

# SISTEMA AUTOMATIZADO PARA DETERMINAÇÃO DE PERDA DE CARGA EM FILTROS DE TELA E DISCO USADOS NA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA<sup>1</sup>

ROBERTO TESTEZLAF<sup>2</sup> e JEAN PAULO DA SILVA RAMOS<sup>3</sup>

**RESUMO** - O objetivo do presente estudo foi determinar o comportamento hidráulico, em termos de perda de carga e vazão, de filtros de tela e disco, em elementos filtrantes com número de *mesh* 120 e 155, instalados no cabeçal de controle de um sistema de irrigação localizada. Para atingir este objetivo, desenvolveu-se um sistema de aquisição e análise de dados, que se constituía basicamente de transdutores de pressão e vazão, condicionador de sinal e conversor analógico/digital, acoplados a um microcomputador tipo IBM-PC. Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que a perda de carga em decorrência da vazão para os filtros de tela e de disco pode ser descrita matematicamente pelo modelo alométrico linear do tipo  $H_f = a.Q^b$ , a 1% de significância. Verificou-se também que o filtro de disco apresentou valores de perda de carga superiores ao filtro de tela, tanto com *mesh* 120 quanto com *mesh* 155. Por outro lado, o elemento filtrante com *mesh* 155 provocou uma perda de carga superior ao com *mesh* 120 em filtro de disco, enquanto, em filtro de tela, a diferença do valor de perda de carga entre os números de *mesh* não foi significativa. O sistema de aquisição desenvolvido apresentou bom funcionamento durante os ensaios, sem mostrar defeitos ou falhas que comprometessem a operação de aquisição e análise de dados.

**Termos para indexação:** elementos filtrantes, transdutores de pressão e vazão, sistema de aquisição de dados, cabeçal de controle.

## HEAD LOSS IN SCREEN AND DISC FILTERS USING A DATA ACQUISITION SYSTEM

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the head loss through disc and screen filters installed in trickle irrigation control head using data acquisition and analysis system. Basically, the acquisition system is composed by pressure and flow transducers connected to signal conditioner, A/D converter and controlled by a PC microcomputer. The results showed that the mathematical behavior of the head loss for both type of filters could be explained significantly at level of 1%, by the power function  $H_f = a.Q^b$ . Despite the mesh and flow used, the disc filters had higher values of head loss when compared to screen filters. For the disc filters, the mesh 155 had head loss values higher than the mesh 120, and for the screen filters the difference of the head loss values between the two meshes was not significant. The developed acquisition system showed a good performance during the tests, having no failure or malfunctioning which could lead to misunderstanding the acquisition and the analysis of data.

**Index terms:** localized irrigation, pressure and flow transducers, control head.

## INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas enfrentados pelos usuários de sistemas de irrigação localizada é o entupimento dos emissores (Abbot, citado por Zeier & Hills, 1987). Segundo Nakayama & Bucks (1981), Bralts et al., citado por Zeier & Hills (1987), a qualidade da água é fator limitante para a irrigação lo-

calizada, pois impurezas podem conduzir a obstruções de origem química, física e biológica nos emissores, resultando numa aplicação desigual. Nakayama & Bucks (1981) concordam que a maior consequência do entupimento parcial ou total dos emissores decorre da variação na vazão do sistema e comentam ainda seus efeitos sobre a aplicação de água por todo o campo. O entupimento afeta não somente a adequação da irrigação à planta mas também a uniformidade de aplicação da água. O entupimento pode provocar o aparecimento de faixas irrigadas em déficit ou excesso, isto é, ou os emissores entupidos não estarão aplicando às plantas a

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 20 de julho de 1995.

<sup>2</sup> Eng. Agríc. Dr. Prof. Livre Docente, Depto. de Águas e Solo, FEAGRI-UNICAMP, Caixa Postal 6.011 CEP 13083-970 Campinas, SP.

