

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES COM USO  
DE ÁGUA RESIDUAL DA SUINOCULTURA**

**DANIEL FRANCO**

Dissertação apresentada à Faculdade  
de Ciências Agronômicas da UNESP  
– Campus de Botucatu, para obtenção  
do título de Mestre em Agronomia -  
Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP

SETEMBRO - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES COM USO DE  
ÁGUA RESIDUAL DA SUINOCULTURA**

**DANIEL FRANCO**

Orientador: Prof. Dr. Helio Grassi Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP  
SETEMBRO - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -  
DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Franco, Daniel, 1982-  
F825a Avaliação do desempenho de gotejadores com uso de água residual na  
suinocultura / Daniel Franco. - Botucatu : [s.n.], 2015  
viii 46 f. : fots. color., grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015  
Orientador: Helio Grassi Filho  
Inclui bibliografia

1. Suíno - Criação. 2. Fertirrigação. 3. Irrigação por gotejamento. 4.  
Água - Reutilização. I. Grassi Filho, He-lio. II. Universidade Estadual  
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de  
Ciências Agronômicas. III. Título.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE BOTUCATU  
FACULDADE DE CIENCIAS AGRONOMICAS DE BOTUCATU

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES COM USO DE ÁGUA RESIDUAL DA SUINOCULTURA

**AUTOR:** DANIEL FRANCO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO

Dep de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. ANTONIO DE PADUA SOUSA

Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Prof. Dr. THOMAZ FIGUEIREDO LOBO

Laboratório de Ciência e Tecnologia Ambiental/ Universidade Sagrado Coração

Data da realização: 18 de setembro de 2015.

*Dedico,  
À todos que contribuíram a alcançar  
este momento.*

## **AGRADECIMENTOS**

A minha mãe e a minha irmã que me incentivaram encarar este desafio, superando todos obstáculos e sempre me incentivando.

Ao meu orientador Professor Doutor Helio Grassi Filho que me incentivou durante o trabalho, sempre prestativo e atencioso. Também por sempre estar disposto a ajudar e resolver os problemas que surgiram no meio do caminho.

A todos os funcionários e professores do Departamento de Engenharia Rural que sempre me ajudaram na realização das atividades, em especial ao servidor José Israel Ramos pelo apoio e ajuda na realização do experimento e ao servidor Eduardo Biral Nogueira pela ajuda logo de minha chegada na instituição.

Ao Professor Doutor Dirlei Antônio Berto pela disponibilidade da água residuária e apoio no que fosse necessário, e ao servidor do setor de suinocultura senhor José Antônio Franco por mostrar o funcionamento do setor e ajudar na coleta do material.

Ao amigo João Queluz pela realização das análises necessárias para o ensaio, e a todos amigos que fiz durante esse tempo e de alguma forma ou outra ajudaram até este momento.

A Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pelo sistema de ensino de excelente qualidade.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABELAS .....	VIII
1. RESUMO .....	1
2. SUMMARY .....	3
3. INTRODUÇÃO .....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1 Irrigação por gotejamento.....	8
4.2 Dejetos de suínos.....	11
4.3 Avaliação de sistemas de irrigação.....	13
4.3.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição.....	14
4.3.2 Coeficiente uniformidade de Christiansen.....	15
4.3.3 Coeficiente de uniformidade estatístico.....	16
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
5.1 Localização e caracterização da área experimental.....	18
5.2 Análise da água residuária da suinocultura.....	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6.1 Caracterização hidráulica dos emissores.....	26
6.1.1 Vazão dos emissores.....	26
6.1.2 Curva de relação vazão-pressão.....	31
6.1.3 Coeficiente de variação de vazão.....	34
6.2 Uniformidade de aplicação de água.....	36

6.2.1	Coeficiente de uniformidade de distribuição.....	36
6.2.2	Coeficiente de uniformidade de Christiansen.....	37
6.2.3	Coeficiente de uniformidade estatístico.....	38
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
8	CONCLUSÕES.....	41
9	REFERÊNCIAS .....	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Vista da bancada de ensaios.....	19
Figura 2 Balança e coletores usados nas avaliações.....	20
Figura 3 Esterqueiras a céu aberto da Fazenda Experimental Edgárdia.....	21
Figura 4 Vista da análise de densidade dos dejetos.....	29
Figura 5 Comparativo de vazões do tubo gotejador novo (inicial), após 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas, utilizando a pressão de 45 kPa.....	29
Figura 6 Comparativo de vazões do tubo gotejador novo (inicial), após 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas, utilizando a pressão de 55 kPa.....	29
Figura 7 Comparativo de vazões do tubo gotejador novo (inicial), após 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas, utilizando a pressão de 65 kPa.....	30
Figura 8 Comparativo de vazões do tubo gotejador novo (inicial), após 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas, utilizando a pressão de 78 kPa.....	30
Figura 9 Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador novo, Streamline 16060.....	31
Figura 10 Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 100 horas de uso.....	31
Figura 11 Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 200 horas de uso.....	32
Figura 12 Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 300 horas de uso.....	32
Figura 13 Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 400 horas de uso.....	33
Figura 14 Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 500 horas de uso.....	33
Figura 15 Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 600 horas de uso.....	34
Figura 16 Valor do coeficientes de uniformidade de distribuição, sob diferentes pressões e tempo de trabalho.....	36
Figura 17 Valor do coeficientes de uniformidade de Christiansen, sob diferentes pressões e tempo de trabalho.....	38
Figura 18 Valor do coeficientes de uniformidade estatístico, sob diferentes pressões e tempo de trabalho.....	39

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Conteúdo médio de nutrientes (NPK) dos dejetos de suínos, de acordo com o teor de sólidos ( em $\text{kg m}^{-3}$ ou $\text{kg t}^{-1}$ de dejetos).....	12
Tabela 2 Classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) .....	15
Tabela 3 Classificação do coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC).....	16
Tabela 4 Classificação do coeficiente de uniformidade estatístico (CUE).....	17
Tabela 5 Relação entre a densidade e os valores de matéria seca (MS) e teores de nutrientes de esterco líquido de suínos <sup>(1)</sup> .....	24
Tabela 6 Correção dos valores de densidade em função da temperatura de esterco líquido. ....	25
Tabela 7 Vazão média em L.h-1 dos 32 emissores, sob diferentes pressões e tempo de uso com água residuária da suinocultura. ....	27
Tabela 8 Coeficiente de variação de vazão (CVQ), sob diferentes pressões e horas de uso. ....	35
Tabela 9 Coeficiente de uniformidade de distribuição(CUD %), sob diferentes pressões e tempo de trabalho. ....	36
Tabela 10 Coeficiente de uniformidade de Christiansen(CUC %), sob diferentes pressões e tempo de trabalho. ....	37
Tabela 11 Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE %), sob diferentes pressões e tempo de trabalho. ....	39

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE GOTEJADORES COM USO DE ÁGUA RESIDUAL DA SUINOCULTURA.** Botucatu, 2015, 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

Autor: DANIEL FRANCO

Orientador: HELIO GRASSI FILHO

## **1. RESUMO**

O objetivo do presente trabalho foi de avaliar a uniformidade de aplicação de água utilizando o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), além de determinar o coeficiente de variação de vazão (CVQ) utilizando o tubo gotejador da marca Netafim modelo Streamline 16060, após seu uso com água residuária oriunda da suinocultura.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação da UNESP-FCA, Campus de Botucatu-SP. Foi executado em uma bancada de ensaio de gotejadores, utilizando quatro segmentos do tubo gotejador com 6 metros, e escolhidos 32 emissores, onde se verificou a vazão destes emissores com as seguintes pressões: 45, 55, 65, 78 kPa, com quatro repetições para cada gotejador. Após os ensaios, o tubo gotejador foi

submetido a 600 horas de trabalho com água residuária oriunda da suinocultura. Foram realizados os mesmos ensaios com o tubo gotejador novo com, 100, 200, 300, 400 e 500 horas de trabalho com água residuária.

Os valores obtidos com o tubo novo e após seu uso durante 400 horas com água residuária da suinocultura para o CVQ foram classificados como bons, pela tabela da ABNT (1987). Já quando se atingiu 500 horas de trabalho as pressões 45 e 65 kPa apresentaram um CVQ de 0,5 considerado médio pela ABNT (1987) e com 600 horas de trabalho as avaliações em todas pressões foram classificadas como médio. O CUD, CUC, e o CUE, desde o ensaio inicial e até 600 horas de trabalho na bancada, foram considerados como excelentes, de acordo com Merriam & Keller (1978), apesar de alguns gotejadores ao longo do tempo apresentarem obstruções parciais. Porém com o passar do tempo o CUD e o CUE apesar de serem classificados como excelentes apresentaram um leve declínio em seus valores.

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que, após 600 horas de uso do tubo gotejador, os gotejadores mantiveram uniformidade de aplicação de água satisfatória, os ensaios atestaram a possibilidade do uso de água residuária da suinocultura para a irrigação por gotejamento, sem problemas de entupimentos dos gotejadores, em períodos de até 600 horas de uso. Para utilização de água residuária da suinocultura em projetos de irrigação, deve-se ter um cuidado especial com o sistema de filtragem e um controle frequente sobre o mesmo e que devesse ater a vazão dos gotejadores com a utilização de água residuária da suinocultura, pois os mesmos apresentaram valores inferiores ao informado pelo fabricante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fertirrigação, Dejetos de suínos, Avaliação de tubos gotejadores, reuso de água.

## **DEVELOPMENT EVALUATION OF DRIPPER WITH SWINE WASTEWATER.**

Botucatu, 2015, 54 p. Dissertation (Master Thesis on Irrigation and Drainage) – Faculty of Agricultural Sciences, University Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.”

Author: Daniel Franco

Adviser: Helio Grassi Filho

### **2. SUMMARY**

The aim of the present work was to evaluate the application uniformity of water using the distribution uniformity coefficient (DU), Christiansen uniformity coefficient (UC) and statistical uniformity coefficient (SUC), besides determine the flow variation coefficient (FVC) using a Netafim brand 16060 Streamline model dripper tube, after its use with swine wastewater.

