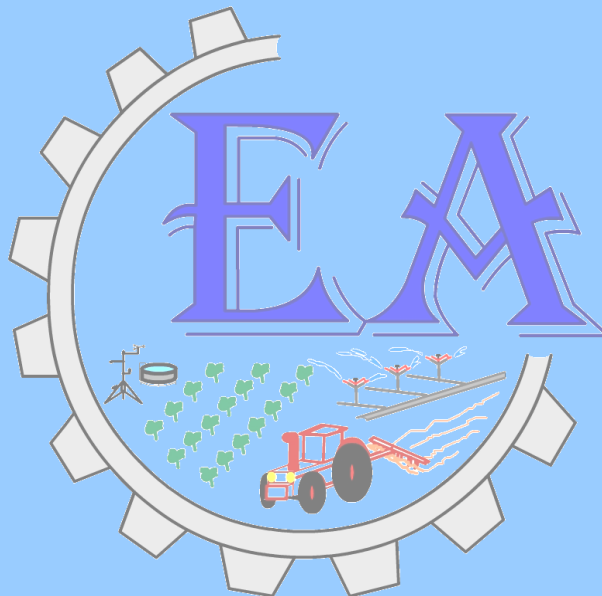




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**AGRÍCOLA**

**Dayane Rodrigues Gonçalves**

**UTILIZAÇÃO DE AGUA SALINA E FOSFATO NA**  
**OBSTRUÇÃO DE EMISSORES NO VALE DO SÃO**  
**FRANCISCO**



**JUAZEIRO/BA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Dayane Rodrigues Gonçalves

**UTILIZAÇÃO DE AGUA SALINA E FOSFATO NA OBSTRUÇÃO DE  
EMISSORES NO VALE DO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, Campus Juazeiro, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros

JUAZEIRO – BA  
2016

|       |  |
|-------|--|
|       | Gonçalves, Dayane Rodrigues.   |
| G643u | Utilização de água salina e fosfato na obstrução de emissores no vale do São Francisco. / Dayane Rodrigues Gonçalves.-- Juazeiro, 2016.<br>53f.: il.;29 cm     |
|       | Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro- BA, 2016.                                      |
|       | Orientador: Prof. Dr. Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros.  |
|       | 1. Irrigação agrícola. 2. Irrigação por gotejamento. I. Título. II. Medeiros, Pedro Róbinson Fernandes de. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco. |
|       | CDD 631.587  |

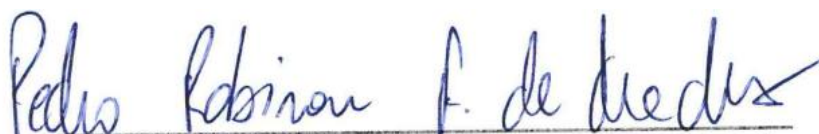
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

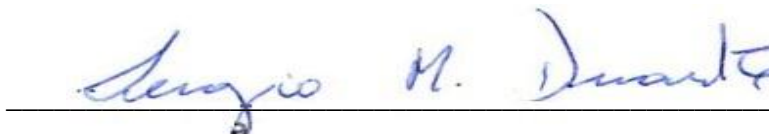
Dayane Rodrigues Gonçalves

**UTILIZAÇÃO DE AGUA SALINA E FOSFATO NA OBSTRUÇÃO DE  
EMISSORES NO VALE DO SÃO FRANCISCO**

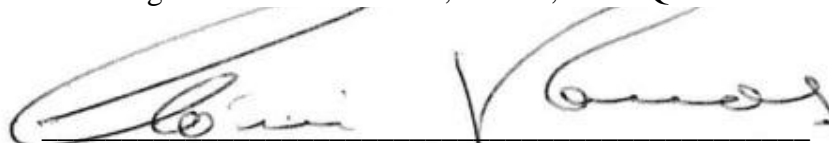
Dissertação apresentada ao curso de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre



Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros, Doutor, UNIVASF



Sérgio Nascimento Duarte, Doutor, ESALQ- USP



Clóvis Manoel Carvalho Ramos, Doutor, UNIVASF

Juazeiro, janeiro de 2016

*João Davi Gonçalves Virgolino, minha fonte de inspiração, a  
luz da minha vida e minha força para seguir.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por permitir mais uma conquista, se fazendo presente nos momentos incompreendidos, conduzindo-me sempre pelo melhor caminho;

À Universidade Federal do Vale do São Francisco- Univasf, pela oportunidade e suporte concedidos para realização do mestrado;

Ao Prof. Dr. Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros pela orientação e confiança para realização dessa dissertação, em especial, pela compreensão em momentos difíceis;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro fundamental à pesquisa;

Aos meus pais Washington Lopes e Amélia Rodrigues, minhas irmãs Dayara Daynara e meu cunhado André Campelo pelo amor, confiança, grande incentivo e dedicação com meu filho durante minha ausência;

Ao meu esposo Árion Virgolino por ter abraçado este sonho junto comigo, e mesmo na minha ausência, conduziu pacientemente a educação do nosso filho;

Ao meu filho João Davi Virgolino, que mesmo suportando a minha ausência, sorria-me diariamente;

Aos meus amigos do curso de Pós-Graduação, em especial, Gabiane, Elton e Wyara pelo companheirismo, paciência, colaboração para que este trabalho pudesse ser bem concluído;

Aos funcionários da Univasf, campus Juazeiro- BA, em especial Carolina Torres, pela amizade e apoio;

A todos que contribuíram de forma direta e indireta para a realização desse trabalho.

GONÇALVES, D. R. **Utilização de água salina e fosfato na obstrução de emissores no vale do São Francisco**. 2016. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF.

## RESUMO

A irrigação localizada por gotejamento tem sido utilizada na agricultura irrigada por apresentar alta uniformidade de aplicação de água, maior eficiência operacional, economia de água e menor necessidade de mão-de-obra. Entretanto, o pequeno diâmetro dos orifícios dos gotejadores facilita o entupimento, contribuindo para redução da sua eficiência, diminuição na uniformidade de emissão (UE) e um aumento no coeficiente de variação de fabricação (CVf). Desta forma, este trabalho tem como objetivo quantificar o problema de obstrução em gotejadores convencionais tipo *on line* sob fertirrigação, em função das horas de irrigação. O experimento foi realizado no Laboratório de Irrigação da Universidade Federal do Vale do São Francisco/UNIVASF, campus Juazeiro- BA. A bancada utilizada para os testes de vazões tinha quatro tubos gotejadores, com dois emissores do tipo gotejadores *online* não compensantes com diferentes vazões, ambos com a mesma de pressão de serviço (150 kPa) e submetidos a horas de irrigação. Avaliou-se os parâmetros vazão média, vazão relativa, desvio padrão, coeficiente de variação de vazão, os coeficientes CUC, CUD, CUE e CUH e grau de entupimento. A análise estatística utilizada foi a descritiva completa por medidas de tendência central e por medidas de dispersão de dados. Como principal resultado, no geral, a concentração de fertilizante e de fosfato utilizado não foi suficiente para ocasionar a obstrução dos emissores para as duas vazões estudadas, durante um máximo 4584 horas de funcionamento para o gotejador de 2,41 L/h.

**Palavras Chaves:** irrigação localizada; gotejador; eficiência de aplicação

GONÇALVES, D. R. **Use of saline water and phosphate in the obstruction of issuers in the San Francisco valley**. 2016. 50 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering), Federal University of São Francisco Valley. UNIVASF. Juazeiro – BA.

### **ABSTRACT**

The localised irrigation by drip irrigation has been used in irrigated agriculture by presenting high uniformity of application of water, greater operational efficiency, saving water and less need for labor. However, the small diameter of holes of drip spacing facilitates the clogging, contributing to the reduction of its efficiency, reduction in emission uniformity (EU) and an increase in the coefficient of variation of manufacture (FVC). In this way, this work has as objective to quantify the problem of obstruction in conventional type online just bellow under fertirrigation, depending on the hours of irrigation. The experiment was conducted at the Laboratory of irrigation of the Federal University of São Francisco Valley/UNIVASF, campus Juazeiro- BA. The benchtop used for the tests of flow rates had four just bellow, with two transmitters of type just bellow compensantes not with different online flow rates, both with the same service pressure (150 kPa) and submitted to hours of irrigation. . Evaluated- if the average flow, flow parameters concerning, standard deviation, coefficient of variation of flow, the coefficients CUC, CUD, CUE and CUH and degree of clogging. The statistical analysis used was the complete descriptive by measures of central tendency and dispersion measures by data. As the main result, in general, the concentration of fertilizer and phosphate used was not sufficient to cause clogging of the emitters for the two flows studied for up to 4584 hours of operation the emitter of 2.41 L / h.

**Key words:** drip irrigation; dripper; application efficiency



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                             | <b>12</b> |
| 2.1. Irrigação.....   | 12        |
| 2.2. Irrigação por gotejamento.....                               | 13        |
| 2.3. Uso de sais fertilizantes na irrigação por gotejamento ..... | 14        |
| 2.4. Obstrução de gotejadores .....                               | 16        |
| <b>3. CAPITULO I .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>4. CAPITULO II.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                        | <b>50</b> |

## INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos e a sua utilização de forma irregular estão entre as principais preocupações mundiais. De acordo com Nascimento (2015), o crescimento populacional e as atividades agrícolas proporcionam uma crescente demanda por água, refletindo na escassez hídrica mundial. Silva et al. (2012), afirmam que essa problemática reflete nas atividades agrícolas, acarretando na busca para a redução do consumo hídrico e otimização dos sistemas de irrigação.

A irrigação é uma das principais tecnologias capazes de trazer resultados satisfatórios ao desenvolvimento, rendimento e qualidade dos produtos agrícolas (OLIVEIRA et al, 2014). É de suma importância avaliar os parâmetros que afetam a eficiência e a otimização dos equipamentos de irrigação. A eficiência de irrigação no âmbito mundial é ainda muito baixa. Coelho et al. (2005) afirmam que um aumento de apenas 1 % na eficiência do uso da água de irrigação, nos países em desenvolvimento, significaria uma economia de 200 mil litros de água por hectare, por ano.

A irrigação por gotejamento é considerada um avanço na tecnologia de irrigação por reduzir a quantidade de água aplicada na agricultura, permitindo um melhor aproveitamento dos recursos hídricos. Lima Júnior & Silva (2010) afirmam que a utilização do sistema de irrigação localizada está se tornando uma alternativa para reduzir o consumo de água e energia, por apresentar alta eficiência. De acordo com Silva et al. (2012) a irrigação localizada permite facilidade de operação e possui eficiência na distribuição de água; segundo Brauer (2010) isso é possível devido esse sistema de irrigação trabalhar com aplicação precisa e lenta, em forma de gotas contínuas através dos emissores. Além disso, Souza et al. (2012) afirmam que a irrigação localizada apresenta outras vantagens, como a possibilidade de se trabalhar com a fertirrigação.

A fertirrigação, quando realizada por gotejamento, torna-se um processo mais eficiente, possibilitando controle da lâmina de irrigação, por apresentar emissores que permitem pequenas vazões e elevada frequência. Porém, em virtude dos pequenos diâmetros do orifício dos gotejadores e da pequena velocidade da água no interior dos mesmos, o desempenho do sistema de irrigação torna-se comprometido, exigindo manutenções mais frequentes.

Brauer (2010) cita que substâncias químicas dissolvidas na água precipitam-se e formam incrustações, restringindo o movimento da água, bloqueando os gotejadores.

Já Silva (2011) afirma que isso é possível devido aos pequenos diâmetros dos gotejadores facilitarem a deposição de sedimentos em suspensão na água, tendo sua eficiência reduzida. Hermes (2010) afirma que os sólidos suspensos encontrados na água de irrigação provocam a obstrução dos emissores, comprometendo a uniformidade, a eficiência do sistema de irrigação e, segundo Nascimento (2015), reduzindo o desempenho da irrigação.

Ribeiro et al. (2010) afirmam que a obstrução dos emissores influencia no coeficiente de variação de vazão, uma vez que o problema não afeta igualmente todos os gotejadores ao longo da linha lateral. De acordo com Ribeiro et al. (2012), a obstrução promove uma leve redução na uniformidade de emissão (UE) e a um aumento no coeficiente de variação de vazão (CV), provocando uma redução significativa da uniformidade de distribuição de água ao longo das linhas laterais.

A obstrução dos emissores na irrigação por gotejamento é considerada uma grande problemática que se enfrenta atualmente na agricultura irrigada. Tendo em vista esta questão, objetivou quantificar o grau de obstrução em gotejadores do tipo *on line* em função do tempo de funcionamento, quando submetidos à água rica em sais fertilizantes.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Irrigação

A água é um recurso inestimável existente na natureza, indispensável à vida, necessária para diversas atividades humanas, e constitui parte principal das práticas agrícolas, principalmente, na produção de alimentos. De acordo com Barreto (2012), atualmente, a agricultura irrigada é responsável pelo maior consumo de água do mundo; isso contribui para o aumento da escassez dos recursos hídricos.

A demanda por recursos hídricos atrelada ao crescimento populacional e às atividades agrícolas têm criado um cenário de escassez hídrica em várias regiões do mundo. De acordo com Morata et al. (2014), em virtude desses fatores, torna-se necessário o uso de técnicas agrícolas capazes de tornar as áreas mais produtivas.

Em algumas regiões, o consumo de água por meio da irrigação pode superar 70% do total utilizado (DALRI et al, 2015). De acordo com Silva et al. (2012), a escassez hídrica vem condicionando transformações nos hábitos da população, principalmente, na agricultura irrigada, onde buscam minimizar o consumo hídrico e otimizar o sistema de irrigação.

