**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Dinâmica do entupimento de tubos gotejadores sob aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via diferentes qualidades de água

Pabblo Atahualpa de Aguiar Ribeiro

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem

**Piracicaba
2008**

Pabblo Atahualpa de Aguiar Ribeiro
Engenheiro Agrônomo

Dinâmica do entupimento de tubos gotejadores sob aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via diferentes qualidades de água

Orientador:
Prof. Dr. **RUBENS DUARTE COELHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem

Piracicaba
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Ribeiro, Pabblo Atahualpa de Aguiar

Dinâmica do entupimento de tubos gotejadores sob aplicação de Cloreto de Potássio
(branco e vermelho) via diferentes qualidades de água / Pabblo Atahualpa de Aguiar
Ribeiro. - - Piracicaba, 2008.

94 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Gotejadores 2. Irrigação localizada 3. Potássio I. Título

CDD 631.7
R484d

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

DEDICATÓRIA

*A minha noiva Kelly Tagianne, pelo incentivo, paciência e
companheirismo.*

Dedico,

*Aos meus pais Atahualpa e Terezinha,
minha irmã Patrícia Raquel, que sempre me apoiaram nos
momentos mais difíceis da minha vida.*

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, saúde e força para superar minhas dificuldades e fraquezas.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Prof. Dr. Rubens Duarte Coelho, pelo apoio, incentivo e presente orientação, além das oportunidades concedidas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo apoio financeiro através do Projeto de Pesquisa nº. 03/12863-1, o qual viabilizou a realização do presente trabalho.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem: Dr. José Antônio Frizzzone, Dr. Sérgio Nascimento Duarte, Dr. Tarlei Arriel Botrel, Dr. Marcos Vinícius Folegatti, Dr. Décio Eugênio Cruciani e Dr. Iran José Oliveira da Silva, pela paciência, ensinamentos, amizade e acima de tudo pelo exemplo de dedicação, de sabedoria e humildade, contribuindo para esta importante conquista.

Aos professores do Curso de Graduação em Agronomia: MSc. Luciano Marcelo Fallé Saboya e Dr. Leonardo Santos Collier, pelos ensinamento e orientação durante a iniciação científica.

Ao Dr. Marconi Batista Teixeira, pelo incentivo, apoio, correções e orientação durante a realização deste trabalho.

A Dr^a. Ralini Ferreira de Melo, pelo apoio, incentivo, amizade e ótimo convívio como amiga e colega de trabalho.

A Kelly Tagianne Santos de Souza por todo apoio, principalmente no final do trabalho.

Aos colegas e amigos do curso de pós-graduação em irrigação e drenagem Lílian Cristina Castro de Carvalho e Marco Antonio Rosa de Carvalho pela ajuda na coleta de dados nos início dos ensaios.

Aos amigos que se tornaram “meio-irmãos”, Cícero René Almeida Barbosa Júnior e Antonio Clarette Santiago Tavares, do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem pelo agradável convívio e auxílios no decorrer do curso.

A todos os amigos do curso de pós-graduação em irrigação e drenagem, pela grande amizade e agradável convívio durante o curso.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural: Élio Gomes de Toledo, Antonio, Davilmar Colevatti, Gilmar Grigolon, Osvaldo Rettore, Sandra Mello, Beatriz Novaes e a todos que colaboraram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Aos fabricantes de tubos gotejadores que doaram materiais para a realização dos ensaios.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 DESENVOLVIMENTO.....	13
2.1 Revisão Bibliográfica.....	13
2.1.1 A irrigação no mundo e no Brasil.....	13
2.1.2 Irrigação localizada e obstruções de emissores.....	14
2.1.3 Sensibilidade a obstruções.....	16
2.1.4 Qualidade da água de irrigação.....	17
2.1.5 Entupimento por partículas.....	18
2.1.6 Entupimento por processos biológicos.....	19
2.1.7 Entupimento de emissores e formas de prevenção.....	20
2.1.8 Coeficiente de variação de fabricação	21
2.1.9 Uniformidade de distribuição de água	23
2.2 Material e Métodos.....	25
2.2.1. Descrição da estrutura experimental e funcionamento do sistema.....	28
2.2.2 Modelos de gotejadores utilizados nos ensaios.....	30
2.2.3 Parâmetros analisados e procedimentos utilizados para determinação.....	32
2.2.4 Água utilizada no experimento.....	35
2.2.5 Concentração de KCL e preparo das soluções.....	38
2.3 Resultados e Discussão.....	39
2.3.1 Monitoramento de entupimento dos gotejadores convencionais.....	39
2.3.1.1 Primeira fase	39
2.3.1.2 Segunda fase.....	44
2.3.1.1 Terceira fase.....	48
2.3.2 Monitoramento do entupimento dos tubos gotejadores autocompensantes	51
2.3.2.1 Primeira Fase	52
2.3.2.2 Segunda Fase	57
2.3.2.3 Terceira Fase	61

3 CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS.....	68
ANEXOS.....	72

RESUMO

Dinâmica do entupimento de tubos gotejadores sob aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via diferentes qualidades de água

Neste trabalho buscou-se avaliar a suscetibilidade dos diferentes modelos de tubos gotejadores ao processo de entupimento quando expostos ao uso de cloreto de potássio (branco e vermelho), aplicados via diferentes qualidades de água. O experimento foi realizado em três fases, por um período de doze meses, analisando o desempenho de 22 modelos de gotejadores (autocompensante e convencionais), com quatro tratamentos e dez repetições, sendo cada repetição representada por um gotejador. Na primeira fase, foram aplicados os seguintes tratamentos: (T1) água com fitoplâncton (lago) e cloreto de potássio branco; (T2) água com fitoplâncton (lago) e cloreto de potássio vermelho; (T3) água potável (laboratório) e cloreto de potássio branco; (T4) água potável (laboratório) e cloreto de potássio vermelho. Na segunda fase foram adicionadas partículas sólidas (solo) às soluções dos tratamentos 1 (T1-Lg/B) e 2 (T2-Lg/V), mantendo a mesma solução do tratamento 3 (T3-Lb/B) e adicionado sulfato de ferro à solução do tratamento 4 (T4-Lb/V). Na terceira fase acrescentou-se hidróxido de ferro às soluções referentes a T1 (T1+So) e T2 (T2+So), mais uma aplicação de uma solução concentrada diretamente nas linhas (tubos gotejadores) sem passar pelo sistema de filtragem, sendo os tratamentos: (T1) Água do lago, cloreto de potássio branco, partículas sólidas e hidróxido de ferro, com o orifício do gotejador posicionado para baixo. (T2) água do lago, cloreto de potássio vermelho, partículas sólidas e hidróxido de ferro, com o orifício do gotejador posicionado para cima. (T3) água do lago, cloreto de potássio branco, partículas sólidas e hidróxido de ferro, com o orifício do gotejador posicionado para cima. (T4) água do lago, cloreto de potássio vermelho, partículas sólidas e hidróxido de ferro, com o orifício do gotejador posicionado para baixo. Os modelos de tubos gotejadores analisados apresentaram desempenhos variáveis, tanto na suscetibilidade ao entupimento quanto no coeficiente de variação de vazão, sugerindo que a arquitetura interna dos gotejadores, foi o fator determinante na caracterização do processo de entupimento. Não foi observada diferença significativa da dinâmica de entupimento com relação à aplicação dos cloretos de potássio branco e vermelho na ausência ou presença de fitoplâncton, mostrando que é possível fazer uso do cloreto de potássio vermelho em fertirrigação, tomando o cuidado de verificar a ausência do elemento ferro no adubo (análise de laboratório). A adição de partículas sólidas e do sulfato de ferro aos tratamentos da primeira fase, passando pelo sistema de filtragem, não potencializou mudanças significativas do cenário de suscetibilidade ao entupimento, nas condições de irrigação da segunda fase. A entrada de partículas sólidas e hidróxido de ferro no sistema sem passar pelo sistema de filtragem (fase 3) e o posicionamento do orifício dos gotejadores para baixo intensificaram o processo de entupimento, onde os modelos convencionais foram os mais sensíveis e alguns modelos autocompensantes foram mais tolerantes a presença destes elementos na água de irrigação. O modelo C3 foi o que apresentou melhor desempenho entre os modelos convencionais nas três fases estudadas, sendo que os modelos A2 e A3 destacaram-se entre os modelos autocompensantes, com uma boa recuperação da vazão ao final dos ensaios.

Palavras-chave: Cloreto de potássio; Entupimento de gotejadores; Irrigação localizada

ABSTRACT

Clogging dynamics of driplines under the application of potassium chloride (white and red) for different water qualities

This work aims to evaluate the susceptibility of several dripline models against clogging process when exposed to potassium chloride (white and red), applied through different water qualities (fertirrigation). The experiment was accomplished in three phases, during a period of twelve months, analyzing the performance of 22 drip models (compensating and conventional), with four treatments and ten repetitions, being each repetition a dripper. In the first phase, it was applied the following treatments: (T1) water with fitoplancton (lake) and white potassium chloride; (T2) water with fitoplancton (lake) and red potassium chloride; (T3) potable water (laboratory) and white potassium chloride; (T4) potable water (laboratory) and red potassium chloride. In the second phase, solid particles were added to the solutions of previous treatments 1 (T1-Lg/B) and 2 (T2-Lg/V), maintaining the same solution for treatment 3 (T3-Lb/B) and added iron sulfate to the solution of treatment 4 (T4-Lb/V). In the third phase iron hydroxide was added to the solutions of T1 (T1+So) and T2 (T2+So) treatments, one more application of a concentrated solution directly in drip lines without passing through the filtration system, resulting the following treatments: (T1) water with fitoplancton, white potassium chloride, solid particles and iron hydroxide, with dripper facing down. (T2) water with fitoplancton, red potassium chloride, solid particles and iron hydroxide, with drippers facing up, (T3) water with fitoplancton, white potassium chloride, solid particles and iron hydroxide, with drippers facing up, (T4) water with fitoplancton, red potassium chloride, solid particles and hydroxide of iron, with drippers facing down. Driplines presented a variable performance, regarding the original flow rate levels and variation coefficient, suggesting that internal architecture of emitters, it is a major factor related to clogging resistance to treatments imposed. Statistical differences were not observed for clogging dynamics under the application of white or red potassium chloride, under different water quality conditions, showing that it is possible to use the red potassium chloride for fertirrigation without problems. It is recommended to certify the absence of iron element in the fertilizer based on laboratory analysis. The addition of solid particles and iron sulfate to first phase treatments, going through the filtration system, did not increase the clogging rate or emitters (second phase). The application of solid particles and iron hydroxide in the system without passing through the filtration system (phase 3) and the positioning of drippers facing down, intensified the clogging process. Conventional models were more sensitive and compensating models were more tolerant of this water quality conditions. Models C3 performance better among the conventional models in all phases studied. Models A2 and A3 stood out among compensating models, presenting a good recovery flow rate at the end of the experiment.

Keywords: Potassium chloride; Clogging; Drip irrigation

1 INTRODUÇÃO

Em regiões onde a precipitação pluvial não é suficiente para atender às necessidades hídricas das culturas, ou mesmo onde ela é suficiente, mas não é bem distribuída ao longo do ano, a aplicação da irrigação torna-se necessária ao pleno desenvolvimento das espécies cultivadas.

A água é um recurso natural em escassez, em muitas regiões do planeta e do Brasil. Atualmente, um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, o qual apresenta algumas vantagens, sendo a economia de água e energia as mais citadas na atualidade, frente à situação da disponibilidade de água no planeta. Outra grande vantagem é possibilidade de automação e fertirrigação, duas praticas que fazem deste sistema o mais eficiente, reduzindo os custos com mão-de-obra e tornando mais preciso o manejo da água e da nutrição das culturas. Além disso, apresentar baixo risco de contaminação de operadores em campo e do produto agrícola final, o que possibilita o uso de água residuária na produção agrícola (CARARO, 2004).

O entupimento de emissores (em especial os gotejadores), esta diretamente relacionada à qualidade da água de irrigação que possui na sua composição fatores como: quantidade de partícula em suspensão, composição química e população microbiana. O entupimento provoca uma diminuição na uniformidade de emissão (UE) e um aumento no coeficiente de variação de vazão (CV), provocando uma redução significativa da uniformidade de distribuição de água ao longo das linhas laterais. De acordo com Resende; Coelho e Piedade (2000), um aumento no CV está relacionado ao processo de obstrução, cujo principal responsável é a qualidade da água usada na irrigação, uma vez que o problema não afeta igualmente todos os emissores de uma instalação, introduzindo um novo fator de variação não previsto, que se somam às originadas pela variação de fabricação e dimensionamento hidráulico.

Para culturas anuais de alto valor econômico e para culturas perenes nas qual a longevidade do sistema é especialmente importantes, emissores entupidos podem causar perdas econômicas irreversíveis. Embora se tenha informações disponíveis quanto aos fatores que causam o entupimento, o controle por medidas preventivas nem sempre tem o êxito desejado. Os problemas podem ser minimizados por *design* apropriado, instalação e práticas operacionais. Os procedimentos para recuperação de emissores entupidos resultam em aumento do custo operacional. Problemas de entupimento desencorajam freqüentemente novos irrigantes, causando

uma adoção lenta da tecnologia, pois a solução do problema nem sempre está disponível ou não é economicamente viável (BUCKS; NAKAYAMA; GILBERT, 1979; NAKAYAMA; BUCKS, 1986, 1991).

Ayers e Westcot (1991) afirmam que as obstruções causadas pelas precipitações químicas ocorrem gradualmente e, portanto, sendo mais difíceis de serem localizadas. As obstruções por microrganismos (fitoplâncton - algas e zooplâncton - bactérias) que se desenvolvem alimentando-se de resíduos orgânicos ou inorgânicos presentes nas águas são causadas pelos filamentos dos microrganismos que crescem formando uma matriz gelatinosa e pegajosa, que se adere nas partes internas da tubulação e dos emissores. Já as obstruções oriundas de material em suspensão são as de mais fácil solução, haja vista que um eficiente sistema de filtragem, pode reduzir significativamente o problema (RESENDE, 1999; CORDEIRO; VIEIRA; MANTOVANI; 2003; SOUZA; CORDEIRO; COSTA, 2006).

O presente trabalho consistiu em avaliar a suscetibilidade dos diferentes modelos de tubo gotejadores, ao processo de entupimento quando expostos ao uso de dois tipos de cloreto de potássio: branco e vermelho, aplicados via diferentes qualidades de água, geralmente utilizadas na irrigação localizada, visando estabelecer a recomendação ou não do uso de cloreto de potássio vermelho em áreas comerciais, através da prática de fertirrigação.

Levando em consideração os aspectos mencionados, o trabalho teve os seguintes objetivos: (a) Avaliar o desempenho de diferentes tubos gotejadores à suscetibilidade de aplicação de dois tipos de cloreto de potássio (branco e vermelho), aplicados via diferentes qualidades de água; (b) Verificar se o uso do cloreto de potássio vermelho, especificamente, oferece maior potencial para causar entupimento, comprometendo o funcionamento dos gotejadores, comparado ao cloreto de potássio branco, produto recomendado para prática de fertirrigação. Assim determinar se o cloreto de potássio vermelho pode ser indicado para uso na fertirrigação em sistema de irrigação por gotejamento; (c) Verificar se a qualidade da água associado o uso do cloreto de potássio, pode potencializar a suscetibilidade ao entupimento dos modelos de tubos gotejadores avaliados; (d) Verificar o potencial de entupimento em diferentes tubos gotejadores devido à aplicação de água com sólidos em suspensão (partículas de solo) via irrigação em combinação com diferentes tipos de cloreto de potássio e qualidade de água e (e) Verificar o potencial de entupimento em diferentes tubos gotejadores em função da aplicação de

água com elevados níveis de sólidos em suspensão (partículas de solo), de hidróxido de ferro e cloreto de potássio, com orifício dos emissores posicionados para baixo e para cima.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 A irrigação no mundo e no Brasil

Atualmente, quase a metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas. O contínuo crescimento demográfico mundial exige uma agricultura competitiva e tecnificada que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade, sendo a irrigação uma ferramenta para o alcance desses objetivos. Na Figura 1, apresenta-se o panorama atual da área irrigada em diversos países, bem como a relação entre as áreas irrigadas e cultivadas. Observou-se que, dos países citados, o Brasil apresenta a menor relação entre a área irrigada e a área cultivada.

Cerca de 1.225 milhões de hectares cultivados são responsáveis por 58 % da colheita total, desses hectares cultivados, são irrigados apenas 18 % da área produtiva total, contribuindo por volta de 42 % do total colhido. Ressalta-se que, em 24 anos, a agricultura irrigada mundial aumentou de 190 milhões para 275 milhões de hectares, ou seja, 45 %. Isso faz com que mais empresas invistam em tecnologia de irrigação, aprimorando o setor com mais investimentos na eficiência de seus equipamentos (CHRISTOFIDIS, 2002, 2007).

O uso da água na agricultura representa mundialmente cerca de 70 % de toda água derivada de rios, lagos e mananciais subterrâneos, enquanto a indústria utiliza 23 % e o abastecimento humano consome 7 %. Apesar do grande consumo de água a irrigação representa a forma mais eficiente e produtiva de obter alimentos. Estima-se que, no futuro próximo, entre 50 a 70 % da produção de alimentos serão provenientes da agricultura irrigada (RIBEIRO, 2003).

A crescente inserção do Brasil no cenário mundial tem pressionado mudanças no sentido de que seus produtos sejam competitivos. Para que isso seja possível, os produtores estão despertando para a tecnologia da irrigação, e ela toma impulso principalmente no semi-árido brasileiro, onde a carência hídrica é acentuada e se tem investido, sobretudo na irrigação localizada.

O uso da irrigação localizada vem permitindo que o semi-árido brasileiro se torne uma região altamente tecnificada e especializada em produção de frutas e hortaliças de boa qualidade,

com destaque para o Vale do São Francisco, cuja produção é destinada à exportação (LOIOLA; SOUZA, 2001).

Tabela 1 – Panorama da área irrigada em alguns países e percentual dessa área irrigada sobre o total de área cultivada

País	Área irrigada (milhões de ha)	% da área irrigada/cultivada
Índia	59,0	35
China	53,7	32
EUA	22,4	12
Paquistão	17,9	86
Irã	7,5	50
México	6,5	26
Indonésia	4,8	22
Uzbequistão	4,8	-
Tailândia	4,7	24
Rússia	4,6	-
Turquia	4,5	16
Bangladesh	4,0	-
Espanha	3,6	17
Iraque	3,5	-
Egito	3,3	10
BRASIL	3,1	5
Total mundial	207,9	335

Fonte: Christofidis (2002)

Com o avanço da utilização da irrigação localizada no Brasil, começam a vir a público, problemas de perda de desempenho de equipamentos por todo País, provocadas pelo entupimento dos emissores (MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 2001; SILVA JÚNIOR et al., 2003).

2.1.2 Irrigação localizada e obstruções de emissores

A utilização do sistema de irrigação por gotejamento na agricultura viabilizou soluções para diversos problemas enfrentados pelos agricultores, tais como o cultivo de solos de baixa a média fertilidade natural, de terrenos acidentados, consumo de energia, mão-de-obra que nos dias atuais é mais limitante a agricultura irrigada, aumentou a eficiência no uso da água, permitindo assim a otimização da produção agrícola (LEITE, 1995).

No Brasil, a irrigação localizada começou a ser utilizada no final da década de 70, ocupando, em 1999, uma área estimada de 212 mil hectares, correspondendo a 8 % do total da

área irrigada (CHRISTOFIDIS, 2002). Este método tem sido bastante utilizado por causa de suas características de aplicações de pequenas vazões e alta frequência, aplicação de fertilizantes via água de irrigação (distribuídos na zona radicular das culturas), baixas pressões e alta eficiência (geralmente superior a 90 %), possibilitando um controle eficiente da lâmina de irrigação (LEITE, 1995; RESENDE, 1999; BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Este sistema de irrigação, na maioria das vezes, ameniza o problema de escassez de água, entretanto, o pequeno diâmetro dos orifícios dos gotejadores facilita o entupimento, contribuindo para a redução da sua eficiência, produtividade e qualidade da colheita (LEITE, 1995).

O entupimento de emissores continua sendo o principal problema em sistemas de irrigação por gotejamento. Para culturas anuais de alto valor econômico e para culturas perenes, onde a longevidade do sistema é especialmente importante, emissores entupidos podem causar perdas econômicas. Embora informações quanto aos fatores que causam o entupimento estejam disponíveis, o controle por medidas preventivas nem sempre tem êxito. Os problemas podem ser minimizados por design apropriado, instalação e práticas operacionais ou procedimentos para recuperação de emissores entupidos, que resulta em aumento do custo operacional. Problemas de entupimento desencorajam freqüentemente novos irrigantes, causando descrédito temporário na tecnologia, pois a solução do problema nem sempre está disponível ou não é economicamente viável (BUCKS; NAKAYAMA; GILBERT, 1979; NAKAYAMA, 1986; NAKAYAMA; BUCKS, 1991).

Diversos fatores podem provocar o entupimento parcial ou a completa obstrução dos bocais de emissores e tubulações, prejudicando o fluxo de água e a sua distribuição ao longo da linha principal, de derivação e principalmente nas laterais, reduzindo, conseqüentemente a eficiência do sistema. Dentre tais fatores, destacam-se a precipitação química por íons contidos na água de irrigação, especialmente os carbonatos de cálcio e/ou de magnésio, bastante comuns em regiões áridas e semi-áridas (NAKAYAMA; BUCKS, 1991; RAVINA et al., 1992; LEITE, 1995, RESENDE, 1999, 2003). Águas utilizadas em irrigação com essas características ocorrem com frequência no Norte de Minas Gerais, em algumas regiões do Estado de São Paulo e em parte do Nordeste do País.

Atualmente há diversos tipos de gotejadores disponíveis no mercado, apresentando diferentes sensibilidades ao entupimento (RAVINA et al., 1992; RESENDE, 1999; PIZARRO CABELLO, 1996). Segundo Ravina et al. (1992), os gotejadores, geralmente, apresentam

vulnerabilidade aos problemas citados, em função de apresentarem estreitas passagens e pequenas aberturas. Entretanto, aqueles que possuem membranas auto-limpantes ou que possibilitam maior turbilhonamento da água no seu interior apresentam-se menos suscetíveis ao entupimento dos bocais dos emissores.

Os precipitados químicos podem ser produzidos quando as condições iniciais da água (pH, temperatura, sólidos dissolvidos totais) são modificadas e, sobretudo pela evaporação da água nos emissores após cada irrigação, o que aumenta a concentração dos sais dissolvidos que se precipitam ao superar o limite de solubilidade. As obstruções são formadas gradualmente e, portanto, são mais difíceis de detectar (PITTS; HAMAN; SMAJSTRLA, 1990; LEITE, 1995; PIZARRO CABELLO, 1996), sendo esses fatores mais frequentes em clima árido e semi-árido.

Leite (1995) avaliou a suscetibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de carbonato de cálcio e, durante a condução do experimento verificou que as precipitações químicas ocorreram gradualmente, modificando os coeficientes de variação de vazão e as uniformidades de distribuição dos tubos gotejadores; como forma de tratamento utilizou a sobre pressão hidráulica no sistema ao final do teste, o que se mostrou ineficiente. Dias, Oliveira e Coelho (2003) avaliaram a suscetibilidade de diferentes tipos de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de sulfato de cálcio e observaram modificações da vazão com reduções de até 78 %.

Ayers e Westcot (1991) afirmam que alguns fertilizantes injetados ao sistema de irrigação podem provocar precipitações. Se a concentração de cálcio é superior a 6 meq L^{-1} , os fertilizantes fosfatados obstruirão os emissores. Ao mesmo tempo, concentrações de bicarbonatos acima de 5 meq L^{-1} provocarão problemas mais graves. Por outro lado, a aplicação de amônia anidra ou líquida em sistemas de irrigação localizada é recomendada, uma vez que pode aumentar o pH da água até valores de 11 meq L^{-1} , aproximadamente, o que contribui para uma rápida precipitação de carbonato de cálcio e/ou de magnésio.

2.1.3 Sensibilidade a obstruções

O entupimento de emissores é um importante problema relacionado com a operação e manutenção do sistema de irrigação localizada e está diretamente associado à qualidade da água de irrigação. Entupimentos são resultantes de agentes físicos, químicos e biológicos. Dentre as

causas as mais comuns estão: a precipitação de sais, o crescimento microbiológico, a presença de insetos nos gotejadores e sedimentos nos labirintos dos emissores (GILBERT; FORD, 1986).

Associado a esses problemas, tem-se também o diâmetro dos emissores. Observa-se na Tabela 2 a classificação dos emissores quanto à sensibilidade às obstruções, de acordo com o diâmetro mínimo de passagem de água (PIZARRO CABELLO, 1996)

Tabela 2 - Classificação de emissores quanto à sensibilidade ao entupimento

Diâmetro mínimo (mm)	Sensibilidade à obstrução
$\leq 0,7$	alta
0,7 a 1,5	média
$\geq 1,5$	baixa

Baseado em aproximações estatísticas, Wu, Irudayaraj e Feng (1988) identificaram cinco situações típicas em sistemas de irrigação localizada quando o entupimento ocorre: (1) o entupimento afeta igualmente todos os emissores parcialmente obstruídos, (2) uma específica proporção de emissores é parcialmente afetada pela obstrução, (3) todos os emissores são afetados totalmente e igualmente, (4) completo entupimento afeta igualmente todos os emissores e (5) existência de combinações de obstruções parciais e completas nos gotejadores.

