

JOSÉ APARECIDO DE OLIVEIRA LEITE

**AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE DE TUBOGOTEJADORES
AO ENTUPIMENTO POR PRECIPITADOS QUÍMICOS
DE CARBONATO DE CÁLCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 30 de Agosto de 1995.



Prof. Luiz Antônio Lima

(Orientador)



Prof. Manoel Alves de Faria



Prof. Alberto Colombo

A DEUS,

pela minha existência.

OFEREÇO.

Aos meus pais Ana e Jair

À minha esposa Maria Emília

Ao meu filho Victor Matheus

DEDICO.

BIOGRAFIA

José Aparecido de Oliveira Leite, é filho de Jair de Oliveira Costa e Ana Leite de Oliveira, tendo nascido aos 25 de agosto de 1965 em Franciscópolis-MG.

Cursou o 1º grau na Escola Estadual Frei Gaspar de Módica e Escola Estadual Madre Serafina de Jesus na cidade de Itambacuri-MG.

Em Governador Valadares-MG, formou-se em Técnico em Eletrônica pela Escola Técnica do Instituto de Tecnologia (ETEIT), em dezembro de 1985.

Em julho de 1987, iniciou o curso de graduação na Escola Superior de Agricultura de Lavras, diplomando-se em Engenharia Agrícola em agosto de 1992.

Iniciou o curso de mestrado em Engenharia agrícola, com concentração em Irrigação e Drenagem em março de 1993, na então Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), hoje Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Lavras-MG.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 O potencial da irrigação localizada.....	5
2.2 Fatores que afetam a uniformidade de irrigação.....	10
2.2.1 Coeficiente de variação de fabricação.....	13
2.2.2 Uniformidade de emissão ou distribuição.....	17
2.2.3 Variação de temperatura ao longo da linha de irrigação.....	19
2.2.4 Obstruções dos emissores devido à precipitação química.....	21
2.3 Tratamento de limpeza usando sobrepressão.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Descrição das características do sistema de irrigação.....	29
3.2 Características dos tubogotejadores estudados.....	32
3.3 Metodologia adotada no experimento.....	34

	Página
3.4 Metodologia utilizada no preparo da água usada na simulação da irrigação.....	36
3.5 Metodologia da sobrepressão empregada como tratamento de desobstrução dos tubogotejadores.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 Efeito da variação de temperatura sobre o potencial de precipitação de carbonato de cálcio da água de irrigação.....	39
4.2 Efeito da precipitação química na variação de vazão dos tubogotejadores.....	41
4.3 Efeito da precipitação química no coeficiente de variação de vazão dos tubogotejadores.....	42
4.4 Efeito dos precipitados químicos na vazão relativa dos emissores...	44
4.5 Efeitos da precipitação química na uniformidade de distribuição de água dos tubogotejadores.....	48
4.6 Efeito da sobrepressão como tratamento de desobstrução dos tubogotejadores.....	51
5 CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÊNDICE.....	62

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Produção de tomate (ton/ha) em função do método de irrigação e da condutividade elétrica da água de irrigação...	6
2	Resultados da produção de pimenta em (kg/parcela) em função do método de irrigação e da condutividade elétrica da água de irrigação.....	7
3	Recomendação para classificação do coeficiente de variação de fabricação de tubogotejadores.....	16
4	Classificação recomendada para a uniformidade de distribuição para projeto.....	19
5	Classificação dos emissores segundo a sensibilidade ao entupimento com base no diâmetro mínimo de passagem de água.....	23
6	Dados médios de pressão e valores calculados do raio hidráulico do tubogotejador "QUEEN GIL".....	28
7	Características técnicas dos tubogotejadores testados obtidas de seus respectivos catálogos técnicos.....	33
8	Amostras de água da região Norte de Minas (Janaúba), do Nordeste do Brasil (Serra Talhada), do Laboratório de Hidráulica e da água preparada para o ensaio.....	37
9	Coeficiente de variação de vazão dos emissores dos tubogotejadores em diferentes épocas após o início da irrigação.....	43

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luiz Antônio Lima pela orientação e amizade demonstradas durante a realização deste trabalho.

Ao professor Antônio Marciano da Silva pelo apoio e, também pela amizade.

Aos professores Manoel Alves de Faria e Alberto Colombo pelas sugestões feitas para a montagem do experimento e, principalmente pela amizade.

À aluna de graduação Paulette pela ajuda nas coletas e pesagens das amostras de água e também pela amizade.

À minha esposa Maria Emília pelo apoio em todas as fases da condução do experimento e principalmente pelo amor e carinho dedicado.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica: Oswaldo (Nenêm) pela colaboração na construção da bancada de teste, montagem da instalação hidráulica e também pela amizade; Tânia pelo apoio nas coletas de dados e pelo carinho e amizade transmitidos; e Lindeberg (Seu Berg) pelo incentivo e amizade.

A Aloísio de Araújo Prince da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) pelas análises de água e pela doação de Software.

Aos colegas do curso de pós-graduação pela amizade, apoio e sugestões recebidas durante o decorrer do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos para o desenvolvimento da pesquisa.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia, pela acolhida e ensinamentos transmitidos durante a conclusão deste trabalho.

Enfim, a todos que, de alguma maneira contribuíram para o êxito deste trabalho.

10	Uniformidade de emissão/distribuição dos tubogotejadores em diferentes épocas após o início da irrigação.....	51
11	Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "CHAPIN" para algumas épocas de irrigação.....	53
12	Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "RO-DRIP" para algumas épocas de irrigação.....	53
13	Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "T-TAPE" para algumas épocas de irrigação.....	54
14	Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "QUEEN GIL" para algumas épocas de irrigação.....	54
15	Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "RAIN BIRD" para algumas épocas de irrigação.....	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Vista lateral do sistema inicial de cada linha de tubogotejador, composta de: registro de esfera de PVC válvula reguladora de pressão e tê conectado a registro de esfera metálico.....	31
2	Vista frontal do painel com manômetro de mercúrio em U conjugado com manômetro de água.....	32
3	Vista dos coletores mostrando o momento do deslocamento da bancada de teste para coletar os volumes de água dos 125 emissores simultaneamente.....	35
4	Variação do potencial de precipitação com a temperatura durante a simulação da irrigação.....	40
5	Vazão média obtida dos tubogotejadores ao longo do período de simulação da irrigação.....	41
6	Coeficiente de variação de vazão dos tubogotejadores durante a simulação da irrigação.....	43
7	Vazão relativa do tubogotejador "CHAPIN" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (CH 01), intermediário (CH 13) e final (CH 24).....	46
8	Vazão relativa do tubogotejador "QUEEN GIL" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (QG 01), intermediário (QG 13) e final (QG 24).....	46

9	Vazão relativa do tubogotejador "RAIN BIRD" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (RB 01), intermediário (RB 13) e final (RB 24).....	47
10	Vazão relativa do tubogotejador "RO-DRIP" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (RD 01), intermediário (RD 13) e final (RD 25).....	47
11	Vazão relativa do tubogotejador "T-TAPE" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (TT 01), intermediário (TT 13) e final (TT 25).....	48
12	Uniformidade de emissão/distribuição dos tubogotejadores aos 1 ^o , 19 ^o , 40 ^o , 60 ^o , 77 ^o e 78 ^o dias após início da irrigação.....	50

RESUMO

LEITE, José Aparecido de Oliveira. Avaliação da susceptibilidade de tubogotejadores ao entupimento por precipitados químicos de carbonato de cálcio. Lavras: UFLA, 1995. 64p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia agrícola / Irrigação e Drenagem)*.

Num experimento desenvolvido em casa de vegetação no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se de cinco linhas laterais dos tubogotejadores "CHAPIN", "QUEEN GIL", "RAIN BIRD", "RO-DRIP" e "T-TAPE", avaliou-se a susceptibilidade desses tubogotejadores ao entupimento por precipitados químicos à base de carbonato de cálcio. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se a simulação da irrigação da cultura do melão. Verificou-se no estudo a influência causada pela precipitação química no coeficiente de variação de vazão e na uniformidade de distribuição de água dos emissores. Utilizou-se como metodologia para coleta dos volumes a norma ISO 9261 (1992). Durante as irrigações pode-se verificar que as precipitações químicas ocorreram gradualmente, modificando os coeficientes de variação de vazão e as uniformidades de distribuição dos tubogotejadores. Ao final do teste, quando os tubogotejadores encontravam praticamente entupidos, fez-se tratamento de limpeza com uso de sobrepressão, tratamento este, que não surtiu efeito na desobstrução dos tubogotejadores.

*Orientador: Luiz Antônio Lima. Membros da Banca: Manoel Alves de Faria, Alberto Colombo.

SUMMARY

EVALUATION OF THE SUSCEPTIBILITY OF DRIP-TAPES FOR CHEMICAL CLOGGING BY CARBONATE PRECIPITATES.

This experiment was carried out in a greenhouse at the Hydraulics Laboratory of Federal University of Lavras employing five irrigation Tapes "CHAPIN", "QUEEN GIL", "RAIN BIRD", "RO-DRIP" and "T-TAPE", to investigate their susceptibility for chemical clogging by carbonate precipitates. This research simulated the irrigation of a melon crop during its whole growing season. Influences of chemical precipitation upon coefficient of variation of flow rate and its distribution uniformity were evaluated. To collect and measure the volume of water applied, the ISO Standard 9261 (1992) was used. It could be verified during the irrigations that the chemical precipitation occurred gradually, modifying the coefficient of variation of flow rate and the distribution uniformity of all tapes tested. At end of season, when all tapes were practically clogged, a cleaning procedure employing over-pressure was used, resulting however in no increases of emission rates.

1 INTRODUÇÃO

O método de irrigação localizada caracteriza-se basicamente, pela aplicação da água na fração do solo explorada pelas raízes da planta, de forma pontual ou contínua, geralmente por distribuição de água em pequenas vazões e em curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade em valores ideais para o desenvolvimento das plantas. Nas regiões áridas e semi-áridas, onde a água é escassa e geralmente de qualidade inferior, os sistemas de irrigação localizada têm sido bastante utilizados.

Devido ao grande desenvolvimento da irrigação localizada, as empresas que fabricam estes sistemas de irrigação, têm aperfeiçoado seus equipamentos e dispositivos de emissão, bem como pesquisado novas tecnologias, sempre tendo como objetivos: facilitar a operação e manejo do sistema para os agricultores; proporcionar maior uniformidade de distribuição de água pelos dispositivos emissores; e fazer com que haja uma redução no preço de aquisição do sistema, permitindo assim, a sua utilização por um maior número de agricultores.

Para incrementar o uso da irrigação no Brasil, sistemas de irrigação eficientes, de menor custo, e com menor consumo de energia têm sido

desenvolvidos. Para isto, funcionam com pressão de operação menor, capazes de consumir menos energia e apresentar maior eficiência no uso da água.

Sabe-se também que similar a outros setores da economia, a irrigação também vem sendo influenciada pela abertura do mercado brasileiro a produtos de outros países. Entretanto, a entrada destes produtos no mercado dá-se sem nenhum procedimento de avaliação, aumentando o risco de fracasso na produção dos agricultores que adotam estes sistemas ou equipamentos, principalmente depois da extinção do CENTRO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (CENEA). No entanto, a última reunião da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM (ABID) em Maceió (1995) teve como recomendação que seja reivindicado veemente junto às autoridades federais o restabelecimento e aprimoramento no País de um laboratório de ensaios e aprimoramento de máquinas e equipamentos de irrigação e drenagem, como forma de assegurar melhoria de qualidade dos produtos que têm sido comercializados até hoje, evitando-se prejuízo àqueles que têm utilizado dessa tecnologia uma vez que se tem comercializado produtos fora de padrões, numa concorrência desleal para com aqueles que zelam pela qualidade, cujo prejuízo tem recaído sobre o frágil agricultor.

A irrigação não é uma exceção. A partir dos anos 80 aumentou-se significativamente o uso de equipamentos e acessórios importados nos sistemas de irrigação instalados no Brasil. E a irrigação localizada foi o método que provavelmente mais recebeu esta contribuição tecnológica estrangeira.

Dentre os vários equipamentos importados de irrigação localizada, tem-se os tubogotejadores "TAPES" que são mangueiras flexíveis de polietileno

constituídas de emissores tipo labirinto, fundidos na própria tubulação da linha lateral. Este "design" reduz os custos de fabricação e em consequência o preço para o produtor, além de facilitar o transporte e utilização no campo.

Para efeitos de comparação, sem considerar a vida útil, os tubogotejadores são de custo inferior às laterais de tubos de polietileno, dispostos de gotejadores inseridos dentro do tubo ou mesmo sobre o tubo.

Porém, alguns problemas ainda persistem no uso da irrigação localizada. Como por exemplo, o entupimento dos emissores, constitui-se numa das principais razões da não aceitação em larga escala desse método de irrigação. Geralmente a obstrução do emissor é causada pela precipitação química, especialmente os carbonatos à base de cálcio, bastante comuns em águas empregadas para irrigação em regiões áridas e semi-áridas. Águas desta natureza ocorrem com frequência no Norte de Minas Gerais e no Nordeste do País. Este entupimento é causado por precipitados químicos que não solubilizam-se na água, devido à variação de temperatura e/ou do pH da água de irrigação. Como se sabe, a solubilidade dos sais a base de carbonatos tende a diminuir com o aumento de temperatura e/ou pH. O entupimento pode ser parcial, reduzindo a uniformidade de aplicação, ou até mesmo total, interrompendo por completo o funcionamento do sistema, causando sérios problemas as culturas, ligados à deficiências hídricas.

Muito embora os fabricantes desses tubogotejadores recomendem seu emprego apenas com água de boa qualidade, fatos inerentes à irrigação como fertirrigação e variação de temperatura e pH proporcionam entupimento por precipitados químicos.

É recomendável também pela literatura dobrar a pressão de operação do sistema para desobstruir os emissores que encontram-se parcial e/ou totalmente bloqueados pelos sais que acumulam-se em seus interiores devido à precipitação.

Portanto, antes que estes equipamentos sejam largamente utilizados pelos irrigantes, devido principalmente ao seu baixo custo inferior a R\$0,25/m (US\$1,00 = R\$0,85), é de extrema importância a realização de testes de desempenho para que o mesmo tenha credibilidade com relação às suas características e viabilidade de uso na prática (Testezlaf e Campioni, 1993).