The experiment was done in Irrigation Laboratory of UNESP-FCA, Botucatu-SP campus. It have done in a dripper test bench using four sections of 6 meters dripper tubes, 32 emitters chosen, where the flow verified in the emitters was the following pressure: 45, 55, 65, 78kPa, with four repetitions for each dripper. After the test, the dripper tube was subordinated to 600 hours work with swine wastewater. It have done the same tests with the new dripper tube with 100, 200, 300, 400 and 500 hours of work with residual water.

The obtained values with the new tube and after its use through 400 hours with swine wastewater for FVC were classified as good by ABNT chart (1987). Nevertheless, when reached 500 hours of work, the pressures 45 and 65 kPa show a FVC of 0.5 considerate medium by ABNT (1987) and with 600 hours of work, the evaluation in all pressures were classified as medium. The DU, UC and SUC, since initial test to 600 hours of work in bench were classified as excellent, according to Merriam & Keller (1978), despite of some drippers show partial obstruction through time. However, through the time, the DU and UC besides classified as excellent show a small decline in their values.

Based in the obtained results, it is possible to conclude that after 600 dripper tube hours of use, the dripper keep satisfactory water application uniformity, the test showed

the possibility of swine wastewater for dripper irrigation, without dripper obstruction problems in periods until 600 hours of use. For swine wastewater use in irrigation projects, it must have a special care with filter system and frequent control about it and should watch the drippers flow with swine wastewater use since they show values lower than the ones informed by manufacturers.

**Keywords:** Swine waste from pig farming, Dripper tube evaluation, water reuse.

### 3. INTRODUÇÃO

Sendo a água um recurso cada vez mais restrito, tanto em quantidade como em qualidade, o dever de utilizá-la com maior competência possível, surge especialmente, para a agricultura irrigada.

A irrigação na agricultura é a atividade econômica que mais consome água. A irrigação além de gerar empregos contribui para o aumento de produção de alimentos, entretanto quando mal manejada ela pode gerar problemas como poluição do solo e recursos hídricos, como a própria falta de água.

O aumento populacional acentuado nas últimas décadas tornou a produção de alimentos um desafio ao agronegócio. Esse desafio consolidou-se ao mesmo tempo em que a suinocultura abriu fronteiras, devido principalmente a sua grande eficiência na produção de proteína em pequenas áreas. O aumento da produção de suínos também se acentuou a partir dessas últimas décadas, sendo que o sul do Brasil concentra a maior parte da produção nacional e conseqüentemente, o aumento da quantidade de dejetos provenientes desse tipo de produção confinada.

Esses dejetos, quando mal manejados e sem tratamento, podem oferecer risco ao ambiente devido a sua alta concentração de alguns nutrientes e bactérias do grupo Coliformes (CERETTA et, al., 2005). Do ponto de vista ambiental, os dejetos possuem alto poder poluente devido a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) que é em

torno de 30000 a 52000 mg L<sup>-1</sup>, 260 vezes mais alto se comparado ao esgoto doméstico que é em torno de 200mg L<sup>-1</sup>. Portanto fica evidenciado o grau poluente deste insumo (ASSIS, 2004).

No entanto, os dejetos de suínos também podem se tornar um insumo agrícola, seu aproveitamento na fertilização de lavoura é antigo e uma alternativa ao produtor. Este insumo pode ser reciclado pelo solo evitando risco de sua infiltração e contaminação de lençóis freáticos e mananciais e, para que isto ocorra, os dejetos devem ser utilizados na quantidade de nutrientes que seja extraído pelas plantas (SEGANFREDO, 2004).

Ao longo do tempo a principal missão do agronegócio era somente aumentar a produção ano a ano, com outros fatores deixados em um segundo plano, como preservação de áreas, conservação do solo e água, menor utilização de defensivos, mas nas últimas décadas essa percepção se alterou. Hoje se faz necessário, além de uma boa produção, um cuidado ambiental com todo setor produtivo, desde a conservação da flora e fauna presente, até uso da água, fertilizantes, agroquímicos, solo e mão de obra empregada no cultivo.

Partindo deste ponto de vista, o agronegócio não pode se voltar apenas à produção como mencionado anteriormente, deve se ter um controle rigoroso sobre toda a cadeia produtiva como um sistema único inter-relacionado, onde o funcionamento de uma peça pode beneficiar ou prejudicar a saúde do sistema como um todo.

Segundo Lima, Ferreira e Christofidis (1999), com o aumento da população, os indivíduos viram se obrigados a utilizar ao máximo todo solo agricultável disponível, o que alavancou o uso da irrigação, tanto para suplementar as necessidades hídricas de regiões úmidas, como para transformar regiões áridas e semi-áridas em regiões produtivas, sendo que atualmente metade das pessoas já dependem de produtos oriundos de irrigação.

Tendo em vista esta nova filosofia, a irrigação ganhou destaque conseguindo alavancar a produção com o uso racional de água, esta fornecida às plantas de acordo com sua necessidade ou quando se encontram em déficit hídrico.

A irrigação por gotejamento ocupa uma significativa porção das áreas irrigadas no mundo e está em crescimento, mas somente em áreas específicas e para culturas economicamente rentáveis. A razão para esta limitação é econômica, pois o

método possui alto custo de equipamentos, instalação e manutenção (DASBERG & OR, 1999).

Segundo Gomes (1999), em um projeto bem planejado de irrigação por gotejamento, substancialmente, não haverá perda de água desde o ponto de captação até a saída nos emissores. Basicamente, as perdas se darão, no próprio solo, seja por percolação ou em menor proporção por evaporação e/ou escoamento superficial.

A uniformidade de aplicação da água de irrigação é um fator de extrema importância no planejamento agrícola, pois indica a existência de regiões com excesso ou deficiência de água para as plantas. Podendo ser expressa por alguns coeficientes, como: coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE).

Deste modo, o objetivo do deste experimento foi avaliar a uniformidade de aplicação de água utilizando o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), além de determinar o coeficiente de variação de vazão (CVQ) utilizando o tubo gotejador da marca Netafim modelo Streamline 16060, após seu uso com água residuária oriunda da suinocultura.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Irrigação por gotejamento**

A irrigação é uma técnica importante para o desenvolvimento qualitativo e quantitativo da produção agrícola. Nos países em desenvolvimento existe um grande potencial para o desenvolvimento desta técnica.

Na irrigação localizada por gotejamento a água é aplicada diretamente ao solo gota a gota, gerando uma umidade no solo que geralmente se restringe ao sistema radicular da cultura empregada. Uma característica importante deste sistema é o pequeno volume de água empregada, não molhando a totalidade da área cultivada, geralmente molha-se apenas as faixas onde se encontram os gotejadores. Deste modo, o volume de água não é grande, mas a frequência de irrigação é maior podendo ser diária, fazendo com que o solo permaneça sempre com teor de umidade próximo da capacidade de campo ou ao nível de umidade desejado (FRANCO, 2008).

Para Frizzone et al. (2012) a criação da irrigação por gotejamento na década de 60, foi um marco para a engenharia de irrigação. Apesar de todos os problemas enfrentados durante seu desenvolvimento, com o passar dos anos, estes foram

superados, principalmente nos quesitos tecnologia de emissores, filtração e qualidade da água.

Dessa forma, o entendimento de princípios básico para a realização de um manejo de irrigação adequado é imprescindível para que a agricultura irrigada possa ser mantida pelo meio ambiente. Neste contexto, o método de irrigação por gotejamento pode-se tornar a melhor alternativa, principalmente, pela possibilidade de se trabalhar com menor volume de água em relação a outros métodos, bem como, exigir menor energia de captação de água além da praticidade de se facilmente utilizar a fertirrigação neste sistema (GOMES e TESTEZLAF, 2004).

As principais vantagens da irrigação por gotejamento são: (I) Maior eficiência no consumo de água: por possuir um melhor controle de irrigação, menores perdas por evaporação (a água é emitida diretamente no solo), poucas perdas por percolação e escoamento devidos as baixas intensidade de água utilizada e não é afetada por ventos como os outros métodos; (II) Maior eficiência das adubações: existe a possibilidade de se utilizar fertirrigação em razão das baixas intensidades de irrigação e a água se concentra próximo ao sistema radicular das plantas; (III) Maior produtividade: principalmente para culturas que requerem um nível de umidade do solo maior e constante, em virtudes de menores variações no nível de água no solo. Os frutos em geral desenvolvem-se melhor e mais uniforme, o que também pode ser obtidos com outros métodos de irrigação desde que com um turno de rega reduzido; (IV) Maior controle fitossanitário: como a irrigação por gotejamento irriga apenas a faixa compreendida pelos tubos gotejadores, não molhando a parte aérea das plantas, facilita o controle sobre ervas daninhas, insetos e fungos permitindo assim uma maior eficiência dos defensivos; (V) Não interfere em práticas culturais: como a irrigação se dá por faixas entre as fileiras, esta técnica não atrapalha a realização de capinas, colheita, aplicação de defensivos e outros tratamentos culturais mesmo durante a realização da irrigação; (VI) Adaptação a diferentes tipos de solo e topografia: como a aplicação de água se dá com baixas quantidades e com pequena intensidade, este método se adapta melhor do que qualquer outro a diferentes tipos de solo e topografia, mesmo em terrenos irregulares e acidentados; (VII) Utilização de água salina ou em solos salinos: como neste método de irrigação o turno de rega é muito pequeno, a umidade dentro do “bulbo” ou “faixa” molhada é sempre bastante elevada, mantendo menor concentração de sais dentro do volume de solo molhado e maior concentração em sua periferia. Isso permite maior concentração das raízes na região de menor concentração de sais; (VIII) Economia de mão de obra: por se tratar de sistemas fixos, há grande economia com mão de obra quando comparados com sistemas convencionais de irrigação por superfície e por aspersão (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006, p. 486).

Já Frizzone et al. (2012) salientam que as principais limitações na irrigação por gotejamento são os acúmulos de sais próximo as culturas, limitação do desenvolvimento radicular das plantas e a permanente necessidade de manutenção, este

ultimo fator ainda agravasse pela falta de mão-de-obra treinadas e qualificadas para realização desta tarefa.

Para Bernardo, Soares e Mantovani (2006) outro fator de extrema importância é a escolha do gotejador e para isto deve-se ater a características que podem reduzir o desempenho dos mesmos, tais como:

- Variação de vazão oriunda do processo de fabricação;
- Estabilidade da equação de vazão em função da pressão;
- Variação na pressão de funcionamento;
- Perda de carga ocasionada na introdução de gotejadores na linha lateral;
- Susceptibilidade sedimentação, entupimento e precipitação de sais.