2.1.4 Qualidade da água de irrigação localizada

Em sistemas de irrigação localizada, além dos aspectos relacionados ao risco de salinidade e toxicidade, procura-se também avaliar fatores que permitam prever o risco potencial de obstruções em emissores tais como intrusão radicular, danos químicos as membranas dos gotejadores, crescimento de mucilagens e, ou precipitação de íons nos emissores (NAKAYAMA; BUCKS; FRENCH, 1977; SOLOMON, 1985; COELHO; FARIA; MÉLO, 2006; TEIXEIRA, 2006).

Na atualidade, não se dispõe de um método seguro para avaliar o risco de entupimento pelo uso de uma determinada água de irrigação. A dificuldade reside no fato de que alguns fatores intervenientes são Parâmetros, como a temperatura, que afeta a formação de precipitados e o desenvolvimento de microrganismos, e outros que não dependem somente da água, mas também dos produtos que se adicionam como os fertilizantes (PIZARRO CABELLO, 1996).

2.1.5 Entupimento por partículas

O entupimento de emissores relacionados aos aspectos físicos se refere à presença de partículas inorgânicas suspensas (areia, silte e argila) succionadas pelo sistema de bombeamento, e partículas de origem orgânica (formigas, lesmas, ovos de insetos, larvas etc.).

Gilbert e Ford (1986) enumeram os riscos potenciais de entupimento em emissores pela qualidade da água de irrigação (Tabela 3).

Tabela 3 - Risco potencial de entupimento de emissores pela água de irrigação

Tipo de problema	Reduzido	Médio	Alto
Físico			
Sólidos suspensos (mg L^{-1})	<50	50 - 100	> 100
Químico			
pH	<7,0	7,0 - 8,0	> 8,0
Sólidos dissolvidos (mg L^{-1})	<500	500 - 2.000	> 2.000
Manganês (mg L^{-1})	<0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Ferro total (mg L^{-1})	<0,2	0,2 - 1,5	> 1,5
Ácido sulfídrico (mg L^{-1})	<0,2	0,2 - 2,0	> 2,0
Biológico			
População bacteriana (UFC mL^{-1})	<10.000	10.000 - 50.000	> 50.000

Fonte: Gilbert e Ford (1986)

Uma forma de evitar esses inconvenientes seria retirar todo o material presente na água. Para isso são necessários filtros com malha excessivamente pequena. Porém, tais filtros podem tornar-se entupidos em curto espaço de tempo, aumentando consideravelmente a necessidade de retrolavagem (NAKAYAMA; BUCKS, 1986). No dimensionamento do sistema de filtragem, um dos critérios levados em conta é não permitir a passagem de partículas com diâmetros maiores que 1/10 e 1/5 do menor diâmetro do orifício de passagem no interior do emissor, para gotejadores e microaspersores, respectivamente (KELLER; BLIESNER, 1990; PIZARRO CABELLO, 1996). Esse critério pode ser insuficiente, uma vez que partículas de argila presentes na água de irrigação conseguem passar através do sistema de filtragem. Embora não constituam problema por si só, essas partículas podem sofrer processo de cimentação, através de mucilagem de algas filamentosas ou bactérias, causando obstrução física em emissores e obstrução química pela precipitação de carbonatos. Gilbert, Nakayama e Bucks (1979) observaram, em linhas

secundárias de um sistema de irrigação por gotejamento, uma concentração de sólidos suspensos de 10 a 100 vezes maiores que a encontrada na captação no rio Colorado (EUA), resultado da agregação e de cimentação após passarem por conjunto de filtros de areia e de tela de 200 mesh.

2.1.6 Entupimento por processos biológicos

O desenvolvimento de microrganismos no interior das instalações de irrigação, pode ser uma das causas de formação de obstruções, que se apresentam em qualquer ponto da rede, ainda que seu efeito mais prejudicial se produza nos emissores. Nesse fenômeno intervém a presença dos próprios microrganismos, além de outros fatores como qualidade (presença de Ca, CaCO_3 , MgCO_3 , Fe, O_2 e pH), temperatura da água, etc. (PIZARRO CABELLO, 1996).

Águas para irrigação provenientes de poços rasos freqüentemente apresentam problemas de qualidade. Sagi, Paz e Ravina (1995) determinaram uma redução de vazão média de gotejadores de 38 %, em relação à vazão inicial, em função da presença de mucilagem formada por colônias de protozoário (*Epystilys balanarum*). Houve uma redução de 57 % na área de passagem do emissor. Segundo os autores, o desenvolvimento de protozoários foi a maior causa de entupimento de emissores em Israel, no período de 1988 a 1990.

Estudando o efeito de diâmetros de orifício de descarga sobre a taxa de entupimento de microaspersores, Boman (1995) observou que 20 % dos emissores de 0,76 mm de diâmetro requereram limpeza, comparado a 14 % de 1,02 mm; 7 % de 1,27 mm e 5 % 1,52 mm de diâmetro. Para esse estudo, 46 % dos casos de entupimento foram devidos a algas; 34 % à obstrução por formigas e aranhas; 16 % à obstrução por lesmas e 4 % devido à obstrução física por partículas de areia e pedaços de PVC.

Cararo et al. (2006) estudando a ocorrência de entupimento em diferentes modelos de emissores utilizando água residuária, observaram que o entupimento parcial por formação de biofilme e acumulação de partículas nas paredes tortuosas do labirinto, foi o principal mecanismo responsável pelo entupimento de emissores utilizando água residuária. Os mesmos autores recomendam que as características desejáveis em um emissor seja um caminho curto de labirinto e membrana com função auto-limpante, permitindo, assim, que o mesmo não seja tão susceptível aos problemas de entupimento com o uso de água residuária.

2.1.7 Entupimento de emissores e formas de prevenção

Gilbert, Nakayama e Bucks (1979) ressaltam que a longevidade dos sistemas de irrigação deve ser maximizada, para assegurar uma relação custo/benefício favorável. Se os emissores entopem após um curto espaço de tempo, os procedimentos de recuperação irão adicionar custos de manutenção ao sistema, podendo ser insuficientes em algumas circunstâncias.

Os métodos de prevenção do entupimento de emissores devem envolver tanto manejo do sistema (filtragem, inspeção de campo, lavagem de redes de distribuição), como medidas de tratamento químico da água. O processo de filtração isoladamente não é suficiente para prevenir o entupimento de emissores, mesmo utilizando-se filtro de areia. No tratamento químico, a cloração é o processo mais utilizado, para tratamento ou prevenção de causas biológicas. Para a prevenção ou tratamento de causas químicas tem-se a utilização de ácidos, nítrico, sulfúrico, clorídrico e fosfórico (GILBERT; FORD, 1986).

Ravina et al. (1992), trabalhando com 12 gotejadores de diferentes tipos e marcas comerciais, determinaram que o nível de entupimento fosse similar tanto para filtragem à 80 mesh, como para à 120 mesh, sendo, no entanto, maior para a abertura de 40 mesh. Os autores também concluíram que as duas frequências de lavagens das redes laterais estudadas (semanal e bissemanalmente) não afetaram o desempenho das laterais e que o tratamento com cloro a 10 mg L^{-1} , efetuados semanalmente ao fim da irrigação, reduziu o entupimento.

Gilbert, Nakayama e Bucks (1979) avaliaram diferentes tratamentos químicos para a prevenção do entupimento e concluíram que a injeção contínua de ácido sulfúrico, a uma concentração suficiente para manter o pH em 7,0, não foi tão eficiente quanto a combinação de cloração contínua e tratamento com ácido.

Silva Júnior et al. (2003) estudaram o potencial de obstrução de gotejadores submetidos à aplicação de águas comumente utilizadas em irrigação no Agropólo Assu-Mossoró no Rio Grande do Norte, e a eficiência da acidificação ou cloração na recuperação da uniformidade de emissão. Verificaram que houve efeito do tipo de água no desenvolvimento das obstruções, embora tal efeito possa ser amenizado com o tratamento preventivo. Quanto à recuperação dos emissores obstruídos, o tratamento pode ser eficiente, desde que ajustado adequadamente.

Testezlaf et al. (1994) utilizaram-se dos resultados do diagnóstico da qualidade de água de 17 propriedades agrícolas produtoras de hortaliças da região de Campinas – SP com o objetivo de

avaliar a potencialidade destas propriedades optarem pelo sistema de irrigação por gotejamento em substituição à irrigação por aspersão. Os autores concluíram que as propriedades avaliadas possuem baixo potencial de entupimento dos emissores com relação aos aspectos físicos e biológicos das águas, mas devido a alta concentração de ferro total detectadas nas amostras das águas consideraram como nível severo de risco de entupimento químico e verificaram que 51,9 % dos pontos amostrados apresentaram risco moderado de entupimento com relação a presença de manganês.

Com relação à utilização de emissores auto-limpantes, Nakayama e Bucks (1991) ressaltam que, na prática, as membranas flexíveis utilizadas tendem a falhar com o tempo, como resultado da sua deterioração, em função dos vários produtos químicos adicionados ao sistema.

Teixeira (2006) estudando o efeito da dosagem de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes, observou que com a utilização de 100 mg L^{-1} de cloro livre em condição dinâmica ocorreu um decréscimo de 10 a 20 % em média na vazão (L h^{-1}) de alguns emissores. Foi encontrado em alguns modelos reduções de vazão de até 100 % em decorrência de aumento de volume da membrana do emissor de até 112 %. Não sendo observadas variações acentuadas na vazão média (L h^{-1}), coeficiente de variação (%), uniformidade de distribuição (%), vazão relativa (%) e grau de entupimento (%) para os tratamentos estáticos.

2.1.8 Coeficiente de variação de fabricação

O coeficiente estatístico de variação de vazão (CV), calculado pelo desvio-padrão dos valores de vazão coletadas em cada repetição, em relação à vazão média, representa uma medida de dispersão relativa dos dados. Quando aplicado em uma amostra de gotejadores novos, é definido como o coeficiente de variação de fabricação (CV_f), o qual representa pequenas diferenças construtivas de cada emissor e para gotejadores usados ou em operação denominado de coeficiente de variação de vazão (CV), (SOLOMON, 1979). Segundo o autor, o CV_f é um importante parâmetro que influencia a uniformidade de emissão de água e a eficiência de aplicação de água pelo sistema.

Dois gotejadores retirados do mesmo lote, testados à pressão e temperatura constantes, poderão possuir diferentes vazões. Essa diferença vai depender do modelo, do projeto do gotejador, dos materiais usados em sua construção e do controle de qualidade com o qual é

fabricado (COSTA, 2000). Moraes (1984) salienta que é praticamente impossível fabricar duas unidades exatamente iguais. Alguma variação sempre existirá entre objetos supostamente “idênticos”.

Keller e Karmeli (1974) propuseram o uso do coeficiente de variação de fabricação (CV_f) em equipamentos de irrigação, como medida estatística do processo de fabricação dos emissores. O CV_f é um valor adimensional estimado pela relação entre o desvio-padrão da vazão de uma amostra pela respectiva média, conforme a Equação 2.1:

$$CV_f = \frac{s}{q} 100 \quad (2.1)$$

em que:

CV_f – coeficiente de variação de fabricação (%);

s – desvio padrão da vazão média do emissor ($L\ h^{-1}$); e

q – vazão média a determinada pressão e temperatura padrão ($L\ h^{-1}$).

O significado físico do CV_f pode ser explicado por assumir a distribuição de vazão segundo uma “distribuição estatística do tipo normal”, para um dado dispositivo, trabalhando em sua pressão de serviço (SOLOMON, 1979).

Existem diferentes classificações de emissores quanto à uniformidade de vazão, das quais podem ser citadas as de Solomon (1979) que considera excelente o CV_f de até 3%, e a da ABNT (1986) que classifica, como bons, aqueles com CV_f até 10% (Tabela 4).

Tabela 4 – Classificação do coeficiente de variação de fabricação de emissores, segundo solomon (1984) e segundo ABNT (1986)

Solomon		ABNT	
Classificação	CV_f	Classificação	CV_f
Excelente	< 3%	boa	< 10%
média	4 a 7%	média	10 a 20%
Marginal	8 a 10%	Marginal	20 a 30%
ruim	11 a 14%	Inaceitável	> 30%
inaceitável	> 15%	-----	-----

Fonte: Solomon (1984) e ABNT (1986)

Segundo Hillel (1982), o CV_f pode classificar os emissores, de acordo com os valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação do coeficiente de variação de fabricação, conforme Hillel (1982)

a) Para gotejadores, miniaspersores e difusores:	
CV _f até 5%	Bons
CV _f entre 5 e 10%	Médios
CV _f entre 10 e 15%	Deficientes
CV _f acima de 15%	Inaceitáveis
b) Para tubo gotejadores:	
CV _f até 10%	Bons
CV _f entre 10 e 20%	Médios
CV _f acima de 20%	Deficientes e Inaceitáveis

Para a determinação do coeficiente de variação de fabricação dos emissores, a ABNT (1986) sugere que se utilize uma amostra de no mínimo 50 emissores para gotejadores e 20 emissores para microaspersores, retiradas aleatoriamente da linha de produção.

Segundo American Society of Agricultural Engineering - ASAE (1999), o coeficiente de variação de fabricação do gotejador (CV_f) é um termo usado para descrever essa variação antecipada na vazão de uma amostra de gotejadores novos, quando operados numa pressão aproximadamente igual à pressão de serviço recomendada pelo fabricante.

A Tabela 6 mostra a recomendação para classificação de emissores, conforme a variação do coeficiente de variação de fabricação, segundo os padrões desenvolvidos pela Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas (ASAE, 1999).

Tabela 6 – Recomendação para classificação de emissores, conforme a variação do coeficiente de variação de fabricação (Adaptado de ASAE Standard EP405.1, 1999)

Tipo de emissor	CV _f (%)	Classificação
Emissão pontual	<0,05	Bom
	0,05 – 0,10	Média
	0,10 – 0,15	Ruim
	0,15 – 0,20	Inaceitável
	>0,20	Inaceitável
Emissão linear	<0,10	Bom
	0,10 – 0,20	Média
	0,20 – 0,30	Ruim
	>0,30	Inaceitável

2.1.9 Uniformidade de distribuição de água

De acordo com Boman (1989) a uniformidade de distribuição de água é um indicador da variação das taxas de aplicação. O excesso de água aplicada aos solos, resulta em percolação de água e lixiviação de nutrientes para as camadas fora da zona radicular. Altos valores de uniformidade são especialmente desejáveis para a prática de fertirrigação, visto a eficiência de distribuição de nutrientes acompanharem a uniformidade de distribuição de água. Desta forma a UD é essencial para a obtenção da máxima produtividade das culturas e está diretamente relacionada ao entupimento e variações do processo de fabricação dos emissores entre outros fatores, em especial dos gotejadores (MERRIAM; KELLER, 1978).

Para se determinar a uniformidade de distribuição de água em linhas de gotejamento. Merriam e Keller (1978) propuseram um método de obtenção da uniformidade de emissão (UE), ou uniformidade de distribuição (UD) dada pela relação entre a vazão média dos 25% menores valores e a média de todas as vazões dos gotejadores ensaiados.

$$UD = 100 \left(\frac{q_{25\%}}{q_m} \right) \quad (2.2)$$

em que:

UD – uniformidade de distribuição; %

$q_{25\%}$ - vazão média do menor quartil; e

q_m – média de todas as vazões.

Existem outras metodologias para a determinação da uniformidade de distribuição, como a proposta por Bralts et al. (1987), fundamentada no coeficiente de uniformidade estatístico, conforme a Equação 2.3.

$$Us = \left(1 - \frac{s_q}{\bar{q}} \right) 100 \quad (2.3)$$

em que:

Us – uniformidade estatística (%);

s_q – desvio padrão da vazão dos gotejadores, $L h^{-1}$; e

$\bar{q}$ – vazão média do gotejador, $L h^{-1}$.

Tabela 7 – Valores de referencia da UD e Us em % para sistemas de irrigação localizada

Grau de aceitabilidade	UD (%)	Us (%)
Excelente	> 90	100 – 95
Boa	90 – 80	90 – 85
Regular	80 – 70	80 – 75
Ruim	< 60	70 – 65
Inaceitável	-----	< 60

Fonte: Merriam e Keller e ASAE (1996)

Vermeiren e Jobling (1997) e Botrel (1984) destacam que pequenas variações na geometria dos orifícios de saída da água provocam sensíveis diferenças na vazão assumindo, em alguns casos, maior importância que as variações de vazão decorrentes das diferenças de pressão ao longo da linha lateral.

Baixos valores de uniformidade distribuição da vazão podem ser decorrentes de fatores como: diâmetro das tubulações impróprias; pressão de serviço muito alta ou baixa; emissores não apropriados para o sistema projetado; mudanças nos componentes do sistema ou desgaste dos mesmos; mudanças na pressão de saída da bomba e principalmente entupimento dos emissores.

2.2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba-SP, situado nas coordenadas geográficas de 22° 42’ 40,42” de latitude Sul e 47° 37’ 49” de longitude Oeste, a uma altitude de 540m.

O experimento foi conduzido numa bancada, construída em estrutura metálica com as seguintes dimensões: 11,0 m de comprimento, 4,0 m de largura e 5,80 m de altura dividida em três pisos. Cada piso composto de dois módulos independente, o que possibilita a condução de pelo menos quatro ensaios de pesquisa simultâneos nos diferentes módulos (Figura 1).

Figura 1 - Bancada de ensaios destacando o modulo onde foi realizado o experimento

Os ensaios constituíram-se de três fases, desta forma, os gotejadores foram submetidos a três séries de tratamentos, a primeira com 936 horas de aplicação, a segunda com 288 horas de aplicação e a terceira série de tratamentos também com 288 horas de aplicação, totalizando 1512 horas de aplicação acumulada de avaliação para cada modelo de tubo gotejador.

Na primeira fase avaliou-se a suscetibilidade dos tubos gotejadores ao entupimento quando submetidos à aplicação de cloreto de potássio branco e vermelho (Fertibras), aplicados via duas qualidades de água: uma proveniente do lago artificial do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, utilizada para o abastecimento dos reservatórios 01 e 02 e água tratada (água do Laboratório), proveniente da estação de tratamento de água da ESALQ/USP – Rio Piracicaba, SP, utilizada para o abastecimento dos reservatórios 03 e 04. A combinação do fator A (tipo de cloreto de potássio) *versus* o fator B (qualidade de água), resultou nos quatro tratamentos aplicados.

Denominação dos tratamentos aplicados na primeira fase:

- T1: Água do lago x cloreto de potássio branco → T1-Lg/B
- T2: Água do lago x cloreto de potássio vermelho → T2-Lg/V
- T3: Água do laboratório x cloreto de potássio branco → T3-Lb/B
- T4: Água do laboratório x cloreto de potássio vermelho → T4-Lb/V

Na segunda fase foram adicionadas partículas sólidas (solo) às soluções dos tratamentos 1 (T1-Lg/B) e 2 (T2-Lg/V), mantendo a mesma solução do tratamento 3 (T3-Lb/B) e adicionado sulfato de ferro à solução do tratamento 4 (T4-Lb/V), passando a serem denominados da seguinte forma:

- T1: Água do lago x cloreto de potássio branco + solo → T1+So
- T2: Água do lago x cloreto de potássio vermelho + solo → T2+So
- T3: Água do laboratório x cloreto de potássio branco → T3-Lb/B
- T4: Água do laboratório x cloreto de potássio vermelho + Sulfato de ferro → T4+Fe

E na terceira fase foi acrescentado hidróxido de ferro às soluções referentes à T1 (T1+So) e T2 (T2+So), mais uma aplicação de uma solução concentrada diretamente nas linhas (tubos gotejadores) sem passar pelo sistema de filtragem. Esta solução concentrada com uma relação de 1:30 (trinta vezes mais), composta pelos mesmos elementos da solução utilizada na irrigação, sendo aplicada após o período de irrigação de 24 horas, e ficando em repouso dentro dos tubos gotejadores por 72 horas, até o reinício do processo de irrigação. Nesta etapa os tratamentos passaram a ser os seguintes:

- T1: T1+So + hidróxido de ferro + solução concentrada, com emissores posicionados para baixo → T1+So+Sc ↓
- T2: T2+So + hidróxido de ferro + solução concentrada, com emissores posicionados para cima → T2+So+Sc ↑
- T3: T1+So + hidróxido de ferro + solução concentrada, com emissores posicionados para cima → T1+So+Sc ↑
- T4: T2+So + hidróxido de ferro + solução concentrada, com emissores posicionados para baixo → T2+So+Sc ↓

Estas alterações dos tratamentos foram realizadas com a finalidade de potencializar o risco de entupimento dos tubos gotejadores, submetendo-os as condições mais críticas de qualidade de água, simulando três condições diferentes, procurando submeter os tubos gotejadores a uma condição extrema.

2.2.1 Descrição da estrutura experimental e funcionamento do sistema

O experimento foi instalado e desenvolvido no modulo quatro, como mostra a Figura 1. Neste, foram alocados dois quadros de estrutura metálica (metalon), um em cada extremidade do modulo, composto de sete níveis cada, distanciados 0,15 m de altura em relação ao outro, com a função de permitir a sustentação dos tubos gotejadores. Ao longo do modulo (entre os quadros), foram parafusados 15 dispositivos de metal similares às dimensões dos quadros, para sustentação dos tubos gotejadores, mantendo-as em nível. As barras de metal dos dispositivos foram colocadas dentro de tubos de PVC para evitar corrosão, em função do nível de salinidade da solução.

Para a fixação dos tubos gotejadores nos quadros em estrutura metálica em cada extremidade do modulo, foram utilizadas conexões de PVC (registro esfera roscável de $\frac{1}{2}$ e adaptador polietileno), que permitiram um controle individual de entrada e saída da solução em cada linha (ou parcela experimental subdividida). Além disso, foram instalados registros soldáveis de $\frac{3}{4}$ ", para o controle e manejo das aplicações, reunindo todas as parcelas pertencentes ao mesmo tratamento em uma única unidade de aplicação, ou seja, um total de quatro unidades. Na linha de recalque foi instalado um registro de gaveta para regular a pressão de operação do sistema.

À entrada de cada nível, instalou-se uma tomada de pressão, permitindo o ajuste da pressão de serviço no início de cada tubo gotejador durante os ensaios de vazão, e quando necessário ajustada àquela preestabelecida. Para a medição e monitoramento da pressão de serviço, foi utilizado um manômetro com faixa de leitura de 0 – 700 kPa, calibrado previamente por um manômetro de peso morto.

O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por duas motobombas centrífugas da marca KSB, modelo KSB Hydrobloc C 750, sendo cada conjunto motobomba específico para a aplicação de uma determinada qualidade de água (Figura 2a). A operação de funcionamento das bombas, quanto ao horário de início e término de cada ciclo de aplicação, foi realizado manualmente, obedecendo aos horários de início, duração de aplicação e ensaio de vazão. Para evitar a entrada de partículas em suspensão no sistema, com tamanho superior ao diâmetro dos emissores, foi utilizado um filtro de disco de 120 mesh / Amiad (Figura 2b), com capacidade para $15 \text{ m}^3/\text{h}^{-1}$ de vazão.

Figura 2 – Motobombas centrífugas e filtro de disco de 120 mesh/Amiad, utilizado no sistema de irrigação do experimento

Para o preparo e armazenamento das soluções, utilizaram-se caixas de amianto de 1 m³ de capacidade. As caixas foram conectadas as bombas por meio de uma sucção de 0,06 m de diâmetro, através de um adaptador de caixa d'água. Cada bomba foi interligada a duas caixas e o bombeamento de cada solução foi controlado por um registro de esfera de 0,06 m, instalado na extremidade da sucção dentro da caixa, permitindo o bombeamento de apenas uma solução por vez.

Conduziu-se o experimento durante um período de 1 ano, com 1512 horas acumuladas de aplicação de cada tratamento. O procedimento de aplicação consistiu de 21 etapas, sendo cada etapa composta de 6 ciclos. No manejo de cada ciclo, os tratamentos permaneciam 12 horas em aplicação contínua e 36 horas em repouso. Ao final de uma etapa, cada unidade de aplicação ou tratamento, acumulou um total de 72 horas de aplicação dos respectivos tratamentos e 216 horas de repouso.

A aplicação das soluções consistiu de um sistema fechado, ou seja, um processo de recirculação da solução. Para isso, foi instalado um sistema de captação da solução gotejada. O sistema de recolhimento foi composto por dois conjuntos de telhas de aço zincado, colocadas abaixo dos tubos com uma inclinação de 3 %, que conduzia a solução gotejada para uma calha de aço zincado, localizada no centro do módulo. A partir desta calha a solução retornava para a respectiva caixa de captação, através de um conjunto de tubos PVC de 0,1 m. Além disso, foram instalados rufos nas margens das telhas, com 0,3 m de altura e cortinas de plásticos para evitar

perdas de solução provocadas pelos respingos, gerados pelo impacto das gotas na superfície da telha.

