UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO DE GOTEJADORES COM USO DE EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

TALITA APARECIDA PLETSCH

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
Junho-2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO DE GOTEJADORES COM USO DE EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

TALITA APARECIDA PLETSCH

Orientador: Prof. Dr Raimundo Leite Cruz

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
Junho- 2008

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

Pletsch, Talita Aparecida, 1984-
P726d Desempenho de gotejamento com uso de efluente de esgoto doméstico tratado / Talita Aparecida Pletsch. – Botucatu : [s.n.], 2008.
vii, 48 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação(Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Raimundo Leite Cruz
Inclui bibliografia

1. Irrigação por gotejamento. 2. Águas residuais. 3. Água – Reutilização. I. Cruz, Raimundo Leite. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"DESEMPENHO DE GOTEJADORES COM USO DE EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO".**

ALUNO: TALITA APARECIDA PLETSCH

ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR

PROF. DR. TARLEI ARRIEL BOTREL

Data da Realização: 19 de junho de 2008.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida;

Aos meus pais Rosalba Silva e Luiz Pletsch, por todo amor e carinho. Pelo apoio durante minha vida e por todas as oportunidades que me proporcionaram para que eu pudesse ir à busca de meus sonhos;

À minha irmã Thaisa, por seu companheirismo e alegria;

Ao Helton, por sua ajuda, calma, apoio, carinho, compreensão e por seu grande amor em todas as horas;

Ao professor Raimundo Leite Cruz, por sua orientação, amizade e ensinamentos;

Às minhas amigas Érika, Roberta, Natália, que se tornaram minha família em Botucatu;

Aos meus amigos de pós-graduação, Francilene, José, Augusto, Jaime, Leandro, Rigléia que fizeram parte da minha vida e me apoiaram na realização de meu trabalho;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Irrigação e Drenagem da FCA/UNESP – Botucatu, pela oportunidade da realização deste mestrado;

Aos professores do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP – Botucatu;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, em especial, José Israel Ramos, pela colaboração e amizade;

Ao CNPq, Ministério de Ciência e Tecnologia, pela concessão da bolsa de estudos;
À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), pela doação do efluente;

Enfim a todas as pessoas, que de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização do mestrado.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS V
LISTA DE TABELAS VII
1 RESUMO 01
2 SUMMARY 03
3 INTRODUÇÃO 05
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 07
4.1 Irrigação por gotejamento 07
4.2 Uso da água residuária na agricultura 09
4.3 Caracterização hidráulica dos emissores 13
4.4 Uniformidade de aplicação de água 15
4.4.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição 18
4.4.2 Coeficiente uniformidade de Christiansen 18
4.4.3 Coeficiente de uniformidade estatístico 19
5 MATERIAL E METÓDOS 21
5.1 Análise do efluente de esgoto doméstico tratado 24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 25
6.1 Caracterização hidráulica dos emissores 25
6.1.1 Vazão dos emissores 25
6.1.2 Curva de relação vazão-pressão 33
6.1.3 Coeficiente de variação de fabricação 35
6.2 Uniformidade de aplicação de água 37
6.2.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição 37
6.2.2 Coeficiente de uniformidade de Christiansen 38
6.2.3 Coeficiente de uniformidade estatístico 40
7 CONCLUSÕES 42
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1: Vista geral da bancada de ensaios para tubos gotejadores 22

Figura 2 : Comparativo de vazões do tubo gotejador novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 40 kPa 28

Figura 3 : Comparativo de vazões do tubo novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 50 kPa 28

Figura 4 : Comparativo de vazões do tubo novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 80 kPa 29

Figura 5 : Comparativo de vazões do tubo novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 100 kPa 30

Figura 6 : Comparativo de vazões do tubo novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 120 kPa 30

Figura 7 : Comparativo de vazões do tubo novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 150 kPa 31

Figura 8 : Comparativo de vazões do tubo novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 200 kPa 31

Figura 9 : Comparativo de vazões do tubo novo após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 250 kPa..... 32

Figura 10 : Comparativo de vazões entre o ensaio inicial 500 horas e 1000 horas, utilizando a pressão de 300 kPa..... 32

Figura 11 :Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador novo, Tiran 17 33

Figura 12 :Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador Tiran 17, após ser utilizado durante 500 horas 34

Figura 13 :Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador Tiran 17, após ser utilizado durante 1000 horas..... 34

Figura 14 : Valores dos coeficientes de uniformidade de distribuição, sob diferentes pressões[novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas] 37

Figura 15 **:** Valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen, sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas] 39

Figura 16 **:** Valores dos coeficientes de uniformidade de estatístico, sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas] 40

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1: Classificação dos emissores pontual, linear e microaspersores, segundo o coeficiente de variação de fabricação de acordo com a ABNT(1987) 14

Tabela 2: Classificação do coeficiente de variação de fabricação de acordo com Solomon (1979) 14

Tabela 3: Critérios da qualidade da água, em relação ao potencial de entupimento 16

Tabela 4 : Classificação do coeficiente de uniformidade de distribuição(CUD) 18

Tabela 5 : Classificação do coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC) 19

Tabela 6: Classificação de coeficiente de uniformidade estatístico(CUE)..... 20

Tabela 7 : Análises do efluente de esgoto doméstico tratado..... 24

Tabela 8 : Comparativo da vazão média em $L.h^{-1}$, dos 25 emissores, sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas] 25

Tabela 9 : Teste de Tukey para a comparação dos valores de vazão média, do ensaio inicial (tubo novo), após 500 horas, e após 1000 horas, nas pressões de 40, 50, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300 kPa 26

Tabela 10 : Coeficiente de variação de vazão(CVQ), sob diferentes pressões [novo(ensaio inicial), 500 horas e 1000 horas]..... 36

Tabela 11 : Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]..... 37

Tabela 12: Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]..... 38

Tabela 13: Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial), 500 horas e 1000 horas]..... 40

1 RESUMO

O uso de águas residuárias de esgoto doméstico tratado permite uma otimização dos recursos hídricos disponíveis, melhorando assim a sua oferta. O uso para fins agrícolas a cada dia se mostra uma possibilidade vantajosa de reúso, pois aceita o uso de águas com qualidade inferior ao exigido pelo abastecimento urbano e necessita de grandes quantidades.

Segundo Almeida et al.(2006), a uniformidade possui maior importância quando o sistema de irrigação é utilizado para fazer a fertirrigação, pois, para o bom desempenho, é necessário o conhecimento das características hidráulicas do emissor e uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação utilizado.

Diante desta realidade de reúso de efluentes para irrigação por gotejamento, o presente trabalho teve como objetivo determinar a vazão dos gotejadores, a curva relação vazão-pressão, a sua equação característica, o coeficiente de variação de vazão (CVQ), e também avaliar a uniformidade de aplicação de água, calculando os seguintes coeficientes: coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), do tubo gotejador da marca Netafim, modelo Tiran 17, utilizado para a irrigação com água residuária de esgoto doméstico tratado.

O experimento foi realizado em uma bancada de ensaios no Laboratório de Irrigação da UNESP-FCA, Campus de Botucatu-SP. Foi utilizado um segmento do tubo gotejador contendo 25 emissores, onde se mediu a vazão com as seguintes pressões: 40, 50, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300 kPa, com quatro repetições para cada gotejador. Após os ensaios, o tubo gotejador foi submetido a 1000 horas de trabalho com água residuária de esgoto doméstico tratado. Foram realizados os mesmos ensaios iniciais após 500 horas e 1000 horas de trabalho com água tratada.

Os resultados com o tubo novo e após seu uso durante 500 horas com efluente doméstico tratado para o CVQ foram classificados como bons, pela tabela da ABNT (1987). O CUD, CUC, e o CUE, antes e após o uso de 500 horas com efluente, mantiveram-se acima de 97%, o que podem ser considerados como excelentes, de acordo com Merriam & Keller (1978). Após 1000 horas de trabalho com o efluente de esgoto doméstico tratado, 2 gotejadores entupiram completamente e outros entupiram parcialmente, fazendo com que as vazões dos gotejadores diminuíssem. O CVQ foi maior do que 0,15 classificando-o como inaceitável pela ABNT (1987). As vazões, após 1000 horas de uso, diferenciaram-se pelo Teste de Tukey com 5 % de significância das vazões do tubo, quando novo, e, após 500 horas, em todas as pressões ensaiadas. Os coeficientes de uniformidade diminuíram após 1000 horas de uso. O CUD ficou entre 52,90%, sendo classificado como ruim, a 70,53%, classificado como razoável pela ASAE (1996). O CUC ficou entre 74,26%, classificado como razoável, a 83,12% sendo classificado como bom. O CUE ficou entre 63,94%, classificado como péssimo, a 70,85%, classificado como regular.

Com os resultados obtidos, é possível afirmar, que após 1000 horas de uso com água residuária de esgoto doméstico tratado, o tubo gotejador Tiran 17 diminui sua vazão pelo entupimento ocorrido, e que a sua uniformidade de aplicação também foi comprometida. Os ensaios comprovaram a viabilidade da utilização de água residuária de esgoto doméstico tratado por gotejamento, para períodos superiores a 500 horas e inferiores a 1000 horas de uso.

2 SUMMARY

PERFORMANCE OF DRIP IRRIGATION WITH USE OF WASTEWATER TREATY, Botucatu, 2008. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: TALITA APARECIDA PLETSCH

Adviser: Prof Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ

The use of wastewater of treated household drain allows an optimization of available hydro resources, increasing the offer of a scarce product. The use in agriculture becomes, each day, more advantageous for its reuse due to its acceptance of water with a lower quality in view of the water demanded by the urban supply and the demanding of a great quantity.

According to Almeida et al.(2006), the uniformity is more important when the system of irrigation is used to make the fertirrigation. For a good performance it's important to know the hydraulic characteristics of the emitter and uniformity of water application of the irrigation system.

In order of the reuse of effluents for drip irrigation, this paper aims to determine the flow of drippers, the curve relation flow-pressure, its equation, the flow coefficient of variation (CVQ) as well as to evaluate the uniformity of water application by calculating the follow coefficients: distribution uniformity coefficient (CUD), Christiansen uniformity coefficient (CUC) and the statistical uniformity coefficient (CUE) of the drip pipe

of the Netafim brand, model Tiran 17, used for irrigation with wastewater of treated household drain.

The experiment was accomplished in a test bank in the Irrigation Laboratory of UNESP-FCA, Campus of Botucatu in São Paulo state. It was used 25 drippers where the flow was measured with increasing pressures of 40, 50, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300 kPa, with four repetitions for each dripper. After the tests the drip pipe was submitted to 1000 hours of work with wastewater of treated household drain. The same tests were carried out after 500 hours and 1000 hours of working but with treated water.

The results of the new pipe after the 500 working hours with treated household effluents for CVQ, were classified as good, according to the ABNT (1987) chart. The CUD, CUC and CUE not only before but also after 500 working hours, kept under 97%, what can be considered as excellent, according to Meriam & Keller (1978). After 1000 working hours with treated household drain, 2 drippers blocked up and others got partially blocked decreasing the flow. The CVQ was higher than 0,15 which is unacceptable for ABNT (1987). The flows after1000 working hours were distinguished by Tukey's Test with 5% of relevance regarding to the pipe as new and after 500 hours in all pressures tested. The coefficients of uniformity decreased after 1000 hours of use. The CUD (distribution uniformity coefficient) got from 52,90%, considered bad, to70,53 considered reasonable by ASAE (1996). The CUC (Christiansen uniformity coefficient) got from 74,26%, classified as reasonable to 83,12%, classified as good. The CUE (statistical uniformity coefficient) got between 63,94% considered too bad to 70,85% considered regular.

According to the results it's possible to state that after 1000 hours working with wastewater of treated household drain the drip pipe decrease its flow resulting from the block, and that the application uniformity was also damaged. The tests proved the possibility of use of wastewater of treated household drain through dripping for periods higher than 500 hours and shorter than 1000 hours of use.

Keywords: wastewater , trickle irrigation, water's uniformity of application

3 INTRODUÇÃO

Sendo a água um bem cada vez mais escasso, tanto em quantidade quanto em qualidade, a necessidade de utilizá-la com a maior eficiência possível, surge, principalmente, para a agricultura irrigada.

A atividade econômica que mais consome água é a irrigação de culturas agrícolas. A irrigação colabora com a crescente produção de alimentos e com o aumento de empregos, entretanto, o manejo inadequado da irrigação pode gerar problemas como a falta de água, poluição dos solos e dos recursos hídricos. A agricultura irrigada deve integrar sistemas com tecnologias de irrigação que maximizem a eficiência de aplicação de água.

Diante da busca da otimização do uso da água na agricultura irrigada e de uma melhor rentabilidade, algumas alternativas surgiram, como a utilização de efluentes de esgoto doméstico tratados para a irrigação.