“Uma característica específica ao método de irrigação localizada, é o reduzido espaço de passagem de água nos gotejadores. Em razão do diâmetro do orifício, o entupimento dos gotejadores caracteriza-se como o mais relevante problema ligado a esse método” (Keller; Bliesner, 1990). As maiores causas de entupimento de emissores foram descritas por Gilbert e Ford (1986) em três tipos principais: entupimento de origem química, física e biológica.

A definição da causa certa do entupimento de emissores, todavia, pode ser difícil de ser interpretada, visto de inúmeros agentes na água podem agir das mais diversas formas, muitas vezes dificultando a interpretação da causa que gerou o entupimento (RAVINA et al, 1992). Diante disto a qualidade e filtragem da água na irrigação não pode ser menosprezada podendo comprometer o desempenho do sistema.

MARQUELLI e SILVA, (2002) afirma que a irrigação por gotejamento pode gerar uma significativa redução no uso de fungicidas, isto se deve, pela água não ser emitida em folhas e frutos e sim diretamente no solo.

Vários estudos têm demonstrado que a economia de água, o incremento da produtividade e a melhoria da qualidade de tomate para processamento podem ser atingidos simultaneamente pelo uso do sistema de irrigação por gotejamento, desde que manejado adequadamente e associado ao uso racional da fertirrigação (PHENE et al., 1992; COLLA et al., 1999). Ademais, o gotejamento, por não molhar as folhas, minimiza problemas fitossanitários e de apodrecimento de frutos (SILVA et al., 1999). Segundo Prieto et al. (1999), a eficiência do uso de água no sistema por gotejamento pode

ser 50% maior que na aspersão, método de irrigação predominante no Brasil em tomateiro para processamento.

Um dos principais problemas enfrentados na irrigação localizada é não se saber a vazão real do sistema e sua uniformidade de distribuição ao longo das linhas. Por ser um sistema de fácil implantação, montagem e de baixa vazão isto faz com que este fator passe despercebido e na maioria das vezes não se sabe se está sendo irrigado para mais ou para menos.

Esta variação de vazão pode interferir na produtividade da cultura irrigada, pois, se a irrigação for insuficiente provavelmente a cultura não irá expressar todo seu potencial produtivo e se a irrigação for em excesso também se estará limitando a sua produção.

#### **4.2 Dejetos de suínos**

O suíno foi um dos primeiros animais domesticados pelo homem e ao longo do tempo seu principal aproveitamento foi com intuito principal de se obter sua gordura (banha), com a carne sendo de certo modo um subproduto.

Os primeiros suínos eram ágeis e rápidos, com cerca de 70% de seu peso sobre os membros anteriores e geralmente exclusivamente produtores de banha. A partir da década de 50 quando se começou a produção de óleos vegetais e a gordura de suíno (banha) perdeu seu espaço e valor e a partir de cruzamentos e melhoramentos genéticos, a forma do suíno mudou, com criatórios exclusivamente direcionados a produção de carne e raças especializada nesta produção. Hoje 70% do seu peso está sobre os membros posteriores, que possuem cortes nobres e mais valorizados (HAUSCHILD, 2013).

Até a década de 70, os dejetos de suínos não consistiam em uma razão que gerasse preocupação, pois além do número de animais na época ser pequeno, não havia grande concentração dos mesmos, com isso, o volume gerado de dejetos era plenamente absorvido pelo solo como adubo orgânico (Oliveira, 1993). Posteriormente com o desenvolvimento da suinocultura intensiva, ocorreu um aumento significativo na produção de dejetos que são expostos ao solo ou rios, na maioria das vezes, sem qualquer critério, transformando-se em uma grande fonte poluidora dos mananciais de água e lençóis freáticos.

Com a tecnificação, atualmente os suínos são produzidos em criatórios especializados, intensivos e com rápido giro de animais, passando a ser uma atividade lucrativa, sustentável e que contribui para a diminuição do êxodo rural.

Considerando que um suíno adulto produz 0,27 m<sup>3</sup> de dejetos mês (LOVATTO, 2014), se tem uma produção alta de dejetos, lançados muitas vezes sem um tratamento adequado ao meio ambiente.

Os dejetos possuem composição química variável (Tabela1), sendo ricos em NPK, principais nutrientes utilizados pelas plantas, variando conforme a porcentagem de matéria seca, alimentação e manejo de água aplicada aos criatórios de suínos. Para saber a quantidade de nutriente encontrada nos dejetos pode-se coletar material e mandar para laboratórios licenciados para este procedimento, ou estimar pelo teste do densímetro, mais prático e usual (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004).

**Tabela 1.** Conteúdo médio de nutrientes (NPK) dos dejetos de suínos, de acordo com o teor de sólidos (em kg m<sup>-3</sup> ou kg t<sup>-1</sup> de dejetos)

Nutrientes	0,72%	1,63%	2,09%	2,54%	3,46%	4,37%
Sólidos						
N	1,29	1,91	2,21	2,52	3,13	3,75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,83	1,45	1,75	2,06	2,68	3,29
K <sub>2</sub> O	0,88	1,13	1,25	1,38	1,63	1,88
NPK	3,00	4,49	5,21	5,96	7,44	8,921

Fonte: Miranda et al. (1999). (Embrapa suínos e aves, Emater-sc, Epagri-sc).

A criação de suínos intensivamente vem ocasionando um volume muito grande de dejetos que, por sua vez, representam um risco ao meio ambiente se não tratados, acondicionados e utilizados corretamente. Entre os principais problemas que um mau manejo de dejetos pode ocasionar estão: I) Possibilidade de doenças infecciosas originaria de patógenos presentes em dejetos de criatórios com controle sanitário ineficiente; II) Produção de gases nocivos com: amônia (NH<sub>3</sub>), sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>); III) Contaminação do solo, principalmente pela infiltração de nitrato (NO<sub>3</sub>) ao longo do perfil do solo; IV)

Contaminação da água através de patógenos, concentrações altas de nutrientes e alta DBO (OLIVEIRA, 2003).

Segundo Belli Filho (1999) os danos mais relevantes causados pelo uso indiscriminado de efluente da suinocultura são a poluição tanto de águas superficiais como subterrâneas e a poluição do solo com altas quantidades de nitrogênio.

Atualmente os dejetos de suínos são aproveitados em compostagem, biodigestores, produzindo metano utilizado como combustível, e o restante aproveitado na fertilização de lavouras e pastagens, tornando se assim mais uma fonte de renda a ser explorada.

A utilização de dejetos de suínos na fertilização de lavoura de milho, soja, café, e pastagens obtiveram resultados satisfatórios, sendo que os dejetos proporcionaram produtividades compatíveis e até maiores que a fertilização conseguida apenas com adubação química. A utilização de dejetos possui um melhor custo benefício, podendo alcançar índices de até 68% de rentabilidade em relação à adubação química, sem contar os benefícios que a adubação orgânica exerce ao solo. Estes dejetos também irão incorporar matéria orgânica ao solo o que já é um ganho significativo, visto que as maiorias dos solos brasileiros apresentam níveis muito baixos de matéria orgânica (KONZEN, 2003).

Drumond et al. (2006) afirma que em muitas propriedades do Brasil existem grandes volumes de águas residuárias, que poderiam ser aproveitadas como adubo orgânico.

#### **4.1 Avaliação de sistemas de irrigação**

Vale salientar que é de grande importância em projetos de irrigação, logo após sua implantação, fazer uma avaliação de uniformidade a fim de se calibrar o sistema e melhorar sua distribuição de água. Por esta prática não ser geralmente realizada após a implementação dos sistemas de irrigação, este pode ser um dos motivos para muitos sistemas não apresentarem melhores resultados (FRANCO, 2008).

Para se obter eficiência em irrigação deve-se ater a duas perspectivas básicas: as perdas durante o processo de irrigação e a uniformidade de aplicação da água. Estes fatores estão intimamente ligados, quanto maior a uniformidade da lâmina, menos será as perdas do sistema (Keller e Bliesner, 1990)

Uma das consequências ocasionadas de uma baixa uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação é o aumento da lâmina de água aplicado. Isto ocorre para que locais com lâmina de água inferior recebam a quantidade necessária, porém com isso ocorre um excesso de água aplicada em outros lugares do sistema de irrigação, gerando desperdício de água por escoamento superficial e/ou percolação (LOPES et al. 1992).

Para Soares et al. (1993), a uniformidade da lâmina de irrigação tem influência exatamente na produtividade da cultura e a energia gasta no bombeamento de água.

Segundo Almeida (1997), a uniformidade do sistema é, provavelmente, o indicador mais importante do seu desempenho, assim como informações referentes à vazão e uniformidade dos emissores são essenciais para dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação localizada.

No sistema de agricultura irrigada, quase sempre os produtores na maioria dos casos não revisam os equipamentos de irrigação depois de instalados, que em geral, são usados por muito tempo, sem que haja revisão do sistema, os quais passam a ter sua vida útil relativamente reduzida (GUERRA, 2004). Esse comportamento é, sem dúvida, uma das principais causas da má distribuição de água no solo, resultando em queda de produtividade nas lavouras irrigadas.

Gomes et al. (2003), em experimento realizado com tomate de mesa na região de Campinas (SP) constatou que todos os sistemas de irrigação por gotejamento avaliados tiveram excelentes índices de uniformidade. Porém foi ressaltado que todos os sistemas testados eram recém-implantados, com pouco tempo de uso, devendo se fazer análises posteriores mais horas de trabalho. E que sem uma revisão periódica fica-se atrelado a índices realizados com o sistema novo, e que isso pode muitas vezes mascarar a eficiência de um sistema de irrigação.