Diante destes fatos, este trabalho simulou a irrigação da cultura do melão na região nordeste e teve como objetivos:

- a) Avaliar a susceptibilidade de cinco modelos de tubogotejadores ao entupimento por precipitados químicos oriundos de água de irrigação contendo altos teores de carbonato de cálcio (CaCO_3).
- b) Determinar as variações que ocorrem no coeficiente de variação de vazão dos emissores ao longo do tempo, quando sujeitos à água de má qualidade.
- c) Testar o procedimento de sobrepressão, recomendado na literatura, para desentupimento de tubogotejadores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O potencial da irrigação localizada.

É de capital importância que no projeto de irrigação não seja considerada apenas a captação, condução e aplicação de água dentro da parcela, mas sim, uma operação integrada, incluindo também, a equidade na distribuição da água, as práticas culturais, e a retirada do excesso de água da área irrigada através de drenagem, envolvendo relações existentes entre solo, água, planta e clima. Caso essas interações não sejam consideradas, quer por ignorância, quer por falta de planejamento, a eficiência do projeto e sua vida útil serão muito prejudicadas, (Bernardo, 1989).

A potencialidade do uso da irrigação por gotejamento foi evidenciada por Goldberg e Shumueli (1970), em experimentos realizados com as culturas de pepino, tomate, melão e uva, trabalhando com condições de clima árido, solo salino e água contendo altos teores de sais. Foram obtidos resultados favoráveis, pois por manter o solo sempre na capacidade de campo, o efeito da salinidade foi minimizado. Alguns dos resultados destes estudos estão relatados no Quadro 1. Outra grande vantagem da irrigação por

gotejamento, segundo Howell e Hiler (1974 b), é a sua versatilidade, pois pode ser usada em pomares, casa de vegetação, culturas em linha e jardins.

Clark et al. (1991), em estudo comparativos entre os métodos de irrigação por aspersão, subirrigação e localizada, concluíram que a irrigação localizada requer substancialmente menor quantidade de água sem afetar a produção e a qualidade dos frutos.

Olitta (1986), afirma que apesar da irrigação localizada apresentar várias vantagens sobre outros métodos, o certo é que não existe um método ideal para todas as situações. A escolha adequada do método de irrigação e o projeto e o manejo corretos são importantes para o sucesso de um empreendimento com agricultura irrigada.

QUADRO 1. Produção de tomate (ton/ha) em função do método de irrigação e da condutividade elétrica da água de irrigação.

Condutividade elétrica da água (dS/m)	Método de irrigação		Fonte
	Aspersão	Gotejamento	
0,4	51,3	65,9	Goldberg e Shumueli (1970)
1,2	69,4	71,7	Medina San Juan (1988)
3,0	38,8	64,1	Goldberg e Shumueli (1970)
3,0	34,9	58,2	Medina San Juan (1988)
3,4	46,6	59,8	Medina San Juan (1988)
3,6	27,1	70,8	Medina San Juan (1988)

Segundo Ayers et al. (1991), com a irrigação por gotejamento com águas de boa qualidade, pode resultar em rendimentos compatíveis, ou ligeiramente superiores aos rendimentos conseguidos com outros sistemas; no entanto, quando se utilizam águas mais salinas ($CE > 1,0$ dS/m), os

rendimentos são freqüentemente superiores. Este caso deve-se ao fato de que na irrigação por gotejamento, a água aplicada encontra-se mais disponível para as plantas, devido ao maior teor de umidade no solo ocupado pelas raízes. Este maior teor favorece menores concentrações e conseqüentemente menor incidência de toxidez generalizada para as plantas e níveis mais baixos de potencial osmótico, restringindo menos a absorção de água pelas plantas. Portanto, em situações onde a salinidade excede o limite da tolerância das culturas, os sistemas de irrigação localizada tem potenciais para produzir melhores rendimentos, como ilustra o Quadro 2.

QUADRO 2. Resultados da produção de pimenta em (kg/parcela) em função do método de irrigação e da condutividade elétrica da água de irrigação.

Condutividade elétrica da água (dS/m)	Método de irrigação		
	Sulcos	Aspersão	Gotejamento
0,6	14	01	35
3,8	20	25	41

Fonte: Ayers (1991).

Coelho et al. (1977), em seus estudos sobre os métodos de irrigação que melhor se adaptam a cultura do melão, observaram uma superioridade, embora pequena, do método de gotejamento em relação à irrigação por sulcos, visto que o primeiro promoveu um desenvolvimento mais dinâmico da planta. Contudo a taxa de acumulação diária de matéria seca foi aproximadamente igual.

Goldberg et al. (1976), citados por Abreu et al. (1978), afirmam que em relação ao desenvolvimento vegetativo da cultura, a irrigação por gotejamento adiantou o ciclo em duas semanas comparada à aspersão e uma semana em relação a por sulcos. O método de irrigação por gotejamento, empregado na condução da cultura do melão, variedade Valenciano Amarelo CAC, no vale do São Francisco, proporcionou maior tamanho médio de frutos (0,911 kg/fruto); maior número de frutos colhidos por unidade de área (12.915 frutos/ha) e proporcionou uma produção média de 11.846 kg/ha, quando comparado com o método de irrigação por sulcos, com médias de 0,660 kg/fruto, 11.549 frutos/ha e 7.941 kg/ha.

Segundo a revista GLOBO RURAL ECONOMIA (1990), o mercado internacional exige as variedades de melão Valenciano e Honey-Dew e frutos com padrão que apresentem peso de 1 a 2 quilos, sem lesões e com coloração uniforme.

De acordo com a FUNDACIÓN CHILE (1988), o principal importador de melão nesta temporada foi a Europa com 69,4% do total. Para os Estados Unidos se destinou 30,4% do volume exportado. A variedade mais exportada foi a Honey-Dew seguida pelas variedades Cantalupe, Tendral e Scorre. As normas Chilenas classifica os frutos por tamanho, segundo a qual o tamanho do melão será determinado pelo peso ou pelo diâmetro da seção equatorial de cada fruto. Quando o tamanho for expresso em peso, o maior melão de cada caixa não deve pesar mais de 50% comparado com o menor fruto. Quando o tamanho for expresso em termos de diâmetro, o diâmetro do maior melão não deve superar em 20% ao melão de menor tamanho. Estas

normas exigem ainda que os melões sejam de boa qualidade, bem desenvolvidos, sem gretas e sem lesões.

DAN (1974), citado por Abreu et al. (1978), realizou um experimento em Israel para determinar os parâmetros de irrigação e fertilização na cultura do melão irrigado por gotejamento onde seus resultados demonstraram que o nível de irrigação não teve influência marcante na produção total (foram testados os fatores do Tanque Classe A de 0,55, 0,70, 0,85 e 1,00), onde os melhores resultados foram obtidos com as menores quantidades de água aplicadas. Com relação aos intervalos testados (6, 24, 96 e 192 horas), também não foram encontradas diferenças significativas.

Coelho et al. (1977) compararam os métodos de irrigação por sulco e gotejamento em diversas condições de manejo, na cultura do melão Valenciano Amarelo CAC. Os melhores resultados de produção foram obtidos pelo gotejamento em intervalos de rega de dois dias, utilizando os fatores de 0,75 e 1,00 de evaporação do Tanque Classe A, embora as produções não diferiram estatisticamente entre os métodos empregados. Olitta et al. (1978), também comparando os métodos de irrigação por sulco e gotejamento na cultura do melão Valenciano Amarelo, verificaram uma produção média de 7.941 e 11.846 kg/ha, respectivamente. Tal fato se deu devido ao maior número de frutos, bem como, ao maior tamanho dos frutos colhidos no tratamento por gotejamento.

Calegar e Coelho (1987) procederam a uma análise econômica de dois métodos de irrigação: gotejamento e sulco em diferentes condições de manejo na cultura, variedade Valenciano Amarelo. Do ponto de vista

econômico, com o gotejamento foram obtidos melhores resultados, com um aumento de 55% na renda líquida quando comparado ao sulco. As principais restrições ao gotejamento apresentadas pelos autores foram o elevado investimento inicial com o sistema e a falta de estudos de avaliação destes equipamentos de irrigação localizada.

2.2 Fatores que afetam a uniformidade de irrigação.

Para que tenha sucesso, um projeto de irrigação por gotejamento deve ser planejado como um todo; de modo a fornecer a quantidade necessária de água às plantas, segundo o esquema de irrigação projetado. Contudo, estes sistemas não aplicam a água com uma uniformidade constante ao longo das linhas de plantas irrigadas.

A desuniformidade na distribuição de água, segundo Bucks e Myers (1972), é um fator básico para avaliar a qualidade de irrigação, influenciando diretamente na produção da cultura e nos gastos de água; sendo a uniformidade de aplicação afetada principalmente pelas imperfeições de fabricação dos emissores e mudanças na pressão que ocorre ao longo da linha lateral. Os mesmos autores tentaram compensar esta mudança na pressão variando os bocais dos emissores, mas não obtiveram sucesso. Wu e Gitlin (1973) com o mesmo objetivo usaram comprimentos diferentes de microtubos, estes autores também verificaram que este método apresentou diversas desvantagens.

Esta desuniformidade é devida, também entre outros fatores, à imperfeição na fabricação dos gotejadores e ao entupimento que poderá ocorrer durante o tempo de uso dos mesmos. Esses problemas podem ser solucionados com o aperfeiçoamento dos processos de fabricação e pela filtragem da água para remoção de partículas grosseiras em suspensão e de materiais orgânicos contidos na água de irrigação, além de técnicas de controle (manejo) para evitar precipitação de sais, quando for usada água de má qualidade.

A eficiência dos sistemas de irrigação por gotejamento depende diretamente da uniformidade com a qual a água é descarregada dos dispositivos de emissão através de todo o sistema. Segundo Nakayama e Bucks (1981), informações referentes à vazão dos emissores e sua uniformidade são essenciais para o dimensionamento e manejo adequado dos sistemas de irrigação localizada.

Os fatores que acarretam variação na vazão, afetando por conseqüência a uniformidade de emissão de um sistema de irrigação por gotejamento foram citados por Solomom e Keller (1978), Solomom (1985) e Denículi (1979) e podem ser listados como:

- 1ª) Características de projeto do emissor - importantes para determinar como a taxa de emissão responde em relação as outras variáveis que estão influenciando;
- 2ª) Variabilidade na fabricação dos emissores - nenhum processo de fabricação é tão exato que possa produzir unidades iguais, tempo após tempo. Portanto, mesmo em condições idênticas, taxas de emissão podem variar de um gotejador para outro;

- 3º) Perdas de energia por atrito por toda a rede de distribuição - afeta a taxa de emissão;
- 4º) Diferenças de cotas por toda a parcela do sistema de irrigação - afetam as taxas de emissão;
- 5º) Os caminhos de passagem do fluxo nos gotejadores são muito pequenos - sem filtragens e tratamentos adequados da água de irrigação ocorrerão entupimentos inevitáveis;
- 6º) Número e grau de gotejadores parcialmente entupidos afeta a uniformidade de emissão - mesmo com bons sistemas de filtragem, alguns gotejadores sofrerão este problema. Se há partículas finas de silte e argila na água, bem como sais solúveis, estes poderiam depositar e/ou precipitar nas passagens de fluxo dos gotejadores, pois a velocidade da água nestes locais é baixa. Isto ligeiramente reduz o diâmetro de passagem, causando um decréscimo gradual na taxa de emissão; e
- 7º) A temperatura da água nas linhas plásticas podem influenciar as vazões - se as linhas são colocadas na superfície do terreno, e estão sujeitas ao radiação solar, a temperatura da água variará dependendo da hora do dia ou da noite, e outras condições atmosféricas. A taxa de emissão de alguns gotejadores modificará, dependendo da viscosidade da água, a qual por sua vez depende da temperatura. A temperatura da água pode influenciar as taxas de emissão de alguns gotejadores, porque afeta também as dimensões ou características do polietileno.

Howell e Hiler (1974 a, b) apresentaram um processo para projetar a linha lateral de irrigação por gotejamento baseado no coeficiente de uniformidade, considerando apenas os efeitos do primeiro, terceiro e quarto itens. Entretanto, pode-se ver que os demais itens também são importantes.

No entanto, Bralts, Wu e Gitlin (1981) afirmaram que a uniformidade de aplicação é, em geral, somente função das variações próprias do emissor e da variação de pressão ao longo da linha, sendo essas causas independentes. Esta independência, conforme Clemmens (1987), somente é aceita quando o emissor possui vazão constante, diminuindo assim o efeito provocado pela variação de pressão ao longo da linha lateral.

Não existe uma análise prática comum para tratar todos os sete fatores durante o projeto de um sistema de irrigação. Portanto, este trabalho de dissertação considerou para estudo da uniformidade de emissão do sistema de irrigação por gotejamento, apenas a influência da variabilidade na fabricação dos tubogotejadores, através do coeficiente de variação de fabricação e o entupimento de seus gotejadores.

2.2.1 Coeficiente de variação de fabricação.

O coeficiente de variação de fabricação do gotejador (CVF), atualmente descrito nas normas da AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE em seu STANDARDS EP 405.1 (1994), é um termo usado para descrever a variação antecipada na vazão de

uma amostra de gotejadores novos, quando operados numa pressão aproximadamente igual a pressão de serviço recomendada pelo fabricante.

Este coeficiente de variação foi definido inicialmente por Keller e Karmeli (1974), depois adotado pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1987); INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 9261 (1991) e ASAE EP 405.1 (1994), como sendo a relação do desvio padrão das vazões e a média das vazões dos emissores, como é mostrado na Equação 1.

$$CVF = \frac{S}{\bar{q}} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

CVF = coeficiente de variação de fabricação do gotejador, adimensional;

\bar{q} = estimativa da média das vazões da amostra testada em volume por unidade de tempo; e

S = desvio padrão das vazões de uma amostra adequada de gotejadores novos, testados na pressão de serviço normal, em volume por unidade de tempo, descrito na Equação 2.

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

q_i = a vazão de cada emissor;

\bar{q} = a vazão média dos emissores; e

n = o número de emissores da amostra.

Valores típicos de coeficientes de variação de fabricação do gotejador, podem variar de 0,02 a 0,10, apesar de valores acima deste intervalo também serem observados em alguns casos (Solomom, 1979).