Segundo Paganini (2003), a utilização da irrigação como técnica de tratamento e disposição de efluentes foi desenvolvida para esgotos domésticos e alguns tipos de efluentes de indústrias. Um dos sistemas utilizados para a irrigação com efluentes é o de gotejamento, onde a água é aplicada diretamente sobre a região radicular da planta, com pequenas vazões, mas com alta freqüência, mantendo, assim, o solo úmido.

Na irrigação por gotejamento, um aspecto importante para o seu bom desempenho é que a diferença entre a vazão dos emissores seja a menor possível. A variação

de fabricação do emissor é um importante fator que influência a uniformidade de distribuição de água e, portanto, a eficiência do sistema (SOLOMON, 1979). Quanto menor a variação da vazão entre os emissores, maior será a uniformidade do sistema.

Uma característica importante e que deve ser mantida no sistema de irrigação por gotejamento é a sua uniformidade de aplicação. Segundo Almeida et al.(2006), a uniformidade possui maior importância quando o sistema de irrigação é utilizado para se fazer a fertirrigação, pois, para o bom desempenho, é necessário o conhecimento das características hidráulicas do emissor e uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação utilizado.

A uniformidade de aplicação de água, em sistemas de irrigação por gotejamento, pode ser representada por alguns coeficientes, entre eles estão: coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), e o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE).

O objetivo do presente trabalho foi de determinar o coeficiente de variação de vazão (CVQ) e avaliar a uniformidade de aplicação de água utilizando o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) de um tubo gotejador da marca Netafim, modelo Tiran 17, após o seu uso com efluente de esgoto doméstico tratado.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Irrigação por gotejamento

De acordo com Andrade et al.(2007), no sistema de irrigação localizada a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso) ou superficiais (microaspersores). A proporção da área molhada varia de 20 a 80% da área total, o que pode resultar em economia de água. O teor de umidade do solo pode ser mantido alto, através de irrigações freqüentes e em pequenas quantidades, beneficiando culturas que respondem a essa condição.

A irrigação localizada é a que possibilita o melhor controle da lâmina, por operar a baixas pressões e alta eficiência. Por outro lado, têm-se restrições quanto ao entupimento e, principalmente, ao aumento da vazão, devido ao desgaste dos emissores quando os mesmos são utilizados por um período excessivo (BOMAN & PARSONS, 1993).

De acordo com Bernardo (2006), as principais vantagens da irrigação localizada são;

- maior eficiência no uso da água ;
- maior produtividade;
- maior eficiência na adubação;
- maior eficiência no controle fitossanitário;

- não interfere com as práticas culturais;
- adapta-se a deferentes tipos de solos e topografia;
- pode ser usado com água salina ou em solos salinos;
- economia de mão - de- obra.

Segundo Bucks & Davis(1986), o sistema de gotejamento apresenta as seguintes características: a água é aplicada ao solo próxima da região radicular, em pequenas quantidades, porém, com alta freqüência, com o sistema trabalhando com pressões baixas. A aplicação é feita por meio de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos. A vazão dos gotejadores, em geral, varia entre 2 a 20 Lh^{-1}.(BERNARDO,2006)

De acordo ainda com Bucks & Davis (1986), vários autores, entre eles, Bucks et al (1983), Davis & Bucks(1983) , Goldberg(1976), Howell et al (1981) e Shoji (1977), enumeraram e apresentaram as vantagens do gotejamento em comparação com os outros métodos de irrigação. Algumas delas são: usar de modo eficiente a água, limitar o crescimento de ervas daninhas, diminuir as necessidades energéticas por operar às baixas pressões e aplicar fertilizantes de maneira eficiente e econômica, por aplicar o fertilizante próximo à zona radicular da planta.

Andrade et al.(2007) citam outra vantagem da irrigação por gotejamento, quando comparado com a aspersão: a água aplicada na superfície do solo não molha a folhagem ou o colmo das plantas. Essa característica do sistema por gotejamento mostra-se importante, principalmente, quando a irrigação é feita com água residuária, pois diminui o risco da formação de aerossóis que possam depositar microorganismos patogênicos nas plantas.

De acordo Bernardo (2006), as principais desvantagens ou limitações da irrigação por gotejamento seriam o alto custo de implantação e o entupimento dos emissores. Para minimizar a ocorrência do entupimento, a filtragem da água faz parte do próprio sistema, para evitar a obstrução dos gotejadores com partículas minerais ou orgânicas.

4.2 Uso da água residuária na agricultura

De acordo com Hespanhol (2003), existe a necessidade de se desenvolver uma cultura e uma política de conservação de água em todos os setores da sociedade, por isso, o reúso consciente e planejado de águas de baixa qualidade, águas de drenagem agrícola, águas salobras, águas de chuva e, principalmente esgotos domésticos e industriais, são modernos e eficazes instrumentos de gestão de recursos hídricos .

A reutilização, ou reúso de água, ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Deve-se considerar o reúso de água como parte de uma atividade mais abrangente, que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água (GIORDANO, 1999).

Além de preservar a água potável para as necessidades da população urbana, usos industriais e na agricultura, o reúso de água permite que ocorra uma otimização dos recursos hídricos disponíveis, ampliando a oferta de um produto cada vez mais escasso.

Segundo Van Der Hoek et al. (2002), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos), concorrendo para a preservação do meio ambiente.

Conforme Ayers & Westcot (1999), a agricultura utiliza uma grande quantidade de água e tolera águas de qualidade mais baixa que a indústria e o uso doméstico, portanto, é inevitável, que exista a tendência para que se encontre na agricultura a solução dos problemas relacionados com efluentes. A quantidade do volume de águas residuárias disponíveis para a irrigação é insignificante em comparação com o total usado na agricultura irrigada, mas as conseqüências da sua utilização são de importância econômica, ambiental e social, onde a necessidade de planejamento é feita para controlar, a longo prazo, os seus efeitos.

Para Hespanhol (2003), sistemas de reúso de água para fins agrícolas adequadamente planejados e administrados proporcionam melhorias ambientais e melhorias de condições de saúde, entre as quais:

- minimização das descargas de esgotos em corpos de água ;
- preservação dos recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde há utilização excessiva de aqüíferos ;
- conservação do solo pela acumulação de húmus e aumenta a resistência à erosão ;
- aumenta a concentração de matéria orgânica do solo , ocorrendo maior retenção de água ;
- contribui em áreas carentes, para aumento da produção de alimentos, elevando , assim os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso.

A decisão quanto ao reúso de água na agricultura, especialmente na irrigação, deve ser tomada com base em múltiplos aspectos, incluindo os de natureza ambiental, sanitário, cultural, técnico e econômico, de forma que os benefícios decorrentes do reúso superem os custos e riscos envolvidos neste processo. (AIROLDI, 2007)

Conforme Paganini (2003), para o sucesso na utilização de esgotos e efluentes nas atividades agrícolas, é importante saber: quais são os objetivos do sistema e a disposição no solo; quais as características dos esgotos ou do efluente a ser utilizado; e as condições e as características de solo, clima e localização geográfica.

Hespanhol (2003), relata que a aplicação de esgotos domésticos tratados pode ser feita, pelos seguintes métodos de irrigação:

- por inundação , molhando toda a superfície do solo;
- por sulcos , molhando apenas uma pequena parte da superfície do solo;
- por aspersores , molhando de maneira semelhante ao que ocorre durante as chuvas;
- por irrigação subsuperficial, permitindo a saturação do subsolo;
- por irrigação localizada, na qual a água é aplicada a cada planta individualmente, e a uma taxa ajustável .

Mara & Cairncross (1989), relacionaram os diferentes riscos de saúde pública para os grupos de riscos, diferentes custos, e diferentes eficiências no uso da água aplicada, servindo como base para levantamento dos benefícios e custos associados a cada método de irrigação, apresentada no quadro1:

Quadro 1- Fatores que afetam a escolha do processo de irrigação e as medidas protetivas requeridas quando se utilizam esgotos

Método de irrigação	**Fatores que afetam a escolha**	**Medidas protetivas necessárias**
Inundação	Menores custos. Não é necessário nivelamento preciso do terreno.	Proteção completa para operários agrícolas, consumidores e manuseadores de culturas.
Sulcos	Custo baixo. Nivelamento necessário.	Proteção para operários agrícolas. Possivelmente necessária para consumidores e manuseadores de culturas.
Aspersores	Eficiência média do uso da água. Não há necessidade de nivelamento.	Algumas culturas da categoria B, principalmente árvores frutíferas, são excluídas. Afastamento mínimo de 100 metros de casas e estradas
Subsuperficial ou localizada	Custos elevados. Elevada eficiência do uso da água. Alta produtividade agrícola	Afastamento mínimo de 100 metros de casas e estradas. Filtração para evitar entupimento de orifícios.

Conforme Ayers & Westcot (1999), utilizando como critério a qualidade da água, a irrigação por gotejamento constitui um dos sistemas que apresenta menores riscos de contaminação, porque existe menor contato do irrigante e da parte aérea das plantas com o efluente.

Cararo (2004), diz que um dos sistemas apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, que apresenta vantagens como a economia de água e energia, possibilidade de automação e fertirrigação. Apresenta baixo risco de contaminação de operadores e do produto final, característica desejável na aplicação de águas residuárias que apresentam organismos nocivos à saúde humana. Uma das principais limitações do gotejamento é o fato de ser susceptível ao entupimento de seus emissores. Este problema varia com as características do emissor e com a qualidade da água utilizada, seja por causas químicas, físicas e biológicas.

O Grupo Científico sobre Diretrizes para o Uso de Esgotos em Agricultura e Aqüicultura, reunido em Genebra (1989), citado por Hespanhol (2003), estabeleceu critérios básicos para o reúso de efluentes na agricultura. As diretrizes estão apresentadas no quadro 2:

Quadro 2: Diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de esgotos na agricultura

Categoria	**Condições de reúso**	**Grupos de risco**	**Nemátodos intestinais [1] (nº ovos/litro) [2]**	**Coliformes fecais (nº/100 mL)[3]**	**Tratamento recomendado p/ atingir a qualidade microbiológica**
A	Irrigação de culturas a serem ingeridas cruas, campos esportivos,parques públicos [4]	Operários , consumidores	≤ 1	≤ 1.000	Lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente
B	Irrigação de cereais culturas industriais, forragem, pastos e árvores [5]	Operários	≤ 1	_____	Retenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais
C	Irrigação localizada de cultura da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público	Nenhum	_____	_____	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, mas não menos do que tratamento primário

(1) *Ascaris. Trichuris. Necator americans e Ancilostomus duodenalis*: (2) Média aritmética durante o período de irrigação; (3) Média aritmética durante o período de irrigação; (4)Um valor diretriz mais restritivo (200 coliformes fecais por 100 mL) é apropriado para gramados públicos , tais como os de hotéis , com os quais o público tenha contato direto; (5)No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes de os frutos serem colhidos , e frutos não devem ser colhidos do chão. Irrigação por sistemas de aspersores não devem ser utilizados.

4.3 Caracterização hidráulica dos emissores

Para Von Bernuth & Solomon et al (1986), o ideal para um sistema de gotejamento é que todos os emissores (ou orifícios) entreguem o mesmo volume de água em um determinado tempo. De um ponto de vista prático, é impossível alcançar este desempenho idealizado, pois a vazão dos emissores é afetada por variações de pressão da água e pela diferença das características dos emissores durante a sua fabricação.

Conforme Cararo (2004), as características hidráulicas dos gotejadores são resultantes das características do acabamento das partes internas, do projeto do gotejador, do material utilizado para a fabricação e do método de instalação.

De acordo com Von Bernuth & Solomon (1986), o coeficiente de variação de fabricação é um parâmetro utilizado para indicar a variabilidade entre os emissores, decorrente do processo de fabricação. Algumas das causas comuns de variação de fabricação são: pressão de moldagem, temperatura, variação no material utilizado para a fabricação dos emissores, etc. Conforme a ABNT (1987), o coeficiente de variação de fabricação é obtido através da relação entre o desvio-padrão e a média das vazões dos emissores amostrados.

$$CVf = \frac{S}{\overline{X}} * 100 \qquad (1)$$

CVf – Coeficiente de variação de fabricação, %;

S - Desvio-padrão das amostras;

$\overline{X}$ - Média das vazões dos emissores, L h-1.

Tabela 1: Classificação dos emissores pontual, linear e microaspersores, segundo o coeficiente de variação de fabricação de acordo com a ABNT(1987)

Tipo de emissão	**CV*f***	**Interpretação**
Pontual	<0,05	Bom
	0,05 a 0,10	Médio
	0,10 a 0,15	Marginal ou regular
	>0,15	Inaceitável
Linear e Microaspersão	<0,10	Bom
	0,10 a 0,20	Médio
	0,20 a 0,30	Marginal ou regular
	>0,30	Inaceitável

Tabela 2: Classificação do coeficiente de variação de fabricação de acordo com Solomon (1979)

***CV*f**	***classificação***
< = 0,03	excelente
0,05 a 0,07	médio
0,08 a 0,10	marginal
0,11 a 0,14	pobre
> = 0,15	péssimo

Esse coeficiente pode ser utilizado com nome de coeficiente de variação de vazão (CVQ), pois este pode ser utilizado tanto para emissores novos quanto para emissores usados, dado que o coeficiente de variação de fabricação (CV*f*) só pode ser empregado em amostra de emissores novos.

