

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DA VAZÃO DO MICROASPELOR AMANCO MF,
ANTES E APÓS O USO COM ÁGUA RESIDUÁRIA.**

ERIKA FABIANA DE OLIVEIRA

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
Novembro – 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DA VAZÃO DO MICROASPELOR AMANCO MF,
ANTES E APÓS O USO COM ÁGUA RESIDUÁRIA.**

ERIKA FABIANA DE OLIVEIRA

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
Novembro – 2008

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

Oliveira, Erika Fabiana de, 1981-
O48a Avaliação da vazão do microaspersor Amanco MF antes e após o uso com água residuária / Erika Fabiana de Oliveira. - Botucatu : [s.n.], 2008.
vi, 42 f. : tabs.

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

1. Vazão. 2. Água residuária. 3. Microaspersores. 4. Água - Reutilização. I. Cruz, Raimundo Leite. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu) Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

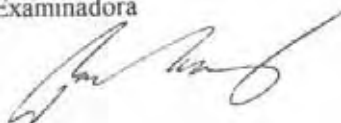
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DA VAZÃO DO MICROASPELADOR, AMANCO MF, ANTES E APÓS O USO COM ÁGUA RESIDUÁRIA".

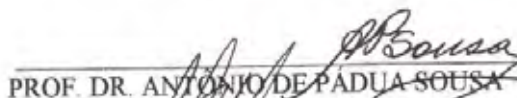
ALUNA: ERIKA FABIANA DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ



PROF. DR. ANTONIO DE PADUA SOUSA



PROF. DR. HELTON ROGERIO MAZZER

Data da Realização: 14 de novembro de 2008.

Agradecimentos

- ✓ Primeiramente a Deus, pela vida e pelas oportunidades que me tem oferecido;

- ✓ A minha família, meus pais Adonias e Cida, meus irmãos Éderson, Eliziane e Flávio pelo auxílio, incentivo;

- ✓ Ao Professor Dr. Raimundo Leite Cruz pela orientação e dedicação;

- ✓ As companheiras de república Natália, Roberta e Talita, pelo incentivo, pela força, pelo carinho e por se tornarem parte da minha vida;

- ✓ Aos amigos “todos” pelo companheirismo, pelas satisfatórias horas que passamos juntos em Botucatu e pelos sorrisos compartilhados;

- ✓ Ao Israel do Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural por sua prestatividade e colaboração.

OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	v
1 RESUMO	2
2 SUMMARY	4
3 INTRODUÇÃO	6
4 REVISÃO DA LITERATURA	9
4.1 Reúso de água	9
4.2 Tipos de reúso	10
4.3 Água cinza	12
4.4 Reúso de água para fins agrícolas	12
4.5 Irrigação	14
4.6 Irrigação localizada	15
4.7 Microaspersão	18
4.8 Características hidráulicas do microaspersor	19
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1 Desempenho do microaspersor antes do uso com água cinza	28
6.2 Características físicas e químicas da água cinza	32
6.3 Desempenho do microaspersor após o uso com água cinza	33
7 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Bancada de ensaio de microaspersores.	23
Figura 2. Coleta de água nos recipientes.	24
Figura 3. Microaspersores numerados.....	25
Figura 4. Bancada de ensaio de microaspersores, em destaque o ponto escolhido para o ensaio dos 25 emissores.	26
Figura 5. Curva de vazão x pressão nos dois ensaios do microaspersor Amanco MF antes do uso com água residuária.	31
Figura 6. Curva vazão x pressão do microaspersor antes e após o uso com água residuária....	35

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Riscos potencias de entupimento de emissores pela água de irrigação.....	18
Tabela 2. Critérios de classificação dos emissores, em função do coeficiente de variação de fabricação da ASAE.	21
Tabela 3. Classificação dos microaspersores, segundo o coeficiente de variação de fabricação de acordo com a ABNT(1986)	21
Tabela 4. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de variação de fabricação, para os 25 emissores dispersos sobre a bancada, nas pressões pré-estabelecidas para o microasporor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm de 43L h ⁻¹ antes do uso com água residuária.	29
Tabela 5. Classificação do CVf do microasporor Amanco MF 43Lh ⁻¹ , de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE, em ensaio com os emissores distribuídos na bancada, antes do uso com água residuária.	29
Tabela 6. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de variação de fabricação, em um único ponto da bancada, nas pressões pré-estabelecidas para o microasporor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm de 43L h ⁻¹ antes do uso com água residuária.	30
Tabela 7. Classificação do CVf do microasporor Amanco MF 43Lh ⁻¹ , de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE ,em ensaio com os emissores em um único ponto da bancada, antes do uso com água residuária.	30
Tabela 8 - Riscos potencias de entupimento dos emissores pela água cinza de acordo com Nakayama e Bucks, 1980, citados por GILBERT e FORD (1986).....	32
Tabela 9. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de uso, nas pressões pré-estabelecidas para o microasporor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm de 43L h ⁻¹ depois de usado.	33

Tabela 10. Classificação do CVu do microaspersor Amanco MF 43Lh⁻¹, de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE, em ensaio com os emissores em um único ponto da bancada, após do uso com água residuária.33

Tabela 11. Vazões nas pressões estudadas, para emissores antes e após o uso com água residuária.34

Tabela 12. Resultado do Teste de Tukey com 5% de probabilidade em todas as pressões estudadas, para emissores antes e após o uso com água residuária.36

1 RESUMO

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista FCA- UNESP de Botucatu – SP, teve como objetivo avaliar a vazão do microaspersor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm, com vazão nominal de 43L h^{-1} , antes e após o uso com água residuária, com ensaios em bancada.

Na primeira fase da pesquisa 25 emissores novos foram separados aleatoriamente e realizados dois tipos de ensaios com água limpa, um com coleta dos dados dos emissores dispersos sobre a bancada e outro com a coleta de dados dos emissores situados em um único ponto da mesma, com intuito de observar qual a metodologia obteria melhores resultados, as pressões de ensaio foram 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kPa .

Numa segunda fase os emissores foram submetidos a 1000h operando com água de reúso. Ao término desse tempo, novamente foram submetidos às condições de ensaio inicial, para avaliar o desempenho do microaspersor, antes e depois de trabalhar com água de reúso, o parâmetro estudado foi a vazão média, para depois se calcular o desvio padrão, coeficiente de variação e curva vazão versus pressão.

Ao final pode-se observar que o microaspersor Amanco MF bocal verde claro, obteve um melhor desempenho no ensaio realizado em um único ponto da bancada, ou seja, sob as mesmas variáveis e condições e que o uso da água residuária pouco influenciou no

desempenho dos emissores, pois a vazão média dos emissores depois de usado diminuiu em relação a vazão dos emissores antes do uso em 6,59%, o coeficiente de variação após o uso ficou em 5,115 %, aumentado em relação ao coeficiente de fabricação inicial que foi de 4,325%, o R^2 teve uma queda, passando de 0,9946 para 0,9898, mas o microaspersor continuou com uma boa classificação, de acordo com as normas da ABNT e ASAE.

Palavras - chave: vazão, microaspersor, água residuária.

2 SUMMARY

ASSESSMENT FROM FLOW OF THE MICROSPRINKLER AMANCO MF, BEFORE AND AFTER USE WITH WASTEWATER. Botucatu-SP, 2008.

Dissertação (Mestrado Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista.

Author: **ERIKA FABIANA DE OLIVEIRA**

Adviser: Prof. Dr. **RAIMUNDO LEITE CRUZ**

This work was done in the Laboratory of Irrigations Equipments Tests of the de Departamento de Engenharia Rural of the Universidade Estadual Paulista FCA-UNESP of Botucatu - SP, aimed to assess the flow of microsprinkler Amanco MF Mouthpiece light green 1.0 mm, with nominal flow rate of 43 l h^{-1} , before and after use with wastewater, with tests on bench.

In the first phase of the survey 25 new emitters were separate at random and made two types of tests with clean water, with a collection of data from transmitters scattered on the bench and another with the collection of data from transmitters located in a single point of the same, with order to see what the methodology obtain better results, the pressures of testing were 50, 100, 150, 200, 250 and 300 kPa.

In a second stage, the emitters have been submitted to 1000h operating with water reuse. At the end of those hours, were again subject to the conditions of initial testing, to assess the performance of microsprinkler, before and after working with water for reuse, the parameter were studied flow average, and then to calculate the standard deviation, coefficient of variation curve and flow versus pressure.

