotejador. Esse procedimento permitiu determinar o percentual de gotejadores por categoria, em cada nível de irrigação avaliado.

Esse procedimento foi também efetuado para 100 gotejadores de área comercial da Usina que haviam sido utilizados por seis ciclos de cultivo, com base em um manejo da irrigação que repunha 50% da ET_o, aplicada com frequência diária. Essas linhas foram coletadas em cinco pontos distintos da área da Usina. A profundidade de instalação desses gotejadores foi de 0,25 m, idêntica ao tratamento P1, tendo recebido a mesma dose anual de TFN utilizada na área experimental.

O gotejador utilizado na área irrigada é do tipo “pente”, com regime de fluxo turbulento e não compensante de pressão (Figura 1).

Figura 1. Desenho esquemático do gotejador utilizado no sistema de irrigação.



O comprimento de labirinto mede 17,8 mm e o comprimento total do percurso de água, aproximadamente 21 mm. A área bruta de filtragem mede 14 mm² e a área líquida, 12,3 mm². A distância entre o ponto de entrada da raiz e a entrada do labirinto (ponto crítico do fluxo) é de 3,2 mm, e a área da câmara de saída de água mede 33,3 mm². A largura do labirinto é de aproximadamente 0,7 mm (Resende et al., 2004).

Com base na notação utilizada, efetuou-se a contagem do número de gotejadores por categoria, em cada tratamento. Uma análise de variância foi aplicada aos dados experimentais, utilizando o teste não paramétrico de Friedman, sendo a comparação das médias das contagens (estatística de posto), por tratamento, efetuada utilizando-se o teste 't' de Student a 5% de probabilidade (Zimmermann, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas de umidade realizadas durante o período seco da região revelaram que a umidade volumétrica média do solo na camada 0 – 0,4 m foi de 8,5%, 10,5%, 11,5% e 12,5% nos tratamentos W1, W2, W3 e W4, respectivamente. Para esse solo, a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, na referida camada, equivalem a 13,5% e 4,5%, respectivamente. Assim, o regime de umidade mantido no período correspondeu a 45%, 67%, 78% e 89% da capacidade de armazenamento da água do solo para os tratamentos W1, W2, W3 e W4, respectivamente. Verifica-se que o tratamento W1 resultou em manutenção da umidade do solo abaixo do limite crítico de depleção da umidade considerado na literatura (50%), enquanto no tratamento W4 a umidade foi mantida próxima à capacidade de campo. Desse modo, os tratamentos de irrigação resultaram em um regime diferenciado de umidade do solo, permitindo avaliar a relação entre o nível de intrusão e esse regime. O solo da área do ensaio possui uma camada coesa, de origem pedogenética, localizada na profundidade de 0,2 – 0,4 m, que restringe o crescimento radicular em profundidade. Estudos conduzidos por (Cintra et al., 2006) demonstraram que a maior parte do sistema radicular da cultura se mantém restrita à camada 0 – 0,4 m.

Na Tabela 1, são apresentados os percentuais de gotejadores com presença de raiz no seu interior para os níveis de irrigação (W) e nas profundidades de instalação do tubogotejador (P) avaliadas.

Tabela 1. Percentual médio¹ de gotejadores com presença de raiz (n = 60) para os níveis de irrigação (W) e as profundidades de instalação do tubogotejador (P).

	P1	P2	Média
W1	58,3bc	68,3b	63,3
W2	76,7a	66,7b	71,7
W3	51,7c	76,7 ^a	64,2
W4	61,7b	60,0bc	60,8
Média	62,1	67,9	65,0
Teste F	10,0**	13,7**	
DMS ²	2,83	3,24	

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste 't' de Student, no nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível 1% de probabilidade pelo teste F; ² DMS - Diferença mínima significativa para comparação de ordem dos tratamentos.

Na profundidade P1, o tratamento W3 foi o que apresentou menor nível de intrusão de raízes, com 51,7 % dos gotejadores afetados, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, com exceção de W1; já o tratamento W2 apresentou o maior percentual de gotejadores com presença de raízes (76,7%), sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos. Já na profundidade P2, o comportamento foi inverso, uma vez que tratamento W3 resultou no maior nível de intrusão, com 76,7 % dos gotejadores afetados, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, enquanto o tratamento W4 apresentou o menor nível, com 60% de gotejadores com intrusão de raízes. Os tratamentos W1, W2 e W4 não diferiram entre si.