De acordo com ABNT (1986), os pares de valores obtidos de pressão e vazão devem ser ajustados através de regressão linear, obtendo-se, assim, os valores do "coeficiente" *k* "e do expoente "*x* "da equação. O coeficiente de determinação (R^2) da regressão também deve ser apresentado. Keller e Karmeli (1974) apresentaram a expressão que descreve a vazão de um gotejador:

$$q = kH^X \qquad (2)$$

Onde:

q = vazão do emissor, que geralmente se mede em (Lh^{-1});

k = constante de proporcionalidade que caracteriza cada emissor;

H = é a pressão de serviço (kPa);

x = expoente caracterizado pelo regime de fluxo.

Segundo Keller & Karmeli (1975), os valores do expoente "x" variam de, 0 para gotejadores perfeitamente autocompensantes, 0,5 para emissores com fluxo turbulento, e 1 para fluxo de regime laminar. Conforme a norma ISO 9261 (2004), quando o valor do expoente do emissor "*x*" é maior do que 0,2, considera-se o emissor não autocompensante.

Conforme Andrade (2005), à medida que o valor de "x" diminui, a variação de vazão é menos influenciada pela variação de pressão. A grande maioria dos emissores no mercado tem valor de *"x"* menores de 0,6. Também percebe-se que quanto mais próximo de 0, mais caro é o tubo gotejador.

4.4 Uniformidade de aplicação de água

A uniformidade de distribuição de água às plantas está diretamente ligada ao problema de entupimento dos gotejadores (AIROLDI, 2007), onde uma pequena porcentagem de emissores entupidos pode reduzir de forma significativa a uniformidade de aplicação de água.

Para Ravina et al.(1992), o entupimento de gotejadores está relacionado com a qualidade da água, principalmente se for água de origem residuária, apresentando um alto teor de constituintes orgânicos que, em algumas situações, pode obstruir os emissores de forma acelerada, interferindo na eficiência de aplicação de água e no processo de limpeza dos filtros. Os nutrientes na água residuária, como fósforo e nitrogênio, entre outros, podem estimular o desenvolvimento de microrganismos, bactérias e algas, que são igualmente problemáticos no processo de entupimento de emissores.

Para Airoldi (2007), com a utilização de águas residuárias por gotejamento, o entupimento pode ocorrer prematuramente, sendo fundamental a adoção de

tratamentos eficientes, economicamente viáveis e ambientalmente seguros para garantir aos sistemas, efluentes de melhor qualidade.

Gilbert & Ford (1986), afirmam que o entupimento é o principal problema associado à irrigação localizada e que ele pode desencorajar os operadores, conseqüentemente, provocar o abandono do sistema, bem como o regresso para um método de irrigação menos eficiente. As análises da água utilizada para irrigação são imprescindíveis, para que eventuais problemas de entupimento possam ser estimados.

Para Bucks et al (1979), as principais fontes causadoras de entupimento em sistemas localizados, são de natureza física, sendo partículas do solo (areia, silte, argila) e pequenos animais (aranhas, formigas, ovos de lesmas, etc.), de natureza química, relacionadas à precipitação de elementos como cálcio, magnésio, ferro, e de natureza biológica, relacionado a algas, filamentos, e mucilagem bacteriana.

Bucks & Nakayama (1980), citados por Gilbert & Ford (1986), apresentam critérios da qualidade da água, em relação ao potencial de entupimento, apresentados na Tabela 3:

Tabela 3: Critérios da qualidade da água, em relação ao potencial de entupimento

Tipo de problema	**Reduzido**	**Médio**	**Alto**
Físicos			
Sólidos suspensos	<50	50-100	>100
Químicos			
pH	<7,0	7,0-8,0	>8,0
Sólidos dissolvidos $mg.L^{-1}$	<500	500-2000	>2000
Manganês	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Ferro total $mg.L^{-1}$	<0,2	0,2-1,5	>1,5
Sulfeto de hidrogênio $mg.L^{-1}$	<0,2	0,2-2,0	>2,0
Biológicos			
População bacteriana n^o .mL	<10.000	10.000-50.000	>50.000

Fonte:Nakayama e Bucks(1980)

De acordo com Soares et al. (1993), a uniformidade de aplicação de água afeta diretamente a produtividade da cultura e a energia consumida no bombeamento de

água, sendo que a produtividade tende a aumentar com a uniformidade de aplicação da irrigação.

A uniformidade de água é afetada pelo valor e variabilidade da vazão dos emissores e dos locais de aplicação de água. A variabilidade da vazão é atribuída às variações de pressão e temperatura, variabilidade de fabricação tempo de uso e suscetibilidade de variação da vazão com o tempo. (ABNT, 1986)

Segundo Keller & Bliesner (1990), o conceito de eficiência abrange dois aspectos básicos: a uniformidade de aplicação e as perdas, que podem ocorrer durante a operação do sistema. Para que a eficiência possa atingir valores altos, é necessário que as perdas durante a operação sejam as menores possíveis e maiores a uniformidade de aplicação e distribuição.

Zocoler (2007), relata que é comum expressar a uniformidade de distribuição de água em uma área por um coeficiente de uniformidade. Quando este coeficiente é maior ou igual a um valor arbitrário, a uniformidade de distribuição é considerada aceitável. As medidas de uniformidade expressam a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo. Uma forma usual de obtê-las é por medidas de dispersão, expressando-as de forma adimensional, pela comparação com o valor médio.

Conforme Bernardo (2006), a uniformidade pode ser expressa por índices ou coeficientes, sendo o mais utilizado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). São também utilizados em menor escala o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e o coeficiente estatístico de uniformidade (CUE). Para se determinar a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação por gotejamento, a vazão dos gotejadores é medida ao longo das linhas laterais e a pressão de funcionamento no início das linhas de derivação, necessitando de proveta, cronômetro e manômetro.

4.4.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição

O coeficiente de uniformidade de distribuição, também conhecido por uniformidade de emissão (UE), foi proposto por Keller & Karmeli (1974), sendo a sua definição baseada na razão entre as 25% menores vazões observadas e a média das vazões observadas, dada pela seguinte equação:

$$CUD = 100 \frac{\overline{x}}{\overline{X}} \tag{3}$$

CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição

$\overline{x}$ - é a média de 1/4 das vazões com menores valores, em litros.hora^{-1},

$\overline{X}$ - é a média de todas as vazões dos emissores amostrados, em litros.hora-^{1}

Tabela 4 : 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)

4.4.2 Coeficiente uniformidade de Christiansen

Conforme Zocoler (2007), um dos coeficientes mais conhecidos e utilizados é o de coeficiente uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN,1942), que adotou o desvio médio como medida de dispersão, sendo seu cálculo obtido pela fórmula:

$$CUC = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i}^{n} = 1 \left| Yi - \overline{Y} \right|}{n \times \overline{Y}} \right] \quad (4)$$

em que:

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

n - Número de amostras na linha lateral

Yi - Vazão do emissor, L h^{-1}

$\overline{Y}$ -. Vazão média dos gotejadores, L h^{-1};

Tabela 5 : Classificação do coeficiente de uniformidade Christiansen(CUC)

CUC	**classificação**
90- 100	excelente
80-90	bom
70- 80	razoável
60-70	ruim
< 60	inaceitável

4.4.3 Coeficiente de uniformidade estatístico

O coeficiente de uniformidade estatístico, também conhecido por uniformidade estatística, foi, primeiramente, proposto por Wilcox & Swailes (1947) na avaliação de equipamentos de irrigação por aspersão, sendo baseado no coeficiente de variação (CV) da lâmina de água aplicada. Segundo Bralts et al. (1987), uma abordagem estatística idêntica, pode ser realizada para a irrigação localizada, substituindo as lâminas de água, pela vazão dos emissores. O coeficiente de uniformidade estatístico é dado pela seguinte fórmula:

$$CUE = \left\{1 - \frac{S}{qm}\right\}.100 \qquad (5)$$

em que:

CUE – Coeficiente de uniformidade estatístico, %;

S – Desvio-padrão da amostra;

qm - Quantidade média de água coletada, L h^{-1}.

Tabela 6: Classificação de coeficiente de uniformidade estatístico(CUE)

CUE %	**classificação**
90 ou maior	excelente
80 a 90	muito bom
70 a 80	regular
60 a 70	péssimo
Menor que 60	inaceitável

* Botrel & Favetta (2001)

5 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos 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 realização do experimento, utilizou-se uma bancada de ensaios para tubos gotejadores (Figura 1), que possui um reservatório de água com capacidade de 300 litros e uma moto-bomba para pressurizar a água pelas tubulações de PVC de 1 ¼ de polegada, com um filtro de tela metálica de 200 mesh. As linhas laterais têm comprimento de 6 metros (4 linhas, com recirculação de água), 2 válvulas de saída de ar e 4 manômetros testados e aferidos antes dos ensaios.

Foi utilizado para o experimento o tubo gotejador da marca Netafim modelo Tiran 17 que apresenta as seguintes características :

- câmara simples;
- percurso tortuoso;
- fluxo turbulento;
- orifício de 1,38 mm;
- vazão de 2,0 $L.h^{-1}$;
- faixa de trabalho de 50 a 300 kPa;
- diâmetro interno de 14,6 mm;
- espessura da parede de 1,20mm;

- espaçamento entre gotejadores de 0,50 m.

Figura 1: Vista geral da bancada de ensaios para tubos gotejadores

Foi retirado de uma bobina, ao acaso, um segmento do tubo gotejador contendo 25 emissores para os ensaios. Foram medidas as vazões, com pressões crescentes de: 40, 50, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300 kPa (kilopascal), com quatro repetições para cada um dos 25 gotejadores, com o tempo de coleta de 10 minutos.

A coleta de dados para caracterização do tubo gotejador foi feita em frascos com capacidade de 1 litro. Após a coleta da água, na saída dos gotejadores, os frascos foram pesados em balança de precisão, para determinação do volume emitido por cada gotejador, permitindo o cálculo da vazão.

Após o término do ensaio inicial com o tubo gotejador novo, foi colocado no reservatório da bancada efluente de esgoto doméstico tratado, doado pela Estação de Tratamento de esgoto da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), localizada na Fazenda Lageado, UNESP/FCA, Botucatu-SP. A Estação de Tratamento de Esgoto está funcionando desde Fevereiro de 2006 e apresenta um sistema misto de tratamento, composto por tratamento preliminar (gradeamento, caixa de areia, calha Parshall), tanque de equalização, reatores anaeróbios de fluxo ascendentes, tanque de aeração

e decantadores, e trata atualmente 230 litros por segundo do esgoto coletado no Município de Botucatu. O efluente da estação se dirige ao Rio Lavapés de classe IV, segundo o Decreto 10.755 de 22/11/1977 que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá providências correlatas. A Estação de Tratamento de Esgoto reutiliza parte do efluente final para limpezas de desvios, passeios, após a desinfecção com cloro gás. O efluente utilizado no experimento foi o efluente final, mas sem a desinfecção com cloro gás.

O efluente foi acondicionado em 2 reservatórios de 200 litros, e transportado de caminhão cedido pela FCA/UNESP, até o Laboratório de Irrigação e Drenagem. Primeiramente, enchia-se o reservatório de 300 litros da bancada de ensaio para gotejadores, e o restante do efluente era guardado em outro reservatório com capacidade de 1000 litros, próximo à bancada de ensaios. Esse processo foi repetido até o enchimento do reservatório de 1000 litros. O armazenamento foi necessário para a reposição do efluente na bancada, devido a sua evaporação, provocada principalmente pelo aumento de temperatura da bomba, que variava entre 25° C e 45° C. A reposição do efluente evaporado era feita por baldes. Durante o experimento, foram necessárias 5 visitas a SABESP, para a coleta do efluente.

Após o efluente ser colocado no reservatório da bancada de ensaios, a mesma permanecia funcionando por, aproximadamente, 8 horas por dia. O experimento teve duração de outubro de 2007 a março de 2008.