At the end data show that the microsprinkler Amanco MF mouthpiece light green, got a better performance in the test conducted in a single point on the bench, or under the same conditions and variables and that the use of wastewater little influence in performance of emitters, as the average flow of transmitters used after declined for a new 6,59%, the coefficient of variation after use was 5,115%, increased in proportion to the coefficient of manufacturing which was 4,325%, the R^2 had a fall from 0,9946 to 0,9898, and microsprinklers continued with a good rating, according to the rules of ABNT and ASAE.

Key - words: flow, microsprinkler, wastewater.

3 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida, está presente em atividades cotidianas dos seres vivos, é um recurso limitado e de valor econômico, sua escassez pode ocorrer tanto por condições climáticas, como por demanda excessiva. Sua importância não se restringe apenas à sobrevivência humana, mas principalmente para o desenvolvimento de todas as atividades produtivas, devendo para tanto, serem assegurados seus usos múltiplos: agropecuária (principalmente irrigação), geração de energia elétrica, produção industrial, diluição de efluentes domésticos e industriais, transporte fluvial e por último, mas não menos importante, a manutenção das condições ecológicas e ambientais.

Embora o planeta terra seja formado em sua maioria por água, segundo Santos & Mancuso (2002), mais de 99% dessa água não está disponível para consumo. Até pouco tempo atrás não se dava a devida atenção aos recursos hídricos e ao uso correto dos mesmos, mas este cenário mudou, o homem de uma maneira geral começou a perceber a importância e dar valor a esse recurso natural, que a cada dia se torna mais raro e caro, sendo assim, é de extrema importância manter em boas condições os corpos hídricos existentes, para não prejudicar a disponibilidade desse recurso para as futuras gerações.

O Brasil, embora seja um país com recursos hídricos abundantes, segundo dados da ONU, detém 13,3% de toda Reserva Hídrica da Terra. Em algumas regiões o uso múltiplo da água alterou tanto a qualidade como a quantidade destes recursos,

levando as autoridades a implantarem políticas de recursos hídricos, que visem a cobrar pelo uso da água.

Assim sendo, o reúso aparece como alternativa para minimizar o problema da escassez, principalmente no campo agrícola, pois, segundo Bernardi (2003), a agricultura representa aproximadamente 70% do consumo hídrico no mundo.

Dentro do reúso, existe uma linha para o reúso de água cinza, termo pouco conhecido, mas já com pesquisas sendo realizadas para avaliar os benefícios que tal técnica pode trazer, seja do ponto de vista social, econômico ou ambiental.

Segundo Fiori et al (2006) as águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. Porém, quanto ao conceito de água cinza, observa-se que é um conceito sobre o qual ainda não há consenso internacional.

Para os sistemas agrícolas, grandes consumidores de água, o uso de água cinza se torna cada vez mais viável, seja para minimizar o problema da escassez dos recursos hídricos, contribuir para a qualidade de cursos de água com a diminuição de lançamento de esgoto, como também evitar os altos custos de tratamento. Contudo, existem fatores que ainda são questionados por diversos pesquisadores, tais como: entupimento dos microaspersores e gotejadores em se tratando de irrigação localizada, fatores fitossanitários e principalmente a captação destas águas.

Quando adequadamente utilizada, a irrigação pode ser uma eficiente ferramenta para o aumento da produtividade e economia de recursos.

Existe atualmente no meio agrícola, uma forte tendência na utilização de sistemas que apresentem maior eficiência no uso da água, como o método de irrigação localizada, o qual permite a redução da pressão de operação dos sistemas de irrigação, procurando diminuir o consumo de energia e melhorar a eficiência. Desta maneira a irrigação, a localizada vem ganhando vários adeptos, principalmente, em regiões onde o fator água é limitante.

Dentro da irrigação localizada os dois principais sistemas são a microaspersão e o gotejamento. Na microaspersão, a água é aspergida em pequenos círculos ou setores, embaixo da projeção da copa, região está onde se concentra 80% do sistema radicular de uma cultura.

Para um bom desempenho de um projeto de irrigação localizada, tipo microaspersão, tanto a qualidade da água como do microaspersor é de grande importância, por isso se torna necessário saber as características hidráulicas do mesmo.

Este trabalho teve como objetivo, comparar o desempenho do microaspersor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm, antes e depois do mesmo trabalhar 1000 horas com água cinza, bem como avaliar a melhor metodologia de ensaio e se o uso da água cinza é viável. Para os microaspersores antes e após o uso, determinou-se em laboratório a vazão média, calculou-se desvio padrão, o coeficiente de variação de fabricação e a curva de vazão versus pressão.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Reúso de água

O reúso, até a alguns anos tido como uma opção exótica é hoje uma alternativa que não pode ser ignorada, notando-se distinção cada vez menor entre técnicas de tratamento de água versus técnicas de tratamento de esgoto (SANTOS & MANCUSO, 2002).

Segundo Hespanhol (2002), nas regiões áridas e semi-áridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, sendo assim planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram continuamente novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica.

Em função da escassez de água que atinge várias regiões do Brasil, associada aos problemas de qualidade, torna-se uma alternativa potencial de racionalização desse bem natural a reutilização da água para vários usos, inclusive a irrigação agrícola, que representa aproximadamente 70% do consumo hídrico (BERNARDI, 2003). Uma das alternativas para amenizar este problema em muitas regiões, tem sido considerar o uso de águas de qualidade inferior para os mais variados setores da sociedade, como por exemplo, a aplicação de águas residuárias para a agricultura e indústria (SANDRI, 2003).

Para Hespanhol (2002) as águas de qualidade inferior, tais como esgotos, em especial os de origem doméstica, águas de chuva, águas de drenagem agrícola e

águas salobras, sempre que possível, devem ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritos.

No Brasil o reúso é um assunto novo, porém, desde os anos sessenta, a prática do reúso de água já é feita com bastante frequência em muitos outros países. (COSTA et al 2005).

Blum (2002) cita como critérios norteadores de um programa de reúso quanto à qualidade da água, os seguintes itens:

- O reúso não deve resultar em riscos sanitários à população;
- O reúso não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários;
- O reúso não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente;
- A fonte da água que será submetida a tratamento para posterior reúso deve ser quantitativa e qualitativamente segura;
- A qualidade da água deve atender às exigências relativas aos usos a que ela se destina.

4.2 Tipos de reúso

De acordo com Brega Filho & Mancuso (2002), de uma maneira geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não planejadas. Segundo Bernardi (2003), no Brasil deve-se ainda trabalhar socialmente a cultura de reúso de água, que apesar de ser uma prática inconsciente utilizada há vários anos (reúso não planejado), há preconceito quanto à sua forma de utilização por parte do público consumidor, além de não existir nenhuma legislação específica tratando da temática. Para Hespanhol (2002), apesar desta restrição, já se dispõe de uma primeira demonstração de vontade política, direcionada para a institucionalização do reúso. O uso planejado de águas residuárias, implica necessidade menor de captação dos recursos hídricos primários e de geração reduzida de efluentes, constituindo-se, portanto, em estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural, em seus aspectos qualitativos e quantitativos (MEDEIROS et al., 2007).

Segundo o CIRRA - Centro Internacional de Referência em Reúso de Água (2007), os tipos de reúso e suas aplicações são os seguintes:

- Reúso agrícola: O setor agrícola utiliza, no Brasil, aproximadamente 70% do consumo total de água. Essa demanda significativa, associada à escassez de recursos hídricos leva a ponderar que as atividades agrícolas devem ser consideradas como prioritária em termos de reúso de efluentes tratados.
- Reúso urbano: Na área urbana os usos potenciais são: irrigação de campos de golfe e quadras esportivas, faixas verdes decorativas ao longo de ruas e estradas, gramados residenciais, viveiros de plantas ornamentais, parques e cemitérios, descarga em toaletes, lavagem de veículos, reserva de incêndio, recreação, construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados, produção de concreto), limpeza de tubulações, sistemas decorativos tais como espelhos d'água, chafarizes, fontes luminosas, entre outros.
- Reúso industrial: As atividades industriais no Brasil respondem por aproximadamente 20% do consumo de água, sendo que, pelo menos 10% é extraída diretamente de corpos d'água e mais da metade é tratada de forma inadequada ou não recebe nenhuma forma de tratamento.

