

DINÂMICA DA OBSTRUÇÃO DE EMISSORES USADOS NA CULTURA DA UVA UTILIZANDO ÁGUA SALINA DE POÇO SUBTERRANEO

ROBERTO CASTRO NASCIMENTO¹; PEDRO ROBINSON FERNANDES DE MEDEIROS²; GABIANE SOUZA SANTOS¹; ELTON CARLOS PEREIRA VIEIRA DE ALENCAR TELES¹; DAYANE RODRIGUES GONÇALVES¹ E ANA PRISCILA FELIX MARTINS²

¹Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Juazeiro, Av. Antonio Carlos Magalhães, 510 Country Club, CEP: 48.902-300 – Juazeiro, BA. rcnjua@hotmail.com, eltoteles@hotmail.com, gabbysouza_20@hotmail.com, dayanergoncalves@gmail.com

²Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Juazeiro, Av. Antonio Carlos Magalhães, 510 Country Club, CEP: 48.902-300 – Juazeiro, BA. Pedro.fernandes@univasf.edu.br

1 RESUMO

A irrigação localizada envolve os sistemas onde a água é aplicada diretamente sobre a região da raiz, em pequenas intensidades, mas com alta frequência, a fim de manter a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo, sendo de grande importância no cenário agrícola brasileiro, com aplicações voltadas principalmente para a fruticultura, horticultura e fertirrigação. Os sistemas de irrigação localizada de alta frequência são os mais afetados pela obstrução dos emissores decorrente da contaminação da água. Este trabalho objetivou avaliar a obstrução de emissores em um sistema de irrigação por gotejamento usado na cultura da uva por 5 anos, com fertirrigação, utilizando água salina de poço profundo, afim de apontar possíveis causas e sugerir soluções que permitam o uso otimizado da água de irrigação. Como referência, os tubos gotejadores inicialmente foram submetidos a 360 h de irrigação com água do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Juazeiro-BA (SAAE) e posteriormente com água do Rio São Francisco. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação, no Campus de Juazeiro/BA, da UNIVASF. A estatística foi à descritiva, por medidas de tendência central e por medidas de dispersão de dados. Como principais resultados têm-se que os emissores com cinco anos de uso na fertirrigação, apresentaram inicialmente um grau de entupimento de 16,5%, bem superior se comparado com o mesmo tubo gotejador novo, em torno de 7%; com um aumento nos valores para 18% e 11%, respectivamente. Foi verificado que a água salina causou uma obstrução parcial maior que a água tratada do abastecimento.

Palavras-chave: grau de entupimento, água salina, uniformidade de aplicação.

**NASCIMENTO, R. C.; MEDEIROS, P. R. F.; SANTOS, G. S.; TELES, E. C. P. V. A.;
GONÇALVES, D. R.; MARTINS, A. P. F.
DYNAMICS OF OBSTRUCTION OF THE ISSUER USED IN GRAPE CULTURE
USING SALINE WATER WELL UNDERGROUND**

2 ABSTRACT

The drip irrigation involves irrigation systems where water is applied directly to the root area in small intensities, but with high frequency in order to maintain soil moisture in the root zone close to field capacity, and is of great importance in the Brazilian agricultural scenario, with applications geared mainly for fruits, vegetables and fertigation. High frequency localized irrigation systems are the most affected by obstruction of emitter due to water contamination. This study evaluated the emitters obstruction in a drip irrigation system used in wine growing for 5 years, with fertigation using saline water from deep well, in order to identify possible causes and suggest solutions to the optimal use of water irrigation. As reference, the drip irrigation system was subject to 360 h of irrigation with water and then with SAAE water from São Francisco River. The work was developed in the Irrigation Laboratory in the campus of Juazeiro / BA, UNIVASF. Statistical analysis was descriptive, for measures of central tendency and data dispersion measures. And the main results is that for the issuing company with five years of use in fertigation, initially, the proportion was 16.5% clogging, much higher compared to the same new dripline, around 7%; with 18% and 11% increase in values for, respectively. It has been found that the saline water caused a partial obstruction greater than that of the treated water supply.

Keywords: degree of clogging, salt water, uniformity of application.

3 INTRODUÇÃO

Atualmente a irrigação localizada desponta com um nível elevado em tecnologia e inovação. Os fabricantes devem fornecer a curva vazão-pressão e a pressão de serviço ideal, além de indicar o intervalo de pressão efetiva para operação do emissor. Normalmente os emissores são especificados em termos da sua vazão média (vazão nominal) a uma dada pressão padrão de operação (pressão de serviço) e pelo seu expoente de fluxo (FRIZZONE, et al., 2012).