O sistema permanecia desligado por um dia após o ensaio de vazão, utilizado para fazer limpeza dos filtros, preparo das novas soluções, reparos e manutenção do sistema. Em razão do nível considerável de sal da solução utilizada, ocorreram outras interrupções no funcionamento, pois parte da estrutura foi danificada antes do término dos ensaios, sendo necessário fazer uma reforma, realizada entre os dias 10 e 24 do mês de janeiro de 2007 e conserto das bombas hidráulicas, que tiveram sua estrutura de bombeamento comprometida.

Em razão disso, a calha de captação foi revestida de fibra de vidro, as telhas que já tinham recebido pintura eletrostática e demais estruturas de metal foram protegidas por plástico para evitar novos danos provocados pelas corrosões.

2.2.2 Modelos de gotejadores utilizados nos ensaios

Foram selecionados 20 modelos de gotejadores (autocompensantes e convencionais) existentes no mercado, buscando utilizar os mais comercializados em todo país, uma vez que existe variação entre as diferentes regiões e as culturas na quais estes emissores são utilizados.

Assim, buscou-se utilizar o maior número possível de modelos, selecionando gotejadores do tipo planos, cilíndricos, inseridos e moldados, abrangendo uma amostra o mais representativa possível de emissores existentes no mercado, provenientes dos diferentes fabricantes de vários países como Espanha, EUA, Israel e Brasil. No entanto, alguns emissores não foram colocados em estudo em razão da dificuldade de aquisição. Na tabela 8 estão discriminados os modelos de gotejadores utilizados, juntamente com suas especificações técnicas e respectivos fabricantes.

O espaçamento entre emissores, a vazão e as demais características técnicas dos tubos gotejadores foram mantidas conforme a disponibilidade comercial, evitando alterar o espaçamento original de cada tubo gotejador. De acordo com Resende (1999), a manutenção das características originais de fábrica é apropriada para reduzir erros e representar melhor a condição real do sistema de irrigação no campo.

Tabela 8 – Características técnicas dos diferentes modelos de tubos gotejadores de acordo com os fabricantes: vazão, diâmetro interno (Di), pressão de serviço (PS) e sistema de funcionamento

Fabricante	Modelo	Vazão L/h ⁻¹	Di mm	PS kPa	Sistema de funcionamento
Netafim	Ram	1,6	16	50 - 400	Autocompensante
Netafim	Ram	2,2	16	50 - 400	Autocompensante
Netafim	Uniram	1,6	16	50 - 400	Autocompensante
Netafim	Dripnet PC	1,6	16	50 - 400	Autocompensante
Netafim	Tiran	2,2	16	300	Convencional
Netafim	Super Typhoon	2	16	50-200	Convencional
Toro Ag	Drip In PC	2,5	17	100 - 350	Autocompensante
Plastro	Hydrogol	2	15	80	Convencional
Plastro	Hydro Pc	2,2	17	80 - 350	Autocompensante
Plastro	Hydro Pc Nd	2,35	16	80 - 350	Autocompensante
Plastro	Hydro Drip	2	16	100	Autocompensante
Naan	Naan PC	2,1	16	100 -350	Autocompensante
Naan	Naan PC	3,8	16	40-300	Autocompensante
Naan	Naan Paz	1,7	17	100-300	Convencional
Naan	Naan Tif PC	1	16	100 - 400	Convencional
Amanco	Amancodrip PC	2,3	16	100-400	Convencional
Amanco	Amancodrip AC	2,3	17	100	Autocompensante
Petroísa	Petro drip	1,5	16	75-200	Convencional
Azud	Azud Line	1,4	17	100 - 350	Convencional
Irrimon	Twin Plus	1,8	17,5	100 - 350	Autocompensante
Irrimon	Vip Line	3,6	16	100 - 350	Autocompensante
Irrimon	Irridrip Plus	2,5	16	100 - 350	Autocompensante

Em razão da não existência de uma norma específica para ensaios de entupimento de gotejadores, conforme as normas técnicas (ISO, ASAE e ABNT), os modelos de tubos gotejadores utilizados nos ensaios tiveram seus nomes comerciais codificados como forma de evitar especulações comerciais. Assim os modelos foram codificados em números (A1-gotejador autocompensante modelo X e C1 - gotejador convencional modelo Y), de forma aleatória, não apresentando nenhuma relação com o nome dos produtos apresentados na Tabela 8.

2.2.3 Parâmetros analisados e procedimentos utilizados para determinação

Para comparação dos tratamentos analisados foi realizado o monitoramento da vazão dos gotejadores (l/h), do coeficiente de variação de vazão (%), da uniformidade de distribuição (%), da vazão relativa (%) e do grau de entupimento (%).

Após a montagem do experimento, todo o sistema hidráulico foi colocado em operação por um período de 72 horas antes do início das avaliações, com a finalidade de promover a estabilização de funcionamento dos gotejadores. Durante este período foram selecionados aleatoriamente 40 gotejadores para cada tipo de emissor, 10 para cada tratamento aplicado, onde cada gotejador representa uma repetição. Os mesmos foram identificados com fita adesiva colorida, para monitoramento dos mesmos durante todo experimento. Passado este período, realizou-se uma leitura de vazão de todos os gotejadores selecionados, a uma temperatura ambiente de (25 °C) e pressão de 150 kPa no início da linha, com a finalidade de se obter uma caracterização inicial dos gotejadores (vazão de referência), utilizada como base para os cálculos dos parâmetros analisados.

Iniciado o trabalho de aplicação dos tratamentos, os ensaios de vazão para o monitoramento dos gotejadores eram realizados a cada 72 h acumuladas de aplicação do respectivo tratamento. As aplicações foram divididas em 6 ciclos, sendo cada um com 12 horas de aplicação contínua e 36 horas de repouso entre cada aplicação, ou seja, a cada 48 h completava-se um ciclo e ao final de uma etapa de aplicação de 13 dias realizava-se a avaliação da vazão dos gotejadores. O décimo quarto dia era utilizado para fazer a manutenção do sistema (limpeza de filtro, reservatórios e etc.) e renovação das soluções.

Figura 3 – Coletores plásticos, enumerados de 1 a 10 (A) e balança de precisão e cronômetro digital (B)

Para os ensaios de vazão foram utilizados os seguintes materiais: coletores (recipientes plásticos com capacidade para 0,9 L), enumerados de 1 a 10 (Figura 3a); balança certificada (OHAUS) com precisão de 0,01 g e e cronômetro digital (Figura 3b); placas de PVC expandido; bandejas plásticas para recolhimento dos coletores.

O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu da pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa (+/- 5 kPa) no início da linha, posicionamento dos coletores sob os respectivos gotejadores com 3 segundos de defasagem e retirada dos coletores com a mesma sequência e defasagem de tempo após 5 minutos de coleta.

Para posicionamento dos coletores sob os tubos gotejadores foram utilizadas placas de PVC com 0,003 m de espessura, 0,20 m de largura por 0,40 m de comprimento, apoiadas sobre a telha de recolhimento de água (para a leitura do primeiro nível) e posteriormente apoiadas sobre os próprios tubos gotejadores para leitura dos níveis acima.

Após a coleta, os recipientes eram levados para uma bancada onde realizava-se as pesagens dos volumes, utilizando-se o método gravimétrico.

Depois da aquisição dos dados (peso coletado para cada gotejador), efetuaram-se os cálculos para determinação dos seguintes parâmetros: vazão média dos gotejadores ($l\ h^{-1}$), coeficiente de variação de vazão (%), uniformidade de distribuição (%) e grau de entupimento (%), pelas equações 2.4 a 2.11.

$$q_{novo} = \frac{P}{1000 t \gamma} 60 \quad (2.4)$$

em que:

q_{novo} – vazão do gotejador novo (leitura de referência), L h⁻¹;

P – peso da água coletada, g;

t – tempo de coleta, min; e

γ – peso específico da água utilizada no ensaio (o valor médio utilizado para conversão da água para 25 °C, foi de 0,997)

$$q_{usado} = \frac{P}{1000 t \gamma} 60 \quad (2.5)$$

em que:

q_{usado} – vazão do gotejador usado (leituras de monitoramento), L h⁻¹;

$$\bar{q}_{novo} = \frac{\sum q_{got}}{N} \quad (2.6)$$

em que:

q_{novo} – vazão média do gotejador novo (leitura de referência), L h⁻¹;

q_{got} – vazão dos gotejadores selecionados, L h⁻¹; e

N – número de emissores avaliados.

$$CV_f = \frac{S_{novo}}{q_{novo}} 100 \quad (2.7)$$

em que:

CV_f – coeficiente de variação de fabricação, %;

S_{novo} – desvio padrão da vazão dos gotejadores novos (primeira leitura), L h⁻¹; e

$$CV_q = \frac{S_{usado}}{q_{usado}} 100 \quad (2.8)$$

em que:

CV_q – coeficiente de variação da vazão, %;

S_{usado} – desvio padrão da vazão dos gotejadores usados, $L h^{-1}$; e

q_{usado} – vazão média do gotejador usado, $L h^{-1}$.

$$UD = \frac{q_{25\%}}{q_{média}} 100 \quad (2.9)$$

em que:

UD – uniformidade de distribuição, %;

$q_{25\%}$ - vazão média de $\frac{1}{4}$ dos menores valores (3 gotejadores), $L h^{-1}$; e

$q_{média}$ – vazão média, $L h^{-1}$.

$$Qr = \left(\frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) 100 \quad (2.10)$$

em que:

Qr – vazão relativa, %;

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) 100 \quad (2.11)$$

em que:

GE – grau de entupimento, %;

2.2.4 Água utilizada no experimento

Os tratamentos consistiram na aplicação de água com 2 qualidades distintas visando submeter os gotejadores a diferentes condições de operação, uma vez que o problema de entupimento em sistema de irrigação localizada esta diretamente ligado à qualidade da água.

Portanto foi utilizada uma água tratada (água do Laboratório), proveniente da estação de tratamento de água da ESALQ/USP – Piracicaba, SP, utilizada para abastecer os reservatórios 3 e 4 e a outra sem tratamento algum (água do lago), proveniente do rio Piracicaba, utilizada para abastecer os reservatórios 1 e 2. As características físico-químicas das duas águas encontram-se na Tabela 9.

A água dos reservatórios foi renovada a cada etapa, ou seja, com 72 horas de aplicação da solução realizava-se um ensaio de vazão e depois preparava-se uma nova solução. Este procedimento foi adotado como forma de minimizar alterações na solução, mantendo as características desejadas de cada tratamento.

Para verificação das características físico-químicas da solução ao final da primeira fase (água do lago / cloreto de potássio Branco - T1-Lg/B; água do lago / cloreto de potássio vermelho - T2-Lg/V; água do laboratório / cloreto de potássio Branco - T3-Lb/B; água do laboratório / cloreto de potássio vermelho - T4-Lb/V), foi realizada uma análise das respectivas soluções (Tabela 10).

Tabela 9 – Característica físico-química e biológica da água utilizada para preparo das soluções:
água do lago e água do laboratório (estação de tratamento)

PARÂMETRO	Unid.	Resultado	
		Água do lago	Água do laboratório
Alcalinidade ($2\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)	mg L ⁻¹	88,4	35,8
Cloreto (Cl ⁻)	mg L ⁻¹	19,0	33,9
Nitrato (N-NO ₃)	mg L ⁻¹	0,6	20,5
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg L ⁻¹	12,1	149,3
Fósforo (P)	mg L ⁻¹	0,14	0,05
Nitrogênio Amoniacal (N - NH ₃)	mg L ⁻¹	1,1	0,11
Sódio (Na ⁺)	mg L ⁻¹	24,0	44,0
Potássio (K ⁺)	mg L ⁻¹	6,3	7,1
Cálcio (Ca ²⁺)	mg L ⁻¹	17,5	33,2
Magnésio (Mg ²⁺)	mg L ⁻¹	3,7	9,2
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	0,75	0
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	0	0,01
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0,04	0,09
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	0,17	1,14
Cor Aparente	PtCo	230	4
Turbidez	FTU	48	4
Sedimentos em suspensão	mg L ⁻¹	25,0	6,0
Condutividade elétrica (CE)	mS cm ⁻¹	0,18	0,37
pH		7,4	7,5
Gás Carbônico (CO ₂)	mg L ⁻¹	5,3	1,9
Acidez (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	33,0	6,5
Dureza Total* (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	58,7	120,6
Coliformes totais/100mL	NMP/100mL	1,3x10 ³	
Coliformes termotolerantes/100mL	NMP/100mL	9,2x10 ²	

* Dureza Total calculado com base no equivalente de Carbonato de cálcio (CaCO₃) segundo Franson (1995): 2,497 [Ca, mg L⁻¹] + 4,118 [Mg, mg L⁻¹]. Franson, M.A.H. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, 19^o. Edição, 1995. Metodologia para coliformes totais e coliformes termotolerantes foram tubos múltiplos de NMP de coliformes totais e termotolerantes do Standard Methods for the Examination of Water and wastewater.

Tabela 10 - Características físico-químicas da solução aplicada nos tratamentos: T1 (água do lago / cloreto de potássio branco), T2 (água do lago / cloreto de potássio vermelho), T3 (água do laboratório / cloreto de potássio branco) e T4 (água do laboratório / cloreto de Potássio vermelho), após a primeira fase

PARÂMETRO	Unid.	Resultado			
		Lg/KCl B	Lg/KCl V	Lb/KCl B	Lb/KCl V
Alcalinidade ($2\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)	mg L ⁻¹	107,4	120,0	49,8	54,0
Cloreto (Cl^-)	mg L ⁻¹	542,1	549,8	478,7	517,6
Nitrato (N-NO_3)	mg L ⁻¹	11,7	9,6	8,6	9,1
Sulfato (SO_4^{2-})	mg L ⁻¹	36,6	33,7	91,4	96,3
Fósforo (P)	mg L ⁻¹	1,11	0,86	0,65	0,59
Nitrogênio Amoniacal (N - NH_3)	mg L ⁻¹	0,1	0,1	0,1	0,2
Sódio (Na^+)	mg L ⁻¹	60,0	49,5	52,5	61,5
Potássio (K^+)	mg L ⁻¹	392,0	376,0	280,0	384,0
Cálcio (Ca^{2+})	mg L ⁻¹	42,7	43,3	50,2	55,2
Magnésio (Mg^{2+})	mg L ⁻¹	4,0	3,7	3,4	3,4
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	0,25	0,30	0,15	0,21
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	0,01	0,01	0	0,01
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0	0	0	0
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	0,18	0,17	0,12	0,16
or Aparente	PtCo	0	0	0	0
Turbidez	FTU	0	0	0	0
Sedimentos em suspensão	mg L ⁻¹	16,7	25,3	14,3	24,3
Condutividade elétrica (CE)	mS cm ⁻¹	1,25	1,30	1,10	1,20
pH		8,1	8,1	7,6	7,7
Gás Carbônico (CO_2)	mg L ⁻¹	1,5	1,4	1,9	1,8
Acidez (CaCO_3)	mg L ⁻¹	3,0	2,5	12,3	12,8
Dureza Total* (CaCO_3)	mg L ⁻¹	123,0	123,5	139,4	151,7

* Dureza Total calculado com base no equivalente de Carbonato de cálcio (CaCO_3) segundo Franson (1995): $2,497 [\text{Ca}, \text{mg L}^{-1}] + 4,118 [\text{Mg}, \text{mg L}^{-1}]$. Franson, M.A.H. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, 19o. Edição, 1995.

2.2.5 Concentração de KCL e preparo das soluções

Em razão da falta de estudos anteriores relacionados a entupimento de gotejadores provocado pela aplicação de Cloreto de potássio, adotou-se como critério para a concentração inicial da solução um nível de salinidade, com uma condutividade elétrica de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ da solução utilizada nas aplicações. Para determinar essa concentração do produto a ser adicionada

na água de irrigação foi realizado um teste em laboratório. A partir deste valor foi determinada a quantidade de produto comercial a ser adicionada no reservatório com 800 l de água.

Esta primeira solução foi aplicada até completar 936 horas, que representa a primeira fase do experimento. Deste momento até completar às 1224 horas de aplicação (segunda fase), passou-se a aplicar sólidos em suspensão (partículas de solo) nos tratamentos 1 e 2, acrescentando 1 kg de solo em cada caixa e sulfato de ferro no tratamento 4 a uma concentração de 3 ppm e mantendo a mesma solução no tratamento 3. E na terceira e última fase, utilizou-se as soluções de T1 e T2 aplicadas na segunda fase, acrescentando hidróxido de ferro e aplicação da respectiva solução concentrada diretamente na linha, com uma concentração de 30 vezes mais que a solução utilizada nas irrigações, não passando pelo sistema de filtragem.

A solução concentrada foi sempre aplicada depois de realizada a irrigação de seu respectivo tratamento, sendo assim esta solução permanecia em repouso dentro da linha de tubo gotejador até a próxima irrigação, que se dava após 72 horas, diferente do manejo adotado na primeira e segunda etapa, onde as irrigações eram realizadas a cada 36 horas de repouso. Esta alteração dos tratamentos foi realizada com a finalidade de verificar o risco de entupimento dos gotejadores, submetendo-os a condições mais críticas de qualidade de água.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Monitoramento de entupimento dos gotejadores convencionais

Os gotejadores convencionais analisados apresentaram desempenhos diversos, provavelmente em função da arquitetura de cada gotejador. Foram observados valores expressivos de entupimento para alguns, enquanto outros, não apresentaram distúrbios expressivos de vazão, com relação à suscetibilidade ao entupimento por aplicação de Cloreto de potássio branco e vermelho, combinados com as diferentes qualidades de água.

2.3.1.1 Primeira fase

Analisando a Figura 4, referente aos valores de entupimento durante a primeira fase (valores de distúrbios de vazão até 936 horas de irrigação), é possível visualizar o desempenho de

todos os gotejadores para os respectivos tratamentos fazendo uma classificação geral dos mesmos quanto a sua suscetibilidade ao entupimento em: baixa, média e alta. Assim os modelos de tubos gotejadores C3, C4 e C7 apresentaram melhor desempenho com valores de entupimento abaixo de 8 % para os diferentes tratamentos, sendo considerados como de baixa suscetibilidade. Os modelos C1 e C2 de modo geral apresentaram desempenho moderado com valores de entupimento entre 10 % e 18 % para a maioria dos tratamentos, podendo ser classificados como de média suscetibilidade. E os modelos C5, C6 e C8 foram os que tiveram o pior desempenho (maior redução de vazão), apresentando valores de entupimento acima de 20 % e chegando a 77 % de redução de vazão, com exceção dos tratamentos T1-Lg/B e T2-Lg/V do modelo C5 que apresentaram valores abaixo de 7,1 %, sendo, portanto, considerados como de alta suscetibilidade ao entupimento.

Figura 4 – Entupimento (%) dos modelos convencionais de tubos gotejadores nos diferentes tratamentos, referente à primeira fase com 936 horas de irrigação

Com relação ao tipo de cloreto de potássio utilizados no ensaio, de maneira geral os valores encontrados não evidenciaram os resultados esperados, em que os tratamentos com aplicação de cloreto de potássio vermelho teoricamente apresentariam menor desempenho com maior porcentagem de entupimento e valores de uniformidade de distribuição inferiores aos dos tratamentos com aplicação de Cloreto de potássio Branco. Neste caso, apenas o modelo C8

apresentou valor mais expressivo de entupimento para o tratamento T2-Lg/V com 77 % de redução de vazão comparado ao tratamento T1-Lg/B com 36,2 % de entupimento, além de não ter apresentado este mesmo comportamento entre os diferentes tipos de cloreto de potássio para os tratamentos aplicados via água do laboratório.

Os Modelos C2 e C3 também apresentaram comportamento semelhante ao C8 com relação ao entupimento dos emissores submetidos ao tratamento T2-Lg/V (cloreto vermelho), com 10 e 6,5 % de entupimento, contra 0,8 e 1,3 % de entupimento para o tratamento T1-Lg/B (cloreto branco), para os respectivos modelos.

O mesmo comportamento foi esperado com relação à qualidade de água, em que a água do lago com presença de matéria orgânica (plâncton) teria maior potencial para provocar distúrbios de vazão nos gotejadores, quando comparada aos tratamentos irrigados com água do laboratório. Mais apenas o modelo C6 apresentou este comportamento, com 59,5 e 52,1 % de entupimento para os tratamentos T1-Lg/B e T2-Lg/ (água do lago), em relação aos tratamentos T3-Lg/B e T4-Lg/ (água do laboratório), com 21,9 e 27,7 % de entupimento.

O modelo C7 apresentou comportamento semelhante aos modelos C3 e C4, com 1,2; 1,5; 2,4 e -1,7 % de entupimento para os tratamentos T1-Lg/B, T2-Lg/V, T3-Lg/B e T4-Lg/V, respectivamente. É importante ressaltar que alguns modelos tiveram redução de vazão e outros apresentaram aumento de vazão. Assim os valores positivos indicam entupimento com redução de vazão e valores negativos indicam entupimento com aumento de vazão (MÉLO, 2006).

Na tabela 11 são apresentados os valores de coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos respectivos modelos.

Tabela 11 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C3, C4 e C7 após 936 horas de irrigação, referente à primeira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		72	360	648	936		72	360	648	936
Modelo C3										
T1-Lg/B	1,9	3,7	1,9	4,7	2,2	97,7	97,0	97,7	94,7	97,9
T2-Lg/V	3,7	1,2	3,0	6,0	3,1	95,8	98,9	96,7	94,1	97,3
T3-Lb/B	1,5	3,3	2,2	2,0	2,6	98,2	96,5	97,2	97,9	97,2
T4-Lb/V	3,4	2,1	2,3	2,0	3,2	96,5	97,8	97,8	97,7	96,5
Modelo C4										
T1-Lg/B	3,1	2,3	3,0	2,5	4,6	96,5	97,3	96,7	97,2	94,5
T2-Lg/V	6,2	3,1	3,3	3,7	3,8	92,4	96,6	96,5	96,3	96,6
T3-Lb/B	2,2	3,6	7,6	3,3	4,1	98,7	96,2	92,3	96,5	95,2
T4-Lb/V	3,5	2,7	3,6	3,1	3,7	95,5	96,7	95,8	96,7	95,9
Modelo C7										
T1-Lg/B	5,8	5,4	5,4	7,1	5,1	94,3	95,3	95,3	92,6	94,9
T2-Lg/V	3,9	3,6	2,8	3,0	3,2	96,0	96,7	97,1	97,1	97,0
T3-Lb/B	6,7	7,0	7,3	12,6	6,4	93,8	93,1	93,3	90,4	93,6
T4-Lb/V	4,0	3,5	4,0	6,2	4,2	96,3	96,6	96,0	93,1	95,3

* L Refer – valores de referencia, calculados a partir da vazão dos gotejadores novos.

O CVf dos modelos de gotejadores após 72 horas de funcionamento do sistema utilizando água tratada variou de 1,5 % (modelo C4) para 6,7 % (modelo C7), podendo ser classificados como excelentes a médios, segundo a classificação de uniformidade de Solomon (1979), em que CVf de até 3 % é considerado excelente; de 4 a 7 % médio; de 8 a 10 % marginal; de 11 a 14 % pobre, e acima de 15 % inaceitável.

Após aplicação dos tratamentos os modelos de gotejadores C3, C4 e C7 apresentaram valores de coeficiente de variação bem aceitáveis, com valores abaixo de 6,4 %, após 936 horas de uso (Tabela 11). A uniformidade de distribuição de água (%) desses gotejadores ficou acima de 90 %, com destaque para o modelo C4, com 97,9; 97,3; 97,2 e 96,5 % para os tratamentos T1-Lg/B, T2-Lg/V, T3-Lg/B e T4-Lg/V, respectivamente, podendo ser classificado como excelente, segundo Solomon (1979).

O gotejador C1 apresentou média suscetibilidade ao entupimento, com uma redução de vazão de 14,4; 14; 13,4 e 15,3 % para os tratamentos T1-Lg/B, T2-Lg/V, T3-Lg/B e T4-Lg/V, respectivamente.

O coeficiente de variação de vazão dos modelos C1 e C2 variaram de 3,1 a 10,4 %, sendo observados valores próximos a 7 % para todos os tratamentos, com exceção do T2-Lg/V para ambos os modelos. Com relação à uniformidade de distribuição foi observado que estes modelos

apresentaram desempenho inferior, com valores em torno de 92 % para a maioria dos tratamentos (Tabelas 12).