<sup>3</sup> Eng. Agríc., M.Sc., FEAGRI-UNICAMP.

lâmina necessária, ou aqueles não-entupidos estão aplicando um volume mais do que o adequado. Esses autores verificaram que o aumento no entupimento de 1 a 5% resulta nas mais drásticas trocas de vazões. Nesse caso, 10% dos emissores com as menores vazões estarão aplicando aproximadamente a metade da vazão média.

Estudiosos em sistemas de irrigação localizada e fabricantes de equipamentos têm escolhido dois caminhos para resolver os problemas de entupimento. Segundo Wilson (1972) e Solomon, citado por Bucks et al. (1979), o primeiro é desenvolver emissores com baixa sensibilidade de entupimento e que requeiram menos ou o mínimo possível de manutenção. De acordo com Ford & Tucker (1974), McElhoe & Hilton (1974) e Nakayama et al. (1977), citado por Bucks et al. (1979), um segundo caminho é a melhoria da qualidade da água antes de chegar aos emissores. A forma utilizada em irrigação localizada para atingir qualidade de água é a de instalação de sistemas de filtragem, que são constituídos de tratamentos e operações usados para retirar as diferentes impurezas presentes na água a ser fornecida para as linhas de irrigação.

Entretanto, a operação de filtros nesses sistemas acarretam variações no comportamento hidráulico do sistema ao longo do tempo. À medida que a vazão fornecida ao sistema atravessa os filtros, provoca a diminuição da área efetiva do filtro, pois que o material sólido em suspensão se agrega ao corpo do elemento filtrante, formando uma superfície de partículas sólidas na parede da tela do disco. Disso resulta a elevação da perda de pressão e a redução da vazão disponível no filtro, influenciando, assim, a altura manométrica e a vazão do sistema.

A altura manométrica, a vazão, o tipo de filtro e a qualidade de água utilizados no sistema são parâmetros de projeto intimamente ligados, que justificam a necessidade do conhecimento hidráulico de filtros para irrigação localizada, visto que influenciam diretamente na eficiência do sistema. Deve-se, portanto, limitar essa perda de pressão a um valor que não cause a variação excessiva da vazão de projeto. Dessa forma, Zeier & Hills (1987) consideram que são necessárias as seguintes condições para se obter um funcionamento adequado do sistema: a) selecionar um filtro que permita uma boa

eficiência energética para uma dada vazão e para as características de perda de carga; b) localizar corretamente os filtros de tela ou disco no sistema, para que ele retenha somente partículas inorgânicas; c) selecionar o filtro com capacidade suficientemente elevada de armazenamento de partículas, para minimizar as operações de limpeza.

O conhecimento das curvas características de perda de carga em virtude da vazão avaliada em ensaios experimentais permite o dimensionamento correto do filtro para cada condição de projeto apresentado. Entretanto, um dos principais problemas que ocorrem em ensaios hidráulicos que analisam essas variáveis é a baixa precisão e resolução apresentadas pelos medidores, como manômetros de Bourdon e diferenciais de água e mercúrio, em razão da instabilidade do sistema hidráulico.

O uso de sistemas de aquisição de dados em ensaios hidráulicos está-se difundindo rapidamente, principalmente pela difusão simultânea do uso de microcomputadores, com o objetivo de facilitar a obtenção dos dados e aumentar a confiabilidade dos ensaios. Ramos (1992) afirma que adquirir dados e enviá-los ao microcomputador nada mais é que a transformação de medidas de grandeza física em medidas de grandeza elétrica capazes de serem decodificadas pelo computador, ou seja, é o interfaceamento entre variáveis físicas externas e variáveis lógicas internas. Esses sistemas de aquisição permitem o monitoramento de variáveis físicas, como pressão, vazão, temperatura e qualquer variável que possa interessar. Apesar de ter custo inicial de investimento maior que os sistemas convencionais de medida, sua utilização reduz significativamente o tempo de leitura, aumentando a precisão e confiabilidade, possibilitando, assim, o estudo do comportamento hidráulico dos elementos que compõem um sistema de irrigação localizada, de forma mais eficiente.