No sistema por gotejamento a água é aplicada pontualmente, através de orifícios de diâmetro muito reduzido (gotejadores); um desafio em relação ao seu uso devido a problemática de obstrução de emissores. A uniformidade de aplicação de água é afetada por fatores hidráulicos, qualidade dos gotejadores e da água, o uso da fertirrigação com sais que podem ocasionar o entupimento dos emissores (CUNHA et al., 2013).

De acordo com Almeida (2010), os sistemas de irrigação localizada de alta frequência (gotejamento), são os mais afetados pela obstrução decorrente da contaminação da água. Conforme Silva et al. (2012), entre os diversos fatores que podem afetar a uniformidade de distribuição da água nos sistemas de irrigação localizada de alta frequência, estão a pressão de serviço do emissor, a velocidade da água na tubulação, o alinhamento da linha lateral e o entupimento dos emissores. Este último fator contribui para o comprometimento da eficiência do sistema, visto que há variações na uniformidade de fluxo do emissor e na hidráulica da linha lateral.

Segundo relato de Silva et al. (2012), com o avanço da utilização da irrigação localizada, começam a ser observados problemas de perda de desempenho de equipamentos devido à presença do íon ferro e sólidos em suspensão que podem entupir tubulações, reduzindo a área de condução de água, aumentando a perda de carga e fazendo com que haja perda de pressão no sistema, conseqüentemente reduzindo a vazão dos emissores.

De acordo com Testezlaf (2008), o entupimento de emissores na irrigação localizada por contaminantes físicos, químicos e biológicos, afeta o desempenho hidráulico, amplia os problemas de manutenção e, conseqüentemente, o custo de operação do sistema, reduzindo a uniformidade de distribuição da água.

Em regiões áridas e semiáridas, é comum a ocorrência de fontes de água com elevada concentração total de sais e com elevadas concentrações de sódio, fatores estes que reduzem a qualidade desse recurso para utilização na agricultura (NEVES et al., 2009). E que dependendo da concentração de íons específicos formadores de compostos insolúveis, estes podem causar problemas de obstrução química nos emissores do tipo gotejador que em muitos casos é irreversível.

Diante do exposto é observada a importância de adotar medidas que envolvam o manejo adequado do sistema de irrigação por gotejamento, a fim de que seja obtida a máxima eficiência do mesmo, como a seleção do emissor mais adequado, seleção e manutenção do sistema de filtragem, monitoramento da qualidade da água de irrigação e avaliações periódicas de uniformidade de aplicação. À medida que se prolonga o tempo de uso do equipamento no decorrer do ciclo da cultura, aumenta a possibilidade de obstrução dos orifícios, necessitando, assim, de avaliações periódicas (SOUSA, 2003).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a obstrução de emissores em um sistema de irrigação por gotejamento usado na cultura da uva por cinco anos, utilizando água salina a partir principalmente dos parâmetros vazão relativa, grau de entupimento e medidas de dispersão de dados.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) do Campus de Juazeiro, Estado da Bahia, situado geograficamente nas coordenadas 9°24'40,9"S e 40°30'48,3"W. O clima do município é o semiárido, com temperatura média de 24,2°C e pluviosidade média anual de 427 mm, concentrada nos meses de novembro a março (INMET, 2013).

As hipóteses testadas foram, tubos gotejadores com 5 anos de uso na cultura da uva sob fertirrigação tem um grau elevado de obstrução que se justifique a substituição do material; o uso de águas de qualidade inferior (salina subterrânea) podem causar e/ou intensificar a problemática de obstrução de emissores usados e/ou novos.

Foi montada uma bancada de testes de emissores utilizados na irrigação localizada por gotejamento, com capacidade para quatro linhas laterais simultaneamente. O bombeamento das águas na bancada foi realizado por meio de um conjunto motobomba hidráulico de 1 cv acoplado a uma caixa d'água de 500 L. Após a bomba, foi instalado um filtro de disco, com 120 mesh. A aferição da pressão de serviço foi por meio de um Manômetro metálico tipo Bourdon, instalado na saída da bomba. As calhas de suporte e recolhimento das vazões oriundas dos gotejadores foi confeccionada cortando longitudinalmente um tubo de pvc de 100 mm de diâmetro ao meio, com o comprimento de 12 m. O sistema tem um ciclo fechado em relação a água utilizada nos testes, tendo com isso, a possibilidade de testar diferentes tipos de águas em relação a sua qualidade, na obstrução de emissores.