A irrigação atual requer que se economize água nos seus diversos sistemas, sendo utilizada na agricultura de forma a proporcionar água às plantas no momento certo e em quantidade suficiente, sendo a maneira mais eficiente de aumento de produção de alimentos. A área irrigada no planeta, embora correspondente a apenas 17% da área total cultivada, responde por aproximadamente 40% da produção agrícola mundial, indicando a importância da irrigação na produção de alimentos e fibras (PAULINO et al., 2011).

Júnior Kunz et al. (2014) defendem que a irrigação represente uma ferramenta importante para se enfrentar a falta de chuvas e a má distribuição das mesmas. Nascimento (2015) afirma que a aplicação da irrigação torna-se de extrema importância para o desenvolvimento agrícola, principalmente em regiões com escassez hídrica. Segundo o mesmo autor, a técnica da irrigação tem o compromisso de promover e disponibilizar ao mercado equipamentos cada vez mais eficazes e sustentáveis para a produção agrícola.

De acordo com Mantovani et al. (2012), para expandir o uso da irrigação, deve-se intensificar a eficiência da aplicação, com dispositivos reguladores que estejam compatíveis com o objetivo a que se propõem.

A eficiência de irrigação é de suma importância na agricultura irrigada, permitindo que se alcancem o bom desempenho na distribuição de água. De acordo com Lima et al, (2012), é constante a busca por sistemas de irrigação mais eficientes na agricultura irrigada. Nascimento (2015) afirma que, em sistemas de irrigação bem elaborados, é possível obter-se uniformidades de aplicações de água acima de 90%, o que evidencia um bom índice.

## **2.2. Irrigação por gotejamento**

Nas últimas décadas o método de irrigação localizada se destacou, principalmente devido à maneira racional e econômica do uso da água. No Brasil, a irrigação localizada representa 8% do total das áreas irrigadas (Paulino et al., 2011), o que corresponde a, aproximadamente, 337 mil hectares (CARVALHO et al, 2004). Conforme Saraiva e Souza (2012), o método de irrigação localizado vem sendo empregado de forma mais expressiva nas regiões Sudeste e Nordeste do país.

A irrigação localizada foi o método que mais se desenvolveu, tendo como principal evolução os emissores regulados e os não regulados. De acordo com Nascimento (2015), desponta com um nível elevado em tecnologia e inovação. Segundo Souza (2012), nos últimos anos a irrigação por gotejamento vem ocupando um grande espaço nas áreas irrigadas e apresenta uma atividade promissora para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil. Segundo Loiola & Souza (2001), o uso da irrigação localizada permite que o semi-árido brasileiro se torne uma região altamente tecnificada e especializada em produção de alta qualidade, principalmente no Vale do São Francisco.

Bernardo et al. (2006) afirmam que a irrigação localizada representa um método de irrigação no qual a água é aplicada diretamente na região radicular da planta, com pequena intensidade e alta frequência, para conservar a umidade próxima da ideal. O sistema possibilita provimento de água às culturas pela aplicação de baixo volume, reduzindo as perdas hídricas nos sistemas de cultivo (Parkes et al., 2010), enquanto uma porção superficial do solo é mantida relativamente seca (SOUZA et al, 2012).

Na irrigação por gotejamento a proporção da área molhada varia de 20 a 80% da área total (Ribeiro et al, 2012), o que pode resultar em economia de água; nessa área o teor de umidade do solo pode ser mantido alto, por meio de irrigações frequentes e em pequenas quantidades, levando a cultura a desenvolver-se uniformemente (LAPERUTA NETO et al, 2011).

Nesse sistema, a água é levada sob pressão por tubos, até ser aplicada através de emissores diretamente sobre a zona da raiz da planta, possuindo uma eficiência na ordem de 90%.

A utilização do sistema de irrigação por gotejamento na agricultura viabilizou soluções para diversos problemas enfrentados pelos agricultores (BRAUER, 2010). A principal vantagem da irrigação localizada é a maior eficiência no uso da água, permitindo a otimização da produção. A irrigação por gotejamento se destaca, ainda, por sua facilidade de operação, eficiência e uniformidade de distribuição de água (Silva et al., 2012), além de possibilitar a automação e a fertirrigação (SOUSA et al., 2011), refletindo em melhor aproveitamento dos recursos hídricos

Nascimento (2015), afirma que os sistemas de irrigação localizada são capazes de proporcionar o menor consumo de água e energia, por irrigar através de emissores com baixas pressões de serviço. Desta maneira, os emissores apresentam-se como peças fundamentais dentro do sistema de irrigação por gotejamento (BORSSOI et al., 2012). Souza (2012), afirma que os emissores são considerados os principais componentes do sistema de irrigação por gotejamento, sendo responsável pela liberação de água em quantidades previamente determinadas.

Dalri et al. (2015) concluem que os materiais utilizados no processo de fabricação dos emissores gotejadores, assim como o processo de fabricação, fazem com que os emissores de um mesmo modelo não sejam exatamente iguais entre si e, como consequência, podem ocasionar diferentes vazões, mesmo quando trabalhando na mesma pressão de serviço. O controle de qualidade na fabricação dos emissores é primordial, visto que suas vazões podem ser inconstantes, em lotes com coeficiente de variação de fabricação alto (SOUZA et al, 2012).

### **2.3. Uso de sais fertilizantes na irrigação por gotejamento**

Fertirrigação é a prática de aplicar fertilizantes dissolvidos na água de irrigação, de forma contínua ou intermitente (TEIXEIRA et al, 2007).

É considerada, segundo Medeiros (2010), uma das formas mais eficientes de aplicação de nutrientes para as plantas. De acordo com o mesmo autor, apesar do frequente uso dessa técnica, precisa-se de conhecimentos, tais como o tipo de injetor mais apropriado a ser usado no sistema de irrigação; as dosagens a aplicar que vai depender do consumo hídrico da cultura, do tempo de aplicação do fertilizante no tempo de irrigação, e da uniformidade de distribuição da solução na área da parcela de irrigação.

A fertirrigação é amplamente utilizada pelos agricultores por possuir a vantagem de permitir a aplicação simultânea de água e nutrientes de maneira parcelada (BRUNO, 2010). De acordo com Silva et al. (2012), essa vantagem possibilita eficiência no uso dos nutrientes, minimizando os impactos ambientais, permitindo alta produtividade e qualidade na produção agrícola, principalmente em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada. Segundo Silva (2011), esses sistemas permitem o aproveitamento racional dos produtos agrícolas e a minimização das perdas de nutrientes.

De acordo com Teixeira et al (2007), a fertirrigação não se adapta a todos os sistemas de irrigação, visto que um dos pré-requisitos é operar com alta uniformidade de aplicação. Devido a isso, Yagüe (1996) associa essa prática, principalmente, aos sistemas de irrigação por gotejo ou microaspersão. Medeiros (2010) defende que os sistemas localizados, principalmente o gotejo, são considerados os mais indicados para se trabalhar com fertirrigação, tendo em vista que estes sistemas aplicam água e nutrientes na quantidade e posição adequadas com maior eficiência de distribuição e alta frequência.

Os sais fertilizantes mais adequados para serem utilizados na fertirrigação devem apresentar completa dissolução na água de irrigação, ausência de incompatibilidade quando no processo de mistura e baixo potencial salino, além disso, segundo Silva (2011), a escolha da fonte de adubação depende do sistema de irrigação. A solubilidade do produto é considerada um dos fatores mais importantes na fertirrigação, uma vez que os fertilizantes e os demais produtos insolúveis podem ocasionar obstrução nas tubulações e nos emissores do sistema de irrigação (EMBRAPA, 2015).

No Vale do São Francisco, a uréia tem sido utilizada como principal fonte de nitrogênio, sendo amplamente utilizado em fertirrigação. De acordo com Bruno (2010) está se deve a sua alta solubilidade, ao alto teor de N (45%) e ao menor preço quando

comparado a outras fontes nitrogenadas. Esse fertilizante, segundo Cruciani et al (1998), é completamente assimilável pelas plantas, na forma amoniacal e nítrica. O cloreto de potássio é considerado a fonte potássica que apresenta maior solubilidade e menor custo, sendo a mais utilizada na fertirrigação na região.

O superfosfato simples, apesar de não ser recomendado via fertirrigação por gotejamento, é ainda bastante utilizado por produtores da região do Vale do São Francisco. O fosfato apresenta baixa solubilidade, gerando riscos de apresentar incrustações nas canalizações e obstruções de emissores. Todavia, não se tem verificado tal informação em pesquisas desenvolvidas sobre o tema obstrução de gotejadores. No, entanto, mais pesquisas estão sendo desenvolvidas para ratificar essa afirmação.

#### **2.4. Obstrução de gotejadores**

Entre os sistemas de irrigação, o gotejamento possui suas vantagens e limitações (FRIZZONE et al, 2012). Embora a irrigação localizada possa amenizar o problema de escassez de água e aumentar a eficiência do sistema, a obstrução dos gotejadores pode se tornar uma grande limitação aos produtores rurais. Segundo Brauer (2010), a obstrução dos emissores é considerada como o principal obstáculo à adoção do método de irrigação por gotejamento.

Os pequenos diâmetros dos orifícios e a baixa velocidade da água nos gotejadores facilitam o entupimento dos mesmos. Cunha et al. (2013) afirmam que os gotejadores apresentam orifícios de passagem de água e labirintos muito pequenos, apresentando grande limitação por serem suscetíveis ao entupimento. Em razão das pequenas dimensões dos orifícios dos gotejadores, a qualidade hídrica torna-se um fator essencial (BATISTA et al, 2005).

Resende et al. (2000) afirmam que a qualidade da água tem forte influencia na obstrução dos emissores, uma vez que partículas em suspensão ou precipitados químicos podem obstruir os orifícios dos gotejadores; segundo Brauer (2010), também podem impedir o fluxo normal ou se depositarem nas linhas laterais ou nos filtros.

Carvalho (2015) afirma que a qualidade da água de irrigação é um fator essencial para a eficiência e o bom desempenho da irrigação localizada, minimizando os riscos de obstrução. A água a ser utilizada neste sistema, deve ser cuidadosamente analisada, com a intenção de avaliar qualquer problema de entupimento (HASSAN, 2016).



O entupimento pode ser parcial, reduzindo a uniformidade de aplicação ou total, interrompendo totalmente o funcionamento do sistema de irrigação (Cararo et al., 2007); ambos os problemas interferem na disponibilidade de água pelos emissores. O entupimento parcial dos emissores pode não ser perceptível visualmente, o que retarda a tomada de decisão para a solução do problema. Entupimento parcial ou total reduz a uniformidade de emissão e, em consequência, diminui a eficiência da irrigação e varia com as características do emissor e com a qualidade dos efluentes relacionada aos aspectos físicos, químicos e biológicos (CAPRA & SCICOLONE, 2004).

Silva et al. (2012) garantem que as causas de entupimento nas tubulações e emissores dos sistemas de irrigação são de natureza física, química ou biológica. Conforme Carvalho et al. (2015), as obstruções químicas geralmente resultam da precipitação de sais de cálcio, magnésio, ferro ou manganês, formando incrustações que podem bloquear, parcial ou completamente o emissor. Nascimento (2015) complementa, afirmando que a precipitação desses sais está condicionada à sua concentração, ao pH e à temperatura. Almeida (2013) afirma que as obstruções provocadas pelas precipitações químicas ocorrem gradualmente, além de serem difíceis de localizar e de tratar quando em fase avançada.

Nascimento (2015) afirma que o entupimento por motivos físicos são causados por partículas inorgânicas em suspensão (areia, silte, argila) e por partículas orgânicas (fragmentos vegetais e animais, bactérias, algas, larvas, etc.). Garcia et al. (2006) afirma que inicialmente, esse tipo de obstrução pode acontecer nas primeiras fases da montagem das instalações de irrigação, por apresentar restos de partículas de plástico de abertura de orifícios dos gotejadores, como também terra que entrou nas tubulações.

O entupimento biológico dos emissores é considerado como a maior comprometedora de sistemas de irrigação localizada. Esse tipo de entupimento pode degradar seriamente o desempenho do sistema (LI et al., 2009). Brauer (2010) afirma que os fatores que provocam esse tipo de obstrução são os pequenos organismos aquáticos, como larvas, algas, fungos e bactérias, que passam através dos filtros e desenvolvem-se formando grandes colônias no interior das tubulações.

Praticamente, todas as águas contêm pequenas quantidades de algas, bactérias e fungos (GARCIA et al., 2006). Segundo Almeida (2013), esses organismos aproveitam os nutrientes dissolvidos na água armazenada para se proliferarem com facilidade, produzindo uma massa gelatinosa, ocasionando, em muitos casos, a obstrução dos gotejadores.

Nakayama et al. (2006) concluem que a obstrução dos gotejadores prejudica a eficiência e funcionamento do sistema de irrigação localizada, interferindo nas suas características de operação, exigindo manutenções mais frequentes, e segundo Cunha et al. (2013), essas obstruções provocam alterações de vazão.

Geralmente, a obstrução reduz a vazão e, conseqüentemente, aumenta o coeficiente de variação de vazão dos sistemas de irrigação localizada (Silva et al., 2012; Silva et al., 2011), além de, segundo López et al. (1997), reduzir a uniformidade de distribuição da água e também dos fertilizantes, no caso de uso de fertirrigação.

