

## VARIAÇÃO DE VAZÃO EM GOTEJADORES CONVENCIONAIS ENTERRADOS POR INTRUSÃO RADICULAR NA IRRIGAÇÃO DE CITRUS

**Rubens Duarte Coelho; Luis Fernando Faria; Ralini Ferreira de Mélo**

*Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.: [rdcoelho@esalq.usp.br](mailto:rdcoelho@esalq.usp.br)*

### 1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo obter informações sobre o desempenho de gotejadores enterrados (irrigação subsuperficial), quanto ao aspecto de variação de vazão em função da intrusão radicular da cultura do Citrus. As mudas de Citrus foram irrigadas por sete modelos diferentes de gotejadores de fluxo normal, instalados a duas profundidades (15 e 30 cm da superfície do solo) e em dois níveis de depleção de água no solo (tratamentos úmido e seco). O trabalho foi conduzido em vasos e sob ambiente controlado, utilizando mudas de laranjeira Pêra com enxerto de tangerina Cleópatra em estágio inicial de desenvolvimento. Observaram-se até os 120 dias no início do experimento diferenças de desempenho entre os modelos de emissores ensaiados quanto à penetração de raízes, podendo-se agrupar os modelos avaliados em função do grau de redução de vazão observado. Os níveis de depleção de água no solo (úmido e seco) não diferiram estatisticamente até 120 dias do início do experimento, porém, considerando as observações de campo, notou-se que o sistema radicular do Citrus foi mais agressivo na profundidade de solo de 30 cm e para o tratamento com maior umidade no solo (úmido).

**UNITERMOS:** gotejamento, intrusão radicular, entupimento.

### COELHO, R.D.; FARIA, L.F.; MÉLO, R.F. FLOW RATE VARIATION IN CONVENTIONAL SUBSURFACE DRIPPERS FOR CITRUS CROP

### 2 ABSTRACT

This work aimed to obtain information about the performance of subsurface drippers in relation to their flow rate variation for citrus crop. Citrus seedlings were irrigated by seven different models of regular flow drippers installed at two depths (15 and 30 cm from soil surface) and two soil depletion levels (wet and dry treatments). The experiment was carried out in pots with Cleopatra tangerine seedlings at the beginning of the development stage under controlled conditions. At 120 days, performance differences in root penetration among different tested models were observed and thus, drippers were classified according to their flow rate reduction. Soil water depletion presented no differences; however, it was observed that citrus root system is more aggressive at 30 cm from soil surface and with wet treatment.

**KEYWORDS:** drip irrigation, root intrusion, plugging.

### 3 INTRODUÇÃO

A uniformidade de emissão de água pelos gotejadores é fator fundamental ao sucesso do empreendimento. Para a realização de um eficiente manejo de água e fertirrigação, é necessário que a uniformidade de aplicação de água pelos emissores seja a maior possível, pois, com a prática sucessiva da fertirrigação, algumas plantas podem estar recebendo menor quantidade de fertilizantes que outras e respondendo diferentemente em produção.

Os sistemas de irrigação localizados apresentam como principal vantagem a eficiência de uso e de aplicação da água. Ayars et al. (1999) citam também como vantagem dos sistemas de gotejamento enterrados o melhor aproveitamento da água de irrigação e dos nutrientes aplicados nesta, o que deverá resultar em melhor qualidade dos produtos agrícolas. Zoldoske et al. (1998) afirmam que os sistemas de gotejamento enterrados, tanto para culturas de ciclo curto quanto para as culturas perenes, poderão ter vida útil igual ou superior a 20 anos. Para Suarez-Rey et al. (1999), o fato de, na irrigação enterrada, aplicar água diretamente na zona radicular possibilita a utilização de águas residuais, pois reduz o risco de transmissão de doenças, além de minimizar as perdas de água por evaporação.

Os fatores que afetam a uniformidade de aplicação de água seguem a seguinte ordem: obstruções, coeficiente de variação de fabricação, expoente de descarga do emissor, sensibilidade do emissor à temperatura, variações de pressão, e outros (Solomon, 1985). O entupimento dos emissores na malha hidráulica é um grande desafio para operação e manutenção de um sistema de irrigação por gotejamento, tendo levado muitos irrigantes ao insucesso com essa tecnologia (Ghaemi & Chieng, 1999). As principais fontes causadoras de entupimento em sistemas localizados, identificados por Gilbert & Ford (1986), são: de natureza química, relacionadas à precipitação de elementos como cálcio e ferro; de natureza física, sendo partículas do solo e pequenos animais (formigas, aranhas, ovos de lesmas, etc.) as principais causas; e de natureza biológica, relacionada a algas e mucilagem bacteriana, principalmente.

A intrusão de raízes no gotejador, o qual se caracteriza como entupimento de natureza física, se constitui em uma fonte adicional de entupimento, sendo diretamente relacionada a sistemas de gotejamento enterrado. Fatores como variedade plantada, manejo da irrigação, características do solo, além de características construtivas do emissor utilizado, podem determinar o potencial de ocorrer a intrusão, bem como seu nível de dano na hidráulica do sistema de irrigação.

Ruskin & Ferguson (2000) relatam quatro maneiras de evitar a intrusão radicular: (1) emissores com barreiras mecânicas; (2) adição do herbicida trifluralina na água de irrigação; (3) incorporação da trifluralina no plástico do emissor; (4) incorporação de trifluralina no filtro de discos.

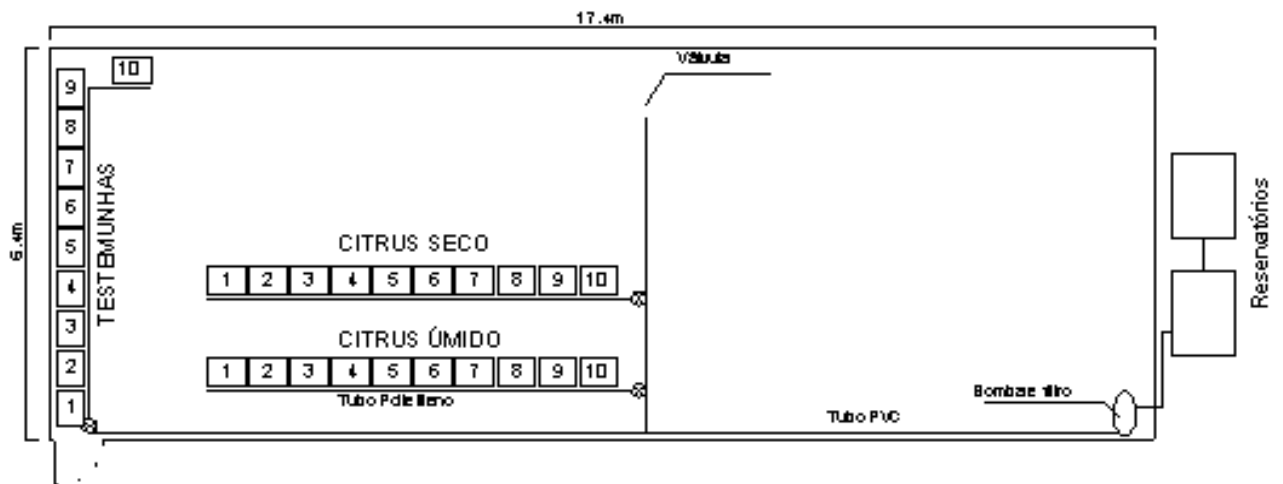
A frequência de irrigação é fator fundamental à prevenção contra a intrusão radicular. O sistema radicular não invade emissores em solos saturados ou próximos à saturação; portanto, não havendo depleção elevada de água no solo, não ocorrerá intrusão radicular (Mead, 2002).