Os tubos gotejadores testados foram oriundos de uma fazenda de uva localizada no Distrito Irrigado N4 Senador Nilo Coelho do município de Petrolina-PE, com 5 anos de uso na fertirrigação com a cultura da uva, em que o mesmo foi substituído por motivos de recomendação prática da empresa fornecedora. A nível de comparação, foram adquiridos tubos

gotejadores novos de mesma marca e modelo dos usados. Na linha lateral foram selecionados 10 emissores para serem avaliados. A bancada com capacidade para quatro linhas laterais simultaneamente, sendo assim ensaiados 40 emissores usados e 40 emissores novos (ABNT NBR ISO 9261).

Os tubos gotejadores eram “in line”, em mangueira de polietileno de 16 mm de diâmetro, com espaçamento entre emissores de 0,5 m, o emissor foi do tipo bob com vazão nominal de 4 L h⁻¹ com duas saídas de ponto de emissão. A linha lateral testada tinha 12 m de comprimento e os emissores testados foram intercalados linearmente.

Inicialmente os tubos gotejadores foram submetidos a 360 h de irrigação utilizando água do abastecimento público da Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro/BA, do sistema do SAAE afim de identificar inicialmente o problema de obstrução de tubos gotejadores usados e novos, operando com 150 kPa de pressão de serviço. As características físico-químicas da água salina de poço profundo subterrâneo estão apresentadas na Tabela 1.

As vazões dos gotejadores foram determinadas por bateria de pluviômetros de massa conhecida, dispostos abaixo dos emissores, que retinham a água durante o período de 3 min, sendo os pesos medidos com balança eletrônica (precisão 0,001 g). As leituras de vazão eram efetuadas em intervalos de 48 h.

Tabela 1. Resultado da análise físico-química da água salina de poço subterrâneo, Juazeiro, Bahia, Laboratório Agroambiental da Embrapa Semiárido.

Parâmetros	Unidades	Resultados	
Cálcio		3,45	
Magnésio		14,65	
Sódio		18,00	
Potássio	mmol/L	0,20	
Carbonatos		0,00	
Bicarbonatos		2,22	
Sulfatos		0,31	
Cloretos		10,15	
pH			7,34
C.E. (25 °C)		ds/cm	2,57
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	90,50	
R.A.S.		4,23	

* Relação de Adsorção de Sódio (RAS)

A água salina foi utilizada para simular, a nível de produtor, um total de irrigação de 380 h, totalizando um volume de 1098,2 e 1280,6 L por emissor usados e novos, respectivamente. A diferença existente é devido a obstrução existente, já comprovada inicialmente pelos emissores usados.

Os parâmetros avaliados foram, vazão média e relativa; desvio padrão; erro padrão; variância; mediana; valor máximo e mínimo; curtose; assimetria; intervalo de variação relativo; nível de confiança para 95%; coeficiente de variação de vazão; grau de entupimento (MÉLO, 2007). E os coeficientes de uniformidade de distribuição de água (ROCHA et al., 1999): uniformidade de Christiansen (CUC); uniformidade de Hart (CUH); uniformidade estatística (CUE) e de distribuição (UD).

E com o intuito de sistematizar, organizar, descrever, analisar e interpretar os dados oriundos do respectivo estudo experimental científico, foi utilizado a estatística descritiva

como forma de organização e apresentação dos dados, devido principalmente ao enorme número de dados existentes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 02 e 03 demonstram a análise estatística descritiva completa dos dados de vazão obtidos em avaliações periódicas, apresentada de forma resumida em épocas de interesse para melhor compreensão.

Tabela 2. Parâmetros estatísticos descritivos em relação às horas de irrigação, para a pressão de serviço de 1,5 kgf cm⁻², utilizando água salina de poço subterrâneo e emissores com 5 anos de uso na cultura da uva

Parâmetros	96 h	192 h	288 h	380 h
Vazão Média	2,893	3,056	2,826	2,897
Erro padrão	0,011	0,016	0,011	0,021
Mediana	2,898	3,063	2,838	2,903
Desvio padrão (σ)	0,035	0,050	0,036	0,067
Variância	0,001	0,003	0,001	0,005
Curtose	0,471	1,827	-0,274	-0,363
Assimetria	-0,070	-0,961	-0,765	-0,373
Intervalo	0,110	0,180	0,108	0,200
Mínimo	2,825	2,946	2,758	2,778
Máximo	2,935	3,126	2,866	2,978
Soma	28,931	30,560	28,260	28,973
Nível de confiança*	0,025	0,036	0,026	0,048

* Nível de confiança à 95%.