O tubo gotejador foi submetido a 1000 horas de trabalho, utilizando o efluente de esgoto doméstico tratado. Após 500 e 1000 horas de trabalho, a vazão dos gotejadores foi medida novamente. Durante a medição de vazão, utilizava-se água tratada Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

5.1 Análise do efluente de esgoto doméstico tratado

As análises da água residuária utilizada no experimento, foram cedidas pela SABESP- Botucatu. Os resultados são apresentados na Tabela 7:

Tabela 7: Análises do efluente de esgoto doméstico tratado

Parâmetros	**unidade**	**1 º análise****	**2 º análise*****
DBO (5 dias 20 ^{o}C)	mg.L $^{-1}$	39	36
DQO	mg.L $^{-1}$	154	138
pH		7,74	7,30
Nitrogênio amoniacal	mg.L $^{-1}$	31,6	26
Sólidos Totais	mg.L $^{-1}$	370	300
Sólidos Fixos	mg.L $^{-1}$	226	198
Sólidos Voláteis	mg.L $^{-1}$	144	102
Sólidos Sedimentáveis	mg.L $^{-1}$	0,1	0,2
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1120000	15530000
Escherichia coli	NMP/100 mL	590000	2250000
Ferro total*	mg.L $^{-1}$	0,26	0,28
Manganês*	mg.L $^{-1}$	0,067	0,062

* Analises realizada no Laboratório do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP
** Realizada no dia 16/10/2007
*** Realizada no dia 12/02/2008

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 25 gotejadores, utilizando tubos novos, após 500 horas e após 1000 horas de uso com água residuária, às pressões de 40, 50, 80 100, 120, 150, 200, 250 e 300 kPa. As vazões médias, sob diferentes pressões, do tubo novo, após 500 horas e 1000 horas são apresentadas na Tabela 8, a seguir:

Tabela 8 : Comparativo da vazão média em $L.h^{-1}$ dos 25 emissores, sob diferentes pressões [novo(ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]

Pressão (kPa)	novo	500 horas	1000 horas
40	1,33	1,38	1,08
50	1,59	1,58	1,22
80	1,84	1,92	1,52
100*	2,14	2,04	1,75
120	2,30	2,28	1,91
150	2,55	2,50	2,13
200	2,89	2,89	2,47
250	3,24	3,20	2,72
300	3,54	3,48	3,07

* pressão recomendada pelo fabricante

Durante o ensaio inicial (tubo novo), na pressão de 100 kPa (pressão recomendada pelo fabricante), a vazão média do tubo gotejador foi de 2,14 $L.h^{-1}$, 7% a mais da vazão informada pelo fabricante. Garcia (2006), ensaiando o mesmo tubo gotejador, Tiran

17, encontrou uma diferença de 2,5% acima da vazão informada. Pode-se notar que a diferença percentual entre a vazão fornecida pelo fabricante em relação ao valor obtido durante o experimento não excedeu os 7% de variação permitida pela norma ISO 9261(2004).

Após 500 horas de utilização do tubo gotejador, a vazão foi de 2,04 $L.h^{-1}$, excedendo 2% da vazão, e após 1000 horas, a vazão foi de 1,75 $L.h^{-1}$, ficando abaixo 12,5 % em relação à vazão informada pelo fabricante. Cararo (2004), obteve reduções inferiores a 10%, após 373 horas de ensaios com água residuária, para 7 dos 15 modelos de gotejadores testados.

As comparações entre as vazões médias do ensaio inicial (tubo novo), após 500 horas, e após 1000 horas, nas pressões ensaiadas, foram feitas utilizando o Teste de Tukey, no programa SISVAR. Os seus valores são apresentados na tabela 9:

Tabela 9 : Teste de Tukey para a comparação dos valores de vazão média, do ensaio inicial (tubo novo), após 500 horas, e após 1000 horas, nas pressões de 40, 50, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300 kPa

	40 kPa		**50 kPa**	
Ensaio	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***
inicial	1,33	a	1,59	a
500 horas	1,38	a	1,58	a
1000 horas	1,08	b	1,22	b

	80 kPa		**100 kPa**	
Ensaio	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***
inicial	1,84	a	2,14	a
500 horas	1,92	a	2,04	a
1000 horas	1,52	b	1,75	b

	120 kPa		**150 kPa**	
Ensaio	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***
inicial	2,30	a	2,55	a
500 horas	2,28	a	2,50	a
1000 horas	1,91	b	2,13	b

	200 kPa		250 kPa	
Ensaio	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***
inicial	2,89	a	3,24	a
500 horas	2,89	a	3,20	a
1000 horas	2,47	b	2,72	b

	300 kPa	
Ensaio	**Vazão ($L.h^{-1}$)**	**Teste de Tukey***
inicial	3,54	a
500 horas	3,48	a
1000 horas	3,07	b

* As médias seguidas por uma mesma letra, dentro de cada pressão, não diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade

Nas pressões ensaiadas a vazão média, entre os ensaios inicial (novo) e após 500 horas, tiveram comportamentos semelhantes em todas as pressões, enquanto que o ensaio de 1000 horas se diferenciou por apresentar vazões menores e entupimento de emissores pelo uso de água residuária. As médias apresentaram diferenças significativas a 5% pelo Teste de Tukey, para o ensaio após 1000 horas de uso. As Figuras 2 a 10 mostram as vazões dos gotejadores durante os ensaios, evidenciando as diferenças em relação ao tempo de utilização.

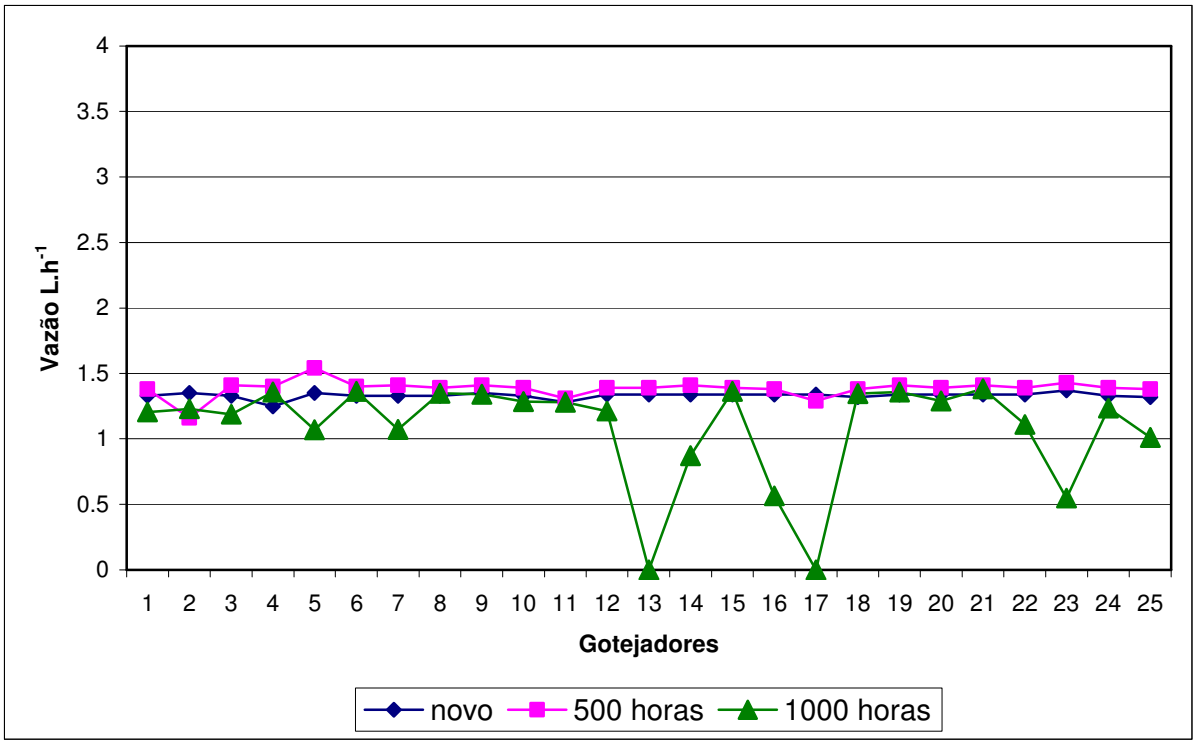

Figura 2 : Comparativo de vazões do tubo gotejador novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 40 kPa

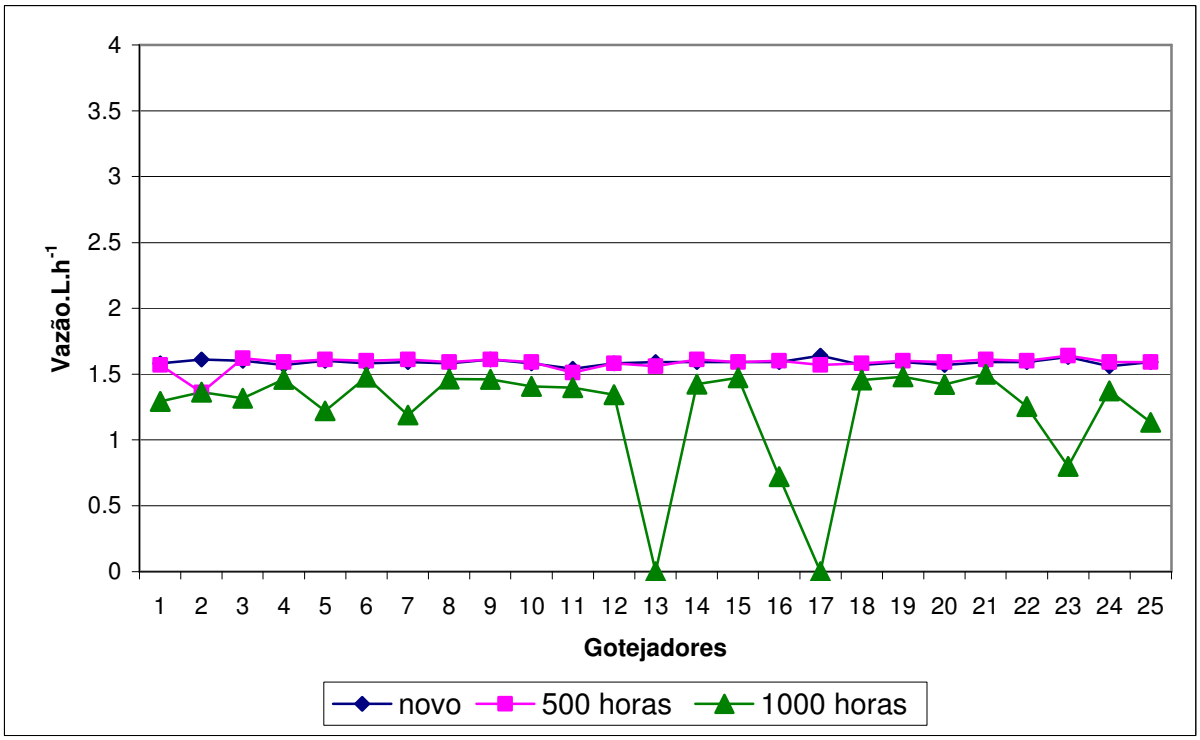

Figura 3 : Comparativo de vazões do tubo novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 50 kPa

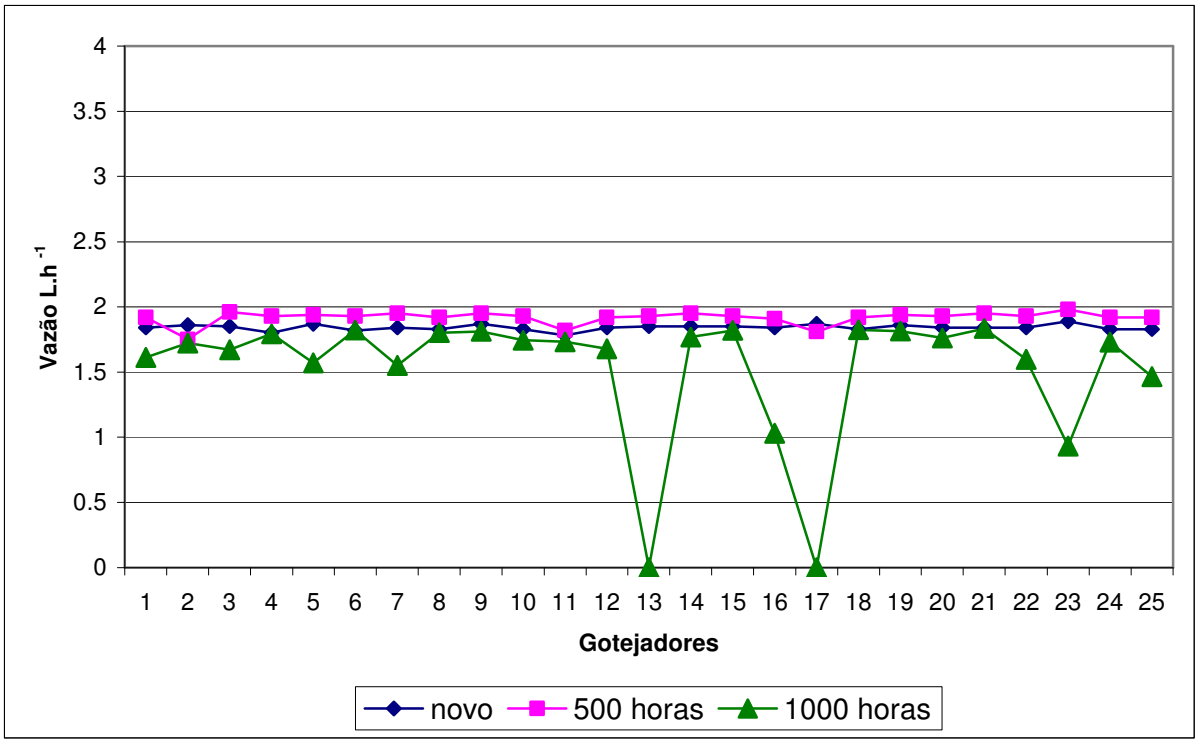

Figura 4 : Comparativo de vazões do tubo novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 80 kPa

Nas Figuras de 2 a 4 foram observadas vazões superiores no ensaio após 500 horas de uso, quando comparadas as apresentadas pelo tubo novo, nas pressões de 40, 50, 80 kPa, abaixo da pressão recomendada pelo fabricante, o que pode ser explicado por uma melhor adaptação após as primeiras horas de uso. No entanto, este comportamento não foi observado nas pressões acima de 100 kPa(pressão recomendada pelo fabricante) e também após 1000 horas de uso.

