

## INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL NA CANA-DE-AÇÚCAR

Fernando Nobre Cunha<sup>1</sup>, Nelmício Furtado da Silva<sup>2</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>3</sup>, José Joaquim de Carvalho<sup>4</sup>, Luciana Minervina de Freitas Moura<sup>5</sup>, Camylla Vieira Sousa<sup>6</sup>

### RESUMO

Atualmente poucas pesquisas são conduzidas com avaliação dos métodos que quantifiquem a campo a presença de intrusão radicular para que medidas de controle possam ser tomadas na hora certa e conseqüentemente reduzindo perdas de produtividade. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a ocorrência de intrusão radicular em cultivo de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial em condições de campo. O experimento foi desenvolvido em condições de campo, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. As parcelas experimentais continham três sulcos em linha dupla com espaçamento de 1,8 m entre linhas gotejadoras, 0,4 m entre sulcos e 8 m de comprimento. A variedade de cana-de-açúcar cultivada foi a RB 85-5453. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de reposição hídrica (100, 75, 50 e 25%). O tubo gotejador foi enterrado a 0,20 m de profundidade da superfície do solo, no meio da linha dupla. Foram demarcados 16 gotejadores para monitoramento da irrigação, sendo realizadas as avaliações a cada 25 dias, num total de 10 avaliações. O índice de intrusão radicular foi gerado a partir da relação entre vazão de calibração, aferida em laboratório ( $1 \text{ L h}^{-1}$ ) e a vazão residual determinada através do volume de água coletado no tempo de cinco minutos. O índice de intrusão radicular, coeficiente de variação e o grau de entupimento diminuem com o aumento da lâmina de irrigação e inversamente o coeficiente de uniformidade de distribuição aumenta com o aumento da lâmina de irrigação.

**Palavras-chave:** cana-de-açúcar, gotejamento subsuperficial, obstrução, vazão.

<sup>1</sup>Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

<sup>2</sup>Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: nelmiciofurtado@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: marconibt@gmail.com

<sup>4</sup>Pós-doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: josejoaquimcarvalho@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Mestranda em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: lucianaminervina@gmail.com

<sup>6</sup>Graduanda em Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: camyllavieso@gmail.com

## ROOT INTRUSION IN IRRIGATION LOCATED SUBSURFACE IN CANE SUGAR

### ABSTRACT

Currently few studies are conducted on evaluation of methods to quantify the field the presence of root intrusion for that control measures can be taken at the right time and consequently reducing productivity losses. Given the above, the aim of this work was to evaluate the occurrence of root intrusion in cultivation of sugar cane irrigated by subsurface drip irrigation under field conditions. The experiment was conducted at the experimental station of the Instituto Federal Goiano– Campus Rio Verde – GO. The plots had three grooves in double line spacing of 1.8 m between rows drippers, 0.4 m between rows and 8 m long. The cultivated variety is the RB 85-5453. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments consisted of five levels of replacement water (100, 75, 50, and 25%). The dripline was buried at 0.20 m depth from the soil surface, in the middle of the double line. Were demarcated 16 drippers for monitoring irrigation, expressing the values of flow in  $L h^{-1}$ , the evaluations were performed every 25 days for a total of 10 ratings. The root intrusion index was generated from the relationship between flow calibration, measured in the laboratory ( $1 L h^{-1}$ ) and the residual flow determined by the volume of water collected during five minutes. The root intrusion index, variation coefficient, and degree of clogging decreases with increasing replacement water and the uniformity coefficient inversely distribution increases with increasing replacement water.

**Keywords:** sugar cane, subsurface drip irrigation, obstruction, flow.

### INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) pode ser definida como o sistema em que a água geralmente é disponibilizada diretamente na região de maior concentração radicular da cultura, através de emissores com baixa intensidade de aplicação. O principal problema encontrado no gotejamento subsuperficial é o entupimento por intrusão radicular nos emissores, o que constitui uma ameaça para o sucesso dos sistemas de médio a longo prazo (SOUZA, 2012). Tal problema pode ser ainda mais agravado quando se utiliza a irrigação subsuperficial em culturas de raízes fibrosas (SUAREZ-REY et al., 2006).

O potencial de entupimento para emissores superficiais é dependente de fatores como as características físicas de obstrução do emissor e diâmetro mínimo que comporte a passagem da água (FARIA, 2002; COELHO et al, 2007), estando o diâmetro mínimo na faixa de 0,3 mm a 1 mm e maior que 2 mm para emissores de baixa e alta vazão, respectivamente. Para emissores que operam na subsuperfície, além dos fatores mencionados, a susceptibilidades ao entupimento está relacionada aos aspectos construtivos que os os mesmos apresentem para evitar o intrusão de raiz e partículas de solo (COELHO et al., 2007). A penetração de raiz em emissores é um mecanismo de entupimento de origem biológica e ação física.

## INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL NA CANA-DE-AÇÚCAR

Para Souza (2012) poucas são as informações científicas disponíveis sobre a suscetibilidade à intrusão radicular em gotejadores enterrados, menos ainda existem, a respeito de gotejadores que possuam mecanismos físicos com a função de obstruir a entrada da raiz nos mesmos, portanto, geralmente os irrigantes utilizam produtos químicos com tal finalidade.