A utilização de produtos já consagrados contra a intrusão radicular, como emissores impregnados com trifluralina, nem sempre é economicamente viável, pois esses produtos têm custo de aquisição em torno de 100% mais elevados que produtos convencionais comercializados no Brasil (Faria, 2002). Tendo em vista o caráter danoso e irreversível da intrusão radicular em gotejamento enterrado, este trabalho teve o objetivo de verificar as seguintes hipóteses: (1) existem diferenças entre emissores no aspecto construtivo quanto à susceptibilidade à penetração de raízes (barreiras físicas); (2) a profundidade de instalação dos

emissores pode ter efeito no grau de intrusão radicular, e (3) não havendo déficit nos solo, não haverá intrusão radicular nos emissores.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio foi realizado em Piracicaba - SP, no Departamento de Engenharia Rural, área de Irrigação e Drenagem da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, em ambiente protegido, entre os meses de abril e dezembro de 2001. A estufa utilizada apresentava dimensões de 17,4 m x 6,4 m, com altura de pé direito de 3,5 m. A ventilação no interior da estufa era efetuada por meio de manejo de cortinas laterais. O sistema de irrigação foi composto por dois reservatórios d’água com capacidade de 1 m<sup>3</sup> cada, acoplados em sistema de vasos comunicantes. Na Figura 1, apresenta-se o arranjo espacial dos experimentos no interior da estufa.



**Figura 1** - Disposição das caixas com plantas de citrus com gotejadores enterrados, (citrus seco e citrus úmido), ao lado das caixas testemunhas sem plantas, utilizadas no experimento conduzido em estufa.

A espécie vegetal utilizada foi a laranjeira Pêra com enxerto de tangerina Cleópatra, variedade utilizada pelos produtores que planejam suas lavouras para o sistema de produção irrigado. As mudas, em estágio inicial de desenvolvimento, foram transplantadas para vasos de cimento amianto (0,58 x 0,43 x 0,43 m) com 100 L de capacidade. Foram transplantadas seis mudas de laranjeira para cada vaso.

Escolheram-se sete modelos de gotejadores de fluxo normal, dando prioridade aos recomendados pelos fabricantes em sistemas enterrados e também aos mais comercializados no Brasil. Na Tabela 1, são apresentados os emissores selecionados e as principais características de cada um deles.

Como os emissores ensaiados são produtos comerciais, os dados e análises aqui apresentados foram codificados para evitar qualquer tipo de especulação comercial dos resultados apresentados. As letras utilizadas na codificação dos modelos de emissores (A, B, C, D, E, F, G), não têm nenhuma relação com os nomes comerciais dos produtos e nem com a seqüência de emissores apresentada na Tabela 1.

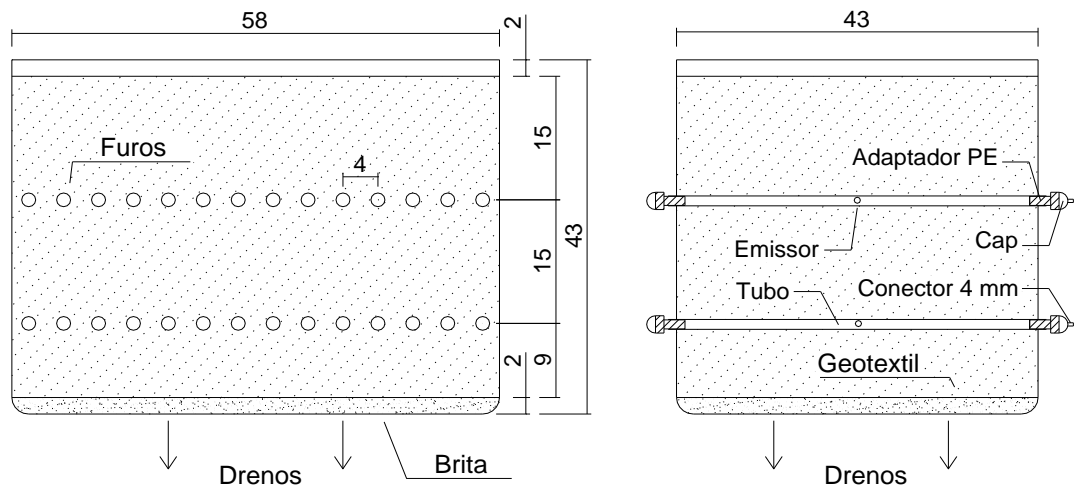
**Tabela 1.** Principais características dos tubos gotejadores utilizados

Modelo	Vazão (L.h <sup>-1</sup> )	H (kPa)	Fluxo	Emissor
A	2,20	100	Normal	Cilíndrico
B	1,52	100	Normal	Cilíndrico
C	2,05	100	Normal	Plano
D	2,00	100	Normal	Plano
E	1,14	70	Normal	Fita
F	2,00	100	Normal	Cilíndrico
G	2,30	100	Normal	Plano

Fonte: Catálogos dos fabricantes

Os tratamentos avaliados consistiram de sete modelos de gotejador (A, B, C, D, E, F e G), duas profundidades de instalação desses gotejadores (15 e 30 cm a partir do nível do solo) e três níveis de irrigação (úmido, seco e testemunha).

Foram montados 30 vasos, sendo dez vasos utilizados como testemunha e cada um recebeu sete modelos de emissor em cada profundidade de instalação (15 e 30 cm), totalizando 14 emissores por vaso (Figura 2). O tratamento nível de irrigação foi aplicado para 10 dos 20 vasos. Cada tratamento possuía 10 repetições (10 vasos), sendo, portanto, 10 vasos com a cultura do citrus com o tratamento seco (CS15 e CS30) e 10 vasos com o tratamento úmido (CU15 e CU30). O manejo da irrigação foi realizado com o auxílio de uma bateria de tensiômetros para cada tratamento (cultura x nível de irrigação).



**Figura 2** - Disposição das caixas com plantas de citrus com gotejadores enterrados, (citrus seco e citrus úmido), ao lado das caixas testemunhas sem plantas, utilizadas no experimento conduzido em estufa.