Tabela 3. Parâmetros estatísticos descritivos em relação às horas de irrigação, para a pressão de serviço de 1,5 kgf cm⁻², utilizando água salina de poço subterrâneo e emissores novos

Parâmetros	96 h	192 h	288 h	380 h
Vazão Média	3,205	3,377	3,110	3,074
Erro padrão	0,016	0,018	0,018	0,025
Mediana	3,205	3,391	3,118	3,076
Desvio padrão (σ)	0,052	0,055	0,056	0,079
Variância	0,003	0,003	0,003	0,007
Curtose	-1,481	-0,829	-0,519	0,575
Assimetria	0,009	0,052	0,209	-0,138
Intervalo	0,147	0,171	0,175	0,271
Mínimo	3,134	3,300	3,037	2,926
Máximo	3,281	3,471	3,212	3,196
Soma	32,046	33,771	31,103	30,741
Nível de confiança*	0,037	0,040	0,040	0,057

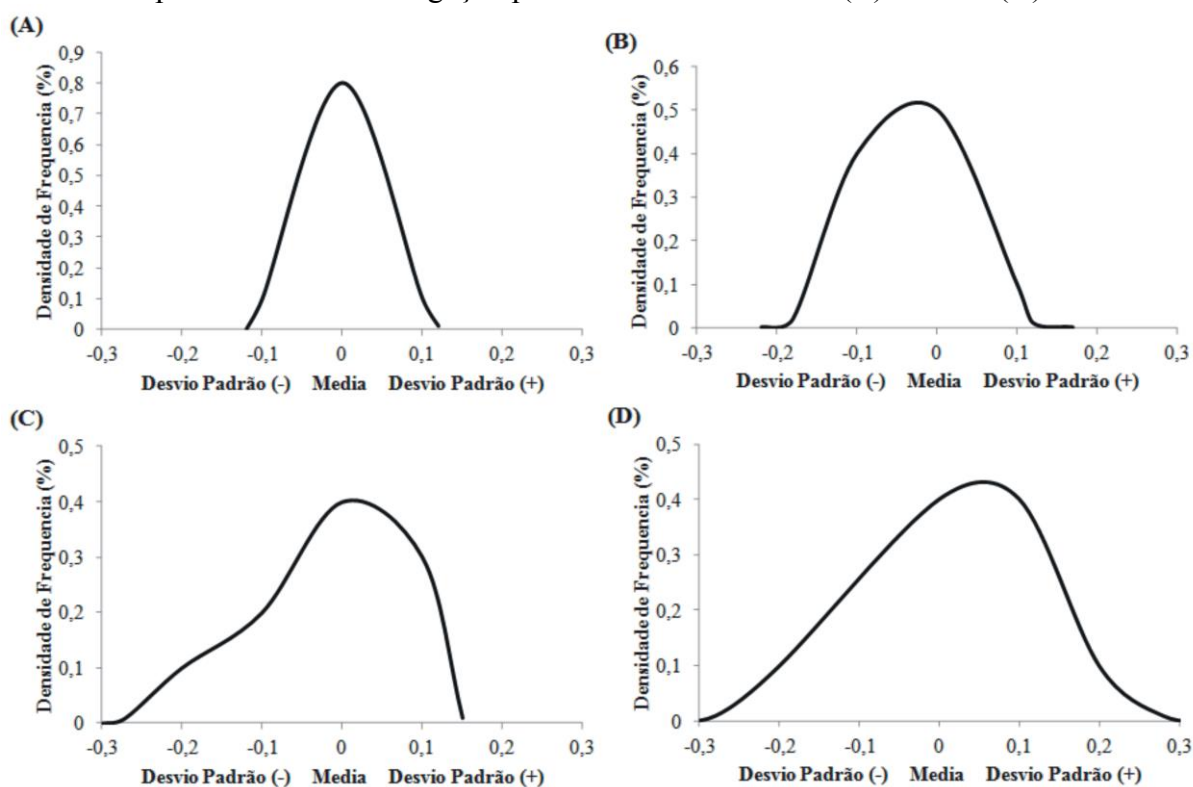
* Nível de confiança a 95%

Constatou-se que a vazão média dos emissores (Tabelas 02 e 03) variou 6% do início do experimento até as 380 h de irrigação, com um pequeno aumento nas 190 h, o que indica um emissor bem dimensionado hidráulicamente, pois este valor de variação implica em um baixo valor de variação por efeitos hidráulicos (CVq)(WU, 1997). Conforme relatado por Resende et al. (2000), onde trabalhando com gotejadores Netafim RAM e Dripline, obtiveram aumento da vazão, sendo que pode estar associado ao primeiro estágio de acumulação de material dentro do emissor, o que pode alterar o regime do escoamento.