O presente trabalho pretendeu determinar como se comportavam hidráulicamente, em termos de perda de carga e vazão, filtros de tela e disco com elementos filtrantes com dois números diferentes de *mesh* (120 e 155), utilizando-se um sistema de aquisição e análise de dados computadorizado (SAAD), com sensores de pressão e vazão.

## MATERIAL E MÉTODOS

No campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, foi montada uma bancada de ensaios, utilizando-se um cabeçal de

controle de um sistema de irrigação localizada e instrumentos de medição de variáveis físicas acoplados ao SAAD, conforme *layout* apresentado na Fig.1. O sistema de filtragem do cabeçal era composto de um filtro de areia, com a função de reter parte do material orgânico em sus-

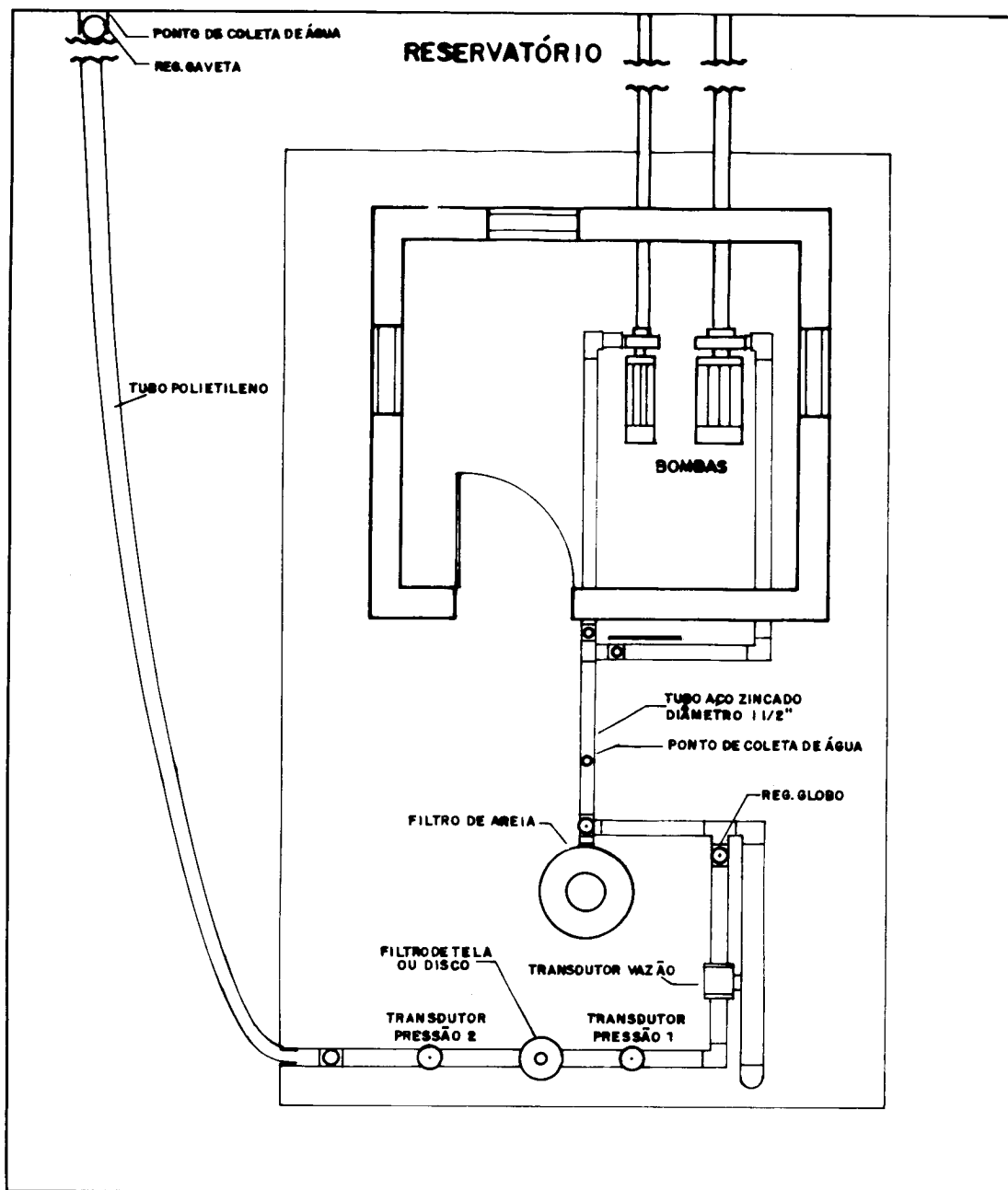


FIG. 1. Esquema da bancada de ensaios.

pensão, e, a jusante desse corpo, de um filtro de tela, onde podiam ser instalados diferentes elementos filtrantes.

Foram ensaiados, no mesmo corpo do filtro (diâmetro de entrada e saída de 40 mm), dois tipos de elementos filtrantes, disco e tela cilíndrica, marca Amiad (1991), cada um com dois diâmetros de malha diferentes (*mesh* 120 e *mesh* 155). A escolha de elementos filtrantes com esses números de *mesh* ocorreu unicamente pela sua disponibilidade comercial. Para cada tipo de elemento filtrante e para cada valor de *mesh*, o ensaio foi repetido três vezes, de forma a reduzir os erros experimentais. Os ensaios preliminares e finais foram realizados durante os meses de agosto a setembro de 1992.

A água utilizada nos ensaios era proveniente de um reservatório de 2.500 m<sup>3</sup>, revestido com lona de plástico. Como esse reservatório era abastecido por um lago, foi necessário verificar se houve variação da qualidade da água entre e durante os ensaios. Dessa forma, foram analisadas amostras de água de dois pontos de coleta (a montante do filtro de areia e a jusante do filtro de tela), tomadas antes e após cada ensaio. Os quatro parâmetros de qualidade de água avaliados foram: condutibilidade elétrica, turbidez, pH e temperatura.