As águas de reúso podem se destinar a fins potáveis ou não potáveis. Quanto ao reúso planejado para fins não potáveis esta o reúso agrícola. O uso agrícola de efluentes tratados tem como principais metas promover agricultura sustentável, incentivar a economia das águas superficiais não poluídas e manter a qualidade ambiental (SANDRI, 2003).

Para Fiori et al. (2006), o reúso de água, para qualquer fim vai depender de suas qualidades física, química e microbiológica. A maioria dos parâmetros físico-químicos de qualidade é bem compreendida, tornando possível estabelecer critérios de qualidade que sejam orientadores para o reúso.

Dentre os principais fatores que vieram a contribuir para que, nos últimos anos aumentasse o interesse pela irrigação com efluentes, estão a escassez de recursos hídricos, o avanço do conhecimento técnico-científico, a legislação ambiental mais rigorosa e atuante, o maior controle da poluição ambiental, com redução de problemas à saúde humana e

animal, a diminuição dos custos de tratamento devido à atuação do solo como forma de disposição e fornecimento de nutrientes e matéria orgânica às plantas, reduzindo os custos com fertilizantes químicos comerciais (SANDRI, 2003).

A reutilização das águas é considerada uma opção conservacionista para o aumento da disponibilidade dos recursos hídricos existentes e futuros, como alternativa ao crescente aumento da demanda.

4.3 Água cinza

As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça, porém, quanto ao conceito de água cinza, observa-se que é um conceito, sobre o qual ainda não há consenso internacional (FIORI et al, 2006). Ainda segundo Fiori (2006), a reutilização da água cinza diminui o consumo de água potável para fins menos nobres e contribui para a sustentabilidade hídrica das cidades.

As águas cinzas apresentam qualidade muito variada, dependente das diversas atividades domésticas associadas, sendo que os componentes presentes variam de fonte a fonte, ou seja, de residência a residência, onde o estilo de vida, costumes, instalações e a quantidade de produtos químicos utilizados irão influenciar nesta qualidade (PETERS, 2006).

A literatura evidencia a importância em se estudar os efeitos das águas cinzas, principalmente devido ao grande questionamento entre as vantagens e desvantagens deste uso. Em se tratando da utilização em agricultura irrigada, muitos são os desafios, visto que há riscos de entupimentos dos equipamentos utilizados na irrigação.

4.4 Reúso de água para fins agrícolas

O setor agrícola utiliza, no Brasil, aproximadamente 70% do consumo total de água. Essa demanda significativa, associada à escassez de recursos hídricos leva a ponderar que as atividades agrícolas devem ser consideradas como prioritária em termos de reúso de efluentes tratados (BERNARDI, 2003).

Segundo Hespanhol (2002), durante as duas últimas décadas, o uso de efluentes para irrigação, aumentou significativamente, em razão dos seguintes fatores:

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de água para a irrigação.
- Custos elevados de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são tomadas;
- Os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessário para descarga de efluentes em corpos receptores;
- A aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola;
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

A expansão da agricultura irrigada tem-se tornado preocupante, devido ao elevado consumo e às restrições de disponibilidade de água, bem como ao risco de degradação do sistema solo-água-planta (SANTIAGO, 2004).

A utilização de efluentes na agricultura cresceu consideravelmente nos últimos anos em muitos países, inclusive no Brasil; no entanto, ainda não foram suficientemente estudados todos os aspectos positivos e negativos dessa técnica, especialmente sobre as propriedades físicas e químicas do solo, absorção de nutrientes pelas plantas ou sua toxidez (SANDRI, 2003).

De acordo com Beekman citado por Bernardi (2003), as águas de reúso podem ser utilizadas para a irrigação, devendo-se tomar os devidos cuidados para suas limitações de aplicação, como por exemplo:

- Na categoria de reúso de águas servidas para a agricultura irrigada de culturas e olericultura, as limitações se referem ao efeito da qualidade da água, principalmente a salinização dos solos, e a preocupação patogênica (bactérias, vírus e parasitas) na saúde pública.
- Na categoria para irrigação de ambientes urbanos (parques, jardins, clubes, áreas residenciais, cemitérios, cinturões verdes e gramados), a limitação está relacionada

com a contaminação das águas de superfície e subterrânea devido à gestão ineficiente e com restrições na comercialização dos produtos agrícolas e aceitação de mercados.

Segundo a Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/86, as classes de água que poderiam ser utilizadas para reúso são as classes 1, 2, 3 e 4.

Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento de classe. Sendo assim, obedecendo aos parâmetros físico-bio-químicos definidos para cada classe na Resolução mencionada, no caso específico de reúso de água para irrigação, tem-se que:

- as águas de classe 1 poderiam ser utilizadas para reúso indireto na irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- as águas de classe 2 poderiam ser utilizadas para reúso indireto na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- as águas de classe 3 poderiam ser utilizadas para reúso indireto na irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- as águas de classe 4 poderiam ser utilizadas para reúso indireto na harmonização paisagística.

A reutilização de efluentes domésticos tratados para fins agrícolas traz benefícios econômicos e ambientais. Dentre os econômicos estão: aumento da área cultivada e da produtividade agrícola, decorrente do aporte de nutrientes encontrados nestas águas. Já entre os benefícios ambientais se encontra: diminuição de lançamento de esgoto em corpos de água e aumento de matéria orgânica no solo.

4.5 Irrigação

A irrigação é uma prática agrícola que permite manter um suprimento regular de águas para as plantas (MANUAL DO IRRIGANTE, 1987). De acordo com Bernardi (2003), por meio da irrigação, pode-se intensificar a produção agrícola,

regularizando, ao longo do ano, as disponibilidades e os estoques de cultivares, uma vez que esta prática permite uma produção na contra-estação. Além disso, a agricultura irrigada reduz as incertezas, prevenindo o agente econômico (irrigante) contra a irregularidade das chuvas, anual e interanual.

De acordo com Rassini (2002), na agricultura, a irrigação é necessária para eliminar o risco de deficiência hídrica nos cultivos, aumentar a produtividade, garantir a produção de alimentos e intensificar o uso da terra.

A irrigação na agricultura deve ser entendida não somente como um seguro contra secas ou veranicos, mas como uma técnica que dê condições para que o material genético expresse em campo todo o seu potencial produtivo (HERNANDEZ, 2004). Ainda segundo o mesmo autor, constitui um conjunto de operações necessárias ao atendimento das necessidades de água para as plantas.

Um bom sistema de irrigação deve aplicar água no solo uniformemente, até determinada profundidade, proporcionando umidade necessária ao desenvolvimento normal das espécies vegetais (DANTAS NETO et al., 1997). De acordo com Bernardo (1995), um dos principais parâmetros para avaliação de um sistema de irrigação é a determinação da uniformidade de aplicação de água sobre a área irrigada.

Para Rassini (2002), a elevada demanda de água em projeto de irrigação no Brasil exige racionalização no seu uso através de novas alternativas que proporcionem maior eficiência na sua aplicação.

A crescente necessidade de se obter um melhor rendimento no setor de agricultura para colocar nossos produtos em competitividade com o mercado globalizado e a constante preocupação em economizar recursos hídricos tem levado inúmeros pesquisadores a trabalhar com afinco em linhas de pesquisas para esse tema (MAZZER, 2006).

4.6 Irrigação localizada

A irrigação localizada caracteriza-se, basicamente, pela aplicação da água numa fração do volume do solo, explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada por meio de pequenas vazões e

curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura (BERNARDO, 1995).

De acordo com Dantas Neto (1997), entre os métodos de irrigação existentes, a localizada vem sendo a mais utilizada nas regiões de maior escassez de água. Para Souza et al. (2005), o grande interesse despertado pelo sistema de irrigação localizada deve-se ao fato da sua aplicação, que molha apenas uma fração do sistema radicular das plantas e assim favorece a economia de água e o aumento na produção.

A irrigação localizada caracteriza-se pela aplicação de água, com pequenas vazões e alta frequência, de modo a manter um conteúdo adequado de umidade no volume de solo molhado (LOPEZ et al., 1992).

Segundo Lima e Azevedo (1991), a água é filtrada e conduzida ao solo através dos emissores ou aplicadores, sendo em forma de gotas, filetes de água, pequenos jatos ou borrifos. A irrigação localizada tem potencial para apresentar maior eficiência de aplicação que os outros métodos, como de aspersão e superfície.