Tabela 12 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C1 e C2 após 936 horas de irrigação, referente à primeira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		72	360	648	936		72	360	648	936
Modelo C1										
T1-Lg/B	1,8	1,6	1,6	1,7	10,3	98,6	98,2	98,8	97,9	86,6
T2-Lg/V	1,5	1,0	5,9	1,7	3,1	98,2	98,8	96,9	98,4	97,0
T3-Lb/B	2,5	1,1	2,1	3,1	6,6	97,6	98,9	97,4	96,9	94,4
T4-Lb/V	5,4	0,9	1,0	4,3	7,0	96,3	98,8	98,7	95,1	92,6
Modelo C2										
T1-Lg/B	2,3	1,5	2,7	2,7	10,4	97,7	98,2	97,3	97,4	91,6
T2-Lg/V	2,5	2,8	2,2	2,6	4,9	97,0	96,8	97,7	97,4	94,2
T3-Lb/B	2,3	4,2	2,8	4,3	6,8	98,1	95,1	97,2	94,8	92,2
T4-Lb/V	1,8	1,3	1,5	4,6	6,6	97,8	98,7	98,3	95,0	92,3

O pior desempenho foi observado para os modelos convencionais C5, C6 e C8 que mostraram elevada suscetibilidade ao entupimento, sendo que o modelo C8 foi o mais afetado, com redução de vazão de 36,2; 77; 66,7 e 54,6 % de entupimento para os tratamentos T1-Lg/B, T2-Lg/V, T3-Lg/B e T4-Lg/V, respectivamente.

Analisando a Tabela 13 observa-se que estes modelos atingiram valores inadequados de coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição para utilização na irrigação por gotejamento, após 936 horas de aplicação dos tratamentos. O modelo C8 com valor mais expressivo de entupimento, atingiu 126,4 % de coeficiente de variação no tratamento T2-Lg/V, com uma uniformidade de distribuição igual a 11,2%. O modelo C5 apesar de apresentar valores significativos de entupimento, manteve uma boa uniformidade de distribuição para os tratamentos T1-Lg/B, T2-Lg/V, sugerindo uma melhor adaptação à irrigação com água de menor qualidade, sendo o único modelo a apresentar tal comportamento. Para os tratamentos T3-Lg/B e T4-Lg/V, o CV foi de 12,8 e 37,4%, e os valores de uniformidade ficaram abaixo de 90%.

Tabela 13 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C5, C6 e C8 após 936 horas de irrigação, referente à primeira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		72	360	648	936		72	360	648	936
Modelo C5										
T1-Lg/B	1,0	0,8	0,8	2,6	6,4	98,9	99,2	99,2	96,6	92,2
T2-Lg/V	1,6	5,5	0,3	1,8	2,8	98,2	96,7	99,8	98,2	97,0
T3-Lb/B	2,2	1,1	4,5	14,5	37,4	97,9	98,8	94,6	83,3	55,5
T4-Lb/V	1,3	1,2	2,5	3,5	12,8	98,5	98,5	97,1	95,8	88,2
Modelo C6										
T1-Lg/B	5,3	7,8	13,4	12,5	46,4	95,0	90,4	84,0	84,4	53,2
T2-Lg/V	4,5	30,6	26,4	8,1	22,8	95,4	80,7	84,0	90,4	75,1
T3-Lb/B	3,4	3,0	2,7	8,5	12,9	95,9	96,1	97,3	90,1	83,4
T4-Lb/V	4,2	4,8	4,5	8,4	12,6	96,1	95,1	95,4	90,6	83,9
Modelo C8										
T1-Lg/B	3,4	3,6	12,6	13,9	52,4	95,9	95,3	86,5	85,6	37,0
T2-Lg/V	16,5	12,8	56,7	74,3	126,4	89,3	92,5	34,5	12,8	11,2
T3-Lb/B	4,7	4,7	21,9	103,0	102,6	95,3	95,2	74,5	28,4	5,5
T4-Lb/V	6,4	3,9	9,3	15,9	59,6	93,1	95,2	88,8	81,7	31,0

2.3.1.2 Segunda fase

Os modelos de gotejadores nessa fase apresentaram níveis de entupimento próximos aos valores observados ao final da primeira fase (Figura 5). Os modelos C1, C2 e C6 apresentaram redução do entupimento para todos os tratamentos, com exceção do tratamento T1+So do modelo C2, que teve sua vazão reduzida em 2,5 %. No entanto, foram os únicos modelos de gotejadores que não apresentaram redução de vazão para os tratamentos T1+So e T2+So como era esperado. Já os modelos C3, C4 e C8 apresentaram redução de vazão em todos os tratamentos. Os modelos C5 e C7 apresentaram entupimento com redução de vazão nos tratamentos T1+So e T2+So, com 30,3 e 10,3 % para o modelo C5 e com 60,7 e 24,1 % para o modelo C7, enquanto que nos tratamentos T3-Lb/B e T4+Fe ocorreu uma recuperação de vazão quando comparado com os valores finais da primeira fase, com -2 e -3,2 % para o modelo C5 e -1,3 e -0,8 % para o C7 nos tratamentos T3-Lb/B e T4+Fe, respectivamente.

Figura 5 – Entupimento (%) dos modelos convencionais de tubos gotejadores nos diferentes tratamentos, referente à segunda fase com 288 horas de irrigação em sequência a primeira fase

Assim os modelos de tubos gotejadores C3, C4 e C7 mantiveram o melhor desempenho após incremento do potencial de entupimento, com adição de sólidos à água de irrigação, mantendo o entupimento a níveis aceitáveis.

Os valores de coeficientes de variação de vazão desses modelos ficaram abaixo de 7% após 288 horas de irrigação com os novos tratamentos, com classificação de desempenho considerado como excelente a médio. O modelo C7 apresentou 6,2; 3; 71,1 2 e 4,4% de CV para os tratamentos T1+So, T2+So, T3-Lb/B e T4+Fe, respectivamente. Verificou-se que os modelos apresentaram uma pequena redução dos índices de uniformidade de distribuição de vazão numa intensidade diferenciada, conforme a Tabela 14, mais se manteve acima de 90%, podendo ser classificados como excelente.

Tabela 14 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C3, C4 e C7 após 288 horas de irrigação, referente à segunda fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	1008	1080	1152	1224	0	1008	1080	1152	1224
Modelo C3										
T1+So	1,9	1,8	1,9	1,9	2,5	97,7	98,0	97,6	97,8	97,0
T2+So	3,7	2,1	2,7	2,0	2,7	95,8	97,9	97,5	97,8	97,5
T3	1,5	4,1	5,1	4,8	5,5	98,2	95,4	94,4	94,5	93,5
T4+Fe	3,4	3,6	3,9	3,0	3,9	96,5	95,5	95,3	96,4	95,2
Modelo C4										
T1+So	3,1	2,7	2,5	2,7	2,8	96,5	97,2	97,1	96,9	97,3
T2+So	6,2	3,6	3,5	4,7	4,1	92,4	96,7	96,4	96,4	96,0
T3	2,2	6,1	3,1	5,7	4,3	98,7	93,4	97,7	93,3	96,3
T4+Fe	3,5	3,4	2,9	2,8	2,7	95,5	95,8	96,4	96,7	96,5
Modelo C7										
T1+So	5,8	6,2	7,4	6,8	6,2	94,3	93,6	93,2	93,9	94,2
T2+So	3,9	3,0	3,5	3,3	3,0	96,0	97,0	95,9	96,5	96,7
T3	6,7	7,2	6,9	6,3	7,1	93,8	93,2	93,9	94,7	92,5
T4+Fe	4,0	4,7	3,9	7,1	4,4	96,3	94,8	95,4	92,9	95,5

Os modelos C1 e C2 de modo geral apresentaram desempenho moderado com valores de entupimento entre 8,5 % e 14,7 % para a maioria dos tratamentos, sendo que os tratamentos T1+So e T2+So apresentaram baixos valores de entupimento, com 3,2 e 1,3 % para os respectivos tratamentos. Na Tabela 15 estão os valores de CV % e UD% destes modelos para os diferentes tratamentos.

Tabela 15 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C1 e C2 após 288 horas de irrigação, referente à segunda fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	1008	1080	1152	1224	0	1008	1080	1152	1224
Modelo C1										
T1+So	1,8	9,4	11,2	10,1	8,2	98,6	88,9	87,0	87,5	88,9
T2+So	1,5	4,0	4,0	2,7	2,3	98,2	95,8	95,2	97,0	97,3
T3	2,5	7,0	7,0	5,9	5,5	97,6	93,2	92,6	93,4	93,3
T4+Fe	5,4	7,5	8,3	14,7	7,9	96,3	90,6	90,7	88,4	91,6
Modelo C2										
T1+So	2,3	6,1	6,3	5,9	6,9	97,7	92,8	92,3	92,6	92,4
T2+So	2,5	8,4	6,0	3,7	4,5	97,0	92,3	92,8	95,3	94,8
T3	2,3	7,0	6,1	9,1	9,9	98,1	92,3	93,5	92,1	89,4
T4+Fe	1,8	4,6	5,4	7,2	7,0	97,8	94,9	93,6	91,7	91,9

Os modelos C5, C6 e C8 foram os que tiveram o pior desempenho, assim como na primeira fase (maior redução de vazão), apresentando valores expressivos de entupimento, acima de 20 % e chegando a 77 % de redução de vazão, com exceção do tratamento T2-Lg/V do modelo C5 que teve 8,2 % e do tratamento T4+Fe do modelo C6 com 13,5 %, mais que ainda assim, são valores consideráveis de entupimento comparado aos modelos de melhor desempenho.

Analisando outros parâmetros pela Tabela 16, observou-se que os modelos C5, C6 e C8 foram os modelos que evidenciaram mais suscetibilidade aos tratamentos, apresentando valores de uniformidade de distribuição abaixo de 82 %, que leva-os a condição de inaceitável segundo a classificação de uniformidade de Solomon (1979). O modelo C8 apresentou a maior suscetibilidade ao entupimento, com redução de vazão superior 38 % para todos os tratamentos aplicados, atingindo uma condição extrema, com valores de UD de 0 %, ou seja, entre os emissores avaliados, pelo menos 25 % apresentaram 100 % de entupimento. O CV destes modelos de gotejadores após 288 horas de funcionamento do sistema, ajuda a explicar o desempenho negativo, que variou de 13,7 a 159,7 %, com exceção de dois tratamentos mencionados anteriormente, podendo ser classificados como pobre a inaceitável, segundo a classificação de uniformidade de Solomon (1979).

Tabela 16 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C5, C6 e C8 após 288 horas de irrigação, referente à segunda fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	1008	1080	1152	1224	0	1008	1080	1152	1224
Modelo C5										
T1+So	1,0	8,2	10,2	11,4	26,6	98,9	89,6	87,2	86,6	74,6
T2+So	1,6	3,8	3,7	3,3	3,1	98,2	96,0	96,0	96,5	96,8
T3	2,2	40,4	33,3	40,6	38,3	97,9	52,1	61,3	55,2	46,3
T4+Fe	1,3	12,4	18,5	11,7	13,7	98,5	88,8	80,6	88,3	87,0
Modelo C6										
T1+So	5,3	51,2	49,5	48,3	45,8	95,0	47,5	44,8	50,8	52,9
T2+So	4,5	27,1	18,6	13,5	16,7	95,4	75,8	80,8	86,6	81,5
T3	3,4	16,0	12,4	14,8	15,9	95,9	81,6	84,2	82,9	81,5
T4+Fe	4,2	15,1	12,7	13,6	7,1	96,1	81,4	84,3	82,0	92,2
Modelo C8										
T1+So	3,4	66,4	62,3	59,4	44,0	95,9	18,9	23,9	24,7	47,1
T2+So	16,5	159,9	157,9	154,8	159,7	89,3	0,0	0,0	1,3	0,0
T3	4,7	102,3	93,6	135,6	116,5	95,3	0,1	0,2	0,4	0,0
T4+Fe	6,4	51,1	46,9	69,6	86,9	93,1	43,4	52,5	24,2	10,9

2.3.1.1 Terceira fase

Fazendo uma análise dos diferentes modelos durante a terceira fase, ou seja, os valores de distúrbio de vazão após 288 horas de irrigação, é possível observar que em geral os gotejadores são mais suscetíveis ao entupimento, quando o orifício do emissor está posicionado para baixo, juntamente com partículas em suspensão no interior dos tubos. Na Figura 6 podemos observar que para a maioria dos modelos, os tratamentos T1+So+Sc e T2+So+Sc ↓ apresentaram redução de vazão, enquanto os tratamentos T1+So+Sc ↑ e T2+So+Sc ↑ recuperaram parte da vazão em alguns modelos, reduzindo o entupimento, evidenciando o comportamento esperado quanto ao posicionamento do emissor.

Nesta fase todos os modelos apresentaram valores expressivos de entupimento em pelo menos um dos tratamentos aplicados. No tratamento T2+So+Sc os valores foram acima de 21,4 % para todos os modelos avaliados, e no tratamento T1+So+Sc ↓ estes valores ficaram acima de 27,8 %, com exceção do modelo C2 e C3 com -1,1 e -2 % , respectivamente. Para os tratamentos T1+So+Sc ↑ e T2+So+Sc ↑ os modelos de tubos gotejadores apresentaram comportamentos variados, mais todos com redução de vazão (Figura 6).

Figura 6 – Entupimento (%) dos modelos convencionais de tubos gotejadores nos diferentes tratamentos, referente à terceira fase com 288 horas de irrigação em sequência a segunda fase

Assim como nas fases anteriores o modelo C8 apresentou valores elevados de entupimento ao final da terceira e última fase com 42,6; 71,9; 72,1 e 37,3 % de entupimento, para os tratamentos T1+So+Sc ↓ , T1+So+Sc ↑ e T2+So+Sc ↑ e T2+So+Sc ↓, respectivamente, sendo o único modelo a apresentar valores mais elevados de entupimento para os tratamentos com orifício dos emissores posicionados para cima, comparados aos dois tratamentos com orifício dos emissores posicionados para baixo. Pela Tabela 17 podemos observar que o CV %, apresentou valores acima de 58 % para os diferentes tratamentos e a UD % atingiu valores nulos, estando todos abaixo de 30 % ao final do período de aplicação dos tratamentos, podendo ser considerado inaceitável segundo a classificação de Solomon (1979).

Já os modelos C4 e C7, que até então tinham apresentado um bom comportamento, e com baixa suscetibilidade ao entupimento, passaram a apresentar valores de entupimento bastante expressivos para os tratamentos T1+So+Sc ↓ e T2+So+Sc ↓. O modelo C7 foi o que mais reduziu a vazão com 60,7 e 70 %, respectivamente (Figura 8). Na Tabela 17 podemos confirmar o baixo desempenho destes modelos a estes tratamentos, com valores significativos de CV % e atingindo valores nulos de UD %, deixando bem evidente a alta suscetibilidade destes materiais ao entupimento, quando submetidos a tais condições.

Tabela 17 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C4, C7 e C8 após 288 horas de irrigação, referente à terceira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade d e Distribuição (%)			
		1296	1368	1440	1512		1296	1368	1440	1512
Modelo C4										
T1+So+Sc ↓	3,1	3,4	36,1	77,1	87,2	96,5	95,9	67,2	0,0	0,0
T2+So+Sc ↑	6,2	5,6	3,6	4,4	5,3	92,4	94,5	96,1	95,4	95,0
T1+So+Sc ↑	2,2	4,4	14,9	3,0	35,0	98,7	95,6	81,4	96,9	72,2
T2+So+Sc ↓	3,5	3,9	35,4	69,4	88,7	95,5	95,3	69,4	0,0	0,0
Modelo C7										
T1+So+Sc ↓	5,8	8,1	68,8	87,0	129,2	94,3	93,3	0,7	0,1	0,0
T2+So+Sc ↑	3,9	3,0	4,7	3,9	7,4	96,0	96,8	94,2	96,8	91,2
T1+So+Sc ↑	6,7	6,0	5,5	7,1	11,8	93,8	94,2	94,6	93,9	88,2
T2+So+Sc ↓	4,0	3,1	53,0	86,6	161,0	96,3	97,0	38,4	0,0	0,0
Modelo C8										
T1+So+Sc ↓	3,4	45,6	44,0	43,2	58,0	95,9	48,3	50,3	51,7	29,0
T2+So+Sc ↑	16,5	160,8	153,1	129,5	129,6	89,3	0,0	2,8	0,0	0,0
T1+So+Sc ↑	4,7	139,5	143,6	133,2	126,6	95,3	0,0	3,2	0,0	0,2
T2+So+Sc ↓	6,4	98,1	92,8	67,0	60,1	93,1	4,4	6,8	23,9	26,5

Comparando os diferentes tratamentos, os modelos C1, C5 e C6 apresentaram comportamento semelhante quanto ao entupimento dos gotejadores, com valores mais elevados para os tratamentos T1+So+Sc ↓ e T2+So+Sc ↓, assim como para os modelos C5 e C6 (Figura 8). Analisando a Tabela 18 verificou-se que estes modelos apresentaram ao final dos tratamentos, valores de CV % variando de 3,9 a 62,6 %, ou seja, para os tratamentos T1+So+Sc ↑ e T2+So+Sc ↑, em que os orifícios dos emissores ficaram posicionados para cima, apresentaram valores mais baixos. O mesmo comportamento foi observado para a UD %, que apresentou uma variação semelhante ao CV, com valores entre 30 e 95,3 %.

Tabela 18 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C1, C5 e C6 após 288 horas de irrigação, referente à terceira fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	1296	1368	1440	1512	0	1296	1368	1440	1512
Modelo C1										
T1+So+Sc ↓	1,8	8,6	6,1	37,2	53,1	98,6	88,7	92,1	62,4	31,1
T2+So+Sc ↑	1,5	2,8	3,7	35,0	35,1	98,2	96,8	96,1	71,8	73,4
T1+So+Sc ↑	2,5	6,5	10,0	14,4	15,3	97,6	92,3	87,5	83,6	83,0
T2+So+Sc ↓	5,4	10,0	7,4	8,0	53,5	96,3	87,4	91,5	90,0	35,4
Modelo C5										
T1+So+Sc ↓	1,0	11,1	7,9	36,5	26,6	98,9	89,5	90,5	65,2	74,6
T2+So+Sc ↑	1,6	5,6	4,1	3,3	3,9	98,2	94,6	95,7	97,2	95,3
T1+So+Sc ↑	2,2	44,2	26,0	6,9	6,5	97,9	38,1	67,5	92,4	93,2
T2+So+Sc ↓	1,3	17,7	17,7	15,5	37,8	98,5	79,8	80,4	83,8	61,0
Modelo C6										
T1+So+Sc ↓	5,3	47,1	47,6	44,2	62,6	95,0	51,7	53,4	53,4	30,0
T2+So+Sc ↑	4,5	15,8	19,9	31,9	38,0	95,4	84,3	76,9	61,9	57,8
T1+So+Sc ↑	3,4	16,2	17,2	37,6	6,7	95,9	78,3	77,5	62,4	91,7
T2+So+Sc ↓	4,2	9,3	4,7	21,8	54,6	96,1	91,6	94,2	80,3	34,6

E para os modelos C2 e C3 os valores de entupimento dos gotejadores apresentaram um comportamento peculiar para o tratamento T1+So+Sc ↓, com valores negativos de entupimento, ou seja, apresentou aumento de vazão com valores superiores à média de referência. Já para o tratamento T2+So+Sc ↓, os modelos apresentaram comportamento esperado, com redução de vazão significativa, apresentando 21,4 e 53,7 % de entupimento, para os respectivos modelos. Os valores de CV % e UD % na Tabela 19, podem confirmar este comportamento dos modelos C2 e C3, com valores aceitáveis de UD % acima de 90 % para os tratamentos T1+So+Sc ↑ e T2+So+Sc ↑.

Tabela 19 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores C2 e C3 após 288 horas de irrigação, referente à terceira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		1296	1368	1440	1512		1296	1368	1440	1512
Modelo C2										
T1+So+Sc ↓	2,3	6,9	3,4	3,4	3,1	97,7	92,6	96,6	95,8	96,7
T2+So+Sc ↑	2,5	4,0	4,5	3,1	2,5	97,0	95,4	94,8	96,5	97,0
T1+So+Sc ↑	2,3	11,0	10,2	6,9	4,2	98,1	87,4	87,5	91,8	95,7
T2+So+Sc ↓	1,8	5,5	5,4	6,6	52,9	97,8	93,0	93,7	92,9	38,6
Modelo C3										
T1+So+Sc ↓	1,9	2,2	1,7	35,8	3,9	97,7	97,5	98,3	65,8	97,4
T2+So+Sc ↑	3,7	2,5	4,5	15,8	3,2	95,8	97,2	95,7	93,0	96,8
T1+So+Sc ↑	1,5	4,2	6,0	7,9	36,2	98,2	94,8	93,1	90,8	65,6
T2+So+Sc ↓	3,4	3,2	6,5	3,6	54,7	96,5	96,4	92,3	96,5	38,3

Nesta etapa do trabalho podemos verificar uma instabilidade significativa de alguns modelos, apresentando uma flutuação inesperada dos parâmetros analisados, como por exemplo, os modelos C2 e C3, em que os resultados contradizem com as hipóteses esperadas.

2.3.2 Monitoramento do entupimento dos tubos gotejadores autocompensantes

Os modelos de gotejadores autocompensantes apresentaram também desempenho variáveis quanto a suscetibilidade ao entupimento no decorrer das três etapas analisadas, desde modelos com excelente desempenho a modelos de baixa performance, apresentando valores de redução de vazão inaceitáveis ou impróprios para sistemas de irrigação por gotejamento. A variação de desempenho operacional dos emissores está correlacionada com a arquitetura de cada gotejador: comprimento, formato e dimensões. Foram observados valores expressivos de entupimento para alguns, enquanto outros, não apresentaram distúrbios expressivos de vazão, com relação à suscetibilidade ao entupimento por aplicação de cloreto de potássio branco e vermelho, combinados com as diferentes qualidades de água (ausência ou presença de fitoplâncton).

2.3.2.1 Primeira Fase

Pela Figura 7 referente aos valores de entupimento durante a primeira fase (valores de distúrbios de vazão até 936 horas de irrigação), é possível visualizar o desempenho de todos os gotejadores para os respectivos tratamentos fazendo uma classificação geral dos mesmos quanto a sua suscetibilidade ao entupimento em: baixa, média e alta. Os modelos de tubos gotejadores autocompensantes apresentaram valores de entupimento variáveis, onde os modelos A1, A6, A9, A13 e A14 apresentaram melhor desempenho com valores de entupimento abaixo de 8 % para os diferentes tratamentos, sendo considerados como de baixa suscetibilidade. Já os modelos A5, A7, A8 e A11 de modo geral apresentaram desempenho moderado com valores de entupimento entre 9 % e 18 % para a maioria dos tratamentos, podendo ser classificados como de média suscetibilidade. E os modelos A2, A3, A4, A10 e A12 foram os que tiveram o pior desempenho entre os tubos gotejadores autocompensantes (maior redução de vazão), apresentando valores de entupimento acima de 20 %, em pelo menos um dos tratamentos aplicados, merecendo destaque o modelo A4 que teve redução de vazão acima de 20 % em todos os tratamentos.

Figura 7 – Entupimento (%) dos modelos autocompensantes de tubos gotejadores nos diferentes tratamentos, referente à primeira fase com 936 horas de irrigação

Com relação ao tipo de cloreto de potássio utilizado no ensaio, de maneira geral os valores encontrados não comprovaram as hipóteses formuladas, assim como ocorreu com os tubos gotejadores convencionais, ou pelo menos não foi uma regra em que os tratamentos com aplicação de cloreto de potássio vermelho, teoricamente apresentariam menor desempenho com maior porcentagem de entupimento e valores de uniformidade de distribuição inferiores aos dos

tratamentos com aplicação de cloreto de potássio Branco. Desta forma pode-se observar a ocorrência de entupimento mais expressivo para o tratamento com aplicação de cloreto vermelho em alguns modelos como, por exemplo, o tubo gotejador A6 (Figura 7).

O mesmo comportamento foi esperado com relação à qualidade de água, em que a água do lago com presença de matéria orgânica (plâncton), teria maior potencial para provocar distúrbios de vazão nos gotejadores, quando comparada aos tratamentos irrigados com água do laboratório.

Entre os modelos que apresentaram menor suscetibilidade ao entupimento, o modelo A14 com 0,4; -4,1; 3,1 e 0,9 % de entupimento para os tratamentos T1-Lg/B, T2-Lg/V, T3-Lg/B e T4-Lg/V, respectivamente. É importante lembrar que alguns modelos tiveram redução de vazão e outros apresentaram aumento de vazão. Assim os valores positivos indicam entupimento com redução de vazão e valores negativos indicam entupimento com aumento de vazão (MÉLO, 2006).

Pela Tabela 20 é possível fazer uma análise dos valores de coeficiente de variação de vazão (%) e de uniformidade de distribuição (%) dos modelos com menor suscetibilidade. O modelo A14 apresentou coeficiente de variação de vazão de 5,6; 4,1; 4,9 e 8,8 % para os tratamentos T1-Lg/B, T2-Lg/V, T3-Lg/B e T4-Lg/V, respectivamente. Apesar do tratamento T4-Lg/V apresentar 8,8 % coeficiente de variação de vazão, o valor médio de entupimento foi baixo com 3,3 %, além deste ter ocorrido isoladamente, comparado as avaliações anteriores durante esta fase. E a uniformidade de distribuição esteve sempre acima de 90 % ao final desta primeira fase, o que de acordo com Solomon (1979) é considerada excelente.