A vazão foi regulada a jusante do filtro de areia por um registro de gaveta, e seus valores monitorados, por uma saída analógica do transdutor de vazão. O registro de gaveta foi posicionado para a vazão inicial de 2 m<sup>3</sup>/h e ajustado em cada ponto de vazão, de modo a incrementar de 1 m<sup>3</sup>/h até uma vazão final de 17 m<sup>3</sup>/h. Entre cada ponto de vazão, foi utilizado um tempo, de cinco minutos, de estabilização do regime hidráulico.

O SAAD era ligado 30 minutos antes da realização dos ensaios para estabilização térmica dos componentes eletrônicos que fazem parte do sistema. Antes de cada ensaio, foi realizada a retrolavagem do filtro de areia, o ajuste de zero do condicionador de sinais dos transdutores de pressão, assim como o ajuste de ganho, visto que a curva de calibração servia para um valor de referência de 300 mV de saída no terminal de saída.

O *software* fazia a leitura dos três canais, dois de pressão e um de vazão, com uma diferença não-significativa de tempo de leitura entre os canais. Para cada valor de vazão, as medidas de pressão eram tomadas 30 vezes em cada canal. Ao término de cada leitura dos canais, era feito o armazenamento dos dados em disquetes magnéticos, permitindo o interfaceamento com outros programas computacionais.

Os dados experimentais armazenados nos ensaios foram ajustados a uma curva pelo programa de regressão denominado "Ajuste", do Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura da Universidade Estadual de Campinas,

utilizando-se a média aritmética dos 30 dados de cada canal de pressão e vazão.

Cada componente do SAAD tem um objetivo específico e, integrados, são capazes de colocar as informações disponíveis ao processamento. O sistema desenvolvido pode ser dividido em duas partes: *hardware* e *software*.

O *hardware* é composto dos seguintes componentes físicos: transdutores de pressão e de vazão, condicionador de sinais, conversor analógico/digital e microcomputador tipo IBM-PC.