Os sistemas de irrigação localizada são de grande importância no cenário agrícola brasileiro. Portanto, a tecnologia de irrigação, desde que adequadamente desenvolvida e/ou adaptada, oferece um instrumento capaz de promover transformação social e econômica no meio rural, gerando novos empregos e elevando a renda do agricultor e a oferta de produtos agrícolas (MATOS et al., 1999).

Dentre as inúmeras vantagens dos sistemas de irrigação localizada, destacam-se:

- Maior eficiência no uso da água, defensivos agrícolas e fertilizantes, quando adotada a técnica da quimigação, devido esses sistemas não molhar toda a superfície do solo;
- Economia de mão-de-obra, por se tratar de sistemas fixos, quando comparados com os sistemas convencionais de irrigação por aspersão e por superfície;
- Adaptam-se a diferentes tipos de solos e topografia;
- Maior eficiência no controle fitossanitário por não irrigar ervas daninhas e não molhar a parte aérea dos vegetais, o que reduz a incidência de patógenos nas folhagens e frutos, minimizando os gastos com herbicidas, inseticidas e fungicidas;

- Economia de energia, pois, opera sob baixas pressões de serviço e, conseqüentemente com menor conjunto motobomba.

Como os outros sistemas de irrigação, os sistemas de irrigação localizada apresentam vantagens e desvantagens. Em função dos pequenos diâmetros de orifício, o entupimento dos emissores configura-se como um dos principais problemas associados à operação de tais sistemas (GILBERT & FORD, 1986), o entupimento de emissores, afeta significativamente a uniformidade de distribuição de água. Assim sendo, o uso de efluentes em sistemas de irrigação localizada, encontra uma barreira que de certa forma impede uma melhor aceitação de tal técnica.

De acordo com Adin & Sacks, 1991 citados por Souza (2007), o entupimento de emissores operando com água residuária tratada é causado primeiramente por sólidos suspensos na água; porém, eles não causam entupimentos necessariamente no início do processo. Os referidos autores relatam que o entupimento de emissores é mais afetado pelo tamanho da partícula do que pelo seu número e densidade, e que o potencial de entupimento diminui com a modificação da arquitetura interna dos emissores e pré-tratamento químico com oxidantes e floculantes.

As principais causas de entupimento de emissores foram reunidas por Gilbert & Ford (1986) em três principais grupos: entupimento de origem química, física e biológica. Entre elementos responsáveis pela obstrução de gotejadores e microaspersores, destacam-se as partículas de argila, proliferação de algas e alta concentração de ferro na água de irrigação. A oxidação do ferro tem sido uma das principais causas de entupimento, pois ele reage com o oxigênio do ar e forma precipitados. Na tabela 1, estão apresentados os parâmetros e seus riscos de entupimento.

Tabela 1 - Riscos potenciais de entupimento de emissores pela água de irrigação.

Fatores de entupimento	Riscos de entupimento		
	Baixo	Moderado	Severo
Físico			
Sólidos suspensos (mg L^{-1})	50	50-100	>100
Químicos			
pH	7	7,0-8,0	>8,0
Sólidos dissolvidos (mg L^{-1})	500	500-2,000	>2000
Manganês	0,1	0,1-1,5	>1,5
Ferro total	0,2	0,2-1,5	>1,5
Sulfeto de hidrogênio	0,2	0,2-2,0	>2,0
Biológico			
Numero de Bactérias (NMP mL^{-1})	>10,000	10,000-50,000	>50,000

Fonte: Nakayama e Bucks, 1980, citados por GILBERT e FORD (1986)

4.7 Microaspersão

Dentre os sistemas de irrigação localizada se encontra a microaspersão. O sistema de irrigação por microaspersão é uma variação do gotejamento oriunda da dificuldade de se obter uma distribuição melhor da umidade do solo, sobretudo em solos arenosos e em culturas realizadas em grandes espaçamentos (VIEIRA, 1989).

Para que este tipo de irrigação seja corretamente dimensionado, é necessário o conhecimento das características dos emissores (SOUZA et al., 2005). A escolha de um emissor deve seguir a avaliação detalhada de suas características (SILVA et al., 2003). Segundo Paes (1985), os emissores constituem um dos componentes de maior importância, tanto no dimensionamento como no manejo dos sistemas de irrigação, sendo de grande importância o conhecimento das suas características hidráulicas.

4.8 Características hidráulicas do microaspersor

O desempenho hidráulico de um emissor é determinado, dentre outros fatores, pela relação vazão e pressão. Segundo Botrel (1984), a relação entre vazão e pressão na entrada do emissor, a perda de carga localizada na inserção da linha lateral, o alcance do jato, o diâmetro, a forma dos bocais e a intensidade de precipitação constituem as principais características hidráulicas do microaspersor.

Segundo Nascimento et al. (1999), a relação vazão versus pressão e a uniformidade de fabricação, estão entre os fatores para se determinar as características hidráulicas de emissores de água em irrigação localizada.

De acordo com Keller e Bliesner (1990), os emissores devem apresentar descarga constante e uniforme, suficiente abertura para não provocar entupimentos, robustez, homogeneidade e serem de baixo custo.

Por mais precisos que sejam os processos de fabricação destes, é impossível se fabricar duas peças exatamente iguais. As pequenas diferenças entre dois emissores podem causar variações significativas na vazão do sistema. De acordo com Dantas Neto et al. (1997), pequenas diferenças entre dois emissores aparentemente idênticos podem causar variações significativas na vazão do sistema. Para Von Bernuth & Solomom (1986) essas variações são decorrentes dos vários processos envolvidos na fase de fabricação. Por mais esmerados que sejam tais processos, sempre ocorrem variações e, como a área de escoamento dos emissores é de milímetros quadrados, qualquer variação poderá afetar as vazões dos emissores a uma mesma pressão (COSTA, 1994).

A vazão do emissor, de acordo com Olitta (1987), pode ser representada pela equação $q = kH^x$, em que: q é a vazão em $l\ h^{-1}$, H é a pressão de operação em kPa, k é o coeficiente de proporcionalidade (adimensional) e x é o expoente de descarga. Para Keller & Karmelli, 1975 citado por Dantas Neto et al (1997), o expoente “ x ” caracteriza o regime de fluxo e a relação vazão versus pressão do emissor, de modo que: $0 < x < 0,5$, o regime de escoamento varia de turbulento a totalmente turbulento, e a vazão sofre menos influência da variação da pressão. $0,5 < x < 1,0$, o regime de escoamento varia de instável a laminar, verificando-se maior influência das variações de pressão sobre a vazão.

O coeficiente de variação de fabricação pode afetar mesmo um projeto corretamente dimensionado (OLITTA, 1987). O coeficiente de variação de fabricação (CVf) é uma medida estatística que avalia a variação do processo de fabricação dos emissores. Apesar de ser impossível a fabricação de um grupo de emissores com o mesmo coeficiente de descarga, a variação resultante do processo de fabricação normalmente tende a distribuir-se em torno de um valor médio (KELLER & KARMELI, 1974). De acordo com Solomon (1979) o coeficiente de variação de fabricação é o melhor parâmetro para a avaliação das diferenças individuais entre os emissores. Além disso a uniformidade de irrigação é afetada pelo tempo de uso dos equipamentos de irrigação, ou seja, além de sua vida útil; perda de carga no interior das tubulações; projetos mal dimensionados; entupimentos de emissores, em função do pequeno diâmetro de passagem dos mesmos e da qualidade da água de irrigação (KELLER & BLIESNER, 1990).

A variação da vazão do emissor, resultado da variação de fabricação segue a distribuição normal de Gauss; deste modo, o CVf pode ser definido pela razão entre o desvio-padrão da vazão do emissor e sua vazão média, conforme a equação:

$$CVf = \frac{\delta}{q_m}$$

sendo:

CVf = Coeficiente de variação de fabricação;

δ = desvio-padrão;

q_m = vazão média dos emissores testados.

De acordo com as normas da ASAE, citadas por KELLER e BLIESNER (1990), os emissores podem ser classificados em função do coeficiente de variação de fabricação conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Critérios de classificação dos emissores, em função do coeficiente de variação de fabricação da ASAE.