O desvio e o erro padrão demonstraram um comportamento com pouca variabilidade. Com relação à média e a mediana, seus valores foram próximos em todas as avaliações realizadas, indicando simetria de distribuição (GOMES, 2000).

Com 96 e 192 horas de avaliação, para os emissores usados e 380 horas com os emissores novos, os dados apresentaram distribuição leptocúrtica, ou seja, com curtose maior que zero (Figuras 1A e 1D). Já para 288 e 380 horas de irrigação, com os emissores usados e 96, 192 e 288 horas com os emissores novos, os dados apresentaram uma curtose platicúrtica, ou seja, com curtose menor que zero (Figuras 1B e 1C).

Figura 1. Gráficos de distribuição normal da variação vazão relativa em relação a frequência de ocorrência para 96 horas de irrigação para os emissores usados (A) e novos (B), e para 380 horas de irrigação para os emissores usados (C) e novos (D)



No geral, ocorreu uma maior frequência de valores abaixo da média, o que também contribui para explicar o problema com obstrução dos emissores. Para uma distribuição normal podemos adotar a seguinte regra pra definirmos as probabilidades de ocorrência em 68% ($\bar{q} - \sigma$; \bar{q} ; $\bar{q} + \sigma$) e em 95% ($\bar{q} - 2x \sigma$; \bar{q} ; $\bar{q} + 2x \sigma$).

Para o respectivo estudo, verificou-se que 68% dos valores de vazão estão compreendidos no intervalo de 2,78 a 2,99 para emissores usados e 96 horas de irrigação (Figura 1A); 3,03 a 3,37 para emissores novos e 96 horas de irrigação (Figura 1B); 2,69 a

3,08 para emissores usados e 380 horas de irrigação (Figura 1C); 2,82 a 3,31 para emissores novos e 380 horas de irrigação (Figura 1D).

Quanto à assimetria, em todos as avaliações os valores ficaram próximos de zero, indicando, segundo Gomes (2000), simetria da distribuição, pois uma distribuição razoavelmente simétrica tem coeficiente de assimetria variando entre -1 e +1; porem com tendências de desvios para a esquerda (Figuras 1B e 1C) e para a direita.

Para 95% de probabilidade, os valores de vazão estão compreendidos no intervalo de 2,68 a 3,09 para emissores usados e 96 hs de irrigação (Figura 1A); 2,86 a 3,53 para emissores novos e 96 hs de irrigação (Figura 1B); 2,50 a 3,27 para emissores usados e 380 hs de irrigação (Figura 1C); 2,58 a 3,55 para emissores novos e 380 hs de irrigação (Figura 1D).

A Tabela 4 apresenta dados dos coeficientes de uniformidade de aplicação, de variação da vazão e vazão relativa para os emissores usados e novos testados com água salina provenientes de poço profundo subterrâneo.

Tabela 4. Dados médios dos coeficientes de eficiência e vazão ($L h^{-1}$) referenciados em horas de irrigação, para emissores com 5 anos de uso na cultura da uva e novos

Parâmetros	95 h	190 h	285 h	380 h
	Emissores Usados			
Q relativa (%)	83,72	88,88	81,97	81,96
CVq	1,21	1,90	1,50	2,82
UD	98,4	97,8	98,0	96,3
CUC	98,3	93,7	98,7	95,8
CUH	91,2	89,0	90,2	86,6
CUEstat	98,8	98,1	98,5	97,2
Emissores Novos				
Q relativa (%)	92,96	97,64	90,38	88,61
CVq	1,76	1,95	2,02	3,25
UD	97,9	97,6	97,7	96,4
CUC	89,2	84,3	92,0	92,4
CUH	89,4	88,9	88,6	85,6
CUEstat	98,2	98,1	98,0	96,7

* Q relativa (%) - Vazão relativa em percentagem. CVq – Coeficiente de Variação de vazão. UD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição. CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen. CUH - Coeficiente de Uniformidade de Hart. CUEstat - Coeficiente de Uniformidade Estatístico

Embora tenha ocorrido uma pequena redução da vazão relativa ao longo das horas avaliadas, esta apresentou ótimos valores mostrando que as vazões medidas em relação a inicial não diferiram muito durante o período avaliado.