Dois transdutores de pressão, tipo diafragma, foram projetados e construídos no Laboratório de Protótipos da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), segundo método proposto por Chang (1992). A curva de calibração dos transdutores de pressão foi realizada de acordo com o método de ensaios de manômetros proposto pela norma da ABNT: -05.09-004, citado por Zuzarte (1991), utilizando-se uma bomba de aferição de manômetros, que possui um manômetro-padrão como referência. Os pontos de ensaio foram distribuídos ao longo do fundo de escala; aplicou-se a pressão nos referidos pontos, pelo tempo de cinco minutos de estabilização, no sentido crescente e decrescente do fundo de escala, com o objetivo de se analisar o efeito de histerese.

Para se obter a variável vazão, conectou-se um transdutor magnético indutivo ao SAAD, de forma a se adquirirem os valores de vazão durante a realização dos ensaios hidráulicos. O transdutor de vazão utilizado foi da linha comercial da empresa Conaut (1991), modelo 473, com diâmetro de uma e meia polegada, podendo medir vazões até 50 m<sup>3</sup>/h e com precisão de  $\pm 1\%$  do valor medido e  $\pm 0,1\%$  do fim de escala. O transdutor dividia-se em duas partes: medidor e conversor.

O conversor, alimentado com tensão de linha de 220 V, conecta-se ao medidor, por dois cabos tipo HF com blindagem individual e condúites independentes, com código 2 x 18 AWG-T, com o comprimento de 6 m, cada um. Esses cabos transferem o sinal elétrico, captado pelos eletrodos em contato com o fluido, ao circuito *Sample e Hold* do conversor. Após a entrada do sinal no conversor, ele processa o sinal e coloca, à disposição dos terminais de saída, um sinal de tensão de 0 a 5 V, proporcional à vazão que atravessa o medidor. Esse sinal é fornecido diretamente ao conversor A/D, visto que os circuitos do conversor já condicionaram os sinais.

Foi utilizado o condicionador de sinais da empresa de Sistemas de Instrumentação e Automação Agroindustriais Ltda. (SIAGRO), que serviu como sistema de filtragem e amplificação para processar o sinal elétrico proveniente da ponte de Wheatstone montada nos transdutores de pressão.

O condicionador de sinais, que pode ser alimentado com uma tensão de linha de 110 ou 220 Vac, processava os sinais elétricos das duas células extensométricas, fornecendo aos *strain gages* elétricos uma tensão de 5 V cc.

O ajuste do condicionador de sinais garante o uso da curva de calibração feita para cada transdutor individualmente, proporcionando ao computador a relação existente entre o sinal lido na forma de tensão (mV) e a pressão medida no transdutor (mca).

O conversor de sinais A/D utilizado no SAAD foi adquirido da empresa Moldaço Com. e Ind. Ltda. Esse conversor A/D possuía oito canais de doze *bits*, dos quais três foram ocupados, dois por variáveis de pressão e um por variável de vazão, possibilitando também a expansão de leitura de mais cinco canais. A placa conversora foi instalada numa caixa metálica, devidamente isolada, para evitar curto-circuito, e aterrada. Esta placa foi ligada, por um cabo flexível de 50 vias, à placa adaptadora que, por sua vez, se encontrava instalada dentro de um *slot* do barramento do microcomputador.

O Sistema de Aquisição e Análise de Dados, particularmente o conversor analógico/digital, foi projetado para se obter uma resolução de uma parte em 4.096 ( $2^{12}$ ) ou aproximadamente 0,025% do fundo de escala, utilizando-se o tipo de conversão de sucessivas aproximações e com linearidade de  $\pm 1$  *bit* menos significativo (LSB) e tempo de conversão de 10  $\mu$ s, o que significa um tempo adequado para a nossa aplicação. Esse sistema deve ser conectado a um micro IBM-PC, com dois *drives* de disco e 640 *Kbytes* de memória RAM, com, no mínimo, um *slot* livre para adaptação da placa.