As leituras tensiométricas foram realizadas sempre no início da manhã. No tratamento úmido, determinou-se como limite de tensão de água no solo o valor de -30 kPa para o tensiômetro superficial à 7,5 cm de profundidade para dar início à irrigação. Já para o tratamento seco, esperou-se que as plantas apresentassem sintomas de estresse hídrico pela manhã (murcha das folhas) para iniciar a irrigação (figura 3). Nesse tratamento, procurou-se não promover a saturação do solo nem tampouco elevar a umidade do solo à capacidade de campo, promovendo continuamente déficit hídrico moderado de água no solo, de modo que a

planta não viesse a morrer. Foram montados 10 vasos sem cultivo como testemunha (TT15 e TT30); assim, o total de vasos utilizados no experimento foi 30, sendo 20 com cultivo e 10 sem cultivo.

A água era pressurizada por um conjunto eletrobomba com potência de 1cv (0,735 kW). O sistema de filtragem foi composto por um filtro de discos com filtragem de 86 micra. Após a filtragem, a água era conduzida até cavaletes, por meio de tubulação em PVC subterrânea. Sequencialmente, após os cavaletes, existiam duas linhas de distribuição em tubos de polietileno, as quais alimentavam os microtubos conectados aos segmentos dos tubos gotejadores. Para a coleta de dados ou determinação da vazão individual de cada gotejador, criou-se uma rede hidráulica que conduzia a água a apenas um gotejador por vez, por meio de mangueira conectada após o sistema de filtragem, retornando a vazão excedente aos reservatórios.



**Figura 3** - Sintomas de déficit hídrico da planta de cítrus no tratamento seco.

Para a determinação da vazão individual dos gotejadores utilizou-se de medidor magnético indutivo, capaz de medir vazões na faixa de 0 a 10 L h<sup>-1</sup>, com precisão de 0,3%. Como cada gotejador era abastecido isoladamente, foi possível determinar a vazão individual

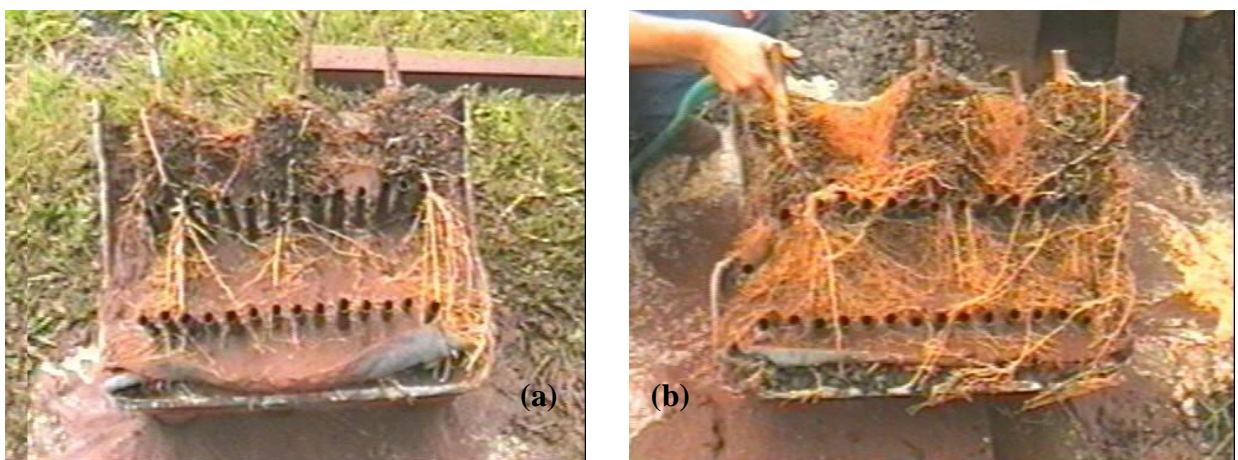
de cada emissor, desconectando o microtubo de abastecimento de cada gotejador da rede de PVC e conectando-o ao medidor de vazão (Figura 4).



**Figura 4** - Detalhes do medidor de vazão: (a) sensor magnético e (b) leitor digital.

As datas de início de cada leitura foram nos dias: 01 de julho, 01 de setembro, 01 de outubro, 01 de novembro e 01 de dezembro do ano de 2001. As determinações de vazões foram realizadas mensalmente, porém o intervalo entre a primeira e a segunda leitura ocorreu, com o intuito de permitir a manifestação do tratamento de manejo da irrigação nos resultados. Foi realizada entre os dias 28 e 31 de janeiro de 2002 a abertura de dois vasos, através da destruição destes, sendo um vaso para cada tratamento (citrus seco e citrus úmido). A intenção da abertura desses vasos foi verificar se o crescimento do sistema radicular havia sido uniforme dentro do vaso, e inspecionar intrusão radicular nos emissores. Não foram abertos todos os vasos, pois o experimento continuou a ser conduzido.

A Figura 5 apresenta o desenvolvimento radicular para a laranjeira, visualização após abertura das caixas.



**Figura 5** – Desenvolvimento radicular: (a) desenvolvimento radicular da laranjeira no tratamento seco; e (b) desenvolvimento radicular da laranjeira no tratamento úmido.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: Coeficiente de variação de vazão (CVQ) para todos os modelos de emissores utilizados no ensaio, em todos os tratamentos [eq.(1)]. Esse coeficiente foi utilizado com o nome de coeficiente de variação de vazão, uma vez que o coeficiente de variação de fabricação (CVF) só poderia ser empregado em amostra de emissores novos.

$$CVQ = \frac{S}{q_m} \times 100$$

(1)

em que,

CVQ - coeficiente de variação de vazão, %;

S - desvio-padrão da amostra, e

$q_m$  - vazão média da amostra, L h<sup>-1</sup>.

Vazão relativa (QR) índice que se refere às vazões iniciais de cada modelo no instante da realização da primeira leitura. Foi obtido dividindo-se a vazão em qualquer instante pela vazão inicial do emissor [eq.(2)].

$$QR = \frac{q_a}{q_i} \times 100$$

(2)

em que,

QR - vazão relativa, %;

$q_a$  - vazão atual, L h<sup>-1</sup>, e

$q_i$  - vazão inicial, L h<sup>-1</sup>.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na abertura das caixas que, para as duas situações apresentadas (CTS e CTU), houve um desenvolvimento radicular que transpassou tanto a primeira linha de emissores quanto a segunda linha. O desenvolvimento radicular foi mais denso no tratamento úmido. Nota-se no tratamento seco que houve um desenvolvimento mais intenso do sistema radicular em profundidade no vaso, sendo que na camada superior mais exposta ao déficit hídrico, o crescimento radicular foi mais discreto, o que contrasta com as testemunhas (TT15 e TT30) (Figura 5).