Segundo Solomom (1979), o significado físico do CVF 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. Então, essencialmente, todas as vazões observadas cairão dentro de três desvios padrões das vazões expectativa válida para distribuição do tipo Normal. Do mesmo modo, cerca de 95% das vazões observadas cairão dentro de dois desvios padrões das vazões observadas e 68% cairão dentro de uma vez o desvio padrão das vazões observadas.

Da definição do Coeficiente de Variação de Fabricação do gotejador, tem-se $S = \text{CVF} \cdot \bar{q}$. Estando dentro de 1, 2, ou 3 desvios padrões das vazões, implica ter vazões dentro dos seguintes limites:

$(1 \pm \text{CVF}) \cdot \bar{q}$; $(1 \pm 2\text{CVF}) \cdot \bar{q}$; $(1 \pm 3\text{CVF}) \cdot \bar{q}$, respectivamente.

Abreu et al. (1987), e mais recente a ASAE EP 405.1 (1994), citam que os coeficientes de variação de fabricação podem classificar os emissores de acordo com os valores apresentados no Quadro 3.

QUADRO 3. Recomendação para classificação do coeficiente de variação de fabricação de tubogotejadores.

CVF	Classificação
$\leq 10\%$	Bons
10 - 20%	Médios
$> 20\%$	Deficientes e Inaceitáveis

Fonte: ASAE EP 405.1 (1994).

Solomom (1979) fez várias considerações que proporcionaram pelo menos uma justificativa informal para supor que as taxas de fluxo dos gotejadores, em uma dada pressão, são distribuídas normalmente:

- 1º) As distribuições observadas com quatro diferentes dispositivos, parecem, subjetivamente, estarem próximos da distribuição normal;
- 2º) Variações de muitos processos de fabricação tendem a ser normalmente distribuídas sobre seus valores médios. Além disso, a taxa de fluxo de um gotejador pode ser considerada como sendo o resultado final de numerosas variáveis ao acaso atuando por todo o processo de fabricação, e o resultado composto tenderá para a normalidade, mesmo se algumas das variáveis individuais não forem de distribuição normal;

3º) Finalmente, o emprego para os quais essas distribuições serão colocados com as variações e imprecisões inerentes em outras facetas do problema, provavelmente não assegura o uso de uma distribuição mais complexa, mesmo se reconhecidamente for mais representativa do que a distribuição normal.

2.2.2 Uniformidade de emissão ou distribuição.

O conceito de uniformidade de emissão, foi originalmente apresentado por Keller e Karmeli (1974), sendo a sua definição baseada na razão entre as vazões mínima e média dos emissores.

Merrian et al. (1983) utilizam os termos uniformidade de distribuição e uniformidade de emissão como sinônimos em seu trabalho. James (1988) adota o nome de uniformidade de distribuição para o conceito aqui apresentado de UD, expressa pela Equação 3 como:

$$UD = 100 \cdot \frac{q_n}{\bar{q}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

UD = uniformidade de distribuição;

q_n = média das 25% menores vazões observadas; e

\bar{q} = média de todas as vazões observadas.

Esse conceito foi baseado na premissa de que o objetivo primário de um sistema de irrigação é assegurar a aplicação de uma quantidade mínima de água na área irrigada, conforme observaram Solomom e Keller, (1978).

Segundo Pizarro Cabello (1987), a uniformidade de distribuição (UD) pode ser utilizada tanto para fins de dimensionamento do sistema como para sua avaliação de campo. No caso de dimensionamento, ao contrário da avaliação de um sistema já instalado, a uniformidade é uma condição que se impõe.

De acordo com Cuenca (1989), para efeito de dimensionamento, q_n passa a ser a vazão mínima do emissor e \bar{q} a média da vazão de projeto do emissor. A vazão mínima do emissor corresponde ao ponto de menor pressão no sistema de distribuição.

Pizarro Cabello (1987) observa ainda que quanto maior o valor de UD mais caro fica o equipamento de irrigação, já que para uma menor dispersão nas vazões, a distribuição de pressões na rede hidráulica precisa ser mais uniforme, o que exige maior diâmetro nas canalizações, laterais mais curtas, maior investimento em reguladores de pressão, etc. Os critérios para interpretação dos valores de uniformidade de emissão/distribuição, segundo a ASAE EP 405.1 (1994) são apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4. Classificação recomendada para a uniformidade de distribuição para projeto.

Tipo de emissor	Espaçamento (m)	Topografia do terreno	Declividade (%)	UD (%)
Emissão pontual em culturas perenes	> 4	Uniforme	< 2	90 a 95
		Declivosa ou ondulada	> 2	85 a 90
Emissão pontual em culturas semi-permanentes ou perenes	< 4	Uniforme	< 2	85 a 90
		Declivosa ou ondulada	> 2	80 a 90
Emissão linear em culturas anuais ou perenes	Qualquer	Uniforme	< 2	80 a 90
		Declivosa ou ondulada	> 2	70 a 85

Fonte: ASAE EP 405.1 (1994)

2.2.3 Variação de temperatura ao longo da linha de irrigação.

Existe a suposição de que o processo de fabricação, o entupimento e outros fatores, como variação de temperatura da água, também contribuem para que haja variação na vazão dos gotejadores.

Segundo Zur e Tal (1981), a temperatura da água que flui numa tubulação de irrigação, exposta a radiação solar, tende a aumentar com o comprimento da tubulação. Parchomchuk (1976) mediu um aumento de 16°C na temperatura da água à medida que ela passava por um tubo de polietileno de 37 metros de comprimento disposto na superfície do solo com incidência da radiação solar. Ele também mediu aumento de 6°C na temperatura da água em um tubo semelhante enterrado a 15 cm abaixo da superfície. Gilad et al.

(1968), citados por Zur e Tal (1981), verificaram a distribuição da temperatura da água ao longo de uma tubulação de polietileno de 70 metros de comprimento exposta à radiação solar. Eles descrevem um aumento de 12°C na temperatura da água no final do tubo. A maior parte do aumento da temperatura foi medido ao longo dos últimos 15 metros da tubulação.

A sensibilidade da descarga do emissor à temperatura foi examinada por Keller e Karmeli (1975). Eles sugerem que a sensibilidade da descarga à temperatura seria mínima nos emissores onde o fluxo de água é turbulento, como exemplo nos emissores tipo bocais, vórtex e labirinto. Para emissores de percurso longo em helicoidal, os mesmos autores presumem, visto que o regime de fluxo da água é laminar, que a sensibilidade da vazão com a temperatura será igual a sensibilidade da viscosidade com a temperatura.

Variações na fabricação dos emissores e variações na pressão de operação do sistema são citadas por Keller e Karmeli (1974), como as principais fontes de variação de vazão dos emissores. Todavia, um fator adicional que poderia resultar em grandes variações de vazão dos emissores é a variação de temperatura da água. Os mesmos autores verificaram variações nas vazões, baseada nas variações de viscosidade para a faixa de temperatura de 5 a 40°C . Nesta faixa de temperatura a variação teórica na taxa de variação de vazão relativa a taxa de vazão a 20°C é de aproximadamente $2,8\%/^{\circ}\text{C}$.

Segundo Parchomchuk (1976), a mudança na viscosidade, em função da temperatura da água, pode causar variações na vazão dos emissores, maior do que o limite máximo, de 10%, caso o regime de fluxo de água no emissor seja laminar. Quando o regime de escoamento no emissor for turbulento, a

vazão não será afetada por mudanças na viscosidade. Variações na temperatura da água podem ocorrer de várias maneiras. Essas mudanças ocorrem durante um período de tempo do dia para a noite, de dia para dia, além de mudanças estacionais e de extremidades para extremidades das linhas laterais, devido ao aquecimento solar de tubos plásticos, de cor negra.

Valores de temperatura da água na linha lateral, tão altos quanto 77°C, já foram observados por Parchomchuk, (1976).

2.2.4 Obstruções dos emissores devido à precipitação química.

A precipitação química é uma das principais causas que provocam o entupimento parcial ou total dos emissores. Este entupimento é causado por sais existentes na água, além da quantidade máxima que pode ser dissolvida, que naturalmente precipitam-se formando cristais sólidos. A precipitação de carbonatos é o tipo mais comum de obstrução química na irrigação por gotejamento (Hills et al., 1989).

O risco de obstruções ocasionadas pelo uso de uma determinada água de irrigação é muito mais freqüente em clima árido e semi-árido. A evaporação excessiva e altas temperaturas são os fatores que mais interferem na formação dos precipitados químicos. O desenvolvimento de microorganismos também provoca entupimento de tubogotejadores. Além disso, os fertilizantes adicionados à água também causam obstruções (Wither e Vipond, 1979).

De acordo com Costa et al. (1994), a quimigaç o principalmente a fertigaç o, pode aumentar os riscos de entupimento dos emissores, pois a fertilização da água promove o desenvolvimento e a proliferação de algas e fungos. O entupimento de emissores reduz a uniformidade de aplicação e afeta a distribuic o dos produtos químicos veiculados pela água de irrigação.

Os precipitados químicos podem ser produzidos quando as condições iniciais da água são modificadas, tais como pH, temperatura, ocorrência de íons incompatíveis e, sobretudo, a evaporação da água nos emissores após cada irrigação, o que aumenta a concentração dos sais dissolvidos que precipitam-se ao superar o limite de solubilidade. As obstruic es mais freqüentes de origem química são as causadas pela precipitação de carbonato de cálcio, (Pizarro Cabello, 1987).

Segundo Lima (1994), alterações nos padrões da água podem torná-la capaz de provocar entupimento e corrosões de bombas, tubulações, aspersores, microaspersores, e gotejadores.

Pizarro Cabello (1987), afirmou que o risco de obstruic o de um emissor depende do diâmetro mínimo do orifício de saída e da velocidade da  gua. Nos emissores de baixa vazão o diâmetro de saída pode variar entre 0,3mm até algo acima de 1,0 mm. Um caso extremo, são os tubos porosos, nos quais as perfurações são de tamanho microscópico. Entretanto, nos emissores de alta vazão, como microaspersores e microdifusores, os diâmetros podem chegar a mais de 2,0 mm, nos quais o risco de obstruic o é muito menor. O Quadro 5 apresenta a classificação dos emissores segundo a sensibilidade ao entupimento de acordo com o diâmetro mínimo de saída do emissor.

Quanto maior a velocidade da água dentro da tubulação, menor é o risco de sedimentação; por esta razão prefere-se o regime turbulento ao laminar para fluxo de água em irrigação localizada.

QUADRO 5. Classificação dos emissores segundo a sensibilidade ao entupimento com base no diâmetro mínimo de passagem de água.

Diâmetro mínimo (mm)	Sensibilidade à obstrução
≤ 0,7	Alta
0,7 - 1,5	Média
> 1,5	Baixa

Fonte: Pizarro Cabello (1987).

As obstruções causadas pelas precipitações químicas de produtos como carbonato de cálcio se produzem gradualmente, sendo de difícil localização. As altas temperaturas e os valores altos de pH favorecem a precipitação química, devido ao excesso de carbonato de cálcio de certas águas de irrigação (Ayers, 1991).

Ayers (1991), afirma que alguns fertilizantes injetados ao sistema podem provocar precipitações; por exemplo, se a concentração de cálcio é superior a 6,0 meq/l, os fertilizantes fosfatados obstruirão os emissores. Ao mesmo tempo, concentrações de bicarbonatos acima de 5,0 meq/l provocarão problemas ainda mais graves. Por outro lado, as aplicações de amônia anidra ou líquida nos sistemas de irrigação localizada não são recomendadas, já que poderiam aumentar o pH da água até valores acima de 11,0 o que provocaria rápida precipitação de carbonato de cálcio.

Langelier (1939), desenvolveu um Índice de saturação (IS), para ser utilizado em água com valores de pH entre 6,5 e 9,5, que permite predizer se numa determinada água haverá precipitação de carbonato de cálcio. Este índice de saturação pode ser calculado de acordo com a Equação 4:

$$IS = pH - pHc \quad (\text{Eq. 4})$$

onde:

pH = pH da água de irrigação;

pHc = pH teórico que a água alcançaria em equilíbrio com o CaCO_3 .

O valor de pHc pode ser calculado como descrito na Equação 5:

$$pHc = (pK_2 - pK_s) + p(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) + pAlk \quad (\text{Eq. 5})$$

Segundo Lima (1992) cada termo da equação de pHc pode ser estimado separadamente pelas Equações 6, 7 e 8 descritas a seguir, onde as concentrações são expressas em meq/l e condutividade elétrica (CE) em dS/m.

$$pK_2 - pK_s = 2,0269 + 0,5092 \left[\frac{0,45\sqrt{CE}}{1 + 0,225\sqrt{CE}} + \frac{0,113\sqrt{CE}}{1 + 0,163\sqrt{CE}} \right] \quad (\text{Eq. 6})$$

$$p(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) = 3,3 - \log[\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}] \quad (\text{Eq. 7})$$

$$p(\text{Alk}) = 3,0 - \log[\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{--}] \quad (\text{Eq. 8})$$

Se o IS for positivo a água terá tendência de produzir precipitados químicos de CaCO_3 . Caso contrário, se o IS for negativo, a água terá a tendência de manter o CaCO_3 dissolvido em solução, isto é, não produzirá precipitados químicos.

Atualmente existem vários procedimentos, inclusive computacionais, que podem estimar a quantidade de precipitados a surgir numa determinada água. Pode-se citar por exemplo, para carbonato de cálcio, os nomogramas desenvolvidos por Loewenthal e Friend, (1992) que permitem predizer a quantia em mg/l de CaCO_3 que uma determinada água manterá em solução, caso este índice de saturação seja negativo, bem como a quantia que precipitará caso este índice seja positivo. Os dados usados para calculo do potencial de precipitação são basicamente os mesmos do Índice de Saturação de Langelier.

2.3 Tratamento de limpeza usando sobrepressão.

Conforme Pizarro Cabello (1987), à medida que as obstruções cálcicas dos emissores vão ocorrendo, a limpeza dos mesmos tem que ser feita mediante a aplicação de ácidos. O método mais econômico é injetá-los na rede de irrigação, porém, às vezes as obstruções estão tão desenvolvidas que este método não é mais eficaz. Neste caso pode-se desobstruir os emissores introduzindo-os em banhos de ácido. Quando se trata de emissores desmontáveis, pode ser suficiente aplicar o ácido nas partes afetadas apenas. Em qualquer um dos casos, deve-se contabilizar se toda a operação de limpeza com ácido fica mais barata que substituir os gotejadores entupidos por outros novos.