Tabela 20 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A1, A6, A9, A13 e A14 após 936 horas de irrigação, referente a primeira fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	72	360	648	936	0	72	360	648	936
Modelo A1										
T1-Lg/B	3,3	3,3	2,6	4,1	3,9	96,0	96,9	97,2	95,5	95,4
T2-Lg/V	2,7	3,7	2,0	7,2	5,0	97,8	95,8	98,2	95,2	94,4
T3-Lb/B	6,1	6,0	3,9	5,1	8,0	95,0	92,7	95,5	94,5	89,8
T4-Lb/V	3,1	2,2	2,7	3,6	4,9	96,6	97,5	96,5	95,6	95,0
Modelo A6										
T1-Lg/B	3,9	3,9	3,1	3,4	3,0	96,0	96,5	96,7	96,9	96,7
T2-Lg/V	4,7	5,6	5,1	5,1	5,4	94,7	92,9	94,3	94,0	93,8
T3-Lb/B	4,3	5,0	4,8	4,1	7,4	95,2	94,9	95,4	96,1	92,1
T4-Lb/V	4,6	3,6	4,0	4,1	5,4	94,6	96,1	95,4	95,1	94,2
Modelo A9										
T1-Lg/B	2,8	3,7	3,0	2,8	3,3	97,1	95,9	96,6	97,1	96,5
T2-Lg/V	2,6	6,2	5,5	2,7	5,4	97,5	93,9	92,9	97,1	94,1
T3-Lb/B	1,8	7,7	16,0	8,3	4,3	98,4	95,4	86,6	92,1	96,5
T4-Lb/V	2,8	15,0	1,9	2,0	11,8	97,5	86,4	98,6	98,0	88,8
Modelo A13										
T1-Lg/B	5,1	4,4	6,8	6,6	4,7	94,5	96,1	92,3	91,9	94,6
T2-Lg/V	4,5	5,3	10,1	5,8	5,2	95,4	93,8	87,7	93,6	95,0
T3-Lb/B	4,2	4,8	7,2	5,8	10,1	95,0	94,8	91,5	93,4	88,1
T4-Lb/V	6,9	7,1	7,0	8,7	13,6	93,0	92,3	92,3	90,8	84,8
Modelo A14										
T1-Lg/B	2,4	9,0	4,9	2,9	5,6	97,4	93,7	95,2	96,7	94,1
T2-Lg/V	2,2	2,5	1,7	2,9	4,1	97,3	97,3	98,2	97,1	95,6
T3-Lb/B	2,5	2,2	12,4	4,8	4,9	97,6	98,0	92,4	94,9	94,5
T4-Lb/V	3,2	3,1	2,7	3,5	8,8	96,5	96,6	96,8	96,1	89,1

Na Tabela 21 encontram-se os valores de coeficiente de variação de vazão (%) e de uniformidade de distribuição (%) dos modelos A1, A5, A7, A8 e A11 após 936 horas de irrigação. Estes modelos apresentaram valores mais elevados de redução de vazão para maioria dos tratamentos, com exceção do modelo A5 nos tratamentos T2-Lg/V e T3-Lg/B, com 6,3 e 7,7 % de redução de vazão, respectivamente e para os tratamentos T1-Lg/B e T4-Lg/V a redução da vazão foi de 13,8 e 18,3 %, respectivamente. No entanto, apresentou uma boa uniformidade de distribuição e de coeficiente de variação de vazão.

Tabela 21 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A1, A5, A7, A8 e A11 após 936 horas de irrigação, referente a primeira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		72	360	648	936		72	360	648	936
Modelo A5										
T1-Lg/B	3,1	5,4	10,7	2,8	7,4	96,3	94,4	89,5	97,2	92,4
T2-Lg/V	4,8	9,9	8,8	6,7	6,3	95,1	90,0	89,5	92,6	92,7
T3-Lb/B	2,5	3,2	2,9	3,9	4,9	97,6	96,3	97,1	95,2	94,0
T4-Lb/V	4,6	4,3	4,5	4,5	9,6	94,3	94,9	95,0	95,8	88,1
Modelo A7										
T1-Lg/B	8,8	10,7	13,0	10,3	18,2	90,7	89,9	86,0	90,4	79,6
T2-Lg/V	7,8	13,4	10,6	9,1	11,1	92,3	85,0	87,3	89,4	86,9
T3-Lb/B	11,1	10,3	14,3	12,9	11,5	87,7	89,2	82,7	84,9	86,3
T4-Lb/V	11,1	8,5	9,7	8,9	8,8	87,7	89,7	88,1	89,3	88,7
Modelo A8										
T1-Lg/B	3,2	9,3	8,9	4,0	10,4	97,1	91,4	89,5	94,9	88,9
T2-Lg/V	2,9	4,2	3,6	3,3	9,0	96,9	95,1	95,5	95,9	89,9
T3-Lb/B	2,9	3,8	4,4	15,9	9,0	97,0	96,4	95,3	89,6	89,4
T4-Lb/V	5,6	9,4	6,3	8,9	18,1	93,4	89,8	93,1	91,2	79,4
Modelo A11										
T1-Lg/B	2,4	2,3	6,8	3,9	4,8	97,6	97,4	91,7	95,8	94,6
T2-Lg/V	4,2	4,6	3,8	14,0	5,0	94,8	95,2	95,8	87,0	95,4
T3-Lb/B	2,2	2,0	2,9	4,2	10,3	97,4	98,0	96,9	95,1	86,5
T4-Lb/V	3,6	11,4	6,2	6,5	11,6	95,5	88,3	92,6	92,7	88,7

Analisando a Tabela 22 observa-se que estes modelos atingiram valores inadequados de coeficiente de variação de vazão e de uniformidade de distribuição para utilização na irrigação por gotejamento, após as 936 horas de aplicação dos tratamentos. O modelo A4 com valores mais expressivos de entupimento, foi o que apresentou mais suscetibilidade, com redução de vazão acima de 20 % para todos os tratamentos, com valores de coeficiente de variação de vazão de 26,6; 14; 27,1 e 32,3 % para os respectivos tratamentos, T1-Lg/B, T2-Lg/V, T3-Lg/B e T4-Lg/V. A uniformidade de distribuição ficou entre 62,2 e 86,9 %.

Tabela 22 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A2, A3, A4, A10 e A12 após 936 horas de irrigação, referente a primeira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		72	360	648	936		72	360	648	936
Modelo A2										
T1-Lg/B	5,8	8,5	5,5	6,4	11,6	93,4	91,6	93,8	93,0	84,8
T2-Lg/V	7,7	6,7	7,0	6,7	10,6	91,0	92,7	91,5	92,4	86,4
T3-Lb/B	3,6	7,0	3,7	3,9	7,4	95,9	92,2	95,5	95,4	90,9
T4-Lb/V	3,8	3,3	3,6	8,1	14,6	96,3	96,5	96,5	94,6	82,3
Modelo A3										
T1-Lg/B	9,4	3,1	3,5	4,3	8,9	93,4	97,1	96,5	95,8	90,9
T2-Lg/V	5,8	5,1	5,5	6,4	6,6	94,3	94,5	94,4	94,3	93,3
T3-Lb/B	3,1	3,2	3,0	3,6	7,4	97,3	97,2	96,9	96,1	93,0
T4-Lb/V	4,9	5,0	5,1	5,7	10,7	95,0	94,7	95,0	95,2	86,2
Modelo A4										
T1-Lg/B	4,0	6,7	6,4	3,2	26,6	96,1	92,4	91,7	97,1	62,5
T2-Lg/V	5,3	4,0	10,1	5,3	14,0	93,5	95,3	87,2	94,5	86,9
T3-Lb/B	3,5	4,3	4,1	9,5	27,1	96,1	95,1	94,7	89,6	69,7
T4-Lb/V	3,3	1,7	2,9	10,6	32,3	96,2	98,4	96,5	91,7	62,2
Modelo A10										
T1-Lg/B	3,2	7,9	9,2	10,0	22,8	96,1	91,0	89,8	87,6	74,1
T2-Lg/V	2,9	5,6	4,2	5,8	4,4	96,5	95,9	94,5	92,7	95,1
T3-Lb/B	5,8	6,2	5,4	8,0	18,0	92,6	92,7	93,7	91,7	80,8
T4-Lb/V	2,7	6,0	6,7	14,4	10,2	96,5	93,8	92,3	84,2	87,3
Modelo A12										
T1-Lg/B	4,1	5,3	2,8	2,9	6,0	95,5	94,1	96,6	96,6	93,8
T2-Lg/V	2,8	3,8	2,1	3,1	5,2	96,8	96,8	97,4	96,4	94,3
T3-Lb/B	1,9	2,4	2,8	9,7	12,7	97,5	96,9	97,2	88,7	87,5
T4-Lb/V	2,7	2,2	2,7	4,6	26,9	97,2	97,5	97,3	94,9	74,0

2.3.2.2 Segunda Fase

Nesta fase os modelos de gotejadores apresentaram recuperação da vazão para a maioria dos gotejadores, apresentando valores expressivos de redução do entupimento, a exemplo do modelo A4 que teve 7,1; 5,9; 8,9 e 16,6 % de recuperação da vazão para os respectivos tratamentos, em relação ao final da primeira fase. Os modelos A1, A13 e A14 apresentaram comportamento contrário aos demais, resultando dados de vazão superior aos valores de referência para todos os tratamentos, com exceção do tratamento T2+So do modelo A1, o que caracteriza entupimento com aumento de vazão, com o travamento parcial da membrana de compensação de pressão (Figura 8).

Figura 8 – Entupimento (%) dos modelos autocompensantes de tubos gotejadores nos diferentes tratamentos, referente à segunda fase com 288 horas de irrigação em sequência a primeira fase

Na Tabela 23 verificam-se os valores de coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição dos modelos A1, A6, A9, A13 e A14. Os resultados obtidos a partir desta tabela evidenciam que estes modelos de tubos gotejadores apresentaram os melhores resultados para os tratamentos aplicados no decorrer da segunda fase. Vale ressaltar que os modelos A1, A13 e A14 apresentaram entupimento dos gotejadores com aumento da vazão, ou seja, apresentaram um

excesso de vazão comparado aos valores de referência. O modelo A9 destacou-se com melhor desempenho, apresentando 3,2; 3,3; 3,1 e 4,1% de CV% para os tratamentos T1+So, T2+So, T3-Lb/B e T4+Fe, respectivamente e com valores de UD% acima de 96% para todos os tratamentos, podendo ser classificado como excelente, segundo Solomon (1979).

Tabela 23 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A1, A6, A9, A13 e A14 após 288 horas de irrigação, referente a segunda fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	1008	1080	1152	1224	0	1008	1080	1152	1224
Modelo A1										
T1+So	3,3	5,4	5,2	9,8	7,6	96,0	94,1	94,3	88,2	92,6
T2+So	2,7	4,4	4,7	3,2	3,2	97,8	95,3	94,6	96,0	96,5
T3	6,1	5,3	6,2	6,3	3,7	95,0	93,5	93,2	92,9	95,9
T4+Fe	3,1	2,0	3,6	6,3	3,1	96,6	97,9	96,6	92,8	96,6
Modelo A6										
T1+So	3,9	3,9	4,3	4,1	3,3	96,0	95,8	94,9	95,4	96,5
T2+So	4,7	7,8	5,7	4,3	5,9	94,7	92,4	92,9	94,6	92,8
T3	4,3	18,8	5,1	14,9	4,1	95,2	83,6	95,3	86,2	96,0
T4+Fe	4,6	15,3	4,2	4,1	4,2	94,6	84,2	95,4	94,9	95,2
Modelo A9										
T1+So	2,8	6,0	14,3	2,9	3,2	97,1	93,5	86,0	96,7	96,7
T2+So	2,6	3,5	2,4	4,1	3,3	97,5	96,4	97,7	95,6	96,4
T3	1,8	14,1	2,2	4,4	3,1	98,4	93,4	97,5	95,7	97,4
T4+Fe	2,8	8,0	7,8	2,0	4,1	97,5	95,1	95,5	97,8	96,2
Modelo A13										
T1+So	5,1	4,2	9,6	5,1	5,9	94,5	96,5	89,4	95,6	93,8
T2+So	4,5	8,2	7,1	7,0	8,7	95,4	94,0	91,9	92,8	89,2
T3	4,2	6,2	8,9	7,3	8,6	95,0	93,4	90,8	91,8	91,3
T4+Fe	6,9	5,4	12,6	6,6	9,2	93,0	94,8	87,8	92,0	90,4
Modelo A14										
T1+So	2,4	6,0	6,2	4,1	4,6	97,4	93,5	93,1	95,6	94,3
T2+So	2,2	3,2	2,7	2,0	2,6	97,3	96,3	97,2	98,3	97,4
T3	2,5	4,1	3,3	6,7	4,0	97,6	96,1	96,7	92,4	95,3
T4+Fe	3,2	7,6	6,0	5,8	4,4	96,5	89,8	93,5	94,4	95,4

Tabela 24 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A5, A7, A8 e A11 após 288 horas de irrigação, referente a segunda fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		1008	1080	1152	1224		1008	1080	1152	1224
Modelo A5										
T1+So	3,1	11,4	8,6	9,4	6,9	96,3	88,7	91,4	90,2	93,2
T2+So	4,8	5,6	5,9	5,3	4,6	95,1	94,8	93,9	93,5	95,9
T3	2,5	4,0	4,8	4,3	4,9	97,6	94,9	94,2	94,5	94,0
T4+Fe	4,6	9,4	4,5	4,4	4,0	94,3	89,1	94,2	94,1	95,1
Modelo A7										
T1+So	8,8	11,4	14,0	15,5	13,8	90,7	86,9	85,0	82,7	85,9
T2+So	7,8	10,3	10,4	10,1	11,7	92,3	89,7	89,8	89,6	86,5
T3	11,1	12,8	10,8	10,1	11,4	87,7	85,5	86,9	88,1	86,8
T4+Fe	11,1	10,3	11,2	9,4	9,6	87,7	87,2	86,7	89,3	88,6
Modelo A8										
T1+So	3,2	15,1	10,8	10,3	10,6	97,1	84,7	89,2	87,8	87,7
T2+So	2,9	7,3	9,3	11,0	6,8	96,9	92,0	89,4	86,5	92,0
T3	2,9	9,3	11,9	10,1	5,3	97,0	87,5	87,5	90,1	94,4
T4+Fe	5,6	21,1	23,5	24,9	23,1	93,4	73,8	70,3	68,0	71,2
Modelo A11										
T1+So	2,4	7,7	7,0	6,2	4,4	97,6	91,8	91,7	92,5	95,5
T2+So	4,2	5,0	5,3	4,8	4,9	94,8	95,7	95,3	95,6	95,4
T3	2,2	5,4	6,1	6,1	5,9	97,4	93,6	93,3	92,7	93,0
T4+Fe	3,6	12,0	8,9	10,0	10,3	95,5	87,5	90,5	89,8	89,3

Analisando a Tabela 25 observa-se que os modelos A2, A3, A4, A10 e A12 apresentaram os valores mais altos de coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição, após as 288 horas de aplicação dos tratamentos na segunda fase. O modelo A4 mesmo após uma recuperação da vazão apresentou valores expressivos de entupimento, sendo o mais suscetível ao entupimento, com redução da vazão acima de 10 % para todos os tratamentos; com 23,9; 10,3; 24,2 e 13,0% de coeficiente de variação de vazão e 69,0; 89,3; 70,1 e 83,5% de uniformidade de distribuição para os tratamentos T1+So, T2+So, T3-Lb/B e T4+Fe, respectivamente.

Tabela 25 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A2, A3, A4, A10 e A12 após 288 horas de irrigação, referente a segunda fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	1008	1080	1152	1224	0	1008	1080	1152	1224
Modelo A2										
T1+So	5,8	13,0	11,2	10,9	9,4	93,4	86,3	88,2	87,9	88,2
T2+So	7,7	7,3	7,8	7,9	11,0	91,0	91,4	90,5	90,1	87,6
T3	3,6	7,0	7,7	8,1	4,5	95,9	91,2	90,1	90,4	94,8
T4+Fe	3,8	13,3	14,4	16,0	15,8	96,3	84,6	83,3	81,8	84,4
Modelo A3										
T1+So	9,4	9,3	10,5	9,3	3,5	93,4	92,6	92,0	89,9	96,0
T2+So	5,8	7,3	6,5	5,9	6,7	94,3	92,5	94,5	94,3	93,6
T3	3,1	4,8	6,0	6,3	3,5	97,3	95,3	93,9	93,9	95,6
T4+Fe	4,9	9,8	9,7	10,2	10,4	95,0	87,0	88,2	87,3	86,6
Modelo A4										
T1+So	4,0	30,8	32,1	31,1	23,9	96,1	57,2	54,9	58,6	69,0
T2+So	5,3	20,6	19,0	21,1	10,3	93,5	78,6	84,1	81,2	89,3
T3	3,5	30,6	24,4	30,8	24,2	96,1	62,0	68,3	59,7	70,1
T4+Fe	3,3	13,4	12,7	15,0	13,0	96,2	83,2	84,8	81,0	83,5
Modelo A10										
T1+So	3,2	17,8	16,3	14,8	19,1	96,1	80,1	81,8	85,2	79,7
T2+So	2,9	3,9	13,0	5,9	6,1	96,5	95,3	86,7	93,9	93,6
T3	5,8	15,9	15,2	13,8	14,2	92,6	81,7	82,4	85,2	84,1
T4+Fe	2,7	16,3	5,6	7,3	6,2	96,5	79,5	93,9	91,0	93,3
Modelo A12										
T1+So	4,1	8,5	4,8	5,4	9,3	95,5	88,9	94,3	94,2	90,1
T2+So	2,8	6,6	5,9	4,2	4,3	96,8	92,0	92,4	94,8	94,8
T3	1,9	19,2	9,5	7,0	12,3	97,5	81,5	88,6	92,3	87,2
T4+Fe	2,7	12,6	13,3	9,6	10,2	97,2	84,3	84,4	87,8	87,6

2.3.2.3 Terceira Fase

Fazendo uma análise superficial dos diferentes modelos durante a terceira fase, ou seja, os valores de distúrbios de vazão após 288 horas de irrigação; observa-se que os modelos A2 e A3 apresentaram melhor desempenho, com valores de entupimento variando de -1,1 a 6,1%. Em geral os demais tubos gotejadores foram mais suscetíveis ao entupimento, onde os modelos A7, A9, A10 e A13 apresentaram maior suscetibilidade ao entupimento (Figura 9) Nesta fase observa-se que a maioria dos modelos mostraram-se mais sensíveis aos tratamentos T1+So+Sc ↓ e T2+So+Sc ↓, comparado aos tratamentos T1+So+Sc ↑ e T2+So+Sc ↑, evidenciando o comportamento esperado quanto ao posicionamento do emissor.

Figura 9 – Entupimento (%) dos modelos autocompensantes de tubos gotejadores nos diferentes tratamentos, referente à terceira fase com 288 horas de irrigação em sequência a segunda fase

Os modelo A2 e A3 do mesmo fabricante apresentaram comportamento semelhante quanto ao entupimento dos gotejadores nesta fase, vale destacar seu melhor desempenho em relação aos demais modelos de tubos gotejadores, apesar desses dois modelos terem apresentado maior suscetibilidade ao entupimento nas fases anteriores; sugerindo que os mesmos tiveram uma recuperação da vazão em função dos mecanismos de auto-limpeza, como por exemplo a

diferença de pressão da câmara de controle de fluxo, criando uma operação autônoma de limpeza. Analisando a Tabela 26 verificou-se que estes modelos apresentaram ao final dos tratamentos, valores de CV % variando entre 4,9 e 8,6 % e UD % acima de 90 %, além de não apresentarem diferença expressiva de suscetibilidade dos gotejadores ao entupimento com relação ao posicionamento dos orifícios dos emissores.

O modelo A12 de outro fabricante, apresentou 1,9; 13,0; 13,8 e -2,0 % de entupimento ao final da terceira fase, mostrando maior suscetibilidade aos tratamentos T2+So+Sc↑ e T1+So+Sc ↑ (Figura 11). Pela Tabela 26, observa-se que apesar dos valores mais altos de entupimento nos tratamentos T2+So+Sc ↑ e T1+So+Sc ↑, a UD% ficou acima de 90% e com valores de CV % variando de 2,7 a 9,9%.

Tabela 26 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A2, A3 e A12 após 288 horas de irrigação, referente a terceira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		1296	1368	1440	1512		1296	1368	1440	1512
Modelo A2										
T1+So+Sc ↓	5,8	8,3	9,3	13,2	7,4	93,4	89,7	89,4	84,1	90,6
T2+So+Sc ↑	7,7	8,5	7,4	7,3	8,6	91,0	89,4	90,5	91,7	89,8
T1+So+Sc ↑	3,6	6,2	7,7	7,0	7,7	95,9	93,6	93,6	94,8	92,2
T2+So+Sc ↓	3,8	17,9	16,9	6,6	4,9	96,3	81,8	83,9	92,8	94,2
Modelo A3										
T1+So+Sc ↓	9,4	3,6	5,1	5,4	5,6	93,4	96,4	94,0	93,4	94,0
T2+So+Sc ↑	5,8	7,7	8,3	7,4	6,3	94,3	93,1	92,9	93,9	94,0
T1+So+Sc ↑	3,1	6,6	5,2	4,9	5,4	97,3	93,5	94,7	95,3	93,7
T2+So+Sc ↓	4,9	14,3	10,8	7,4	6,3	95,0	80,9	87,1	90,9	93,4
Modelo A12										
T1+So+Sc ↓	4,1	4,3	4,9	17,1	6,8	95,5	94,9	95,4	85,8	92,1
T2+So+Sc ↑	2,8	4,3	6,9	5,3	2,7	96,8	95,3	93,2	93,4	96,7
T1+So+Sc ↑	1,9	14,2	14,2	15,4	8,4	97,5	85,8	85,8	82,1	90,7
T2+So+Sc ↓	2,7	13,2	14,1	39,3	9,9	97,2	84,5	82,5	58,7	90,2

Já os modelos A7, A8, A9, A10 e A13, que até então tinham apresentado desempenho melhores nas duas fases anteriores, mostraram alta suscetibilidade ao entupimento, passando a apresentar valores expressivos de redução de vazão, principalmente para os tratamentos T1+So+Sc ↓ e T2+So+Sc ↓, com exceção do modelo A7, que teve valores mais expressivos de entupimento para os tratamentos T2+So+Sc↑ e T1+So+Sc ↑ . O modelo A10 foi o único a apresentar redução de vazão acima de 30 % em todos os tratamentos, mais com uma maior suscetibilidade aos tratamentos T1+So+Sc↓ e T2+So+Sc ↓, respectiva mente, (Figura 11). Na

Tabela 27 pode-se confirmar o baixo desempenho destes modelos, apresentando valores altos de CV % e atingindo valores nulos de UD %; deixando evidente a alta suscetibilidade destes materiais ao entupimento quando submetidos a tais condições de uso, levando-os a condição de inaceitáveis em sistemas de irrigação por gotejamento.

Tabela 27 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A7, A8, A9, A10 e A13 após 288 horas de irrigação, referente a terceira fase

Tratamentos Horas→	L Refer 0	Coeficiente de Variação (%)				L Refer 0	Uniformidade de Distribuição (%)			
		1296	1368	1440	1512		1296	1368	1440	1512
Modelo A7										
T1+So+Sc ↓	8,8	19,7	24,8	30,4	29,4	90,7	76,0	67,5	60,1	64,9
T2+So+Sc ↑	7,8	10,1	71,3	137,4	89,0	92,3	89,9	14,9	0,0	3,7
T1+So+Sc ↑	11,1	12,3	99,7	190,8	107,5	87,7	85,2	0,6	0,0	0,2
T2+So+Sc ↓	11,1	11,5	42,7	37,6	41,1	87,7	86,4	56,0	62,2	55,3
Modelo A8										
T1+So+Sc ↓	3,2	10,1	62,7	19,6	33,0	97,1	88,7	14,3	76,9	65,7
T2+So+Sc ↑	2,9	9,5	12,8	14,2	53,1	96,9	88,4	85,3	82,5	37,1
T1+So+Sc ↑	2,9	10,4	72,9	87,8	41,4	97,0	88,7	64,2	0,4	49,7
T2+So+Sc ↓	5,6	23,4	26,6	71,7	83,1	93,4	70,1	70,0	0,1	0,0
Modelo A9										
T1+So+Sc ↓	2,8	3,7	3,7	20,1	69,1	97,1	95,7	96,1	76,3	0,0
T2+So+Sc ↑	2,6	7,7	8,8	25,5	5,2	97,5	91,3	89,0	69,8	93,5
T1+So+Sc ↑	1,8	1,6	2,7	30,9	3,2	98,4	98,2	96,8	62,8	96,4
T2+So+Sc ↓	2,8	2,0	52,6	64,6	114,0	97,5	97,7	35,6	9,0	0,0
Modelo A10										
T1+So+Sc ↓	3,2	15,6	27,5	26,9	61,3	96,1	84,2	65,1	71,4	32,4
T2+So+Sc ↑	2,9	8,4	40,5	53,0	69,4	96,5	92,6	56,0	38,9	0,0
T1+So+Sc ↑	5,8	16,8	19,6	43,7	51,4	92,6	81,6	79,5	45,8	39,5
T2+So+Sc ↓	2,7	5,6	14,0	32,6	70,4	96,5	93,1	83,4	61,0	0,6
Modelo A13										
T1+So+Sc ↓	5,1	6,0	9,2	81,2	53,4	94,5	92,6	88,9	0,0	28,3
T2+So+Sc ↑	4,5	12,5	14,3	18,8	44,2	95,4	86,4	84,6	75,5	48,2
T1+So+Sc ↑	4,2	12,7	23,0	43,0	59,8	95,0	89,6	74,3	52,5	34,2
T2+So+Sc ↓	6,9	6,3	17,6	95,2	116,3	93,0	92,1	81,1	0,0	0,0

Os modelos A1, A4, A5, A6, A11, e A14 foram os modelos que evidenciaram média suscetibilidade ao entupimento ao final desta fase. Apesar desses modelos apresentarem uma variabilidade referente ao entupimento para os diferentes tratamentos, de maneira geral pode-se observar que os valores de coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição seguiram uma mesma tendência em relação a suscetibilidade em razão do posicionamento dos gotejadores, com maior suscetibilidade aos tratamentos T1+So+Sc ↓ e T2+So+Sc ↓, apresentando valores mais altos de CV % e como consequência disso, valores mais baixos de UD %, que leva-

os a condição de inaceitável segundo a classificação de uniformidade de Solomon (1979), quando submetidos a estas condições (Tabela 28).