Foram utilizados os índices vazão relativa (QR) e coeficiente de variação de vazão (CVQ) para avaliar a redução de vazão por influência do sistema radicular nos emissores. A vazão relativa foi obtida a partir da média de dez emissores em cada leitura do tratamento. Os valores das médias em cada leitura foram divididos pelo valor da média da primeira leitura. Assim, os valores obtidos para todas as leituras são percentuais da vazão média da leitura inicial, indicando aumento de vazão para valores acima de um e redução de vazão para valores abaixo de um. Já o coeficiente de variação de vazão foi também calculado para cada leitura, a partir de uma amostra de 10 emissores, utilizando-se a mesma equação empregada no cálculo do coeficiente de variação de fabricação (CVF). A diferença entre estes dois índices deve-se ao fato de o CVF ser empregado apenas para amostras de emissores novos e o CVQ terem sido utilizados para os dados de emissores novos e para os demais dados das leituras subsequentes (Tabela 2).

Apesar de ter havido planejamento para a realização da tradicional análise de variância (delineamento estatístico), optou-se por explorar de maneira mais qualitativa a discussão dos resultados enfocando principalmente os valores extremos observados, que são mais sensíveis à influência do sistema radicular através do coeficiente de variação de vazão (CVQ).

Valores médios geral de CVQ e QR, para cada modelo de gotejador, nos diferentes tratamento e profundidades, podem ser visto na Tabela 2.

**Tabela 2** – Média geral do coeficiente de variação de vazão (CVQ) e vazão relativa (QR) para cada modelo de gotejador estudado

MODELO	CVQ				QR			
	CTS15	CTS30	CTU15	CTU30	CTS15	CTS30	CTU15	CTU30
A	8,6408	7,4587	3,3938	27,2781	0,9913	0,9990	0,9952	0,9361
B	4,2537	11,0147	3,7943	10,7954	1,0315	1,0215	1,0292	0,9793
C	5,0851	19,1753	3,6545	9,3973	1,0158	1,2444	1,0049	1,0252
D	3,5584	4,5138	5,8237	4,4636	1,0295	0,9981	1,0446	0,9988
E	5,4116	6,9452	31,1135	16,4565	1,0870	1,0560	0,8988	1,006
F	4,5770	27,5308	3,8998	3,8589	1,0069	0,9168	1,0002	1,0085
G	5,5668	4,4315	3,5515	4,2977	1,0059	0,9980	0,9937	1,0099

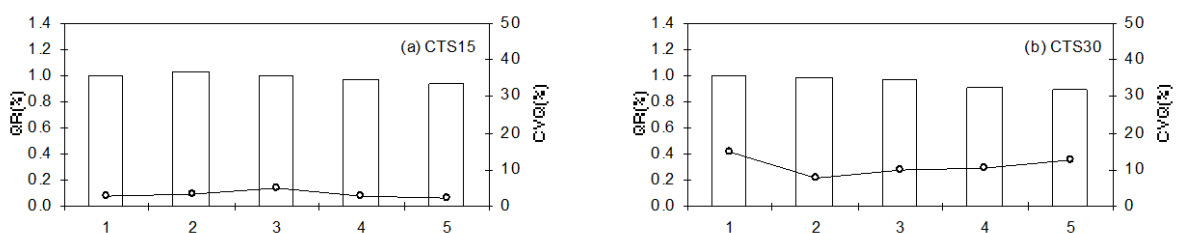
### 5.1 Emissor modelo A

Na Figura 6 são apresentados os gráficos de QR e CVQ para o emissor modelo A, para as cinco determinações de vazões. Nos gráficos as colunas indicam a vazão relativa (QR%) e as linhas o coeficiente de variação de vazão (CVQ%). As Figuras de 6 a 12 seguem o mesmo esquema anteriormente apresentado.

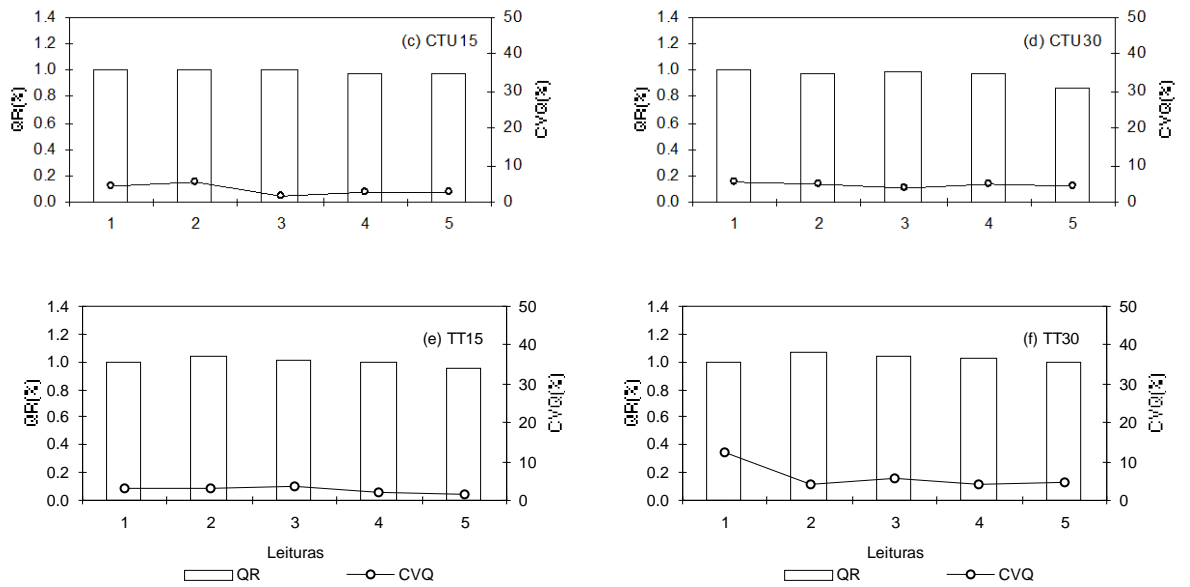
Observa-se que o desempenho do emissor A, no que se refere ao coeficiente de variação de vazão (CVQ) inicial, apresentou boa uniformidade geral. No tratamento citros seco 30 cm (CTS30), Figura 6 (b) e Testemunha 30 cm, Figura 6 (f), ocorreu CVQ inicial superior aos demais, uma vez que o CTS30, um dos emissores apresentou vazão inicial reduzida. O CVQ inicial de todos os emissores deste modelo para todos os tratamentos (amostras com 200 indivíduos) foi de 23,12%.

Não se observa, até a realização da última leitura, efeito pronunciado dos tratamentos. O comportamento das testemunhas no que se refere à redução de vazão e CVQ foi normal. Não houve emissor que se destacasse quanto aos parâmetros analisados, não tendo ocorrido redução total de vazão até a realização da última leitura.

O emissor modelo A não possui mecanismo de regulação de vazão, não estando sujeito ao envelhecimento da membrana compensadora de pressão. Sua vazão real manteve-se próxima a vazão nominal fornecida pelo fabricante.







**Figura 6** – QR e CVQ para o emissor modelo A: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; e (f) testemunha 30 cm.