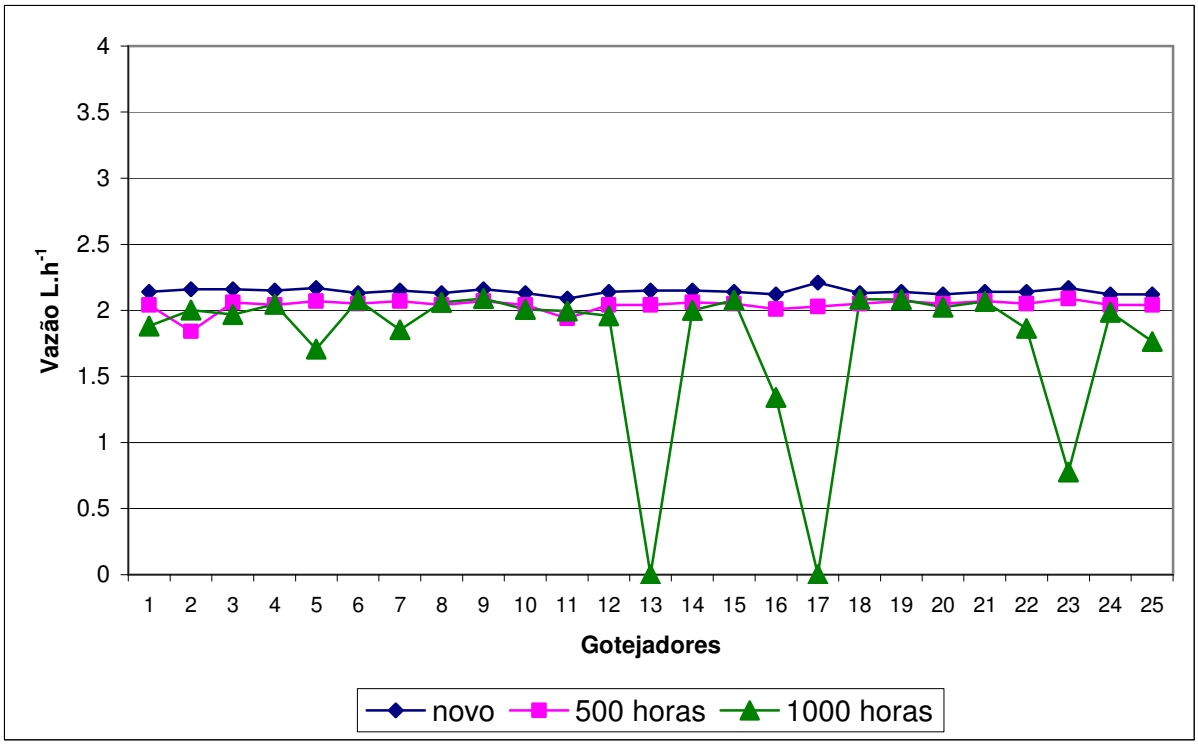

Figura 5 : Comparativo de vazões do tubo novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 100 kPa

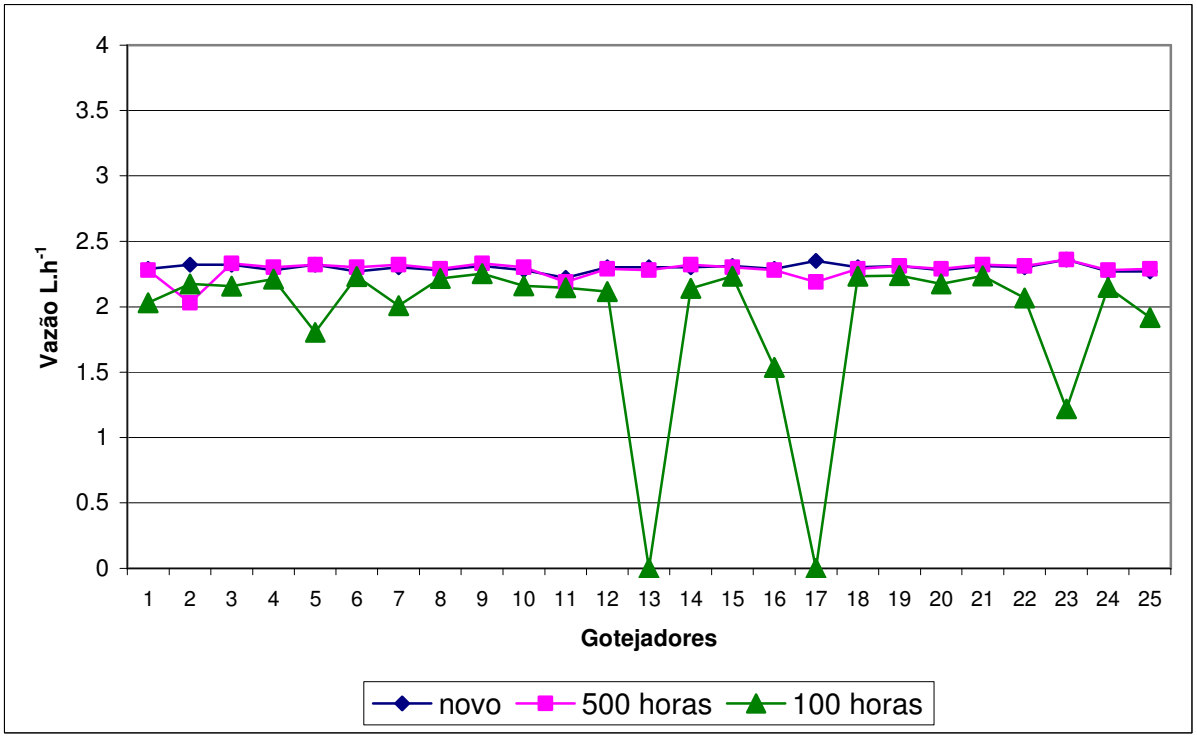

Figura 6 : Comparativo de vazões do tubo novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 120 kPa

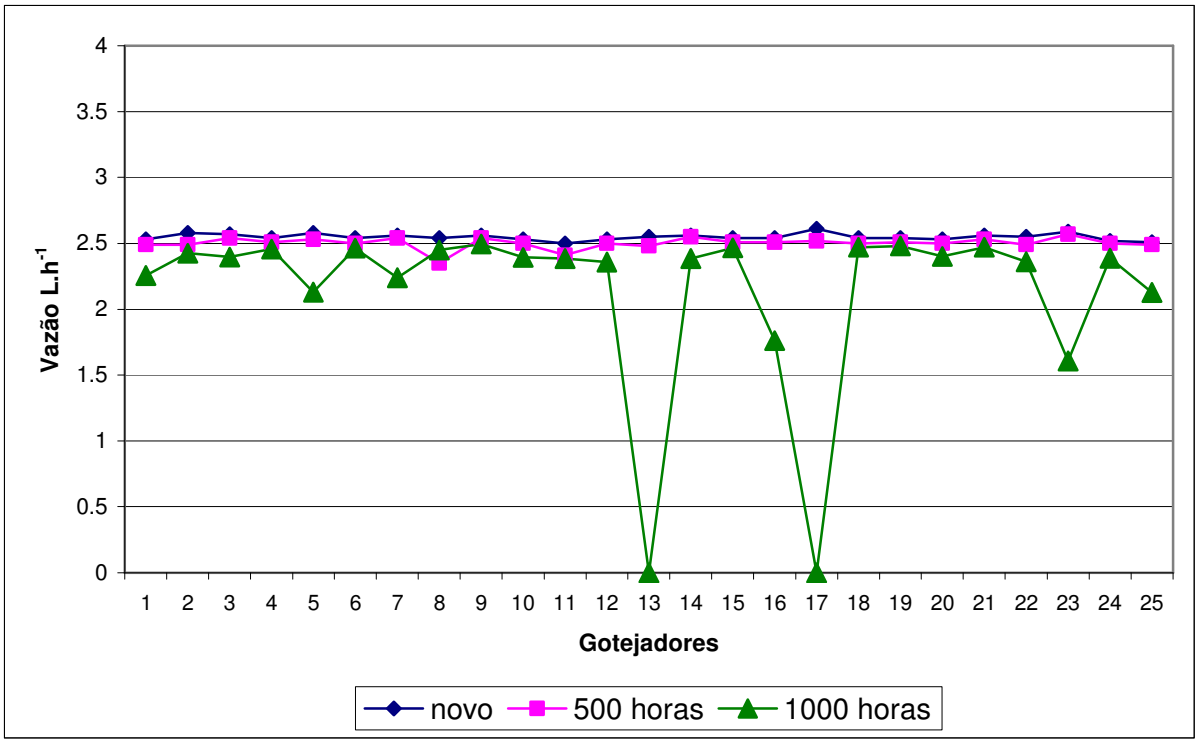

Figura 7 : Comparativo de vazões do tubo novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 150 kPa

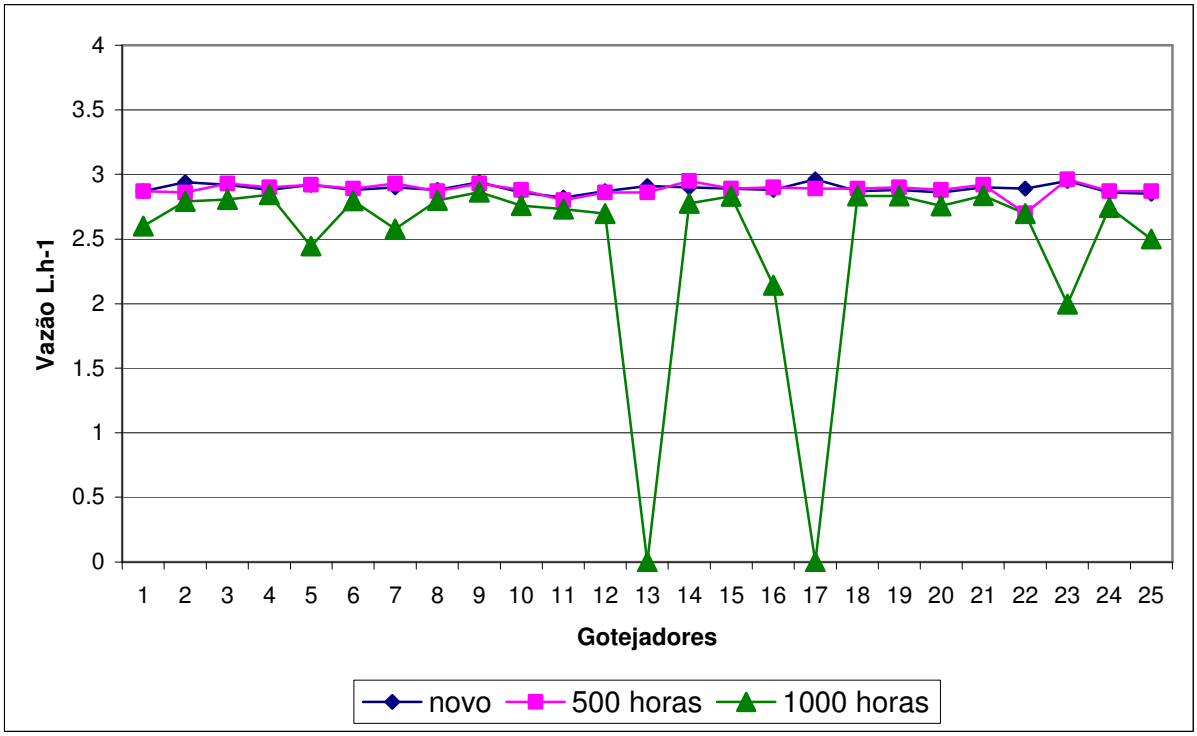

Figura 8 : Comparativo de vazões do tubo novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 200 kPa