Embora não tenha sido realizada a análise conjunta das duas profundidades avaliadas, a pequena diferença entre elas indica que esse fator, na escala avaliada, não foi preponderante no potencial de intrusão. Chama atenção o elevado percentual de gotejadores com presença de raiz no seu interior, considerando-se o tratamento químico preventivo realizado com a aplicação do herbicida trifluralina. Para os gotejadores coletados nos cinco locais da área comercial da Usina, o valor médio do percentual de gotejadores afetados foi de 70%, estando próximo, portanto, dos valores observados na área experimental.

Levando-se em conta a vazão média medida por Resende, Amorim e Rodrigues (2012) para os mesmos gotejadores e níveis de irrigação avaliados neste estudo, observou-se uma baixa correlação com os percentuais dos gotejadores com presença de raiz apresentados na Tabela 1. Assim, não foi claramente evidenciada uma relação entre o manejo da umidade do solo na zona radicular da cultura da cana-de-açúcar e a ocorrência de intrusão de raízes no orifício de gotejadores. Reforça essa assertiva o percentual médio de cada nível de irrigação, ao se considerar as duas profundidades estudadas (Tabela 1), isto é, tratamentos com menor nível de reposição hídrica (W1 e W2) e com maior nível (W4) resultaram em graus semelhantes de intrusão, com percentuais de 63,3% e 64,2% de gotejadores com presença de raízes, para W1 e W2, respectivamente, e de 60,8% para W4.

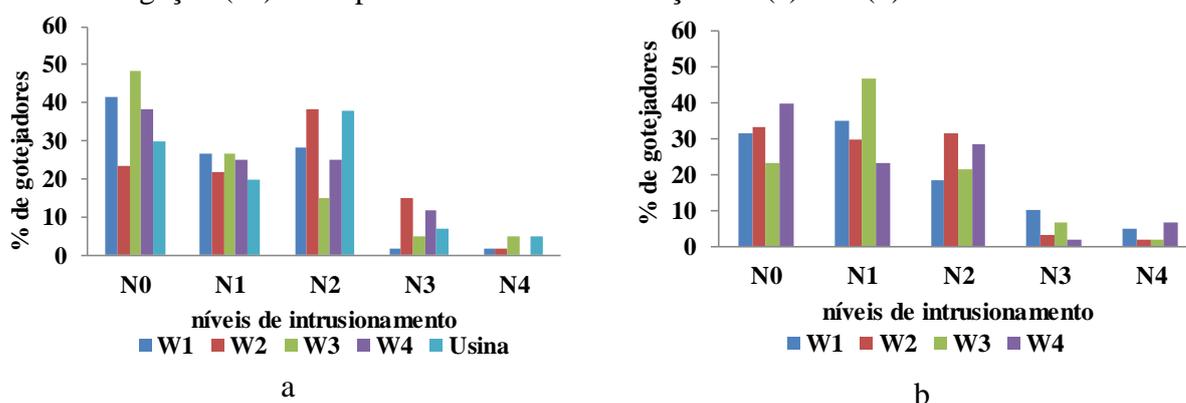
Do mesmo modo, Coelho, Faria e Melo (2006), em plantas jovens de citros, e Resende et al. (2004), em cana-de-açúcar, avaliaram a entrada de raízes em gotejadores e também observaram a inexistência de uma relação direta claramente estabelecida entre nível de umidade do solo e ocorrência de intrusão de raízes. Já Cunha et al. (2014), avaliando a intrusão de raízes na irrigação subsuperficial de cana-de-açúcar, relataram resultado oposto e observaram que o nível de intrusão radicular diminuiu com o aumento da lâmina de irrigação.

No sistema de gotejamento subsuperficial, adicionalmente ao efeito direto da umidade do solo no desenvolvimento radicular, a estreita relação dela com a resistência à penetração - RP (IMHOFF; SILVA; TORMENA, 2000; SILVEIRA et al. 2010) pode favorecer a

superficialização das raízes da cana, uma vez que o bulbo de umedecimento é formado abaixo do gotejador.