Coeficiente de variação fabricação de (CVf)	Classificação
$\leq 0,05$	Excelente
0,05 - 0,07	Médio
0,07 - 0,11	Marginal
0,11 - 0,15	Deficiente
$> 0,15$	Inaceitável

Fonte: ASAE citado por KELLER e BLIESNER (1990)

Segundo a ABNT (1986) os valores do CVf inferior a 10% têm uniformidade boa; de 10 a 20% é média; de 20 a 30% é marginal e superior a 30% é inaceitável, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação dos microaspersores, segundo o coeficiente de variação de fabricação de acordo com a ABNT(1986)

Coeficiente de variação fabricação de (CVf)	Classificação
$<0,10$	Bom
0,10- 0,20	Médio
0,20 - 0,30	Marginal
$>0,30$	Inaceitável

Fonte: ABNT (1986)

5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de Ensaio de Equipamentos de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista FCA- UNESP de Botucatu – SP.

Conforme as recomendações da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986) foram separados aleatoriamente 25 emissores novos, tipo microaspersor, modelo Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm, com vazão nominal de 43L h^{-1} para a pressão de trabalho de 150 kPa .Realizou-se ensaios em laboratório para determinar o desempenho do mesmo, o parâmetro analisado foi a vazão média, para depois calcular o desvio padrão, coeficiente de variação de fabricação e curva vazão versus pressão.

Para a realização do experimento, utilizou-se uma bancada de ensaios para microaspersores (Figura 1), com vinte e cinco pontos de coleta, reservatório de 2000 L, conjunto motobomba, 6 manômetros e duas ventosas, uma no início do sistema para possíveis problemas de entrada de ar na tubulação e outra no final do sistema. Os emissores estudados foram submetidos às pressões de 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kPa. As leituras de pressão foram observadas mediante a utilização de manômetro modelo Hitronic, com precisão de $\pm 0,5\%$ FE.

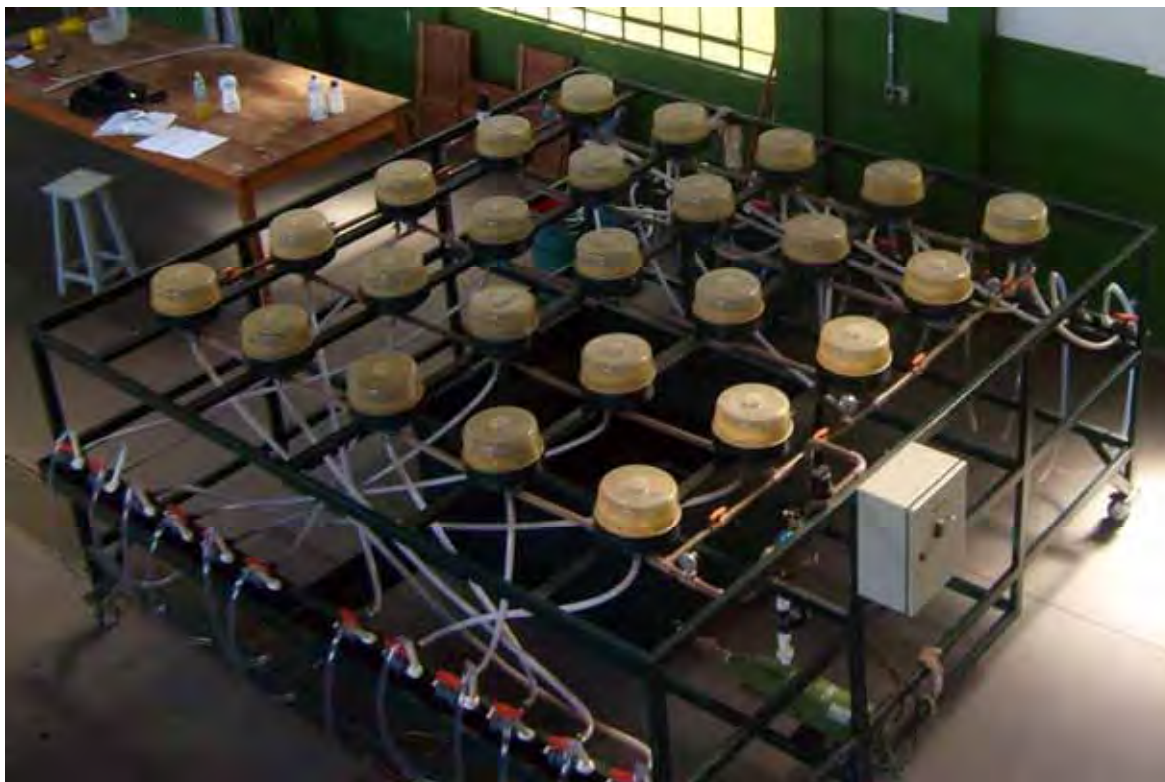


Figura 1. Bancada de ensaio de microaspersores.

Cada microaspersor foi fixado com micro tubo, dentro de uma campânula fechada e dispostos em 25 pontos de coleta na bancada, sem alteração de posicionamento durante os ensaios.

As medidas de vazão foram realizadas coletando a água de cada um dos emissores em recipiente de volume de 20 litros (Figura 2), com uma válvula de dupla passagem, que quando fechada, direcionava a água ao reservatório da bancada e quando aberta, direcionava para os baldes de coleta.

Foi estabelecido um tempo de ensaio de 10 minutos, marcados com um cronômetro, o volume coletado era pesado em uma balança digital com precisão de 5g. Com seu peso específico foi calculado o volume de água coletado e a vazão de cada microaspersor. As vazões consideradas foram resultados da média aritmética de três repetições para cada pressão de operação avaliada.



Figura 2. Coleta de água nos recipientes.

A partir dos dados de vazão, calcularam-se a vazão média e o desvio padrão, em seguida, determinou-se o Coeficiente de Variação de Fabricação (CVf), dividindo-se o desvio-padrão pela média da vazão.

Em outra etapa, com intuito de realizar uma comparação e avaliar a melhor metodologia de ensaiar os microaspersores, numerou-se os emissores de 1 a 25 (Figura 3) e todos foram ensaiados num mesmo ponto (Figura 4), submetidos novamente as pressões de 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kPa. Foi escolhido um ponto aleatoriamente da bancada para ensaiar todos os 25 emissores com as mesmas variáveis e condições. Para manter o adequado

funcionamento do sistema, enquanto cada microaspersor era submetido ao ensaio no ponto escolhido, seu lugar na bancada de teste era ocupado pelo emissor de numeração 1.



Figura 3. Microaspersores numerados.

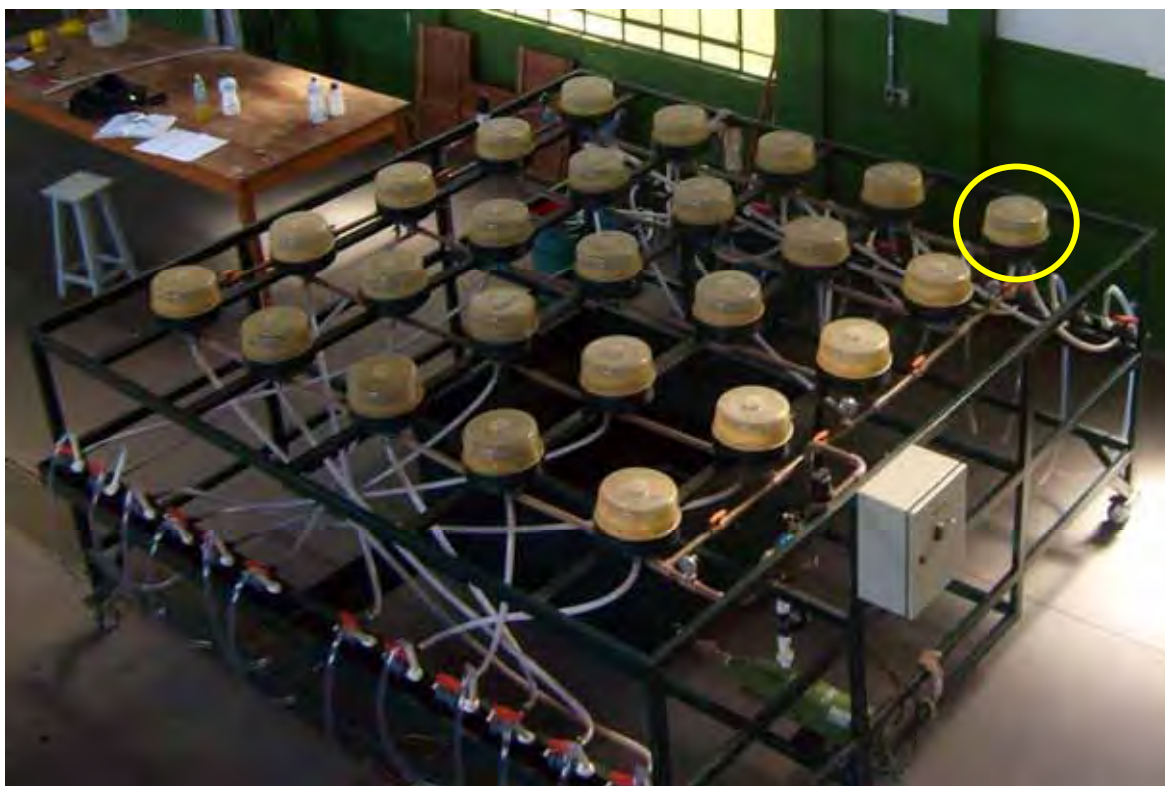


Figura 4. Bancada de ensaio de microaspersores, em destaque o ponto escolhido para o ensaio dos 25 emissores.