A raiz procura no solo basicamente água, nutrientes, espaço para crescimento e oxigênio. Existem vários métodos para prevenção da intrusão radicular em irrigação subsuperficial por gotejamento, incluindo a forma de disposição dos tubos gotejadores no campo, manejo da água, tratamento químico e projeto de emissores com dispositivos capazes de inibir a entrada de raiz. Embora informações quanto aos fatores que causam o entupimento estejam disponíveis, o controle por medidas preventivas nem sempre tem êxito (CARARO et al., 2006). Entretanto, poucas pesquisas são conduzidas com avaliação dos métodos que quantifiquem a campo a presença de intrusão radicular para que medidas de controle possam ser tomadas na hora certa e conseqüentemente reduzindo perdas de produtividade.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a ocorrência de intrusão radicular em cultivo de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial em condições de campo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de campo, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, utilizando-se cana planta. O clima da região

é classificado conforme, Köppen, como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro à maio, e com seca nos meses de junho à setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais. O relevo é suave ondulado (6% de declividade).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), de textura média (EMBRAPA, 2006). As parcelas experimentais são constituídas de três sulcos em linha dupla (plantio “em W” ou plantio em “abacaxi”) com espaçamento de 1,8 m entre linhas gotejadoras, 0,4 m entre sulcos e 8 m de comprimento, totalizando 64,8 m<sup>2</sup> de área total por parcela. A variedade cultivada é a RB 85-5453; o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de reposição hídrica (100, 75, 50 e 25% de umidade do solo na capacidade de campo). Todas as parcelas dos tratamentos foram adubadas com adubação de base no sulco de plantio, segundo recomendações de Sousa e Lobato (2004). Todos os tratamentos receberam 100 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia, 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-super simples e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O-cloreto de potássio.

O tubo gotejador foi enterrado a 0,20 m de profundidade da superfície do solo, no meio da linha dupla. Foi utilizado um modelo de tubo gotejador cilíndrico, com emissor autocompensante, com vazão nominal de 1 L h<sup>-1</sup>, diâmetro nominal 16 mm, diâmetro interno 13 mm, pressão de operação 100 a 350 kPa e espaçamento entre gotejadores de 0,50 m.

A irrigação foi conduzida com base na tensiometria digital de punção com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo as hastes tensiométricas instaladas nas profundidades de 20, 40, 60 e 80 cm e distantes a 15 cm de um gotejador,

implantados nas parcelas irrigadas, na reposição hídrica de 100%. Para instalação dos tensiômetros foi utilizado um trado de rosca, com diâmetro correspondente ao das hastes tensiométricas. A leitura dos tensiômetros foi iniciada após 15 dias da instalação. Foi implantado três repetições de baterias tensiométricas, cada uma contendo quatro tensiômetros em cada profundidade para um monitoramento de maior precisão. As leituras foram realizadas diariamente, e foi considerado o limite de 40 kPa para a realização das irrigações proporcionais a cada tratamento.

Foram demarcados 16 gotejadores para monitoramento da irrigação, expressando-se os valores de vazão em  $L h^{-1}$ , sendo realizadas as avaliações a cada 25 dias, num total de 10 avaliações. Para determinação da vazão foi coletado o volume de água durante cinco minutos, utilizando-se uma proveta de 1 L. Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de  $0 - 4 \text{ kgf cm}^{-2}$ .

O procedimento para leitura individual da vazão dos gotejadores consiste da pressurização do sistema, posicionamento de recipientes sob os respectivos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos.

O índice de intrusão radicular foi gerado a partir da relação entre vazão de calibração, aferida em laboratório ( $1 L h^{-1}$ ) e a vazão residual determinada através do volume de água

coletado no tempo de cinco minutos. Para ser considerada redução de vazão por intrusão radicular, foi necessária a constatação da raiz como principal agente obstrutor do orifício do emissor conforme metodologia adotada por Hernandez (2010).

O monitoramento da vazão dos gotejadores ( $L h^{-1}$ ) permitiu a obtenção da vazão média dos gotejadores em condição subsuperficial em cada ensaio utilizando-se a equação 1.

$$q = \frac{M}{1000 \times t} 60 \quad (1)$$

em que:

$q$  – vazão do gotejador,  $L h^{-1}$ ;

$M$  – massa de água coletada, g; e

$t$  – tempo de coleta, min.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos da vazão, coeficiente de uniformidade de distribuição de água, coeficiente de variação e grau de entupimento, destacados nas equações 2 a 4.

$$GE = 100 \left( 1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) \quad (2)$$

GE - Grau de entupimento, em %.

$$CV = 100 \left( \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (3)$$

CV - Coeficiente de variação, em %.

$$CUD = 100 \left( \frac{X_{25\%}}{\bar{X}} \right) \quad (4)$$

CUD - Coeficiente de uniformidade de

## INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL NA CANA-DE-AÇÚCAR

distribuição, em %.

em que:

$\bar{X}$  - vazão média dos gotejadores, em  $L h^{-1}$ ;

$S$  - desvio-padrão dos dados de vazão, em  $L h^{-1}$ ;

$X_{25\%}$  - média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões, em  $L h^{-1}$ ;

$Q_{usado}$  - vazão do gotejador usado ( $L h^{-1}$ ); e

$Q_{novo}$  - vazão do gotejador novo ( $L h^{-1}$ ).