O percentual de gotejadores correspondentes a cada uma das categorias de intrusão, para cada nível de irrigação e profundidade de instalação do tubogotejador é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Percentual de gotejadores, por nível de intrusão da raiz (N), em função dos níveis de irrigação (W) e das profundidades de instalação P1 (a) e P2(b).

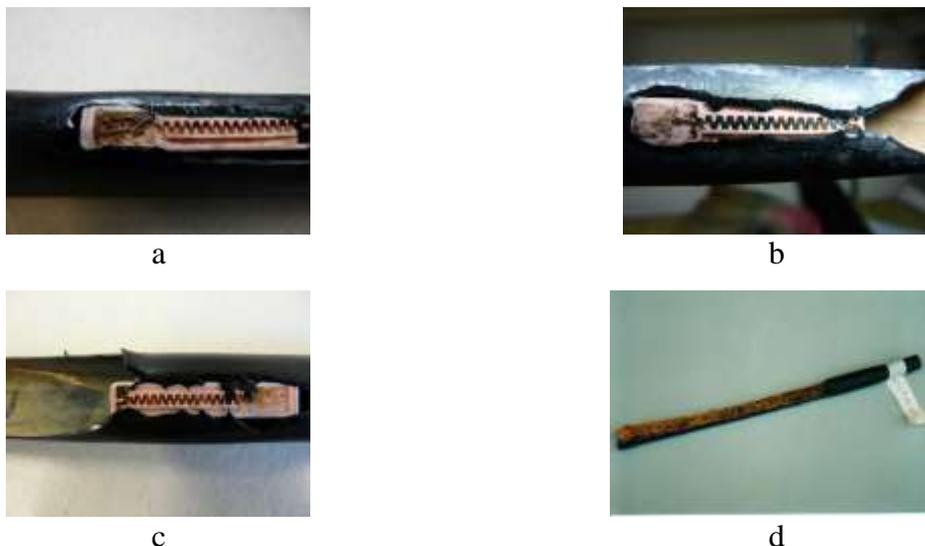


Para a profundidade P1, o tratamento W3 foi o que apresentou maior proporção de gotejadores sem presença de raiz (N0 = 48%). O Tratamento W3 revelou comportamento contraditório na categoria N1, com o maior percentual de gotejadores com raiz em P2 ($\approx 47\%$) enquanto no tratamento P1 praticamente não houve diferença em relação aos demais níveis de irrigação. Na profundidade P2, o tratamento W4 foi o que apresentou maior percentual de gotejadores sem presença de raiz (40%), enquanto o tratamento W3 apresentou o menor percentual (23%).

Considerando-se todos os níveis de irrigação, as raízes se localizaram predominantemente na câmara de saída de água (N1) e no labirinto do gotejador (N2). Esses dois níveis de intrusão corresponderam a 52% e 59% dos gotejadores nas profundidades P1 e P2, respectivamente. Na área comercial da Usina, o percentual de gotejadores nessas duas categorias foi de 58%. Já a ocorrência de raízes no interior do tubogotejador (N4) foi de menor magnitude, com valor médio, considerando todos os níveis de irrigação, de 2% e 4% respectivamente nas profundidades P1 e P2, enquanto que na área comercial da Usina esse percentual foi de 5%.

Na Figura 3, ilustra-se sequencialmente a ocorrência de intrusão de raízes no interior do gotejador desde o nível N1 até o N4. A cana-de-açúcar apresenta um sistema radicular fasciculado e que se renova a cada ciclo e como a retirada do tubogotejador do solo para avaliação se deu após quatro ciclos de cultivo, não foi possível estabelecer em que momento ocorreu a intrusão. A maioria das raízes encontradas foi de pequena espessura ($\sim 0,1$ mm) e de tonalidade clara (Figura 3a e 3c), sendo uma menor parte com tonalidade escura e maior espessura (Figura 3b), indicando maior tempo decorrido desde a intrusão e maior probabilidade de entupimento total do gotejador (gotejador sem vazão). Em avaliação de um ciclo de cultivo, Dalri et al. (2002) observaram que os maiores níveis de redução de vazão dos gotejadores por intrusão de raiz de cana ocorreram a partir do oitavo mês do ciclo.