### **3. CAPITULO I**

## **OBSTRUÇÃO DE EMISSORES UTILIZANDO DIFERENTES ÁGUAS PARA A CULTURA DO MELÃO E DA UVA NO VALE DO SÃO FRANCISCO**

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo analisar a susceptibilidade ao entupimento sob fertirrigação em sistema de irrigação por gotejamento a partir do uso de diferentes águas. Esse trabalho foi realizado no Laboratório de Irrigação da UNIVASF, campus Juazeiro- BA. Foram utilizados dois tipos de água (Rio São Francisco e poço subterrâneo salino) e dois emissores do tipo gotejadores *on line* autocompensantes com diferentes vazões, ambos com a mesma de pressão de serviço (150 kPa). Com isso, este trabalho avaliou os parâmetros vazão média, desvio padrão e médio, soma do quadrado, variância, mediana, máximo, mínimo, coeficiente de variação de vazão, vazão relativa, grau de entupimento e os coeficientes CUC, CUD, CUE e CUH. Como principal resultado tem-se que os coeficientes de uniformidade classificaram-se como excelentes para as vazões estudadas, não sendo necessária a substituição das tubulações de irrigação; já para o uso de água salina com fertirrigação, esta apresentou grau de entupimento superior se comparado com a água do rio São Francisco para as duas vazões estudadas.

**Palavras-chave:** irrigação localizada, salinidade, eficiência de emissão

## **OBSTRUCTION OF ISSUERS USING DIFFERENT WATER FOR CULTURE OF MELON AND GRAPE IN SÃO FRANCISCO VALLEY**

**ABSTRACT:** This work aims to analyze the susceptibility to clogging in fertigation in drip irrigation system from the use of different waters. This work was done in the UNIVASF Irrigation Laboratory campus Juazeiro- BA. Two types of water were used (Rio São Francisco and saline underground well) and two emitters of online autocompensantes type emitters with different flow rates, both with the same operating pressure (150 kPa). Therefore, this study evaluated the mean flow parameters, standard deviation and average, sum of the square, variance, median, maximum, minimum, flow coefficient of variation on flow, degree of clogging and CUC coefficients, CUD, CUE

and CUH. The main result has been that the uniformity coefficients classificaram- is as excellent for flow rates studied, the replacement of irrigation pipes is not necessary; already for the use of saline water with drip irrigation, this showed higher degree of clogging compared with the water from the São Francisco River for the two flow rates studied.

**Keywords:** localized irrigation, salinity, emission efficiency

## INTRODUÇÃO

A irregularidade e as baixas precipitações, características observadas na região do Nordeste do Brasil, representam grande entrave ao desenvolvimento agrícola (CAMPELO et al., 2014). Diante dessa situação, a irrigação é apresentada como uma saída para superar a escassez de água e permitir ganhos na produção (DRUMOND, 2003).

A busca por sistemas de irrigação mais eficientes torna-se constante na agricultura irrigada, pois há tendência de aumento no custo da energia elétrica e na redução da disponibilidade hídrica (MACEDO et al., 2010).

Brauer (2011) afirma que a irrigação localizada apresenta-se como um marco tecnológico. É considerado como uma das contribuições mais promissoras para o desenvolvimento da fruticultura irrigada no Brasil, e mais especificamente no Nordeste (CARVALHO et al., 2006). Segundo Busato et al. (2012), representa o sistema que propicia com maior disponibilidade de água na zona radicular da cultura e menor uso de mão-de-obra. De acordo com Parkes et al. (2010), a irrigação localizada permite o fornecimento de água às culturas pela aplicação de baixo volume, além de reduzir as perdas de água na área de cultivo.

Segundo Marouelli et al. (2015), a irrigação por gotejamento é a mais eficiente para aumento de produtividade. Sua eficácia depende do conhecimento e do estudo de vários fatores, entre eles da qualidade da água de irrigação.

Figueredo Júnior et al. (2013) afirmam que nas regiões semiáridas as precipitações são insuficientes e irregulares, promovendo déficit hídrico durante maior parte do ano. Com a limitação das fontes de água de boa qualidade, torna-se necessário

o uso de fontes alternativas de água mesmo sendo, em muitos casos, de qualidade inferior. Razão por que tem- se aumentado a utilização desse tipo de água na irrigação.

Nos cultivos irrigados do semiárido, tem sido comum a troca da água de boa qualidade, isto é, de baixa condutividade elétrica, por água salobra de poços rasos, devido ao baixo custo (TERCEIRO NETO et al. 2013).

O uso de água salina na irrigação tem sido um desafio para produtores rurais e pesquisadores, que constantemente desenvolvem estudos para possibilitar o uso de água de qualidade inferior na agricultura. Esse tipo de água, em conjunto com a adição de fertilizantes, pode causar problemas ao sistema de irrigação por gotejamento, pois uma característica inerente a esses métodos são os pequenos diâmetros do orifício para a passagem da água nos emissores, resultando na obstrução desses.

A obstrução dos emissores é considerada o maior problema associado à operação de irrigação por gotejamento, pois afeta a uniformidade de aplicação de água e, conseqüentemente, reduz a eficiência da aplicação de produtos químicos, via água de irrigação, na mesma proporção da redução de uniformidade de aplicação (BATISTA et al., 2010). De acordo com Ribeiro et al. (2012), a uniformidade de aplicação de água em áreas irrigadas torna-se fundamental para a eficiência da irrigação, e uma melhor aplicação dos recursos hídricos.

Será que emissores do tipo gotejador *on line* não regulados com vazões de 2,58 e 4,85 L h<sup>-1</sup> sob fertirrigação para a cultura do melão e da uva podem apresentar um elevado grau de obstrução, a ponto de justificar a substituição do sistema; e que o uso de águas do Rio São Francisco (água bruta) e salina (poço profundo) podem causar e/ou intensificar o grau de obstrução dos emissores.

Com isso, objetivou- se nesse trabalho avaliar a susceptibilidade à obstrução de emissores do tipo gotejadores, em condições de laboratório, à partir do uso de água salina e de água do rio São Francisco no preparo da calda de fertirrigação.

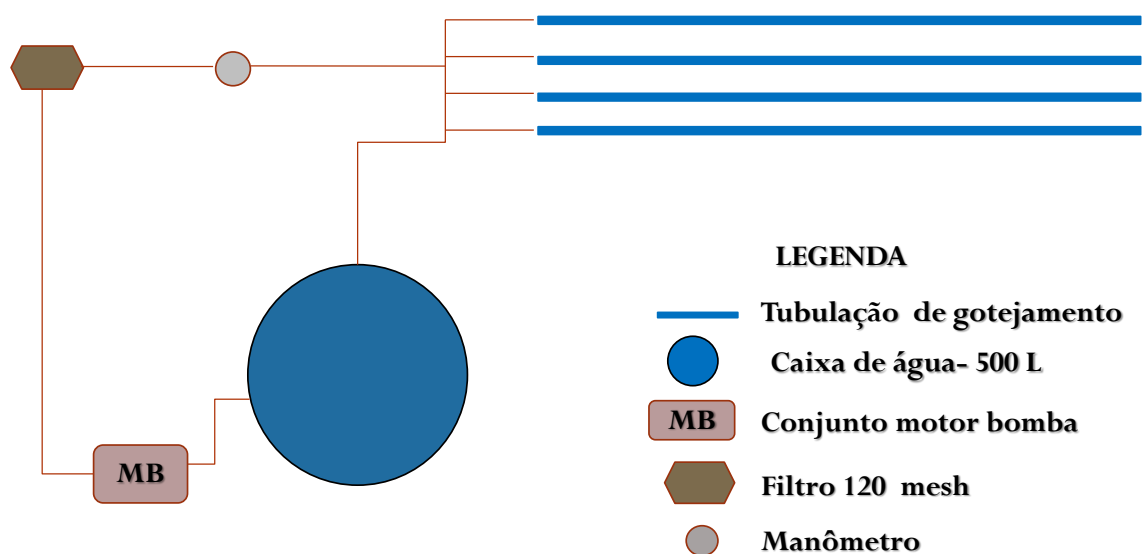
## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) do Campus de Juazeiro-BA, situado nas coordenadas 9°23'18S e 40°31'24"W. O clima do município é o semiárido, com

temperatura média de 24,2°C e pluviosidade média anual de 420 mm, concentrada nos meses de novembro a março (INMET, 2013).

O experimento foi conduzido em bancada de ensaios (Figura 1) instalada em no laboratório de irrigação da Univasf. A análise estatística utilizada foi a descritiva quantitativa por medidas de tendência central e por medidas de dispersão de dados, a partir de toda a população.

**Figura 01.** Bancada de ensaios



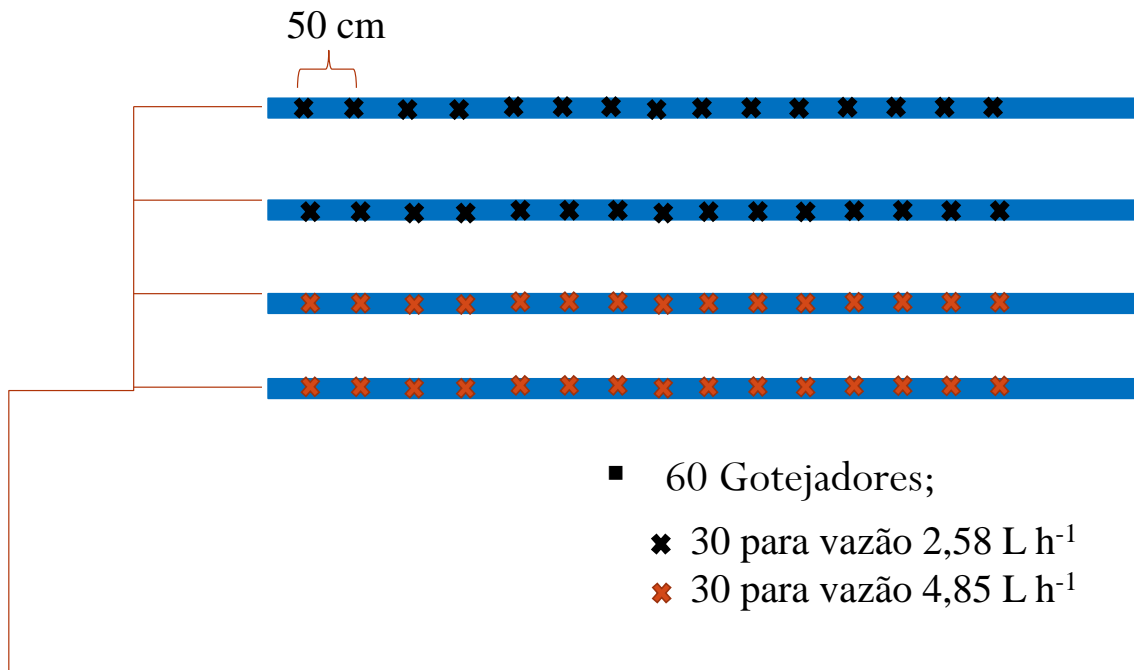
A bancada de testes de emissores utilizados na irrigação localizada por gotejamento tinha um ciclo fechado em relação à água utilizada nos testes, tendo com isso, a possibilidade de testar diferentes tipos de águas em relação a sua qualidade, na obstrução de emissores.

A bancada com capacidade para quatro linhas laterais (Figura 2) que trabalhavam simultaneamente, sendo que cada linha comportava 15 emissores, totalizando 30 gotejadores para cada vazão estudada, em mangueira de polietileno de 16 mm. Os dois modelos de gotejadores utilizados foram não-autocompensantes, com vazão nominal de 2,58 e 4,85 L h<sup>-1</sup>, submetidos a pressão de serviço de 150 kPa e espaçamento de 0,5 m entre gotejadores. Os gotejadores eram dotadas de labirintos tortuosos que permitiam um regime de escoamento turbulento, o que diminuía as chances de obstrução dos emissores.

O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por uma motobomba hidráulica, potência de 1 CV, acoplado a uma caixa d'água de 500 L. Logo

após a bomba foi instalado um filtro de disco, com 120 mesh. Foi utilizado um manômetro de bourdon, instalado na entrada das linhas gotejadoras, permitindo que a pressão fosse frequentemente checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida.

**Figura 02.** Disposição das linhas laterais



Os coletores para teste de vazão foram acoplados aos emissores avaliados ao longo de quatro linhas laterais, onde foi realizado um ensaio de vazão a cada 48 horas de funcionamento. A água era retida 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.

Os fertilizantes selecionados para o preparo da calda de fertirrigação, foram uréia, cloreto de potássio e superfosfato simples. As quantidades de fertilizantes utilizados estavam de acordo com a recomendação de adubação para o estado de Pernambuco para as culturas do melão e da uva.

A uréia apresenta alta solubilidade e é considerada o adubo nitrogenado mais consumido no Vale do São Francisco, além de proporcionar o menor preço. O cloreto de potássio também é considerado a fonte potássica mais utilizada na região, por ser de menor custo e apresentar maior solubilidade. Já o superfosfato simples não tem sido recomendado na fertirrigação por gotejamento, devido o fosfato apresentar baixa solubilidade, podendo ocasionar obstrução química nos emissores. Porém, não se tem



verificado tal resultado em pesquisas de análises de obstrução de emissores do tipo gotejador; assim esse fertilizante representa mais uma possibilidade de uso via água de irrigação, se adotado o manejo correto de concentração.

As concentrações para cada fertilizante foram, 62,7 ppm para a uréia e o cloreto de potássio, 209,0 ppm para o superfosfato simples; representando o total de sais fertilizantes utilizado em um ciclo da cultura do melão. Já para a cultura da uva foi de 100,1 ppm para a uréia, 200,3 ppm para o cloreto de potássio e 400,6 ppm para o superfosfato simples.

Inicialmente, os tubos gotejadores foram submetidos a 48 h de irrigação utilizando água tratada do Rio São Francisco para o abastecimento público (SAAE) da Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro/BA, a fim de referenciar os tubos gotejadores, operando com 150 kPa de pressão de serviço.