#### **4.3.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição**

O coeficiente de uniformidade de distribuição foi proposto por Keller & Karmeli (1974), sua determinação é fundamentada na razão entre as 25% menores vazões verificadas nas análises em relação à média das vazões observadas, descrita pela seguinte equação:

$$\text{CUD} = 100 \left( \frac{q_n}{\bar{q}} \right)$$

Onde:

CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição

$q_n$  = média de 25% das vazões com menores valores;

$\bar{q}$  = média de todas as vazões coletadas

**Tabela 2.** Classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição(CUD)

CUD	Classificação
87-100	Excelente
75-87	Bom
62-75	Razoável
50-62	Ruim
< 50	Inaceitável

Fonte: ASAE (1996)

### 4.3.2. Coeficiente uniformidade de Christiansen

Outro coeficiente muito difundido e utilizado é o de coeficiente uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN,1942), neste método adota-se o desvio médio como medida de dispersão, sendo seu cálculo obtido pela fórmula:

$$\text{CUC} = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_i^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \right]$$

Onde:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen;

$q_i$  = vazão de cada emissor, L h<sup>-1</sup>;

$\bar{q}$  = vazão média dos emissores, L h<sup>-1</sup>;

n = números de emissores.

**Tabela 3.** Classificação do coeficiente de uniformidade Christiansen(CUC)

CUC	Classificação
90- 100	Excelente
80-90	Bom
70- 80	Razoável
60-70	Ruim
< 60	Inaceitável

Fonte: Mantovani (2001)

#### 4.3.3. Coeficiente de uniformidade estatístico

O coeficiente de uniformidade estatístico, também conhecido por uniformidade estatística, foi desenvolvido por Wilcox & Swailes (1947), este coeficiente baseia-se no coeficiente de variação da lâmina de água aplicada. Segundo Bralts et al. (1987), afirma que este modelo pode ser implantado para análise de um sistema de irrigação por gotejamento, desde que, seja feita a substituição dos valores de obtidos pelos aspersores pelos valores de lâminas obtidos pelos emissores. O coeficiente de uniformidade estatístico é dado pela seguinte fórmula:

$$CUE = \left( 1 - \frac{S}{qm} \right)$$

Onde:

CUE = Coeficiente de uniformidade estatístico, %;

S = Desvio-padrão da amostra;

qm = Quantidade média de água coletada, L h<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.** Classificação de coeficiente de uniformidade estatístico (CUE)

---

<b>CUE %</b>	<b>Classificação</b>
90 ou maior	Excelente
80 a 90	muito bom
70 a 80	Regular
60 a 70	Péssimo
Menor que 60	Inaceitável

---

Fonte: Botrel &amp; Favetta (2001)

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu.

Para a condução do experimento, foi utilizada uma bancada de ensaios para tubos gotejadores (Figura 1), contendo os seguintes componentes:

- Reservatório de água com capacidade de 300 litros;
- Moto-bomba para pressurização da água, com potência de dois CV (cavalo-vapor);
- Tubulações de PVC de 1 ¼ de polegada;
- Filtro de disco de 200 mesh;
- Quatro linhas laterais têm comprimento de 6 metros;
- Sistema de recirculação interna de água;
- 2 válvulas de saída de ar;
- 2 manômetros testados e aferidos antes dos ensaios.

Anteriormente a utilização da água residuária na bancada a mesma passou por um sistema de filtro de areia, com intuito de remover partículas mais grosseiras já existentes.

Foi usado para o ensaio o tubo gotejador da marca Netafim modelo Streamline 16060 que apresenta as seguintes características:

- Vazão de 0,77 a 0,91 L h<sup>-1</sup>;
- Faixa de trabalho de 45 a 65 kPa;
- Diâmetro interno de 16,2 mm;
- Espessura da parede de 0,15mm;
- Espaçamento entre gotejadores de 0,20 m;
- Indicado para irrigação de cultivos médios e rápidos, como culturas anuais e hortaliças.

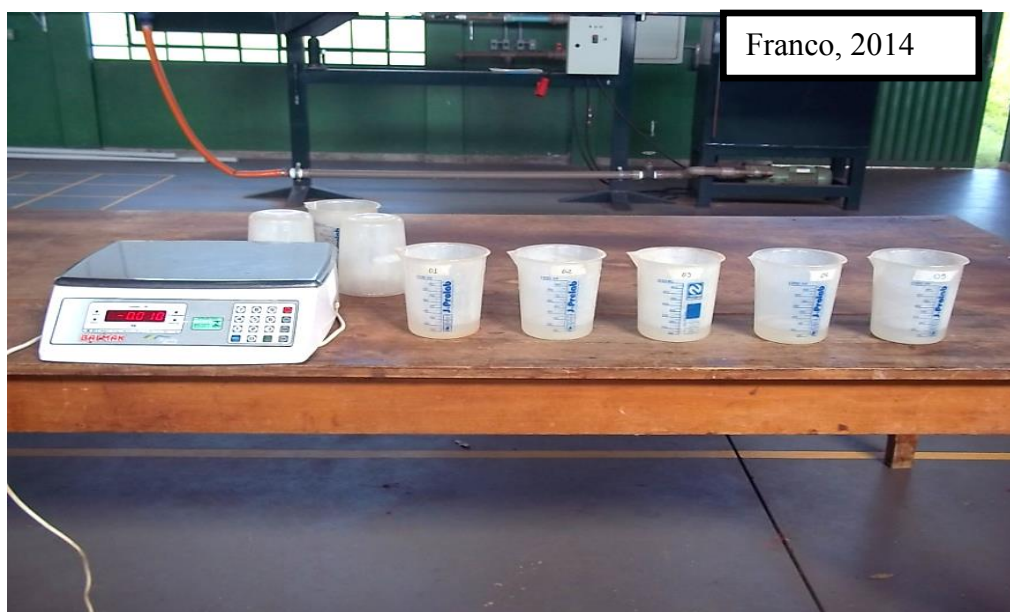


**Figura 1.** Vista da bancada de ensaios, Botucatu – SP, 2014.

Foi retirado de uma bobina, ao acaso, 4 segmentos da fita gotejadora com 6 metros de comprimento para os ensaios, em que foram escolhidos 32 gotejadores para avaliação, sendo escolhidos aleatoriamente 8 emissores por linha. Foram medidas as vazões, com pressões crescentes de: 45, 55, 65 estas recomendadas de fabrica e 78 kPa esta 20% superior a pressão máxima exigida como teste da qualidade da fita

gotejadora utilizada, com quatro repetições para cada um dos 32 gotejadores, que foram analisadas ao início de funcionamento, com 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas de funcionamento, com o tempo de coleta de 6 minutos, com a utilização de água residuária.

Já para coleta de dados para caracterização do tubo gotejador foi realizada em recipientes com capacidade de 1 litro. Após isto, os recipientes eram pesados em balança de precisão (Figura 2), para quantificação do volume emitido por cada gotejador, permitindo assim o cálculo da vazão de cada emissor avaliado.



**Figura 2.** Balança e coletores usados nas avaliações, Botucatu – SP,2014.

Após um teste inicial com água, com tubo gotejador novo, foi colocado no reservatório da bancada efluente de água residuária de suinocultura, oriunda da Fazenda Experimental Edgárdia, localizada UNESP/FCA, Botucatu-SP. O efluente utilizado no trabalho foi oriundo de Esterqueira (Figura 3) com descanso de 120 dias para coleta, sendo o mesmo acondicionado em bombonas de plástico com capacidade para 200 litros para seu manuseio e transporte.



**Figura 3.** Esterqueiras a céu aberto da Fazenda Experimental Edgárdia, Botucatu – SP, 2014.

Os dejetos foram acondicionados em 3 bombonas de 200 litros, e transportado de caminhonete cedida pela FCA/UNESP, até o Laboratório de Irrigação e Drenagem. Inicialmente, preenchia-se o reservatório de 300 litros da bancada, e o restante do efluente era armazenado em bombonas próximo à bancada de ensaios. Este armazenamento se fez necessário para possível reposição do efluente na bancada, devido a sua evaporação, provocada principalmente pelo aumento de temperatura da bomba, conforme observado no experimento com água e provavelmente devido o sistema de bancada ser de recirculação de água.

Para a reposição do efluente evaporado foi adotado o critério de manter a sua densidade uniforme durante todo experimento. Diariamente era feita a análise da densidade dos dejetos (Figura 4) e também medida sua temperatura, e quando o mesmo diminuía seu volume em função da evaporação e aumentava sua densidade era acrescentada água até voltar a sua densidade original, e quando seu volume se reduzia e o mesmo preservava sua densidade original era acrescentado mais dejetos que estavam em

estoque. A reposição do efluente evaporado era feita por baldes ou mangueira (quando a reposição era feita com água).



**Figura 4.** Vista da análise de densidade dos dejetos, Botucatu – SP, 2014.

Após o água residuária ser colocada no reservatório da bancada, a mesma continuava funcionando por, aproximadamente, 20 horas por dia, com programação de 5 horas de funcionamento para 1 hora de descanso. O experimento teve duração de julho de 2014 a outubro de 2014.

A partir da coleta dos dados referentes às vazões e pressões avaliadas, foram realizadas análises de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, através do programa SASM – Agri (versão 3.2.4).

## 5.2 Análise da água residuária da suinocultura

A análise e quantificação da concentração de coliformes fecais e totais foi realizada no laboratório do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP, pelo método do substrato enzimático segundo APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination for water and wastewater (2005). Após esta quantificação foram realizadas análises com adição de hipoclorito de sódio (NaClO), para a concentração de coliformes estivesse de acordo com a Resolução N° 357 do CONAMA (2005).

Após análise a quantidade de hipoclorito de sódio utilizada nos dejetos para controle de coliformes foi de 50 partes por milhão (ppm).

Após a desinfecção dos dejetos os mesmos passaram pela análise de densidade que visa fazer-se uma correlação entre a densidade dos dejetos com a quantidade de matéria e nutrientes presentes no mesmo conforme descreve a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo- Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) de acordo com a tabela a seguir.

**Tabela 5.** Relação entre a densidade e os valores de matéria seca (MS) e teores de nutrientes de esterco líquido de suínos<sup>(1)</sup>

Densidade <sup>(2,3)</sup>	Esterco líquido de suínos			
	MS	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	%(m v <sup>-1</sup> )		----- kg.m <sup>-3</sup> -----	
1000	0,00	0,37	0,00	0,38
1001	0,10	0,52	0,11	0,51
1002	0,15	0,68	0,22	0,63
1003	0,20	0,83	0,37	0,69
1004	0,27	0,98	0,52	0,75
1005	0,50	1,13	0,67	0,81
1006	0,72	1,29	0,83	0,88
1007	0,94	1,44	0,98	0,94
1008	1,17	1,60	1,14	1,00
1009	1,39	1,75	1,29	1,06
1010	1,63	1,91	1,45	1,13
1011	1,85	2,06	1,60	1,19

(1) Fontes: Adaptado Barcellos (1992) e Scherer et al (1995a,b).