## 5.2 Emissor modelo B

Para esse modelo de emissor, a tendência geral foi de redução de vazão, e não havendo vazão nula para nenhuma repetição. O CVQ inicial geral para todos os emissores presentes em todos os tratamentos, foi de 21,94%.

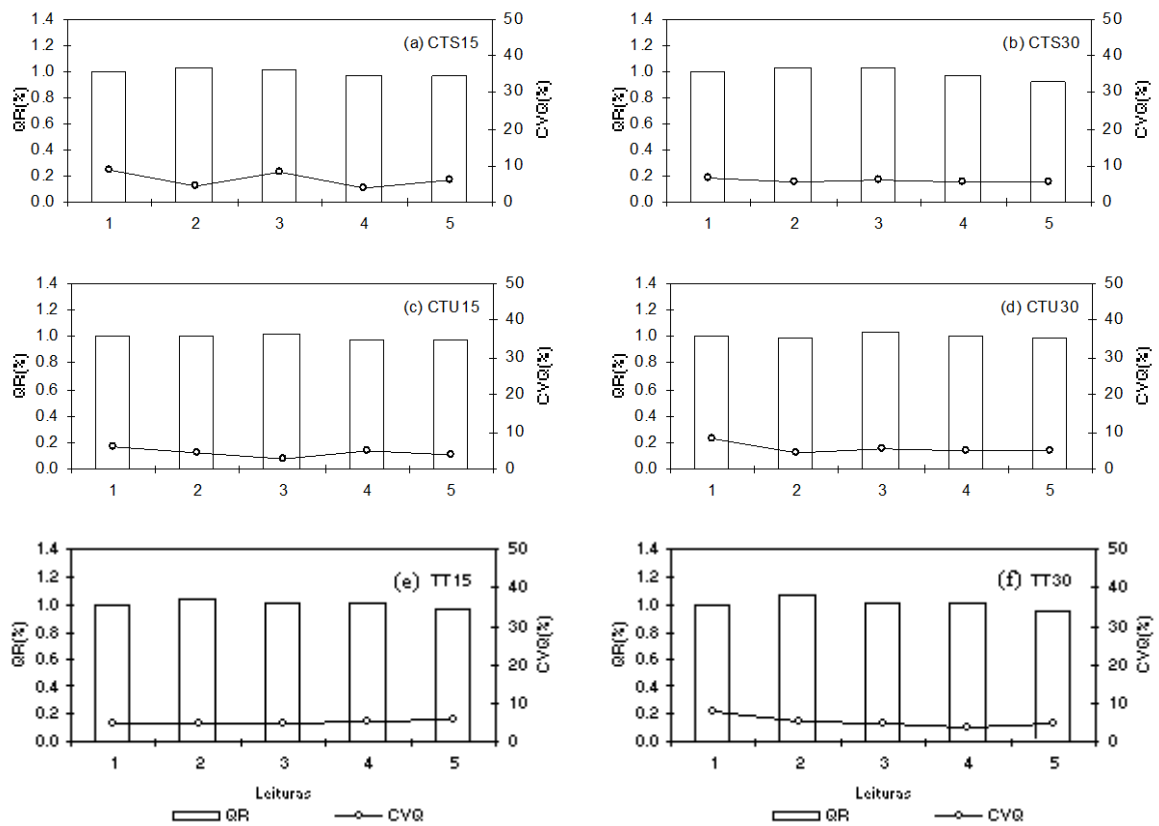
Observou-se uma grande quantidade de vazões não determinadas (células vazias). Esse fato reflete à dificuldade da montagem das conexões utilizadas na alimentação e no final das linhas desse emissor, o que muitas vezes levou ao rompimento dos conectores, provocando vazamento. Os conectores utilizados para essa finalidade não eram específicos para os tubos.

O valor geral mínimo do CVQ ocorreu no tratamento CTU15 (8,85%) que apresentou redução de vazão inferior aos demais.

Pode-se inferir que o tratamento CTU30 apresentou destaque no que se refere ao efeito dos tratamentos, pois nesse caso ocorreu a maior redução de vazão e o pior desempenho quanto ao parâmetro CVQ com 42,77%.

Tal fato, como no modelo A, não pode ser atribuído à presença da membrana compensadora de pressão, pois este emissor não possui mecanismo de autocompensação.

As testemunhas apresentaram desempenho normal, não tendo ocorrido redução de vazão considerável e CVQ uniforme com TT15 apresentando 21,68% e TT30 23,91%, respectivamente (Figura 7).



**Figura 7** – QR e CVQ para o emissor modelo B: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; e (f) testemunha 30 cm.

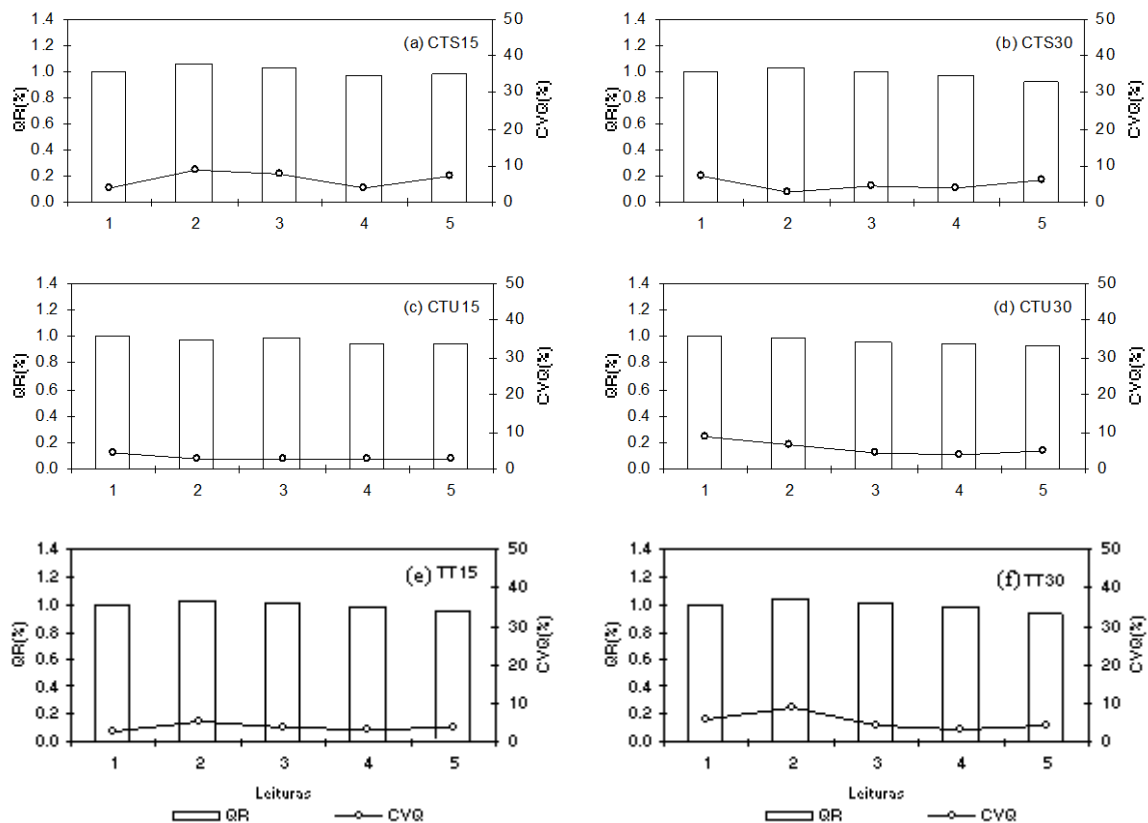
### 5.3 Emissor modelo C

O valor do CVQ inicial geral para esse modelo de emissor foi de 23,9%. Os valores de CVQ inicial nos tratamentos e nas testemunhas não se apresentaram baixos e uniformes (Figura 8).