Posteriormente, o sistema foi acionado para simular os ciclos das culturas do melão e da uva, na seguinte ordem cronológica: um ciclo do melão seguido de um ciclo da uva, sucessivos com água do Rio São Francisco, água bruta para preparo das soluções com sais fertilizantes; e depois novamente um ciclo do melão seguido de um ciclo da uva, sucessivos com água salina de poço profundo para preparo das soluções com sais fertilizantes.

O emissor E1 teve um tempo de 168 horas de irrigação para a cultura do melão e 1320 horas de irrigação para a cultura da uva, representando 403 e 3.168 L respectivamente. Para o emissor E2 foi utilizado o tempo de 96 horas de irrigação para a cultura do melão e 648 horas de irrigação para a cultura da uva, representando 422 e 2.851 L respectivamente.

Os parâmetros avaliados foram: vazão média dos emissores ( $Q_m$ ), vazão Relativa ( $Q_r$ ), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação de vazão ( $CV_q$ ), grau de entupimento ( $GE$ ) (MÉLO, 2007). Como também os indicadores de uniformidade de distribuição de água que expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada, a partir dos seguintes coeficientes: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen ( $CUC$ ); Coeficiente de Uniformidade de Hart ( $CUH$ ); Coeficiente de Uniformidade Estatística ( $CUE$ ) e da Uniformidade de Distribuição ( $UD$ ) (ROCHA et. al., 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se nas Tabelas 1 e 2 a análise das variáveis estudadas, apresentadas para os emissores E1 e E2 com o início do tempo de irrigação, utilizando diferentes tipos de águas, para as culturas do melão e uva.

A vazão indicada pelo fabricante dos emissores estudados são 2,58 e 4,85 L h<sup>-1</sup>, para a pressão de serviço de 150 kPa. Quando submetidos ao respectivo teste de obstrução, os valores médios de vazão foram de 2,40 e 4,42 L h<sup>-1</sup> com 150 kPa, para os emissores E1 e E2, respectivamente. O que demonstra o teste inicial com 48 h de irrigação utilizando água tratada (Tabela 1), com o intuito de referenciar os emissores e definir um ponto de partida para os posteriores testes com diferentes tipos de qualidades de água com sais fertilizantes.

Embora os emissores E1 e E2 apresentem 7 e 9% de variação de vazão com as 48 horas do sistema em funcionamento, tais valores são aceitáveis e podem estar associada as mínimas variações de pressão e/ou imprecisão na aferição da pressão de serviço do sistema. Os emissores estudados apresentam em sua estrutura um labirinto de fluxo turbulento, como principal característica para prevenção da obstrução.

A variável vazão média para os emissores E1 e E2 apresentou valores próximos à vazão nominal, indicando boas condições de uso, bem como atendeu a exigência da norma brasileira NBR ISO 9261 (ABNT, 2006), ou seja, apresentaram variação de +/- 7% (Tabelas 1 e 2). Carvalho, et. al (2015), trabalhando com gotejadores convencionais, observaram aumento de 4,7% na vazão média após 288 horas de funcionamento.

Para vazão relativa nos emissores E1 e E2, no geral os valores apresentam-se próximos a 100%, com pequenas oscilações utilizado solução de sais fertilizantes da cultura da uva e água salina. Segundo Teixeira (2006) esse comportamento provavelmente, se deve as obstruções aleatórias que ocorrem pelo efeito de alguma sobrepressão no sistema ou de alguma alteração de viscosidade da água durante o teste.

As variáveis estatísticas, desvio padrão e variância apresentaram comportamento uniforme no geral para ambos os emissores.

**Tabela 01.** Dados médios referentes ao emissor E1 com horas de irrigação, utilizando diferentes qualidades de água para preparo da solução com sais fertilizantes para as culturas do melão e da uva

| Param.   | Cultura do Melão |                     |       |       |       |             |       |       |       |
|----------|------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
|          | A.T.             | Água sem Tratamento |       |       |       | Água Salina |       |       |       |
|          | 48h              | 24h                 | 72h   | 120h  | 168h  | 24h         | 72h   | 120h  | 168h  |
| Qm       | 2,40             | 2,38                | 2,38  | 2,43  | 2,37  | 2,34        | 2,36  | 2,29  | 2,29  |
| Qr       | 98,81            | 97,80               | 97,77 | 99,92 | 97,37 | 96,48       | 97,31 | 94,35 | 94,06 |
| $\sigma$ | 0,04             | 0,04                | 0,07  | 0,04  | 0,14  | 0,03        | 0,04  | 0,05  | 0,05  |
| SQD      | 1,94             | 2,54                | 9,38  | 2,75  | 28,33 | 1,50        | 2,21  | 3,66  | 3,66  |
| V        | 0,00             | 0,00                | 0,01  | 0,00  | 0,02  | 0,00        | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Máx      | 2,45             | 2,46                | 2,50  | 2,50  | 2,48  | 2,40        | 2,44  | 2,38  | 2,38  |
| Mín      | 2,32             | 2,29                | 2,23  | 2,35  | 2,01  | 2,28        | 2,29  | 2,22  | 2,22  |
| CVq      | 1,47             | 1,73                | 3,01  | 1,73  | 5,80  | 1,34        | 1,60  | 2,14  | 2,14  |
|          | Cultura da Uva   |                     |       |       |       |             |       |       |       |
|          | 48h              | 360h                | 696h  | 984h  | 1320h | 360h        | 696h  | 984h  | 1320h |
|          | Qm               | 2,40                | 2,37  | 2,38  | 2,27  | 2,36        | 2,29  | 2,15  | 2,14  |
| Qr       | 98,81            | 97,61               | 97,89 | 93,33 | 97,15 | 94,37       | 88,66 | 88,14 | 95,35 |
| $\sigma$ | 0,04             | 0,03                | 0,07  | 0,03  | 0,04  | 0,11        | 0,12  | 0,15  | 0,03  |
| SQD      | 1,94             | 1,78                | 9,07  | 1,57  | 2,55  | 19,50       | 21,93 | 33,43 | 1,52  |
| V        | 0,00             | 0,00                | 0,01  | 0,00  | 0,00  | 0,01        | 0,01  | 0,02  | 0,00  |
| Máx      | 2,45             | 2,45                | 2,47  | 2,33  | 2,44  | 2,47        | 2,33  | 2,32  | 2,37  |
| Mín      | 2,32             | 2,32                | 2,22  | 2,22  | 2,28  | 2,00        | 1,89  | 1,79  | 2,26  |
| CVq      | 1,47             | 1,45                | 3,09  | 1,41  | 1,75  | 4,94        | 5,58  | 6,86  | 1,37  |

SQD – soma dos quadrados dos desvios; V – variância; Máx – maior valor; Mín – menor valor

Analisando o coeficiente de variação de vazão (CVq) para os dois emissores, os valores se apresentaram baixos, o que pode ser demonstrado também através da baixa variação nos valores de vazão, implicando em uma vazão mais uniforme com o aumento das horas de funcionamento do sistema. Os valores de CVq foram inferiores a 7%, atendendo a exigência da norma brasileira NBR ISO 9261:2006 (ABNT, 2006), para

emissores não regulados, o que explica em parte a não divergência dos valores de vazão média em relação aos valores de vazão nominais.

**Tabela 02.** Dados médios referentes ao emissor E2 com horas de irrigação, utilizando diferentes qualidades de água para preparo da solução com sais fertilizantes para as culturas do melão e da uva

| Param.   | Cultura do Melão |                     |       |       |       |             |       |       |       |
|----------|------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
|          | A.T.             | Água sem Tratamento |       |       |       | Água Salina |       |       |       |
|          | 48h              | 24h                 | 48h   | 72h   | 96h   | 24h         | 48h   | 72h   | 96h   |
| Qm       | 4,42             | 4,52                | 4,52  | 4,54  | 4,57  | 4,41        | 4,47  | 4,53  | 4,52  |
| Qr       | 95,70            | 97,90               | 97,90 | 98,28 | 98,82 | 95,36       | 96,81 | 98,12 | 97,85 |
| $\sigma$ | 0,19             | 0,09                | 0,09  | 0,09  | 0,07  | 0,09        | 0,07  | 0,06  | 0,07  |
| SQD      | 66,34            | 13,00               | 13,00 | 11,91 | 7,37  | 14,00       | 7,47  | 5,78  | 6,46  |
| V        | 0,04             | 0,01                | 0,01  | 0,01  | 0,00  | 0,01        | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Máx      | 4,64             | 4,69                | 4,69  | 4,70  | 4,71  | 4,61        | 4,64  | 4,65  | 4,65  |
| Mín      | 4,07             | 4,31                | 4,31  | 4,36  | 4,46  | 4,22        | 4,36  | 4,43  | 4,40  |
| CVq      | 4,34             | 2,00                | 2,00  | 1,94  | 1,47  | 2,14        | 1,55  | 1,35  | 1,44  |
|          | Cultura da Uva   |                     |       |       |       |             |       |       |       |
|          | 48h              | 162h                | 324h  | 486h  | 648h  | 162h        | 324h  | 486h  | 648h  |
|          | Qm               | 4,42                | 4,42  | 4,49  | 4,51  | 4,54        | 3,87  | 3,90  | 4,16  |
| Qr       | 95,70            | 95,72               | 97,14 | 97,52 | 98,31 | 83,79       | 84,48 | 90,07 | 87,61 |
| $\sigma$ | 0,19             | 0,11                | 0,07  | 0,07  | 0,11  | 0,15        | 0,16  | 0,15  | 0,15  |
| SQD      | 66,34            | 19,66               | 7,67  | 7,26  | 20,34 | 36,01       | 36,24 | 35,27 | 34,96 |
| V        | 0,04             | 0,01                | 0,01  | 0,00  | 0,01  | 0,02        | 0,02  | 0,02  | 0,02  |
| Máx      | 4,64             | 4,57                | 4,64  | 4,66  | 4,71  | 4,10        | 4,14  | 4,37  | 4,27  |
| Mín      | 4,07             | 4,10                | 4,39  | 4,38  | 4,32  | 3,58        | 3,62  | 3,88  | 3,79  |
| CVq      | 4,34             | 2,53                | 1,57  | 1,53  | 2,51  | 3,99        | 3,98  | 3,68  | 3,77  |

SQD – soma dos quadrados dos desvios; V – variância; Máx – maior valor; Mín – menor valor

De acordo com Frizzone et al. (2012), o CVq representa estatisticamente a variação de fabricação dos emissores sendo a variabilidade de fabricação dependente do projeto do emissor, da sua geometria do material utilizado e da tolerância de medidas

utilizadas no processo de fabricação. Cunha et al. (2014) trabalhando com fertirrigação em tubos gotejadores encontraram valores do CV<sub>q</sub> iguais a 19%, muito acima do valor considerado ideal pela NBR ISO 9261:2006.

De acordo com as Tabelas 3 e 4 para os emissores E1 e E2, estes apresentaram valores no geral acima de 90% para o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), sendo classificados como excelentes, segundo a classificação de Mantovani (2002).

**Tabela 03.** Dados médios dos coeficientes de uniformidade referentes ao emissor E1 com horas de irrigação, utilizando diferentes qualidades de água para preparo da solução com sais fertilizantes para as culturas do melão e da uva

| Cultura o Melão |      |                     |      |      |       |             |      |      |       |
|-----------------|------|---------------------|------|------|-------|-------------|------|------|-------|
|                 | A.T. | Água sem Tratamento |      |      |       | Água Salina |      |      |       |
|                 | 48h  | 24h                 | 72h  | 120h | 168h  | 24h         | 72h  | 120h | 168h  |
| CUC             | 98,2 | 96,9                | 98,0 | 98,0 | 93,8  | 98,4        | 97,4 | 96,2 | 95,0  |
| CUD             | 98,1 | 97,4                | 98,0 | 97,7 | 92,4  | 98,3        | 98,0 | 97,2 | 98,0  |
| CUH             | 90,4 | 83,7                | 89,5 | 89,6 | 80,8  | 90,8        | 89,9 | 88,3 | 89,8  |
| CUE             | 98,5 | 95,1                | 98,3 | 98,3 | 94,2  | 98,7        | 98,4 | 97,9 | 98,4  |
| Cultura da Uva  |      |                     |      |      |       |             |      |      |       |
|                 | 48h  | 360h                | 696h | 984h | 1320h | 360h        | 696h | 984h | 1320h |
| CUC             | 98,2 | 96,7                | 94,6 | 96,1 | 97,1  | 94,2        | 90,4 | 90,0 | 96,8  |
| CUD             | 98,1 | 98,7                | 96,0 | 98,4 | 97,9  | 94,2        | 92,4 | 89,9 | 98,2  |
| CUH             | 90,4 | 90,4                | 86,2 | 90,5 | 89,5  | 82,3        | 81,2 | 79,2 | 90,7  |
| CUE             | 98,5 | 98,5                | 96,9 | 98,6 | 98,3  | 95,1        | 94,4 | 93,1 | 98,6  |

De acordo com Cunha et al. (2013), os valores de CUC no tempo de operação de 50 e 200 h se apresentaram na ordem de 96,13% e 94,53%, respectivamente, sendo classificados como excelentes. Já Gonçalves et al. (2013), observaram que o CUC para água de baixa qualidade (lagoa) aplicada em sistema de irrigação por gotejamento foi de 50%, sendo considerado inaceitável, de acordo com a classificação de Mantovani (2002), porém o tratamento com água de melhor qualidade apresentou valores na ordem de 97,35%, sendo considerado excelente.