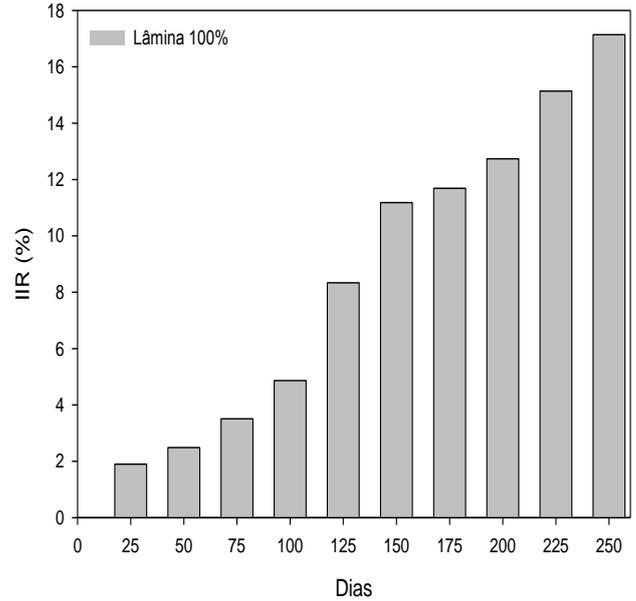
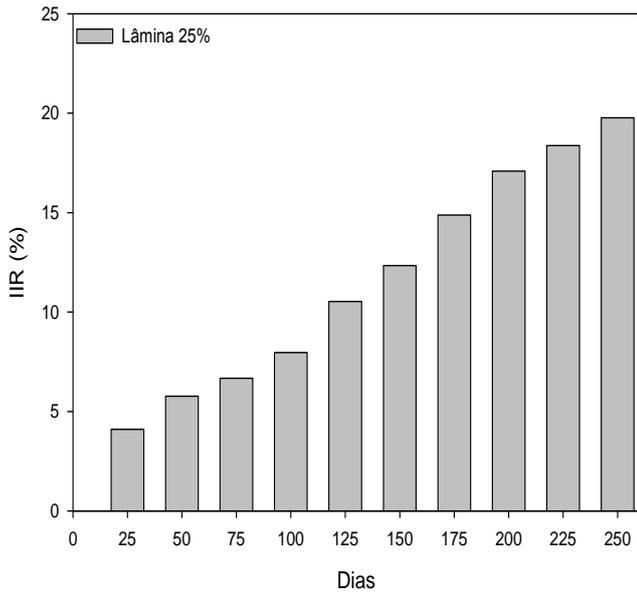
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão, utilizando software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

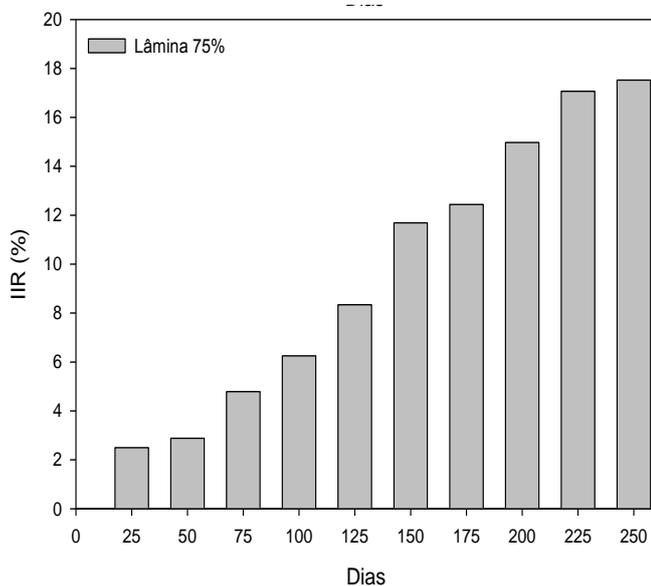
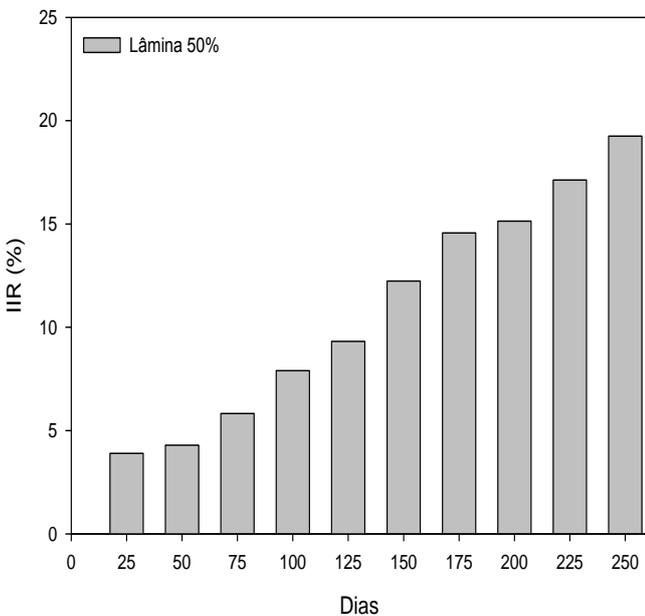
O índice de intrusão radicular (IIR) aos 100 dias para as lâminas de 25 e 50%, ficou próximo a 8%, o qual mostrou uma redução para as lâminas de 75 e 100%, de 1,7 e 3% respectivamente. Aos 200 dias na lâmina de 25% o IIR já estava entorno de 17%, enquanto que na lâmina de 100% este valor era de 12,7%. Os maiores aumentos no IIR entre os períodos de avaliação foram verificados entre 100 e 175 dias, com acréscimos percentuais médios de 2,3% a cada 25 dias (Figura 1). A irrigação com maior frequência tem como base a hipótese de que as raízes não irão procurar os orifícios dos emissores, mantendo o solo saturado, entretanto, a intrusão pode ocorrer quando o sistema estiver desligado, e esta técnica pode não ser efetiva para culturas que prosperam em vários níveis de umidade do solo (UC, 2008).

A menor taxa de aumento do índice de intrusão radicular foi verificada na lâmina de 75%, sendo esta de aproximadamente 0,0668%  $dia^{-1}$ , seguida da lâmina de 100% com uma taxa de 0,0677%  $dia^{-1}$ , mostrou a menor diferença em relação a lâmina de 75%. Nas lâminas de 25 e 50% observou-se que a taxa de aumento do IIR tendeu a ser maior, chegando a 0,0682 e a 0,0696%  $dia^{-1}$ , conseqüentemente, o IIR tende a aumentar de maneira mais expressiva em condições de restrição hídrica. Segundo Resende et al. (2004), plantas com irrigação subsuperficial deficiente promovem o processo de intrusão radicular, no entanto, por outro lado, a saturação do solo junto ao emissor, pode minimizar o processo de entupimento dos emissores em irrigação subsuperficial pelo processo de intrusão de radicular.