O *software*, programado em linguagem BASIC, viabiliza a leitura dos canais e endereça os respectivos valores de pressões e vazão a matrizes vetoriais, que seguram os dados, para posterior armazenamento em disquetes magnéticos.

Após a instalação do programa na memória volátil do microcomputador (RAM), é possível, com o auxílio de instruções específicas, ler os sinais fornecidos pelo condicionador, determinando quais os canais a serem lidos e qual a frequência de leitura. O programa possui a capacidade de variação do número de séries lidas em cada ensaio, assim como o número de pontos lidos em cada série, podendo também ser variável o tempo de leitura entre cada série.

A aquisição de dados pelo *software* pode-se encerrar com tempo ou condições pré-determinadas. Finalizados os ensaios, os dados armazenados na memória volátil do micro são, então, armazenados em disquetes magnéticos, que possuem a propriedade de retornar à memória com o simples acionamento de sub-rotina apropriada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da Perda de Carga nos Filtros

Pela avaliação dos parâmetros de qualidade de água, foi possível observar que não houve variação significativa da qualidade da água durante os ensaios, permitindo, assim, uma comparação entre os filtros. Verificou-se, pelo parâmetro de turbidez, que houve baixa quantidade de sólidos suspensos na água utilizada nos ensaios.

Com os valores experimentais de perda de carga em função da vazão, procedeu-se a um ajuste de curvas, procurando um modelo que melhor explicasse o fenômeno físico e que demonstrasse um valor significativo de correlação entre as variáveis.

Pela análise de variância, é possível afirmar que o modelo alométrico linear explica o comportamento hidráulico dos filtros de disco, a 1% de significância. As equações ajustadas apresentaram os seguintes valores:

Disco vermelho (*mesh* 120)

$$H_f = 0,0681 Q^{1,56}$$

$$r^2 = 0,990$$

onde: Q = vazão ( $m^3/h$ )

$H_f$  = perda de carga (mca)

Disco amarelo (*mesh* 155)

$$H_f = 0,138 Q^{1,327}$$

$$r^2 = 0,986$$

As Fig. 2 e 3 apresentam os valores experimentais e as curvas ajustadas aos valores de perda de carga dos filtros de disco com *mesh* 120 e 155, respectivamente.

Nota-se a existência de uma tendência de dispersão dos dados à curva, para os filtros, a partir da vazão de 15  $m^3/h$ , em que se verifica exatamente o ponto de máxima vazão recomendada para uso dos filtros, segundo Amiad (1991).

A Fig. 4 apresenta uma comparação entre o comportamento hidráulico do filtro de disco para os dois *meshes* avaliados pela vazão. Observou-se que, para o mesmo valor de vazão, o filtro com *mesh* 155 apresentou valores de perda de carga superiores aos do filtro com *mesh* 120.

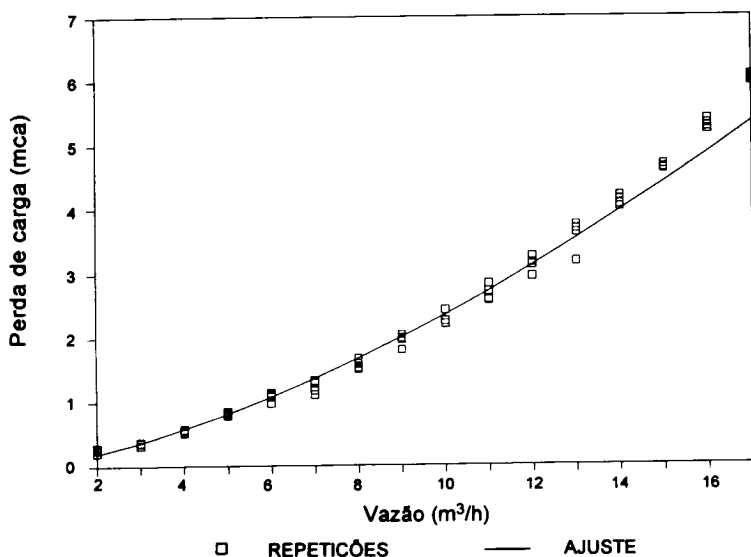


FIG. 2. Curva característica de perda de carga em filtro de disco (*mesh* 120).