(2) Densímetro INCOTERM com valores entre 1000 a 1100 kg.m<sup>-3</sup>.

(3) Para fazer a leitura dos valores de densidade deve-se: a) homogeneizar completamente a biomassa na esterqueira com um agitador manual; b) coletar o material em 4 a 5 locais diferentes da superfície do líquido, colocando-o num recipiente com volume mínimo de 1.000 mL; c) homogeneizar a amostra com um bastão e posteriormente transferi-la para uma proveta de 500 mL, fazendo a leitura da densidade o mais rápido possível para evitar a sedimentação; d) corrigir o valor da densidade do esterco conforme a temperatura da biomassa no interior da proveta; e) se a consistência da biomassa não permitir a leitura da densidade, diluir a metade do resíduo orgânico da proveta com igual volume de água e ler novamente a densidade. Utilizar a seguinte fórmula para o cálculo da densidade corrigida:  $D = 1000 + [2 \times (\text{densidade} - 1.000)]$ , onde a densidade é a leitura obtida do material já diluído na proveta (Barcellos, 1992 e Scherer et al, 1995).

E se necessário deve-se fazer a correção da tabela em função da temperatura, conforme descrito na Tabela 6.

**Tabela 6.** Correção dos valores de densidade em função da temperatura de esterco líquido.

Temperatura(°C)	Densidade
15,5 a 18,5	Diminuir 1 na escala
18,6 a 21,5	Não corrigir
21,6 a 24,5	Aumentar 1 na escala
24,6 a 27,0	Aumentar 2 na escala
27,1 a 29,5	Aumentar 3 na escala
29,6 a 32,0	Aumentar 4 na escala

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004)

A água residuária da suinocultura apresentou uma densidade 1005 kg.m<sup>-3</sup>, mas após a sua passagem pelo filtro de areia este valor baixou para 1002 kg.m<sup>-3</sup>, este valor que foi utilizado como padrão durante o ensaio.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Caracterização hidráulica dos emissores**

#### **6.1.1 Vazão dos emissores**

A vazão dos emissores foi medida com quatro repetições, para cada um dos 32 gotejadores, na seguinte forma, ensaio inicial (tubo gotejador novo), após com 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas de uso com água residuária da suinocultura, mediante às pressões de 45, 55, 65, 78 kPa. As vazões médias, sob diferentes pressões, e horas de trabalho são apresentadas na Tabela 7, a seguir:

**Tabela 7.** Vazão média em L.h<sup>-1</sup> dos 32 emissores, sob diferentes pressões e tempo de trabalho com água residuária da suinocultura e Coeficiente de variação de vazão (CVQ).

Ensaio	45 kPa	55 kPa	65 kPa	78 kPa
<b>Inicial</b>	0,71 a	0,79 a	0,85 a	0,91 ab
<b>100 horas</b>	0,72 a	0,80 a	0,85 a	0,92 a
<b>200 horas</b>	0,70 a	0,77 b	0,83 ab	0,90 b
<b>300 horas</b>	0,71 a	0,77 b	0,84 ab	0,91 ab
<b>400 horas</b>	0,71 a	0,77 b	0,84 ab	0,91 ab
<b>500 horas</b>	0,71 a	0,77 b	0,83 ab	0,90 b
<b>600 horas</b>	0,70 a	0,76 b	0,82 b	0,90 b
<b>Médias</b>	0,71	0,77	0,84	0,91
<b>CVQ</b>	0,04	0,04	0,03	0,03

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Durante o ensaio utilizando a pressão mínima recomendada pelo fabricante de 45 kPa, a avaliação com 100 horas de trabalho apresentou uma vazão 6% inferior a indicada pelo fabricante não excedendo a variação de 7% de acordo com a norma ISO 9262 (2006). As demais avaliações com esta pressão excederam esse valor, apresentando uma vazão 8% inferior a informada pelo fabricante no teste inicial, com 300, 400 e 500 horas de trabalho e 9% inferior com 200 e 600 horas de trabalho.

Já na avaliação com a pressão intermediária de trabalho, 55 kPa, o ensaio inicial e com 100 horas de trabalho ficaram dentro do padrão exigido pela norma ISO, mas os demais ensaios nessa pressão apresentaram uma variação de vazão maior que o exigido, sendo, 8% inferiores ao informado pelo fabricante com 220, 300, 400 e 500 horas de trabalho e 9% inferior com 600 horas de trabalho.

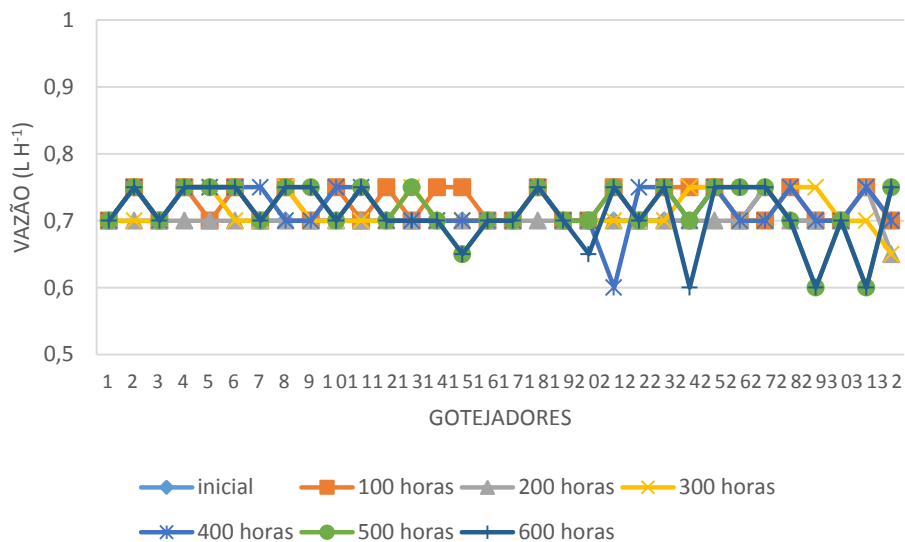
E com a pressão máxima trabalho indicada pelo fabricante de 65 kPa, os ensaios inicial, 100, 300 e 400 ficaram de acordo com o estabelecido pela norma ISO 9262 (2006) para variação de vazão. Mas com 200 e 500 horas de uso este valor ficou 8% inferior ao indicado pelo fabricante e com 600 horas 9% inferior.

Com a utilização de 20% de pressão acima do máximo recomendado pelo fabricante, ou seja, 78 kPa, os resultados obtidos ficaram iguais ao que seria obtido com a pressão máxima de serviço (65 kPa) de acordo com o informado pelo fabricante.

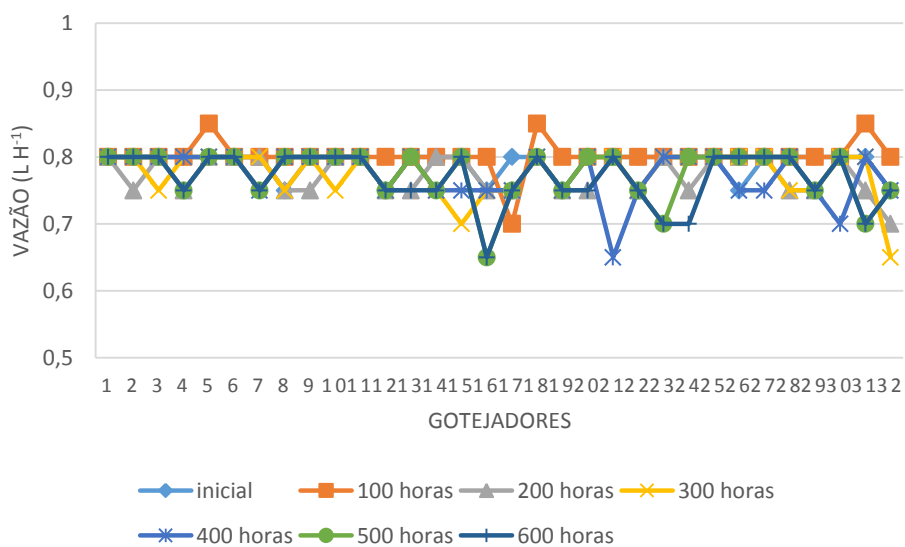
Durante o ensaio quando ensaio atingiu 350 horas de trabalho, a bancada de ensaio entrou em colapso e parou seu funcionamento. Este desligamento foi ocasionado pela obstrução do filtro de tela, após a limpeza do mesmo, o sistema retornou ao funcionamento sem problema algum até o termino do ensaio.

A comparação das vazões realizadas através do teste de Tukey, não apresentou diferenças significativas no ensaio com 45 kPa de pressão. Já com 55 kPa o ensaio inicial e com 100 horas de uso não diferenciaram entre si, mas sim em relação as outras avaliações com esta mesma pressão. Na avaliação com 65 kPa, o ensaio inicial e com 100 horas não apresentaram diferenças entre si, porém, apresentaram uma correlação com os ensaios com 200, 300, 400 e 500 horas de trabalhos, já o ensaio com 600 horas não apresentou relação com os ensaios inicial e 100 horas, mas apresentou correlação com os demais. E na avaliação com 78 kPa de pressão os ensaios com 100 horas diferiu dos demais, bem como os ensaios com 200, 500 e 600 horas, porém, ambos apresentam correlações com ensaios inicial e com 300 e 400 horas de uso. Pletsch (2008) obteve resultados similares aos obtidos utilizando esgoto domestico tratado, como os mesmo apresentando poucas diferenças entre si ate 500 horas de trabalho.