**Tabela 04.** Dados médios dos coeficientes de uniformidade referentes ao emissor E2 horas de irrigação, utilizando diferentes qualidades de água para preparo da solução com sais fertilizantes para as culturas do melão e da uva

| Cultura o Melão |      |                     |      |      |      |             |      |      |      |
|-----------------|------|---------------------|------|------|------|-------------|------|------|------|
|                 | A.T. | Água sem Tratamento |      |      |      | Água Salina |      |      |      |
|                 | 48h  | 24h                 | 48h  | 72h  | 96h  | 24h         | 48h  | 72h  | 96h  |
| CUC             | 94,4 | 97,6                | 97,7 | 97,6 | 98,2 | 62,5        | 62,9 | 95,8 | 96,1 |
| CUD             | 93,3 | 97,3                | 97,6 | 97,5 | 98,3 | 97,9        | 98,3 | 98,3 | 98,2 |
| CUH             | 83,9 | 88,4                | 88,8 | 88,9 | 90,5 | 88,4        | 90,1 | 90,7 | 90,4 |
| CUE             | 95,7 | 97,7                | 98,0 | 98,1 | 98,6 | 97,9        | 98,4 | 98,6 | 98,6 |
| Cultura da Uva  |      |                     |      |      |      |             |      |      |      |
|                 | 48h  | 168h                | 312h | 456h | 600h | 168h        | 312h | 456h | 600h |
| CUC             | 94,4 | 94,6                | 97,2 | 95,6 | 96,2 | 89,2        | 90,5 | 95,1 | 94,4 |
| CUD             | 93,3 | 97,2                | 98,1 | 98,3 | 96,6 | 95,0        | 95,0 | 95,4 | 95,2 |
| CUH             | 83,9 | 87,4                | 90,0 | 90,2 | 87,4 | 84,1        | 84,1 | 84,7 | 84,5 |
| CUE             | 95,7 | 97,5                | 98,4 | 98,5 | 97,5 | 96,0        | 96,0 | 96,3 | 96,2 |

Em geral, os valores de CUD foram classificados como excelentes para ambos os emissores. Esses resultados corroboram com os apresentados por Silva et. al. (2014) que após 160 horas de irrigação com gotejadores não autocompensantes e com pressão de serviço de 140 kPa, obtiveram valores de CUD igual a 95%, classificado como excelente. Segundo Santos et. al. (2013), o coeficiente de uniformidade de distribuição CUD, considera a razão entre a média de 25% do menor quartil das vazões e a lâmina média coletada, o que pode explica em parte os elevados valores encontrados em diversos trabalhos, por excluir valores extremos.

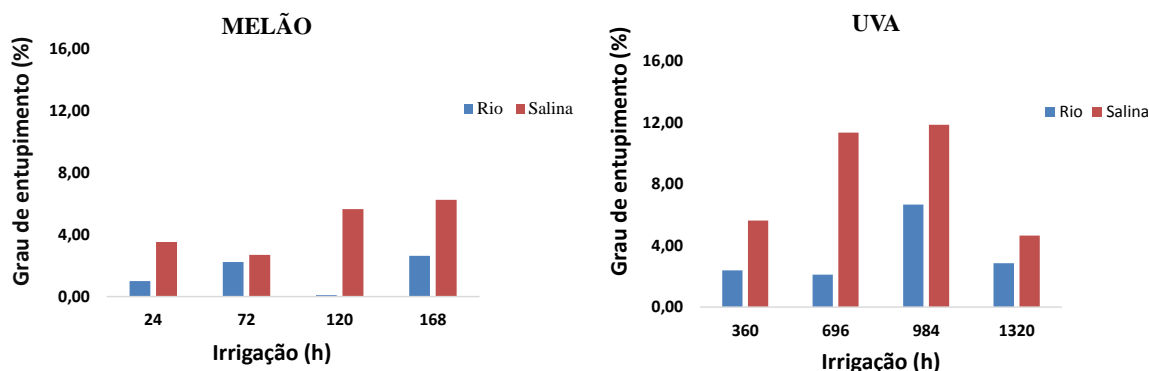
Os valores de CUH mostraram variações em seu comportamento, distanciando dos valores de CUC, indicando que a lâmina aplicada pelos emissores não apresenta uma distribuição normal. Os baixos valores obtidos de CUH podem estar relacionados as condições inadequadas de operação, bem como ao tempo de uso do sistema.

No geral, os valores de CUE indicam que o sistema de irrigação apresenta uniformidade excelente conforme a classificação de Mantovani (2002). Estes resultados diferem dos obtidos por Batista et. al. (2014) que trabalhando com gotejadores não

autocompensantes constataram valor médio de CUE inferior a 60%, sendo classificado como inaceitável em sistema de irrigação por gotejamento, após 160 horas de irrigação utilizando água residuária da suinocultura.

Observa-se nas Figuras 3 e 4 que, em geral, os valores para a variável grau de entupimento (GE) dos emissores foram classificados como baixo. Morata et al. (2014) trabalhando com gotejadores não autocompensantes, utilizando filtro de disco, observaram baixos valores de grau de entupimento após 320 de irrigação. A suscetibilidade ao não entupimento pode ser atribuída ao posicionamento para cima dos orifícios dos emissores, promovendo uma menor deposição dos sedimentos no orifício, a maior velocidade de escoamento e as características construtivas específicas do emissor. Os gotejadores são dotados de labirintos tortuosos que provocam um regime de escoamento turbulento que ameniza a sedimentação de partículas em seu interior, promovendo menores chances ao entupimento.

**Figura 03.** Dados médios do grau de entupimento referentes ao emissor E1 em relação as horas de irrigação, utilizando diferentes qualidades de água para preparo da solução com sais fertilizantes para as culturas do melão e da uva

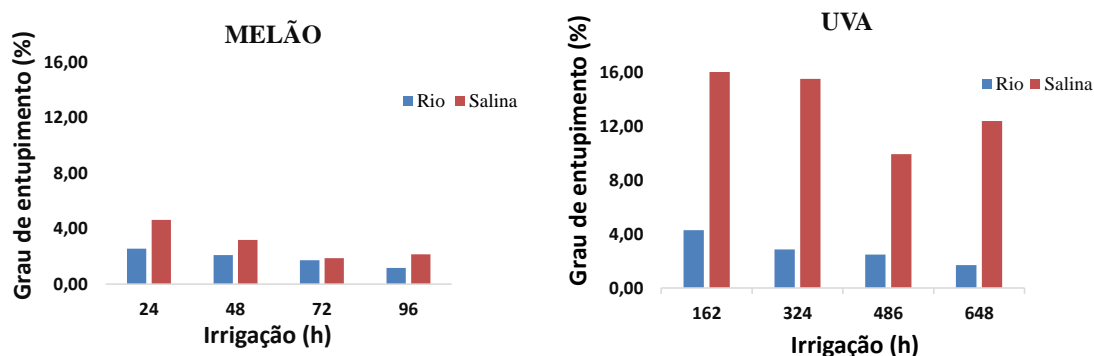


Para as condições de utilização da água salina juntamente com a concentração de sais fertilizantes recomendado para a cultura da uva, observou-se os maiores valores de GE em função do tempo de irrigação, para ambos os emissores.

Com esse aumento no GE, ocorrerá uma redução da vazão média dos emissores, o que pode provoca variações na velocidade de escoamento da água no interior da tubulação e dos labirintos dos emissores, tendo com isso uma maior chance de deposição de sedimentos. Esse comportamento já era esperado devido à alta concentração de sais utilizados na fertirrigação e também presentes na água salina.

Podendo possivelmente, ser devido a falta de eficiência no sistema de filtragem, que venha a permitir a passagem de sólidos dissolvidos e de bactérias formadoras de mucilagem para emissores.

**Figura 04.** Dados médios do grau de entupimento referentes ao emissor E2 em relação as horas de irrigação, utilizando diferentes qualidades de água para preparo da solução com sais fertilizantes para as culturas do melão e da uva



## CONCLUSÕES

Os gotejadores *online* do tipo não autocompensantes testados apresentaram parcialmente susceptíveis a obstrução, em função das horas de funcionamento e dos sais fertilizantes.

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que a água do rio São Francisco e a água salina não foram fontes causadoras de problemas de obstrução de emissores do tipo gotejador, com o uso na irrigação para as culturas do melão e da uva, não sendo necessária a substituição das tubulações de irrigação, durante o período máximo de 1.320 horas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR ISO 9261:** equipamentos de irrigação agrícola. Emissores e tubos emissores. Especificação e métodos de ensaio. 17p São Paulo, 2006



- BATISTA, R.O.; OLIVEIRA, R. A. de; FIGUEIREDO, V. B.; SILVA, K. B. da, FERREIRA, D. A. da C. **Vazão de gotejadores com distintos tempos de irrigação aplicando água residuária de suinocultura e água de abastecimento.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.34, n.6, p. 1283-1295, nov./dez. 2014
- BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. R. de; FERREIRA, D. C. **Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação.** Rev. Ceres, Viçosa, v. 57, n.1, p. 018-022, jan/fev, 2010
- BRAUER, R. L.; CRUZ, R. L.; VILAS BÔAS, R. L.; PLETSCH, T. A. **Avaliação da uniformidade de aplicação de água em gotejadores em função do teor de ferro.** Irriga, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 21-30, janeiro-março, 2011
- BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F. dos R.; BUSATO, C. **Dicloroisocianurato na prevenção do entupimento devido ao uso de águas ferruginosas em sistemas de irrigação por gotejamento.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 1, p. 49-56, jan./mar. 2012
- CAMPELO A. R.; AZEVEDO B. M.; NASCIMENTO NETO JR.; VIANA T. V. A.; PINHEIRO NETO L. G.; LIMA R. H. **Manejo da cultura do melão submetida a frequências de irrigação e fertirrigação com nitrogênio.** Horticultura Brasileira 32: 138-144, abr. - jun. 2014
- CARVALHO, L. C. C. de; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F. N.; SILVA, F. da. **Susceptibilidade ao entupimento de diferentes tubos gotejadores convencionais submetidos a aplicação de sulfato ferroso via água de irrigação.** Rev. Bras. Agric. Irr. v. 9, nº.1, Fortaleza, p. 14 - 23, Jan - Fev, 2015
- CARVALHO, C. M. de; ELOI, W. M.; LIMA, S. C. R. V.; PEREIRA, J. M. G. **Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba.** Revista Irriga. Botucatu, v. 11, n. 1, p. 36 – 46, 2006
- CUNHA, F. N.; SILVA, N.F. da; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J. de; MOURA, L. M. de F.; MELO, S. R. P. de. **Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial.** Rev. Bras. Agric. Irr. v. 8, nº.5, Fortaleza, p. 391 - 402, Set - Out, 2014
- DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico e produção de matéria seca de Tifton.** Jaboticabal: UNESP. 102 f. 2003 (Tese doutorado).
- FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. de; FERREIRA, J. R.; FERNANDES, C. N. V.; ANDRADE, A. C.; AZEVEDO, B. M.; SARAIVA, K. R. **Avaliação da qualidade da água do distrito de irrigação tabuleiros litorâneos do piauí – ditalpi.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.7, nº. 3, p. 213 - 223 , 2013
- FRIZZONE, J. A., FREITAS, P. S. L., REZENDE, R., FARIA, M. A. **Microirrigação; Irrigação; Gotejamento; Microaspersão; Fertirrigação; Dimensionamento hidráulico.** Editora EDUEM, ISBN: 978-85-7628-460-4. 356p.2012
- GONÇALVES, M.P. ; HERMES, E.; VILAS BOAS, M. A.; BERGER, J. S.; LINS, M. A.; WULF, V.dos S. **Uniformidade de aplicação de água e efluente de amidonaria**

**em sistema de irrigação por gotejamento.** Scientia Agraria Paranaensis - SAP Mal. Cdo. Rondon, v.12, suplemento, dez., p.391-399, 2013

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

MACEDO, A. B. M.; GOMES FILHO, R. R.; LIMA, S. C. R. V.; VALNIR JUNIOR, M.; CAVALCANTE JÚNIOR, J. A. H.; ARAÚJO, H. F. **Desempenho hidráulico de um sistema de irrigação por microaspersão utilizando dois tipos de emissores.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 82-86, 2010

MANTOVANI, E.C. **Avalia: manual do usuário.** Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002

MARQUELLI, W. A.; GUIMARÃES, T. G.; BRAGA, M. B.; SILVA, W. L. de C. **Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.50, n.10, p.949-957, out. 2015

MORATA, G. T.; DANTAS, G. F.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; FARIA, R. T. de; SANTOS, G. O. **Entupimento de gotejadores com uso de efluente de esgoto sob dois sistemas de filtragem.** Rev. Bras. Agric. Irr. v. 8, nº.2, Fortaleza, p. 86 - 97, Mar - Abr, 2014

PARKES, M.; YAO, W. W.; MA, X. Y.; LI, J. **Simulation of point source wetting pattern of subsurface drip irrigation.** Irrigation Science, v.29, p.331-339, 2010

RIBEIRO, P. A. de A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. **Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidade de água.** Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.2, p.279-287, mar./abr. 2010

SANTOS, C. S. dos; SANTOS, D. P. dos; SILVA, P. F. da; SILVA, T. V.; SANTOS, M. A. L. dos. **Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em pimenta.** Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 3, p.17 - 22, jul-set, 2013

SILVA, K. B.; SILVA JÚNIOR, M. J. da S.; BATISTA, R. O.; SANTOS, D. B. dos; BATISTA, R. O.; LEMOS FILHO, L. C. de A. **Irrigação por gotejamento com água residuária tratada da indústria da castanha de caju sob pressões de serviço.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 2, p. 695-706, mar./abr. 2014

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

TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.de; DIAS, N. da S.; CAMPOS, M. de S. **Produtividade e qualidade de melão sob manejo com água de salinidade crescente.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 4, p. 354-362, out./dez. 2013

#### **4. CAPITULO II**

## **EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE SUPERFOSFATO SIMPLES NA OBSTRUÇÃO DE EMISSORES DO TIPO GOTEJADOR *ONLINE***

### **RESUMO**

Os sistemas de irrigação localizada são os mais indicados para uso na fertirrigação, porém são afetados pela obstrução influenciando na uniformidade dos mesmos. Este trabalho tem como objetivo analisar a susceptibilidade ao entupimento de gotejadores tipo *online* sob fertirrigação com superfosfato simples. Esse trabalho foi realizado no Laboratório de Irrigação da UNIVASF, campus Juazeiro- BA. Foram utilizados dois emissores do tipo gotejadores *online* não autocompensantes com diferentes vazões, ambos com a mesma de pressão de serviço (150 kPa). Avaliou-se os parâmetros vazão média, vazão relativa, desvio padrão, coeficiente de variação de vazão, os coeficientes CUC, CUD, CUE e CUH e grau de entupimento. Os resultados demonstram que a concentração utilizada de superfosfato simples não apresentou riscos de obstrução dos emissores durante o tempo de funcionamento do sistema.