É fundamental uma velocidade do IIR baixa para o sucesso da irrigação subsuperficial, pois isto indica que a cultura está recebendo uma quantidade de água suficiente, logo a lâmina quando em situação subsuperficial deve ser determinada com a maior precisão possível, aproximando-se o máximo possível da quantidade de água ideal a ser aplicada. O IIR pode ser um importante fator a ser utilizado para aferição da lâmina aplicada, quando em irrigação subsuperficial, além de poder ser também preponderante na determinação da posição, profundidade e espaçamento dos emissores. Coelho et al. (2006) estudando intrusão radicular em citros, concluíram que a hipótese de que o sistema radicular sob estresse hídrico seria mais agressivo ao gotejamento enterrado não se confirmou de maneira conclusiva.



**Figura 1.** Índice de intrusão radicular em função dos dias para as lâminas de irrigação.

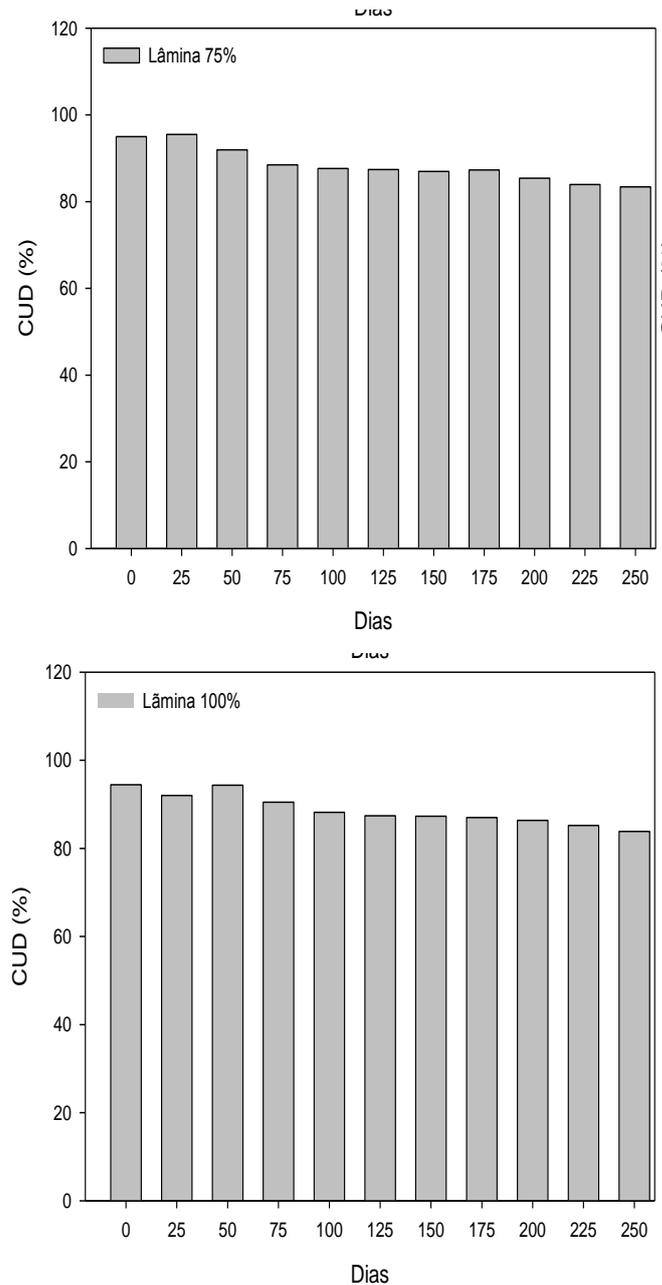
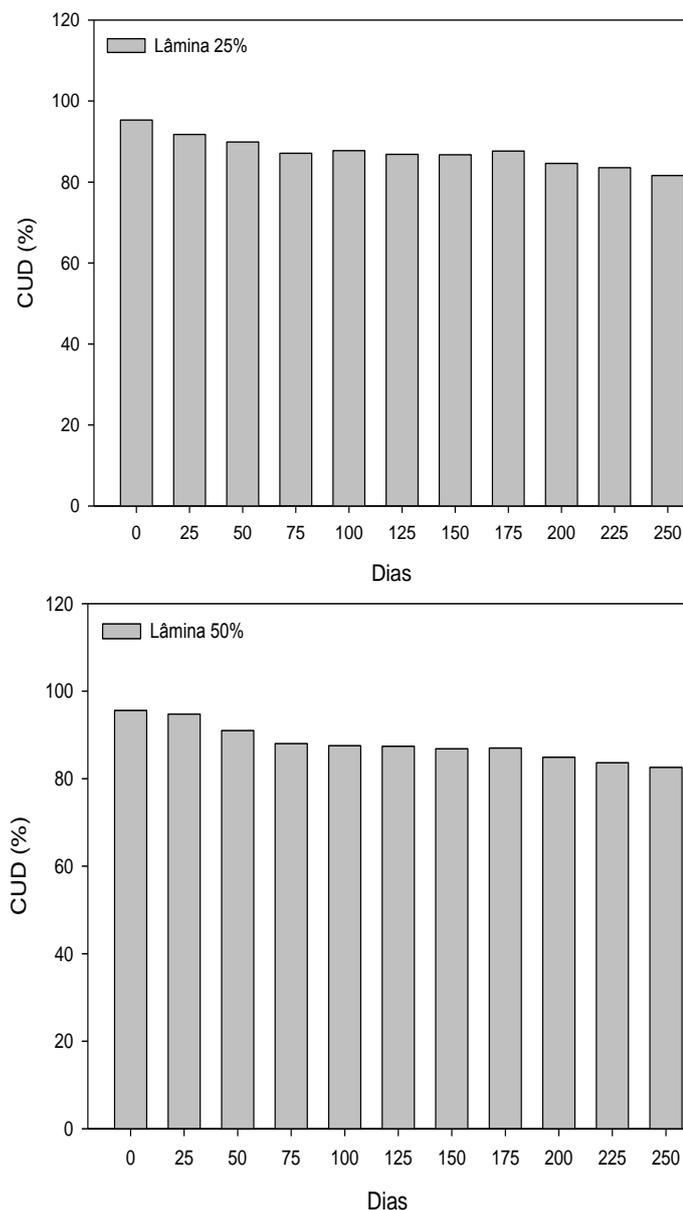