As Figuras 5 a 8 mostram as vazões dos gotejadores em mesma pressão



**Figura 5.** Vazões do tubo gotejador novo (inicial), após 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas, utilizando a pressão de 45 kPa

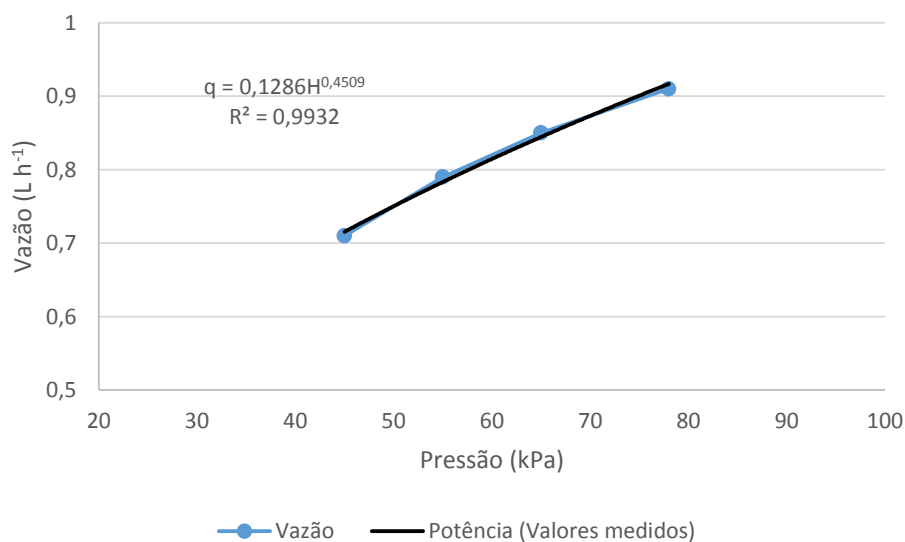


**Figura 6.** Vazões do tubo gotejador novo (inicial), após 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas, utilizando a pressão de 55 kPa

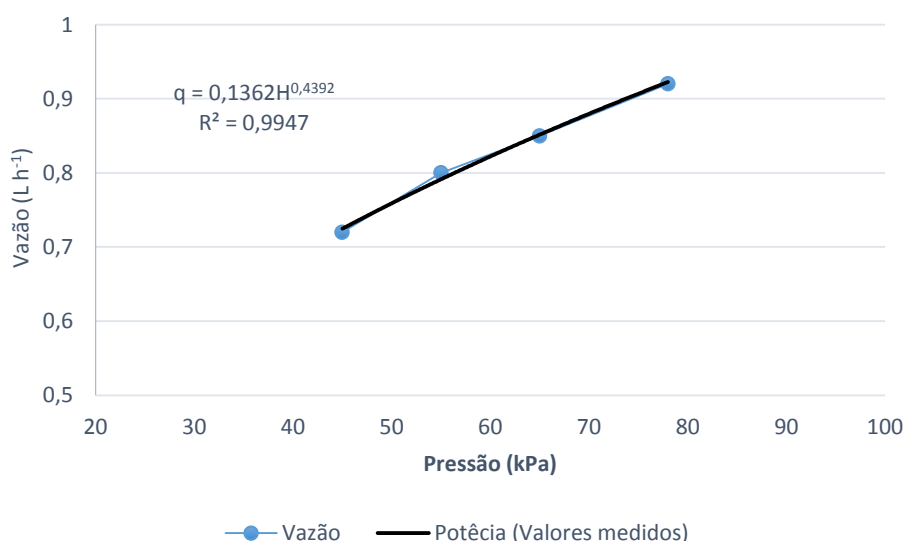


### 6.1.2 Curva de relação vazão-pressão

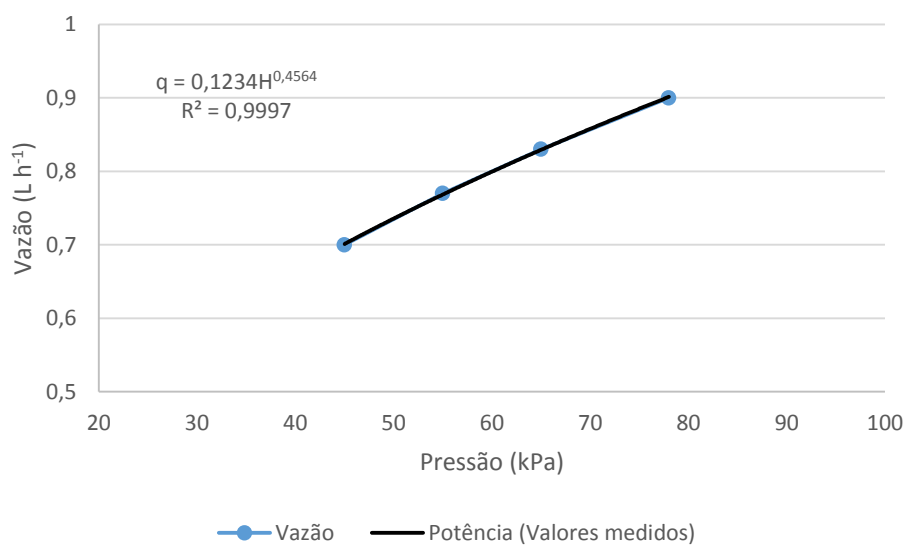
Tendo em mãos os dados de vazão em suas respectivas pressões, determinou-se a equação que relaciona a vazão com a pressão do emissor e a curva característica do tubo gotejador Netafim Streamline 16060, no ensaio inicial (novo), após 100, 200, 300, 400, 500 e 1000 horas de uso.



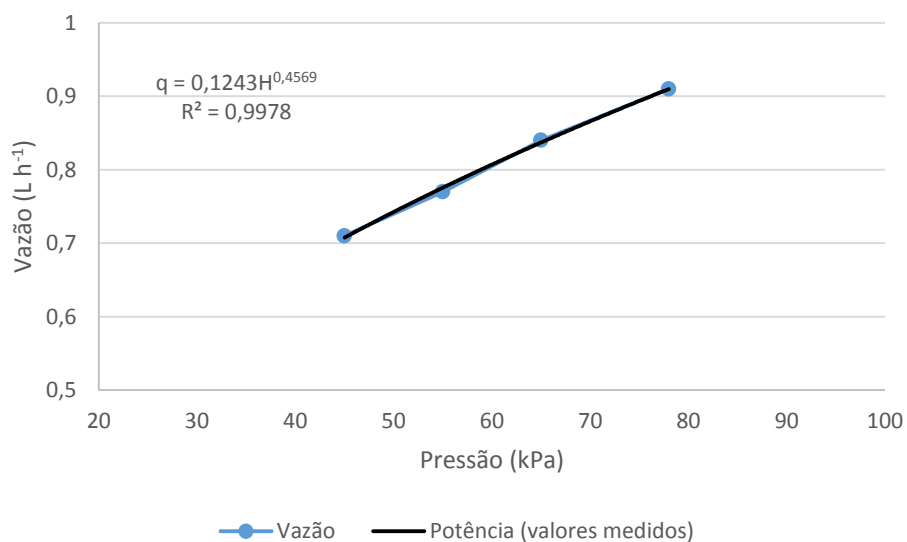
**Figura 9** Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador novo, Streamline 16060



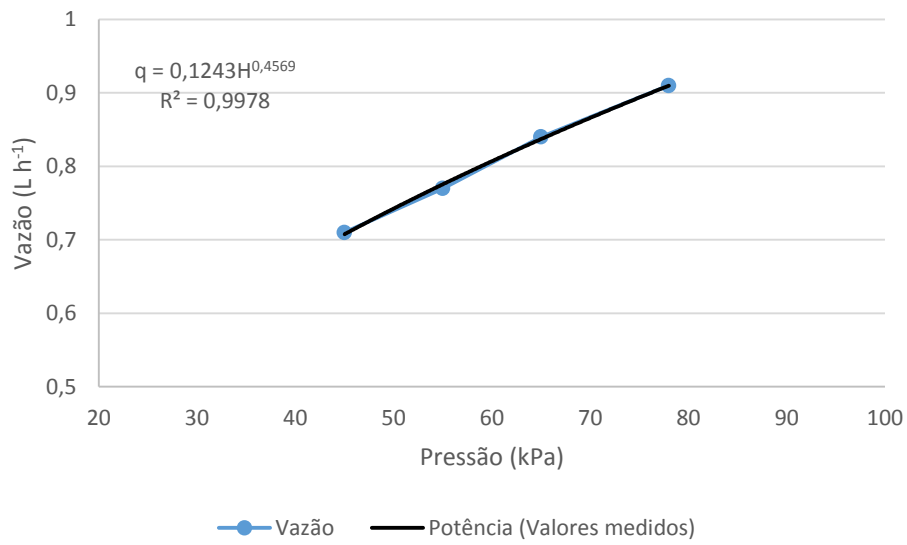
**Figura 10.** Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 100 horas de uso.



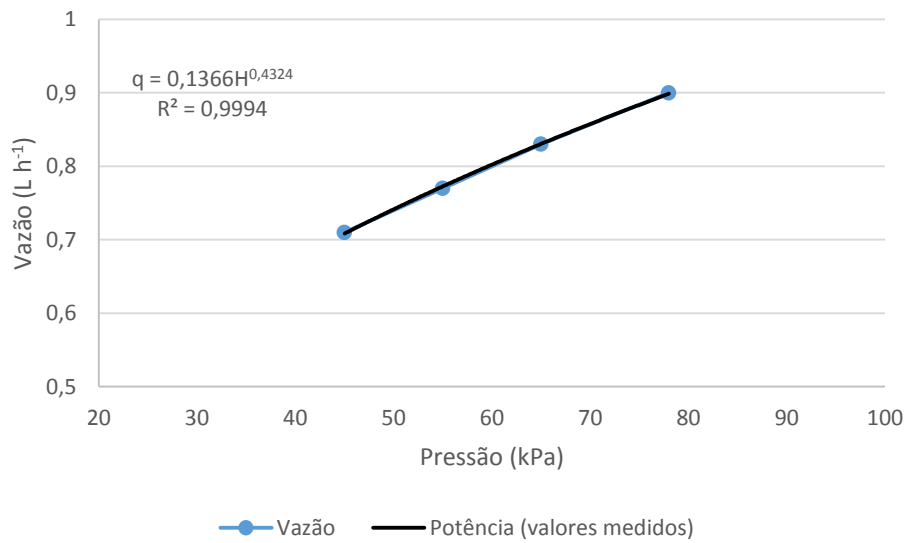
**Figura 11.** Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 200 horas de uso.