Figura 3. Gotejadores com presença de raízes de cana-de-açúcar nos níveis N1 (a), N2 (b), N3 (c) e N4 (d).



Dado o caráter irreversível do entupimento por raízes, alguns autores têm buscado desenvolver estratégia de barreira física à intrusão (MOSCA; TESTEZLAF; GOMES, 2005; SOUZA et al., 2012).

Foi observada também a presença de solo no interior dos gotejadores dissecados, provavelmente devido à ocorrência de vácuo na malha hidráulica do sistema de irrigação. Além de apresentar um efeito aditivo, relativo à redução de vazão, a presença de solo pode também favorecer a nutrição da raiz, ampliando o seu desenvolvimento.

6 CONCLUSÕES

A intrusão de raízes nos gotejadores mostrou-se de elevada magnitude, ocorrendo em 65% dos gotejadores avaliados, considerando-se os níveis de irrigação e profundidades de instalação do tubogotejador estudados.

Não foi evidenciada uma clara relação entre o manejo da umidade na zona radicular da cultura da cana-de-açúcar e o percentual de gotejadores com presença de raízes no seu interior.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Usina Coruripe SA por todo apoio e suporte para a realização do trabalho, especialmente ao Dr. José Valdemir Tenório da Costa e Eraldo Pereira Barros Junior.

8 REFERÊNCIAS

CAMP, C. R.; LAMM, F. R.; EVANS, R. G.; PHENE, J. Subsurface drip irrigation-past, present and future. In: DECENDIAL NATIONAL IRRIGATION SYMPOSIUM, 4., Phoenix, 2000. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2000. p. 363-372.

CINTRA, F. L. D.; MELLO IVO, W. M. P. de; ILVA, L. V. da; LEAL, M. de L. da S. **Distribuição das raízes de cana-de-açúcar em sistemas de cultivo com adubação orgânica e *Crotalaria spectabilis***. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

COELHO, R. D.; FARIA, L. F.; MÉLO, R. F. de. Variação de vazão em gotejadores convencionais enterrados por intrusão radicular na irrigação de citros. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 230-245, 2006.

CUNHA, F. N.; SILVA N. F. da; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J. de; MOURA, L. M. de F.; SOUSA, C. V. Intrusão radicular em irrigação localizada subsuperficial na cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 6, p. 455-465, 2014.

DALRI, A. B.; GARCIA C. J. B.; ARAÚJO, M. V.; CRUZ, R. L.; DUENHAS, L. H. Uso da trifluralina para controle de intrusão de radículas de cana-de-açúcar em gotejadores enterrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., Salvador, 2002. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2002. p. 1322-1325.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. da; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.

MEAD, R. **Root intrusion prevention**. Disponível em: <<http://trickle-l.com/new/archives/rootpre.html>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MOSCA, M. A.; TESTEZLAF, R.; GOMES, E. P. Desenvolvimento de emissores alternativos para irrigação subsuperficial de baixa pressão. **Irriga**, Botucatu, v. 10, p. 249-262, 2005.

PIRES, R. C. de M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 882 p.

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; LEAL, M de L. da S.; MATA, S. S., Suscetibilidade à intrusão radicular de gotejadores convencionais na irrigação subsuperficial de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 3, p. 150-165, 2004.

RESENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A. de; RODRIGUES, A. K. M. Influência do manejo da irrigação sobre o intrusão de raízes de cana-de-açúcar em gotejamento subsuperficial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 41., Londrina, 2012. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2012. CD-ROOM.

SILVA, T. G. F. da; MOURA; M. S. B. de; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. de S.; GOMES JÚNIOR, W. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

SILVEIRA, D. de C.; MELO FILHO, J.F. de; SACRAMENTO, J.A.A.S. do; SILVEIRA, E.C.P. Relação umidade *versus* resistência à penetração para um argisolo distrocoeso, no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. n. 34, p. 659-667, 2010.

SOUZA, W de J.; BOTREL, T. A.; COELHO, R. D.; VILLA NOVA, N. A. Irrigação localizada subsuperficial: gotejador convencional e novo protótipo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 811-819, 2012.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. 582 p.