O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) apresentou valores acima de 90% classificado como excelente até aos 50 dias (Figura 2), já aos 75 dias a uniformidade passou para a classificação considerada como boa (< 90%), sendo esta entorno de 88%, para todas as lâminas de irrigação. Entre os 100 e 175 dias os valores de uniformidade em todas as lâminas mantiveram-se bastante estáveis, apresentando reduções menos expressivas (< 1%); já a partir dos 200 dias a lâmina de 25%, mostrou a maior diferença em relação aos 175 dias, com uniformidade de 84,6%, correspondente a uma queda de 3%. A lâmina de 100% aos 200 dias em diante manteve uma uniformidade sempre superior as demais lâminas.

A taxa de redução na uniformidade para as lâmina de 25, 50, 75 e 100%, foi de 0,055, 0,052, 0,046 e 0,042% dia, respectivamente; taxas estas compatíveis com as observadas no IIR, o que corrobora para uma alta sensibilidade por parte do IIR, pois o CUD é extremamente sensível a

## INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL NA CANA-DE-AÇÚCAR

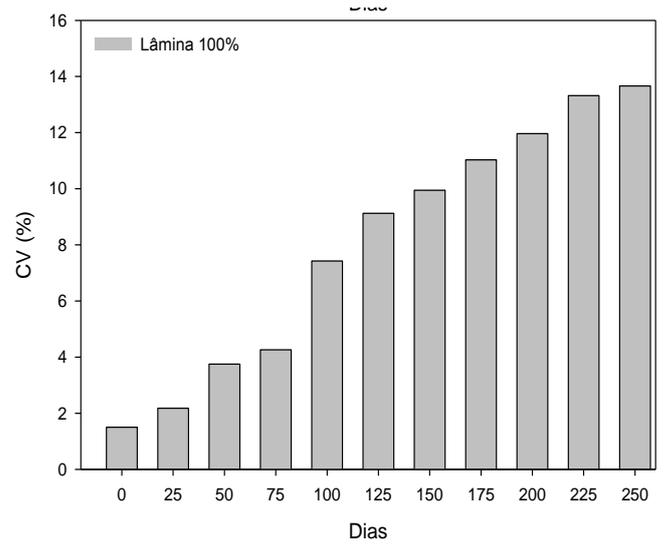
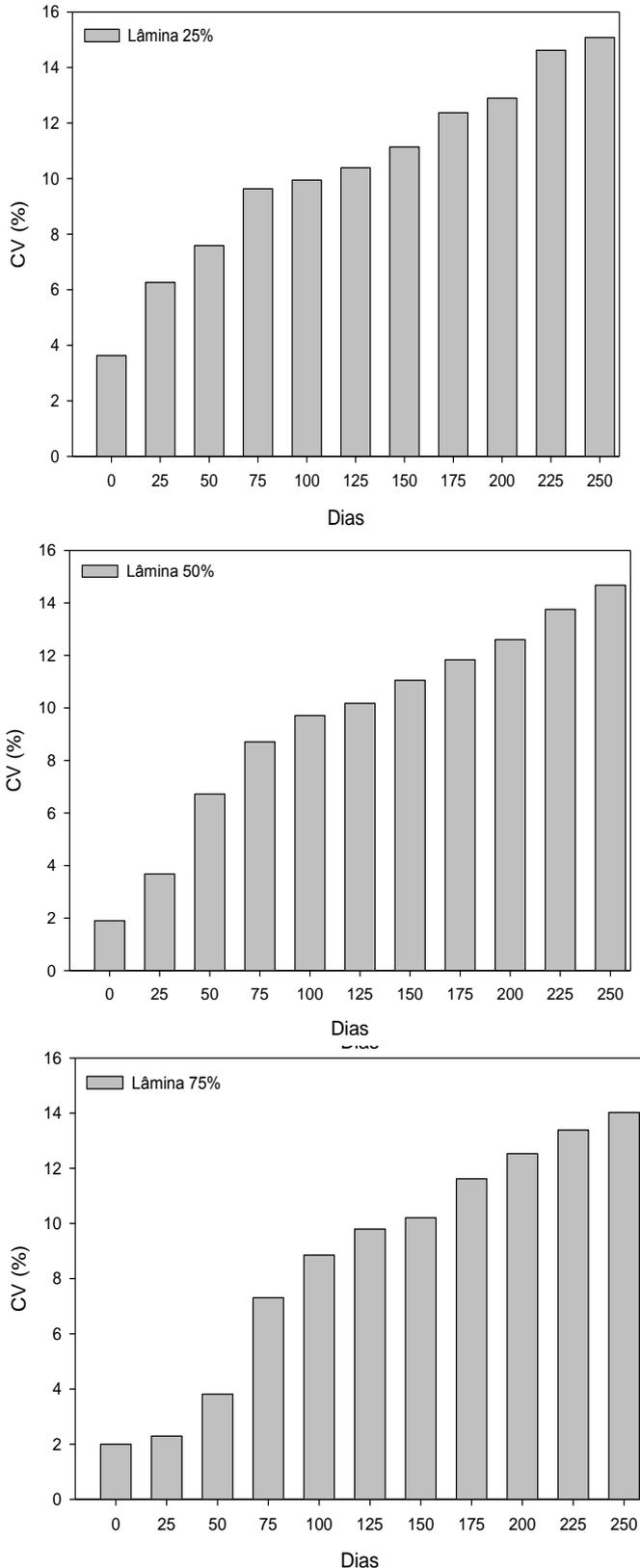
alterações na uniformidade. As lâminas de 25 e 50% aos 250 dias mostraram a menor uniformidade dentre as lâminas em decorrência do maior IIR, também verificados nestas lâminas, sendo estas uniformidades de aproximadamente 81,6 e 82,6%, respectivamente. Pesquisas desenvolvidas com cana-de-açúcar não apresentaram diferença de intrusão radicular em emissores instalados sob solo saturado e com déficit hídrico, quando se analisou a vazão relativa (RESENDE et al., 2004).