A injeção de ácido não deve ser feita simultaneamente em toda a instalação, mas sim separadamente por unidades ou subunidades de irrigação, com o objetivo de melhorar a operação. Deve-se adicionar o ácido para abaixar o pH da água para uma faixa de 4,5 a 2, conforme relata os autores English (1985), Nakayama e Bucks (1986) e Pizarro Cabello (1987), dependendo do estado das obstruções dos emissores.

A aplicação do ácido deve ser feita a menor pressão possível. Quando, por meio de um papel indicador de pH, se comprova que a água acidificada sai por todos os emissores situados nos finais das linhas laterais, então corta-se a alimentação de água mantendo esta situação por um intervalo de uma hora, ao final desse período deve-se fazer uma lavagem (limpeza) a maior pressão que possa suportar a instalação, abrindo em primeiro lugar as

extremidades das tubulações de maior diâmetro, até que a água saia limpa. Continua-se o tratamento fechando-se as extremidades destas tubulações e abrindo-se as de ordem inferior até atingir as linha laterais, todo esse cuidado para evitar que as incrustações desprendidas das tubulações não cheguem aos emissores. Depois de decorrido todo este processo, continua-se o tratamento de limpeza, aplicando-se a pressão mais alta possível que o sistema possa suportar por um período de 15 minutos (Pizarro Cabello, 1987). Segundo dados dos respectivos catálogos dos tubogotejadores, os cinco dispositivos testados podem suportar até a pressão de 12 mca (117,72 kPa) sem se romperem, pressão esta que foi adotada para o tratamento de limpeza. Estes dados estão em conformidade com o estudo de Schmit, Loureiro e Denículi (1993), que determinaram em testes de laboratório na UFV/Viçosa, a relação entre o raio hidráulico e a pressão de operação de uma linha lateral do tubogotejador "QUEEN GIL". Eles realizaram testes com pressões de aproximadamente 2, 5, 7, 9 e 11 mca, (19,6), (49,1), (68,7), (83,3) e (107,9) kPa respectivamente com 5 repetições para cada pressão. O perímetro molhado foi obtido através da medição do diâmetro diretamente no tubogotejador com um paquímetro de precisão de 0,05mm. Os dados médios de pressão e do raio hidráulico podem ser observados no Quadro 6.

Os mesmos autores, utilizando-se dos dados de pressão e raio hidráulico, fizeram uma análise de regressão, onde obtiveram uma equação potencial para descrever o comportamento da variação do raio hidráulico com a pressão, descrita na Equação 9 como:

$$Rh = 0,0043.H^{0,0051} \quad (\text{Eq. 9})$$

em que:

Rh = raio hidráulico (m);

H = pressão de operação (mca).

O coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,9885. O fato do tubogotejador ser flexível não implicou em aumento considerável do diâmetro como era esperado e, conseqüentemente, o raio hidráulico permaneceu praticamente constante com o aumento da pressão de operação, sendo a variação do Rh inferior a 1% entre o maior e o menor valor de pressão. O mesmo comportamento é esperado acontecer com os tubogotejadores "CHAPIN", "RAIN BIRD", "RO-DRIP" e "T-TAPE", considerando que estes tubogotejadores apresentam características bastante semelhantes às do tubogotejador "QUEEN GIL".

QUADRO 6 Dados médios de pressão e valores calculados do raio hidráulico do tubogotejador "QUEEN GIL".

PRESSÃO (mca)	PRESSÃO (kPa)	RAIO HIDRÁULICO (m) x 10 ⁻³
2,01	19,72	4,36
4,94	48,46	4,38
7,04	69,06	4,39
8,96	87,90	4,39
11,02	108,11	4,40

Obs.: a linha-teste apresentava um comprimento de 1,105m.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado em Lavras-MG.

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, sobre piso cimentado e em nível, com área construída de 18 m^2 (6m x 3m), afim de simular as características climáticas vigentes na região Nordeste do País, ou seja, para se obter altas temperaturas, elevadas evaporações e principalmente evitar a incidência de chuvas, visto que a chuva poderia lavar os sais que por ventura viessem a precipitar na superfície externa dos tubogotejadores.

3.1 Descrição das características do sistema de irrigação.

O sistema de irrigação foi composto por um conjunto moto-bomba, cujo motor apresentava potência de 0,5 cv e bomba centrífuga. Um filtro de tela de 150 mesh, com capacidade de filtragem de $3 \text{ m}^3/\text{h}$, conectado à bancada de teste por um mangote flexível.

A bancada de teste foi construída com cantoneiras e chapas metálicas com comprimento de 5,40m, largura de 1,20m e altura do piso de 0,30m, apoiada sobre roldanas permitindo seu deslocamento transversalmente sobre trilhos. Sobre a bancada foi instalado cinco segmentos de tubogotejadores espaçados de 20 cm uns dos outros.

No início de cada linha de tubogotejadores instalou-se um registro de esfera de PVC, seguido de válvula reguladora de pressão e tê que conectava o tubogotejador a um registro de esfera metálico que dava saída para tomada de pressão. Este conjunto é apresentado na Figura 1.

A pressão de serviço do sistema foi controlada ainda por manômetros tipo "Bourdon", sendo um instalado logo após a bomba e outro na ramificação de PVC que dava saída para as cinco linhas de tubogotejadores. Imediatamente antes da conexão onde se ligava os tubogotejadores, com o emprego de um tê e registro de esfera fez-se uma tomada de pressão através de um manômetro em "U" usando como líquido manométrico o mercúrio, interligado a um manômetro de água com cinco colunas, colunas estas que na parte superior se interligavam a um bico de câmara de ar, por onde se injetava ar com o objetivo de equilibrar a pressão de serviço dos tubogotejadores, conforme mostra a Figura 2. Durante todo o período experimental, a pressão foi mantida constante e igual a 6,0 mca (58,86 kPa).

A água aplicada pelos tubogotejadores foi coletada em recipientes de plásticos com capacidade de 300 cm³ e posteriormente pesada em balança digital com precisão de 0,01g.

A temperatura do ar ambiente da casa de vegetação, durante o período do teste, foi medida com termômetro comum. Mediu-se ainda as temperaturas máximas e mínimas diárias, com o emprego de um termômetro de máxima e mínima. Também foi medida diariamente a temperatura da água no interior dos tubogotejadores, processo este que foi realizado em tempos determinados (9 e 14 horas), através da inserção de termômetro no interior do tubo ao final de cada linha, onde se fazia o uso de um tampão rosqueável.

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, descrito dentre outros por Campos (1979), foi utilizado para verificar a normalidade da distribuição das vazões, através do qual pôde-se verificar que as vazões dos emissores dos cinco tubogotejadores quando novos, se dispersavam segundo uma distribuição normal.



FIGURA.1 Vista lateral do sistema inicial de cada linha de tubogotejador, composto de: registro de esfera de PVC, válvula reguladora de pressão e tê conectado a registro de esfera metálico.



FIGURA 2. Vista frontal do painel com manômetro de mercúrio em U conjugado com manômetro de água.

3.2 Características dos tubogotejadores estudados.

O ensaio avaliou a susceptibilidade de cinco tubogotejadores “TAPES” disponíveis no mercado brasileiro, ao entupimento por precipitados químicos (CaCO_3), durante a simulação da irrigação da cultura do melão.

Os tubogotejadores em questão foram obtidos no comércio sob as seguintes designações: “CHAPIN”, “QUEEN GIL”, “RAIN BIRD”, “RO-DRIP” e “T-TAPE”. Esses tubogotejadores segundo Schmidt, Loureiro e Denículi

S : Espaçamento entre emissores (m) e

P : Pressão (kPa).

(1993), constituem-se de um tubo flexível de polietileno, apresentando um sistema de emissores do tipo labirinto de longo percurso, integrados ao próprio tubo pelo processo de fabricação, regularmente espaçados, o que proporciona um fluxo de água bem próximo do regime turbulento.

O Quadro 7, apresenta as características dos produtos empregados no ensaio, obtidos de seus respectivos catálogos técnicos.

QUADRO 7 Características técnicas dos tubogotejadores testados obtidas de seus respectivos catálogos técnicos.

Características Técnicas	MODELO DE TUBOGOTEJADOR				
	"RAIN BIRD"	"QUEEN GIL"	"CHAPIN"	"RO-DRIP"	"T-TAPE"
DI (mm)	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
E (mm)	0,152	0,2	0,2	0,2	0,2
PS (kPa)	30,4 a 81,1	30,4 a 101,3	50,7 a 81,1	40,5 a 81,1	30,4 a 70,9
Q(l/h)→P(kPa)	1,1 → 70,9	1,2 → 70,9	1,0 → 70,9	1,0 → 60,8	1,0 → 50,7
S (m)	0,30	0,30	0,23	0,20	0,20

onde:

DI : Diâmetro interno (mm);

E : Espessura da parede do tubo (mm);

PS : Pressão de serviço (kPa);

Q : Vazão (l/h);

S : Espaçamento entre emissores (m) e

P : Pressão (kPa).

3.3 Metodologia adotada no experimento.

Para avaliar o desempenho dos tubogotejadores, foram utilizados segmentos de tubos com 25 emissores, conforme designação da norma ISO 9261 (1991). Esses tubos foram dispostos em nível e espaçados uns dos outros de 20 cm sobre uma bancada de testes de chapas metálicas provida de rodas, que deslocavam-se sobre trilhos, para que através de um pequeno movimento fosse possível o gotejamento de todos os emissores no interior de coletores plásticos em número igual ao dos emissores, conforme mostra a Figura 3. O volume de cada emissor, operando sob pressão de 6 mca (58,86 kPa), foi coletado diariamente pela manhã. Para se obter maior exatidão foi usado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, processo este realizado durante os 78 dias de teste, durante os quais simulou-se a irrigação do melão em plantas localizadas em regiões áridas e semi-áridas. Dados referentes ao manejo da irrigação encontram-se no Apêndice. O manejo da irrigação incluiu ainda a suspensão da mesma para obtenção de "stress" hídrico, técnica embora polêmica que vêm sendo empregada na prática pelos produtores de melão para aprofundamento do sistema radicular. Este fato ocorreu aos 12, 13, 16, 17, 20 e 21 dias após o início da irrigação. Uma outra técnica empregada foi a instalação, no teto da estufa, de sombrite com capacidade de reter 50% de luz, para simular a cobertura foliar da cultura, fato este que ocorreu a partir da 20ª dia após o início da irrigação. É importante salientar, que para o manejo das irrigações durante todo o experimento, fixou-se para cada irrigação o tempo de irrigação adotado para o primeiro dia de

irrigação, embora com o tempo de irrigação fixo, as lâminas requeridas nas irrigações subsequentes não eram supridas, devido à diminuição das vazões dos emissores dos tubogotejadores em virtude das obstruções que iam ocorrendo gradualmente com o decorrer do teste.



FIGURA 3. Vista dos coletores mostrando o momento do deslocamento da bancada de teste para coletar os volumes de água dos 125 emissores simultaneamente.

3.4 Metodologia utilizada no preparo da água usada na simulação da irrigação.

A água utilizada na irrigação foi enriquecida, através da adição dos sais Carbonato de Cálcio (CaCO_3) e Carbonato de Sódio (Na_2CO_3) à água que abastece o prédio do Laboratório de Hidráulica, água proveniente de poço artesiano. A adição desses sais à água, permitiu obter uma formulação com características químicas semelhantes às amostras de água das regiões Norte de Minas Gerais e Nordeste do País, as quais apresentam altos teores de sais em suas composições. As características destas águas encontram-se listadas no Quadro 8.

Utilizou-se como recipiente para preparo e armazenamento da água uma caixa de cimento amianto com capacidade de 1000 litros, que foi instalada ao lado da estufa, sobre pilares a 0,5 metros acima do nível do piso da estufa. Dessa caixa, a água era bombeada para o sistema de tubogotejadores. Uma vez que a vazão da bomba era bem maior do que a requerida pelo teste, fez-se então uso de refluxo da água, efetuado através de uma tubulação que retornava o excesso de água à caixa onde se fazia o tratamento da água. Este refluxo promovia ainda a agitação da água do reservatório, evitando-se assim a decantação dos sais misturados à água. Um outro recipiente de 500 litros também foi utilizado com a finalidade básica de armazenar água limpa, que era utilizada para abastecer o outro recipiente e também para fazer lavagem da bomba ao final de cada irrigação, com o intuito de evitar a acumulação de precipitados químicos dentro do rotor da bomba. Esta caixa também estava

ligada à sucção da bomba, sendo localizada em pilares a 1,20 m acima do nível do piso da estufa, ao lado da outra caixa.

QUADRO 8. Amostras de água da região Norte de Minas (Janaúba), do Nordeste do Brasil (Serra Talhada-PE), do Laboratório de Hidráulica e da água preparada para o ensaio.

CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS	UNIDADE	JANAÚBA (MG) (1)	SERRA TALHADA (PE) (2)	LABORATÓRIO DE HIDRAÚLICA (3)	ÁGUA DO ENSAIO(4)
pH	-	7,30	8,80	7,31	8,63
Temperatura	°C	25	25	25	25
Cond. Elétrica	dS/m	1,02	1,00	0,12	0,22
Cálcio	meq/l	5,93	1,43	0,66	1,43
Magnésio	meq/l	1,17	1,60	0,22	0,22
Sódio	meq/l	19,45	6,86	0,25	0,40
$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	meq/l	34,63	2,22	1,09	2,00
Índice de Saturação de Langelier (IS)	-	1,13	1,78	-1,13	0,65
Potencial de Precipitação (PP) (5)	mg/l CaCO_3	252,00	10,91	-10,90	7,84

- (1) Resultado de análise de água amostrada na região de Janaúba-MG.
- (2) Resultado de análise de água amostrada de rio perenizado na região de Serra Talhada-PE, segundo estudos de (Suassuma e Audry, 1992).
- (3) Resultado de análise de água amostrada de poço artesiano do Laboratório de Hidráulica, Departamento de Engenharia da UFLA.
- (4) Dados da água preparada artificialmente para o realização do ensaio.
- (5) Calculado segundo programa computacional de Loewenthal e Friend, (1992). Refere-se à quantidade de CaCO_3 que precipitará (valor positivo) e que se manterá em suspensão na água (valor negativo).