**PALAVRAS CHAVE:** irrigação localizada; não compensados; eficiência de aplicação

## **EFFECT OF THE CONCENTRATION OF SUPERPHOSPHATE IN OBSTRUCTION OF EMITTERS OF TYPE DRIPPER *ONLINE***

### **ABSTRACT**

The localized irrigation systems are the most indicated for use in fertirrigation, however are affected by the obstruction by influencing the uniformity of the same. This work has as objective to analyze the susceptibility to the clogging of type under drip fertirrigation with simple superphosphate. This work was conducted at the Laboratory of irrigation of UNIVASF, campus Juazeiro - BA. Were used two transmitters of type online not compensating microsprinklers with different flow rates, both with the same service pressure (150 kPa). Evaluated- if the parameters of average flow rate, relative, standard deviation and coefficient of variation of flow, the coefficients CUC, CUD, CUE and CUH and degree of clogging. The results demonstrate that the concentration used for

simple superphosphate remained acceptable, not presenting a risk of obstruction of the emitters during the hours of operation of the system.

**KEYWORDS:** localised irrigation; not compensated; efficiency of application

## INTRODUÇÃO

O sistema de irrigação por gotejamento está em expansão no Nordeste Brasileiro (SOUZA et al, 2012). A irrigação localizada representa um avanço na tecnologia e se bem dimensionada resulta na economia de água e energia que, de acordo com Boas et al.(2011) se deve a alta eficiência no seu uso. Segundo Dalri et al. (2015) os emissores gotejadores constituem um dos principais componentes do sistema de irrigação localizada e, segundo Saad et al. (2015) o seu desempenho está diretamente relacionado à eficiência na aplicação de água. As características hidráulicas do emissor são importantes para definir a qualidade do produto, principalmente quando são utilizados emissores não-autocompensantes.

A tendência da irrigação localizada é sempre proporcionar acréscimo de tecnologia ao campo devido à necessidade de alternativas que permitam interagir a água de irrigação com outros produtos (SILVEIRA et al, 2014). Sousa et al. (2011) afirmam que a irrigação localizada apresenta muitas vantagens, entre elas, a possibilidade da fertirrigação.

O método de irrigação localizada tem sido usado para aplicação de fertilizantes, por melhorar a eficiência do uso dos nutrientes. Burt et al. (1995) afirmam que a fertirrigação é o mais econômico e eficiente método de aplicação de fertilizantes, especialmente quando utilizado através de sistemas de irrigação localizada. A aplicação de fósforo a partir do uso do superfosfato simples via fertirrigação, com irrigação localizada utilizando gotejadores, é um avanço de tecnologia (Scalco et al., 2014), dependente do uso de gotejadores com elevado grau de dimensionamento hidráulico em relação a estruturas de canais internos.

Porém, em função dos pequenos diâmetros do orifício, a obstrução dos emissores parece ser o maior problema associado à operação de irrigação por gotejamento (BRAUER, 2010). O uso combinado de fertilizantes na água de irrigação apresenta, segundo Frizzone et. al. (2012) vantagens e limitações, no que diz respeito ao

seu uso. Segundo Carvalho et al. (2015) na irrigação localizada podemos encontrar emissores que apresentem alta suscetibilidade ao entupimento, devido a característica própria aos métodos de irrigação localizada que é a área de passagem da água nos emissores.

Segundo Borssoi et al.(2012) a obstrução dos emissores pode afetar a uniformidade de distribuição de água na linha lateral, a partir de um pequeno número de emissores obstruídos. E geralmente essas obstruções causam redução na vazão média e, conseqüentemente, aumentando o coeficiente de variação de vazão dos sistemas de irrigação localizados (SILVA et al., 2013).

Será que emissores do tipo gotejador *online* não regulados, com vazões de 2,58 e 4,85 L h<sup>-1</sup>, em função da concentração de Superfostato Simples na água de irrigação, podem apresentar problemas de obstrução.

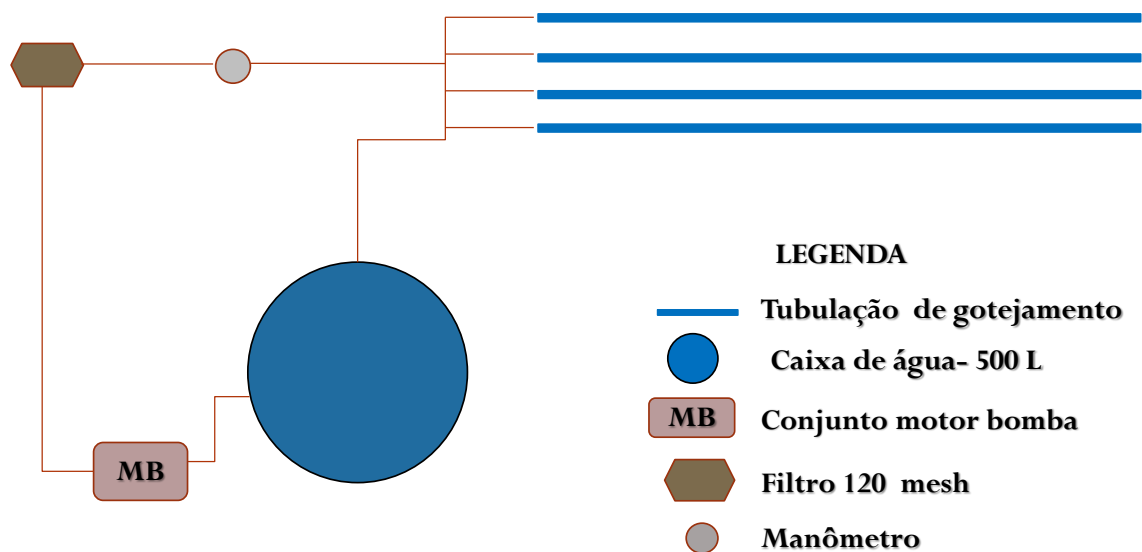
Com isso, objetivou- se avaliar o comportamento da obstrução de emissores do tipo gotejador *online* não auto- compensados, em condições de laboratório a partir do uso com alta concentração de fósforo na água de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

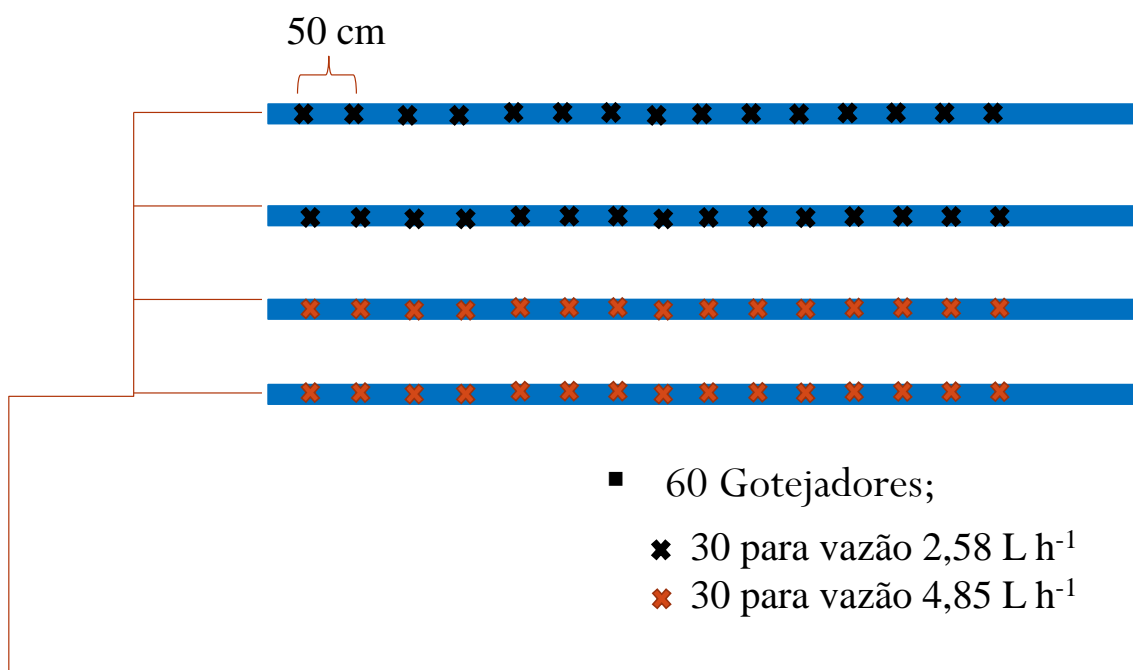
O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) do Campus de Juazeiro-BA, situado nas coordenadas 9°23'18S e 40°31'24"W. O clima do município é o semiárido, com temperatura média de 24,2°C e pluviosidade média anual de 420 mm, concentrada nos meses de novembro a março (INMET, 2013).

O experimento foi conduzido em bancada de ensaios (Figura 1) instalada em no laboratório de irrigação da Univasf. A análise estatística utilizada foi a descritiva quantitativa por medidas de tendência central e por medidas de dispersão de dados, a partir de toda a população.

A bancada de testes de emissores utilizados na irrigação localizada por gotejamento tinha um ciclo fechado em relação à água utilizada nos testes, tendo com isso, a possibilidade de testar diferentes tipos de águas em relação a sua qualidade, na obstrução de emissores.

**Figura 01.** Bancada de ensaios

A bancada havia capacidade para quatro linhas laterais (Figura 2) que trabalhavam simultaneamente, sendo que cada linha comportava 15 emissores, totalizando 30 gotejadores para cada vazão estudada. Os dois modelos de gotejadores utilizados foram *online* não- autocompensantes, com vazão nominal de 2,58 e 4,85 L h<sup>-1</sup>, submetidos a pressão de serviço de 150 kPa e espaçamento de 0,5 m entre gotejadores. Os gotejadores eram dotadas de labirintos tortuosos que permitiam um regime de escoamento turbulento, o que diminuía as chances de obstrução dos emissores.

**Figura 02.** Disposição das linhas laterais

O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por uma motobomba hidráulica, potência de 0,5 CV, acoplado a uma caixa d'água de 500 L. Logo após a bomba foi instalado um filtro de disco, com 120 mesh. Foi utilizado um manômetro de bourdon, instalado na entrada das linhas gotejadoras, permitindo que a pressão fosse frequentemente checada e, se necessário, ajustada àquela pré-estabelecida.

Os coletores para teste de vazão foram acoplados aos emissores avaliados ao longo de quatro linhas laterais, onde foi realizado um ensaio de vazão a cada 48 horas de funcionamento. A água era retida 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.

O Superfostato Simples foi utilizado conforme a recomendação de adubação para o estado de Pernambuco para as culturas do melão (209,0ppm) e da uva (400,6 ppm). O fosfato apresenta baixa solubilidade, podendo ocasionar obstrução química nos emissores. Porém, não se tem verificado tal resultado em pesquisas de análises de obstrução de emissores do tipo gotejador; assim esse fertilizante representa mais uma possibilidade de uso via água de irrigação, se adotado o manejo correto de concentração.

Inicialmente, os gotejadores foram submetidos a 48 h de irrigação utilizando água tratada do abastecimento público (SAAE) da Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro/BA, a fim de referenciar os gotejadores, operando com 150 kPa de pressão de serviço. Posteriormente, o sistema foi acionado para simular os ciclos das culturas do melão e da uva com água bruta do rio São Francisco e adição do Superfosfato Simples, na seguinte ordem cronológica: um ciclo do melão seguido de um ciclo da uva, sucessivos com três repetições cada.

O emissor NC1 funcionou com um tempo total de 4.584 horas de irrigação, detalhado da seguinte maneira, o ciclo do melão com 192h e o da uva com 1320h e o emissor NC2 com um o tempo total de 2.280 horas de irrigação, detalhado da seguinte maneira, o ciclo do melão com 96h e o da uva com 648h (Tabela 1).

Os parâmetros avaliados foram: vazão média dos emissores ( $Q_m$ ), vazão Relativa ( $Q_r$ ), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação de vazão ( $CV_q$ ), grau de entupimento ( $GE$ ) (MÉLO, 2007). Como também os indicadores de uniformidade de distribuição de água que expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada, a partir dos seguintes coeficientes: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen ( $CUC$ );



Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH); Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) e da Uniformidade de Distribuição (UD) (ROCHA et. al., 1999).