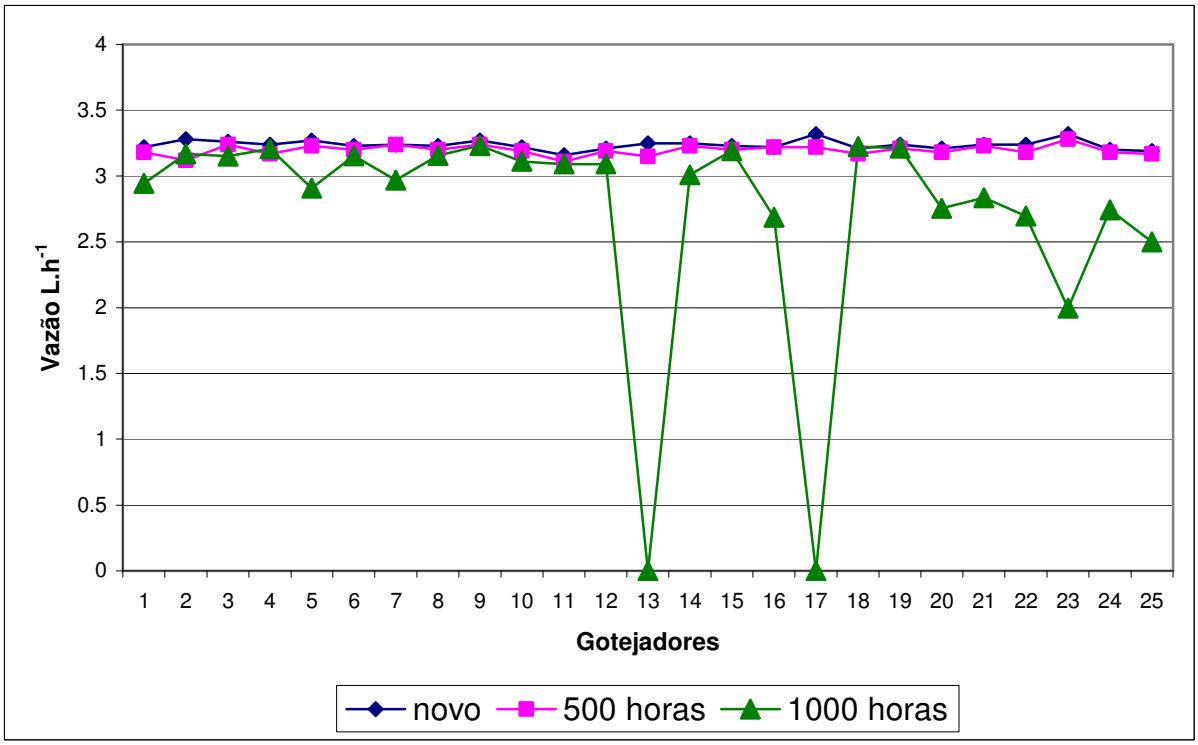

Figura 9 : Comparativo de vazões do tubo novo, após 500 horas e após 1000 horas, utilizando a pressão de 250 kPa

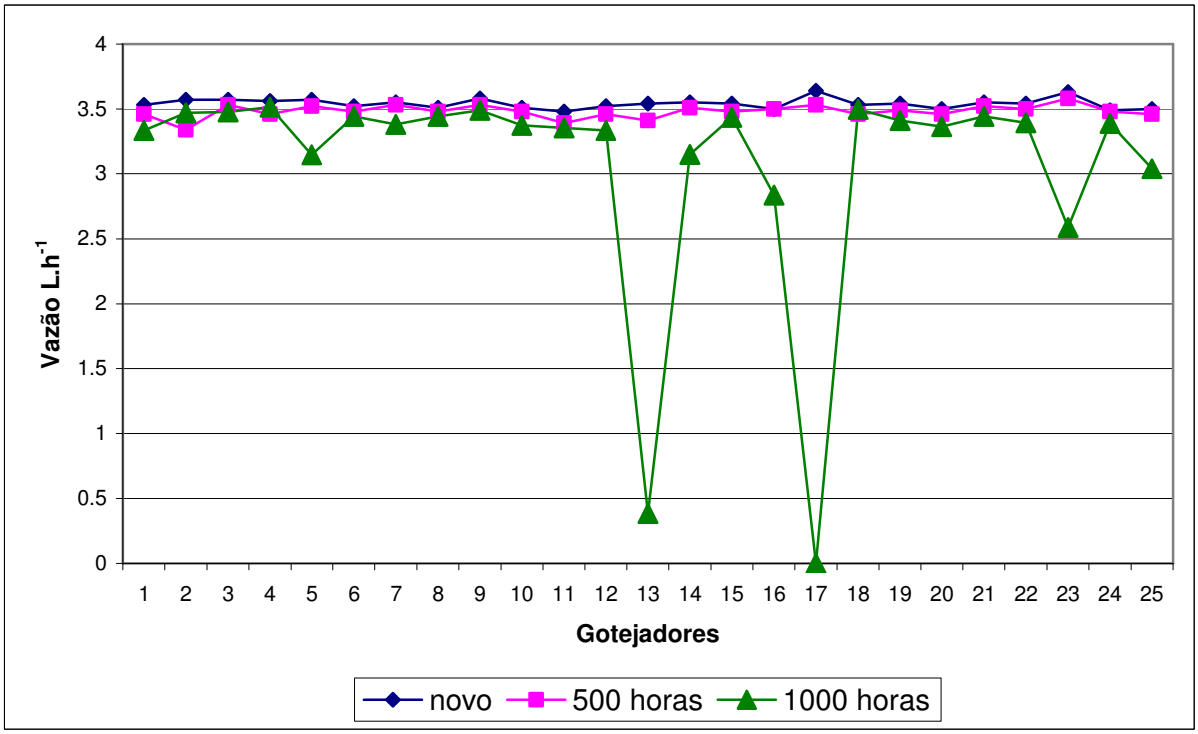

Figura 10 : Comparativo de vazões entre o ensaio inicial , 500 horas e 1000 horas ,utilizando a pressão de 300 kPa

Nas figuras de 2 a 10, pode-se observar que ocorreu o entupimento total de 2 gotejadores, o número 13 e o 17. Alguns emissores entupiram parcialmente, sendo eles, o 5, 7, 23. Na pressão de 250 kPa os emissores do 20 a 25 entupiram parcialmente. As vazões dos gotejadores após 1000 horas se mantiveram sempre abaixo daquelas apresentadas pelos gotejadores novos e após 500 horas, evidenciando um comprometimento na qualidade dos emissores após 1000 horas de uso.

6.1.2 Curva de relação vazão-pressão

A partir da vazão e sua respectiva pressão, determinou-se a equação que relaciona a vazão com a pressão do emissor e a curva característica do tubo gotejador Netafim Tiran 17, no ensaio inicial (novo), após 500 horas e após 1000 horas de uso.

.

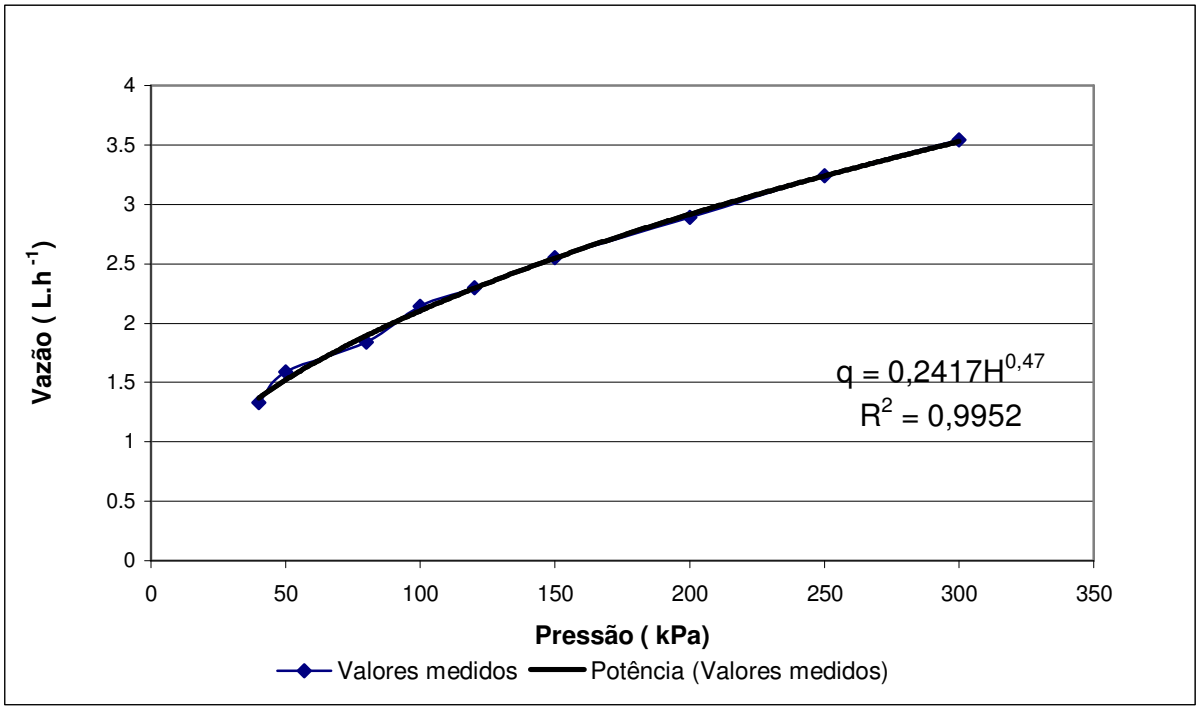

Figura 11 :Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador novo, Tiran 17

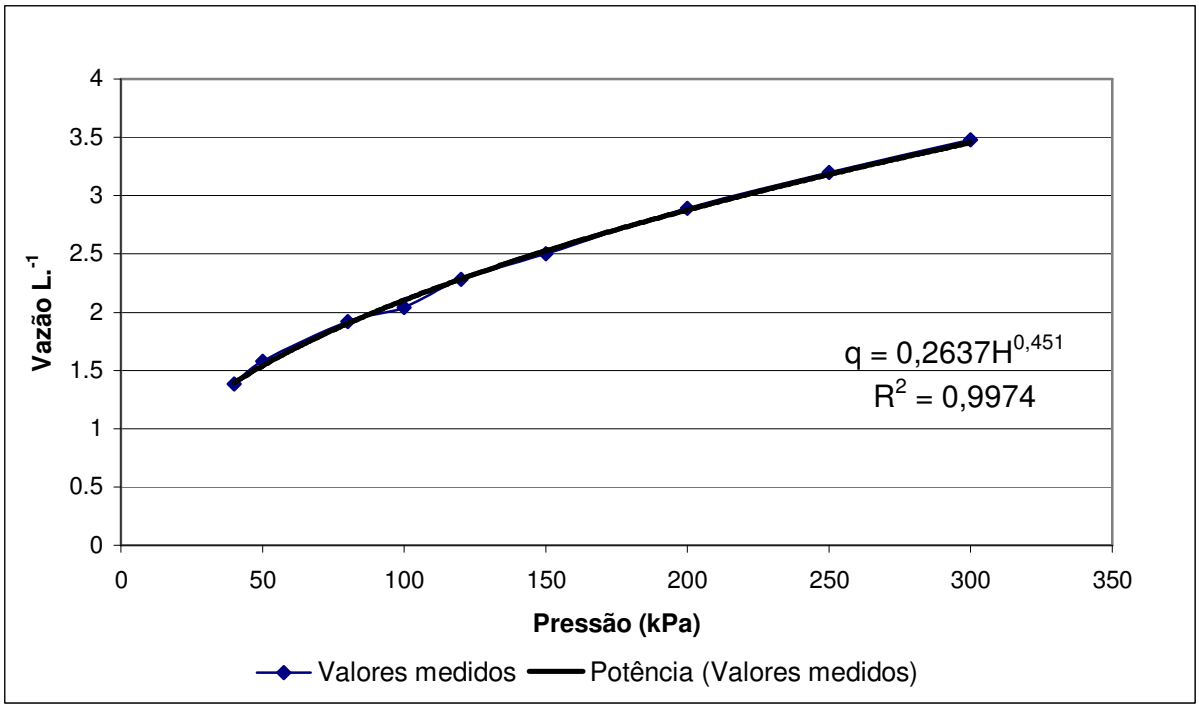

Figura 12 :Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador Tiran 17, após ser utilizado durante 500 horas