Tabela 28 - Coeficiente de variação (%) e uniformidade de distribuição (%) dos tubos gotejadores A1, A4, A5, A6, A11, e A14 após 288 horas de irrigação, referente a terceira fase

Tratamentos	L Refer	Coeficiente de Variação (%)				L Refer	Uniformidade de Distribuição (%)			
Horas→	0	1296	1368	1440	1512	0	1296	1368	1440	1512
Modelo A1										
T1+So+Sc ↓	3,3	3,8	5,6	37,5	42,0	96,0	96,0	94,1	62,4	46,3
T2+So+Sc ↑	2,7	4,2	8,1	7,1	7,9	97,8	95,2	92,0	91,9	91,7
T1+So+Sc ↑	6,1	5,0	8,4	56,5	24,2	95,0	94,5	88,3	29,8	72,9
T2+So+Sc ↓	3,1	2,7	17,2	92,2	60,8	96,6	96,7	80,5	0,0	14,3
Modelo A4										
T1+So+Sc ↓	4,0	20,7	20,9	22,7	42,2	96,1	75,0	75,6	73,5	49,7
T2+So+Sc ↑	5,3	9,0	16,6	18,4	21,3	93,5	89,5	80,7	76,3	74,9
T1+So+Sc ↑	3,5	25,2	33,8	16,7	14,3	96,1	70,0	60,6	88,1	83,5
T2+So+Sc ↓	3,3	16,5	25,3	16,1	50,7	96,2	83,3	74,9	82,1	38,7
Modelo A5										
T1+So+Sc ↓	3,1	9,0	18,5	13,5	41,4	96,3	90,2	77,1	83,3	47,1
T2+So+Sc ↑	4,8	5,0	12,6	9,8	8,1	95,1	94,9	84,9	89,0	90,7
T1+So+Sc ↑	2,5	6,0	9,7	39,8	29,7	97,6	93,1	91,6	58,4	70,6
T2+So+Sc ↓	4,6	4,9	14,7	9,6	55,7	94,3	94,5	83,0	89,2	30,0
Modelo A6										
T1+So+Sc ↓	3,9	3,4	5,0	8,9	56,7	96,0	96,0	94,5	90,5	41,0
T2+So+Sc ↑	4,7	8,8	6,4	8,5	8,7	94,7	89,9	92,2	89,5	89,9
T1+So+Sc ↑	4,3	3,9	4,1	8,4	4,8	95,2	96,2	95,9	91,1	94,4
T2+So+Sc ↓	4,6	3,8	4,1	16,9	13,3	94,6	95,2	95,0	91,5	85,3
Modelo A11										
T1+So+Sc ↓	2,4	6,1	5,6	8,5	35,5	97,6	93,1	94,0	89,8	69,1
T2+So+Sc ↑	4,2	5,0	6,0	9,6	10,9	94,8	95,2	93,9	90,3	88,9
T1+So+Sc ↑	2,2	10,0	6,6	11,9	13,3	97,4	88,2	92,8	86,0	81,2
T2+So+Sc ↓	3,6	10,3	10,3	18,6	16,2	95,5	89,3	89,3	79,2	80,1
Modelo A14										
T1+So+Sc ↓	2,4	5,7	37,4	61,0	36,9	97,4	93,1	64,1	23,0	53,6
T2+So+Sc ↑	2,2	3,4	5,6	5,9	4,4	97,3	97,3	93,7	93,2	95,2
T1+So+Sc ↑	2,5	4,7	8,0	35,3	21,8	97,6	94,5	94,3	68,8	70,2
T2+So+Sc ↓	3,2	4,7	4,7	7,4	37,7	96,5	95,4	95,4	94,1	58,3

3 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos na condução do trabalho conclui-se que:

- a. Os modelos de tubos gotejadores apresentaram desempenhos variáveis, tanto na suscetibilidade ao entupimento quanto no coeficiente de variação de vazão, sugerindo que a arquitetura interna dos gotejadores avaliados, foi o fator determinante na caracterização do processo de entupimento, principalmente na Fase 3 dos ensaios conduzidos;
- b. Não houve diferença significativa da dinâmica de entupimento com relação à aplicação dos cloretos de potássio branco e vermelho, e na ausência ou presença de fitoplâncton na água de irrigação, mostrando que é possível fazer uso do cloreto de potássio vermelho em fertirrigação. Como existem vários fornecedores do cloreto de potássio vermelho no Brasil, é recomendado certificar-se da ausência do elemento ferro no adubo (análise de laboratório), visando utilizar este produto com segurança em fertirrigação em sistemas de gotejamento;
- c. A adição de partículas de solo e do sulfato de ferro (Fase 2) aos tratamentos com diferentes tipos de cloreto de potássio e água, passando pelo sistema de filtragem, não potencializou mudanças significativas do cenário de suscetibilidade ao entupimento dos diferentes modelos de gotejadores, nas condições de irrigação da segunda fase;
- d. A entrada de partículas de solo e hidróxido de ferro no sistema sem passar pelo sistema de filtragem (fase 3) e o posicionamento do orifício dos gotejadores para baixo intensificaram o processo de entupimento. Os modelos convencionais foram os mais sensíveis, tornando os altamente suscetíveis ao entupimento quando posicionados para baixo. Para os modelos autocompensantes, tiveram modelos mais sensíveis, com valores expressivos de entupimentos e enquanto outros modelos foram mais tolerantes a presença destes elementos na água de irrigação;
- e. O modelo C3 foi o que apresentou melhor desempenho entre os modelos convencionais, para as três fases do experimento e os modelos C4 e C7 também tiveram bom desempenho até a segunda fase de ensaio;

- f. Entre os modelos de tubos gotejadores autocompensantes, os modelos A2 e A3 destacaram-se entre os demais, com uma boa recuperação da vazão, apresentando um ótimo resultado no final da última fase de ensaio (Fase 3).

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. **ASAE standards: standards engineering practices data: EP405.1. Design and installation of microirrigation systems.** St. Joseph, 1999. p. 879-883.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Emissores para sistemas de irrigação localizada PNBR 12: 02-08-021: avaliação das características operacionais.** São Paulo, 1986. 7 p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Tradução de R.S. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa: UFV. 2006. 625 p.
- BOMAN, B.J. Distribution patterns of microirrigation spinner and spray emitters. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 5, n. 2, p. 50-56, 1989.
- _____. Effects of orifice size on microsprinkler clogging rates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 11, n. 6, p. 839-843, 1995.
- BOTREL, T.A. **Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada,** 1984. 78 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e drenagem) - Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo Piracicaba, 1984
- BLALTS, V.F.; EDWARDS, D.M.; WU, I.P. Drip irrigation desing and evaluation based on the statistical uniformity concept. In: HILLEL, D. (Ed.). **Advances in irrigation.** Orlando: Academic Press, 1987.v4, p. 67-117.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v. 2, p. 149-162, 1979.
- CARARO, D.C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores.** 2004. 130 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- CARARO, D.C.; BOTREL, T.A.; HILLS, D.J.; LEVERENZ, H.L. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 22, n. 2, p. 251-257, 2006.
- COELHO, R.D.; FARIA, L.F.; MÉLO, R.F. Variação de vazão de gotejadores de fluxo normal enterrado para a irrigação do citrus. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 230-245, 2006.

CORDEIRO, E.A.; VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C. Principais causas de obstruções de gotejadores e possíveis soluções. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, n. 6, p. 41, mar. 2003.

COSTA, C.C. **Estudo da susceptibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de ferro**. 2000. 85 p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2000

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **ITEM**. Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n. 54, p. 43-58, 2002.

CHRISTOFIDIS, D. Água: um desafio para a sustentabilidade do setor agropecuário. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL 2007**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2007. p. 37-42.

DIAS, N.S.; OLIVEIRA, M.V.A.M.; COELHO, R.D. Resistência de diferentes tipos de tubogotejadores ao entupimento por precipitação química de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.

GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BULKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier Science, 1986. chap. 3, p. 142-163.

GILBERT, R.G.; NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickle irrigation: prevention of clogging. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22. n. 3, p. 133-148, 1979.

HILLEL, D. **Advances in irrigation**. New York: Academic Press, 1982. v. 1, 302 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, Jan. 1974.

LEITE, J.A.O. **Avaliação da suscetibilidade de tubogotejadores ao entupimento por precipitados químicos de carbonato de cálcio**. 1995. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

LOIOLA, M. L., SOUZA, F. Estatística sobre a irrigação no Brasil segundo o Censo Agropecuário 1995-1996. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 171-180, 2001.

MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C.; OLIVEIRA M. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 71-75, 2001.

MÉLO, R.F. **Dinâmica e controle do entupimento de gotejadores em função de precipitados químicos e plâncton**. 2007. 189 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

MORAES, O. **Determinação do coeficiente de variação de gotejadores e sua influência na uniformidade de emissão em linhas laterais de irrigação por gotejamento**. 1984. 192 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier Science, 1986. 383 p.

_____. Water quality in drip/trickle irrigation: a review. **Irrigation Science**, New York, v. 12, p. 187-192, 1991.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.; FRENCH, O.F. Reclaiming partially clogged trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 20, p. 278-280, 1977.

PITTS, D.J.; HAMAN, D.Z.; SMAJSTRLA, A.G. **Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems**. Gainesville: University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, 1990. 12 p. (Bulletin, 258).

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3. ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513 p.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, New York, v. 13, p. 129-139, 1992.

RESENDE, R.S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação**. 1999. 77 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

_____. **Intrusão radicular e efeito de vácuo em gotejadores enterrados (irrigação subsuperficial)**. 2003. 125 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

RESENDE, R.S.; COELHO, R.D.; PIEDADE, S.M.S. Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 368-375, 2000.

RIBEIRO, M.C. **Estudo sobre racionalização do uso de energia no Brasil**. 2003. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SAGI, G.; PAZ, E.; RAVINA, I. Clogging of drip irrigation systems by colonial protozoa and sulphur bacteria. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5., 1995, Orlando. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1995. p. 250-254.

SILVA JÚNIOR, M.J.; MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S.L.A.; SOUSA NETO, E.R.; SOUZA, E.R.; DANTAS, D.C.; MOURÃO, A.C.; OLIVEIRA, J.C. Evolução e controle químico de obstruções em gotejadores em sistemas de irrigação com diferentes águas. **Caatinga**, Mossoró, v. 16, n. 1/2, p. 23-29, 2003.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1034-1038, 1979.

_____. Global uniformity of trickle irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 4, p. 1151-1158, 1985.

SOUZA, J.A.A.; CORDEIRO, E.A.; COSTA, E.L. Aplicação de hipoclorito de sódio para recuperação de gotejadores entupidos em irrigação com água ferruginosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 5-9, 2006.

TEIXEIRA, M.B. **Efeitos de dosagens extremas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes (irrigação localizada)**. 2006. 322 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.E.; ROSTON, D.M.; PAULA JÚNIOR, D.R.; PATERNIANI, J.E.; RIBEIRO, T.A.P. Potencialidade do uso de irrigação por gotejamento em propriedades agrícolas produtoras de hortaliças da região de Campinas – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 10., 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: ABID, 1994. 1 CD-ROM.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Tradução de R.S. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V.R.S. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1997. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 36).

WU, I.P.; IRUDAYARAJ, J.M.; FENG, J.S. Plugging evaluation for a drip irrigation submain unit. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 88, n. 1, p. 2062-2088, 1988.

ANEXOS

Anexo A – Vazão média ($L h^{-1}$), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C1, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média ($L h^{-1}$)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,47	2,44	2,36	2,44	100,0	100,0	100,0	100,0	1,8	1,5	2,5	5,4
2	72	2,50	2,41	2,30	2,46	101,3	98,9	97,3	100,5	1,6	1,0	1,1	0,9
3	144	2,59	2,52	2,48	2,41	104,9	103,3	105,0	98,6	1,3	1,2	1,1	1,2
4	216	2,55	2,42	2,22	2,52	103,4	99,1	94,2	103,2	1,4	1,4	1,2	1,3
5	288	2,44	2,41	2,38	2,46	98,7	98,9	100,8	100,8	1,4	5,6	1,4	0,9
6	360	2,54	2,38	2,42	2,40	102,6	97,4	102,7	98,1	1,6	5,9	2,1	1,0
7	432	2,42	2,51	2,33	2,37	97,9	102,8	98,6	97,0	2,0	1,7	2,9	1,2
8	504	2,35	2,50	2,34	2,39	95,0	102,6	99,2	97,6	2,6	2,0	4,6	1,4
9	576	2,42	2,44	2,27	2,35	98,0	99,8	96,1	96,0	2,4	1,3	7,0	9,7
10	648	2,42	2,36	2,22	2,29	97,8	96,6	93,9	93,7	1,7	1,7	3,1	4,3
11	720	2,35	2,41	2,22	2,18	95,1	98,7	94,0	89,0	5,8	1,8	4,8	3,5
12	792	2,28	2,36	2,19	2,17	92,3	96,7	92,9	88,7	6,5	3,6	4,6	3,3
13	864	2,16	2,30	2,09	2,18	87,3	94,2	88,6	89,1	8,0	3,6	6,3	6,0
14	936	2,11	2,10	2,04	2,07	85,6	86,0	86,6	84,7	10,3	3,1	6,6	7,0
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,34	2,31	2,15	2,08	94,8	94,7	91,2	85,1	9,4	4,0	7,0	7,5
16	1080	2,05	2,35	2,18	2,16	82,9	96,1	92,4	88,4	11,2	4,0	7,0	8,3
17	1152	2,03	2,26	2,19	1,89	82,2	92,6	92,7	77,4	10,1	2,7	5,9	14,7
18	1224	2,15	2,22	2,10	2,09	86,9	90,9	89,2	85,3	8,2	2,3	5,5	7,9
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,15	2,20	1,80	1,99	86,8	90,3	76,2	81,6	8,6	2,8	6,5	10,0
20	1368	2,14	2,27	2,14	2,01	86,5	93,2	90,7	82,0	6,1	3,7	10,0	7,4
21	1440	1,92	2,18	2,18	2,29	77,7	89,2	92,2	93,7	37,2	35,0	14,4	8,0
22	1512	1,78	2,07	2,28	1,83	72,2	84,7	96,6	74,8	53,1	35,1	15,3	53,5

Anexo B – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C2, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,41	2,33	2,41	2,45	100,0	100,0	100,0	100,0	2,3	2,5	2,3	1,8
2	72	2,57	2,33	2,34	2,53	106,8	100,0	97,2	103,5	1,5	2,8	4,2	1,3
3	144	2,38	2,41	2,41	2,44	98,9	103,6	99,8	99,8	1,6	2,4	2,0	1,3
4	216	2,41	2,45	2,40	2,41	100,1	105,4	99,5	98,6	2,3	7,3	2,7	1,5
5	288	2,60	2,30	2,40	2,44	107,9	99,0	99,7	99,7	1,9	11,5	2,7	1,7
6	360	2,47	2,40	2,43	2,52	102,8	103,1	100,9	103,2	2,7	2,2	2,8	1,5
7	432	2,50	2,49	2,28	2,45	103,9	107,1	94,8	99,9	1,6	1,9	6,3	2,0
8	504	2,40	2,56	2,35	2,42	99,7	110,2	97,4	99,1	3,8	7,1	2,6	1,9
9	576	2,49	2,41	2,28	2,41	103,7	103,7	94,5	98,5	4,0	2,7	11,4	2,7
10	648	2,46	2,36	2,11	2,31	102,3	101,3	87,7	94,6	2,7	2,6	4,3	4,6
11	720	2,44	2,40	2,06	2,21	101,2	103,3	85,6	90,4	2,3	3,5	4,2	3,9
12	792	2,34	2,31	2,07	2,29	97,4	99,3	85,8	93,6	3,1	4,7	2,5	3,8
13	864	2,30	2,30	2,18	2,41	95,8	99,1	90,5	98,6	5,5	4,8	4,9	4,7
14	936	2,39	2,09	1,98	2,19	99,2	90,0	82,0	89,6	10,4	4,9	6,8	6,6
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,06	2,40	2,01	2,18	85,8	103,4	83,5	89,0	6,1	8,4	7,0	4,6
16	1080	2,25	2,35	2,08	2,25	93,6	101,3	86,1	92,1	6,3	6,0	6,1	5,4
17	1152	2,33	2,21	1,72	2,20	96,9	95,0	71,4	89,8	5,9	3,7	9,1	7,2
18	1224	2,33	2,29	2,06	2,24	96,8	98,7	85,6	91,5	6,9	4,5	9,9	7,0
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,11	2,23	1,87	2,12	87,9	95,7	77,6	86,8	6,9	4,0	11,0	5,5
20	1368	2,24	2,34	2,04	2,15	93,0	100,6	84,6	87,7	3,4	4,5	10,2	5,4
21	1440	2,41	2,44	2,14	2,47	100,1	104,9	88,9	101,0	3,4	3,1	6,9	6,6
22	1512	2,43	2,32	2,27	1,88	101,1	99,8	94,0	76,9	3,1	2,5	4,2	52,9

Anexo C – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C3, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,21	2,34	2,21	2,32	100,0	100,0	100,0	100,0	1,9	3,7	1,5	3,4
2	72	2,32	2,34	2,32	2,30	105,2	99,7	104,7	99,1	3,7	1,2	3,3	2,1
3	144	2,27	2,22	2,28	2,23	102,7	94,9	103,0	96,3	3,2	1,1	2,0	2,1
4	216	2,29	2,28	2,24	2,23	103,8	97,1	101,3	96,0	8,1	1,6	2,2	2,8
5	288	2,33	2,28	2,28	2,22	105,5	97,2	102,9	95,7	2,6	3,0	2,2	2,3
6	360	2,33	2,40	2,32	2,23	105,7	102,6	104,6	96,0	1,9	3,0	2,2	2,3
7	432	2,27	2,35	2,36	2,26	102,7	100,1	106,3	97,2	1,7	5,1	5,5	2,2
8	504	2,27	2,36	2,29	2,20	103,0	100,7	103,6	94,8	2,0	2,3	3,8	6,6
9	576	2,31	2,32	2,15	2,22	104,5	99,0	97,0	95,7	2,6	2,1	2,8	2,3
10	648	2,22	2,32	2,25	2,22	100,4	99,1	101,5	95,6	4,7	6,0	2,0	2,0
11	720	2,27	2,32	2,17	2,23	102,8	99,2	98,1	96,0	1,8	2,6	3,0	1,8
12	792	2,21	2,24	2,17	2,15	100,3	95,4	98,2	92,8	2,2	2,0	3,0	1,8
13	864	2,18	2,30	2,08	2,24	98,7	98,3	94,1	96,4	1,7	2,0	4,3	2,4
14	936	2,18	2,19	2,06	2,17	98,7	93,5	93,1	93,3	2,2	3,1	2,6	3,2
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,13	2,19	2,09	2,15	96,7	93,3	94,2	92,8	1,8	2,1	4,1	3,6
16	1080	2,16	2,17	2,11	2,11	97,8	92,7	95,5	90,8	1,9	2,7	5,1	3,9
17	1152	2,18	2,17	2,12	2,05	98,6	92,4	95,7	88,3	1,9	2,0	4,8	3,0
18	1224	2,12	2,04	2,01	2,13	96,0	87,2	90,9	91,8	2,5	2,7	5,5	3,9
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,10	2,03	1,92	2,01	95,0	86,8	86,7	86,8	2,2	2,5	4,2	3,2
20	1368	2,14	2,03	1,95	2,10	96,8	86,5	88,1	90,7	1,7	4,5	6,0	6,5
21	1440	1,91	2,38	2,22	2,17	86,3	101,7	100,2	93,3	35,8	15,8	7,9	3,6
22	1512	2,25	2,10	1,71	1,82	102,0	89,5	77,3	78,6	3,9	3,2	36,2	54,7

Anexo D – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C4, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,27	2,23	2,21	2,24	100,0	100,0	100,0	100,0	3,1	6,2	2,2	3,5
2	72	2,25	2,19	2,20	2,17	99,3	98,1	99,6	96,7	2,3	3,1	3,6	2,7
3	144	2,19	2,17	2,08	2,18	96,8	97,6	94,1	97,2	1,8	3,4	11,3	2,3
4	216	2,19	2,17	2,13	2,19	96,6	97,3	96,4	97,6	2,2	3,3	1,6	2,3
5	288	2,13	2,13	2,28	2,17	94,2	95,5	103,2	97,0	2,9	3,4	1,4	3,3
6	360	2,21	2,16	2,13	2,11	97,7	97,1	96,3	94,1	3,0	3,3	7,6	3,6
7	432	2,16	2,19	2,23	2,16	95,4	98,5	101,0	96,2	2,4	3,6	2,2	16,4
8	504	2,21	2,15	2,24	2,07	97,7	96,4	101,5	92,1	2,2	3,7	3,7	5,0
9	576	2,19	2,22	2,17	2,24	96,5	99,8	97,9	99,9	5,5	3,3	3,3	2,9
10	648	2,20	2,17	2,26	2,21	97,0	97,5	102,3	98,4	2,5	3,7	3,3	3,1
11	720	2,20	2,20	2,35	2,17	97,0	98,8	106,5	96,6	2,5	3,7	2,3	3,3
12	792	2,15	2,21	2,34	2,25	94,9	99,3	105,7	100,5	3,3	3,2	4,1	3,5
13	864	2,21	2,20	2,39	2,44	97,6	98,9	108,0	109,0	2,7	3,3	13,3	4,5
14	936	2,12	2,24	2,13	2,32	93,6	100,5	96,4	103,3	4,6	3,8	4,1	3,7
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,16	1,99	2,12	2,16	95,2	89,1	95,7	96,6	2,7	3,6	6,1	3,4
16	1080	2,25	2,16	2,13	2,23	99,1	97,0	96,2	99,4	2,5	3,5	3,1	2,9
17	1152	2,15	2,16	2,02	2,19	94,9	97,0	91,3	97,5	2,7	4,7	5,7	2,8
18	1224	2,03	2,16	2,12	2,22	89,5	96,9	95,7	99,2	2,8	4,1	4,3	2,7
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,99	2,03	2,07	2,07	87,9	90,9	93,6	92,3	3,4	5,6	4,4	3,9
20	1368	1,68	2,10	1,28	1,86	74,2	94,5	57,8	83,1	36,1	3,6	14,9	35,4
21	1440	1,17	2,11	2,10	1,48	51,5	94,6	94,8	66,0	77,1	4,4	3,0	69,4
22	1512	1,16	1,72	1,87	1,04	51,0	77,1	84,8	46,3	87,2	5,3	35,0	88,7