**Tabela 1.** Horas de funcionamento do sistema de irrigação, em função das concentrações de Superfostato Simples ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

| Horas de irrigação |         |         |         |          |          |          |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Emissor NC1        |         |         |         |          |          |          |
| 48h                | 192h    | 1320h   | 192h    | 1320h    | 192h     | 1320h    |
| (0h)               | (240h)  | (1560h) | (1752h) | (3072h)  | (3264h)  | (4584h)  |
| Emissor NC2        |         |         |         |          |          |          |
| 48h                | 96h     | 648h    | 96h     | 648h     | 96h      | 648h     |
| (0h)               | (144h)  | (792h)  | (888h)  | (1536h)  | (1632h)  | (2280h)  |
| Concentração (ppm) |         |         |         |          |          |          |
|                    | 209,0   | 400,6   | 209,0   | 400,6    | 209,0    | 400,6    |
| 0                  | (209,0) | (609,6) | (818,6) | (1219,2) | (1428,2) | (1828,8) |

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, apresenta-se a análise das variáveis estudadas para os emissores NC1 e NC2 em função dos tempos de irrigação. A vazão indicada pelo fabricante (catálogo) dos emissores estudados são 2,58 e 4,85 L h<sup>-1</sup> para a pressão de serviço de 150 kPa. Quando submetidos ao teste inicial com 48 h de irrigação utilizando água tratada, os valores médios de vazão foram de 2,40 e 4,32 L h<sup>-1</sup> com 150 kPa, para os emissores NC1 e NC2, respectivamente. Observa-se que as vazões obtidas no teste inicial foram inferiores a vazão do fabricante. Isso pode estar associado a oscilações e imprecisão da pressão de serviço. Como também, segundo Ribeiro et al. (2010), a qualidade da água pode influenciar na redução da vazão.

Os emissores NC1 e NC2 apresentaram 7 e 11% de variação de vazão com 48 horas de irrigação, respectivamente. Essa redução pode ser atribuída ao entupimento parcial dos emissores devido ao seu uso inicial, ao dimensionamento inadequado do sistema, além das condições de operação do experimento. Batista et. al. (2010)

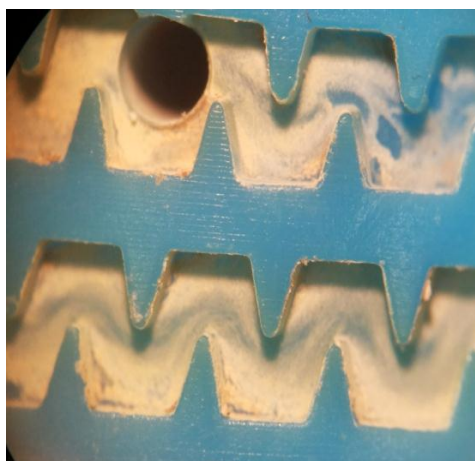
trabalhando com gotejadores não autocompensantes observaram redução de 4,56% na vazão média após 120 horas de funcionamento.

A vazão média para ambos os emissores apresentou valores próximos à vazão nominal, indicando boas condições de uso; porém, apenas o emissor NC1 que atendeu a exigência da norma brasileira NBR ISO 9261 (ABNT, 2006), ou seja, apresentando variação de 7%.

A vazão relativa dos emissores NC1 e NC2, apresenta valores próximos a 100%, com oscilações em função do aumento do tempo de funcionamento. Para o NC2, inicialmente observa-se uma redução de vazão na ordem de 6,3% após 48h de funcionamento, que deve-se teoricamente ao acúmulo inicial de partículas no interior do labirinto dos emissores. No geral, as reduções de vazão foram de 15,1% e 12,6% para os emissores NC1 e NC2, respectivamente; em decorrência do aumento das concentrações de superfosfato simples a partir da formação de compostos insolúveis depositados no interior do labirinto dos emissores, em regiões de fluxos circulares e de baixa velocidade (Figura 1). Carvalho et al. (2015) trabalhando com gotejadores convencionais obtiveram valores de vazão relativa acima de 87% após 1368 horas de funcionamento.

**Figura 03.** Visualização interna do labirinto dos emissores NC1 (A) e NC2 (B)

(A)



(B)



FOTOS: GONÇALVES, D. R. 2015

O desvio padrão demonstra um comportamento variável da vazão para os emissores NC1 e NC2 em função do aumento do tempo de funcionamento, para os 30 emissores avaliados de cada emissor na linha de irrigação. Observa-se dados confiáveis de vazão para valores de desvio padrão próximos a 5%, o que explica uma baixa

variabilidade e dispersão; situação mais encontrada para o emissor NC1 devido basicamente a existência de labirintos com 0,6 mm, o que ocasiona uma baixa vazão e conseqüentemente, um menor acúmulo de sedimentos em seu interior. O emissor NC2 tem labirintos com 1,2 mm de espessura, com maiores chances de acúmulo de depósitos de sedimentos em seu interior.

Valores de desvio padrão próximos a 20% de variação são inaceitáveis, pois modifica diretamente o dimensionamento do projeto de irrigação, principalmente em relação ao manejo de eficiência do uso da água.

**Tabela 2.** Valores médios em função das horas de irrigação para emissores online não compensados

| Emissor NC1 |             |                |                  |                 |                  |                 |                  |
|-------------|-------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Var.        | 48h<br>(0h) | 192h<br>(240h) | 1320h<br>(1560h) | 192h<br>(1752h) | 1320h<br>(3072h) | 192h<br>(3264h) | 1320h<br>(4584h) |
| Qm          | 2,4         | 2,35           | 2,36             | 2,27            | 2,3              | 2,23            | 2,06             |
| Qr          | 98,6        | 96,6           | 97,1             | 93,3            | 94,6             | 91,6            | 84,9             |
| Sq          | 0,04        | 0,14           | 0,04             | 0,04            | 0,03             | 0,12            | 0,20             |
| CVq         | 1,8         | 6,2            | 1,8              | 1,9             | 1,4              | 5,7             | 9,8              |
| Emissor NC2 |             |                |                  |                 |                  |                 |                  |
| Var.        | 48h<br>(0h) | 96h<br>(144h)  | 648h<br>(792h)   | 96h<br>(888h)   | 648h<br>(1536h)  | 96h<br>(1632h)  | 648h<br>(2280h)  |
| Qm          | 4,32        | 4,56           | 4,49             | 4,52            | 3,99             | 4,14            | 4,05             |
| Qr          | 93,7        | 98,7           | 96,6             | 97,7            | 86,6             | 89,8            | 87,4             |
| Sq          | 0,09        | 0,08           | 0,13             | 0,07            | 0,15             | 0,15            | 0,23             |
| CVq         | 2,2         | 1,9            | 3,1              | 1,6             | 3,8              | 4,5             | 5,9              |

(\*) – Valores acumulados

O coeficiente de variação de vazão (CVq) para os emissores NC1 e NC2, apresentaram valores inferiores a 7% no geral, atendendo a exigência da norma brasileira NBR ISO 9261:2006 (ABNT, 2006), para emissores não regulados. De acordo com Dalri et al. (2015) o Cvq avalia o efeito dos fatores construtivos dos emissores; o que explica a semelhança dos valores entre emissores por serem da mesma marca e modelo.

Ainda para a variável CVq, que pode ter influência direta nos efeitos hidráulicos internos dos emissores; Dalri et al., 2015 comentam que a adição de fertilizantes nos sistemas de irrigação influenciar o comportamento hidráulico dos emissores. Neste trabalho o aumento gradativo da concentração de Superfosfato Simples pode ter influenciado no comportamento hidráulico do fluxo hídrico no interior do labirinto para ambos os emissores a partir da diminuição dimensional da espessura dos labirintos, a partir da formação e deposição de compostos insolúveis em seu interior.

De acordo com Batista et al. (2014), trabalhando com gotejadores não compensantes e com labirinto tortuoso obtiveram valores médios de CVq superiores a 20% após 160 horas de funcionamento, não atendendo a exigência da norma brasileira NBR ISO 9261:2006 (ABNT, 2006). O mesmo foi obtido por Silva et al. (2013), onde trabalhando com água residuária do processamento da castanha de caju em gotejadores não compensantes, foi observado que o CVq passou de 5% para 44% após 160 horas de funcionamento.

Os dados referentes ao Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), de Distribuição (CUD), de Hart (CUH) e ao Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), estão apresentados na Tabela 3.

De acordo com a Tabela 3 os valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para os emissores NC1 e NC2 foram em geral superiores a 90%, apresentando classificação excelente, segundo Mantovani (2002). O CUC demonstra o comportamento geral das amostras em relação a media, explicando assim em parte o baixo valor encontrado com 2280h para o emissor NC2, a partir do valor de desvio padrão para o mesmo emissor. Santos et al. (2013), trabalhando com gotejadores convencionais, obtiveram valores de CUC igual a 83,1%, sendo classificado como bom. Já Sandri et al. (2014) estudando os gotejadores Typhoon, observaram valores inferiores a 60% após 180 horas de funcionamento, classificado como inaceitável, segundo Mantovani (2002).

Os valores do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foram classificados como excelentes para ambos emissores, segundo Mantovani (2002). Almeida et al. (2013), trabalhando com fertirrigação em gotejadores encontraram baixos valores de CUD, esses valores podem estar relacionados à precipitação do ferro nas paredes do tubo ocasionando o aumento nas perdas de cargas e comprometendo o

sistema de irrigação. Em contrapartida, no presente trabalho a concentração de Superfosfato Simples não foi suficiente para gerar baixos valores de CUD.

**Tabela 3.** Dados médios referentes aos coeficientes de uniformidade em função das horas de irrigação para emissores online não compensados

| Emissor NC1 |             |                |                  |                 |                  |                 |                  |
|-------------|-------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Coef.       | 48h<br>(0h) | 192h<br>(240h) | 1320h<br>(1560h) | 192h<br>(1752h) | 1320h<br>(3072h) | 192h<br>(3264h) | 1320h<br>(4584h) |
| CUC         | 94,4        | 93,8           | 97,1             | 95,0            | 96,8             | 90,8            | 90,5             |
| CUD         | 93,3        | 92,4           | 97,9             | 98,0            | 98,2             | 91,5            | 89,4             |
| CUH         | 83,9        | 80,8           | 89,5             | 89,8            | 90,7             | 82,4            | 78,0             |
| CUE         | 95,7        | 94,2           | 98,3             | 98,4            | 98,6             | 95,1            | 92,3             |
| Emissor NC2 |             |                |                  |                 |                  |                 |                  |
| Coef.       | 48h<br>(0h) | 96h<br>(144h)  | 648h<br>(792h)   | 96h<br>(888h)   | 648h<br>(1536h)  | 96h<br>(1632h)  | 648h<br>(2280h)  |
| CUC         | 98,2        | 98,2           | 96,2             | 96,1            | 94,4             | 94,5            | 59,9             |
| CUD         | 98,1        | 98,3           | 96,6             | 98,2            | 95,2             | 94,5            | 93,6             |
| CUH         | 90,4        | 90,5           | 87,4             | 90,4            | 84,5             | 83,7            | 81,8             |
| CUE         | 98,5        | 98,5           | 97,5             | 98,6            | 96,2             | 98,5            | 94,8             |

(\*) – Valores acumulados

A partir dos resultados do CUC e CUD, pode-se afirmar que a obstrução ocasionada pelo superfosfato simples foi de forma distribuída na linha de irrigação, tendo assim, a necessidade de novas metodologias de análise de sistemas quanto a distribuição de água; recomendando-se o uso de variáveis estatísticas de dispersão em conjunto com os coeficientes de uniformidade para tal análise.

Os dados de Coeficiente de Uniformidade de Hart (CUH) apresentaram oscilações no comportamento, o que distanciou dos valores de CUC, isso demonstra que a lâmina aplicada pelos emissores não apresenta uma distribuição normal. Esse comportamento pode ser atribuído a variação física do sistema, além do tempo de funcionamento e da obstrução ocasionada pela formação de compostos insolúveis no interior dos emissores.

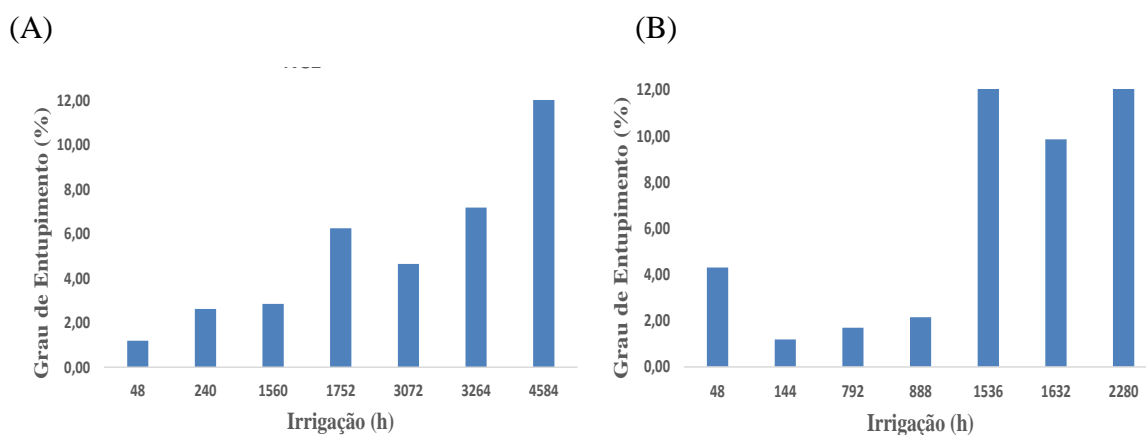
Os valores do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), em geral, são classificados como excelentes (Mantovani, 2002), classificado como bom, de acordo com Mantovani (2002), em sistema de irrigação por gotejamento.