Após análise e avaliação do CVf dos emissores dispersos sobre os pontos da bancada e os mesmos ensaiados em um único ponto, verificou-se que a melhor metodologia para análise e comparação seria a de testá-los novamente em um único ponto, após 100h de trabalho com água cinza tratada por um filtro de disco de 120 mesh.

Ao final das 1000 h operando com água residuária, os microaspersores foram submetidos às mesmas condições de ensaio realizado antes do uso, ou seja, foram ensaiados novamente com água limpa, submetidos às pressões de serviço 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kPa, para obter dados sobre o desempenho do microaspersor depois de usado, foram analisados os mesmos parâmetros do ensaio inicial, como vazão média, desvio padrão, coeficiente de variação, que para um melhor entendimento, foi denominado nesta etapa de coeficiente de variação após o uso (CVu) e curva vazão versus pressão.

Tais dados serviram de base para avaliar e fazer um comparativo do desempenho do microaspersor Amanco MF antes e depois de trabalhar com a água cinza.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Desempenho do microaspersor antes do uso com água cinza

Os valores médios de vazão e do coeficiente de variação de fabricação do microaspersor Amanco MF bocal verde claro 1,0 mm, submetidos às pressões de serviço de 50, 100, 150, 200, 250 e 300 kPa, com água limpa, referentes ao ensaio dos 25 emissores dispersos sobre a bancada, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de variação de fabricação, para os 25 emissores dispersos sobre a bancada, nas pressões pré-estabelecidas para o microaspersor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm de 43L h⁻¹ antes do uso com água residuária.

Pressão (kPa)	Vazão Méd. (L h⁻¹)	Desvio Padrão	CVf (%)
50	34,406	2,628	7,637
100	41,950	2,191	5,224
150	49,592	2,722	5,489
200	55,640	2,880	5,177
250	60,654	3,224	5,317
300	66,815	4,206	6,295
Média CVf			5,856

Encontrou-se, valor médio do CVf de 5,856 % para o microaspersor Amanco MF 43Lh⁻¹, em ensaio com os emissores distribuídos na bancada no segundo a norma ABNT (1986), ficou classificado como bom, já de acordo com a com as normas da ASAE, citadas por KELLER e BLIESNER (1990), o microaspersor, pode ser classificado como de média qualidade, (Tabela 5). Sob o ponto de vista do processo de fabricação . Segundo SOLOMON (1979), tais resultados demonstram pequena variação da vazão nos emissores, proporcionada por grande controle de qualidade no processo de fabricação, sendo este o melhor critério para avaliar as diferenças individuais entre os emissores. Conforme esse autor, emissores com bom desempenho hidráulica, quando utilizados em projetos de irrigação bem dimensionados, proporcionam condições para a obtenção de elevadas eficiências de aplicação de água.

Tabela 5. Classificação do CVf do microaspersor Amanco MF 43Lh⁻¹, de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE, em ensaio com os emissores distribuídos na bancada, antes do uso com água residuária.

CVf (%)	Classificação ABNT(1986)	Classificação ASAE
5,856	Bom	Médio

A Tabela 6 apresenta os valores dos 25 emissores ensaiados em um único ponto da bancada, escolhido aleatoriamente.

Tabela 6. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de variação de fabricação, em um único ponto da bancada, nas pressões pré-estabelecidas para o microaspersor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm de 43L h⁻¹ antes do uso com água residuária.

Pressão (kPa)	Vazão Méd. (l h⁻¹)	Desvio Padrão	CVf (%)
50	34,314	1,763	5,137
100	42,666	1,701	3,986
150	49,925	2,224	4,455
200	56,614	2,454	4,335
250	61,610	2,390	3,879
300	67,364	2,800	4,157
Média CVf			4,325

O valor médio encontrado para o coeficiente de variação de fabricação, foi de 4,325%. Sendo assim, o microaspersor Amanco MF 43L h⁻¹ é classificado como bom segundo ABNT (1986), e de acordo com as normas da ASAE, citadas por KELLER e BLIESNER (1990), o microaspersor é de qualidade excelente, sob o ponto de vista do processo de fabricação (Tabela 7).

Mesmo havendo uma diferença nos valores do CVf, isso não mudou a classificação do microaspersor segundo a ABNT (1986), pois continuou classificado como bom. Já de acordo com a classificação da ASAE subiu de médio para excelente.

Tabela 7. Classificação do CVf do microaspersor Amanco MF 43Lh⁻¹, de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE, em ensaio com os emissores em um único ponto da bancada, antes do uso com água residuária.

CVf (%)	Classificação ABNT(1986)	Classificação ASAE
4,325	Bom	Excelente

Com os resultados obtidos pode-se observar que o valor médio do coeficiente de variação de fabricação do microaspersor Amanco MF ficou menor para os

microaspersores ensaiados em um único ponto, ou seja, os melhores resultados foram obtidos com os emissores trabalhando sob influência das mesmas variáveis.

A curva característica vazão x pressão tanto do ensaio dos emissores distribuídos sobre a bancada como para os emissores ensaiados em um único ponto, esta apresentada na Figura 5.

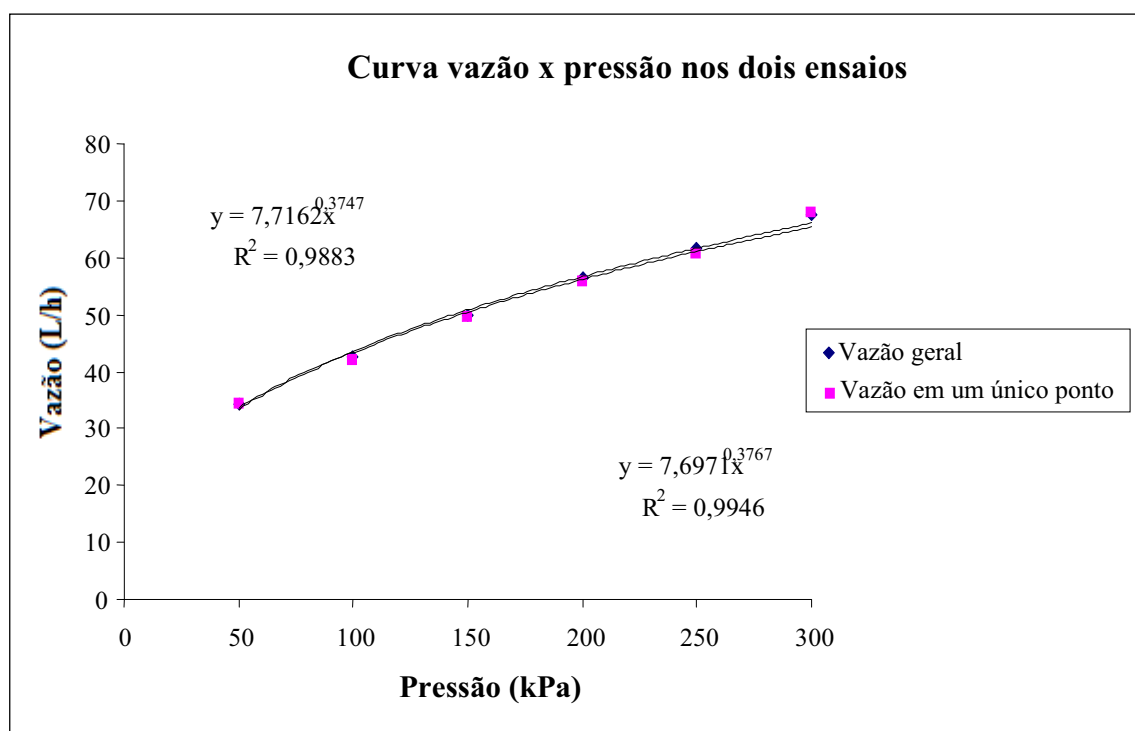


Figura 5. Curva de vazão x pressão nos dois ensaios do microaspersor Amanco MF antes do uso com água residuária.

A partir dos dados de vazão e sua respectiva pressão determinou-se a curva característica do microaspersor Amanco MF nos dois ensaios com suas respectivas equações. Para o ensaio dos emissores distribuídos na bancada a equação foi, $q=7,716H^{0,3747}$ ($R^2 = 0,98$), enquanto para os ensaiados em um único ponto, foi $q=7,6971H^{0,3767}$ ($R^2 = 0,99$). Ficando evidente que o ajuste da equação também ficou melhor para os emissores ensaiados em um único ponto.

Com a análise dos dados obtidos nessa primeira fase do experimento, pode-se observar que os melhores resultados, tanto para o coeficiente de variação de

fabricação como para ajuste da equação, foram obtidos no ensaio em que os microaspersores foram ensaiados no mesmo ponto, ou seja, com as mesmas condições. Assim sendo, os ensaios finais, depois dos emissores trabalharem 1000 horas com água residuária, para fazer o comparativo e avaliação do desempenho do microaspersor antes e depois de usado, foram feitos seguindo a mesma metodologia.

6.2 Características físicas e químicas da água cinza

Na Tabela 8, consta a caracterização da água cinza usada no experimento e a classificação do risco de entupimento dos emissores.

Tabela 8 - Riscos potenciais de entupimento dos emissores pela água cinza de acordo com Nakayama e Bucks, 1980, citados por GILBERT e FORD (1986).

Fatores de entupimento	Resultados obtidos	Risco de entupimento
Físico		
Sólidos suspensos (mg L ⁻¹)*	279	severo
Químico		
pH *	6,8	baixo
Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)**	2,842	severo
Manganês *	0,113	moderado
Ferro total *	0,98	moderado
Sulfeto de hidrogênio**	0,74	moderado
Biológico		
Numero de Bactérias (NMP mL ⁻¹)**	1,000	baixo

* Análises realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos da Faculdade de Ciências Agrônomicas Departamento de Engenharia Rural.

** Análises realizadas no Laboratório da Divisão de Saneamento Básico da Universidade do Oeste Paulista.

6.3 Desempenho do microaspersor após o uso com água cinza

Na Tabela 9, encontram-se os dados de vazão média, desvio padrão e o coeficiente de variação dos emissores usados, denominado de coeficiente de variação após o uso (CVu), para as pressões pré-estabelecidas nos ensaios dos microaspersores após trabalharem 1000 h com água de reúso.

Tabela 9. Valores de vazão média, desvio padrão e coeficiente de uso, nas pressões pré-estabelecidas para o microaspersor Amanco MF Bocal verde claro 1,0mm de 43L h⁻¹ depois de usado.

Pressão (kPa)	Vazão Méd. (L h⁻¹)	Desvio Padrão	CVu (%)
50	32,489	1,875	5,772
100	40,295	2,081	5,164
150	46,694	2,200	4,712
200	51,380	2,278	4,434
250	57,586	3,306	5,740
300	63,425	3,239	5,107
Média CVu			5,115

Em média o CVu, para os emissores após o uso ficou em 5,115%, sendo classificado como bom segundo a ABNT (1986) e como médio de acordo com as normas da ASAE, citadas por KELLER e BLIESNER (1990), (Tabela 10).

Tabela 10. Classificação do CVu do microaspersor Amanco MF 43Lh⁻¹, de acordo com as normas da ABNT (1986) e ASAE, em ensaio com os emissores em um único ponto da bancada, após do uso com água residuária.

CVfu(%)	Classificação ABNT(1986)	Classificação ASAE
5,115	Bom	Médio

Os coeficientes de variação do microaspersor antes e depois de usado foram de 4,325 e 5,115, respectivamente. Para a ABNT não houve variação na classificação, já para a ASAE, a classificação passou de excelente para médio.

Após ensaios realizados em laboratório, os emissores, após trabalharem com água cinza tratada, por 1000 h, apresentaram vazão média de 46,694 L h⁻¹, para pressão nominal de 150 kPa, com desvio padrão de 2,200.

Comparando-se as vazões médias dos emissores antes e após o uso com água residuária para as pressões estudadas, observa-se, que foram próximas em quase toda a faixa de pressão (Tabela 11), ficando menor em 6,47% na pressão de serviço de 150 kPa, fato este, que demonstra ser viável o uso de água residuária tratada para os sistemas de irrigação. Porém foi realizado o teste de Tukey, para comprovar se as vazões se diferem entre si estatisticamente numa probabilidade de 5%.

Tabela 11. Vazões nas pressões estudadas, para emissores antes e após o uso com água residuária.

Pressão (kPa)	Vazão Méd. (Lh⁻¹) para emissores antes do uso.	Vazão Méd. (L h⁻¹) para os emissores usados.
50	34,314	32,489
100	42,666	40,295
150	49,925	46,694
200	56,614	51,380
250	61,610	57,586
300	67,364	63,425

A partir dos dados de vazão e sua respectiva pressão determinou-se a curva característica do microaspersor Amanco MF bocal verde claro 1,0mm, antes e após o uso com suas respectivas equações. Para os emissores antes do uso com água cinza a equação foi, $q=7,6971H^{0,3767}$ (R2 = 0,99), enquanto que para os usados a equação foi, $q=7,5631H^{0,3668}$ (R2 = 0,98). Segundo Karmeli & Smith (1978), o regime de fluxo do referido emissor é considerado turbulento, tanto antes como após o uso, pelos valores dos expoentes das equações.

A Figura 6 mostra a curva vazão versus pressão para o microaspersor antes e depois de usado. Constatou-se pouca redução na vazão média dos emissores usados em relação a vazão dos emissores antes do uso.

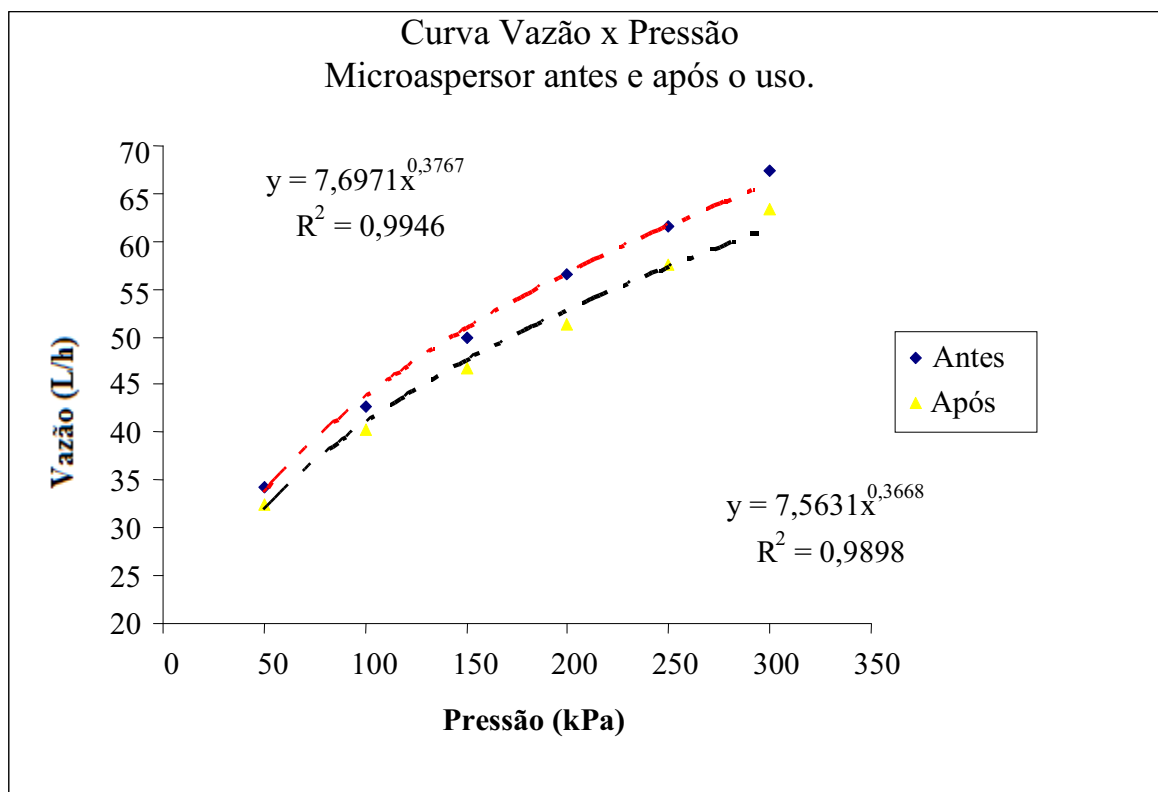


Figura 6. Curva vazão x pressão do microaspersor antes e após o uso com água residuária

O resultado do teste de Tukey para as médias de vazão de cada pressão estudada, para emissores antes e depois de usados estão apresentados na tabela 12.

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

Tabela 12. Resultado do Teste de Tukey com 5% de probabilidade em todas as pressões estudadas, para emissores antes e após o uso com água residuária.

Pressão (kPa)	Tratamento	Média	Resultado do teste
50	Antes	34,314000	a
	Após	32,488800	b
100	Antes	42,666800	a
	Após	40,294800	b
150	Antes	49,925600	a
	Após	46,489600	b
200	Antes	56,614800	a
	Após	51,380400	b
250	Antes	61,610800	a
	Após	57,585600	b
300	Antes	67,399600	a
	Após	63,425200	b

As médias apresentaram diferenças significativas á 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, após 1000 horas de utilização com água cinza, dentro de todas as pressões ensaiadas, este fato pode ser explicado porque houve a cimentação dos sólidos presentes na água residuária que foram se aderindo na passagem de águas da tubulação e do emissor afetando o seu desempenho.

7 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pelos métodos usados na avaliação do microaspersor Amanco MF bocal verde claro 1,0mm, com vazão nominal de 43 L h⁻¹, antes e após o uso com água residuária, chegou-se às seguintes conclusões:

- A água cinza não apresentou grandes problemas no desempenho do microaspersor, tendo em vista que a vazão média dos emissores depois de usados diminuiu em 6,59%, o coeficiente de uso ficou em 5,115 %, aumentado em relação ao coeficiente de fabricação que foi de 4,325%, mas, o microaspersor continuou com uma boa classificação e o R² teve uma pequena queda, passando de 0,9946 para 0,9898;
- Houve um melhor desempenho do microaspersor quando o mesmo foi ensaiado sob as mesmas condições e variáveis;
- O uso de água cinza, visando economia de águas com qualidade superior, é viável para a irrigação, pelo menos do ponto de vista do emissor;
- A técnica do reúso precisa ser mais difundida.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Requisitos mínimos para elaboração de projeto de sistema de irrigação localizada**. São Paulo, ABNT, 1986, 8p. PNR 12:02.08 – 022.

BERNARDI, C.C. **Reúso de água para a irrigação**. Monografia de especialização (MBA) ISEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília-DF, 2003. 52p

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 596p.

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

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água**. In: Reúso de água; Capítulo 5. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

BOTREL, T. A. **Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada**. Dissertação Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba: ESALQ, 1984. 78 f.

BRALTS, V. F.; WU, I. P.; GITLIN, H. M. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. **Transactions oh the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.1, p.113-119, 1981.

BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água**. In: Reúso de água; Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

CIRRA - Centro Internacional de Referência em reúso de água. **Reúso de água**. Universidade de São Paulo. 2007. Disponível em: <http://www.usp.br/cirra/index2.html>. Acesso em: 10/05/2007.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986.

COSTA, D. M. A.; BARROS JUNIOR, A. C. **Avaliação da necessidade do reúso de água residuais. 2005**. Disponível em <http://www.google.com/search?q=cache:EdlwyNrWf70J:www.cefetrn.br/dpeq/holos/anterior/200509/pdf/081-101.pdf+projetos+reúso+de+agua+em+irriga%C3%A7%C3%A3o&hl=pt-BR&gl=br&ct=clnk&cd=93>. Acesso em: 12/01/2007.

COSTA, M. da C. **Caracterização hidráulica de dois modelos de microaspersores associados a três reguladores de fluxo e um mecanismo de pulso**. Dissertação Mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba: ESALQ, 1994. 109 f.

DANTAS NETO, J.; MEDEIROS, M.G.A.; AZEVEDO, C.A.V.; AZEVEDO, H.M. de. Performance hidráulica e perfil de distribuição de água do microaspersor NAAN 7110, sob diferentes condições de vento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.1, p.57-61, 1997.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; Pizzo, H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006. Disponível em: -> <http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc123148.pdf>. Acesso em: 11/10/2007.

GILBERT, R. G.; FORD, H. W. **Operational principles**. In: Trickle irrigation for crop production; Chapter 3. Nakayama, F. S. & Bulks, D. A. Amsterdam: Elsevier, 1986.
HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação**. 2004. Disponível em

<<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 2 jan. 2008.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos.** In: Reúso de água; Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

KARMELI, D.; SMITH, S.W. **Irrigation with aerosol emitters.** Transaction of the ASAE. St. Joseph, v.21, n.5, p.878-880, Sep./Oct., 1978.

KELLER, J.; BLIESNER, D.R. **Sprinkler and trickle irrigation.** New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.17, n.4, p.878-880, 1974.

LIMA, V.L.A.; AZEVEDO, H.M. **Caracterização hidráulica do emissor microaspersor/microtubo.** In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 9, 1991, Natal. Anais... Natal: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1991. p.3-18.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J.F.G. **Riego localizado.** Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405p.

MANUAL DO IRRIGANTE. **Tempo de irrigar.** Programa Nacional de Irrigação, PRONI. – São Paulo: Mater, 1987.

MATOS, J. A.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. **Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante.** In: Revista Irriga, Botucatu, v.4, n.3, p. 168-174, 1999.

MAZZER, H.R. **Avaliação do desempenho de microaspersores em bancada de ensaio sob diferentes sistemas de aplicação.** Tese Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006. 55f.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P. D. **Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberras: efeito nos componentes de produção.** In: Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.2, p.569-578, maio/ago. 2007.

NASCIMENTO, T.; SOARES, J.M.; AZEVEDO, C. A.V. de. Caracterização hidráulica do microaspersor Rain-Bird QN-14. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.30-33. 1999. Disponível em <<http://www.agriambi.com.br/revista/v3n1/030.pdf>> acesso em 27/set/2007.

OLITTA, A.F.L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Livraria Nobel, 1987. 287p.

PAES, L.A.D. **Características hidráulicas dos microaspersores Dantas MA120 e Irtec e das linhas laterais em sistemas de irrigação por microaspersão.** Viçosa, 1985. 85f. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Viçosa.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.** Madelon Rebelo Peters – Florianópolis, 2006. xvi, 109f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental.

RASSINI, J. B. **Manejo da água na irrigação da alfafa num Latossolo Vermelho-Amarelo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 37, n. 4, p. 503-507, abr. 2002.

SANDRI, D. **Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita.** 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, M.G.L. S. **Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento.** In: Revista de Eng. Agríc. v.24 n.3 Jaboticabal set./dez. 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162004000300015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 02/abril/2007.

SANTOS, H. F. & MANCUSO, P. C. S. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial.** In: Reúso de água; Capítulo 1. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

SILVA, R. A.; SILVA, A. M. **Avaliação das características hidráulicas do microdifusor autocompensante Dan Jet 7200.** *Ciênc. agrotec.*, Lavras. V.27, n.4, p.873-878, jul./ago., 2003. Disponível em <http://www.editora.ufla.br/revista/27_4/art20.PDF>. Acesso em: 12/dez/2007.

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

SOUZA, J.A.R.; DENICULI, W.; BATISTA, R.O.; VAL, J.C.C.; MATOS, A.T. Caracterização hidráulica de microaspersor aplicando água limpa, água residuária de avicultura e de bovinocultura. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.13, n.3, 161-172, Jul./Set., 2005. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/Vol13/v13n3p161-172.pdf>> Acesso em: 10/jul/2007

VIEIRA, D. B. **As técnicas de irrigação.** São Paulo: Globo, 1989. 263p.

VON BERNUTH, R; SOLOMON, K.H. **Emitter construction.** In: (NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.). Trickle irrigation for crop production. Phoenix, Chapter 2, p. 27 - 52.1986.