Anexo E – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C5, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,92	1,98	1,97	2,00	100,0	100,0	100,0	100,0	1,0	1,6	2,2	1,3
2	72	2,02	2,10	2,00	1,96	105,6	106,3	101,6	98,0	0,8	5,5	1,1	1,2
3	144	2,07	2,28	2,01	1,99	107,9	115,2	102,4	99,6	6,0	1,1	2,3	1,3
4	216	2,12	2,03	2,05	1,96	110,4	102,8	104,4	98,1	0,9	1,4	2,4	1,4
5	288	2,03	2,02	1,90	1,96	106,0	101,9	96,7	98,0	6,6	0,8	13,3	2,1
6	360	2,12	2,07	1,98	2,01	110,4	104,6	100,7	100,5	0,8	0,3	4,5	2,5
7	432	2,03	2,00	1,87	1,99	105,9	101,0	95,2	99,2	1,4	1,3	6,4	1,7
8	504	1,89	2,00	1,84	1,98	98,9	101,1	93,7	99,0	3,3	1,5	9,5	1,8
9	576	2,01	2,07	1,72	1,83	104,9	104,5	87,5	91,3	2,4	1,2	11,2	3,5
10	648	1,98	1,97	1,63	1,83	103,3	99,6	82,8	91,3	2,6	1,8	14,5	3,5
11	720	1,93	1,98	1,49	1,67	100,5	99,9	75,8	83,4	5,0	2,1	19,8	5,9
12	792	1,85	1,92	1,39	1,64	96,5	97,0	70,9	82,0	5,2	3,1	24,6	5,8
13	864	1,77	1,97	1,33	1,50	92,3	99,4	67,7	74,9	6,2	3,0	31,5	9,5
14	936	1,78	2,02	1,22	1,45	92,9	102,1	62,1	72,3	6,4	2,8	37,4	12,8
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,86	1,84	1,21	1,44	97,1	92,8	61,4	71,9	8,2	3,8	40,4	12,4
16	1080	1,68	1,90	1,32	1,37	87,9	96,0	67,0	68,6	10,2	3,7	33,3	18,5
17	1152	1,27	1,84	1,28	1,46	66,1	93,3	65,0	72,9	11,4	3,3	40,6	11,7
18	1224	1,20	1,82	1,26	1,51	62,7	91,8	64,1	75,5	26,6	3,1	38,3	13,7
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,76	1,78	1,22	1,41	92,1	90,1	62,2	70,5	11,1	5,6	44,2	17,7
20	1368	1,73	1,89	1,45	1,53	90,5	95,5	73,7	76,4	7,9	4,1	26,0	17,7
21	1440	1,64	2,16	1,78	1,60	85,7	109,4	90,4	80,1	36,5	3,3	6,9	15,5
22	1512	1,20	1,91	1,68	1,52	62,7	96,5	85,7	75,7	26,6	3,9	6,5	37,8

Anexo F – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C6, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,64	1,64	1,47	1,53	100,0	100,0	100,0	100,0	5,3	4,5	3,4	4,2
2	72	1,53	1,71	1,41	1,55	93,5	104,3	95,5	101,2	7,8	30,6	3,0	4,8
3	144	1,47	1,50	1,62	1,50	89,9	91,1	109,6	97,7	7,6	8,7	17,8	6,8
4	216	1,55	1,49	1,38	1,49	94,9	90,7	94,0	97,3	18,9	6,1	3,1	9,8
5	288	1,46	1,41	1,48	1,52	89,2	86,0	100,8	99,5	8,7	8,5	3,5	5,7
6	360	1,45	1,63	1,53	1,47	88,5	99,3	103,7	95,9	13,4	26,4	2,7	4,5
7	432	1,40	1,41	1,49	1,59	85,8	85,7	101,4	103,5	8,2	7,5	3,5	28,8
8	504	1,35	1,51	1,47	1,36	82,2	91,7	99,8	88,8	10,0	31,0	4,9	8,9
9	576	1,41	1,32	1,42	1,41	86,2	80,3	96,3	92,2	12,0	7,6	6,5	6,9
10	648	1,40	1,36	1,29	1,44	85,6	83,0	87,8	94,1	12,5	8,1	8,5	8,4
11	720	1,13	1,19	1,25	1,42	69,0	72,7	84,9	93,0	24,7	8,4	11,3	7,2
12	792	0,90	0,99	1,36	1,54	55,2	60,5	92,0	100,7	33,6	10,7	21,7	26,6
13	864	0,85	0,94	1,17	1,37	52,2	57,5	79,4	89,5	35,2	14,6	15,0	11,2
14	936	0,66	0,79	1,15	1,11	40,5	47,9	78,1	72,3	46,4	22,8	12,9	12,6
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	0,53	0,88	1,15	1,23	32,1	53,8	78,0	80,2	51,2	27,1	16,0	15,1
16	1080	0,57	0,81	1,21	1,24	34,6	49,5	82,1	81,1	49,5	18,6	12,4	12,7
17	1152	0,64	0,86	1,19	1,15	39,3	52,2	81,1	75,3	48,3	13,5	14,8	13,6
18	1224	0,68	0,83	1,17	1,33	41,3	50,4	79,5	86,5	45,8	16,7	15,9	7,1
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	0,64	0,79	1,04	1,33	38,9	48,2	70,4	86,6	47,1	15,8	16,2	9,3
20	1368	0,59	0,84	1,22	1,28	35,9	51,2	83,0	83,4	47,6	19,9	17,2	4,7
21	1440	0,72	0,93	1,27	1,27	43,7	56,9	86,3	83,2	44,2	31,9	37,6	21,8
22	1512	0,63	0,95	1,41	1,00	38,8	57,9	95,6	65,2	62,6	38,0	6,7	54,6

Anexo G – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C7, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,58	1,59	1,55	1,53	100,0	100,0	100,0	100,0	5,8	3,9	6,7	4,0
2	72	1,69	1,68	1,56	1,51	107,2	106,2	100,2	98,5	5,4	3,6	7,0	3,5
3	144	1,58	1,54	1,56	1,53	100,0	97,2	100,3	100,0	4,9	3,2	7,0	3,8
4	216	1,55	1,55	1,44	1,50	98,4	97,8	92,4	98,1	4,2	3,4	7,1	4,0
5	288	1,63	1,65	1,58	1,50	103,6	103,8	101,5	97,9	5,8	3,4	6,9	3,8
6	360	1,54	1,55	1,60	1,55	97,6	97,8	102,6	100,9	5,4	2,8	7,3	4,0
7	432	1,57	1,57	1,62	1,54	99,4	99,2	104,1	100,6	8,1	2,6	7,2	3,8
8	504	1,52	1,55	1,64	1,56	96,4	97,6	105,2	101,6	6,4	2,9	7,0	3,6
9	576	1,61	1,57	1,55	1,49	102,1	99,1	99,4	97,3	7,2	3,2	7,2	3,8
10	648	1,61	1,55	1,64	1,50	101,9	98,0	105,7	97,7	7,1	3,0	12,6	6,2
11	720	1,54	1,53	1,55	1,52	97,5	96,3	99,9	99,3	6,3	3,4	7,1	4,5
12	792	1,51	1,52	1,58	1,56	95,5	95,8	101,4	101,5	6,6	3,4	7,1	4,0
13	864	1,57	1,54	1,54	1,49	99,8	97,3	98,9	97,4	15,0	5,2	6,0	4,5
14	936	1,56	1,56	1,52	1,56	98,8	98,5	97,6	101,7	5,1	3,2	6,4	4,2
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,39	1,37	1,54	1,51	88,4	86,6	99,0	98,2	6,2	3,0	7,2	4,7
16	1080	1,52	1,50	1,56	1,49	96,1	94,8	100,4	97,2	7,4	3,5	6,9	3,9
17	1152	1,55	1,49	1,49	1,39	98,5	93,7	95,8	90,3	6,8	3,3	6,3	7,1
18	1224	1,48	1,47	1,54	1,57	94,1	92,9	98,9	102,5	6,2	3,0	7,1	4,4
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,33	1,43	1,35	1,41	84,3	90,4	87,0	92,0	8,1	3,0	6,0	3,1
20	1368	1,02	1,46	1,49	1,15	64,5	92,0	95,8	75,2	68,8	4,7	5,5	53,0
21	1440	0,92	1,52	1,51	0,83	58,2	96,0	97,3	53,9	87,1	3,9	7,1	87,3
22	1512	0,62	1,20	1,49	0,46	39,3	75,9	95,8	30,0	129,2	7,4	11,8	162,3

Anexo H – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador convencional modelo C8, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,00	1,06	0,98	0,94	100,0	100,0	100,0	100,0	3,4	16,5	4,7	6,4
2	72	1,04	1,03	1,03	0,95	104,0	96,8	104,5	100,6	3,6	12,8	4,7	3,9
3	144	1,16	1,01	0,96	1,03	115,4	95,6	98,3	109,0	4,3	5,3	14,8	4,1
4	216	1,00	0,88	0,93	0,91	99,8	83,0	95,1	96,4	5,4	11,7	11,2	5,0
5	288	0,96	0,71	0,87	0,96	95,7	66,8	89,1	102,3	8,5	30,1	14,9	8,2
6	360	0,90	0,56	0,86	0,94	90,2	52,5	87,8	100,0	12,6	56,7	21,9	9,3
7	432	0,89	0,55	0,51	0,95	88,6	51,8	52,2	101,2	15,3	61,6	30,9	8,6
8	504	0,83	0,60	0,50	0,93	82,5	56,2	51,5	98,6	22,5	63,5	63,1	10,1
9	576	0,88	0,53	0,35	0,99	88,0	50,0	35,3	105,3	19,0	70,5	79,3	39,7
10	648	0,94	0,51	0,28	0,73	93,3	48,4	28,2	77,1	13,9	74,3	103,0	15,9
11	720	0,76	0,40	0,21	0,67	75,7	37,4	21,1	70,8	31,4	98,7	129,8	26,0
12	792	0,48	0,32	0,34	0,74	47,5	30,1	34,3	78,6	43,2	100,9	116,8	46,6
13	864	0,67	0,24	0,38	0,53	66,6	22,9	39,2	56,8	47,9	119,5	94,8	41,8
14	936	0,64	0,24	0,33	0,43	63,8	23,0	33,3	45,4	52,4	126,4	102,6	59,6
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	0,50	0,22	0,36	0,44	49,5	20,4	36,9	46,4	66,4	159,9	102,3	51,1
16	1080	0,52	0,22	0,41	0,46	52,0	21,1	42,1	48,6	62,3	157,9	93,6	46,9
17	1152	0,56	0,20	0,31	0,37	56,0	18,9	31,5	38,8	59,4	154,8	135,6	69,6
18	1224	0,61	0,23	0,27	0,35	61,1	21,3	27,1	36,7	44,0	159,7	116,5	86,9
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	0,59	0,22	0,20	0,28	58,5	20,4	20,0	30,2	45,6	160,8	139,5	98,1
20	1368	0,60	0,24	0,20	0,32	59,4	22,9	20,8	34,4	44,0	153,1	143,6	92,8
21	1440	0,60	0,32	0,28	0,47	59,8	29,8	28,8	50,3	43,2	130,1	133,2	67,0
22	1512	0,57	0,30	0,27	0,59	57,4	28,1	27,9	62,7	58,0	129,6	126,6	60,1

Anexo I – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A1, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,59	1,63	1,64	1,65	100,0	100,0	100,0	100,0	3,3	2,7	6,1	3,1
2	72	1,69	1,75	1,70	1,64	106,0	107,5	103,4	99,2	3,3	3,7	6,0	2,2
3	144	1,65	1,65	1,64	1,62	103,8	101,3	99,5	98,6	5,9	3,5	4,1	2,7
4	216	1,60	1,71	1,60	1,61	100,9	105,0	97,5	97,5	1,8	7,3	3,3	2,1
5	288	1,68	1,71	1,57	1,67	105,5	104,8	95,8	101,4	2,9	5,0	3,7	2,0
6	360	1,64	1,66	1,59	1,59	102,9	101,4	96,9	96,6	2,6	2,0	3,9	2,7
7	432	1,66	1,64	1,57	1,58	104,3	100,5	95,4	96,1	5,3	2,6	4,7	3,1
8	504	1,69	1,75	1,61	1,58	106,5	107,3	97,7	95,8	2,7	4,6	2,7	3,1
9	576	1,70	1,75	1,55	1,53	106,6	107,0	94,6	93,1	3,7	7,2	5,0	4,2
10	648	1,68	1,76	1,55	1,54	105,7	107,7	94,3	93,2	4,1	7,2	5,1	3,6
11	720	1,70	1,68	1,56	1,62	106,6	102,7	95,2	98,1	3,4	4,6	7,3	4,9
12	792	1,73	1,67	1,56	1,64	108,9	102,5	94,9	99,3	3,7	5,5	5,6	6,6
13	864	1,77	1,75	1,56	1,63	111,1	107,3	95,1	98,9	3,4	4,9	8,6	9,6
14	936	1,71	1,75	1,55	1,69	107,6	107,4	94,6	102,8	3,9	5,0	8,0	4,9
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,72	1,67	1,64	1,70	108,4	102,4	99,9	102,9	5,4	4,4	5,3	2,0
16	1080	1,78	1,76	1,62	1,73	112,1	108,1	98,7	105,0	5,2	4,7	6,2	3,6
17	1152	1,81	1,76	1,69	1,71	114,0	107,8	103,0	103,9	9,8	3,2	6,3	6,3
18	1224	1,82	1,76	1,62	1,80	114,5	107,5	98,8	109,3	7,6	3,2	3,7	3,1
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,80	1,73	1,65	1,72	113,2	106,0	100,4	104,6	3,8	4,2	5,0	2,7
20	1368	1,93	1,77	1,56	1,74	121,1	108,3	95,2	105,6	5,6	8,1	8,4	17,2
21	1440	1,59	1,86	1,19	0,94	99,9	113,8	72,6	57,2	37,5	7,1	56,5	92,2
22	1512	1,45	1,73	1,42	1,35	91,3	105,9	86,6	81,7	42,0	7,9	24,2	60,8

Anexo J – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A2, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,22	2,22	2,08	2,19	100,0	100,0	100,0	100,0	5,8	7,7	3,6	3,8
2	72	2,18	2,15	2,04	2,18	98,3	96,8	98,3	99,9	8,5	6,7	7,0	3,3
3	144	2,12	2,14	2,07	2,05	95,3	96,3	99,5	94,0	6,7	5,6	4,2	3,3
4	216	2,10	2,09	2,07	2,05	94,5	94,3	99,4	93,6	6,8	7,5	3,9	3,5
5	288	2,05	2,09	2,04	2,05	92,4	94,0	98,0	93,7	10,0	7,2	4,0	3,2
6	360	2,10	2,13	2,02	2,01	94,4	95,8	97,3	92,0	5,5	7,0	3,7	3,6
7	432	2,07	2,06	2,00	2,00	93,1	92,9	96,2	91,3	5,8	6,7	3,9	3,6
8	504	2,10	2,09	2,02	2,01	94,7	94,2	97,1	92,1	6,4	6,6	4,0	3,4
9	576	2,18	2,15	1,93	1,96	98,0	96,8	93,1	89,8	6,2	7,4	4,9	4,7
10	648	2,15	2,01	1,87	1,80	96,6	90,7	89,8	82,4	6,4	6,7	3,9	8,1
11	720	2,04	2,09	1,85	1,82	91,9	94,2	89,1	83,1	6,1	6,8	4,6	9,1
12	792	2,00	2,09	1,83	1,86	89,9	94,0	88,1	85,1	7,3	7,0	6,1	6,7
13	864	2,01	2,12	1,81	1,83	90,7	95,4	87,1	83,7	9,1	7,6	8,9	10,1
14	936	1,96	2,08	1,75	1,67	88,2	93,7	84,4	76,4	11,6	10,6	7,4	14,6
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,97	2,00	1,82	1,75	88,6	90,2	87,7	79,9	13,0	7,3	7,0	13,3
16	1080	2,00	2,11	1,83	1,82	89,9	95,2	88,2	83,2	11,2	7,8	7,7	14,4
17	1152	2,00	2,06	1,88	1,71	90,2	93,0	90,5	78,4	10,9	7,9	8,1	16,0
18	1224	2,04	2,01	1,84	1,81	91,7	90,3	88,5	82,9	9,4	11,0	4,5	15,8
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,05	2,05	1,87	1,79	92,2	92,5	89,8	81,8	8,3	8,5	6,2	17,9
20	1368	2,06	2,15	1,94	1,73	92,6	96,8	93,5	79,3	9,3	7,4	7,7	16,9
21	1440	2,05	2,17	1,92	1,95	92,4	97,6	92,6	89,4	13,2	7,3	7,0	6,6
22	1512	2,09	2,10	1,99	2,09	93,9	94,8	95,7	95,7	7,4	8,6	7,7	4,9

Anexo K – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A3, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,24	2,31	2,23	2,32	100,0	100,0	100,0	100,0	9,4	5,8	3,1	4,9
2	72	2,20	2,27	2,28	2,35	98,5	98,2	102,2	101,5	3,1	5,1	3,2	5,0
3	144	2,17	2,10	2,24	2,28	96,9	90,9	100,4	98,5	4,4	20,6	3,5	4,8
4	216	2,11	2,25	2,21	2,25	94,2	97,4	99,2	97,0	9,7	8,5	3,1	4,5
5	288	2,16	2,26	2,27	2,22	96,7	97,8	101,8	95,9	4,0	5,4	4,2	5,3
6	360	2,15	2,21	2,19	2,29	96,1	95,8	98,2	98,8	3,5	5,5	3,0	5,1
7	432	2,14	2,38	2,20	2,20	95,7	103,2	98,4	94,9	4,2	5,8	3,4	5,3
8	504	2,13	2,18	2,13	2,24	95,4	94,5	95,3	96,5	4,0	5,0	2,8	4,8
9	576	2,20	2,21	2,12	2,22	98,3	95,9	94,8	96,0	4,7	5,1	3,0	6,9
10	648	2,15	2,19	2,06	2,16	96,2	94,8	92,0	93,2	4,3	6,4	3,6	5,7
11	720	2,11	2,11	2,03	2,18	94,2	91,5	90,9	94,3	5,3	7,6	4,4	7,3
12	792	1,99	2,06	2,02	2,17	89,1	89,3	90,5	93,8	7,1	8,1	5,2	8,3
13	864	2,00	2,11	1,94	2,11	89,3	91,2	86,8	91,1	4,5	8,6	9,0	10,6
14	936	1,75	2,16	1,90	2,00	78,4	93,4	85,2	86,2	8,9	6,6	7,4	10,7
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,75	1,84	1,90	2,04	78,1	92,8	90,9	88,5	9,3	7,3	4,8	9,8
16	1080	2,14	2,21	2,22	2,19	82,2	95,9	91,8	89,2	10,5	6,5	6,0	9,7
17	1152	2,03	2,05	2,09	2,07	84,9	96,2	93,8	88,0	9,3	5,9	6,3	10,2
18	1224	2,05	2,07	2,04	2,07	91,3	95,0	92,6	89,5	3,5	6,7	3,5	10,4
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,96	2,18	2,02	2,10	87,9	94,2	90,6	90,5	3,6	7,7	6,6	14,3
20	1368	2,06	2,24	2,04	2,06	92,4	96,9	91,5	89,2	5,1	8,3	5,2	10,8
21	1440	2,03	2,18	2,10	2,18	90,6	94,6	94,2	94,2	5,4	7,4	4,9	7,4
22	1512	2,18	2,22	2,25	2,34	97,5	96,2	100,5	101,1	5,6	6,3	5,4	6,3

Anexo L – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A4, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,05	2,30	2,02	2,10	100,0	100,0	100,0	100,0	4,0	5,3	3,5	3,3
2	72	2,11	1,98	2,09	2,13	102,9	86,2	103,4	101,6	6,7	4,0	4,3	1,7
3	144	2,07	2,09	2,05	2,04	101,3	90,8	101,4	97,5	3,2	3,1	3,1	3,7
4	216	2,04	2,08	2,02	2,06	99,5	90,4	100,1	98,2	3,4	3,7	3,2	2,2
5	288	1,99	1,93	1,97	2,01	97,1	84,0	97,2	95,7	5,7	7,4	4,4	3,0
6	360	1,85	2,09	1,93	2,03	90,4	90,9	95,3	96,6	6,4	10,1	4,1	2,9
7	432	1,96	1,91	1,93	2,01	95,6	83,1	95,6	95,7	9,3	11,1	4,4	3,2
8	504	1,82	1,86	2,09	2,02	88,8	80,8	103,0	96,4	12,2	11,0	9,4	2,9
9	576	2,08	2,04	1,91	1,93	101,8	88,7	94,6	92,2	6,6	6,0	7,3	18,8
10	648	1,99	1,97	1,74	1,97	97,0	85,5	85,8	93,8	3,2	5,3	9,5	10,6
11	720	1,84	1,89	1,63	1,84	90,0	82,1	80,3	87,9	9,6	4,0	13,4	8,6
12	792	1,78	1,86	1,53	1,85	86,9	80,7	75,7	88,0	10,6	8,8	15,4	8,2
13	864	1,68	1,87	1,51	1,76	82,2	81,3	74,7	83,8	22,6	12,9	21,0	12,7
14	936	1,56	1,73	1,44	1,52	76,4	75,2	71,0	72,5	26,6	14,0	27,1	32,3
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,48	1,74	1,46	1,84	72,4	75,6	72,2	87,6	30,8	20,6	30,6	13,4
16	1080	1,56	1,70	1,55	1,79	76,4	73,9	76,8	85,3	32,1	19,0	24,4	12,7
17	1152	1,83	1,76	1,50	1,74	89,6	76,6	74,3	83,1	31,1	21,1	30,8	15,0
18	1224	1,71	1,86	1,62	1,87	83,6	81,1	79,9	89,2	23,9	10,3	24,2	13,0
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,71	1,82	1,58	1,92	83,5	79,0	78,0	91,4	20,7	9,0	25,2	16,5
20	1368	1,74	1,61	1,42	1,58	85,0	70,1	70,4	75,5	20,9	16,6	33,8	25,3
21	1440	1,61	1,70	1,91	1,99	78,4	74,0	94,5	94,8	22,7	18,4	16,7	16,1
22	1512	1,63	1,65	2,03	1,94	79,7	72,0	100,2	92,4	42,2	21,3	14,3	50,7

Anexo M – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A5, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	4,03	3,97	3,98	3,90	100,0	100,0	100,0	100,0	3,1	4,8	2,5	4,6
2	72	4,14	3,98	3,97	4,10	102,6	100,3	99,8	105,0	5,4	9,9	3,2	4,3
3	144	4,24	4,14	4,01	4,00	105,2	104,4	100,9	102,4	3,8	5,3	2,4	8,1
4	216	4,22	4,15	3,97	4,09	104,8	104,6	99,7	104,8	4,7	5,0	6,4	4,2
5	288	4,02	3,91	4,05	3,98	99,8	98,6	101,9	101,9	5,5	8,6	2,6	3,9
6	360	3,75	3,84	3,86	3,98	93,1	96,9	97,1	102,1	10,7	8,8	2,9	4,5
7	432	3,96	3,83	3,95	3,84	98,3	96,5	99,2	98,4	4,8	7,0	6,0	4,9
8	504	3,83	3,91	4,00	3,82	95,1	98,6	100,6	97,8	6,4	7,6	3,4	3,7
9	576	3,91	3,84	3,82	3,82	97,0	96,8	96,1	97,8	2,6	6,0	3,6	3,5
10	648	3,97	3,77	3,69	3,74	98,4	95,0	92,9	95,9	2,8	6,7	3,9	4,5
11	720	3,88	3,74	3,72	3,58	96,2	94,2	93,4	91,8	4,0	6,3	4,5	5,8
12	792	3,76	3,82	3,63	3,38	93,4	96,3	91,3	86,7	5,3	4,6	4,4	5,0
13	864	3,53	3,76	3,68	3,58	87,5	94,8	92,5	91,8	11,8	4,4	4,7	7,9
14	936	3,47	3,72	3,67	3,19	86,2	93,7	92,3	81,7	7,4	6,3	4,9	9,6
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	3,58	3,97	3,64	3,44	88,8	100,0	91,5	88,0	11,4	5,6	4,0	9,4
16	1080	3,62	3,76	3,78	3,68	89,7	94,9	94,9	94,3	8,6	5,9	4,8	4,5
17	1152	3,85	3,84	3,74	3,64	95,6	96,8	93,9	93,2	9,4	5,3	4,3	4,4
18	1224	3,94	2,59	3,76	3,76	97,7	65,4	94,5	96,3	6,9	4,6	4,9	4,0
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	3,85	3,84	3,84	3,78	95,5	96,8	96,4	96,9	9,0	5,0	6,0	4,9
20	1368	3,77	3,86	3,90	3,77	93,5	97,4	98,1	96,5	18,5	12,6	9,7	14,7
21	1440	4,56	4,06	4,04	3,93	113,0	102,4	101,6	100,7	13,5	9,8	39,8	9,6
22	1512	3,46	4,09	3,65	3,06	85,9	103,2	91,9	78,6	41,4	8,1	29,7	55,7