Não ocorreram picos nos valores do CVQ, demonstrando estabilidade de vazão. Tal fato pode ser explicado por se tratar de emissor sem mecanismo de compensação de pressão.

Quanto aos parâmetros analisados, o desempenho das testemunhas foi uniforme e normal.

Esse modelo de emissor apresentou, de forma geral, bom desempenho até a determinação da última vazão, e sua vazão real esteve sempre próxima da nominal.



**Figura 8** – QR e CVQ para o emissor modelo G: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; e (f) testemunha 30 cm.

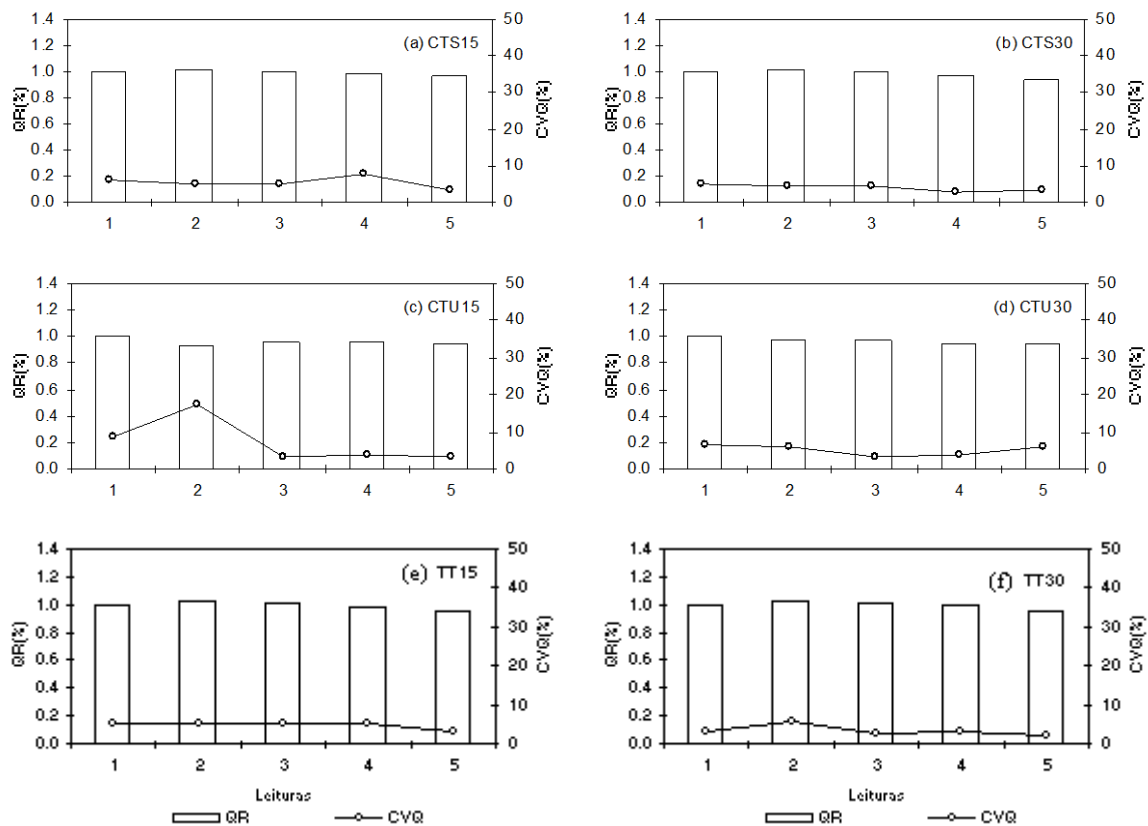
### 5.9 Emissor modelo D

Os valores de CVQ inicial geral e inicial dos tratamentos e testemunhas apresentaram-se uniformes. O valor do CVQ inicial geral foi de 16,78% e, de maneira geral, o CVQ dos tratamentos apresentaram-se próximos desse valor, demonstrando variabilidade reduzida (Figura 9).

Analisando-se a Figura 13, observa-se moderada tendência de redução de vazão para todos os tratamentos e testemunhas, assemelhando-se ao desempenho do emissor modelo D.

O desempenho das testemunhas quanto aos parâmetros analisados foi uniforme e normal, como pode ser observado na Figura 9 (e) e (f) com CVQ de TT15 9,07% e TT30 3,51%, respectivamente.

De maneira geral, esse modelo de emissor apresentou estabilidade, uniformidade e baixa variância. Ressalta-se o fato de este modelo de emissor não possuir mecanismos de compensação de pressão. A vazão real manteve-se próxima da vazão nominal fornecida pelo fabricante, demonstrando elevado padrão de fabricação.



**Figura 9** – QR e CVQ para o emissor modelo I: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; e (f) testemunha 30 cm.

### 5.10 Emissor modelo E

O desempenho desse modelo de emissor quanto ao parâmetro CVQ inicial, como se observa na Figura 10 apresentou desuniformidade entre tratamentos. O CVQ inicial geral foi de 59,03%.