**Figura 2.** Coeficiente de uniformidade de distribuição em função dos dias para as lâminas de irrigação.

O coeficiente de variação (CV) nas lâminas de 25, 50, 75 e 100% ficaram abaixo de 10%, até aos 100, 100, 125 e 150 dias respectivamente; entre os 175 e 200 dias o CV médio foi de 12%, logo ocorrendo um acréscimo de 2% em relação aos 150 dias no CV. O CV na lâmina de 25% aos 250 dias foi superior a 15%,

já nas lâminas de 50 e 75% o CV ficou entorno de 14% e na lâmina de 100% de aproximadamente 13,7% (Figura 3).

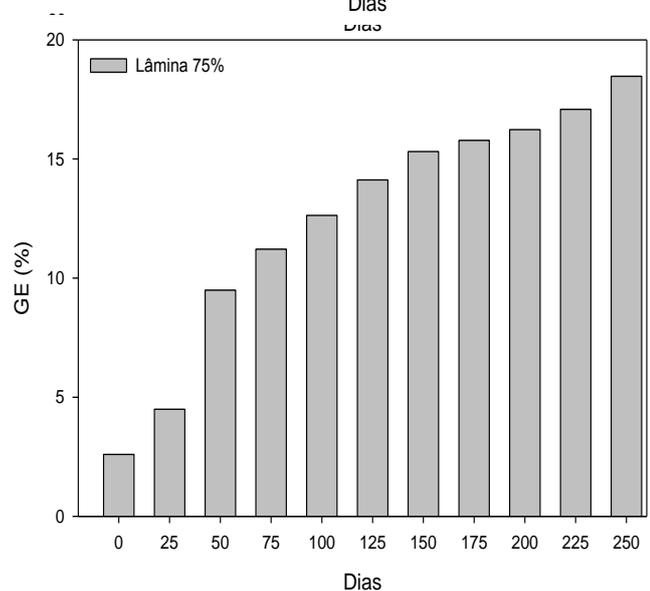
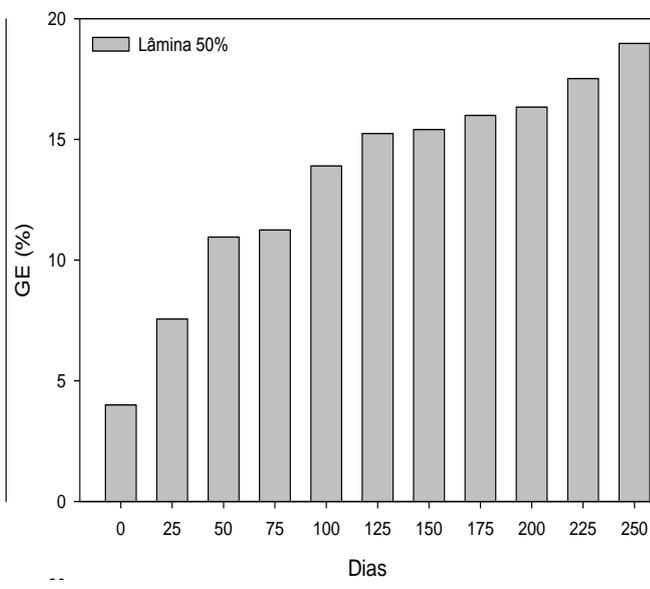
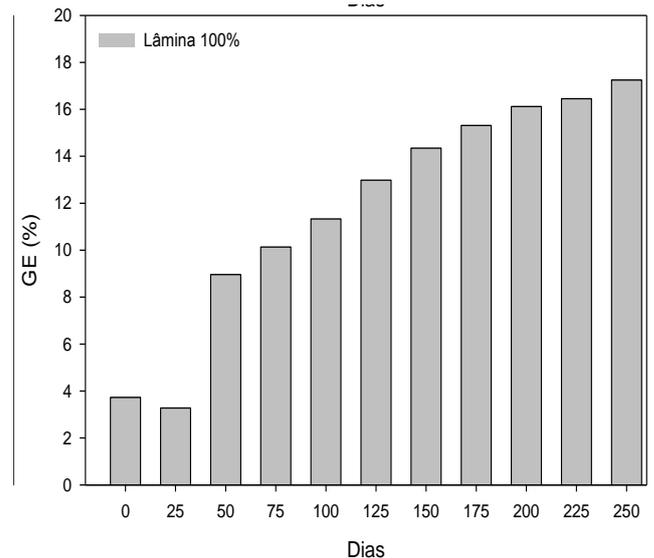
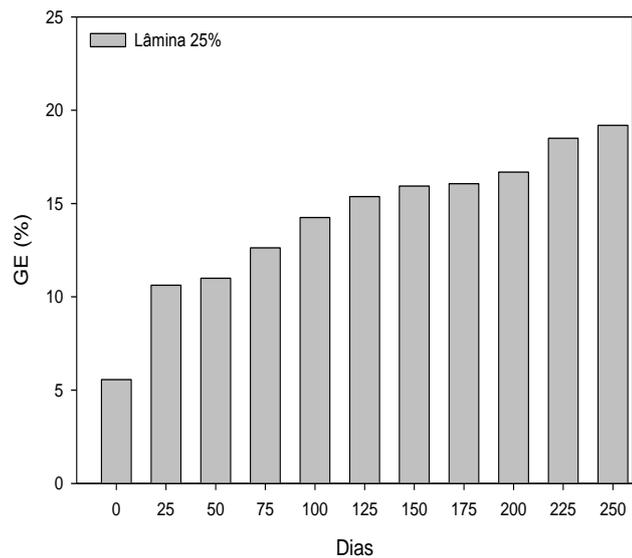