Para os emissores usados houve no decorrer do experimento uma redução de 2,14%; já para os emissores novos essa redução foi de 4,90%. Geralmente, as obstruções causam diminuição da vazão dos emissores; porém esta afirmativa tem sido colocada a prova constantemente, pois em alguns modelos de emissores tem ocorrido o inverso, aumento da vazão ofertada (MEDEIROS et al., 2008).

Pode-se observar que com 190 h de avaliação, tanto os emissores usados, quanto os emissores novos ocorreu um aumento da vazão relativa o que corrobora com Barros et al. (2009), onde, trabalhando com emissores autocompensantes e não autocompensantes, observaram aumento da vazão durante o processo de entupimento, em ambos os tipos. Este mesmo comportamento foi observado por Resende et al. (2000), com os gotejadores Netafim

RAM e Dripline, no qual, o aumento da vazão, pode estar associado ao primeiro estágio de acumulação de material dentro do emissor, o que pode alterar o regime do escoamento.

Quanto ao coeficiente de variação de vazão (CVq), os valores encontrados foram baixos, evidenciando a pouca variação nos dados de vazão. Comparando o CVq dos emissores novos e usados, observa-se que este foi maior para os emissores novos, podendo ser explicado pela maior taxa de descarga (vazão) e conseqüentemente maior carreamento de partículas sólidas para o seu interior. Quando o coeficiente de variação de vazão apresenta valor menor que 15%, os valores evidenciados do estudo são considerados homogêneos e estáveis (OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo Frizzone et al. (2012), para variações de vazão de 10 % a 20 % obtém-se coeficientes de variação de vazão por efeitos hidráulicos, entre 3,3 % e 7,2%. O CVq (H) aumenta cerca de 3 a 5% para cada 10% de aumento em variação de vazão, no intervalo de 0 a 40% (WU, 1997). A alta correlação entre variação de vazão e coeficiente de variação justifica o uso de equações específicas para projetos de microirrigação com emissor de fluxo turbulento, não compensado de pressão. A uniformidade de distribuição ou aplicação, de forma geral, expressa o grau de uniformização das lâminas de irrigação, indicando como a água está sendo distribuída em quantidades equivalentes (LOPES, 2006).

Para os emissores usados e novos, de uma forma geral os valores dos coeficientes estudados foram classificados como desempenho excelente e bom respectivamente, segundo a classificação de Mantovani (2001), indicando que não houve alta discrepância entre a vazão média com as vazões unitárias de cada emissor. De acordo com Bernardo, Soares & Mantovani et al. (2005), o limite mínimo de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen aceitável em um sistema de irrigação por gotejamento é de 80%. Segundo Brauer (2010), o coeficiente de uniformidade de distribuição mostrou-se mais sensível as variações de uniformidade de aplicação de água pelo efeito do entupimento que o coeficiente de uniformidade de Christiansen, como era de se esperar, pois em seu cálculo, utilizam-se valores médios dos 25% dos menores valores das vazões.

O coeficiente de uniformidade de Hart (CUH) apresentou também uma pequena variação, tanto para os emissores novos quanto para os emissores usados ficando próximos aos valores de CUC, caracterizando uma distribuição normal dos dados do referido experimento.