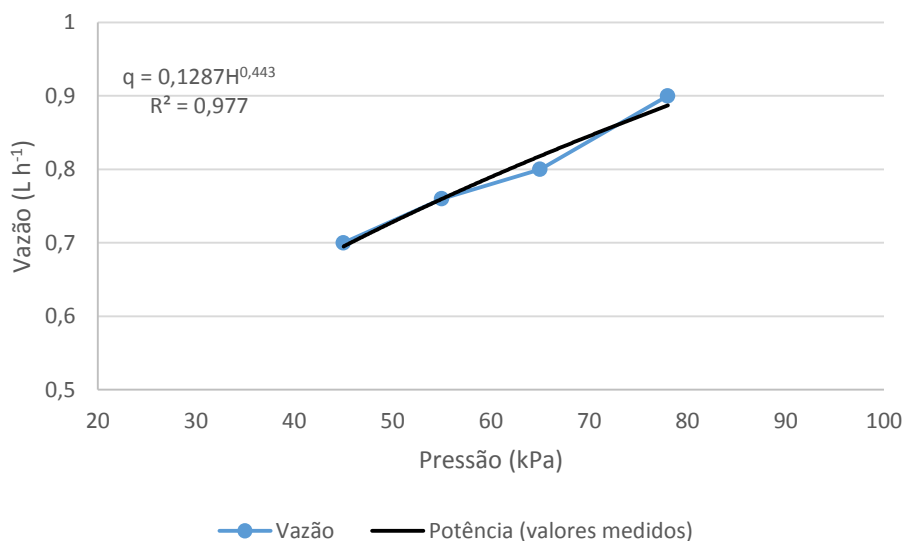
**Figura 12.** Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 300 horas de uso.



**Figura 13.** Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 400 horas de uso.



**Figura 14.** Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 500 horas de uso.



**Figura 15.** Representação gráfica da equação de vazão-pressão do tubo gotejador Streamline 16060, após 600 horas de uso.

Por análise de regressão obteve-se a relação vazão-pressão, conforme as Figuras acima. Em geral as análises não tiveram variação expressiva ao longo do tempo. Foi encontrado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ficando de 0,99 a 0,97, portanto todas as equações encontradas ajustaram-se ao modelo matemático potencial realizado através da análise de regressão.

Com valor de expoente de descarga ( $x$ ) de variando entre 0,45 e 0,44, caracterizando os gotejadores como de regime turbulento.

### 6.1.3. Coeficiente de variação de vazão (CVQ)

Para avaliar a variação de vazão, que ocorre entre os gotejadores posteriores ao processo de fabricação, é necessário os dados de vazão dos 32 gotejadores, durante o ensaio inicial, após 100, 200, 300, 400, 500 e após 600 horas de uso, além do desvio-padrão dos mesmos. De posse destes dados é possível fazer-se o cálculo do CVQ a partir da seguinte fórmula:

$$CVQ = \frac{s}{q}$$

Onde:

CVQ= Coeficiente de variação de vazão

S= desvio-padrão da vazão dos gotejadores usados, e

$\bar{q}$  = vazão média dos emissores, Lh<sup>-1</sup>.

Os valores resultantes desta análise são exibidos na Tabela 8.

**Tabela 8.** Coeficiente de variação de vazão (CVQ), sob diferentes pressões e horas de trabalho.

<b>Pressões de trabalho</b>				
<b>Tempo de trabalho</b>	<b>45 kPa</b>	<b>55 kPa</b>	<b>65 kPa</b>	<b>78 kPa</b>
Inicial	0,03	0,02	0,01	0,02
100 horas	0,03	0,02	0,02	0,02
200 horas	0,02	0,03	0,03	0,03
300 horas	0,03	0,04	0,03	0,03
400 horas	0,04	0,04	0,03	0,03
500 horas	0,05	0,04	0,05	0,04
600 horas	0,06	0,05	0,05	0,05

Os valores não variaram significativamente conforme a pressão utilizada para o ensaio, a variação ocorreu em função do tempo de uso. Mas a partir que o tempo de uso dos gotejadores foi aumentando o coeficiente de variação foi aumentando gradativamente.

Para o tubo gotejador novo, apresentou o coeficiente de 0,01 a 0,03, nas pressões de 65 kPa e 45 kPa. Este coeficiente ficou sendo classificado como bom, pela ABNT(1987), classificação está mantida por todas pressões utilizadas até 400 horas de trabalho.

Quando se atingiu 500 horas de uso as pressões 45 kPa e 65 kPa alcançaram o valor de CVQ de 0,5 o que é classificado como como médio pela ABNT (1987), sendo que as demais ainda continuaram a serem classificadas como boas.

Já quando foi realizada a avaliação com 600 horas de uso a pressão 45 kPa atingiu o valor de CVQ de 0,6 e as demais 0,5, sendo todas classificadas como médias pela ABNT (1987).

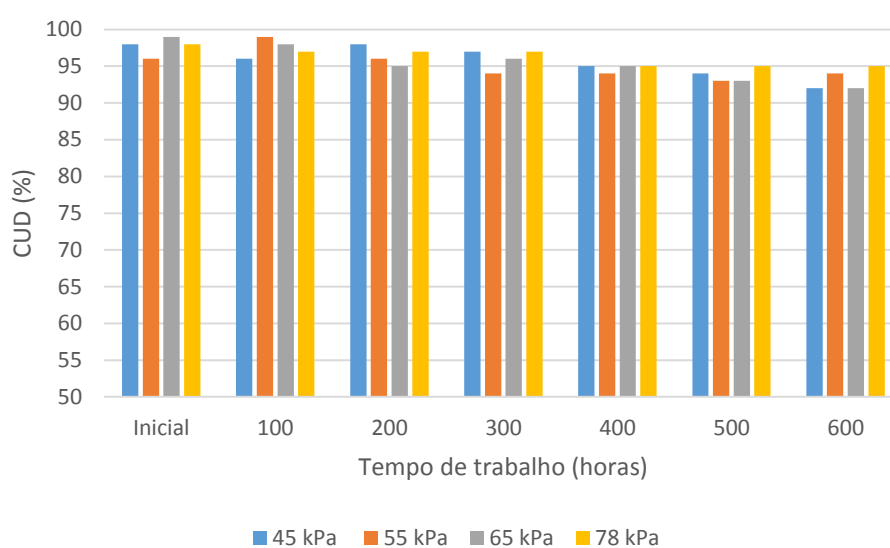
## 6.2 Uniformidade de aplicação de água

Para análise dos resultados de uniformidade de aplicação de água do tubo gotejador Streamline 16060, após seu uso com água residuária da suinocultura, determinou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE). Os produtos destes cálculos são expostos a seguir:

### 6.2.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição

**Tabela 9.** Coeficiente de uniformidade de distribuição(CUD %), sob diferentes pressões e tempos de trabalho.

Tempo de trabalho	45 kPa	55 kPa	65 kPa	78 kPa
Inicial	98	96	99	98
100 horas	96	99	98	97
200 horas	98	96	95	97
300 horas	97	94	96	97
400 horas	95	94	95	95
500 horas	94	93	93	95
600 horas	92	94	92	95



**Figura 16.** Valor do coeficiente de uniformidade de distribuição, sob diferentes pressões e tempo de trabalho.

O CUD, em todas as pressões, durante o ensaio inicial (novo), apresentou-se acima dos 96%, sendo classificados pela ASAE (1996), como excelentes.

No decorrer do ensaio e com o aumento de horas trabalhadas dos gotejadores os valores de CUD foram diminuindo. Com 600 horas de uso, e com pressão de 45 kPa e 65 kPa o valor de CUD ficou 92%, o menor valor registrado no ensaio, mas apesar disto se mantendo com a classificação de excelente de acordo com a ASAE (1996).

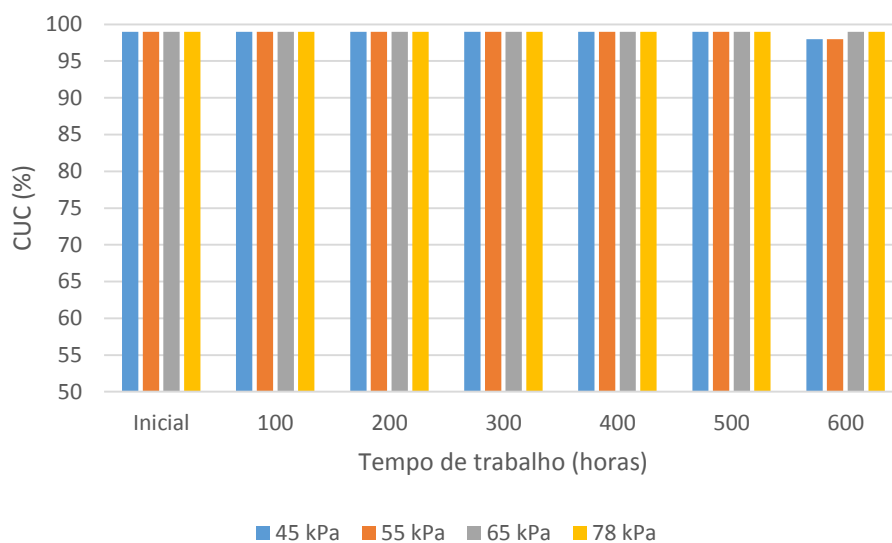
Então apesar de os valores de CUD, em geral, apresentarem um leve decréscimo alongo do ensaio eles sempre se mantiveram com valores excelentes.

### 6.2.2 Coeficiente de uniformidade de Christiansen

Os valores obtidos do coeficiente de uniformidade de Christiansen, encontrados nos ensaios, são apresentados na Tabela 10:

**Tabela 10.** Coeficiente de uniformidade de Christiansen(CUC %), sob diferentes pressões e tempo de trabalho.

<b>Tempo de trabalho</b>	<b>45 kPa</b>	<b>55 kPa</b>	<b>65 kPa</b>	<b>78 kPa</b>
Inicial	99	99	99	99
100 horas	99	99	99	99
200 horas	99	99	99	99
300 horas	99	99	99	99
400 horas	99	99	99	99
500 horas	99	99	99	99
600 horas	98	98	99	99



**Figura 17.** Valor dos coeficientes de uniformidade de Christiansen, sob diferentes pressões e tempo de trabalho.

O CUC desde o ensaio inicial até o termino com 600 horas de trabalho, e em todas as pressões, ficou acima dos 98%, sendo classificado como excelente.