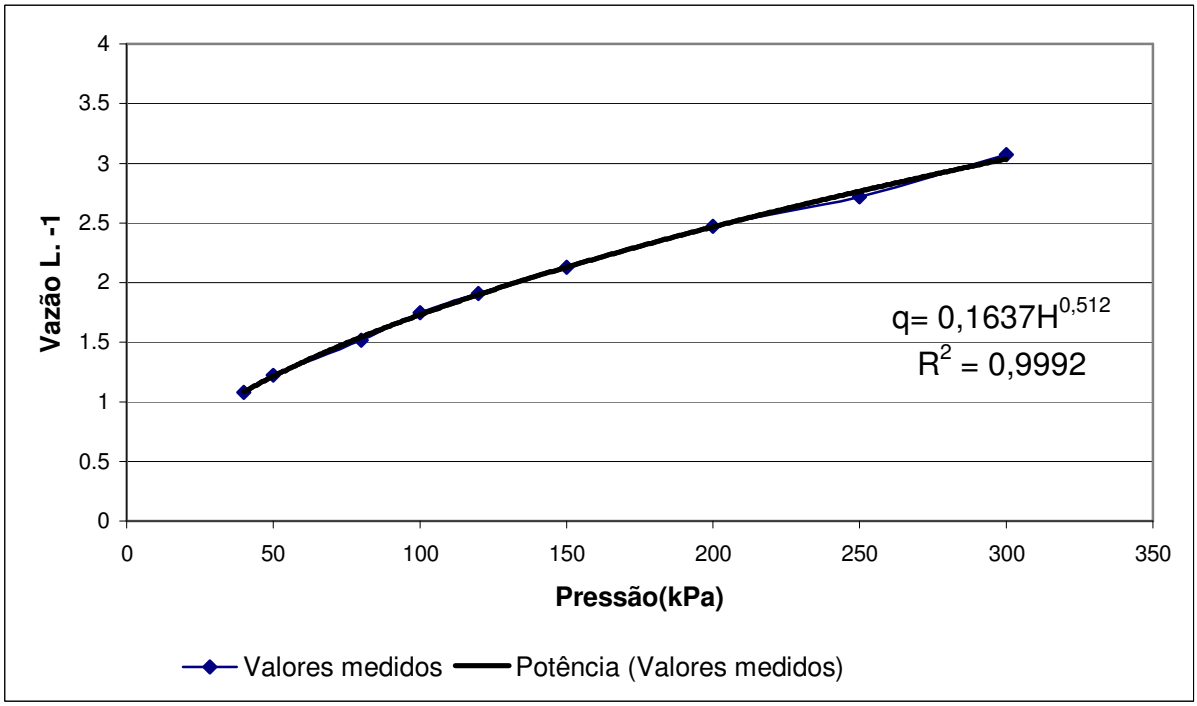

Figura 13 :Representação gráfica da equação característica de vazão-pressão do tubo gotejador Tiran 17, após ser utilizado durante 1000 horas

Por análise de regressão obteve-se a relação vazão-pressão. A Figura 11 mostra a curva característica do tubo gotejador novo, que apresenta a equação $q = 0{,}2417\ H^{0{,}47}$, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9952, com valor de expoente de descarga(x) de 0,47. Garcia (2006), em seu experimento avaliando o mesmo tubo gotejador novo, obteve a equação $q = 0{,}225\ H^{0{,}48}$, com valor de expoente de descarga(x) de 0,48, valores muito próximos aos encontrados neste experimento.

A Figura 12 mostra a curva característica do tubo gotejador após 500 horas de utilização, que apresenta a equação $q = 0{,}2637H^{0{,}451}$, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9974 , e expoente de descarga (x) de 0,451. A Figura 13, apresenta a curva característica do tubo gotejador após 1000 horas de utilização, que apresenta a equação $q = 0{,}1637H^{0{,}512}$, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9992, e expoente de descarga (x) de 0,512.

O valor de x = 0,47 foi obtido do tubo gotejador novo o valor de x = 0,45 para o tubo gotejador utilizado durante 500 horas, e o valor de x =0,51 para o tubo gotejador utilizado durante 1000 horas, mostrando que o regime de escoamento pode ser considerado turbulento, de acordo com Keller & Karmeli (1975).

Foi constatado, que após ser utilizado durante 1000 horas, pelo aumento do expoente "x" na equação de 0,47 para 0,51, que a variação de vazão se tornou mais influenciada pela variação de pressão.

As equações do tubo gotejador novo, após 500 horas e após 1000 horas, apresentaram coeficientes de determinação acima de 0,99, ou seja, 99% dos dados dos ensaios ajustaram-se ao modelo matemático potencial.

6.1.3 Coeficiente de variação de vazão

Para avaliação das variações de vazão, que ocorrem entre os emissores decorrentes do processo de fabricação, mediu-se a vazão dos emissores com quatro repetições para cada um dos 25 gotejadores, durante o ensaio inicial, após 500 horas e após 1000 horas. A partir dos dados de vazão calculou-se a vazão média e o desvio padrão, e seguida, determinou-se o coeficiente de variação de vazão (CVQ), dividindo-se o desvio-padrão pela média da vazão. Os valores são apresentados na Tabela 10:

Tabela 10 : Coeficiente de variação de vazão(CVQ), sob diferentes pressões [novo(ensaio inicial), 500 horas e 1000 horas]

Pressão(kPa)	novo	500 horas	1000 horas
40	0,02	0,05	0,36
50	0,01	0,03	0,34
80	0,01	0,03	0,34
100	0,01	0,03	0,34
120	0,01	0,03	0,33
150	0,01	0,02	0,32
200	0,01	0,02	0,31
250	0,01	0,01	0,32
300	0,01	0,01	0,29

Os valores variaram conforme a pressão utilizada para o ensaio. Para o tubo gotejador novo, somente a pressão 40 kPa, apresentou o coeficiente de 0,02, nas demais pressões o coeficiente ficou em 0,01, sendo classificado como bom, pela ABNT(1987) e como excelente por Solomon(1979). Garcia (2006), em seu trabalho com o tubo gotejador novo, Tiran 17, encontrou o mesmo CVQ de 0,01, na pressão de 100 kPa.

O CVQ do ensaio inicial, em todas as pressões, ficou entre 0,1 e 0,2, praticamente independente da pressão usada nos ensaios. Segundo Abreu et al. (1987) citado por Matos & Ragoso (1997), esta afirmação é verdadeira desde que esteja compreendida na faixa de funcionamento do emissor.

Os coeficientes do tubo gotejador utilizado durante 500 horas apresentaram variações de 0,01 a 0,05, conforme a pressão utilizada. Na pressão de 40 kPa, o CVQ foi de 0,05 classificado como médio pela ABNT(1987) e por Solomon (1979) . As demais pressões mantiveram-se dentro da faixa de 0,01 a 0,03, que de acordo com a ABNT (1987) são classificadas como boas, por Solomon (1979) como excelentes.

O CVQ do tubo gotejador, após ser utilizado durante 1000 horas, foi classificado pela ABNT (1987) como inaceitável, e por Solomon (1979) como péssimo, ficando todas as pressões ensaiadas acima de 0,15. Este aumento nos valores foi causado por 2 gotejadores que apresentaram entupimento total, após serem utilizados durante 1000 horas.

6.2 Uniformidade de aplicação de água

Para avaliação dos efeitos na uniformidade de aplicação de água do tubo gotejador Tiran 17, após seu uso com água residuária de esgoto doméstico tratado, calculou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade estatístico (CUE). Os resultados são apresentados a seguir:

6.2.1 Coeficiente de uniformidade de distribuição

Tabela 11 : Coeficiente de uniformidade de distribuição(CUD %), sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]

Pressão (kPa)	novo	500 horas	1000 horas
40	98,22	95,79	52,90
50	99,03	98,86	60,23
80	98,55	97,18	61,35
100	98,93	97,65	60,79
120	98,67	97,20	63,58
150	99,03	98,22	66,03
200	98,81	98,12	67,57
250	98,83	98,65	66,26
300	98,82	98,37	70,53

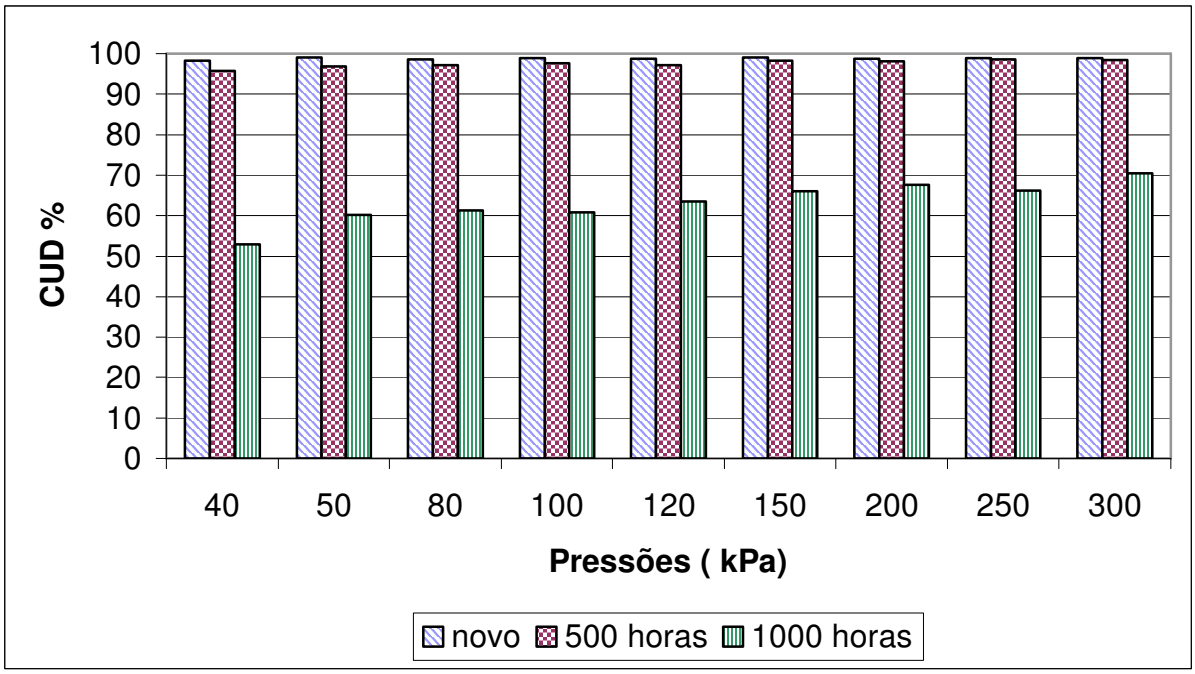

Figura 14 : Valores dos coeficientes de uniformidade de distribuição, sob diferentes pressões[novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]

Os coeficientes de uniformidade de distribuição, em todas as pressões, durante o ensaio inicial (novo), apresentaram-se acima dos 98%, sendo classificados pela ASAE (1996), como excelentes.

Após 500 horas de uso do tubo gotejador, os coeficientes de uniformidade de distribuição, em todas as pressões, apresentaram- se acima dos 95 %, sendo ainda classificadas pela ASAE (1996), como excelentes.

Airoldi (2007) encontrou valores de 70,90% para o coeficiente de uniformidade de distribuição para um tubo gotejador, após 500 horas de utilização com água residuária de esgoto doméstico tratado. No presente trabalho, somente após 1000 horas de utilização, os coeficientes ficaram abaixo dos 70%.

Após 1000 horas de uso do tubo, o CUD apresentou maior diferença entre as pressões. Nas pressões de 40, 50, 80 e 100 kPa, os coeficientes foram de 52,90%, 60,23%, 61,35%, 60,79% respectivamente, sendo classificados como ruins pela ASAE(1996). Nas pressões de 120, 150, 200, 250 e 300 kPa, os coeficientes de uniformidade de distribuição foram de 63,58%, 66,03%, 67,57%, 66,26%, 70, 53% respectivamente, sendo classificados como razoáveis pela ASAE(1996).

6.2.2 Coeficiente de uniformidade de Christiansen

Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen, encontrados nos ensaios, são apresentados na Tabela 12:

Tabela 12: Coeficiente de uniformidade de Christiansen(CUC %), sob diferentes pressões [novo(ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]

Pressões(kPa)	novo	500 horas	1000 horas
40	98,92	97,46	74,26
50	99,12	98,21	77,40
80	99,09	98,44	77,89
100	99,26	98,73	77,56
120	99,14	98,31	79,26
150	99,27	98,95	80,48
200	99,14	98,85	81,46
250	99,18	99,07	81,02
300	99,18	98,97	83,12

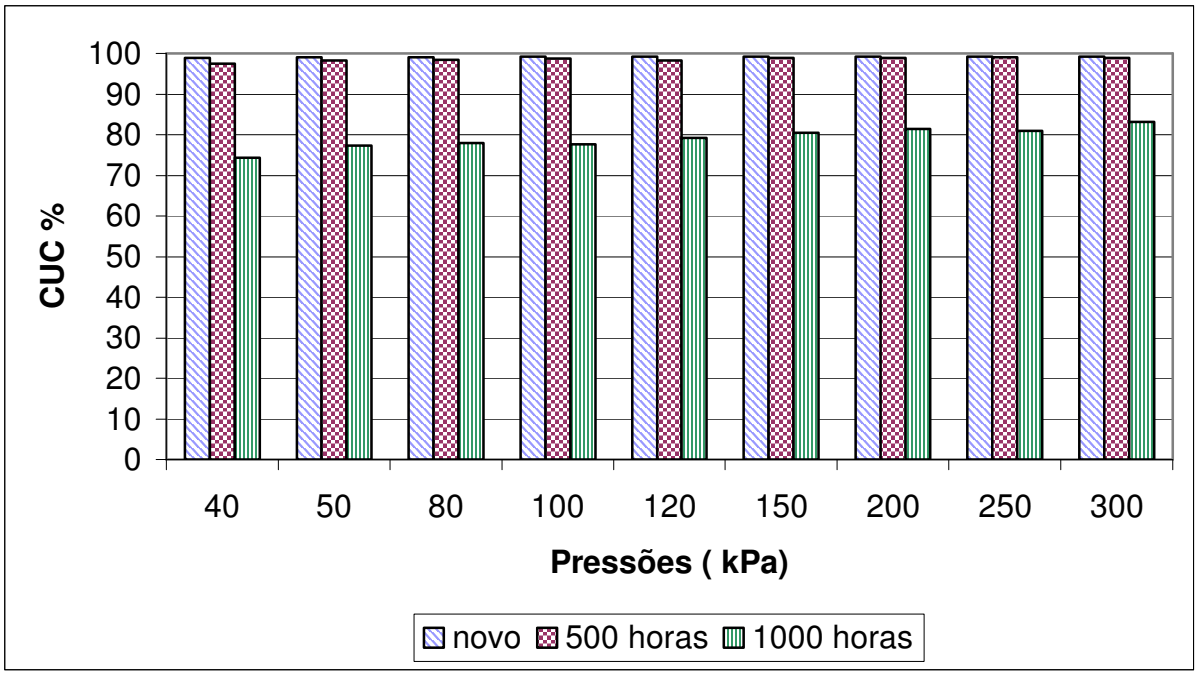

Figura 15 **:** Valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen, sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]

O CUC do ensaio inicial, em todas as pressões, ficou acima dos 98%, sendo classificado como excelente por Mantovani (2002). Após 500 horas de trabalho, os coeficientes, em todas as pressões, ficaram acima de 97%, também classificados como excelentes.