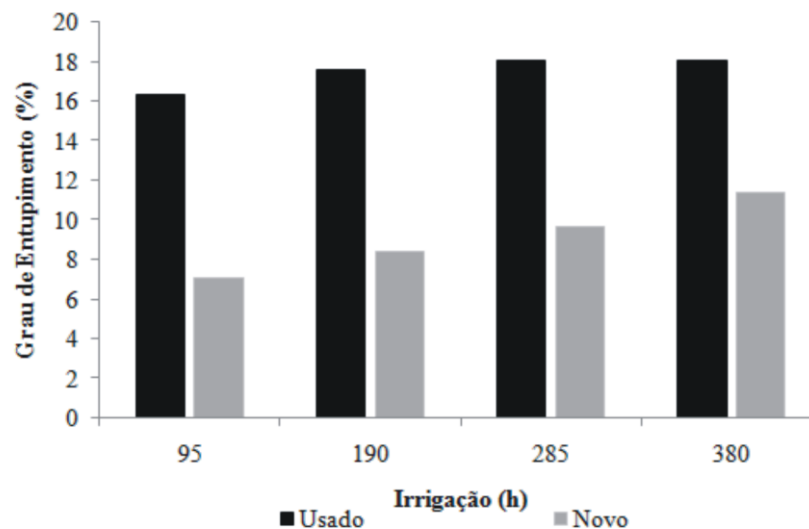
Os valores do CUEstat apresentaram também pequena variação, sendo classificado como excelente, mostrando que não houve uma dispersão considerável das vazões obtidas. O CUEstat teve menor valor de 97,2% para os emissores usados e 96,7% para os emissores novos ao longo do período avaliado. Souza et al. (2006), avaliando sistema de irrigação por gotejamento, utilizado na cafeicultura, obtiveram resultados de CUEstat entre 80% e 90%. Estabelecendo comparação entre a primeira e última avaliação para os emissores usados, constataram-se reduções nos valores do UD e CUEstat de 2,18 e 1,64%, respectivamente. Já para os emissores novos foram constatadas reduções de 1,55% para UD e 1,55% para CUEstat.

Carvalho et al. (2006) avaliaram gotejadores tipo orifício em sistema de gotejamento com três anos de uso e água de abastecimento convencional, encontraram valor de CUE de 76,19%. Já Pletsch et al. (2009) avaliando gotejadores tipo labirinto aplicando água residuária de origem doméstica obtiveram um CUE de 98,81% para gotejadores novos, 97,56% para gotejadores com 500 horas de uso e 67,26% com 1000 horas de uso. No caso de sistemas de irrigação novos, recomenda-se a periodicidade de avaliações a partir dos coeficientes de uniformidade, devido ao desgaste a que são submetidos ao longo do tempo (FERREIRA et al., 2014).

Um outro fator importante quando se deseja avaliar um emissor do tipo gotejador, é o grau de entupimento. A qualidade da irrigação e a segurança do sistema dependem da seleção do emissor e dos critérios de projeto, tendo como principais fatores envolvidos na eficiência dos sistemas de microirrigação, a variação de vazão dos emissores causada pelo processo de fabricação, a aproximação da relação vazão-pressão com as especificações de projeto, o expoente de descarga do emissor, a variação de pressão permitida, a perda de carga localizada causada pela inserção do emissor na linha lateral, a sensibilidade ao entupimento, a estabilidade da relação vazão-pressão com o tempo, a porcentagem de área molhada pelo emissor, a qualidade da filtração e o grau de automação (FRIZZONE et al., 2012).

Observa-se que o grau de entupimento dos emissores usados foi bem maior que os emissores novos, entretanto o aumento desse parâmetro ao longo das horas avaliadas foi maior nos novos (Figura 2).

Figura 2. Grau de entupimento dos emissores (GE) por linhas laterais usadas e novas, para a pressão de $1,5 \text{ kgf cm}^{-2}$ com diferentes intervalos (horas) de irrigação



O grau de entupimento aumentou cerca de 5% nos emissores usados e 57% para os emissores novos com o uso de água salina provenientes de poço profundo ao longo do tempo avaliado. O grau de entupimento dos emissores usados pode ser explicado pelo uso durante 05 anos na fertirrigação, que pode ter sido causa da obstrução parcial dos gotejadores devido à formação de precipitados químicos diminuindo assim a vazão de água aplicada, além dos cristais de sais precipitados decorrente do uso da água salina. De acordo com Ribeiro et al. (2005) substâncias químicas dissolvidas na água de irrigação, em altas concentrações, podem precipitar e eventualmente formar incrustações nas paredes das tubulações e emissores, restringindo a passagem da água.

Para os emissores novos, além do entupimento causado pelos cristais de sais oriundos da água salina no decorrer do experimento, também causas de natureza física como partículas inorgânicas em suspensão como areia, silte e argila presentes na água que passaram pelo filtro e foram se acumulando no emissor, podem ter contribuído também para a redução da vazão de água no mesmo. Conforme Coelho et al. (2007) o entupimento de emissores por causa física está principalmente relacionado com a quantidade de sedimentos que está presente em suspensão na água de irrigação ou que é succionada pelo conjunto motobomba. Também de

acordo com Gilbert (1981), foi identificada a existência de partículas físicas como a principal causa de entupimento de emissores, com 55% das ocorrências.

Tanto os emissores usados quanto os emissores novos tiveram aumento no grau de entupimento devido aos precipitados químicos provenientes da água salina utilizada no decorrer do experimento.