3.5 Metodologia da sobrepressão empregada como tratamento de desobstrução dos tubogotejadores.

Com o objetivo de recuperar os tubogotejadores, ao final do período de irrigação, foi feito o uso da metodologia indicada para tratamento de limpeza de emissores de irrigação localizada proposta por Pizarro Cabello (1987). Devido à grande quantidade de sal precipitado dentro das tubulações que exigiria um grande volume de ácido para a neutralização total dos precipitados, fez-se uma modificação na metodologia do referido autor, então optou-se pela não utilização de ácidos para diluir os precipitados, em virtude do alto custo desse produto e também pelas dificuldades de injeção desse produto no sistema, devido a falta de equipamento apropriado. Fez-se então, somente o uso da sobrepressão para o tratamento de limpeza dos tubogotejadores. Porém, antes da aplicação da sobrepressão, foram abertas as extremidades das cinco laterais de tubogotejadores e utilizando-se do bombeamento de água expulsou-se os sais que encontravam-se precipitados dentro das linhas de tubogotejadores. Uma vez fechadas as extremidades das linhas, aplicou-se a sobrepressão de 12 mca (117,72 kPa) que foi o dobro da pressão utilizada durante todo o teste, que teve duração de 15 minutos, tarefa esta realizada com o bombeamento de água limpa. Após concluído este processo, repetiu-se a coleta de volume dos emissores dos tubogotejadores com o objetivo de verificar o efeito do tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito da variação de temperatura sobre o potencial de precipitação de carbonato de cálcio da água de irrigação.

O potencial de precipitação de carbonato de cálcio da água de irrigação preparada artificialmente para o estudo, conforme o Quadro 8, onde manteve-se constante as características da água, foi estimado, segundo Nomogramas de Loewenthal e Friend (1992), para a faixa de valores de temperatura da água no interior dos tubogotejadores (21 a 59°C), observados durante os ensaios. Este potencial é apresentado na Figura 4, onde é possível concluir que a precipitação química de carbonatos pode até triplicar com as variações de temperatura que ocorrem na água de irrigação dos tubogotejadores, o que concorda com Ayers (1991) e Pizarro Cabello (1987). Aos valores de temperatura ocorridos na água durante o desenvolvimento do teste (temperaturas máximas e mínimas) correlacionados com o Potencial de Precipitação foi ajustada então uma equação exponencial usando-se de análise de regressão, que apresentou um coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,9993, mostrada a seguir:

$$PP = 4,2977 \cdot \text{EXP}[0,0241 \cdot T] \quad (\text{Eq. 10})$$

onde:

PP = Potencial de precipitação (mg/l CaCO_3);

T = Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

As variações de temperatura medidas no ensaio, são possíveis de ser facilmente observadas em projetos de irrigação nas regiões Norte de Minas Gerais e Nordeste do País.

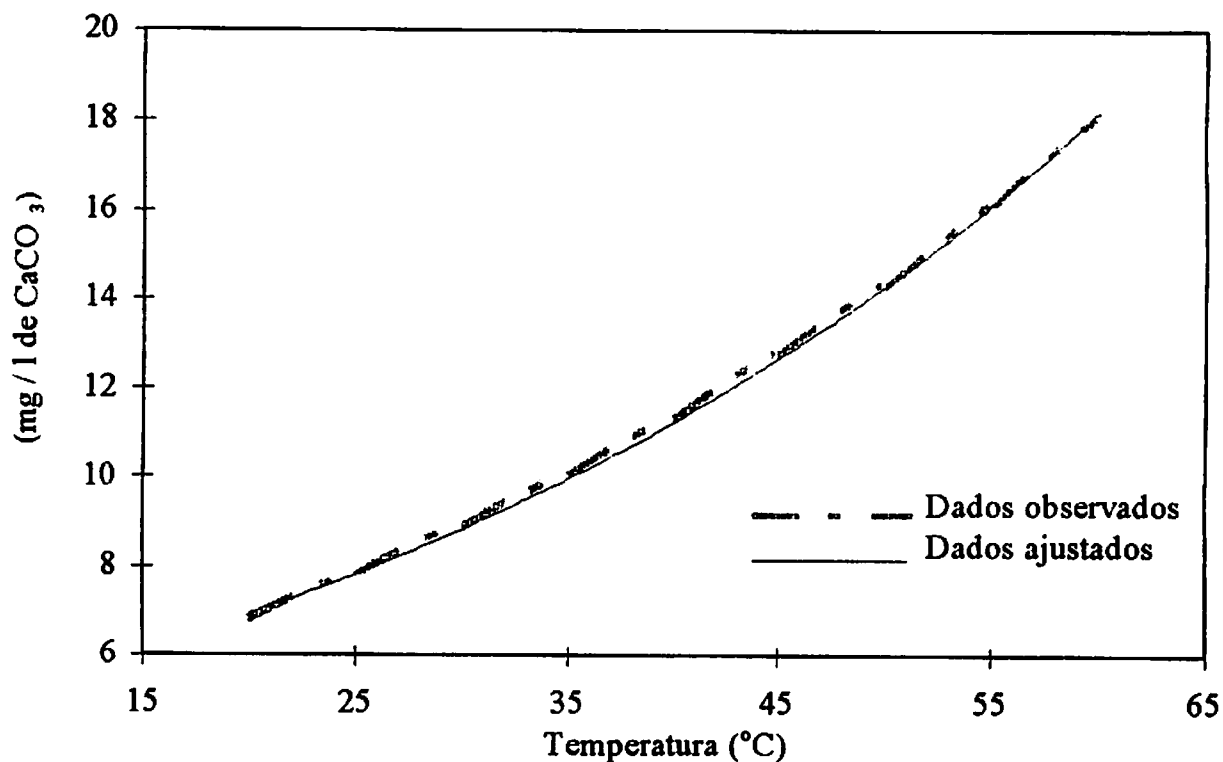


FIGURA 4. Variação do potencial de precipitação com a temperatura durante a simulação da irrigação.

4.2 Efeito da precipitação química na variação de vazão dos tubogotejadores.

O volume médio dos 25 emissores de cada tubogotejador coletado diariamente por 10 minutos durante o período de irrigação, conforme designação da norma ISO 9261 (1991), e posteriormente transformado em vazão média é apresentado na Figura 5. Observa-se que o tubogotejador "RAIN BIRD" foi o mais afetado pela presença de precipitados químicos, muito embora ao final do período de simulação todos tenham sofrido redução na vazão média superior a 80%. Cabe ressaltar entretanto que o tubogotejador "T-TAPE" sofreu, em geral, menor redução da vazão média.

Os picos de vazão média em torno de 70 dias após o início da irrigação resultou de coletas realizadas no período da tarde, o que veio a contrastar com as demais coletas que foram realizadas no período da manhã.

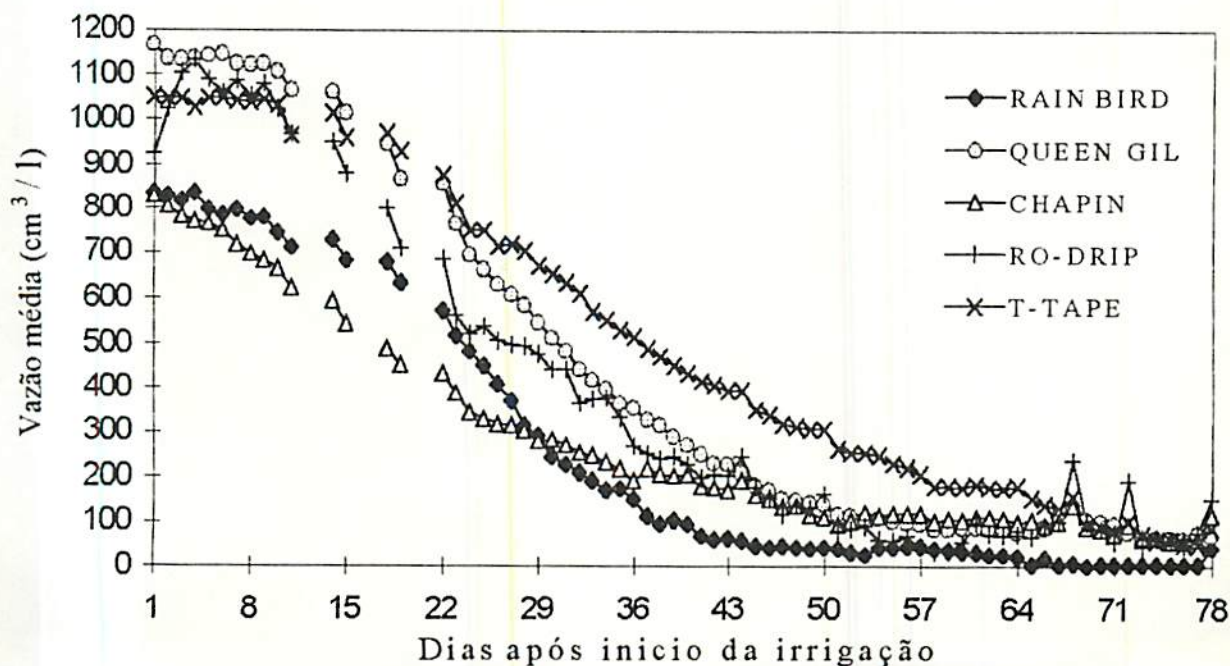


FIGURA 5. Vazão média obtida dos tubogotejadores ao longo do período de simulação da irrigação.

4.3 Efeito da precipitação química no coeficiente de variação de vazão dos tubogotejadores.

Durante o ensaio pôde-se verificar que as precipitações químicas foram ocorrendo gradualmente, o que está em conformidade com Ayers (1991), pode-se observar também que a precipitação química afetou diferentemente os emissores de um mesmo tubogotejador. Enquanto no início da irrigação o coeficiente de variação de vazão foi inferior a 12%, este mesmo coeficiente atingiu mais de 300% aos 70 dias após início da irrigação conforme apresentado no Quadro 9. Pode-se concluir que os tubogotejadores "RAIN BIRD" e "RO-DRIP", com coeficientes de variação de vazão entre 10 e 15% quando novos, podem ser classificados como regulares, enquanto os demais podem ser classificados, com base no coeficiente de variação de vazão, como excelentes. Os intervalos para classificação são aqueles recomendados pela ASAE EP 405.1 (1994). Esses valores também foram plotados em gráfico como apresentado na Figura 6. É possível observar que a vazão variou entre emissores e esta variação aumentou com o tempo de irrigação. Ao final dos ensaios o coeficiente reduziu em alguns tubogotejadores em consequência do entupimento total de muitos emissores, tornando a vazão praticamente nula.

4.4 Efeito dos precipitados químicos na vazão relativa dos emissores.

A vazão dos emissores, reduziu com a ocorrência de precipitados químicos. As Figuras 7, 8, 9, 10 e 11 apresentam a vazão relativa (vazão no primeiro dia = 100%) dos emissores localizados no início, no meio e no final do segmento dos tubogotejadores ensaiados. É possível observar que os emissores de alguns tubogotejadores entupiram mais rapidamente que os de outros. Por exemplo, enquanto o tubogotejador "T-TAPE" apresentava vazão em todos os emissores até 65 dias, o tubogotejador "RAIN BIRD" encontrava-se praticamente entupido a partir dos 40 dias após o início da irrigação.

Os tubogotejadores "QUEEN GIL" e "T-TAPE" apresentaram vazões relativas bastante uniformes, que foram decrescendo gradativamente de uma coleta para outra com o decorrer do teste, com esse comportamento pode-se afirmar que as vazões desses tubogotejadores foram menos influenciadas pela variação de temperatura da água, e que este decréscimo gradativo das vazões foram causados pelas obstruções dos emissores devido à precipitação química de carbonato de cálcio que foram sendo produzidas lenta e gradualmente com o decorrer da simulação da irrigação, o que vem a concordar com Ayers, (1991) e Pizarro Cabello, (1987).

Os tubogotejadores "CHAPIN" e "RAIN BIRD" apresentaram vazões relativas mais dispersas em relação aos picos, tendo ocorrido às vezes picos nas vazões subsequentes, como ocorreu com o tubogotejador "RAIN BIRD" que nos primeiros quinze dias de teste apresentou vazões relativas maiores do que 100%, já o tubogotejador "CHAPIN", apresentou poucos picos de vazão até

aproximadamente a primeira metade do teste, vindo a apresentá-los mais significativamente somente na segunda metade da irrigação, isto devido as desobstruções de alguns emissores que ocorriam aleatoriamente, a exemplo pode-se verificar no emissor número 13, quando apresentava-se totalmente obstruído no teste realizado aos 50 dias após início da irrigação, nas irrigações seguintes teve desentupimento parcial, até atingir no ápice do pico uma vazão aproximada de 60% da vazão inicial, verificou-se que ocorreram também vários outros picos de vazão com outros emissores. Entretanto, no geral as vazões relativas reduziram gradualmente nos dois tubogotejadores "CHAPIN" e "RAIN BIRD", embora sendo pequena, ao final do teste o tubogotejador "CHAPIN" ainda apresentava vazão em quase todos os seus emissores, o que não ocorreu com o "RAIN BIRD", que apresentava-se com todos seus emissores praticamente obstruídos.

Por sua vez, o tubogotejador "RO-DRIP" teve um comportamento totalmente diferenciado dos demais tubogotejadores, apresentando-se como o mais instável com relação à vazão relativa, pois apresentou picos alternados de vazão em todo o decorrer do experimento na maioria de seus emissores, visto que já na primeira semana pode-se constatar picos de vazões que chegou a ser aproximadamente 50% superior a vazão inicial, devido a este comportamento pode-se afirmar que este tubogotejador foi o que mais teve sua vazão relativa modificada.