**Figura 3.** Coeficiente de variação em função dos dias para as lâminas de irrigação.

O CV de maneira geral ficou acima de 13% sendo superior ao valor mínimo tido como ideal que é de 10%; assim além dos cuidados, característicos e indispensáveis ao funcionamento dos emissores em irrigação em superfície, acrescentam-se ainda, ao usá-los na irrigação em subsuperfície os cuidados com entupimento por intrusão radicular (HERNANDEZ, 2010); situação que limita o uso da irrigação em subsuperfície (COELHO et al., 2006). O CV mostrou uma taxa percentual de aumento de  $0,06\% \text{ dia}^{-1}$ , para as lâminas de 25 e 50% e de  $0,055\% \text{ dia}^{-1}$  para as lâminas de 75 e 100%, deste modo a taxa de acréscimo do CV tendeu a ser menor com o aumento da lâmina.

O grau de entupimento (GE) devido a presença de intrusão radicular, mostrou um aumento considerável a partir dos 25 dias na lâmina de 25%, sendo este acima de 10%, enquanto que nas demais lâminas este valor aos 25 dias não ultrapassava os 7,5%; aos 75 dias o GE para todas as lâminas já se apresentava acima de 10%. O GE alcançou os 15% aos 125 dias, nas lâminas de 25 e 50% e aos 150 e 175 dias para as lâminas de 75 e 100% respectivamente.

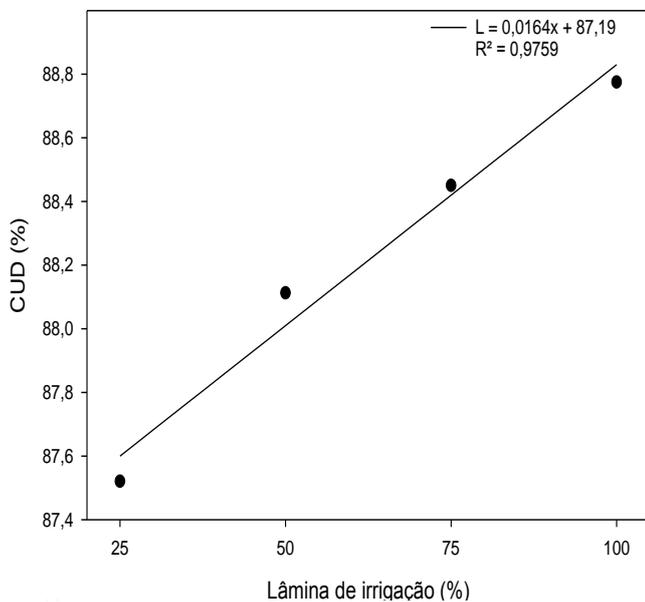
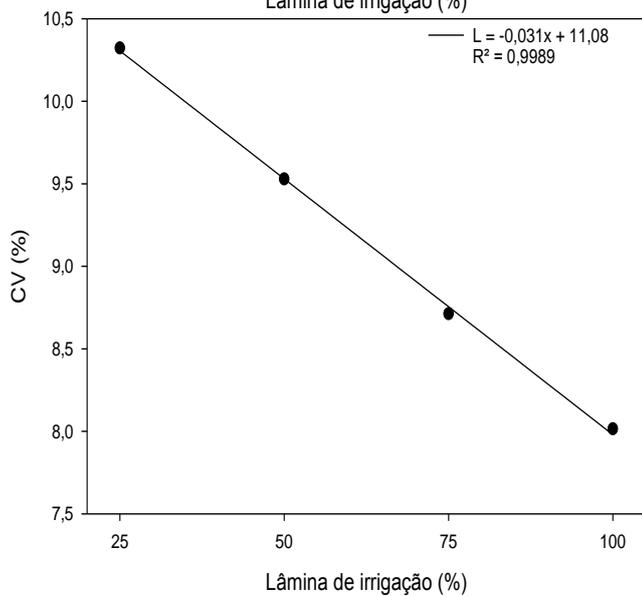
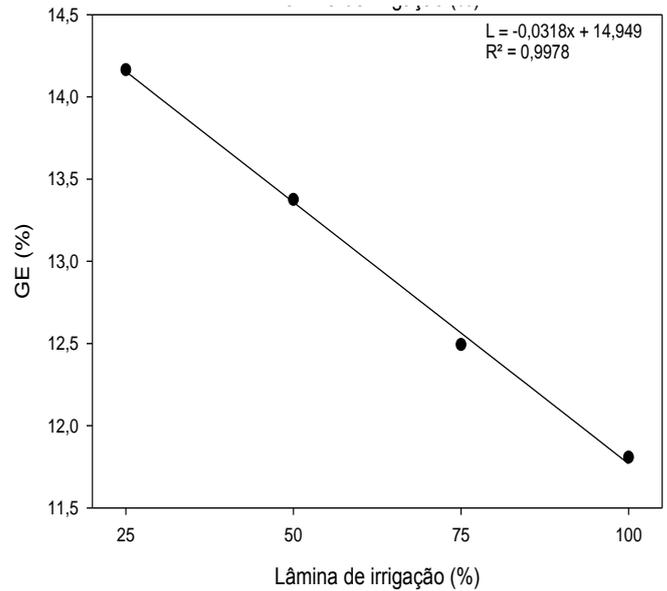
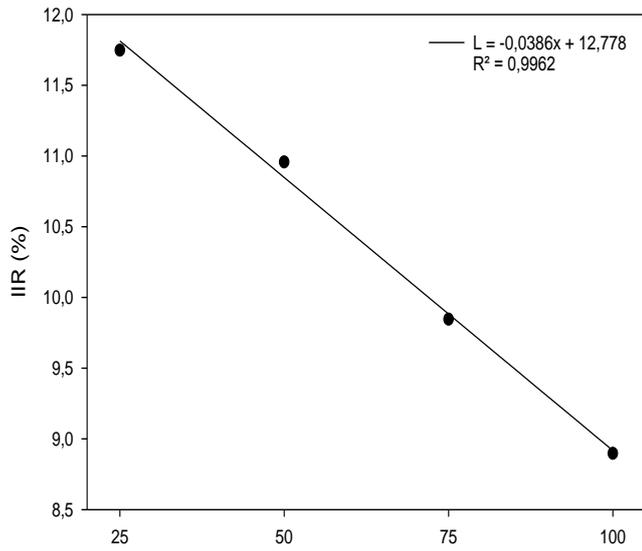
## INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL NA CANA-DE-AÇÚCAR