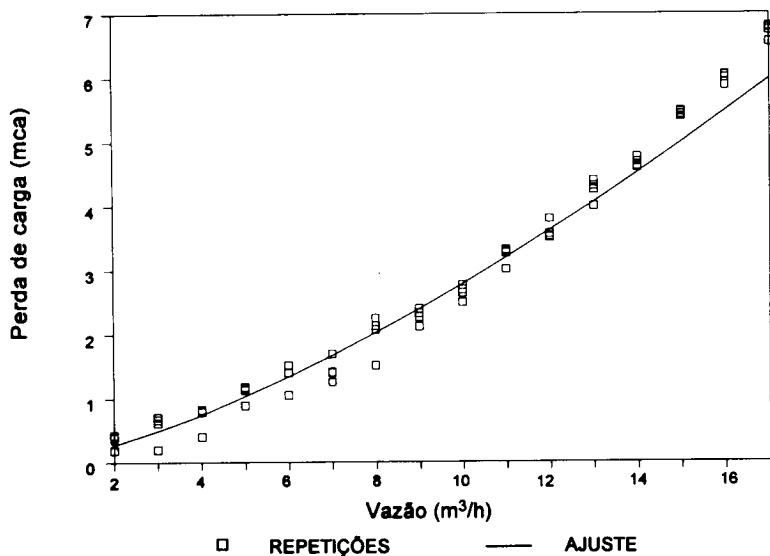


FIG. 3. Curva característica de perda de carga em filtro de disco (*mesh* 155).

Os filtros com elementos filtrantes de tela apresentaram as seguintes equações ajustadas:

Tela vermelha (*mesh* 120)

$$H_f = 0,0859 Q^{1,37}$$

$$r_2 = 0,962$$

Tela amarela (*mesh* 155)

$$H_f = 0,099 Q^{1,33}$$

$$r^2 = 0,972$$

Pôde-se observar, pela análise de variância, que os modelos alométricos lineares ajustados aos filtros de tela também conseguem explicar o comportamento hidráulico dos filtros, a 1% de significância.

As Figs. 5 e 6 apresentam os valores experimentais e as curvas ajustadas aos valores de perda de carga dos filtros de tela com *mesh* 120 e 155, respectivamente.

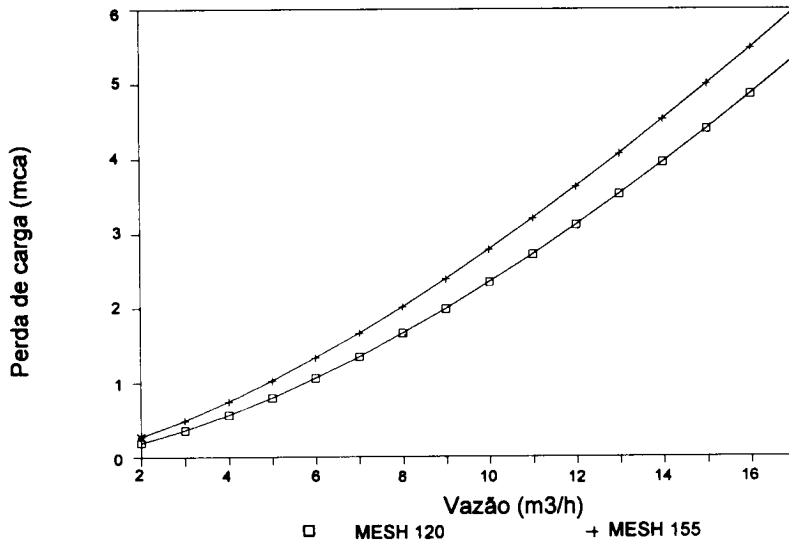


FIG. 4. Curvas características de perda de carga em filtros de disco (*mesh* 120 e 155).