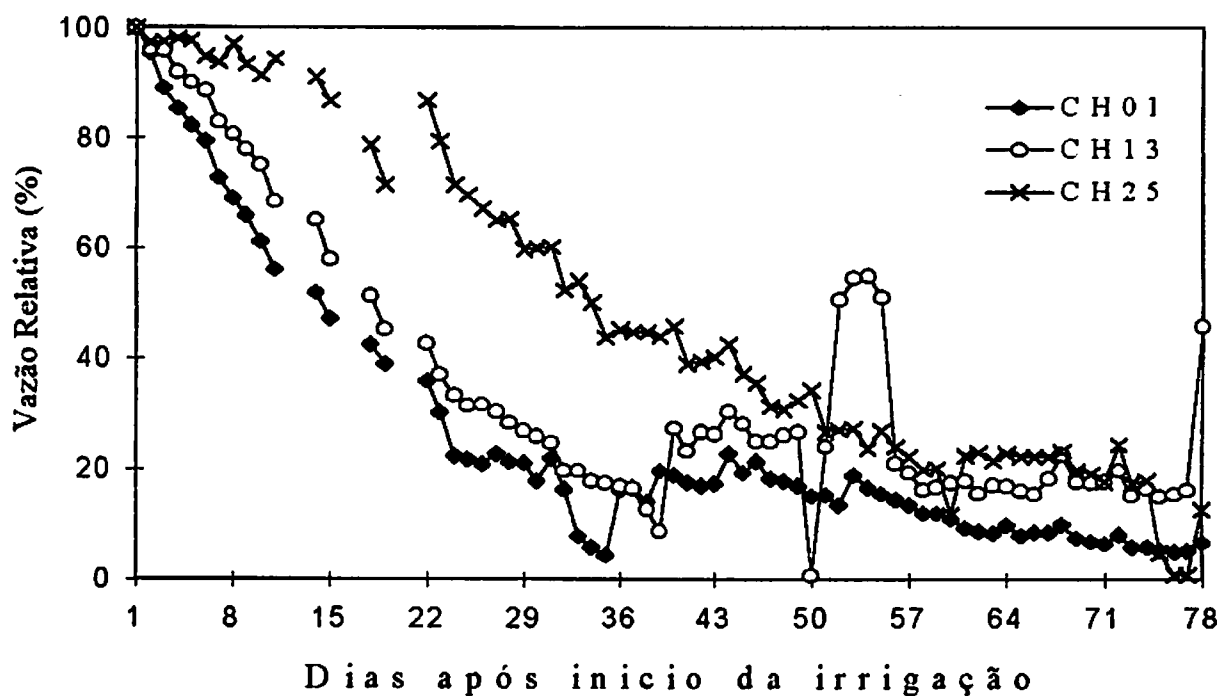


FIGURA 7. Vazão relativa do tubogotejador "CHAPIN" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (CH 01), intermediário (CH 13) e final (CH 25).

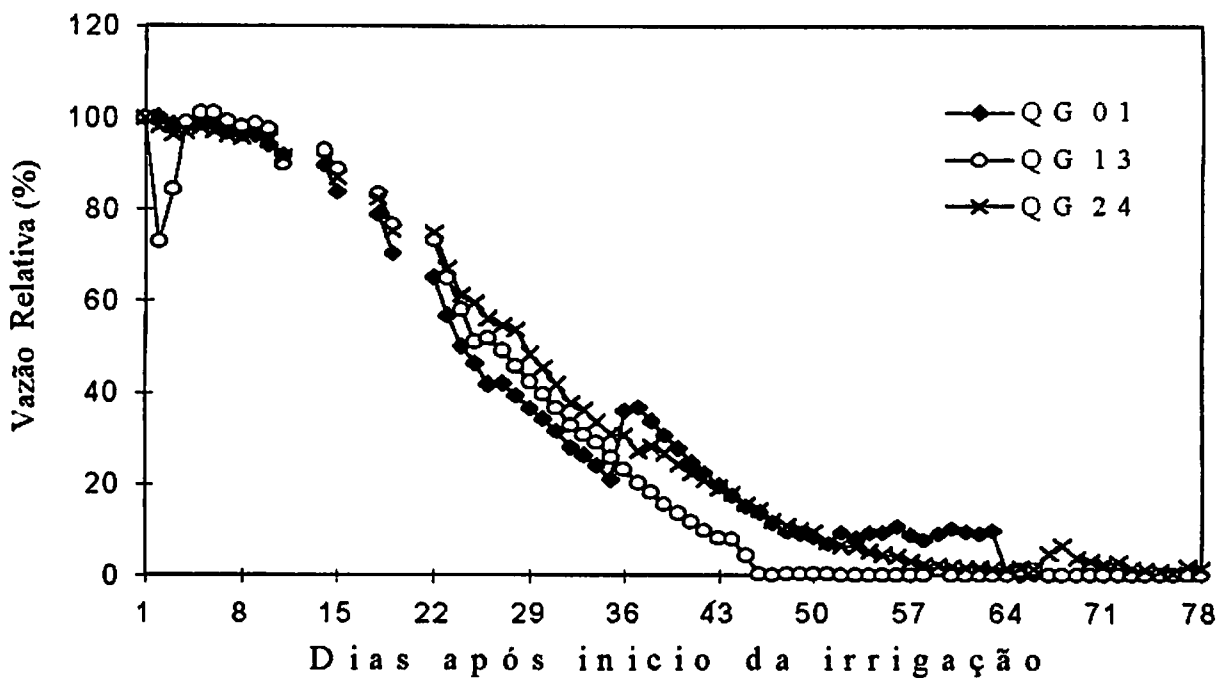


FIGURA 8. Vazão relativa do tubogotejador "QUEEN GIL" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (QG 01), intermediário (QG 13) e final (QG 24).

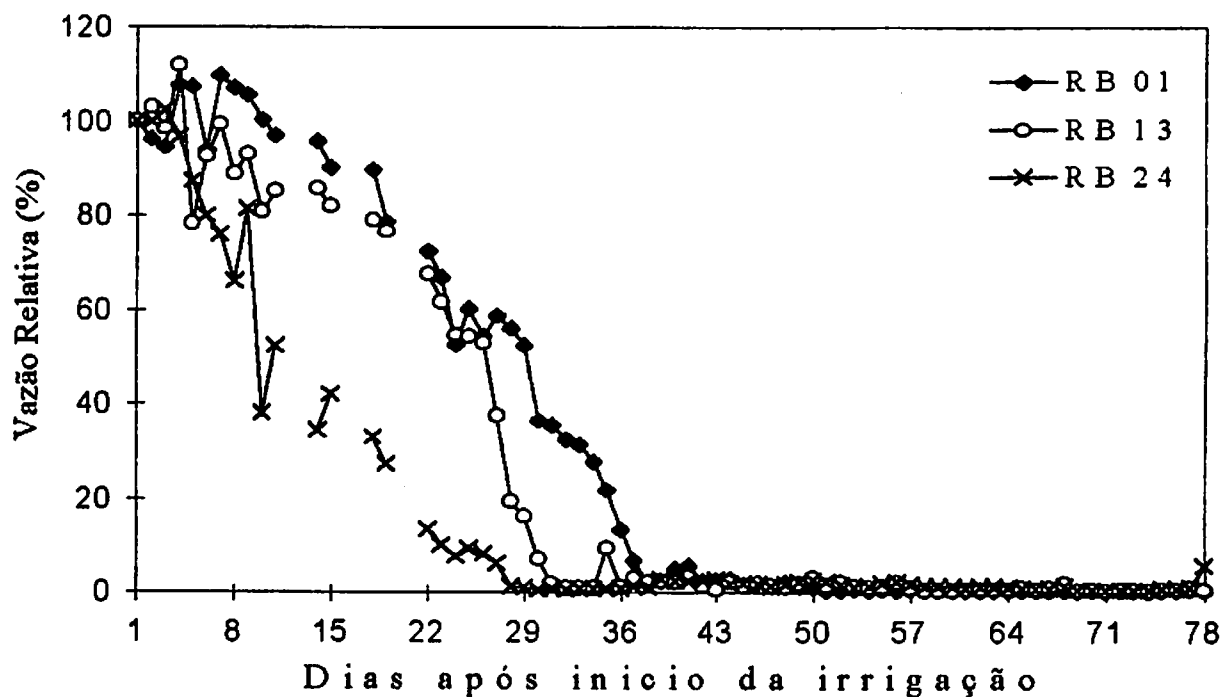


FIGURA 9. Vazão relativa do tubogotejador "RAIN BIRD" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (RB 01), intermediário (RB 13) e final (RB 24).

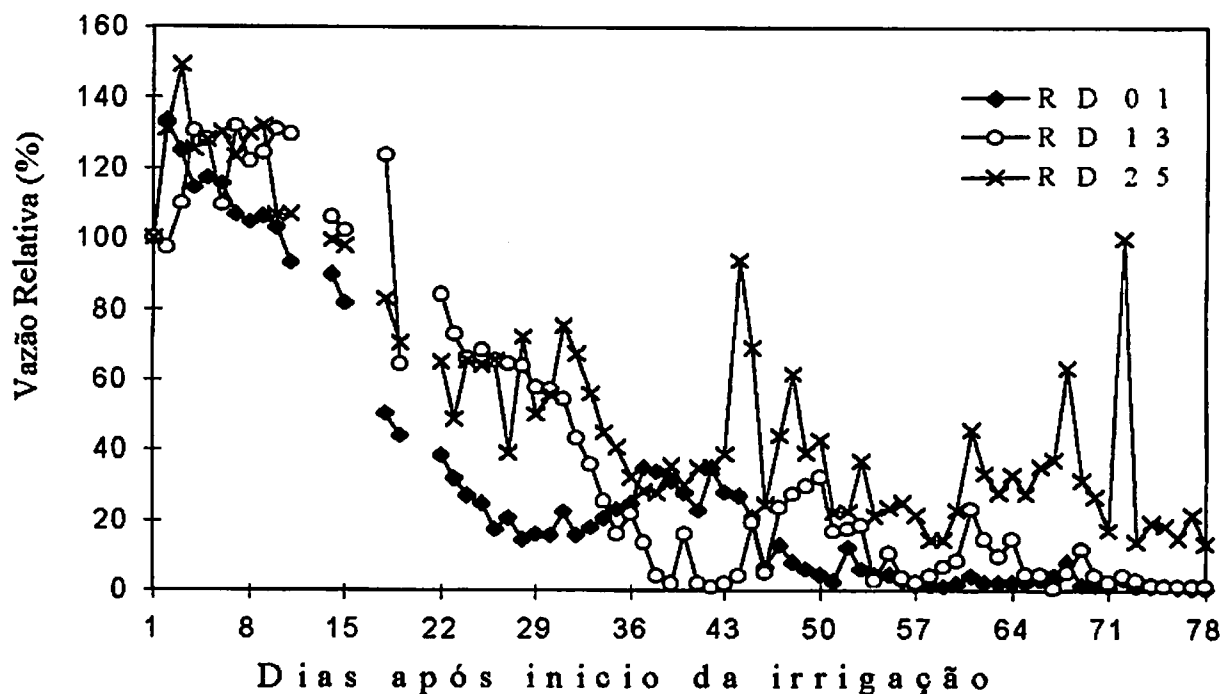


FIGURA 10. Vazão relativa do tubogotejador "RO-DRIP" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (RD 01), intermediário (RD 13) e final (RD 25).

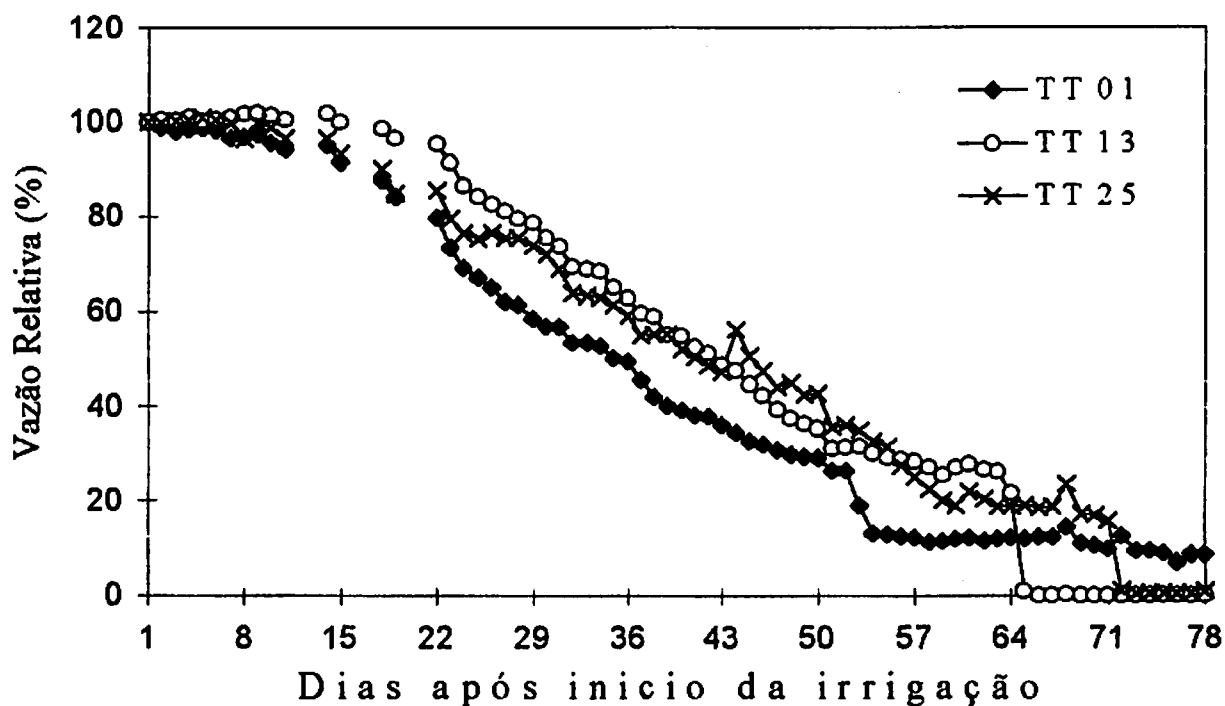


FIGURA 11. Vazão relativa do tubogotejador "T-TAPE" durante a simulação da irrigação, obtidos no emissor inicial (TT 01), intermediário (TT 13) e final (TT 25).

4.5 Efeito da precipitação química na uniformidade de distribuição de água dos tubogotejadores.

Para se conhecer a uniformidade de emissão/distribuição (UD) ao longo das cinco linhas laterais de tubogotejadores, fez-se uso da Figura 12, onde se pode ver claramente que a uniformidade de emissão/distribuição foi reduzindo em função da precipitação química de carbonato de cálcio no decorrer do teste.

O Quadro 10, apresenta os dados da uniformidade de emissão/distribuição para as irrigações realizadas no 1^o, 19^o, 40^o, 60^o, 77^o e

78^o dias após início da irrigação, onde a primeira irrigação é tomada como testemunha (tubogotejadores novos) e a última expressa a uniformidade de emissão/distribuição dos emissores, após o tratamento de sobrepressão como efeito de limpeza para desobstrução.