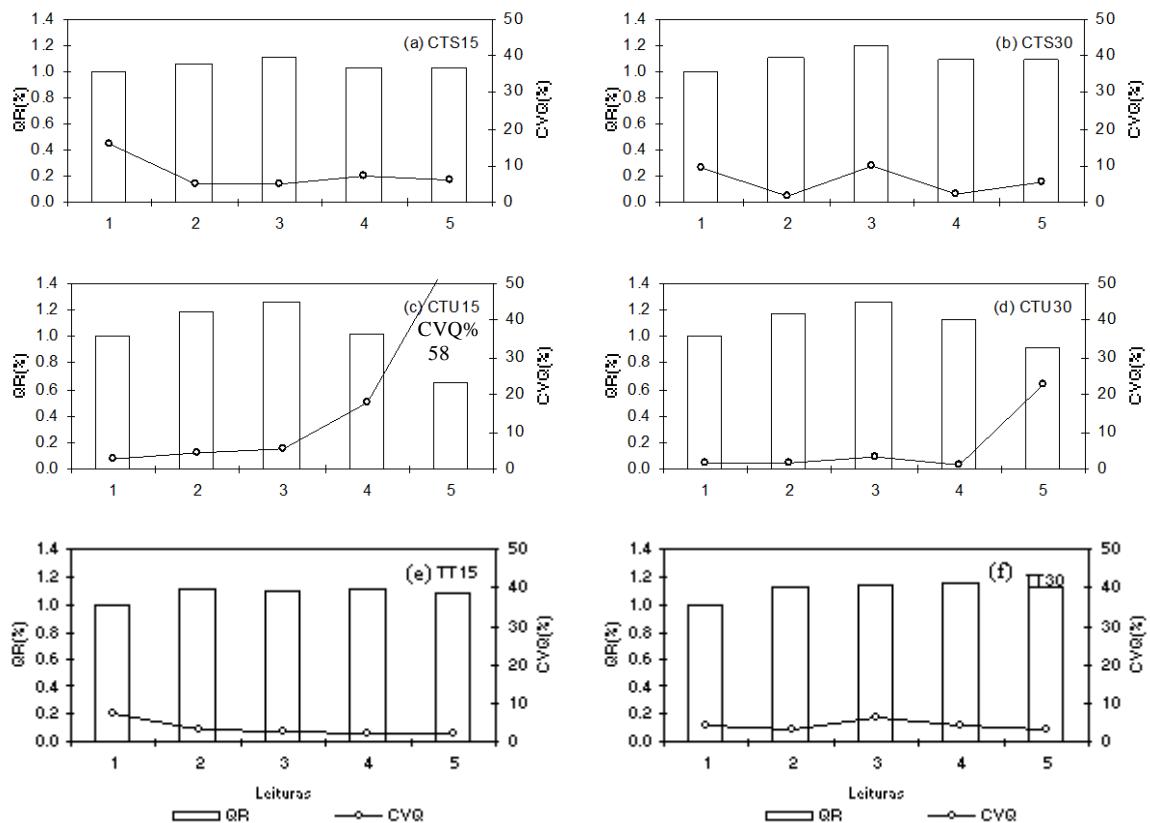
Observa-se, para todos os tratamentos, tendência inicial de aumento de vazão e posteriormente de redução de vazão, pouco evidente nas testemunhas.

Quanto à evidência dos tratamentos, pode-se afirmar que os tratamentos citros úmido para as duas profundidades ensaiadas aparentemente demonstraram interferência radicular, pois o CVQ para a última leitura sofreu elevação provocada por queda brusca de vazão de alguns emissores.

O desempenho das testemunhas para os dois parâmetros estudados apresentou-se normal, como se observa na Figura 10 (e) e (f).

Esse modelo de emissor apresentou elevada quantidade de dados não coletados devido a vazamentos nos conectores. Tal fato explica-se por se tratar de um tubo gotejador de parede delgada, dificultando a vedação em uniões, até mesmo para as conexões específicas para esse modelo.

Esse modelo de emissor destacou-se pela dificuldade de vedação nas conexões, fato que, se ocorresse de maneira generalizada em campo, provocaria desequilíbrio hidráulico no sistema de irrigação.



**Figura 10** – QR e CVQ para o emissor modelo J: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; e (f) testemunha 30 cm.

### 5.11 Emissor modelo F

Esse modelo de emissor apresentou CVQ inicial geral para os tratamentos e para as testemunhas próximo de 21,43% como se observa na Figura 11.

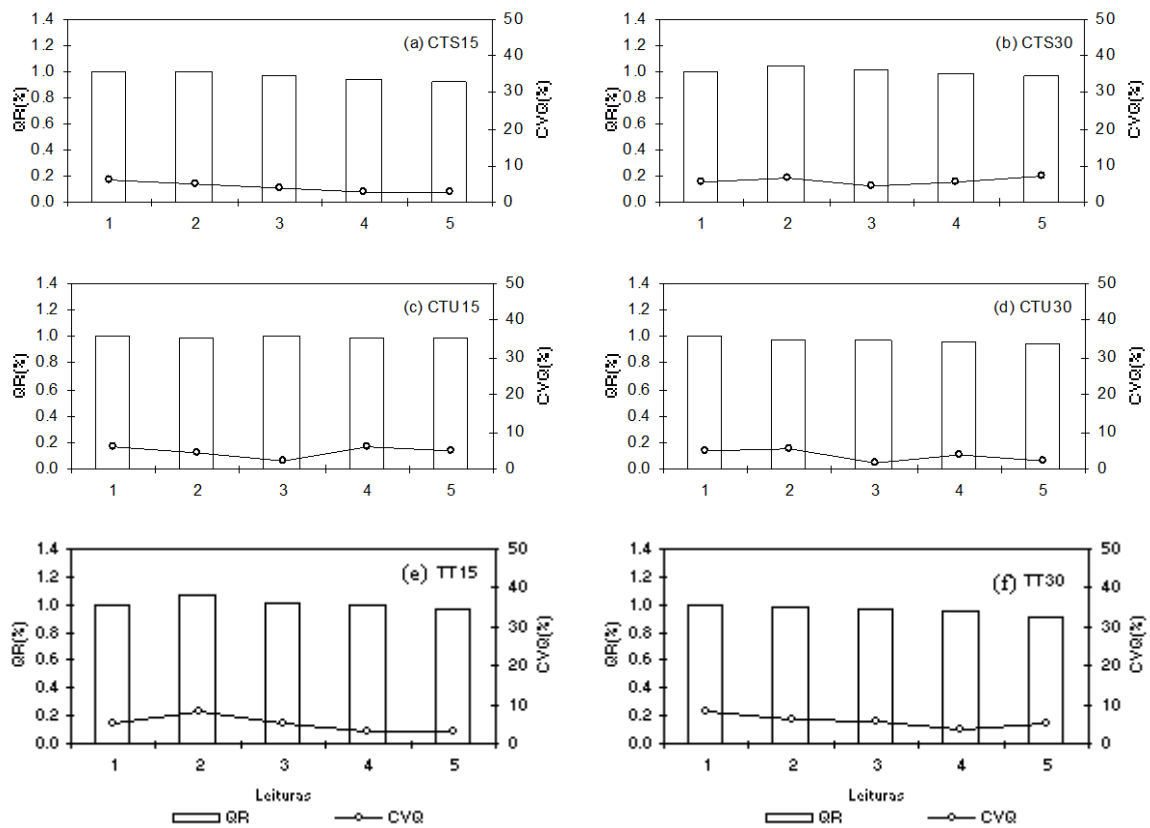
Em todos os tratamentos e testemunhas, houve leve tendência de redução de vazão. Não se observou nenhum emissor com redução total de vazão.

Observou-se também que a vazão real desse emissor esteve próxima da vazão nominal fornecida pelo fabricante. Nota-se valor elevado no tratamento CTS15 com CVQ de 41,22%.