**Figura 4.** Grau de entupimento em função dos dias para as lâminas de irrigação.

O grau de entupimento (GE) mostrou uma diferença da primeira para a última avaliação mais significativa do que as verificadas no CV e o CUD e de forma praticamente compatível com o IIR, consequentemente o maior grau de entupimento coincidiu com a última avaliação sendo este de aproximadamente 19% para as lâminas de 25 e 50%.

O IIR diminui conforme aumentou a lâmina de irrigação, assim a lâmina de 25% apresentou uma diferença de 6,7, 16,2 e 24,3% para a lâmina de 50, 75 e 100% respectivamente, o mesmo comportamento foi verificado com o CV que mostrou uma diferença da lâmina de 25% de 7,7, 15,6 e 22,3% para a lâmina de 50, 75 e 100% respectivamente, e com o GE que mostrou uma diferença da lâmina de 25% de 5,6, 11,8 e 16,6% para a lâmina de 50, 75 e 100% respectivamente; de maneira inversa ocorreu com a uniformidade que aumentou com o aumento da lâmina de irrigação, com uma diferença percentuais percentual máxima de até 1,4% ocorrida entre a lâmina de 25 e 100%.



**Figura 15.** Índice de intrusão radicular, coeficiente de uniformidade de distribuição, coeficiente de variação e grau de entupimento em função das lâminas de irrigação.

Estudos que visam testar emissores com características físicas que impeçam a intrusão radicular são necessários para possibilitar a instalação em culturas como a cana-de-açúcar, que apresenta sistema radicular agressivo aos emissores, as condições de maior risco à entrada de raiz nos emissores, possivelmente ocorrerão na região do solo que contenha maior quantidade de raiz.

## CONCLUSÃO

O índice de intrusão radicular, coeficiente de variação e o grau de entupimento diminuem com o aumento da lâmina de irrigação e inversamente o coeficiente de uniformidade de distribuição aumenta com o aumento da lâmina de irrigação.

A lâmina de irrigação de 25% proporciona acréscimo de até 24, 22 e 17% com relação a lâmina de 100% para o índice de intrusão radicular, coeficiente de variação e o grau de entupimento.

## INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA SUBSUPERFICIAL NA CANA-DE-AÇÚCAR

Os valores médios em relação a todas as lâminas, aos 250 dias do índice de intrusão radicular, coeficiente de uniformidade de distribuição, coeficiente de variação e do grau de entupimento foram de 18,4, 82,9, 14,4 e 18,5% respectivamente.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao IFGoiano – Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARARO, D. C.; BOTREL, T. A.; HILLS, D. J.; LEVERENZ, H. L. Analysis of clogging in dripe mitters during waste water irrigation. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, Mich, v.22, n.2p. 257, 2006.
- 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**. v.11, n.2, p.230-245, Botucatu, abr./jun. 2006.
- COELHO, R. D.; VILELA, L. A. A.; RESENDE, R. S.; TEIXEIRA, M. B.; SÁ, J. S. DE. Entupimento de gotejadores em decorrência de pulsos de partículas sólidas na malha hidráulica. **Irriga**, v.12, p.108-122, 2007.
- DALRI, A. B. **Avaliação da produtividade de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial nos três primeiros ciclos**. 2004.
- 89p. Tese – Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Brasília: **Embrapa** Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia(UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- HERNANDEZ, M. G. R. **Proteção de gotejadores a obstrução por intrusão radicular em irrigação subsuperficial de figueiras**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2010.
- RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; LEAL, M. L. DA SILVA.; MATA, S. S. DA. Susceptibilidade à intrusão radicular de gotejadores convencionais na irrigação subsuperficial de cana-de-açúcar. **Irriga**,v.9,p.150-165, 2004.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, **EmbrapaInformaçãoTecnológica**, 416p. 2004.
- SUAREZ-REY, E. M.; CHOI, C. Y.; MCCLOSKEY, W. B.; KOPEC, D. M. Effects of chemicals on root intrusion into subsurface drip emitters. **Irrigation and Drainage**, v.55, p.501-509, 2006.
- UNIVERSIDADE DE CALIFÓRNIA. Maintainingirrigation system. **Agriculturaland natural Resources**. Universidade de Califórnia - UC;publication 21637, 2008. 19p.