Analisando-se os dados do Quadro 10, verifica-se que quando novos os tubogotejadores apresentam uniformidade de distribuição dentro de uma faixa que vai de aproximadamente 84 a 98%, resultados estes que estão em conformidade com a classificação ASAE EP 405.1 (1994), sendo que o tubogotejador "QUEEN GIL" apresentou uniformidade de emissão/distribuição de 97,72% se destacando como a maior, seguida de perto pelas uniformidades de distribuição do "CHAPIN" e do "T-TAPE" que foram respectivamente de 96,38 e 93,60%, já os tubogotejadores "RAIN BIRD" e "RO-DRIP" apresentaram uniformidades menores de 86,39 e 84,40%, mais ainda dentro da faixa de classificação proposta pela ASAE.

Esses dados também foram plotados em gráfico como apresentado na Figura 12, onde é possível verificar a diminuição da eficiência da uniformidade de emissão/distribuição no decorrer da simulação da irrigação. É possível observar ainda que o tubogotejador "RAIN BIRD" foi o que teve uma redução mais brusca da uniformidade, em função das obstruções causadas pelas precipitações químicas, visto que praticamente todos os emissores desse tubo apresentavam-se parcial e/ou totalmente entupidos a partir do 40^o dia após início da irrigação.

O tubogotejador que mais resistiu as obstruções químicas foi o "CHAPIN", tendo apresentado ao final do teste uma uniformidade de

aproximadamente 20%. Os outros três tubogotejadores aos 60^o dias após início da irrigação apresentavam uniformidades inferiores a 20% e ao final do teste estas uniformidades encontravam-se inferiores a 10%.

Mas, no geral, pode-se concluir que todos os tubogotejadores foram significativamente afetados pelas obstruções químicas que baixaram as uniformidades de emissão/distribuição a níveis inviáveis ao cultivo do melão ou mesmo a qualquer outro tipo de cultura que necessite de irrigação para desenvolver e produzir frutos.

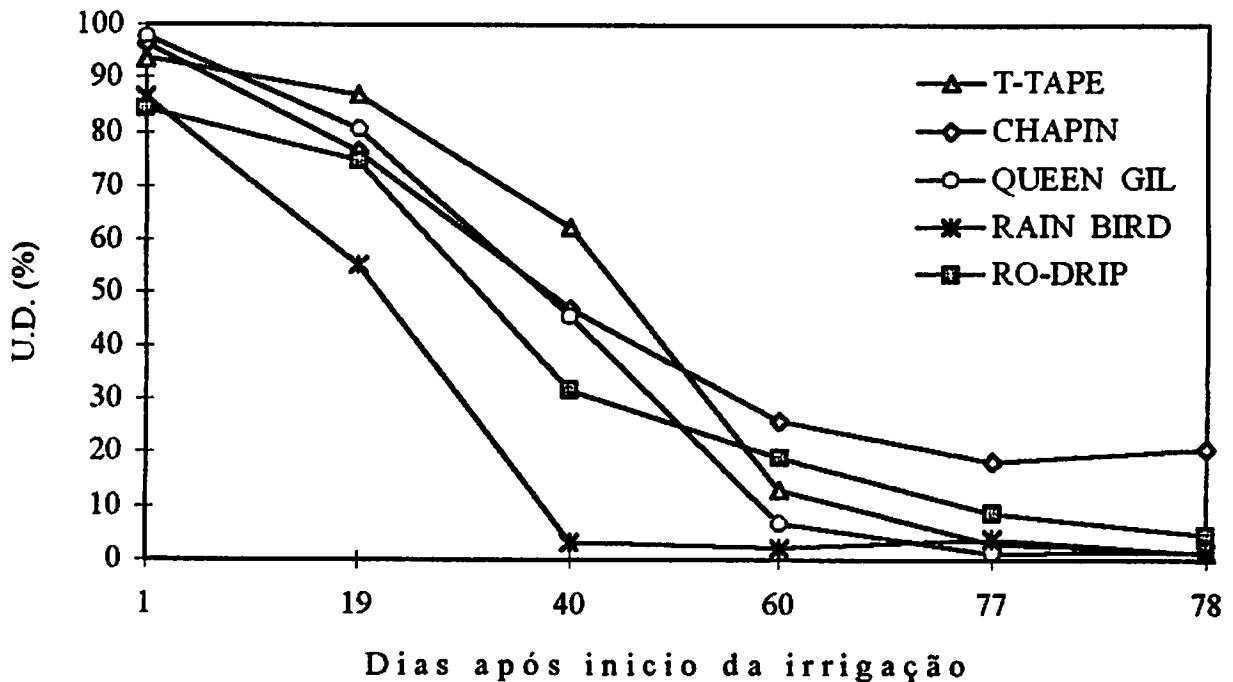


FIGURA 12 Uniformidade de emissão/distribuição dos tubogotejadores aos 1^o, 19^o, 40^o, 60^o, 77^o e 78^o dias após início da irrigação.

QUADRO 10 Uniformidade de emissão/distribuição dos tubogotejadores em diferentes épocas após o início da irrigação.

Data da Irrigação	Dias após início da irrigação	Uniformidade de emissão/distribuição (%)				
		"QUEEN GIL"	"CHAPIN"	"T-TAPE"	"RAIN BIRD"	"RO-DRIP"
19/fev	1 ^a	97,72	96,38	93,60	86,39	84,40
09/mar	19 ^a	80,72	76,56	87,00	55,27	74,76
30/mar	40 ^a	45,68	47,12	62,40	3,03	31,72
19/abr	60 ^a	6,81	25,77	13,00	2,08	19,04
06/mai	77 ^a	1,19	18,38	2,82	3,94	8,77
09/mai	78 ^a	1,47	20,70	1,17	1,25	4,61

4.6 Efeito da sobrepressão como tratamento de desobstrução dos tubogotejadores.

Para o tratamento de desobstrução dos emissores dos tubogotejadores estudados, o ideal seria utilizar a metodologia proposta por Pizarro Cabello (1987) na sua íntegra, o que não foi possível devido principalmente à falta de equipamentos apropriados, então deixou de se fazer uso da injeção de ácido para dissolver os precipitados. No entanto adotou-se a sobrepressão que é a segunda parte do tratamento proposto pelo autor, conforme descrito anteriormente na metodologia. Resultados desse processo estão apresentados nos quadros 11, 12, 13, 14 e 15, onde a 78^a irrigação foi realizada somente como o intuito de coletar dados para verificar o efeito da sobrepressão na recuperação dos tubogotejadores.

A partir dos dados de volume coletado dos emissores, calculou-se o volume médio, o desvio padrão desses volumes, o coeficiente de variação de

vazão, a uniformidade de distribuição e a vazão média dos emissores dos tubogotejadores.

Fazendo-se uso desses dados, pode-se verificar que o volume médio e a vazão média dos emissores dos tubogotejadores "CHAPIN", "RO-DRIP" e "T-TAPE" praticamente dobraram em relação à última irrigação do teste. Entretanto, mesmo duplicando estes valores, o efeito da sobrepressão não atingiu 20% dos valores do volume médio e da vazão média dos emissores quando novos. Os tubogotejadores "T-TAPE" e "RO-DRIP" apresentaram aumentos no desvio padrão e no coeficiente de variação de vazão mais acentuados do que os aumentos do "CHAPIN". Quanto a uniformidade de distribuição, pode-se verificar nos Quadros 12, 13 e 14, que a mesma continuou a cair nos tubogotejadores "T-TAPE" e "RO-DRIP" e elevou-se no "CHAPIN", o que mostra que o efeito da sobrepressão atuou mais uniformemente no tubogotejador "CHAPIN", visto que todos os emissores tiveram desentupimento parcial, enquanto os emissores dos outros tubogotejadores apresentaram desentupimento, mas com menor uniformidade.

Já no tubogotejador "QUEEN GIL", a sobrepressão não surtiu nenhum efeito, visto que os dados de volume médio e vazão, após o tratamento praticamente não apresentaram mudanças.

O tubogotejador "RAIN BIRD" foi o mais susceptível ao efeito do tratamento, pois apresentava seus emissores praticamente obstruídos ao final do teste. Entretanto, logo após o tratamento de sobrepressão teve seu volume médio aumentado cerca de 17 vezes, embora tenha continuado abaixo dos volumes médios dos outros tubogotejadores. Teve ainda aumento da vazão, do

desvio padrão e do coeficiente de variação de vazão e diminuição da uniformidade de distribuição o que implica que somente alguns poucos emissores ao longo da linha foram parcialmente desobstruídos.

QUADRO 11. Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "CHAPIN" para algumas épocas de irrigação.

TUBOGOTEJADOR "CHAPIN"						
DATA DA IRRIGAÇÃO	DIAS APÓS INÍCIO DA IRRIGAÇÃO	VOLUME MÉDIO (cm ³)	DESVIO PADRÃO (cm ³ /h)	VAZÃO MÉDIA (cm ³ /h)	CVQ (%)	UD (%)
19/fev	1 ^a	138,49	0,0255	0,8306	3,07	96,38
09/mar	19 ^a	75,12	0,1378	0,4508	30,57	76,56
30/mar	40 ^a	34,10	0,1441	0,2046	70,43	47,12
19/abr	60 ^a	17,25	0,0797	0,1035	77,00	25,77
06/mai	77 ^a	10,43	0,0523	0,0676	83,55	18,38
09/mai	78 ^a	19,26	0,1031	0,1156	89,19	20,70

QUADRO 12. Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "RO-DRIP" para algumas épocas de irrigação.

TUBOGOTEJADOR "RO-DRIP"						
DATA DA IRRIGAÇÃO	DIAS APÓS INÍCIO DA IRRIGAÇÃO	VOLUME MÉDIO (cm ³)	DESVIO PADRÃO (cm ³ /h)	VAZÃO MÉDIA (cm ³ /h)	CVQ (%)	UD (%)
19/fev	1 ^a	154,07	0,1063	0,9248	11,49	84,40
09/mar	19 ^a	118,51	0,1450	0,7109	20,40	74,76
30/mar	40 ^a	37,60	0,1357	0,2256	60,15	31,72
19/abr	60 ^a	8,82	0,0491	0,0530	92,64	19,04
06/mai	77 ^a	12,10	0,1266	0,0726	174,38	8,77
09/mai	78 ^a	24,87	0,2507	0,1492	168,03	4,61

QUADRO 13. Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "T-TAPE" para algumas épocas de irrigação.

TUBOGOTEJADOR "T-TAPE"						
DATA DA IRRIGAÇÃO	DIAS APÓS INÍCIO DA IRRIGAÇÃO	VOLUME MÉDIO (cm ³)	DESVIO PADRÃO (cm ³ /h)	VAZÃO MÉDIA (cm ³ /h)	CVQ (%)	UD (%)
19/fev	1 ^a	174,88	0,0492	1,0490	4,69	93,60
09/mar	19 ^a	151,24	0,0939	0,9072	10,35	87,00
30/mar	40 ^a	71,87	0,1304	0,4313	30,23	62,40
19/abr	60 ^a	29,14	0,1048	0,1748	59,95	13,00
06/mai	77 ^a	7,86	0,0561	0,0472	118,86	2,82
09/mai	78 ^a	14,19	0,1544	0,0851	181,43	1,17

QUADRO 14. Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "QUEEN GIL" para algumas épocas de irrigação.

TUBOGOTEJADOR "QUEEN GIL"						
DATA DA IRRIGAÇÃO	DIAS APÓS INÍCIO DA IRRIGAÇÃO	VOLUME MÉDIO (cm ³)	DESVIO PADRÃO (cm ³ /h)	VAZÃO MÉDIA (cm ³ /h)	CVQ (%)	UD (%)
19/fev	1 ^a	194,27	0,0229	1,1635	1,97	97,72
09/mar	19 ^a	144,66	0,1236	0,8680	14,24	80,72
30/mar	40 ^a	45,20	0,1886	0,2712	69,54	45,68
19/abr	60 ^a	14,10	0,2190	0,0846	258,86	6,81
06/mai	77 ^a	11,51	0,2112	0,0691	305,64	1,19
09/mai	78 ^a	11,11	0,2052	0,0667	307,65	1,47

QUADRO 15. Dados observados de volume médio e calculados de desvio padrão, vazão média, coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição do tubogotejador "RAIN BIRD" para algumas épocas de irrigação.

TUBOGOTEJADOR "RAIN BIRD"						
DATA DA IRRIGAÇÃO	DIAS APÓS INÍCIO DA IRRIGAÇÃO	VOLUME MÉDIO (cm ³)	DESVIO PADRÃO (cm ³ /h)	VAZÃO MÉDIA (cm ³ /h)	CVQ (%)	UD (%)
19/fev	1 ^a	139,22	0,0992	0,8356	11,87	86,39
09/mar	19 ^a	105,80	0,2263	0,6347	35,66	55,27
30/mar	40 ^a	16,28	0,1628	0,0977	166,63	3,03
19/abr	60 ^a	5,36	0,1081	0,0322	335,71	2,08
06/mai	77 ^a	0,42	0,0031	0,0025	122,40	3,94
09/mai	78 ^a	7,04	0,1018	0,0422	241,14	1,25

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível concluir pela inviabilidade técnica de empregar água com potencial de precipitação química positivo em tubogotejadores, independente da marca ou tipo. Esta mesma recomendação é feita também pelos fabricantes dos tubogotejadores.

É importante ressaltar também que alguns dos modelos ensaiados neste trabalho já encontram-se superados tecnicamente e substituídos por novos modelos, a exemplo do tubogotejador "RAIN BIRD".

Segundo a simulação de quantidade de carbonatos precipitados é possível, prever para o Norte de Minas e Nordeste do Brasil até triplicar a quantidade de carbonato precipitado quando a temperatura da água no interior do tubo varia de 20 para 60°C, variação possível de ocorrer no campo.

Através da análise dos dados apresentados, após o tratamento de desobstrução com sobrepressão, é possível, em primeiro momento, afirmar que o emprego desta técnica não possibilitou uma limpeza eficiente dos emissores dos tubogotejadores.