Os tratamentos não apresentaram evidência até a última determinação de vazão, como pode ser observado analisando-se a Figura 11.

O desempenho das testemunhas manteve-se normal tanto para o parâmetro vazão relativa como para o coeficiente de variação de vazão apresentando para este último os seguintes valores TT15 18% e TT30 18,55%, respectivamente.

O emissor modelo F não possui mecanismo de compensação de pressão, e seu desempenho quanto aos parâmetros avaliados até a última determinação de vazão apresentou superioridade quando comparado com os outros modelos de emissores ensaiados. Seu desempenho deve-se provavelmente ao elevado padrão de fabricação e ao criterioso projeto do emissor.



**Figura 11** – QR e CVQ para o emissor modelo L: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; e (f) testemunha 30 cm.-

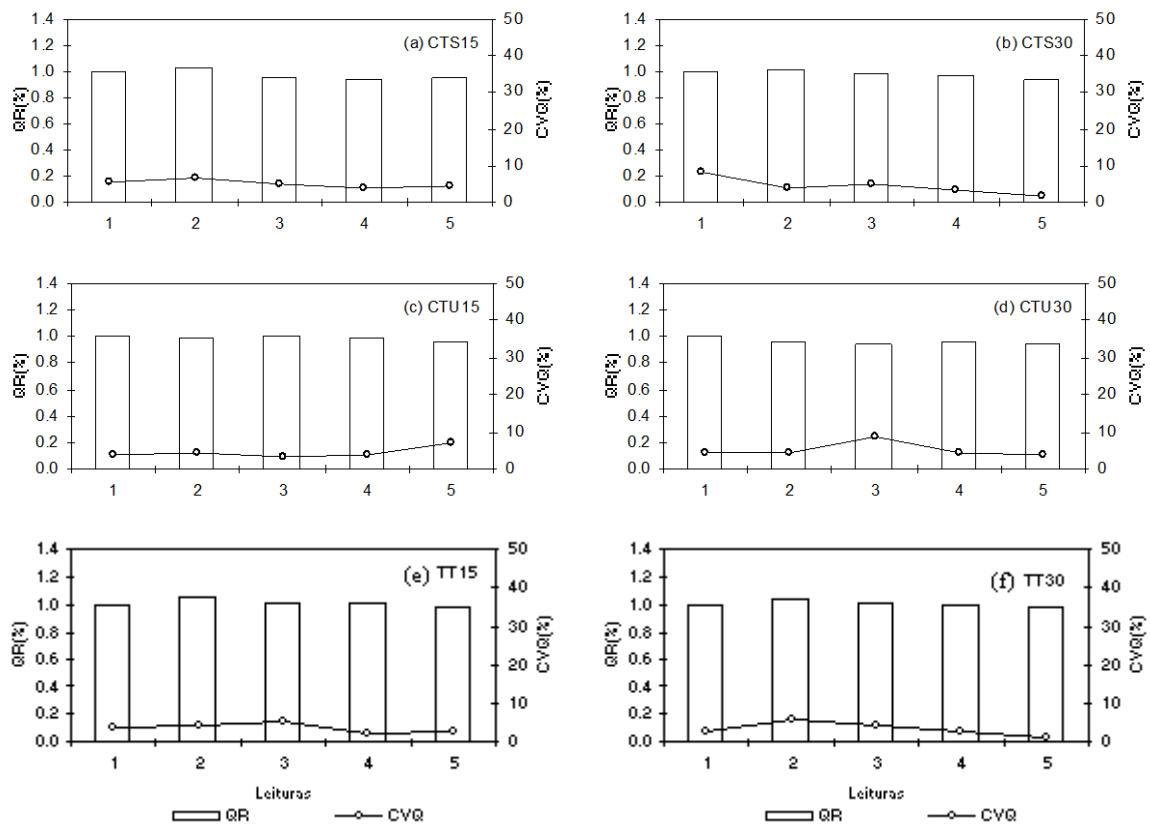
### 5.13 Emissor modelo G

O CVQ inicial geral para esse modelo de emissor foi de 20,62%.

Houve tendência geral de redução de vazão para todos os tratamentos e testemunhas como se observa na Figura 12.

As testemunhas a 15 e 30 cm apresentaram desempenho normal, quanto os parâmetros analisados, porem observou-se variações entre as testemunhas quanto ao CVQ TT15 3,91% e TT30 17,87%, respectivamente.

O presente emissor não possui mecanismo de autocompensão, o que pode explicar a baixa variabilidade das vazões. Seu desempenho de maneira geral apresentou-se favorável.



**Figura 12** – QR e CVQ para o emissor modelo N: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; e (f) testemunha 30 cm.

## 6 CONCLUSÕES

A hipótese de que o sistema radicular sob estresse hídrico seria mais agressivo ao gotejamento enterrado não se confirmou de maneira conclusiva. O sistema radicular das plantas bem irrigadas apresentou um notável vigor que poderá ser também bastante agressivo aos emissores.

Variações de vazão nos gotejadores enterrados, devido às raízes, foram mais frequentes na profundidade de 30 cm.

Diferentes modelos de gotejadores apresentaram diferentes graus de sensibilidade às variações de vazão no gotejamento subsuperficial.

Quanto ao aspecto construtivo (barreiras físicas), nenhum dos emissores ensaiados demonstrou possuir mecanismos que impeçam efetivamente a penetração das raízes de citros em seu interior, mesmo aqueles que usualmente são recomendados para uso no gotejamento subsuperficial nessa cultura.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYARS, J.E. et al. Subsurface drip irrigation in row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 1-27, 1999.

GHAEMI, A.; CHIENG, S. Emitter clogging and hydraulics in micro-irrigation lines. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1999, Toronto. St Joseph: ASAE, 1999 (Paper 992211).

GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BULKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 142-63.

MEAD, R. Root intrusion prevention. Disponível em:  
<<http://www.microirrigationforum.com/new/archives/rootpre.html>>. Acesso em: 10 jan. 2002.

RESENDE, R.S. **Intrusão radicular e efeito de vácuo em gotejamento enterrado na irrigação de cana-de-açúcar**. 2003. 124 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

RUSKIN, R.; FERGUSON, K.R. Protection of subsurface drip irrigation systems from root intrusion. Disponível em:  
<http://www.geoflow.com/root%20tfn/IA%20paper%20TFN%20applications%20final.html>. Acesso em: 21 maio 2000.

SOLOMON, K.H. Global uniformity of trickle irrigation system. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.4, p.1151-8, 1985.

SUAREZ-REY, E.; CHOI, C.Y.; WALLER, P.M. Feasibility of subsurface drip irrigation on turf in Arizona. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1999, Toronto. St Joseph: ASAE, 1999. (Paper 992251)

ZOLDOSKE, D. et al. Evaluation of trellis system and subsurface drip irrigation for wine grape production: a progress report. 1998: Center for Irrigation Technology. Disponível em:  
<<http://www.cati.csufreno.edu/cit>>. Acesso em: 10 jan. 2002.