Na Figura 4, apresenta-se os valores para a variável Grau de Entupimento (GE) dos emissores NC1 e NC2, que em geral, são classificados como baixo, segundo Mantovani (2002). Apesar dos respectivos emissores possuírem regiões específicas que favoreçam a sedimentação de compostos insolúveis, não é possível dimensionar hidraulicamente um emissor do tipo gotejador sem prever a condição de regime de escoamento turbulento com o propósito de aumento na perda de carga e consequentemente, diminuir a vazão de saída.

Com isso, os labirintos tortuosos e o regime de escoamento turbulento tornam-se ferramentas importantes no controle da obstrução dos emissores, exercendo atividade importante no interior do labirinto quanto a agitação das partículas físicas e químicas. Situação que pode explicar em parte os valores de grau de obstrução se encontrarem próximos a 10%. Também pode-se observar que a concentração de Superfosfato Simples não foi suficiente para promover a obstrução dos emissores, mesmo apresentando baixa solubilidade que aumentaria as chances de obstrução química.

Ribeiro et al. (2010), trabalhando com gotejadores convencionais observaram valores médios de GE inferiores a 8%, sendo classificado como baixo, após 936 horas de funcionamento quando submetidos a aplicação de cloreto de potássio.

**Figura 04.** Dados médios do grau de entupimento referentes aos emissores NC1 (A) e NC2 (B) em relação as horas de irrigação e concentração de Superfosfato Simples



## CONCLUSÕES

Concentrações de superfosfato simples com 1828,80 ppm na água de irrigação ocasionou obstrução parcial (próximo a 10%) em gotejadores não compensados do tipo *online* em linha de irrigação sob condições de laboratório.

Emissores não compensados com diferentes vazões não diferem entre si quanto a obstrução química causada por superfosfato simples após um longo período de funcionamento do sistema de irrigação.

A partir dos resultados dos coeficientes de uniformidade, pode-se afirmar que a obstrução ocasionada pelo superfosfato simples ocorre de forma distribuída na linha de irrigação, tendo assim, a necessidade de novas metodologias de análise de sistemas quanto a distribuição de água.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR ISO 9261:** equipamentos de irrigação agrícola. Emissores e tubos emissores. Especificação e métodos de ensaio. 17p São Paulo, 2006

ALMEIDA, C. D. G. C. de; SILVA, S. de. S.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. de; SILVA, E. F. de F. **Susceptibilidade ao entupimento de microtubos gotejadores sob fertirrigação.** Irriga, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 454-470, julho-setembro, 2013

BATISTA, R.O.; OLIVEIRA, R. A. de; FIGUEIREDO, V. B.; SILVA, K. B. da, FERREIRA, D. A. da C. **Vazão de gotejadores com distintos tempos de irrigação aplicando água residuária de suinocultura e água de abastecimento.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.34, n.6, p. 1283-1295, nov./dez. 2014

BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. R. de; FERREIRA, D. C. **Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação.** Rev. Ceres, Viçosa, v. 57, n.1, p. 018-022, jan/fev, 2010

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** Viçosa, MG: UFV, 2006.

BOAS, R. C. V.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A. de; CONSONI, R. **Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola.** Ciênc. agrotec. Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, jul./ago., 2011

BORSSOI, A. L. et al. **Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.

BRAUER, R. L.; **Dinâmica de entupimento de gotejadores em função da aplicação de água rica em ferro.** 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Faculdade De Ciências Agrônômicas Campus De Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2010

BURT C, O’CNNOR K & RUEHR T. **Fertirrigação.** Irrigation Training Research Center. Califórnia University. San Luis Obispo. 320p, 1995

CARVALHO, L. C. C. de; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F. N.; SILVA, F. da. **Susceptibilidade ao entupimento de diferentes tubos gotejadores convencionais submetidos a aplicação de sulfato ferroso via água de irrigação.** Rev. Bras. Agric. Irr. v. 9, nº.1, Fortaleza, p. 14 - 23, Jan - Fev, 2015

DALRI, A. B.; GARCIA, C. J. B.; ZANINI, J. R.; FARIA, R. T. de; PALARETTI, L. F. **Caracterização técnica e desempenho hidráulico de quatro gotejadores autocompensantes utilizados no Brasil.** Ciência Rural, v.45, n.8, ago, 2015

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L. de; Rezende, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão.** Maringá: Eduem, 2012. 356 p

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

MANTOVANI, E.C. **Avalia: manual do usuário.** Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002

RIBEIRO, P. A. de A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. **Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidade de água.** Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.2, p.279-287, mar./abr. 2010

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G. de; REIS, E. F. dos. **Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro.** *Ambiência* - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais V. 9 N. 2 Maio/Ago. 2013

SAAD, J. C. C.; JEFERY, A. P. R. A. S. **Efeito da espessura da parede no desempenho hidráulico de mangueiras gotejadoras.** Irriga, Botucatu, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 139-149, 2015

SANDRI, D.; SOUZA, M. A. A. de; ALMEIDA FILHO, W. J. de; SOUZA FILHO, A. M. de. **Irrigação de gramado com água residuária aplicada por gotejamento subsuperficial.** Irriga, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 1-13, janeiro-março, 2014

SANTOS, C. S. dos; SANTOS, D. P. dos; SILVA, P. F. da; SILVA, T. V.; SANTOS, M. A. L. dos. **Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em pimenta.** Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 3, p.17 - 22, jul-set, 2013

SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; DOMINGHETTI, A. W.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A.; ABREU, G. F. **Teores foliares de fósforo e zinco,**



**produtividade e crescimento de café irrigado.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.49, n.2, p.95-101, fev. 2014

SILVEIRA, P. R. A.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. **Distúrbios de vazão em gotejadores devido a aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.8, nº. 4, p.308 - 320, 2014

SILVA, K. B.; SILVA JÚNIOR, M. J.; BATISTA, R. O.; SANTOS, D. B.; BARBOSA FILHO, S. **Desempenho de gotejadores operando com efluente da castanha de caju sob distintas pressões de serviço.** Revista Ceres, v. 60, p. 339- 346, 2013.

SOUZA, W. de J.; BOTREL, T. A.; COELHO, R. D.; NOVA, N. A. V.; Irrigação localizada subsuperficial: **Gotejador convencional e novo protótipo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.8, p.811–819, 2012

SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Embrapa: Informação Tecnológica, Brasília, 771p, 2011

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA REVISÃO

ALMEIDA, C. D. G. C. de; SILVA, S. de. S.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. de; SILVA, E. F. de F. **Susceptibilidade ao entupimento de microtubos gotejadores sob fertirrigação.** Irriga, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 454-470, julho-setembro, 2013

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; OLIVEIRA, M. S. C.; **Panorama da irrigação no Brasil.** Centro Científico Conhecer, Goiânia, Enciclopédia Biosfera N.07, 2012

BATISTA, R. O.; MATOS, A. T. de; CUNHA, F. F. da; MONACO, P. A. Lo. **Obstrução de gotejadores utilizados para a aplicação de água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro.** Irriga, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 288-294, agosto-outubro, 2005

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

BRUNO, I. P.; **Eficiência da aplicação de ureia em fertirrigação de cafeeiros irrigados por pivô central, utilizando o traçador.** Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2010

BORSSOI, A. L. et al. **Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. **Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation.** Agricultural Water Management, Amsterdam, v.68, p.135-149, 2004

CARARO, D. C.; BOTREL, T. A. **Uso de cloração e ar comprimido no controle de entupimento de gotejadores ocasionado pela a aplicação de água residuária.** Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.2, p.336-345, 2007

CARVALHO, L. C. C. de; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F. N.; SILVA, F. da. **Susceptibilidade ao entupimento de diferentes tubos gotejadores convencionais submetidos a aplicação de sulfato ferroso via água de irrigação.** Rev. Bras. Agric. Irr. v. 9, nº.1, Fortaleza, p. 14 - 23, Jan - Fev, 2015

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, 2004

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de; **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água.** Bahia Agríc., v.7, n.1, set. 2005

CRUCIANI, D. E.; MAIA, P. C. S.; PAZ, V. P. da S.; FRIZZONE, J. A. **Fertirrigação nitrogenada na cultura do feijoeiro (phaseolus vulgaris l.) por sistema de irrigação por aspersão.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v.2, p.63-67, 1998

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

DALRI, A. B.; GARCIA, C. J. B.; ZANINI, J. R.; FARIA, R. T. de; PALARETTI, L. F. **Caracterização técnica e desempenho hidráulico de quatro gotejadores autocompensantes utilizados no Brasil.** Ciência Rural, v.45, n.8, ago, 2015

EMBRAPA, Irrigação, métodos de irrigação. 2007. Disponível em <http://www.cnpmis.embrapa.br/publicacoes/milho/imetodos.htm.pdf>. Acesso em 19 de dezembro de 2015

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L. de; Rezende, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão.** Maringá: Eduem, 2012. 356 p.  
HASSAN, F.A. Water quality for microirrigation. In: MICROIRRIGATION FORUM, 1999. Acesso em: 08 jan. 2016

GARCIA, L. F.; RODRÍGUEZ, Z. F.; LUGO, J. G. **Efecto del cultivar y la distancia entre plantas sobre el comportamiento agronómico y rendimiento del melón**  
**Influência do espaçamento e da adubação nitrogenada sobre a produção da melancia.** Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). v. 23, p. 443-452, 2006

HERMES, E. **Efeito da carga hidráulica e qualidade de água na uniformidade de sistema de irrigação por gotejamento.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2010.

JUNIOR KUNZ, ÁVILA, V. S. de; PETRY, M. **Distribuição temporal e espacial da umidade do solo em sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial.** Revista Monografias Ambientais – REMOA. UFSM, Santa Maria. v.13, n.5, p.3963-3976, dez. 2014

LAPERUTA NETO, J; CRUZ, R. L.; LAPERUTA FILHO, J; PLETSCH, T. A. **Perda de carga em mangueiras gotejadoras novas e usadas.** Irriga, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 329-338, 2011

LI J, CHEN L, LI Y. **Comparison of clogging in drip emitters during application of sewage effluent and groundwater.** Transactions of the ASABE, v. 52, 1203-1211. 2009

LIMA, J. S. S.; REIS, E. F.; POSSE, R. P.; BARROS, F. M.; PEZZOPANE, J. E. M. **Uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação localizada no sul do Estado do Espírito Santo - ES.** In: congresso brasileiro de engenharia agrícola, 31, 2002, Salvador. Anais.Salvador: UFBA/SBEA ,2012

LIMA JUNIOR, J. A. de; SILVA, A. L. P. da. **Diâmetro efetivo e coeficiente de uniformidade de areia utilizada em filtros empregados no sistema de irrigação.** Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, pág. 1, n.11; 2010

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

LÓPEZ, J. R.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P; HERNÁNDEZ, J. F. **Riego localizado**. 2. Ed. Madrid: Mundi-Prensa, 405 p.1997.

MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Manejo da irrigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Centro de Pesquisa de Milho e Sorgo. –Brasília: EMBRAPA-SSI, p. 129-158, 2012

MEDEIROS, P. R. F. de. **Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do tomate em solo franco-argiloso**. Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2010

MORATA, G. T.; DANTAS, G. F.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; FARIA, R. T. de; SANTOS, G. O. **Entupimento de gotejadores com uso de efluente de esgoto sob dois sistemas de filtragem**. Rev. Bras. Agric. Irr. v. 8, nº.2, Fortaleza, p. 86 - 97, Mar - Abr, 2014

NAKAYAMA, F. S.; BOMAN, B. J.; PITTS, D. MAINTENANCE. IN: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production: Design, Operation, and Management**. Amsterdam: Elsevier, cap. 11, p. 389-430, 2006

NASCIMENTO, R. C. **Dinâmica da obstrução de emissores tipo gotejador oriundos do vale do São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, 2015

OLIVEIRA, F. de A. de; PINTO, K. S. de O.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A. de; CAVALCANTE, A. L. G.; OLIVEIRA, M. K. T. de; MEDEIROS, J. F. de. **Tolerância do maxixeiro, cultivado em vasos, à salinidade da água de irrigação**. Rev. Ceres vol.61 nº.1 Viçosa Jan./Feb. 2014

PARKES, M.; YAO, W. W.; MA, X. Y.; LI, J. **Simulation of point source wetting pattern of subsurface drip irrigation**. Irrigation Science, v.29, p.331-339, 2010

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V.; ZOLIN, C.A.; SANCHEZ-ROMAN, R.M.; JOSE, J.V. **Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuario** 2006. Irriga, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011

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, P. A. de. A.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; FRANCO, E. M.; SILVA, N. F. da; CARVALHO, L. C. C. de; ALVES, M. E. B. **Gotejadores submetidos a**

**condições críticas de qualidade da água.** Irriga, Botucatu, Edicao Especial, p. 368 - 379, 2012

RIBEIRO, P. A. de A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. **Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidade de água.** Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.2, p.279-287, mar./abr. 2010

SARAIVA, K. R.; SOUZA, F. **Estatística sobre irrigação nas regiões sul e sudeste do Brasil segundo o censo agropecuário 2005-2006.** Irriga, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 168-176, 2012

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, v. 16, p. 480-486, 2012

SILVA, S. de S. **Desempenho hidráulico de sistema de irrigação com microtubos gotejadores sob fertirrigação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2011

SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Embrapa: Informação Tecnológica, Brasília, 771p, 2011

SOUZA, W. de J; BOTREAL, T. A; COELHO, R. D; NOVA, N. A. V. Irrigação localizada subsuperficial: **Gotejador convencional e novo protótipo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.16, n.8, p.811-819, 2012

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. **Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 29, n. 1, p. 153-160, Abril 2007

YAGÜE, J.L.F. **Fertirrigación.** Técnicas de riego. 2nd ed. Madri: MAPA/Mundi Prensa, 1996. .343-61.