Anexo N – Vazão média ($L h^{-1}$), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A6, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média ($L h^{-1}$)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,84	2,06	1,84	1,89	100,0	100,0	100,0	100,0	3,9	4,7	4,3	4,6
2	72	1,86	1,94	1,92	1,90	101,0	94,1	104,1	100,4	3,9	5,6	5,0	3,6
3	144	1,81	1,96	1,86	1,85	98,0	95,5	101,0	97,7	3,9	5,1	3,6	4,2
4	216	1,75	1,88	1,85	1,88	95,0	91,3	100,4	99,3	4,0	5,4	5,1	3,7
5	288	1,81	1,85	1,81	1,83	98,4	90,1	98,2	96,5	3,0	5,5	4,4	4,8
6	360	1,78	1,81	1,81	1,84	96,6	88,0	98,4	97,1	3,1	5,1	4,8	4,0
7	432	1,86	1,87	1,83	1,77	100,7	90,7	99,6	93,6	3,4	6,7	3,8	4,4
8	504	1,85	1,81	1,91	1,81	100,4	87,9	103,9	95,5	3,6	5,2	12,1	4,9
9	576	1,80	1,88	1,79	1,85	97,8	91,3	97,5	97,5	4,4	6,2	4,1	4,8
10	648	1,76	1,81	1,86	1,76	95,2	87,9	101,2	93,0	3,4	5,1	4,1	4,1
11	720	1,79	1,84	1,82	1,80	96,9	89,3	99,1	95,1	3,6	6,1	3,6	4,1
12	792	1,78	1,78	1,77	1,81	96,4	86,3	96,1	95,6	3,1	5,5	4,4	4,4
13	864	1,81	1,83	1,83	1,86	98,1	89,0	99,4	98,3	3,1	5,6	4,9	3,1
14	936	1,70	1,80	1,75	1,77	92,0	87,4	94,9	93,5	3,0	5,4	7,4	5,4
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,75	1,89	1,67	1,63	94,9	92,0	90,5	86,3	3,9	7,8	18,8	15,3
16	1080	1,84	1,81	1,79	1,78	99,9	88,1	97,0	94,0	4,3	5,7	5,1	4,2
17	1152	1,87	1,75	1,70	1,73	101,2	84,9	92,2	91,4	4,1	4,3	14,9	4,1
18	1224	1,86	1,85	1,72	1,77	101,1	89,9	93,5	93,4	3,3	5,9	4,1	4,2
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,78	1,67	1,72	1,77	96,3	81,0	93,4	93,3	3,4	8,8	3,9	3,8
20	1368	1,90	1,88	1,86	1,69	102,8	91,5	101,3	89,1	5,0	6,4	4,1	4,1
21	1440	1,83	1,83	1,74	1,92	99,0	88,8	94,4	101,2	8,9	8,5	8,4	16,9
22	1512	1,50	1,73	1,87	1,58	81,3	84,2	101,7	83,6	56,7	8,7	4,8	13,3

Anexo O – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A7, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	3,39	3,72	3,47	3,47	100,0	100,0	100,0	100,0	8,8	7,8	11,1	11,1
2	72	3,38	3,14	3,36	3,46	99,7	84,3	96,9	99,6	10,7	13,4	10,3	8,5
3	144	3,19	3,25	3,35	3,34	94,0	87,3	96,5	96,3	9,9	10,0	10,0	7,7
4	216	3,21	3,05	3,28	3,30	94,8	82,0	94,6	95,0	9,6	11,3	11,3	7,6
5	288	3,15	3,19	3,21	3,28	93,1	85,6	92,5	94,5	10,3	9,1	11,2	11,7
6	360	3,25	2,98	3,17	3,26	96,0	80,0	91,3	93,9	13,0	10,6	14,3	9,7
7	432	3,14	2,85	3,25	3,23	92,6	76,5	93,7	93,0	12,2	14,5	10,6	10,1
8	504	3,13	3,11	3,19	3,26	92,3	83,5	91,9	94,0	9,8	10,4	14,3	10,4
9	576	3,23	3,14	3,09	3,28	95,2	84,2	89,1	94,5	8,6	16,9	14,8	9,1
10	648	3,11	3,14	3,22	3,07	91,6	84,4	92,7	88,5	10,3	9,1	12,9	8,9
11	720	3,18	3,12	3,19	3,23	93,8	83,9	91,9	93,0	9,5	9,9	11,9	10,2
12	792	3,01	3,06	3,09	3,21	88,8	82,1	89,1	92,4	7,8	8,6	11,1	10,2
13	864	3,27	3,19	3,19	3,29	96,6	85,8	91,9	94,8	10,3	9,6	10,9	8,6
14	936	3,03	3,12	3,15	3,15	89,5	83,8	90,7	90,8	18,2	11,1	11,5	8,8
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	3,06	3,13	3,06	3,20	90,4	84,1	88,2	92,3	11,4	10,3	12,8	10,3
16	1080	3,11	3,05	3,22	3,22	91,8	81,9	92,7	92,9	14,0	10,4	10,8	11,2
17	1152	3,07	3,15	3,16	3,29	90,7	84,7	91,0	94,7	15,5	10,1	10,1	9,4
18	1224	2,99	3,08	3,11	3,20	88,3	82,8	89,7	92,1	13,8	11,7	11,4	9,6
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,87	2,94	3,21	3,30	84,7	79,0	92,4	95,0	19,7	10,1	12,3	11,5
20	1368	3,06	1,41	1,51	2,74	90,3	37,8	43,5	79,1	24,8	71,3	99,7	42,7
21	1440	3,03	0,79	0,81	2,81	89,5	21,3	23,4	80,8	30,4	137,7	190,8	37,6
22	1512	2,93	1,00	1,38	2,44	86,5	26,9	39,8	70,2	29,4	89,0	107,5	41,1

Anexo P – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A8, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,72	2,67	2,73	2,72	100,0	100,0	100,0	100,0	3,2	2,9	2,9	5,6
2	72	2,76	2,64	2,78	2,77	101,4	98,8	101,8	101,9	9,3	4,2	3,8	9,4
3	144	2,82	2,69	2,83	2,79	103,7	100,7	103,7	102,9	4,6	6,8	4,5	3,9
4	216	2,93	2,79	2,69	2,79	107,7	104,5	98,8	102,9	4,5	6,1	2,4	6,9
5	288	2,69	2,70	2,70	2,67	98,8	101,0	98,8	98,2	2,9	6,6	3,4	4,1
6	360	2,59	2,69	2,74	2,65	95,1	100,8	100,3	97,6	8,9	3,6	4,4	6,3
7	432	2,75	2,70	2,67	2,67	101,0	100,9	97,7	98,4	5,1	3,3	5,5	7,9
8	504	2,61	2,59	2,74	2,94	95,8	96,9	100,4	108,3	7,2	5,7	3,4	9,2
9	576	2,75	2,63	2,69	2,77	100,9	98,4	98,7	102,1	3,9	3,9	3,6	7,7
10	648	2,68	2,59	2,69	2,53	98,4	96,9	98,5	93,1	4,0	3,3	15,9	8,9
11	720	2,52	2,45	2,56	2,55	92,7	91,9	93,9	94,0	8,2	5,5	7,1	11,0
12	792	2,43	2,55	2,47	2,48	89,3	95,6	90,5	91,4	5,9	5,5	7,4	11,8
13	864	2,47	2,43	2,51	2,43	90,6	91,0	92,1	89,5	10,5	6,1	8,2	11,6
14	936	2,23	2,42	2,47	2,35	82,0	90,7	90,5	86,7	10,4	9,0	9,0	18,1
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,21	2,53	2,37	2,44	81,3	94,6	86,9	90,0	15,1	7,3	9,3	21,1
16	1080	2,43	2,31	2,47	2,45	89,1	86,6	90,6	90,1	10,8	9,3	11,9	23,5
17	1152	2,59	2,25	2,49	2,32	95,1	84,2	91,4	85,3	10,3	11,0	10,1	24,9
18	1224	2,58	2,30	2,47	2,50	94,6	86,2	90,7	92,1	10,6	6,8	5,3	23,1
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,54	2,33	2,44	2,38	93,3	87,0	89,6	87,7	10,1	9,5	10,4	23,4
20	1368	1,81	2,25	2,91	1,98	66,5	84,4	106,6	73,1	62,7	12,8	72,9	26,6
21	1440	2,27	2,40	1,68	1,67	83,3	90,0	61,5	61,6	19,6	14,2	87,8	71,7
22	1512	2,57	2,08	2,27	1,43	94,5	77,9	83,2	52,5	33,0	53,1	41,4	83,1

Anexo Q – Vazão média ($L h^{-1}$), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A9, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média ($L h^{-1}$)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,02	2,04	2,05	2,12	100,0	100,0	100,0	100,0	2,8	2,6	1,8	2,8
2	72	2,13	2,09	2,15	2,07	105,3	102,2	104,6	97,7	3,7	6,2	7,7	15,0
3	144	2,14	2,05	2,08	2,12	105,6	100,6	101,5	99,9	4,4	2,7	1,7	2,0
4	216	2,22	2,07	1,95	2,10	109,8	101,7	95,1	98,9	3,2	2,6	8,2	2,8
5	288	2,09	1,96	2,10	2,01	103,4	96,0	102,2	94,7	2,8	3,6	1,4	3,0
6	360	2,21	2,01	2,02	2,18	109,4	98,7	98,4	103,0	3,0	5,5	16,0	1,9
7	432	2,08	2,01	2,12	2,11	102,8	98,5	103,2	99,7	7,1	4,8	1,6	2,3
8	504	1,96	2,04	2,19	2,09	96,7	100,1	106,9	98,8	3,4	4,8	2,5	1,9
9	576	2,12	2,01	2,14	1,98	104,6	98,4	104,1	93,4	2,5	2,5	5,1	24,6
10	648	2,10	2,10	2,10	2,05	104,0	102,8	102,5	97,0	2,8	2,7	8,3	2,0
11	720	2,15	2,06	2,08	2,00	106,2	101,1	101,4	94,3	2,9	3,5	2,3	1,9
12	792	2,12	1,94	2,07	2,09	104,9	95,2	100,8	98,5	3,6	3,1	10,4	2,0
13	864	2,07	2,05	2,05	2,22	102,3	100,4	99,9	104,9	3,3	4,2	2,1	2,9
14	936	2,07	1,95	2,04	1,99	102,1	95,6	99,6	94,1	3,3	5,4	4,3	11,8
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,20	1,99	2,16	2,06	108,6	97,8	105,4	97,1	6,0	3,5	14,1	8,0
16	1080	1,93	1,97	2,09	2,09	95,5	96,7	101,8	98,7	14,3	2,4	2,2	7,8
17	1152	1,55	2,00	1,96	1,90	76,6	97,8	95,3	89,6	2,9	4,1	4,4	2,0
18	1224	2,01	1,90	2,06	2,05	99,4	93,1	100,6	96,6	3,2	3,3	3,1	4,1
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,04	1,81	1,76	1,88	101,0	88,8	86,0	88,8	3,7	7,7	1,6	2,0
20	1368	2,04	1,74	2,01	1,41	100,8	85,2	97,9	66,7	3,7	8,8	2,7	52,6
21	1440	1,90	1,83	1,79	1,33	93,7	89,8	87,1	62,6	20,1	25,5	30,9	64,6
22	1512	0,99	1,88	2,04	0,79	49,1	92,3	99,5	37,3	69,1	5,2	3,2	114,0

Anexo R – Vazão média ($L h^{-1}$), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A10, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média ($L h^{-1}$)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,33	2,36	2,28	2,32	100,0	100,0	100,0	100,0	3,2	2,9	5,8	2,7
2	72	2,30	2,13	2,34	2,43	99,0	90,1	102,6	104,7	7,9	5,6	6,2	6,0
3	144	2,18	2,37	2,41	2,34	93,8	100,7	105,6	100,7	13,1	3,0	4,3	6,0
4	216	2,33	2,42	2,25	2,33	100,3	102,6	98,6	100,3	5,8	6,3	5,8	2,5
5	288	2,29	2,31	2,28	2,27	98,4	98,0	100,0	97,4	8,0	5,4	4,4	6,3
6	360	2,32	2,35	2,26	2,35	99,9	99,6	99,2	101,1	9,2	4,2	5,4	6,7
7	432	2,26	2,30	2,23	2,37	97,0	97,6	97,6	101,9	8,6	3,2	6,5	3,2
8	504	2,21	2,28	2,29	2,30	95,1	96,6	100,2	98,7	6,5	5,3	9,0	9,1
9	576	2,40	2,27	2,10	2,07	103,1	96,4	92,2	89,3	6,6	3,1	8,1	9,1
10	648	2,25	2,23	2,14	1,98	96,6	94,5	93,8	85,1	10,0	5,8	8,0	14,4
11	720	2,22	2,23	2,09	2,02	95,4	94,6	91,6	86,8	8,4	4,5	11,6	13,9
12	792	2,10	2,20	2,00	2,10	90,3	93,4	87,5	90,2	9,4	4,3	11,8	7,7
13	864	2,03	2,19	1,94	2,12	87,1	92,7	84,9	91,3	12,6	3,4	18,3	6,6
14	936	1,79	2,18	1,88	1,92	76,8	92,5	82,6	82,4	22,8	4,4	18,0	10,2
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,88	2,29	2,13	1,93	80,8	97,2	93,5	82,9	17,8	3,9	15,9	16,3
16	1080	1,99	2,00	2,14	2,16	85,5	84,6	93,8	93,0	16,3	13,0	15,2	5,6
17	1152	2,10	1,90	2,03	2,10	90,3	80,4	89,1	90,3	14,8	5,9	13,8	7,3
18	1224	2,12	1,94	2,12	2,19	91,2	82,1	93,1	94,2	19,1	6,1	14,2	6,2
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,12	2,12	1,98	2,14	91,1	90,1	86,7	92,2	15,6	8,4	16,8	5,6
20	1368	1,84	1,73	1,56	2,11	79,0	73,5	68,4	90,9	27,5	40,5	19,6	14,0
21	1440	1,66	1,81	1,49	1,78	71,4	76,9	65,2	76,8	26,9	53,0	43,7	32,6
22	1512	1,24	1,50	1,56	1,30	53,4	63,4	68,4	56,1	61,3	69,5	51,4	70,4

Anexo S – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A11, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,90	2,79	2,80	2,88	100,0	100,0	100,0	100,0	2,4	4,2	2,2	3,6
2	72	2,91	2,83	2,73	2,84	100,3	101,3	97,5	98,5	2,3	4,6	2,0	11,4
3	144	2,74	2,66	2,72	2,95	94,4	95,3	97,1	102,1	3,3	4,0	2,7	4,0
4	216	2,81	2,58	2,69	2,92	96,9	92,3	95,9	101,3	5,5	3,2	3,0	4,1
5	288	2,69	2,60	2,77	2,74	92,7	93,0	98,8	95,0	5,0	3,3	2,9	16,9
6	360	2,63	2,52	2,62	2,83	90,6	90,0	93,7	98,2	6,8	3,8	2,9	6,2
7	432	2,69	2,63	2,67	2,81	92,8	94,1	95,2	97,4	4,0	4,8	4,8	4,8
8	504	2,66	2,59	2,69	2,75	91,7	92,6	95,9	95,3	4,9	4,6	4,7	10,1
9	576	2,72	2,73	2,54	2,75	93,8	97,6	90,8	95,3	3,9	5,8	6,6	3,4
10	648	2,62	2,38	2,53	2,67	90,3	85,1	90,3	92,5	3,9	14,0	4,2	6,5
11	720	2,59	2,58	2,53	2,66	89,5	92,4	90,3	92,3	5,7	3,0	6,8	6,1
12	792	2,26	2,52	2,45	2,63	78,0	90,2	87,4	91,1	4,7	4,9	6,7	6,7
13	864	2,59	2,57	2,44	2,47	89,2	91,9	86,9	85,8	5,7	5,1	9,2	8,7
14	936	2,53	2,54	2,42	2,37	87,3	91,0	86,3	82,0	4,8	5,0	10,3	11,6
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,53	2,47	2,49	2,47	87,3	88,4	89,0	85,7	7,7	5,0	5,4	12,0
16	1080	2,58	2,54	2,60	2,65	89,1	90,9	93,0	91,8	7,0	5,3	6,1	8,9
17	1152	2,64	2,56	2,54	2,59	91,2	91,5	90,5	89,8	6,2	4,8	6,1	10,0
18	1224	2,61	2,59	2,54	2,71	90,1	92,6	90,8	94,1	4,4	4,9	5,9	10,3
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,59	2,56	2,64	2,71	89,4	91,5	94,1	93,8	6,1	5,0	10,0	10,3
20	1368	2,71	2,56	2,62	2,71	93,6	91,5	93,5	93,8	5,6	6,0	6,6	10,3
21	1440	2,69	2,28	2,61	2,63	92,8	81,5	93,1	91,1	8,5	9,6	11,9	18,6
22	1512	2,42	2,26	2,68	2,64	83,4	80,7	95,8	91,4	35,5	10,9	13,3	16,2

Anexo T – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A12, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,57	1,70	1,52	1,57	100,0	100,0	100,0	100,0	4,1	2,8	1,9	2,7
2	72	1,60	1,60	1,56	1,59	101,7	94,1	102,3	101,3	5,3	3,8	2,4	2,2
3	144	1,68	1,64	1,54	1,57	106,9	96,1	100,9	99,8	3,8	2,8	2,9	2,3
4	216	1,70	1,63	1,52	1,55	108,4	95,7	99,7	98,5	4,8	3,3	6,1	2,1
5	288	1,67	1,66	1,58	1,55	106,1	97,6	103,6	98,5	4,9	3,4	2,0	2,1
6	360	1,65	1,58	1,58	1,55	104,7	92,7	103,9	98,7	2,8	2,1	2,8	2,7
7	432	1,63	1,60	1,53	1,55	104,0	93,7	100,2	98,9	3,8	3,7	3,6	2,7
8	504	1,63	1,57	1,48	1,55	104,0	92,1	97,1	98,6	4,5	3,3	2,9	2,6
9	576	1,66	1,62	1,41	1,53	105,7	95,0	92,6	97,1	3,4	3,0	4,3	3,5
10	648	1,62	1,55	1,49	1,52	102,9	91,0	97,7	96,6	2,9	3,1	9,7	4,6
11	720	1,50	1,57	1,38	1,46	95,5	92,1	90,3	93,0	5,5	3,5	11,4	8,4
12	792	1,46	1,53	1,26	1,44	93,1	89,5	82,4	91,9	7,8	3,1	20,3	11,3
13	864	1,50	1,55	1,34	1,46	95,2	90,7	87,8	93,2	6,8	3,4	20,7	10,1
14	936	1,44	1,49	1,17	1,48	91,8	87,6	76,8	94,1	6,0	5,2	12,7	26,9
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,46	1,48	1,30	1,44	92,7	86,9	85,6	91,7	8,5	6,6	19,2	12,6
16	1080	1,50	1,48	1,37	1,46	95,2	87,0	90,3	92,8	4,8	5,9	9,5	13,3
17	1152	1,52	1,51	1,22	1,43	97,1	88,7	80,4	91,2	5,4	4,2	7,0	9,6
18	1224	1,48	1,53	1,29	1,47	94,4	90,0	84,8	93,7	9,3	4,3	12,3	10,2
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,57	1,50	1,38	1,49	99,7	88,3	90,7	95,1	4,3	4,3	14,2	13,2
20	1368	1,61	1,59	1,38	1,45	102,8	93,0	90,7	92,3	4,9	6,9	14,2	14,1
21	1440	1,72	1,54	1,19	1,45	109,7	90,2	78,4	92,6	17,1	5,3	15,4	39,3
22	1512	1,54	1,48	1,31	1,60	98,1	87,0	86,2	102,0	6,8	2,7	8,4	9,9

Anexo U – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A13, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	2,26	2,27	2,10	2,19	100,0	100,0	100,0	100,0	5,1	4,5	4,2	6,9
2	72	2,25	2,11	2,17	2,20	99,8	92,9	103,1	100,8	4,4	5,3	4,8	7,1
3	144	2,20	2,12	2,25	2,08	97,3	93,3	106,8	95,3	3,8	6,3	6,5	6,6
4	216	2,19	2,20	2,11	2,19	96,9	96,9	100,4	100,3	4,9	6,6	6,9	5,7
5	288	2,20	2,21	2,09	2,17	97,2	97,4	99,4	99,1	4,6	6,3	4,5	5,2
6	360	2,27	2,22	2,11	2,16	100,7	97,8	100,4	98,9	6,8	10,1	7,2	7,0
7	432	2,27	2,39	2,08	2,08	100,3	105,1	99,1	94,9	8,0	18,0	5,4	10,6
8	504	2,25	2,24	2,22	2,13	99,5	98,6	105,6	97,1	3,8	5,2	5,2	15,0
9	576	2,29	2,33	2,08	2,13	101,2	102,4	99,0	97,5	4,6	4,8	5,3	7,9
10	648	2,29	2,30	2,03	2,15	101,2	101,2	96,3	98,1	6,6	5,8	5,8	8,7
11	720	2,28	2,21	2,09	2,12	101,1	97,2	99,5	97,1	6,5	4,2	5,4	6,5
12	792	2,23	2,20	2,03	2,15	98,6	96,7	96,5	98,0	7,7	6,0	5,6	7,0
13	864	2,35	2,28	2,12	2,05	103,9	100,4	100,7	93,7	5,9	6,9	8,7	11,5
14	936	2,19	2,28	2,11	2,01	97,1	100,3	100,2	92,1	4,7	5,2	10,1	13,6
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	2,31	2,30	2,15	2,20	102,3	101,5	102,0	100,4	4,2	8,2	6,2	5,4
16	1080	2,34	2,25	2,20	2,22	103,6	99,2	104,5	101,4	9,6	7,1	8,9	12,6
17	1152	2,40	2,37	2,14	2,19	106,4	104,3	101,6	100,0	5,1	7,0	7,3	6,6
18	1224	2,48	2,44	2,17	2,20	109,9	107,5	103,2	100,7	5,9	8,7	8,6	9,2
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	2,40	2,21	2,31	2,29	106,1	97,4	109,6	104,8	6,0	12,5	12,7	6,3
20	1368	2,42	2,16	2,16	2,24	107,1	95,3	102,6	102,2	9,2	14,3	23,0	17,6
21	1440	1,30	2,12	0,98	1,26	57,7	93,5	46,5	57,5	81,2	18,8	43,0	95,3
22	1512	1,93	1,91	1,22	0,82	85,6	84,0	58,1	37,5	53,4	44,2	59,8	116,3

Anexo V – Vazão média (L h⁻¹), vazão relativa (%) e coeficiente de variação de vazão (%) do tubo gotejador autocompensante modelo A14, durante as três fases de avaliação

Leitura de vazão	Horas de aplicação	Vazão média (L h ⁻¹)				Vazão relativa (%)				Coeficiente de variação (%)			
						Primeira fase							
		T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V	T1 Lg/B	T2 Lg/V	T3 Lb/B	T4 Lb/V
1	0	1,67	1,66	1,62	1,69	100,0	100,0	100,0	100,0	2,4	2,2	2,5	3,2
2	72	1,78	1,78	1,66	1,68	107,1	107,5	103,0	99,3	9,0	2,5	2,2	3,1
3	144	1,72	1,66	1,74	1,72	102,9	100,1	107,8	101,8	3,2	2,1	12,8	3,8
4	216	1,76	1,72	1,71	1,70	105,3	103,4	106,0	100,8	2,8	2,1	2,7	3,3
5	288	1,77	1,76	1,70	1,69	106,4	105,7	105,0	100,1	2,8	3,0	3,3	3,2
6	360	1,81	1,73	1,69	1,67	108,6	104,0	104,3	98,9	4,9	1,7	12,4	2,7
7	432	1,69	1,65	1,66	1,69	101,4	99,4	102,4	100,1	2,5	2,8	3,9	3,0
8	504	1,71	1,76	1,72	1,73	102,7	105,9	106,6	102,4	2,2	3,2	1,9	3,4
9	576	1,72	1,74	1,64	1,74	103,2	105,0	101,7	102,9	2,2	2,2	3,0	11,0
10	648	1,70	1,75	1,59	1,71	102,2	105,1	98,3	101,4	2,9	2,9	4,8	3,5
11	720	1,68	1,68	1,64	1,68	100,8	101,4	101,4	99,3	3,9	2,8	3,5	3,5
12	792	1,70	1,72	1,59	1,67	102,1	103,7	98,1	99,1	3,4	2,6	3,8	5,1
13	864	1,71	1,70	1,55	1,67	102,4	102,6	96,2	99,0	4,6	3,4	6,3	6,4
14	936	1,66	1,73	1,57	1,67	99,6	104,1	96,9	99,1	5,6	4,1	4,9	12,2
Segunda fase													
		T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe	T1+So	T2+So	T3	T4+Fe
15	1008	1,80	1,66	1,55	1,69	108,0	99,8	96,0	99,9	6,0	3,2	4,1	7,6
16	1080	1,74	1,75	1,67	1,76	104,2	105,4	103,5	104,5	6,2	2,7	3,3	6,0
17	1152	1,77	1,71	1,62	1,74	106,0	103,1	100,3	103,1	4,1	2,0	6,7	5,8
18	1224	1,76	1,68	1,63	1,79	105,5	101,4	100,8	105,8	4,6	2,6	4,0	4,4
Terceira fase													
		T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓	T1+So Sc ↓	T2+So Sc ↑	T1+So Sc ↑	T2+So Sc ↓
19	1296	1,78	1,74	1,70	1,73	106,5	104,5	105,4	102,5	5,7	3,4	4,7	4,7
20	1368	1,70	1,84	1,66	1,73	102,2	110,9	102,5	102,5	37,4	5,6	8,0	4,7
21	1440	1,26	1,84	1,47	1,81	75,7	111,0	91,1	107,5	61,0	5,9	35,3	7,4
22	1512	1,35	1,67	1,46	1,51	81,2	100,5	90,3	89,3	36,9	4,4	21,8	37,7