O aumento do grau de entupimento, não afetou os valores dos coeficientes de distribuição de água pelo sistema, a partir das obstruções parciais. Isso mostra que os coeficientes não foram eficientes para determinar a uniformidade de aplicação de água, ou que, a obstrução foi distribuída na linha na sua totalidade entre os dez emissores avaliados, tanto usados quanto novos.

6 CONCLUSÕES

- A água salina, causou obstrução para todos os emissores avaliados, porém mais expressiva somente no início do tempo de irrigação, não sendo possível determinar qual elemento químico teve maior influência;
- Os coeficientes de uniformidade de aplicação de água não foram eficientes para determinar a obstrução de emissores para os casos de obstruções distribuída na linha lateral;
- Os valores de vazão apresentaram distribuição normal, independente do tempo de uso dos emissores e/ou da influência da qualidade de água salina na obstrução dos emissores.
- Em termos práticos, não se recomendaria a substituição das linhas com cinco anos de uso, devido ao fato de que a obstrução ocorreu de forma distribuída, porém recomenda-se um ajuste no cálculo da lâmina aplicada.

7 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Irrigação da UNIVASF Campus Juazeiro/BA pela disponibilidade do espaço e infraestrutura disponível; ao Colegiado de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do mestrado acadêmico.

8 REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 611 p.

BRAUER, R. L. **Dinâmica de entupimento de gotejadores em função da aplicação de água rica em ferro**. 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

CARVALHO, C. M.; ELOY, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; PEREIRA, J. M. G. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 36- 46, 2006.

COELHO, R. D.; VILELA, L. A. A.; RESENDE, R. S.; TEIXEIRA, M. B.; SÁ, J. S. Entupimento de gotejadores em decorrência de pulsos de partículas sólidas na malha hidráulica. **Irriga**, Botucatu, v. 12, p. 108-122, 2007.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 4, p. 248-257, 2013.

FERREIRA, D. J. L.; LIMA, V. L. A.; SILVA, T. T. S.; FERREIRA FILHO, J. G. A.; SANTOS, D.B.; REIS, C.F. Desempenho hidráulico de um sistema de irrigação por gotejamento. In: INOVAGRI INTERNACIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Instituto Inovagri, 2014. p. 4862 – 4869.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação, irrigação, gotejamento, microaspersão, fertirrigação e dimensionamento hidráulico**. Maringá: Editora EDUEM, 2012. 356 p.

GILBERT, R. G. Trickle irrigation: Emitter clogging and other flow problems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 3, n. 3, p. 159- 178, Mar. 1981.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais climatológicas**. Brasília, DF, 2013.

LOPES, M. E. P. A. **Avaliação do uso da água em sistemas de irrigação localizada nas culturas do café e do mamão**. 2006. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

MANTOVANI, E. C. **Avalia**: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa: UFV, 2001.

MEDEIROS, P. R. F.; COELHO, R. D.; BARROS, A. C.; MELO, R. F. Dinâmica do entupimento de gotejadores em função da aplicação de carbonato de potássio. **Irriga** Botucatu, v. 13, p. 288-297, 2008.

MÉLO, R. F. **Dinâmica e controle do entupimento de gotejadores em função de precipitados químicos e fitoplancton**. 2007. 190 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, L. W.; CRUZ, R. M. L.; SILVA, T. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Análise de desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento. In: INOVAGRI INTERNACIONAL MEETING, 2014, Fortaleza. **Anais do II Inovagri International Meeting - 2014**. Fortaleza: INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal. p. 4062-4066.

PLETSCH, T. A.; CRUZ, R. L.; MAZZER, H. R.; OLIVEIRA, E. F. Desempenho de gotejadores com uso de efluente de esgoto doméstico tratado. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 243-253, 2009.

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; PIEDADE, S. M. S. Eficiência da cloração da água de irrigação no tratamento de gotejadores com entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 382-389, 2000.

RIBEIRO, T. A. P.; ROGÉRIO, P. S. A.; JOSÉ, E. S. P.; MARCELO, J. M. S. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3. p. 295-301, 2005.

ROCHA, E. M. M., COSTA, R. N. T., MAPURUNGA, S. M. S., CASTRO, P. T. Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 154-160, 1999.

SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. E. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 480-486, 2012.

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S. L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 541-548. 2006.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.

WU, I. P. An assessment of hydraulic design of micro-irrigation systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 32, n. 3, p. 275-284, 1997.