Após 1000 horas de trabalho, o CUC nas pressões de 40, 50, 80, 100, 120 kPa foram de 74,26%, 77,40%, 77,89%, 77,56%, 79,26%, respectivamente, sendo classificados por Mantovani (2002) como razoáveis. Os coeficientes nas pressões de 150, 200, 250, 300 kPa, foram de 80,48%, 81,46%, 81,02%, 83,12 %, respectivamente, sendo classificados como bons .

Pode-se observar que os maiores coeficientes, após 1000 horas de uso do tubo, foram obtidos nas pressões acima de 100 kPa (pressão recomendada pelo fabricante).

Verificou-se também que os valores de CUC ficaram acima dos valores do CUD. Reis et al, (2005), verificaram a uniformidade de projetos de irrigação localizada no terço inferior da bacia do Rio Itapemirim (ES), também obtiveram valores mais altos para o CUC. Gonçalves et al (2006), avaliando a uniformidade de aplicação de água residuária de suinocultura por gotejamento, também obteve menores valores para o CUD. De acordo com

Lopes et al. (1992), citado por Reis et al, (2005), isso ocorre por que o CUD dá um tratamento mais rigoroso aos problemas de distribuição que ocorrem ao longo da linha lateral.

6.2.3 Coeficiente de uniformidade estatístico

Os valores do coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) calculados, nos ensaios, são apresentados na Tabela 13:

Tabela 13 : Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE %), sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]

Pressão (kPa)	novo	500 horas	1000 horas
40	98,29	95,49	63,94
50	98,75	96,68	65,88
80	98,75	97,34	66,44
100	98,96	97,54	65,78
120	98,79	97,18	67,38
150	99,07	98,24	68,24
200	98,89	98,21	68,68
250	98,90	98,80	68,15
300	98,89	98,56	70,85

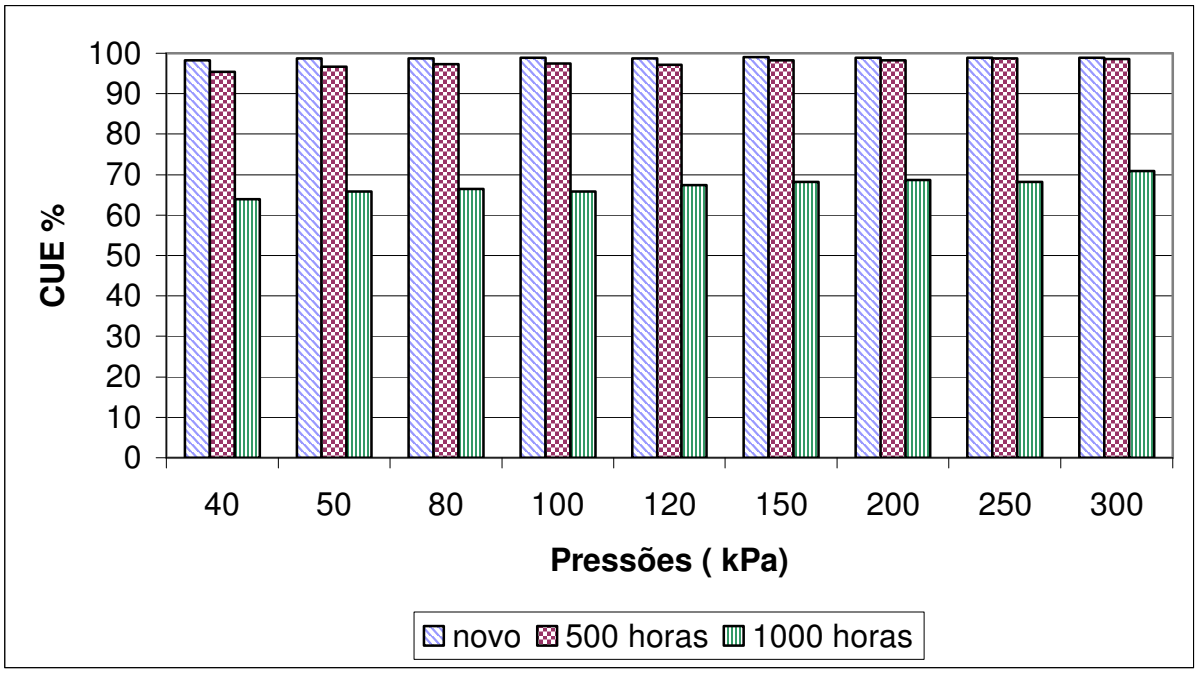

Figura 16 **:** Valores dos coeficientes de uniformidade de estatístico , sob diferentes pressões [novo (ensaio inicial) , 500 horas e 1000 horas]

O CUE do ensaio inicial, em todas as pressões, ficou acima dos 98% sendo classificado como excelente. Após 500 horas de utilização, o CUE, em todas as pressões, ficou acima dos 95%, classificado como excelente.

Airoldi (2007), no seu experimento em casa de vegetação, encontrou valores de CUE de 76,2 % para um tubo gotejador após 500 horas de utilização com água residuária de esgoto doméstico tratado. No presente trabalho, os valores do CUE ficaram abaixo dos 70%, somente após 1000 horas de uso do tubo, classificando-os como péssimos, exceto, a pressão de 300 kPa que apresentou o coeficiente de 70,85%, sendo considerado como regular.

Cararo (2004), em seu experimento em campo com irrigação por gotejamento utilizando água residuária de esgoto doméstico durante 373 horas, conclui que o entupimento de gotejadores reduziu a uniformidade de distribuição de água a valores menores que 60%, e aumentou o coeficiente de variação de vazão a valores maiores que 20%.

O presente trabalho apresentou resultados semelhantes aos conseguidos por Cararo (2004), mas somente após 1000 horas de uso com água residuária de esgoto doméstico. Essa diferença pode ser explicada pelo fato da bancada de ensaios utilizada no experimento possuir fluxo contínuo e recirculação de água pelas tubulações, não ocorrendo o acúmulo de sólidos no tubo gotejador, já no experimento de campo de Cararo (2004), era necessário a abertura do final das linhas dos tubos gotejadores para a limpeza e descarte de sólidos que se depositavam no final da linha. Esses sólidos acumulados dentro do tubo gotejador podem ter contribuído para que o entupimento dos gotejadores ocorresse de forma acelerada.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos durante o experimento conclui-se que:

- Após 1000 horas de uso do tubo gotejador, o entupimento de gotejadores reduziu a sua uniformidade de aplicação de água de 98% para valores menores que 60 %, e aumentou o coeficiente de variação de vazão a valores maiores que 0,29.

- Após 1000 horas de uso, a uniformidade de aplicação de água apresentou maiores valores na pressão de 300 kPa.

- Os ensaios comprovaram a viabilidade do uso de água residuária para a irrigação por gotejamento, sem problemas de entupimentos dos gotejadores, em períodos superiores a 500 horas e inferiores a 1000 horas de uso.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A,M; SAMPAIO,S,C; SUSZEK,M**;** Comportamento hidráulico de gotejadores em linha lateral de irrigação, **Revista Varia Scientia** v. 06, n. 11, p. 129-140, 2006.

ANDRADE, L.A. **Avaliação hidráulica e de resistência a tração de dois modelos de mangueiras gotejadoras** 2005. 76 p. Dissertação (Agronomia /Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

ANDRADE,C. L.T.; BRITTO, R. L. Sistemas de produção 2. **EMBRAPA.** 2007 Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/iviabili.htm>. Acesso em: 15 jan. 2008.

AIROLDI, R.P.S. Análise do desempenho de gotejadores e da prevenção do entupimento com águas residuária. 2007. 137 p. Tese (Irrigação e Drenagem),Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo., Piracicaba, 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Emissores para sistema de irrigação localizada**. PNBR 12: 02 - 08 - 021. São Paulo, 1986. 7p.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Emissores para sistema de irrigação localizada**: avaliação de características operacionais – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987. 6 p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**.1987. Tradução de GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F. de; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218 p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, Revisado

BERNARDO,S. **Manual de irrigação**. 6ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995, p.657

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.

BOMAN, B.J.; PARSONS,M.L. Changes in microsprinkler discharges resulting from long - turn use. **Transaction of ASAE**. St. Joseph, v.9, n.3, p.281-284, 1993.

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

BUCKS,D.A; NAKAYAMA,F.S; GILBERT,R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agric. Water Manage**, 149-162, 1979.

BUCKS,D.A; DAVIS,S. Historical Development In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.**Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986, p 1-23

CARARO,D.C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**.2004. 130 p. Tese (Irrigação e Drenagem),Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo., Piracicaba, 2004 .

GARCIA, C. J. B. **Avaliação técnica de tubos emissores para irrigação localizada**. 2006. 59 p. Tese (Agronomia /Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista"Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2006.

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

GIORDANO, G. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos**. Niterói - RJ, 1999. 137 p.

GONÇALVES,R.A.B; MANTOVANI,E.C; RAMOS, M.M; SOUZA,L.O.C. Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada II Avaliação da uniformidade de aplicação de água**. Irriga** , Botucatu ,SP, v.11, n.3, p. 402-414, jul/set. 2006.

HESPANHOL,I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aqüíferos. In: MANCUSO,P.C.S.; SANTOS, H.F.(Ed). **Reúso de água.** Barueri: Manole, 2003. p. 37-97.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATON. **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.

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

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Glendora, Rain bird **Sprinkler Manufacturing Corporation**, 1975. 133p

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.

MARA,D.D.; CAIRNCROSS,S. Guidelines for the Safe Use of Watewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture. **Measures for Public Health Protection**., World Health Organization , United Nations Environment Programme, Genebra , 1989.

MANTOVANI, E. C. Avalia, Manual do usuário. **EMBRAPA**. Viçosa, 2002.

MATOS, J.A; RAGOSO, C. R.A**.** Caracterização da performance hidráulica de dois emissores tipo microaspersor. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 1, p.17-20, 1997

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

PAGANINI,W. Reuso de água na agricultura. In: MANCUSO,P.C.S.; SANTOS, H.F.(Ed). **Reúso de água.** Barueri: Manole, 2003. p. 37-97.

RAVINA, I.; PAZ, E; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater**. Irrigation Science**, Berlin, v.13, p.129-39, 1992.

REIS, E. F; BARROS, F. M; CAMPANHARO, M; PEZZOPANE, J.E.M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento, **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p 74-81, abr./Jun. 2005**.**

SÃO PAULO(Estado). Decreto Nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/CobrancaUso/ ARQS-Estudos/PCJ/Decreto No 10755.pdf>. Acesso em 26 de mar. 2008.

SÃO PAULO(Estado) .Decreto Nº 8.468, de 8 de Setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Disponível em : <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/Dec8468.pdf>. Acesso em 26 de mar. 2008.

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.

SOLOMON, K**.** Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.22, n.5, p.1034-1038, Set/Out. 1979.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U.M.; ENSINK, J.H.J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan. Colombo, Sri Lanka: **International Water Management Institute**, 2002. 29 p

VON BERNUTH, R.D ; SOLOMON, K.H. Design principles/ Emitter construction. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.**Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986, p27-53

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some undertree orchard sprinklers. **Scientific Agricultural**, v.27, p.565-583, 1947.
ZOCOLER, J.L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. 2007. Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/curso5.htm. Acesso em: 21 mar. 2008

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo