

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO” FACULDADE DE CIENCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE EM MICROASPELADOR  
AUTOCOMPENSANTE NA ANDAN 2002 UTILIZANDO ÁGUA  
COM ALTO TEOR DE FERRO**

**Alexandre Tsutomu Fugiwara**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP –  
Campus de Botucatu, para obtenção do  
título de mestrado em Agronomia – Área de  
Concentração em irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP  
Janeiro – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO” FACULDADE DE CIENCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE EM MICROASPELADOR  
AUTOCOMPENSANTE NAANDAN 2002 UTILIZANDO ÁGUA  
COM ALTO TEOR DE FERRO**

**Alexandre Tsutomu Fugiwara**

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP –  
Campus de Botucatu, para obtenção do  
título de mestrado em Agronomia – Área de  
Concentração em irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP  
Janeiro – 2009

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

F957a Fugiwara, Alexandre Tsutomu, 1976-  
Avaliação da uniformidade em microaspersor autocompensante NAANDAN 2002 utilizando água com alto teor de ferro / Alexandre Tsutomu Fugiwara. - Botucatu : [s.n.], 2009. vi, 41 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009  
Orientador: Raimundo Leite Cruz  
Inclui bibliografia.

1. Irrigação por gotejamento. 2. Irrigação por aspersores. 3. Água - Qualidade. 4. Irrigação. 5. Água de irrigação. 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 UNIFORMIDADE EM MICROASPERSOR AUTOCOMPEN-  
SANTE NAANDAN 2802 UTILIZANDO ÁGUA COM ALTO TEOR DE  
FERRO"**

**ALUNO: ALEXANDRE TSUTOMU FUGIWARA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ**

Aprovado pela Comissão Examinadora



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. TARLEI ARRIEL BOTREL

Data da Realização: 13 de janeiro de 2009.

**DEDICO**

*A minha esposa Luciene a minha filha Natália de estarem presente em todos os momentos.*

*Aos meus pais graças ao esforço e pela dedicação na educação que me proporcionaram para que eu pudesse chegar até este momento.*

*Aos meus irmãos Márcia, Cíntia e Eduardo.*

## **Agradecimentos**

Agradeço a **DEUS** por tudo.

Ao Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, meu orientador, agradeço pela amizade e sinceridade.

Aos funcionários e amigos e professores do Departamento de Engenharia Rural

Ao funcionário e amigo José Israel Ramos

As secretárias da Pós-Graduação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – FCA/UNESP Campus Botucatu e ao  
CAPES pela oportunidade de realização do Mestrado

Aos amigos e colegas que no decorrer do curso ajudaram direta e indiretamente na  
realização deste trabalho.

Aos professores da pós-graduação.

Aos Professores do Departamento de Nutrição Animal  
Dr. Francisco Stefano Wechsler e Dr. Heraldo César Gonçalves

A Professora Dra. Luzia Trinca do Departamento de Bioestatística

Agradeço a Empresa NAANDAN JAIN Irrigacion por ter fornecido os microaspersores.

Muito obrigado!!!

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	IV
LISTA DE GRÁFICOS .....	V
LISTA DE TABELAS .....	VI
1. RESUMO .....	01
2. SUMMARY.....	02
3. INTRODUÇÃO.....	03
4. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA.....	05
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
7. CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Croqui do Sítio Bocaina, localizado no município de Lençóis Paulista-SP....	13
Figura 2 Horta localizada no Sitio Bocaina – Lençóis Paulista – SP.....	14
Figura 3. Detalhe dos canteiros e disposição dos microaspersores na horta.....	14
Figura 4. Foto do microaspersor no campo.....	15
Figura 5. Esquema do microaspersor montado.....	16
Figura 6. Detalhe do microaspersor NaanDan 2001 .....	16
Figura 7. Detalhe do microaspersor montado na cultura de couve.....	17
Figura 8. Estrutura da bancada de testes para microaspersor .....	19
Figura 9. Posicionamento dos microaspersores tipo serpentina.....	20
Figura 10. Posicionamento dos microaspersores tipo linha lateral.....	20
Figura 11. Posicionamento dos microaspersores tipo malha.....	20
Figura 12. Detalhe do microaspersor posicionado dentro da campânula.....	21
Figura 13. Válvula de dupla saída.....	22
Figura 14. Pesagem dos baldes através de uma balança eletrônica.....	22
Figura 15. Coleta da vazão dos microaspersores.....	22
Figura 16. Leituras da pressão através do manômetro.....	22



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. A relação entre pressão e emissores em comparação ao tipo.....	25
Gráfico 2. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 250 kPa.....	30
Gráfico 3. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 200 kPa.....	30
Gráfico 4. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 250 kPa.....	31
Gráfico 5. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 300 kPa.....	31
Gráfico 6. Comparação dos emissores novos e usados com sistema do tipo linha lateral e com a pressão recomendada pelo fabricante de 250 kPa.....	33
Gráfico 7. Comparação dos emissores novos e usados com sistema do tipo serpentina e com a pressão recomendada pelo fabricante de 250 kPa.....	33
Gráfico 8. Comparação dos emissores novos e usados com sistema do tipo malha e com a pressão recomendada pelo fabricante de 250 kPa.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Risco ao entupimento no uso da água para irrigação em sistema de microaspersão .....	11
Tabela 2. Resultados das análises das amostras de água.....	18
Tabela 3. Modelo e marca do microaspersor com sua vazão e pressão de trabalho sugerido pelo fabricante.....	21
Tabela 4. Coeficiente de variação de fabricação (CVf), de cada fluxo, conforme a pressão e sua vazão média.....	23
Tabela 5. Valores referentes ao tipo: $Pr > (t)$ for $H_0$ : LS Mean (i) LsMean (j).....	25
Tabela 6. Coeficiente de Uniformidade (%), de cada fluxo, conforme a pressão e sua vazão média.....	25
Tabela 7. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 150 kPa, e a totalização da vazão do sistema.....	26
Tabela 8. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 200 kPa, e a totalização da vazão do sistema.....	27
Tabela 9. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 250 kPa, e a totalização da vazão do sistema.....	28
Tabela10. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 300 kPa, e a totalização da vazão do sistema.....	29
Tabela 11. Somatória das vazões de cada tipo de pressão em diferentes sistemas.....	34

## 1. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variação da uniformidade de vazão, utilizando água com alto teor de ferro em microaspersores NaanDan autocompensantes, bocal marrom 35 L/h, foram testados no campo no Sítio Bocaina, localizado no município de Lençóis Paulista-SP, logo após 120 horas de uso foi retirado do campo e colocados em uma bancada no Laboratório de Irrigação e Drenagem da UNESP, em Botucatu –SP, onde foram submetidos a três sistemas (Tipo Malha, Tipo Linha Lateral e Tipo Serpentina) de irrigação, verificando inclusive sua pressão dos emissores.

Através de coletas de água analisando sua qualidade e determinando os teores de ferro presentes que variaram de 1,6 á 2,6 mg/l, para testes na irrigação em microaspersores no campo.

Os resultados mostraram que o ferro prejudica na vazão do microaspersor dependendo da pressão e do sistema utilizado, os sistemas tipo malha e linha lateral se mostram superiores aos do tipo serpentina.

Palavras Chaves: Microaspersão, entupimento, ferro, qualidade da água, tipos de irrigação, irrigação localizada.

## **STUDY TO EVALUTE UNIFORM IN 2002 MICROSPRINKLERS AUTO NAANDAN USING WATER WITH HIGH LEVELS OF IRON**

Botucatu, 2009, 41p.

Dissertation (Master Program in Agronomy /Irrigation and Drainage) – University of Agronomic Science of UNESP, State University of São Paulo.

Author: Alexandre Tsutomu Fugiwara

Adviser: Dr. Raimundo Leite Cruz

### **2. SUMMARY**

This study aimed to evaluate the variation of uniformity of flow, using water with high iron content in microsprinklers auto Naan Dan, brown nozzle 35 L / h, were tested in the field Bocaina Site, located in Lençóis Paulista-SP, after 120 hours of use of the field was removed and placed on a bench in the Laboratory of Irrigation and Drainage of UNESP, Botucatu-SP, which were submitted to three systems (Mesh Type, Type and Type Lateral Line Serpentina) from irrigation, including checking of the pressure transmitters.

By analyzing samples of water and its quality determines the levels of iron present ranging from 1.6 to 2.6 mg / l for tests on irrigation in microsprinklers field.

The results showed that iron affect the flow of microsprinklers depending on the pressure and the system used, the systems mesh type and lateral line are shown above the type of coil.

Keyword: microsprinkler, clogging, iron, water quality, irrigation type, trickle irrigation

### **3. INTRODUÇÃO**

A água constitui-se no recurso natural mais importante para o desenvolvimento da agricultura no mundo, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade. Tal importância reflete-se nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, em que apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (Brown, et.al, 2000).

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando-se que, quando bem projetada e manejada (Azevedo, 1986).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. No entanto, o aspecto qualidade água tem sido desprezado, devido a que no passado fontes de água eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Essa

situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto para os projetos novos como para os antigos que requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível de acordo com sua qualidade (Ayers e Westcot, 1991).

Outro problema emergente devido a esse crescimento populacional é a demanda por alimentos e a necessidade de tornar produtivas áreas até então não disponíveis ou inférteis. Essa necessidade além de tornar produtivas as áreas áridas e semiáridas do globo bem como complementar as necessidades hídricas das regiões e o uso de fertilizantes de maneira pontual, vem impulsionando o uso da irrigação a fim de usar com maior intensidade o solo agricultável suprimindo assim a demanda por alimento da crescente população mundial (Werneck et al., 1999).

Apesar de sua importância, apresenta-se cada vez escasso, representando um problema ambiental de solução complexa (Pescod, 1992). Segundo Kemper (1997), um primeiro passo seria diminuir a poluição, na tentativa de restabelecer a qualidade da água e, com isto, tornar o recurso reutilizável.

O uso da água de maneira consciente e eficiente em sistema hidráulico (irrigação, abastecimento de rede, entre outros), faz com que o desperdício seja mínimo, possibilitando um futuro mais promissor (Mazzer, 2006).

Assim, o presente trabalho, tem como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição da vazão do microaspersor NAANDAN 2002 autocompensante novos, após um período no campo utilizando água com um alto teor de ferro total presente em sua composição química, levados ao laboratório onde serão testadas e comparadas (novo x usado).

#### **4. Revisão Bibliográfica**

Embora o método de irrigação localizada seja a menor utilizada, devido ao baixo consumo de água e a preocupação com as reservas cada vez mais escassas de água limpa (PESCOD, 1998), muitas empresas vêm produzindo e importando materiais para a crescente demanda de equipamentos hidráulicos.

Segundo Bernardo (2006), compreende os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades (1 a 160 litros por hora), porém com alta frequência (turno de rega de um a quatro dias), de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próximo à “capacidade de campo”. Para isso, a aplicação da água é feita por meio de tubos com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de gotejadores e microaspersores denominados emissores, dos mais diferentes tipos, modelos e características. O sistema microaspersão é caracterizado por apresentar pressão operacional menor que 207 kPa, vazão de 20 a 100 L h<sup>-1</sup> e diâmetro de alcance dos emissores variando de 1,5 a 10 m (Boman, 1989).

Para Bernardo, (2006), a irrigação localizada não deve ser considerada somente como nova técnica para suprir de água as culturas, mas como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos de determinadas plantas, sob

condições controladas de umidade do solo adubação, adubação, salinidade, doenças e variedades selecionadas, de modo que se obtenham efeitos significativos na produção por área e por água consumida. Para esse perfeito emprego, um bom sistema de irrigação deve aplicar água de maneira uniforme proporcionando umidade ao solo, suficiente para o crescimento necessário de plantas.

Os microaspersores são providos de um corpo de sustentação um bocal que determina a vazão de descarga pela sua resistência à passagem da água e de um sistema de dispersão pelo qual tem função de dissipar a água em todas direções e extensões de maneira uniforme. A baixa uniformidade de distribuição de água pode ser atribuída a muitas causas. Para efeito de avaliação de sistemas já instalados, Bralts & Kesner (1983) agrupam as causas em duas classes: a) em causas hidráulicas - todas aquelas que afetam a pressão de operação dos emissores, podendo ser oriundas de um projeto hidráulicamente mal concebido, da falta de reguladores de pressão ou desajuste desses reguladores, elevada perda de carga, elevado desnível geométrico etc.; b) em baixa uniformidade dos emissores - decorrente do alto coeficiente de variação de fabricação e/ou da obstrução dos emissores.

Sampaio et al. (1996) conclui que emissores equipados com dispositivos giratórios possuem melhor distribuição.

Botrel (1984) observou que o processo de perda de carga localizada ficou bem representado por modelo potencial, concordando com Caixeta (1991), que também encontrou elevados coeficientes de ajuste ao modelo de potencial para perda de carga localizada.

A uniformidade de aplicação de água para este sistema ao longo da linha lateral está intimamente relacionada com a variação de vazão dos emissores a qual é uma conseqüência das perdas de energia pelo atrito e pelas inserções dos emissores, com ganho ou perda de energia, devido à topografia da superfície do solo, e com a qualidade da matéria-prima e dos processos de fabricação dos emissores (Keller & Karmeli, 1974).

Segundo Karmeli et al. (1982) o momento correto para a substituição dos bocais depende do custo dos bocais novos em relação ao custo da água, da vazão dos bocais, da vida útil do microaspersor e da taxa de desgaste dos bocais por unidade de tempo, que é função principalmente da pressão de operação, da qualidade da água (concentração



de sólidos) e da qualidade dos bocais. Para alta pressão de operação e baixa qualidade da água (muitos sólidos suspensos) o desgaste pode ser alto ( $0,0002 \text{ h}^{-1}$ , ou 2% em 100h) e, para baixa pressão e de boa qualidade da água, pode ser baixo ( $0,000002 \text{ h}^{-1}$  ou 0,02% em 100 h). Esses autores usando bocais de menor qualidade (material de menor resistência ao desgaste) mostraram a necessidade dos mesmos serem substituídos de 7 a 15 vezes durante a vida útil do aspersor, ou aproximadamente uma vez por ano. Em bocais de alta qualidade (resistentes ao desgaste abrasivo) o desgaste foi reduzido e ao menos precisou ser substituída uma única vez, ou duas durante a vida do microaspersor.

Existem várias formulações desenvolvidas por alguns pesquisadores para o cálculo de perda de carga, destacando as equações de Flamant, Hazen Williams e Darcy-Weisbach (3). Segundo Gomes (1997), a equação desenvolvida por este último é a mais utilizada no meio científico, garantindo maior ajuste dos dados à realidade física. Esta equação, também é conhecida como Formula Universal de Perda de Carga.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (01)$$

onde:

$h_f$  = perda de carga ao longo do comprimento do tubo ( $mcf$ )

$f$  = fator de atrito de Darcy-Weisbach (adimensional)

$L$  = comprimento do tubo ( $m$ )

$V$  = velocidade do líquido no interior do tubo ( $m / s$ )

$D$  = diâmetro interno do tubo ( $m$ )

$g$  = aceleração da gravidade local ( $m / s^2$ )

A perda de carga ao longo da linha causa uma variação da pressão sobre cada bocal, pode causar ainda, um problema em relação à vida útil do bocal. Alguns terão vida útil maior que outros em função da diferença de pressão utilizada entre eles,

levando a substituição prematura de parte do sistema de irrigação encarecendo o mesmo. A troca de parte desses microaspersores ainda pode acarretar diferenças maiores de pressão do que já existem no sistema, visto que os novos aspersores podem não ter o mesmo desempenho dos já empregados.

A vazão do emissor de acordo com OLITTA (1987), pode ser representada pela equação  $q = kH^x$ , em que 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 Mazzer 2006 a utilização de sistemas de distribuição de água em malha é muito comum em sistemas de abastecimento de água urbano. Segundo Netto (2000), as malhas possuem um papel de fundamental importância, elas garantem que mesmo que haja algum tipo de vazamento ou variação de vazão em qualquer ponto, os outros pontos ligados a malha receberão pressão e vazão suficientes para que continuem trabalhando de maneira satisfatória até o reparo do determinado ponto. Outro fator determinante é a uniformidade de distribuição de água a qual pretende-se distribuir os valores de vazão em todos os pontos igualmente.

Para Pizarro (1990) um emissor perfeito teria o expoente  $x=0$  (autocompensante), os de regime laminar  $x = 1$  e nos regime turbulento  $x < 1$ ; já Keller & Karmelli (1974) considera um regime laminar os emissores com expoente  $x = 1$  e de regime turbulento com  $x = 0,5$ .

O coeficiente de variação de fabricação (CVf), é uma medida estatística que avalia a variação do processo de fabricação dos emissores. É utilizado também, para avaliar a variação de fluxo do emissor ao longo de uma linha lateral de irrigação localizada.

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; Bralts et al., 1981).

De acordo com Solomon (1979) o coeficiente de variação de fabricação é o melhor parâmetro para a avaliação das diferenças individuais entre os

emissores; também, é uma informação que representa bem o projeto do emissor, materiais usados na sua construção e cuidados aplicados na sua fabricação. 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:

$$CVF = 100 \frac{\sqrt{\frac{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2 - nq_m^2}{n-1}}}{q_m} \quad (2)$$

Em que:

CVf – coeficiente de variação de fabricação (%)

$q, q, \dots, q$  – vazão de cada emissor em Lh

$q_m$  – vazão média do emissores em L h

$n$  – número de emissores do lote de amostragem

Solomon (1979) classifica os emissores, quanto à uniformidade, da seguinte maneira: nos de CVf até 0,03, a uniformidade é excelente; de 0,04 a 0,07, é média; de 0,08 a 0,1, é marginal; de 0,11 a 0,14 pe pobre e, acima de 0,15, é inaceitável, enquanto para a ABNT (1986) os de CVf inferior a 10% tem uniformidade boa; de 10 a 20% é media, de 20 a 30% é marginal e inferior a 30% é inaceitável.

Allen e Brockway (1984), atribuem conceitos de melhoria no uso e na eficiência de irrigação e da maximização da receita devem ser utilizados no dimensionamento de novos sistemas de irrigação com o objetivo da redução do uso de energia e recursos hídricos. Porém, o benefício econômico é o maior critério para a aceitabilidade das alterações no dimensionamento e no manejo da irrigação.

Para a minimização do entupimento, são sugeridas diversas técnicas na literatura. Entre as práticas mais usuais, estão a filtragem e a cloração (Nakayama & Bucks 1991). Segundo Adin & Sacks (1991), a filtragem é absolutamente essencial e previne o entupimento imediato por partículas relativamente grandes e com formas irregulares, ao passo que modificação interna dos emissores e o pré-tratamento com oxidantes e floculantes reduzem a possibilidade de ocorrência do entupimento.

Para Mazzer (2006) utilização do sistema de distribuição em malha para a irrigação deve ser melhor estudado, comparando custos e benefícios, sendo que o principal objetivo da irrigação localizada é a distribuição uniforme de água, o mesmo da distribuição em malha. A verificação fica compreendida somente no aumento de custo de implantação do sistema em relação durabilidade e produtividade.

VERMEIREN & JOBLING apud TESTEZLAF et al. (2001), enfatizam que a presença de  $Fe^{++}$  na água acarreta problemas sérios para o sistema de irrigação, uma vez que esse íon em contato com o oxigênio oxida-se, transformando-se em  $Fe^{+++}$ , o qual precipita-se, entupindo tubulações e gotejadores. A potencialidade do ferro em ocasionar problemas de obstrução, todavia, é difícil de se avaliar devido ao fato que geralmente este elemento contribui para a formação de mucilagens que são produzidas por ferrobactérias.

Para Brasil (2005), o ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria 1469 do Ministério da Saúde. É também padrão de emissão de esgotos e de classificação das águas naturais. No Estado de São Paulo estabelece-se o limite de 15 mg/L para concentração de ferro solúvel em efluentes descarregados na rede coletora de esgoto seguida de tratamento (Decreto n° 8468).

Bernardo (2006), o carbonato ferroso é solúvel e freqüentemente é encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens.

O ferro é um elemento considerado micronutriente em relação às plantas e necessários para o metabolismo animal, em concentrações elevadas pode se tornar tóxico (ESTEVES, 1998).

Normalmente está na água o ferro pode se precipitar na presença de oxigênio dissolvido convertendo-se em forte contribuinte para obstrução de gotejadores (Von Sperling, 1996). Isso ocorre porque o ferro reduzido ( $Fe^{2+}$ )e, portanto, solúvel, ao atravessar o sistema de filtragem, pode se oxidar, tornando-se insolúvel ( $Fe^{3+}$ ) e acaba se precipitando e causando obstrução dos emissores VIEIRA et al.

Em trabalho sobre recuperação de gotejadores entupidos devido a problemas de ferro na água, VIEIRA et al (2004) constataram que a aplicação de ácido fosfórico na água para controle do pH associado com a utilização de hipoclorito de sódio com 12% de cloro livre resultou em melhoria na uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação, por meio do aumento nos valores do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

Tabela 1. Risco ao entupimento no uso da água para irrigação em sistema de microaspersão.

<b>Tipo de problema</b>	<b>Unidade</b>	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Severo</b>
<b>Físico</b>				
Sólidos suspensos	ppm	<50	50-100	> 100
<b>Químico</b>				
pH	-----	<7,0	7,0 – 8,0	> 8,0
Sólidos dissolvidos	ppm	< 500	500 - 2000	> 2000
Manganês		< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Ferro		< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Sulfeto de hidrogênio		< 0,5	0,5 – 2,0	> 2,0
<b>Biológico</b>				
População Bacteriana	Número máximo UFC*/ml	< 10000	10000 -50000	> 50000

\*Unidades formadoras de colônia

**Fonte:** Bucks et al. (1979).

A tabela 1 de acordo com o trabalho de PITTS et al (1990), foi reformulada por TODD, em 1980, onde foi acrescentado o item dureza, com valores de risco baixo para dureza menor que  $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; risco moderado para o intervalo entre 150 e  $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  e risco severo para dureza maior que  $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Por esse motivo a turbidez, quando usada como único parâmetro de avaliação da qualidade da água é apenas um indicativo da possibilidade de entupimento, devendo ser usada em conjunto com análises de sólidos suspensos para ser obter uma estimativa real da possibilidade de entupimento dos gotejadores (GILBERT & FORD, 1986).

Os constituintes biológicos da água, (bactérias e algas) mesmo sendo menores que o orifício do gotejador podem causar entupimento dos gotejadores, pois se combinam com partículas de silte e argila formando aglomerados e também podem causar precipitação de manganês, ferro e enxofre. (PITTS et al., 1990)

## 5. Material e método

O presente trabalho foi realizado em duas etapas, a primeira etapa onde foram colocados microaspersores em uma horta no Sítio Bocaina em Lençóis Paulista –SP (Figura 3), local onde foi realizado o teste de uniformidade de vazão, com água contendo alto teor de ferro observado na (tabela 2) utilizando os microaspersores por um período de 120 horas, num total de 14 meses.

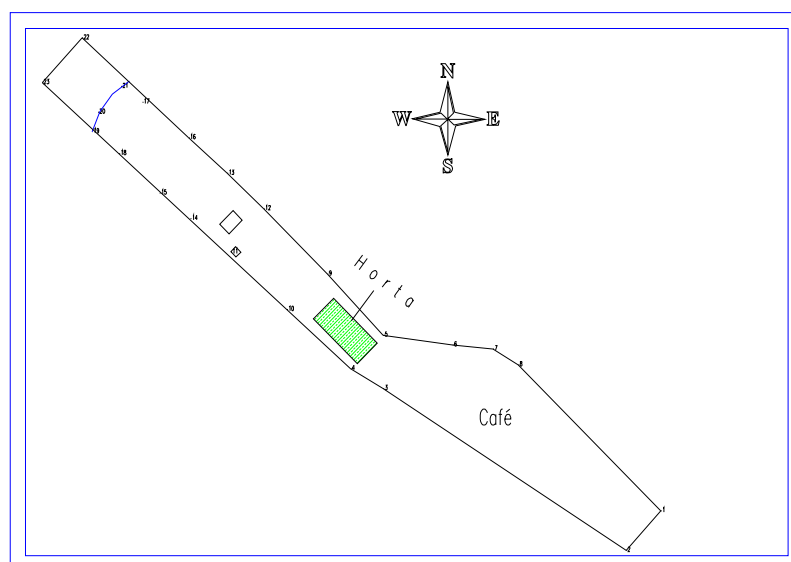


Figura 1. Croqui do Sítio Bocaina, localizado no município de Lençóis Paulista-SP.



Figura 2. Horta localizada no Sitio Bocaina – Lençóis Paulista – SP.

Vista da horta na (figura 2), o reservatório de 5.000 litros está posicionado próximo a horta de onde é armazenado a água bombeada do poço e levada através de uma bomba irrigação 2 CV, 4 estágios, é utilizado um filtro de disco de 1” de 120 mesh, distribuído por uma linha principal PVC e derivado para linhas secundárias em mangueiras de polietileno.

Os canteiros possuem 10 metros de comprimentos e 9 metros de largura, os microaspersores são dispostos em 1,5 metros de largura entre as linhas de plantio, de comprimento na linha de plantio entre os microaspersores são de 2,0 metros de distância. No começo da linha principal, partindo para secundárias iniciais são dispostos de 1,0 metro e no final.



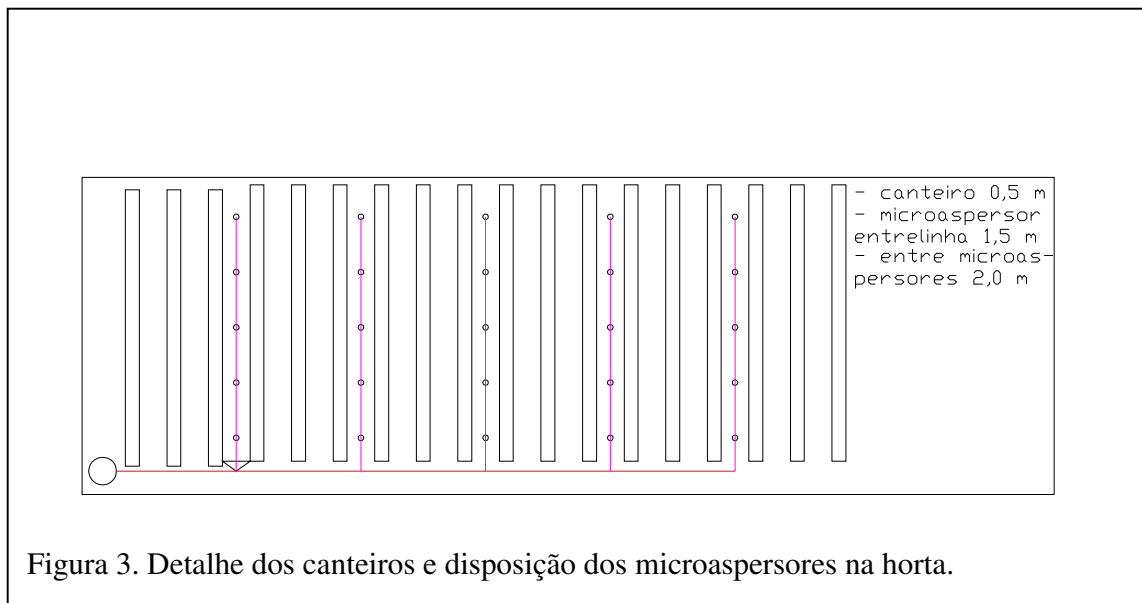


Figura 3. Detalhe dos canteiros e disposição dos microaspersores na horta.

Adotou-se uma cultura - *B. Oleracea* var. *acephala* - de Couve-de-folha chamada de vulgarmente couve manteiga, uma brássica que apresenta caule ereto (Filgueira, 2000), indicada para plantas arbóreas.



Figura 4. Foto do microaspersor no campo.

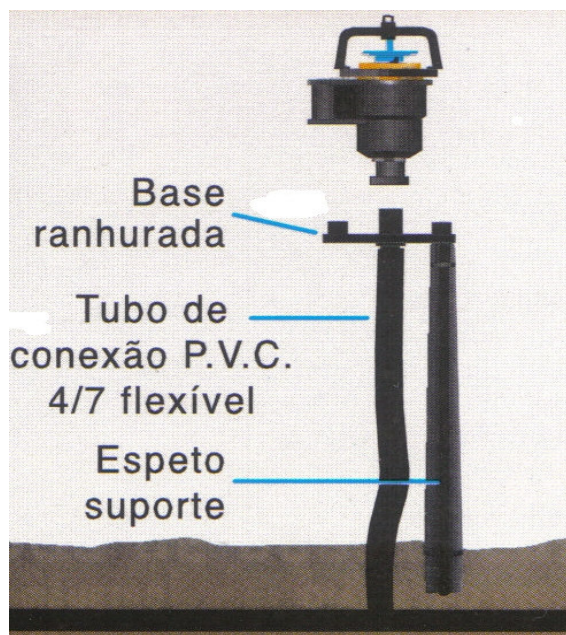


Figura 5. Esquema do microaspersor montado.

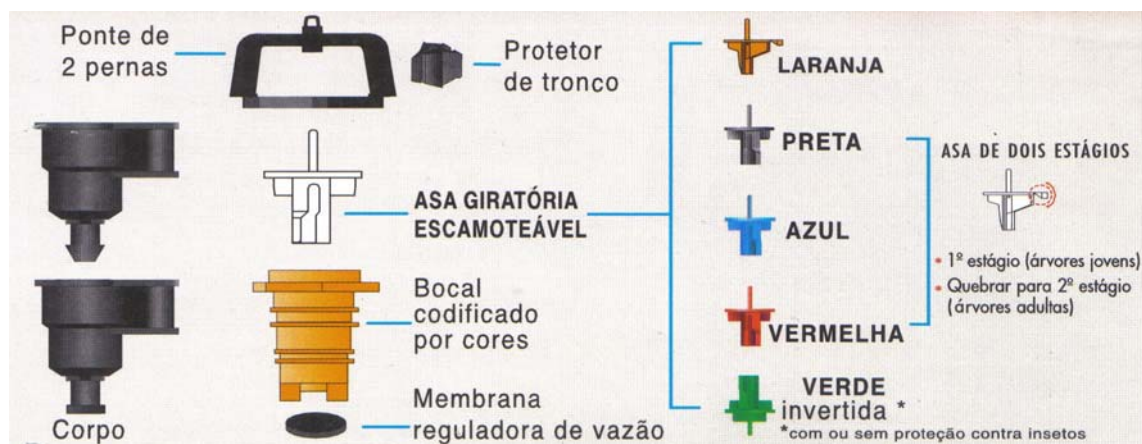


Figura 6. Detalhe do microaspersor Dan 2001





Figura 7. Detalhe do microaspersor montado na cultura de couve.

Foram coletada água em diferentes estações do ano a cada trimestre, eram levadas ao laboratório para análise da quantidade de ferro total presente na água do poço e do tanque, para coleta do tanque foi feito apenas uma vez no ano na estação do inverno pois durante as estações chuvosas a água apresentava muita turbidez.

Tabela 2. Resultados das análises das amostras de água.

Procedimento	Amostras				
	<b>Verão</b>	<b>Outono</b>	<b>Inverno</b>	Primavera	<b>Água do tanque</b>
Ferro Total	2,6 mg/l	2,5 mg/l	1,6 mg/l	1,8 mg/l	4,2 mg/l
Risco de entupimento	SEVERO	SEVERO	MÉDIO	MÉDIO	SEVERO

Logo após o período de teste foi realizada a segunda etapa no laboratório do Departamento de Engenharia Rural da FCA – UNESP Botucatu –SP. Utilizou um modelo de bancada de testes para microaspersores (Figura 8).

Dentro de um lote de 500 peças, foram selecionadas 50 peças não sequenciais, como prevê a norma ABNT, onde já haviam sido submetidos a teste de uniformidade de vazão. Passando por mais um processo de seleção, das 50 peças, selecionando-se 25 peças de microaspersores NAANDAN autocompensantes, direcionados ao campo para devidos fins e retornando ao laboratório para análises necessárias.

A bancada possui 25 campânulas para posicionamento dos microaspersores onde a água é conduzida pelo tubo de PVC e com saída em mangueiras de polietileno com válvulas de dupla saída (figura 13), onde um lado retorna ao reservatório localizado no centro da bancada observada na (figura 8) com capacidade de 2000L era mantido com nível praticamente constante. Toda vazão de água excedente era devolvida ao sistema, a bomba estabelecida em projeto para a bateria de teste foi superdimensionada, com intenção de ter na própria bancada uma tomada de água para teste em campo e uma simulação para que o modelo possa ser implementado como sendo parte de um sistema (parcela) e não só como sistema inteiro de irrigação.

Para evitar os possíveis entupimentos nos microaspersores foi colocado um filtro de disco de 120 mesh.

A bancada foi desenvolvida para submeter os microaspersores a trabalhos semelhantes aos que seriam submetidos em campo, desta forma foram testados

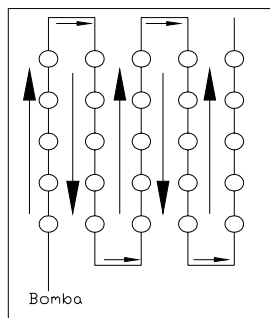




Figura 8. Estrutura da bancada de testes para microaspersor.

três modelos de fluxo.

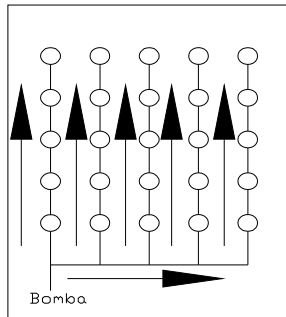
O primeiro modelo, denominado de “Tipo Serpentina”, foi realizado alternando o fechamento das válvulas de esfera, formando desta maneira um fluxo único entre os microaspersores, desde a saída da bomba até a tubulação de descarga, conforme esquema da Figura 7. O segundo modelo, denominado de “Tipo Linha Lateral”, foi realizado com o fechamento das válvulas de esfera de um único lado, formando desta maneira um fluxo único entre “ruas” abastecido por uma linha principal, formando assim 5 linhas secundárias desde a saída da bomba até a última linha, conforme esquema da Figura 8. O terceiro modelo, denominado de “Tipo Malha”, foi realizado com a abertura de todas as válvulas de esfera do sistema, formando desta maneira um fluxo múltiplo entre todas as linhas de microaspersores desde a saída da bomba até a última linha, conforme esquema da Figura 7.



Posicionamento dos microaspersores tipo serpentina

25	20	15	10	05
24	19	14	09	04
23	18	13	08	03
22	17	12	07	02
21	16	11	06	01

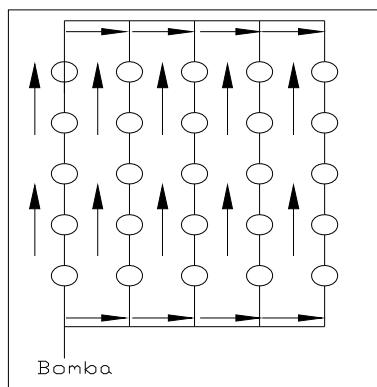
Figura 9. Posicionamento dos microaspersores tipo serpentina.



Posicionamento dos microaspersores tipo linha lateral

25	20	15	10	05
24	19	14	09	04
23	18	13	08	03
22	17	12	07	02
21	16	11	06	01

Figura 10. Posicionamento dos microaspersores tipo linha lateral.



Posicionamento dos microaspersores tipo malha

25	20	15	10	05
24	19	14	09	04
23	18	13	08	03
22	17	12	07	02
21	16	11	06	01

Figura 11. Posicionamento dos microaspersores tipo malha.



Figura 12. Detalhe do microaspersor posicionado dentro da campânula.

Cada microaspersor pesa 20 gramas, foram fixados com microtubos dentro de uma campânula fechada, dispostos de forma aleatória na bancada forma os 25 pontos de coleta, e com tomadas de água por meio de mangueiras para válvulas de dupla saídas, as quais conduziam o líquido captado até os baldes de coleta conforme na (Figura 13). Durante o processo esses microaspersores foram numerados e não sofreram alteração de posicionamento, visto em detalhes na (Figura 12), o controle da pressão foi através de manômetros de glicerina calibrados para cada situação (Figura 16).

Tabela 3. Modelo e marca do microaspersor com sua vazão e pressão de trabalho sugerido pelo fabricante.

Modelo/Marca	Vazão ( $L \cdot h^{-1}$ ) x Pressão (kPa)
Dan 2002 – autocompensando/Naandan	
Bocal marrom 1,10mm	35 x 250



Figura 13. Válvula de dupla saída.



Figura 14. Pesagem dos baldes através de uma balança eletrônica.



Figura 15. Coleta da vazão dos microaspersores.



Figura 16. Leituras da pressão através do manômetro.

As medidas de vazão foram realizadas pelo método direto, na qual a água captada do microaspersor era conduzida até um recipiente de volume de 20 litros (Figura 16). Estabelecido um tempo de 20 minutos conforme a vazão declarada, o recipiente era pesado com uma balança eletrônica de precisão 5 gramas (Figura 14). Sendo sua massa específica calculado com o volume coletado e a vazão dos microaspersor. Foram realizadas três repetições cada tipo de situação de sistema com 4 pressões diferentes e tirada sua media aritmética.



## 6. Resultados e discussões

Após o término da fase experimental na bancada, os dados coletados foram dispostos em Tabelas, com a média das três repetições para cada pressão.

As temperaturas para todos os tipos de posicionamento e pressão mantiveram as seguintes médias de: 24,3°C até 26,5 °C.

Através dos dados obtidos da vazão dos microaspersores sob as pressões de 150kPa; 200kPa; 250kPa; 300kPa, dados nas tabelas 5, 6, 7e 8, observa-se os CVf de cada fluxo.

Tabela 4. Coeficiente de variação da vazão, de cada fluxo, conforme a pressão e sua vazão média.

Fluxo	Pressões	Média das Vazões em L.h <sup>-1</sup>	CVf
Linha Lateral	150kPa	31,1316	0,032056
Serpentina	150kPa	28,3036	0,034449
Malha	150kPa	30,222	0,032836
Linha Lateral	200kPa	30,8592	0,032288

Serpentina	200kPa	29,32	0,033615
Malha	200kPa	31,074	0,032103
Linha Lateral	250kPa	32,2728	0,03107
Serpentina	250kPa	31,5292	0,031711
Malha	250kPa	32,4472	0,030919
Linha Lateral	300kPa	33,092	0,030364
Serpentina	300kPa	32,8972	0,030533
Malha	300kPa	33,3488	0,030142

Quanto aos valores de CVf encontrados, a maioria se enquadra dentro da ABNT como de média uniformidade, apenas a linha lateral e a malha de 300kPa apresentaram excelente uniformidade segundo Solomon (1979).

Para a análise estatística utilizando-se o Sistema SAS® para Windows (Sistema Análises Estatística, 1985). Foi testada a significância do modelo e dos respectivos parâmetros da regressão, ou seja, o teste em que a variável em questão não trouxe contribuição significativa para a variação do fator de uniformidade. Como parâmetros estatísticos para averiguação da qualidade do modelo, foi considerado: o coeficiente de variação (CV), com significância ao nível de 0,01 de probabilidade para as estimativas dos parâmetros e a média do desvio.

Não houve diferença estatística entre o tipo linha lateral e malha, houve uma diferença estatística entre linha lateral e tipo serpentina, mas o volume tem diferença quando o efeito é sobre a pressão e varia conforme o tipo citado anteriormente.

Tabela 5. Valores referentes ao tipo:  $Pr>(F)$  para  $H_0$ : LS médio (i) Ls médio (j)

i \ j	1	2	3
1		<0,0001	0,9626
2	<0,0001		0,0002
3	0,9626	0,0002	

No gráfico 1 mostra que a regressão analisada na pressão é quadrática e para o volume se apresenta de uma forma linear.

Gráfico 1. A relação entre pressão e emissores em comparação ao tipo.

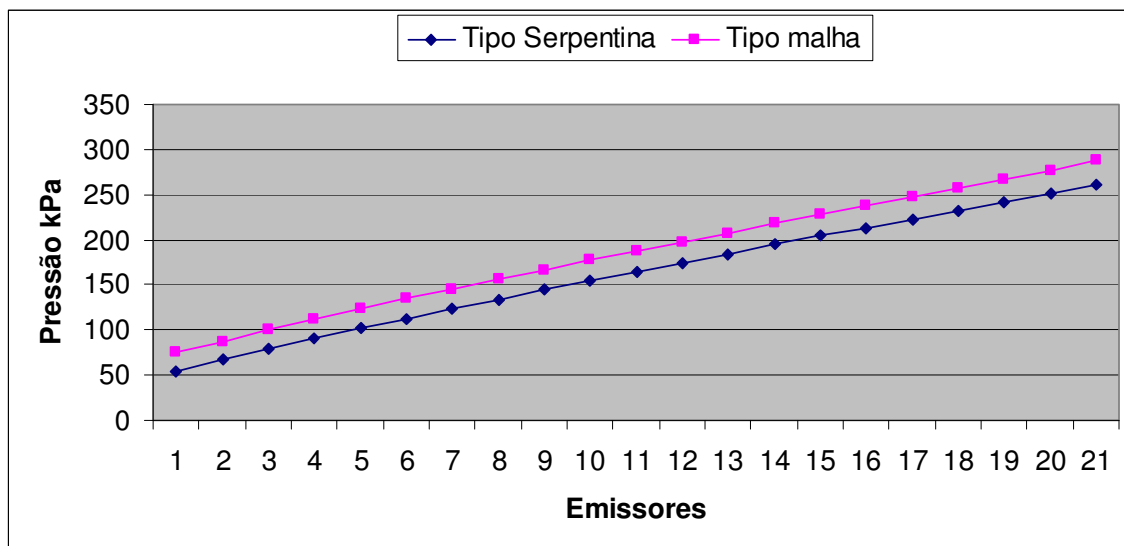


Tabela 6. Coeficiente de Uniformidade (%), de cada fluxo, conforme a pressão e sua vazão média.

Fluxo	Pressões	Média das Vazões em L.h <sup>-1</sup>	Coeficiente de Uniformidade (%)
Linha Lateral	150kPa	31,1316	99,91422
Serpentina	150kPa	28,3036	99,44442
Malha	150kPa	30,222	99,58693
Linha Lateral	200kPa	30,8592	99,59757
Serpentina	200kPa	29,32	99,59882
Malha	200kPa	31,074	99,6635
Linha Lateral	250kPa	32,2728	99,81565
Serpentina	250kPa	31,5292	99,70981
Malha	250kPa	32,4472	99,8493
Linha Lateral	300kPa	33,092	99,93523
Serpentina	300kPa	32,8972	99,90124
Malha	300kPa	33,3488	99,9531

Tabela 7. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 150 kPa, e a totalização da vazão do sistema.

Pressão inicial	150 kPa					
	Tipo Linha Lateral		Tipo Serpentina		Tipo Malha	
Variável	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)
Emissor 1	30,11	139,590	24,93	95,769	30,42	133,603
Emissor 2	27,59	137,892	24,75	93,666	31,56	135,225
Emissor 3	26,42	138,215	25,28	91,856	28,62	136,869
Emissor 4	30,70	134,546	24,21	89,574	30,39	134,576
Emissor 5	31,22	132,894	24,73	87,113	31,10	137,113
Emissor 6	30,90	133,664	28,03	99,464	30,91	133,463
Emissor 7	30,17	131,848	28,54	101,334	31,21	132,338
Emissor 8	30,42	130,079	28,07	103,244	31,11	131,246
Emissor 9	30,35	128,328	29,41	106,164	30,26	129,164
Emissor 10	30,12	126,585	27,77	108,084	30,57	129,082
Emissor 11	23,79	139,761	25,13	138,890	27,33	139,898
Emissor 12	30,35	137,881	30,02	118,850	31,70	128,859
Emissor 13	30,13	127,035	25,13	135,810	25,73	136,819
Emissor 14	30,92	125,198	27,63	114,760	29,55	126,764
Emissor 15	30,53	123,385	30,11	112,801	31,74	126,807
Emissor 16	30,17	141,323	27,47	125,534	29,31	137,533
Emissor 17	32,96	139,360	31,70	127,414	32,62	139,415
Emissor 18	27,49	137,413	28,71	130,304	30,82	137,306
Emissor 19	28,98	135,487	29,24	132,194	29,90	137,194
Emissor 20	31,11	133,574	30,09	139,094	31,28	137,092
Emissor 21	30,79	142,458	34,20	141,545	31,43	142,551
Emissor 22	31,71	141,397	28,85	141,065	24,28	141,974
Emissor 23	32,11	140,358	32,95	138,615	32,71	140,928
Emissor 24	29,16	140,005	30,47	138,165	30,18	140,172
Emissor 25	30,49	142,331	30,17	139,735	30,82	142,744
	<b>748,69</b>		<b>707,59</b>		<b>755,55</b>	

Tabela 8. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 200 kPa, e a totalização da vazão do sistema.

Pressão inicial	200 kPa					
	Tipo Linha Lateral		Tipo Serpentina		Tipo Malha	
Variável	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)
Emissor 1	30,32	196,522	29,34	148,869	30,95	194,211
Emissor 2	31,00	194,822	29,86	147,254	31,89	193,575
Emissor 3	26,34	195,139	21,74	178,659	28,92	196,154
Emissor 4	31,28	191,473	28,94	143,259	30,35	191,794
Emissor 5	30,92	189,825	29,20	141,134	31,62	189,518
Emissor 6	30,78	188,864	31,15	152,244	31,49	193,113
Emissor 7	30,62	187,047	31,54	155,299	31,35	186,677
Emissor 8	31,10	185,287	29,62	157,503	31,33	185,549
Emissor 9	30,28	183,526	32,54	159,732	31,28	184,455
Emissor 10	30,80	181,791	28,64	160,546	31,87	182,371
Emissor 11	29,67	194,140	27,79	173,431	32,38	182,290
Emissor 12	31,19	192,265	30,02	172,423	31,99	191,275
Emissor 13	30,07	190,409	28,99	169,824	29,39	190,236
Emissor 14	30,95	188,570	28,69	167,749	30,01	188,193
Emissor 15	30,60	186,767	30,18	165,571	30,70	188,145
Emissor 16	29,51	195,657	29,45	176,408	31,83	188,187
Emissor 17	33,17	193,690	31,67	179,267	33,80	189,871
Emissor 18	30,00	191,743	28,94	181,767	31,40	191,752
Emissor 19	30,67	191,796	29,78	183,144	31,55	189,642
Emissor 20	32,34	189,866	29,99	186,755	31,98	194,515
Emissor 21	30,48	185,231	31,47	197,064	31,13	193,398
Emissor 22	32,51	187,175	21,42	195,697	24,72	194,329
Emissor 23	34,52	195,128	31,69	193,320	32,22	195,846
Emissor 24	30,66	197,106	29,95	192,528	30,83	196,393
Emissor 25	31,70	197,103	30,40	190,397	31,87	197,949
	771,48		733,00		776,85	

Tabela 9. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 250 kPa, e a totalização da vazão do sistema.

Pressão inicial	250 kPa					
	Tipo Linha Lateral		Tipo Serpentina		Tipo Malha	
Variável	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)
Emissor 1	31,88	245,502	30,86	204,848	29,22	245,680
Emissor 2	31,49	243,964	29,88	202,141	32,10	243,292
Emissor 3	28,76	245,119	27,72	220,528	29,64	243,936
Emissor 4	30,74	241,473	31,30	199,248	31,04	240,631
Emissor 5	32,31	241,805	32,65	198,272	33,35	242,252
Emissor 6	31,83	242,105	31,58	207,901	32,10	243,759
Emissor 7	33,09	240,227	31,67	209,893	33,81	242,552
Emissor 8	32,25	239,639	31,71	210,430	32,30	241,487
Emissor 9	31,44	238,559	30,72	212,982	31,80	239,565
Emissor 10	33,90	237,824	32,18	215,749	33,06	234,324
Emissor 11	30,23	245,387	28,54	232,571	30,83	245,521
Emissor 12	31,79	242,512	32,33	224,419	33,83	242,484
Emissor 13	30,89	241,656	30,38	222,999	31,14	240,441
Emissor 14	29,73	240,817	29,27	223,386	30,59	240,394
Emissor 15	32,78	237,014	31,85	220,948	34,20	240,438
Emissor 16	33,12	246,623	31,27	218,142	32,61	241,832
Emissor 17	35,27	244,656	34,26	229,416	35,70	243,711
Emissor 18	32,61	246,709	31,99	233,346	33,11	241,602
Emissor 19	33,08	239,779	32,57	235,989	34,38	241,498
Emissor 20	34,53	238,869	32,81	237,008	34,44	240,399
Emissor 21	32,66	248,854	32,36	249,059	31,95	247,989
Emissor 22	32,60	247,793	32,24	247,657	31,52	247,070
Emissor 23	34,23	245,751	33,93	245,589	33,24	244,020
Emissor 24	32,61	243,729	32,11	243,222	32,16	243,570
Emissor 25	33,00	241,726	32,05	241,439	33,06	242,140
	<b>806,82</b>		<b>788,23</b>		<b>811,18</b>	

Tabela 10. Valores de pressão e vazão em cada emissor, da marca Naandan, em todos os sistemas com pressão inicial de 300 kPa, e a totalização da vazão do sistema.

Pressão inicial	300 kPa					
	Tipo Linha Lateral		Tipo Serpentina		Tipo Malha	
Variável	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	Q (L/h <sup>-1</sup> )	P (kPa)
Emissor 1	29,10	290,652	31,93	260,192	33,09	290,667
Emissor 2	33,39	288,952	31,84	258,257	33,48	289,279
Emissor 3	30,75	287,269	30,37	257,628	30,47	287,919
Emissor 4	32,64	285,603	31,75	256,072	32,31	285,637
Emissor 5	32,64	283,955	33,08	254,630	33,90	288,239
Emissor 6	33,90	286,333	32,50	263,528	33,29	286,140
Emissor 7	33,30	284,516	33,55	264,342	33,69	285,010
Emissor 8	33,45	282,747	32,10	266,999	32,73	283,920
Emissor 9	32,25	280,995	32,83	267,375	32,16	281,840
Emissor 10	34,53	279,260	33,60	269,839	33,77	281,760
Emissor 11	31,02	290,410	29,80	285,102	30,26	289,544
Emissor 12	33,15	288,535	33,93	277,494	34,95	288,504
Emissor 13	31,47	286,679	31,19	275,292	31,11	286,464
Emissor 14	31,65	284,840	31,16	274,491	31,74	286,414
Emissor 15	35,72	283,037	33,23	272,591	35,13	286,452
Emissor 16	33,63	291,288	33,39	282,302	34,23	287,498
Emissor 17	36,39	289,321	35,82	283,989	36,29	289,378
Emissor 18	33,69	287,374	31,39	285,946	33,39	287,268
Emissor 19	34,20	285,444	35,03	287,147	33,95	287,158
Emissor 20	34,38	283,534	34,32	289,517	34,52	287,058
Emissor 21	33,62	296,179	33,78	293,470	33,54	287,271
Emissor 22	32,37	294,118	33,62	294,857	32,85	290,791
Emissor 23	33,98	292,076	35,15	295,303	34,92	290,341
Emissor 24	33,21	290,054	33,34	296,257	34,05	289,891
Emissor 25	32,87	288,051	33,73	297,156	33,90	289,461
	827,30		822,43		833,72	

Gráfico 2. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 150 kPa.

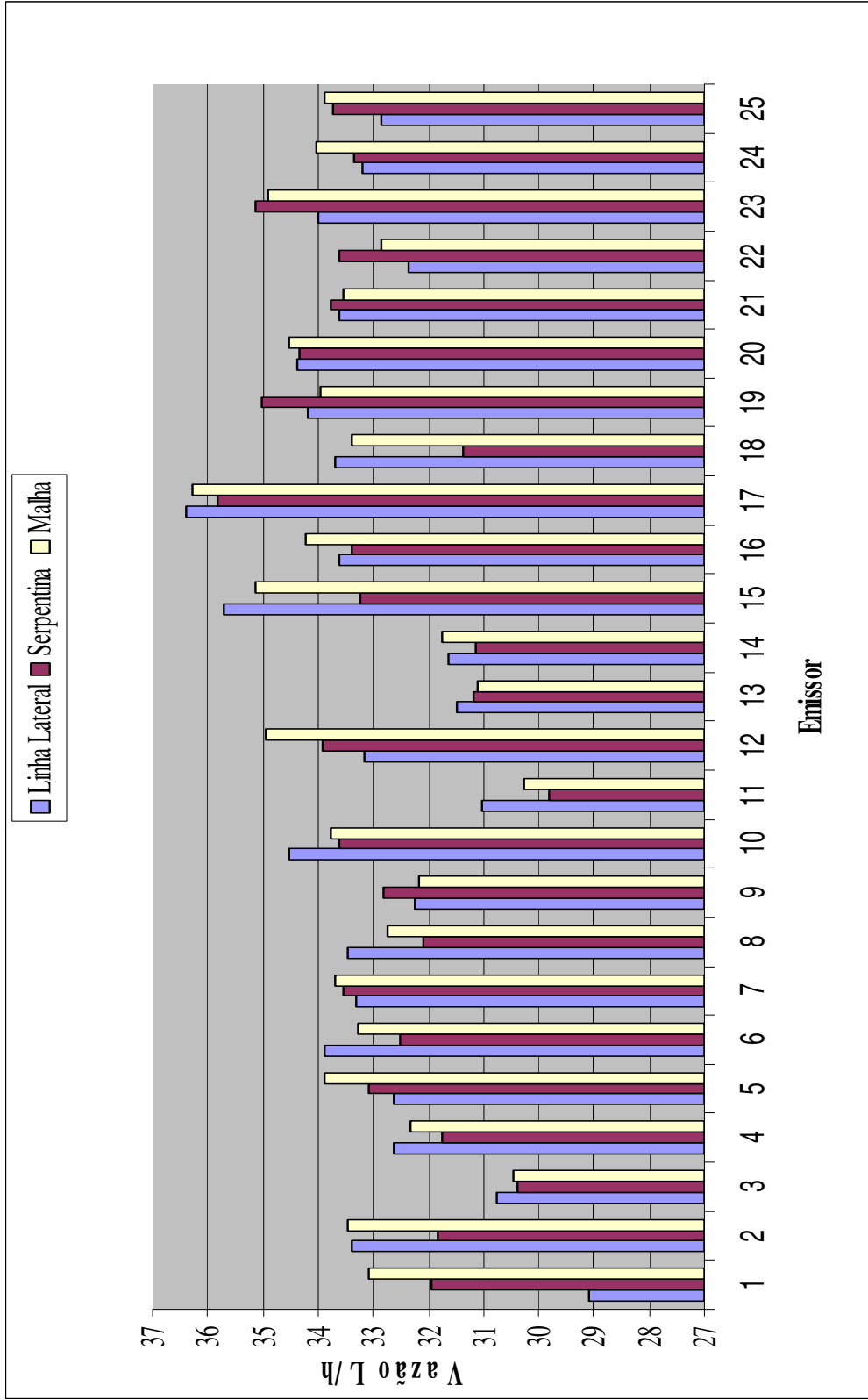




Gráfico 3. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 200 kPa.

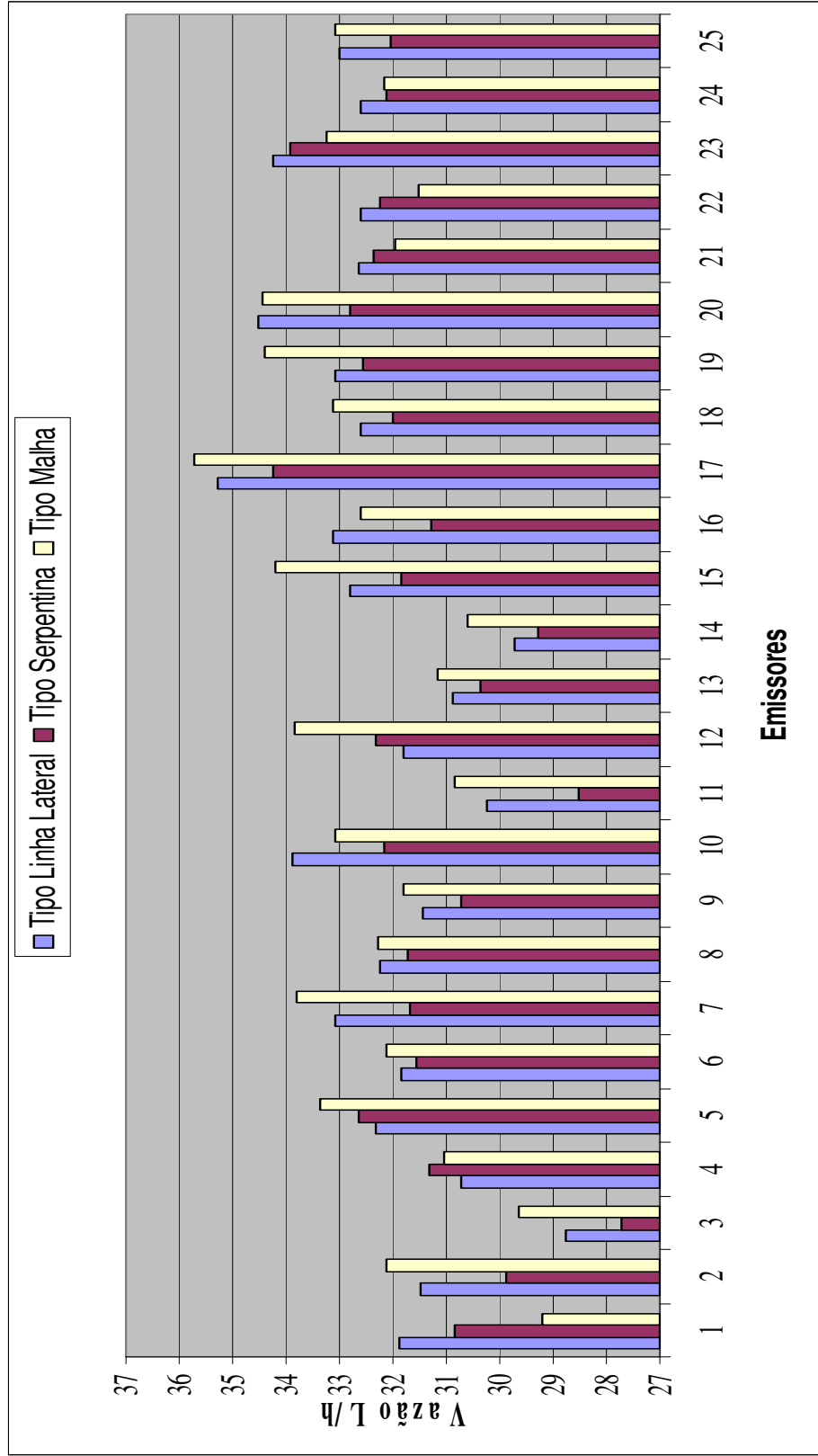


Gráfico 4. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 250 kPa.

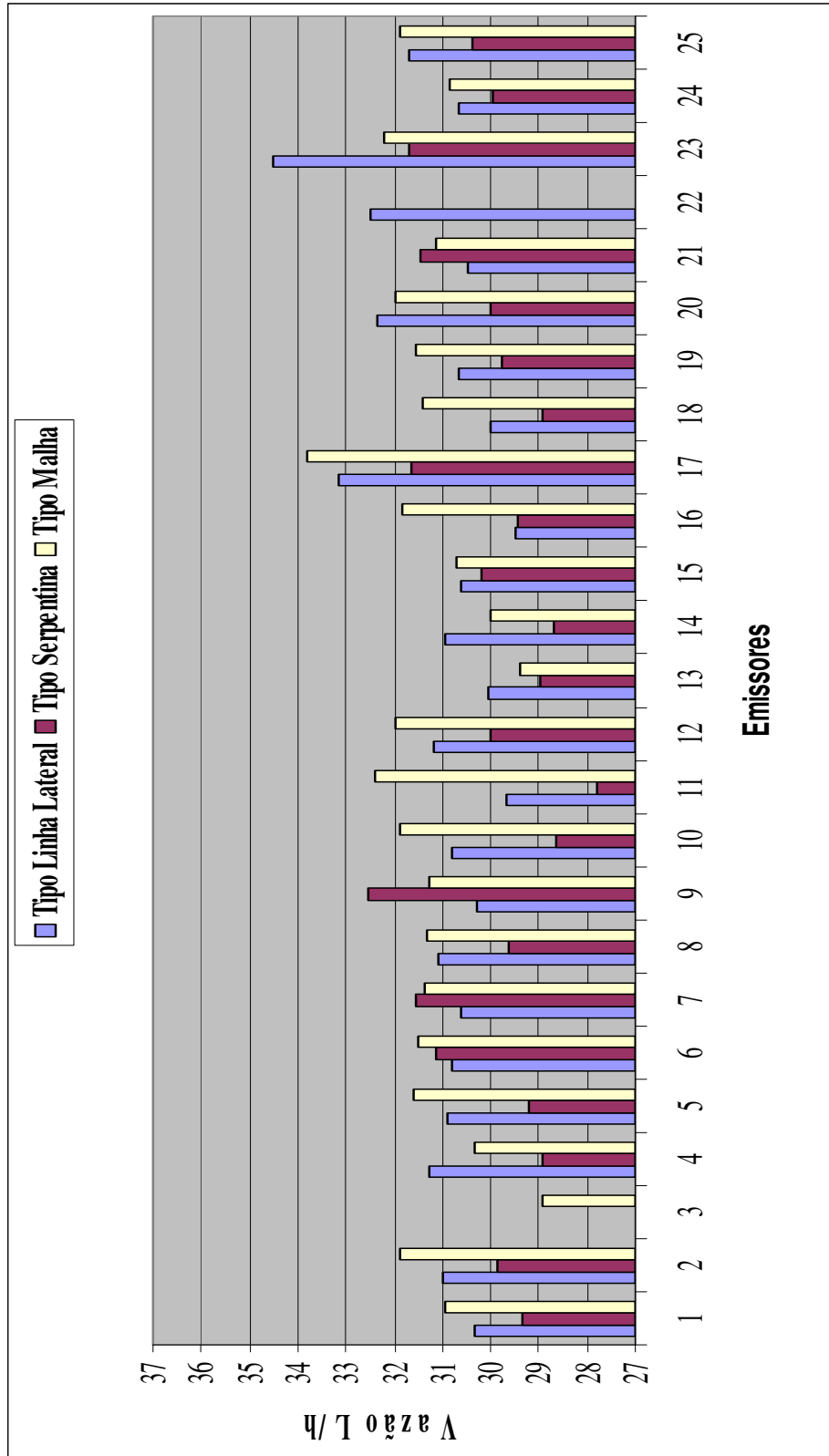
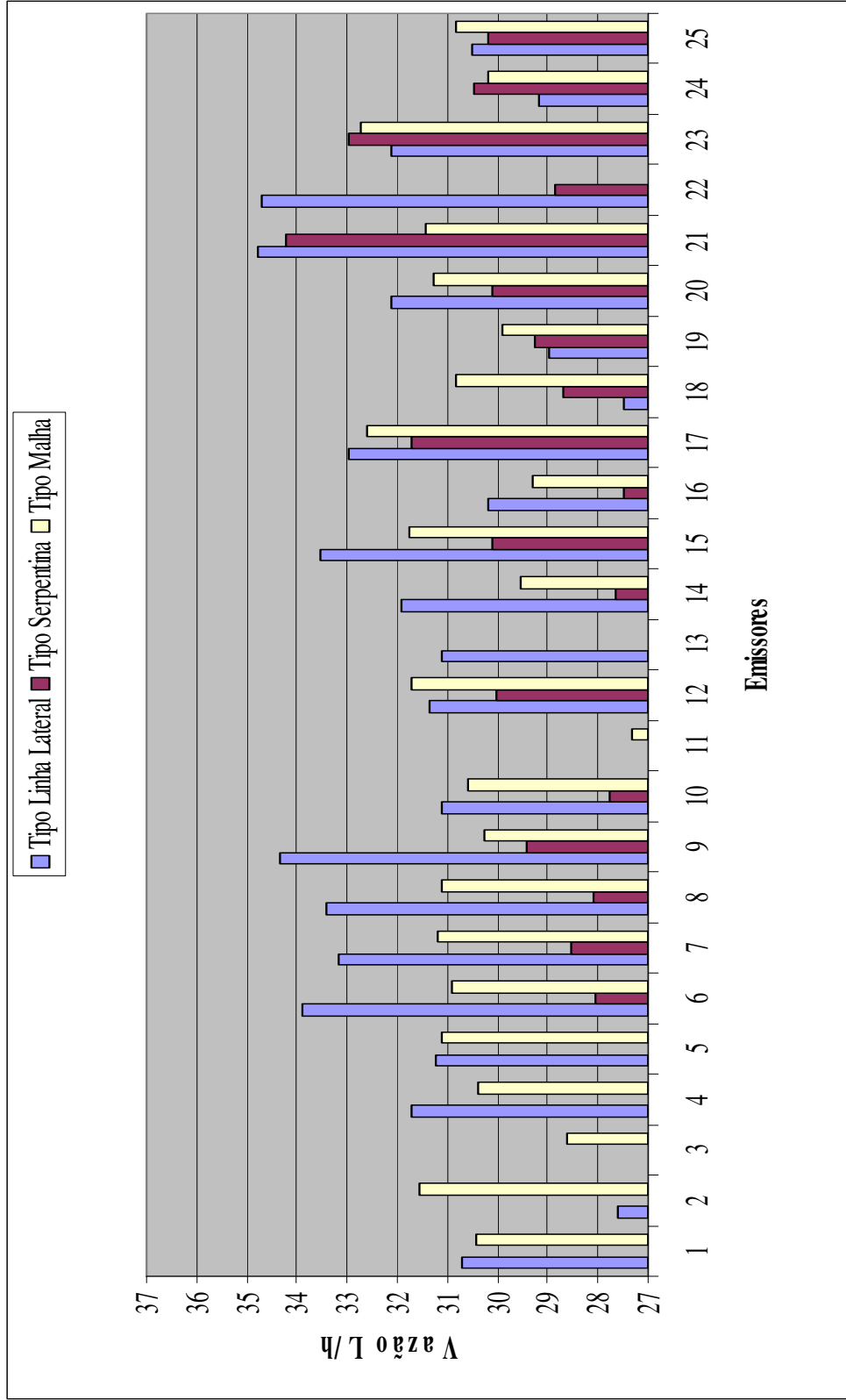


Gráfico 5. Vazões conforme o posicionamento dos emissores em cada tipo de sistema, para microaspersor Naandan autocompensante, com pressão inicial de 300 kPa.



Através dos gráficos demonstram a comparação entre os três sistemas, sendo que cada emissor é independente em relação ao fluxo podendo ser analisado desta maneira.

Os gráficos 2, 3, 4 e 5 mostram que o tipo linha lateral e tipo malha são muito semelhantes e diferem em relação ao tipo serpentina, sendo que as médias do tipo malha são superiores, indicando maior volume escoado.

Foram analisados emissores em cada sistema, sendo a direta sistema sobre o bocal, visto que o posicionamento espacial do microaspersor não se altera o fluxo e a ordem de abastecimento do mesmo, são alterados pela característica do sistema. Pode se observar também os valores de pressão em cada entrada de microaspersor, que variam sistematicamente no sistema tipo serpentina e do tipo linha lateral, e a homogeneidade para o sistema tipo malha.

Como a variabilidade seria a mesma para todos os sistemas foi feita à somatória da vazão recolhida de todo o sistema, para efeitos de comparação entre os métodos, e as leituras retiradas da bancada tiveram os resultados totais descritos na Tabela 11.

Tabela 11. Somatória das vazões de cada tipo de pressão em diferentes sistemas.

<b>Tipo</b> <b>Pressão</b>	<b>Serpentina</b>	<b>Linha Lateral</b>	<b>Malha</b>
<b>150 kPa</b>	707,59	748,69	755,55
<b>200 kPa</b>	733,00	771,48	776,85
<b>250 kPa</b>	788,23	806,82	811,18
<b>300 kPa</b>	822,43	827,30	833,72

Para os microaspersor Naandan autocompensantes, pode-se dizer quando composta a somatória das vazões em cada sistema, tem-se que os maiores valores adquiridos resultam do sistema de distribuição em malha, se comparado com o sistema linha lateral e este se difere nas pressões 150kPa – 0,91%; 200kPa – 0,70%; 250kPa – 0,55%; 300kPa – 0,77% e para os valores de pressões 150kPa – 6,4%; 200kPa – 5,64%; 250kPa – 2,70%; 300kPa – 1,355%; são maiores se comparados no sistema serpentina. Os

valores de composição em somatória são válidos para análise, pois por meio dos mesmos os valores discrepantes são reduzidos dentro da soma tendo em vista a ordem de grandeza de cada um deles.

Gráfico 6. Comparação dos emissores novos e usados com sistema do tipo linha lateral e com a pressão recomendada pelo fabricante de 250 kPa.

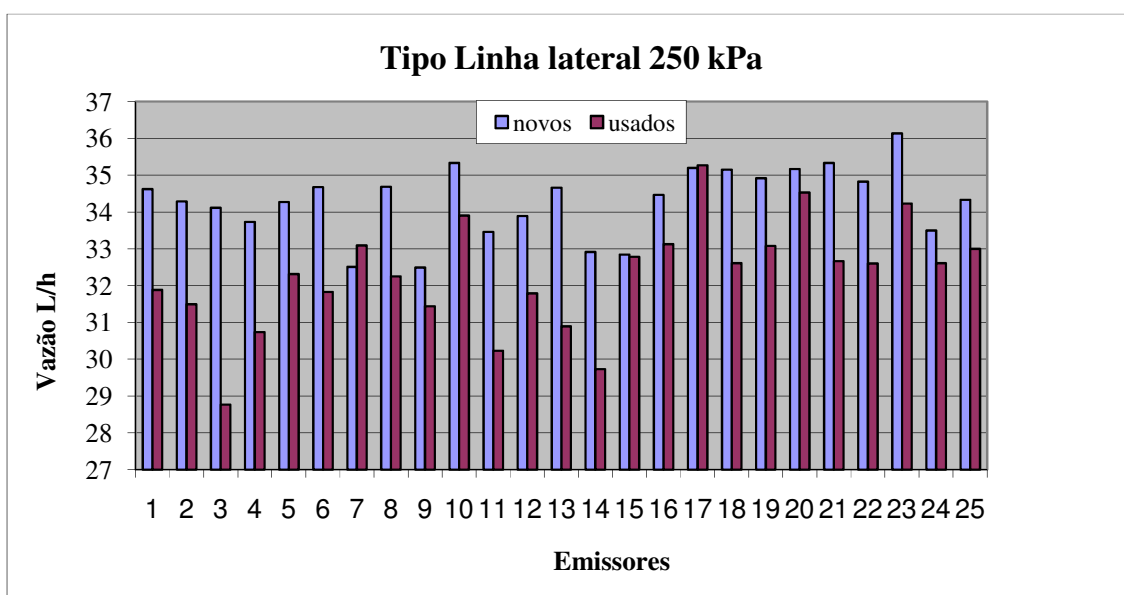


Gráfico 7. Comparação dos emissores novos e usados com sistema do tipo serpentina e com a pressão recomendada pelo fabricante de 250 kPa.

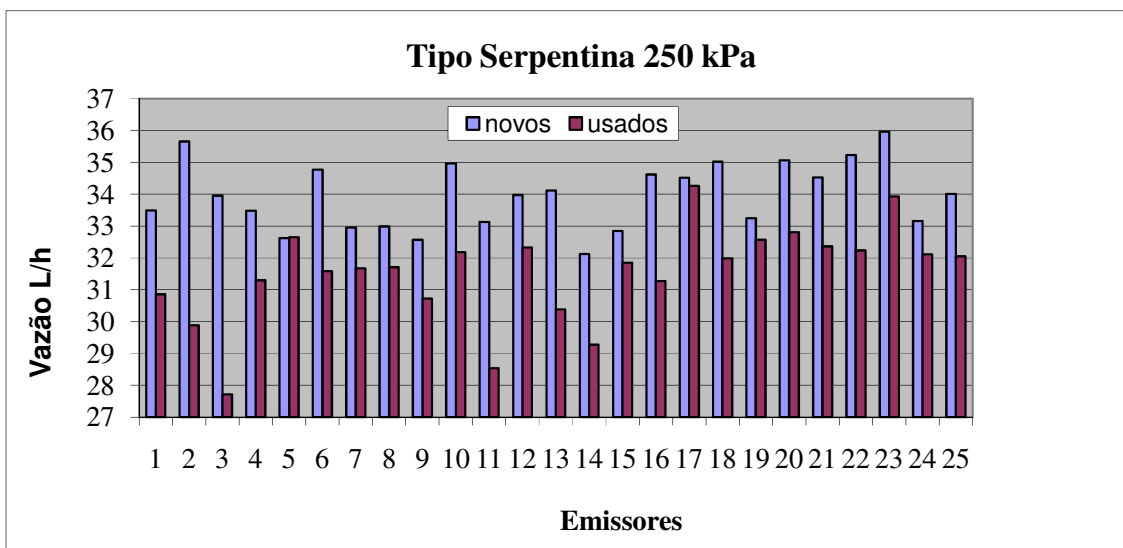
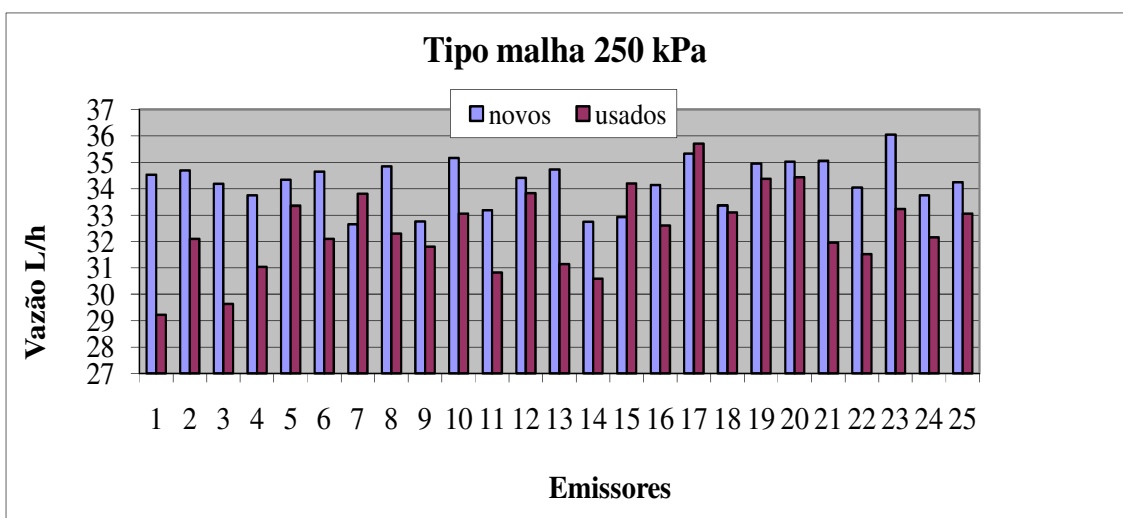


Gráfico 8. Comparação dos emissores novos e usados com sistema do tipo malha e com a pressão recomendada pelo fabricante de 250 kPa.



Para os microaspersores Naandan autocompensantes novos testados na bancada com pressão recomendada pelo fabricante 250 kPa, se comparados aos que foram experimentados no campo (usados), visto nos gráficos 6, 7 e 8, onde são demonstrado em cada sistema, obteve as seguintes diferenças na vazão: 5,405% no sistema tipo malha, para linha lateral 6,1% e para tipo serpentina 8,04%.

## **7. Conclusões**

Os microaspersores testados com água com alto teor de ferro apresentaram diminuição na sua vazão, devido à obstrução do orifício, conseqüentemente aumento na pressão do sistema.

Sistemas abaixo de 200 kPa sofreram grande variação na vazão mesmo com os microaspersores autocompensantes, já acima disto os sistemas se apresentaram de forma uniforme.

Sistema tipo malha se apresentou superior se comparado ao sistema tipo serpentina, mas não tiveram diferença significativa em relação à linha lateral.

Apesar da diminuição de vazão os microaspersores dentro da norma são considerados bom.

### **Referência Bibliográfica**

ADIN, A.; SACKS, M. **Dripper clogging factors in wastewater irrigation**. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, St. Joseph, v.117, n.6, p.813-26, 1991.

ALLEN, R.G.; BROCKWAY, C. E. Concepts for energy-efficient irrigation system desing. **Journal of irrigacion and drainage engineering**, v.110, n.2, p 99-106, Jun 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Irrigação localizada – Microaspersores – Requisitos gerais e métodos de ensaio**: projeto 04:015.08-015. São Paulo, 1986. 6p.

AZEVEDO H.M. **Irrigação localizada**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.40-53, 1986.

AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W.. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.



- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 8ª. ed Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- BOMAN, B.J. **Distribution patterns of microirrigation spinner and spray emitters**. Applied Engineering in Agriculture, St. Joseph v.5, n.2, p.50-56. 1989.
- BOTREL, T.A. **Hidráulica de microgotejadores e de linhas laterais para irrigação localizada**. Piracicaba: ESALQ, 1984. 78p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).
- BRALTS, V.F.; KESNER, C. **Drip irrigation field uniformity estimation**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.24, n.5, p.1369-1374. 1983.
- BRASIL. CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 375, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> >. Acesso em: 5 dez. 2007.
- BROWN. L.R.; RENER, M.; HALWEIL, B. **Sinais Vitais 2000: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro**. Salvador: UMA, 2000. 196 p.
- BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v. 2, p. 149-162, 1979.
- CAIXETA, A.V. **Perda de carga em tubos e conexões de PVC utilizados em sistemas portáteis de irrigação por aspersão**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 115p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575p.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização**, Viçosa: UFV, p. 278-282, 2000.

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

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1997, 390p.

KARMELLI, PERI, G; TODES, M. A model for sprinkler nozzle replacement. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.25, n.5, p.1284-1289,1982.

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

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

KEMPER, K.E. **Alocação e uso dos recursos hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste Brasileiro. O custo da água gratuita**. 1997. 152p. Linkoping Studies in Arts and Science.

MAZZER, H.R. **Avaliação do desempenho de microaspersores em bancada de ensaio sob diferentes sistemas de aplicação**. 2006. 55f. (Tese – Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Botucatu, 2006.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Water quality in drip/trickle irrigation: A review**. *Irrigation Science*, Berlin, v.12, p.187-92, 1991.

NETTO, J. M. de A. **Manual de Hidráulica**.8. ed. São Paulo: E. Blücher, 2000. 669p.

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

PESCOD, M.D. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992.125 p. (Irrigation and Drainage Paper, 47).

PITTS, D.J.; HAMAN, D.Z.; SMAJSTLA, A.G.. **Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems**, University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, April 1990, Bulletin 258, p. 12

SAMPAIO, SC.; VILELA, L.A.A.; DIAS, J.A.A.; FARIAS, M.A. de. Características hidráulicas e da distribuição de água do microaspersor NAAN 7110. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v20, n.1, p. 70-78, 1996.

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

TESTEZLAF, R. et al. Análise do Potencial de Entupimento em Gotejadores através da Avaliação da Qualidade de Água de Irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.6, n.1, p.53-62,2001.

VIEIRA G.H.S. et al. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.1-6, 2004.

VON SPERLING E. **Introdução à qualidade de água e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 240p.

WERNECK, J.E.F.L.; FERREIRA, R.S.A.; CHISTOFIDIS, D. **O estado das águas no Brasil Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Geneva: organização Meteorológica Mundial 1999, 334 p.