Finalmente, cabe observar que não foi objetivo deste trabalho influenciar o mercado de tubogotejadores através de comparações, pois o emprego desses produtos só é recomendado para água de boa qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. M. H.; LOPEZ, J. R.; REGALADO, A. P. ; HERNADEZ, J. F. **El Riego localizado**. Madrid, Espanha: Instituto Nacional de Investigações Agrárias, 1987. 317p.
- ABREU, T. A. de.; OLITTA, A. F. L. ; MARCHETTI, D. A. B. **Comparação dos métodos de irrigação por sulco e por gotejo na cultura do melão, no Vale do São Francisco**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.13, n.3, p.35-45, 1978.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Standards. Engineering Practices. Data**. St. Joseph-MI, 1994. 819p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 12:02.08-20. Sistema de irrigação localizada. Emissores para sistema de irrigação localizada**. Jul. 1987.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1989. 556p.
- BRALTS, V. F.; WU, I. P.; GITLIN, H. M. **Manufacturing variation an drip irrigation uniformity**. Transaction of ASAE, St. Joseph, v.24, n.1, p.113-119. Jan./Feb. 1981.
- BUCKS, D. A. ; MYERS, L. E. **Uniform irrigation with low-pressure trickle systems**. Journal of the irrigation and drainage division, New York, v.98, n.3, p.341-346, Sept. 1972.
- CALEGAR, G. M. ; COELHO, M. B. **Considerações econômicas dos métodos de irrigação por gotejamento e por sulco na cultura do melão**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1987. 11p.

- CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. 3.ed. Piracicaba: Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ/USP, 1979. 343 p.
- CLARK, G. A.; STANLEY, C. C.; MAYNARD, D. N. ; HOCHMUTH, G. H. **Water and fertilizer management of microirrigated fresh market tomatoes**. *Transation of ASAE*, St. Joseph. v.33, n.2, p.429-435, Mar./Apr. 1991.
- CLEMMENS, A. J. **A statical analysis of trickle irrigation uniformity**. *Transactions of ASAE*, St. Joseph, v.30, n.1, p.169-175, Jan./Feb. 1987.
- COELHO, M. B.; OLITTA, A. F. L. ; ARAÚJO, J. P. **Influência dos métodos de irrigação por sulco e gotejo na cultura do melão**. Petrolina: CPTSA/EMBRAPA, 1977. 18p. (mimeografado).
- COSTA, E. F. DA.; VIEIRA, R. F. ; VIANA, P. A. **Quimigação - Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-CNPMS, 1994. 315p.
- CUENCA, R. H. **Irrigation system design; an engeneering approach**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1989. 552p.
- DENÍCULI, W. **Uniformidade de distribuição de água em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento**. Viçosa: UFV, 1979. 42p. (Tese - Mestrado em Engenharia Agrícola).
- ENGLISH, S. D. **Filtration and water treatment for micro-irrigation**. In: **INTERNATIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS**, 3, Califórnia, 1985. *Proceedings...California*, 1985. v.1., p.50-57.
- FUNDACIÓN CHILE. **Manual del exportador hortofruticola - 88/89**. Santiago, 1988. 336p.
- GLOBO RURAL ECONOMIA. Rio de Janeiro, out. 1990. 34p.
- GOLDBERG, F. P. ; SHUMUELI, M. **Drip irrigation. A method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity**. *Transation of ASAE*, St. Joseph, v.15, n.1, p.38-41, Jan/Feb. 1970.
- HILLS, D. J.; NAVAR, F. M. ; WALLER, P. M. **Effects of clogging on drip-tape irrigation uniformity**. *Transation of ASAE*, St. Joseph, v.32, n.4, p.1202-1206, May, 1989.
- HOWELL, T. A. ; HILER, E. A. **Designing trickle irrigation laterals for uniformity**. *Journal of the irrigation and drainage division*, New York, v.100, n.4, p.443-454, Dec. 1974b.

- HOWELL, T. A. ; HILER, E. A. Trickle irrigation lateral design. *Transation of ASAE, St. Joseph*, v.17, n.5, p.902-908, 1974a.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 9261. **Agricultural irrigation equipment-emitting-pipe systems-specification and test methods.** Switzerland, International Organization for Standardization. 1991. 7p.
- JAMES. L. G. **Principles of farm irrigation system design.** New York: John Wiley, 1988. 543p.
- KELLER, J. ; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. *Transation of ASAE, St. Joseph*, v.17, n.4, p.678-684, Jan. 1974.
- KELLER, J. ; KARMELI, D. **Trickle Irrigation design.** Califórnia: "RAIN BIRD" Sprinckler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- LANGELIER, W. F. The analytical control of anticorrosion water treatment. *Journal American Water Works Association*, v.28, p.1500-1521, 1939.
- LIMA, L. A. **Irrigação por aspersão.** (Notas de aula) Lavras: ESAL Departamento de Engenharia, 1992.
- LIMA, L. A. **Água e meio ambiente.** In: ENCONTRO TÉCNICO RURALMINAS, 1, Lavras, 1994. 7p.
- LOEWENTHAL, R.E. ; FRIEND, J. F. C. **Chemical conditioning of low-and medium-salinity waters.** Pretoria, África do Sul: Water Research commission, 1992. 62p.
- MEDINA SAN JUAN, J. A. **Riego por goteo.** Madrid, Espanha: Mundi-prensa, 1988. 256p.
- MERRIAN, J. L.; SHEARER, M. N. ; BURT, C. M. Evaluating irrigation systems and practices. In: JENSEN, M. E.,ed. **Design and operation of farm irrigation systems.** St. Joseph: ASAE, 1983. Cap.17, p.721-760.
- NAKAYAMA, F. S. ; BUCKS, D. A. Emmiter clogging effects on trickle irrigation uniformity. *Transation of ASAE, St. Joseph*, v.24, n.1, p.77-80, Jan./Feb. 1981.
- NAKAYAMA, F. S. ; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production, design, operation and management.** New York: Elsevier, 1986. 383p.
- OLITTA, A. F. L. Projeto de irrigação localizada. In: BRASIL. Programa nacional de irrigação. **Curso de elaboração de projetos de irrigação.** Brasília, 1986. pg. T11

- OLITTA, A. F. L.; ABREU, T. A. ; MARQUETE, D. A. D. Estudo comparativo dos métodos de irrigação por sulco e gotejo na cultura do melão. *O Solo*, Piracicaba, v.70, n.2, p.7-14, 1978.
- PARCHOMCHUK, P. Temperature effects on emission discharge rates. *Transaction of ASAE*, St. Joseph, v.19, n.4, p.690-693, Apr. 1976.
- PIZARRO CABELLO, F. Riegos localizados de alta frequência. Madrid, Espanha: Mundi-prensa, 1987. 461p.
- SCHMIDT, M. V. V.; LOUREIRO, B. T. ; DENÍCULI, W. Características hidráulicas do tubogotejador "QUEEN GIL". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 12, Ilhéus, 1993. Anais.... Ilhéus: Fundação Banco do Brasil, 1993. v.4. p.2612-2625.
- SOLOMOM, K. H. Global uniformity of trickle emitters. *Transaction of ASAE*, St. Joseph, v.28, n.4, p.1151-1158, July/Aug. 1985.
- SOLOMOM, K. H. Manufacturing variation of trickle emitters. *Transaction of ASAE*, St. Joseph, v.22, n.4, p.1034-1043, July/Aug. 1979.
- SOLOMOM, K. H. ; KELLER, J. Trickle irrigation uniformity and efficiency. *Journal of the irrigation and drainage division*, New York, v.104 n.3, p.293-306, Sept. 1978.
- SUASSUMA, I. e AUDRY, P. Estudos de salinidade das água de irrigação das propriedades do GAT e da sua evolução sazonal durante os anos de 1988 e 1989. Recife: UFPE, 1992. 318P.
- TESTEZLAF, R. ; CAMPIONI, E. C. Comportamento hidráulico do tubogotejador "QUEEN GIL". *Engenharia Agrícola*, Campinas, v.13 p.29-38, 1993.
- WITHER, B.; VIPOND, S. Irrigação; projeto e prática. São Paulo: Editora pedagógica e Universitária, 1979. 339p.
- WU, I. P. ; GITLIN, H. M. Hydraulics and uniformity for drip irrigation, *Journal of the irrigation and drainage division*, New York, v.99, n.2, p.157-168, June. 1973.
- ZUR, B. ; TAL, S. Emmitter discharge sensitivity to pressure and temperature. *Journal of the irrigation and drainage division*, New York, v.107, n. 1, March, 1981.

APÊNDICE

APÊNDICE

Manejo adotado para simular a irrigação do melão para os cinco tipos de tubogotejadores.

IRRIGAÇÃO			"RAIN BIRD"		"QUEEN GIL"		"CHAPIN"		"RO-DRIP"		"T-TAPE"		
1	2	3	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	6
1*	19/02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	20/02	4,0	60,0	2:54	60,0	2:03	46,0	2:13	40,0	1:44	40,0	1:31	246,0
3	21/02	4,0	60,0	2:54	60,0	2:03	46,0	2:13	40,0	1:44	40,0	1:31	246,0
4	22/02	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
5	23/02	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
6	24/02	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
7	25/02	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
8	26/02	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
9	27/02	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
10	28/02	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
11	01/03	2,0	30,0	1:27	30,0	1:01	23,0	1:06	20,0	0:52	20,0	0:45	123,0
12	02/03	STRESS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	03/03	STRESS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	04/03	3,0	45,0	2:10	45,0	1:32	34,5	1:39	30,0	1:18	30,0	1:08	184,5
15	05/03	3,0	45,0	2:10	45,0	1:32	34,5	1:39	30,0	1:18	30,0	1:08	184,5
16	06/03	STRESS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	07/03	STRESS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	08/03	3,0	45,0	2:10	45,0	1:32	34,5	1:39	30,0	1:18	30,0	1:08	184,5
19	09/03	3,0	45,0	2:10	45,0	1:32	34,5	1:39	30,0	1:18	30,0	1:08	184,5
20	10/03	STRESS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	11/03	STRESS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	12/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2
23	13/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2
24	14/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2
25	15/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2
26	16/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2
27	17/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2

.....continuação

28	18/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2
29	19/03	4,8	72,0	3:29	72,0	2:28	55,2	2:39	48,0	2:04	48,0	1:49	295,2
30	20/03	5,6	84,0	4:04	84,0	2:53	64,4	3:06	56,0	2:25	56,0	2:08	344,4
31	21/03	5,6	84,0	4:04	84,0	2:53	64,4	3:06	56,0	2:25	56,0	2:08	344,4
32	22/03	5,6	84,0	4:04	84,0	2:53	64,4	3:06	56,0	2:25	56,0	2:08	344,4
33	23/03	5,6	84,0	4:04	84,0	2:53	64,4	3:06	56,0	2:25	56,0	2:08	344,4
34	24/03	5,6	84,0	4:04	84,0	2:53	64,4	3:06	56,0	2:25	56,0	2:08	344,4
35	25/03	5,6	84,0	4:04	84,0	2:53	64,4	3:06	56,0	2:25	56,0	2:08	344,4
36	26/03	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
37	27/03	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
38	28/03	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
39	29/03	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
40	30/03	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
41	31/03	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
42	01/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
43	02/04	7,2	108,0	5:13	108,0	3:42	82,8	3:59	72,0	3:07	72,0	2:44	442,8
44	03/04	7,2	108,0	5:13	108,0	3:42	82,8	3:59	72,0	3:07	72,0	2:44	442,8
45	04/04	7,2	108,0	5:13	108,0	3:42	82,8	3:59	72,0	3:07	72,0	2:44	442,8
46	05/04	7,2	108,0	5:13	108,0	3:42	82,8	3:59	72,0	3:07	72,0	2:44	442,8
47	06/04	7,2	108,0	5:13	108,0	3:42	82,8	3:59	72,0	3:07	72,0	2:44	442,8
48	07/04	7,2	108,0	5:13	108,0	3:42	82,8	3:59	72,0	3:07	72,0	2:44	442,8
49	08/04	7,2	108,0	5:13	108,0	3:42	82,8	3:59	72,0	3:07	72,0	2:44	442,8
50	09/04	8,0	120,0	5:48	120,0	4:07	92,0	4:26	80,0	3:27	80,0	3:03	492,0
51	10/04	8,0	120,0	5:48	120,0	4:07	92,0	4:26	80,0	3:27	80,0	3:03	492,0
52	11/04	8,0	120,0	5:48	120,0	4:07	92,0	4:26	80,0	3:27	80,0	3:03	492,0
53	12/04	8,0	120,0	5:48	120,0	4:07	92,0	4:26	80,0	3:27	80,0	3:03	492,0
54	13/04	8,0	120,0	5:48	120,0	4:07	92,0	4:26	80,0	3:27	80,0	3:03	492,0
55	14/04	9,6	144,0	6:58	144,0	4:56	92,0	5:19	96,0	4:09	96,0	3:39	590,4
56	15/04	9,6	144,0	6:58	144,0	4:56	110,4	5:19	96,0	4:09	96,0	3:39	590,4
57	16/04	9,6	144,0	6:58	144,0	4:56	110,4	5:19	96,0	4:09	96,0	3:39	590,4
58	17/04	9,6	144,0	6:58	144,0	4:56	110,4	5:19	96,0	4:09	96,0	3:39	590,4
59	18/04	9,6	144,0	6:58	144,0	4:56	110,4	5:19	96,0	4:09	96,0	3:39	590,4
60	19/04	9,6	144,0	6:58	144,0	4:56	110,4	5:19	96,0	4:09	96,0	3:39	590,4
61	20/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
62	21/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
63	22/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
64	23/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
65	24/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
66	25/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
67	26/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
68	27/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
69	28/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
70	29/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
71	30/04	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
72	01/05	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
73	02/05	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6

.....continuação

74	03/05	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
75	04/05	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
76	05/05	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
77	06/05	6,4	96,0	4:38	96,0	3:17	73,6	3:32	64,0	2:46	64,0	2:26	393,6
78**	09/05												

onde:

* = Irrigação testemunha, para aferir a vazão dos tubogotejadores, onde se usou água de boa qualidade, isto é, sem nenhum tratamento;

** = Teste realizado após a aplicação da sobrepressão;

1 = Dias após início da primeira irrigação;

2 = Data da irrigação;

3 = Lâmina diária de irrigação (mm);

4 = Volume diário de irrigação de cada tubogotejador (litros);

5 = Tempo diário de irrigação de cada tubogotejador (hh:min); e

6 = Volume diário total de cada irrigação (litros).