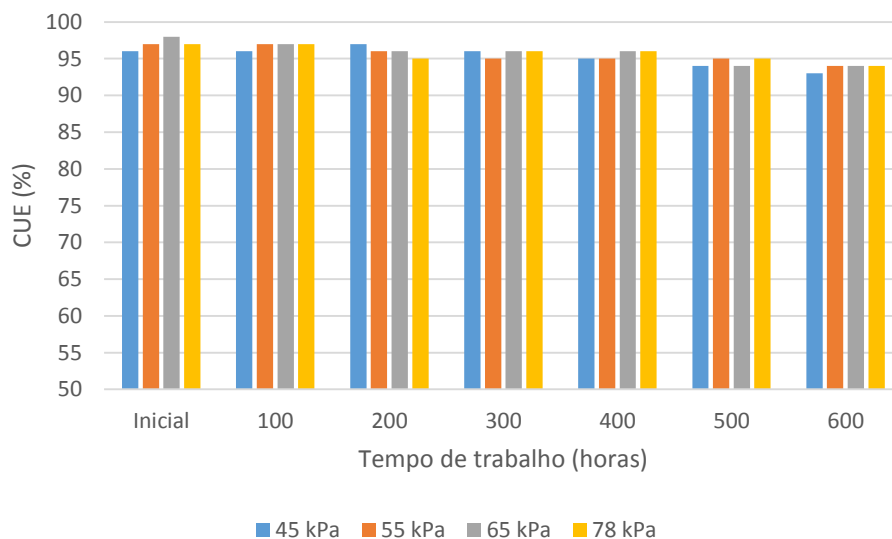
Este valor pode ser explicado devido ao fato de ser consideradas todas as vazões disponíveis, sendo assim, menos rigoroso que o CUD e menos propenso a variações de valores por englobar todas as análises disponíveis.

### 6.2.3 Coeficiente de uniformidade estatístico

Os valores obtidos do coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) calculados, nos ensaios, são apresentados na Tabela 11:

**Tabela 11.** Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE %), sob diferentes pressões e tempo de trabalho.

Tempo de trabalho	45 kPa	55 kPa	65 kPa	78 kPa
Inicial	96	97	98	97
100 horas	96	97	97	97
200 horas	97	96	96	95
300 horas	96	95	96	96
400 horas	95	95	96	96
500 horas	94	95	94	95
600 horas	93	94	94	94



**Figura 18.** Valor do coeficiente de uniformidade estatístico, sob diferentes pressões e tempo de trabalho.

O CUE do ensaio inicial, em todas as pressões, ficou entre 96% e 98% sendo classificado como excelente. Após 600 horas de utilização, o CUE, em todas as pressões, ficou entre 93% e 95%, classificado como excelente.

Os valores obtidos ao longo do ensaio apresentaram um leve declínio com o passar do tempo, porém, os valores sempre foram excelentes e não foram comprometidos por obstruções parciais que ocorreu com os gotejadores ao longo do processo.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados alcançados é possível tecer considerações e/ou recomendações:

- Para utilização de água residuária da suinocultura em projetos de irrigação, deve-se ter um cuidado especial com o sistema de filtragem e um controle frequente sobre o mesmo.
- Sugere-se a limpeza e/ou revisão de filtros a cada 100 a 150 horas de uso de água residuária da suinocultura em sistemas de irrigação por gotejamento.
- Deve-se ater a vazão dos gotejadores com a utilização de água residuária da suinocultura, pois os mesmos apresentaram valores inferiores ao informado pelo fabricante.
- A realização de uma pré-filtragem com filtro de areia é imprescindível para se alcançar uma boa uniformidade de lamina de irrigação com a utilização de água residuária da suinocultura em sistemas de irrigação por gotejamento.

## **8. CONCLUSÕES**

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- Após 600 horas de uso do tubo gotejador, os gotejadores mantiveram uniformidade de aplicação de água adequada.
- Os ensaios comprovaram a viabilidade do uso de água residuária da suinocultura para a irrigação por gotejamento, sem problemas de entupimentos dos gotejadores, em períodos de até 600 horas de uso.

## 9. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Equipamentos de irrigação agrícola Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio**. ABNT NBR ISO 9261, 2006. 9p.

ALMEIDA, F. T. 1997. **Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no projeto Gorutuba**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS ASAE EP 458. Field evaluation of microirrigation systems. St Joseph, 2000. p.875-879.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) - AMERICAN WATER WORKSASSOCIATION (AWWA). **Standard methods for the examination for water and wastewater**. 20.ed. Washington, 1999, 1220p.

ASSIS, F. O.; **Bacia hidrográfica do rio quilombo; dejetos de suínos e impacto ambiental**. **O espaço geográfico em análise**, vol. 8 , p. 107- 122, 2004.

BELLI FILHO, P. **Tecnologias ambientais para o desenvolvimento sustentável da suinocultura no sul do Brasil**. In: Workshop sobre dejetos de suínos, 1997. Concórdia. Anais... Concórdia: EMBRAPA, CNPSA. 92 p. 1999.

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everaldo Chartuni. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Ufv, 2006.

BOTREL, T.A.; FAVETTA, G.M. **Uniformidade de sistemas de irrigação localizada**; validação de equações, *Revista Scientia Agrícola*, v.58, n.2, p 427- 430, abr/jun. 2001.

BRALTS, V.F.; EDWARD, D.M.; WU, I.P. Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept. In: HILLEL, D. (Ed). **Advances in irrigation**. Orlando: Academic Press, 1987. v.4, p.67-117.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; PAVINATO, P. G., TRENTIN, E. E. & GIROTTO, E. **Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos**. *Revista Ciência rural*, Santa Maria, v35, n6, nov - dez, 2005

COLLA, G.; CASA, R.; LOCASCIO, B.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; LEONI, C. **Responses of processing tomato to water regime and fertilization in Central Italy**. *Acta Horticulturae*, Leuven, v.487, p.531-5, 1999.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005

DASBERG, S.; Or, D. **Drip Irrigation**. Berlin: Springer, 1999, 162p.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.27, n.50, p.155-162, 1980.

DRUMOND, L. C. D.; ZANINI, J. R.; FERNANDES, A. L. T.; RODRIGUES, G. P. **Uniformidade de distribuição superficial e subsuperficial de água e de água residuária de suinocultura com irrigação por aspersão em malha**. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.415-425, 2006.

FRANCO, D.. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento no município de Cacequi**. 2008. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Instituto Federal Farroupilha, São Vicente do Sul, 2008.

FRIZZONE, José Antonio et al. **Microirrigação: Gotejamento e Microaspersão**. Maringa: Eduem, 2012. 356 p.

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

GOMES, Eder Pereira; TESTEZLAF, Roberto. **MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA TOMATICULTURA DE MESA**. 2004. Disponível em: <[http://tudosobretomate.com.br/publicacoes/textos/text\\_12.pdf](http://tudosobretomate.com.br/publicacoes/textos/text_12.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2015.

GOMES, H. P., **Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento**. 3 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 412p.

GUERRA, Antônio Fernando. **Adequação e manejo das irrigações por aspersão por pivô central no cerrado**. 2004. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=141&pg=1&n=2>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

HAUSCHILD, Luciano. **Evolução do suíno**. Jaboticabal: Unesp, 2013. 28 slides, color.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9261: Agricultural irrigation equipment : emitters and emitting pipe : specification and test methods**. 2 ed. Geneva, 2004b. 20 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990.649p.

KONZEN, Egídio Arno. **Fertilização de Lavoura e Pastagem com Dejetos de Suínos e Cama de Aves**. 31. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/circular/Circ\\_31.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/circular/Circ_31.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2014.

LAURINDO, V. T. **Resultados dos Pomares de Citros Irrigados**. II Simpósio de Citricultura Irrigada. 2004. Disponível em: <http://gtacc.com.br/pdf/irrigation/17.pdf> Acesso em: 30 jul. 2014.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; FERREIRA, Raquel Scalia Alves; CHRISTOFIDIS, Demetrios. **O USO DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL**. 1999. Disponível em:

<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao\\_000fl7vsa7f02wyiv80isperr5frxoq4.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/irrigacao_000fl7vsa7f02wyiv80isperr5frxoq4.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2015.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2 ed. Madrid: Centro Nacional de Tecnologia de Regadios, 1992. p.217-229.

LOVATTO, Paulo Alberto. **Suinocultura Geral**. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/suinocultura/CAP9\\_dej.pdf](http://w3.ufsm.br/suinocultura/CAP9_dej.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2014.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 30), 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia, EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. ( EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27)

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A.; BUDIÑO, F.E.L. **A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_3/QAmbiental/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm)>. Acesso em: 30/7/2014

PHENE, C.J.; HUTMACKER, R.B.; DAVIS, K.R. **Two hundred tons per hectare of processing tomatoes - Can we reach it?** HortTechnology, Alexandria, v.2, n.1, p.16-22, 1992.

PLETSCH, Talita Aparecida. **Desempenho de gotejadores com uso de efluente de esgoto doméstico tratado**. 2008. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agronomia (irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2008.

PRIETO, M.H.; LÓPEZ, J.; BALLESTEROS, R. **Influence of irrigation system and strategy of the agronomic and quality parameters of the processing tomatoes in Extremadura**. *Acta Horticulturae*, Leuven, v.487, p.575-9, 1999.

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

SOARES, A. A., RAMOS, M. M., LUCATO JÚNIOR, J. **Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô-central no estado de Minas Gerais**. In: Congresso Brasileiro de engenharia agrícola, 22, 1993. Ilhéus. Anais. Ilhéus: SBEA, 1993. p.2688- 2702.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - NÚCLEO REGIONAL SUL.  
**Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre: Evangraf Ltda, 2004.

VICENTE, Marcelo Rossi et al. **Avaliação de sistemas de irrigação por pivô central e gotejamento, utilizados na cafeicultura da região Oeste da Bahia.** 2005. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/10820/1647>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. **Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers.** Scientific Agricultural, v.27, p.565-583, 1947.