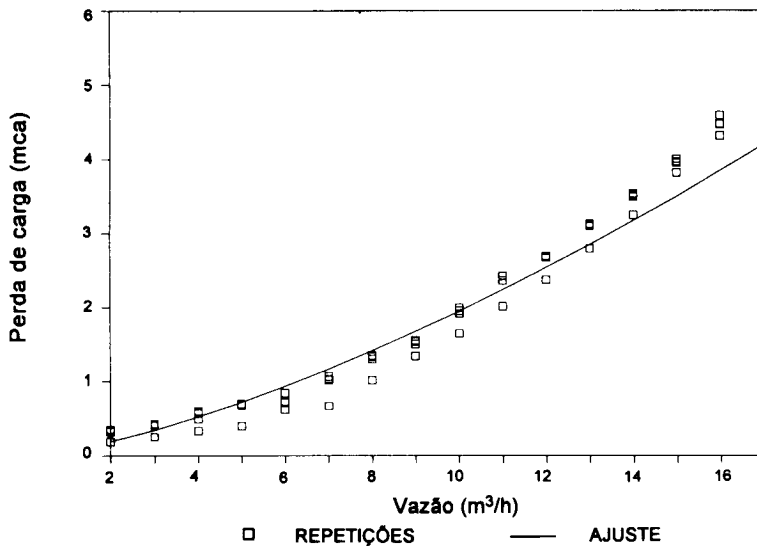


FIG. 5. Curva característica de perda de carga em filtro de tela (*mesh* 120).

A Fig. 7 apresenta uma comparação do comportamento hidráulico, em relação à perda de carga do filtro de tela, em dois *meshes* avaliados. A análise dessa figura e das equações ajustadas permite afirmar que os filtros de tela de *mesh* 120 e *mesh* 155 possuem comportamentos análogos, não apresentando variações significativas dos valores de perda de carga para os valores de vazão correspondentes.

A Fig. 8 apresenta uma comparação do comportamento hidráulico, em relação à perda de carga dos filtros de tela e de disco, em dois *meshes* avaliados. Quando se analisam os quatro filtros em conjunto, pode-se observar que os filtros de disco possuem perda de carga superior aos filtros de tela, para um mesmo valor de vazão, e o filtro de tela de *mesh* 155 provoca uma perda de carga inferior ao do filtro de disco de *mesh* 120.

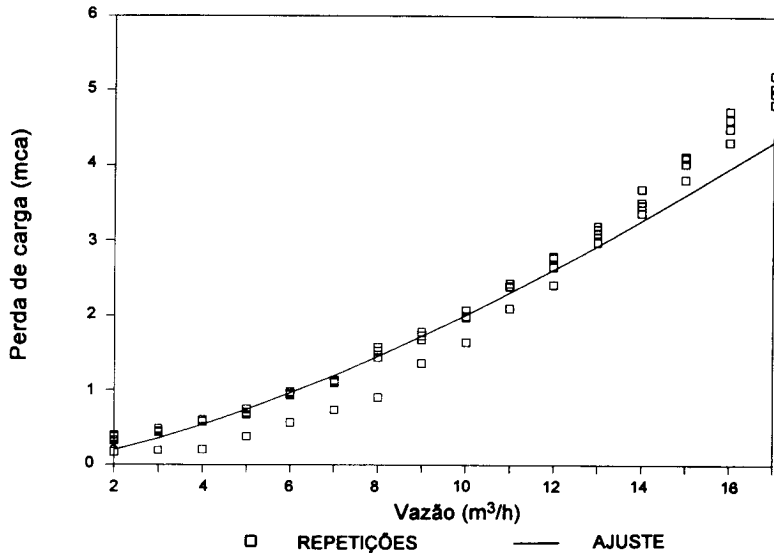


FIG. 6. Curva característica de perda de carga em filtro de tela (*mesh* 155).

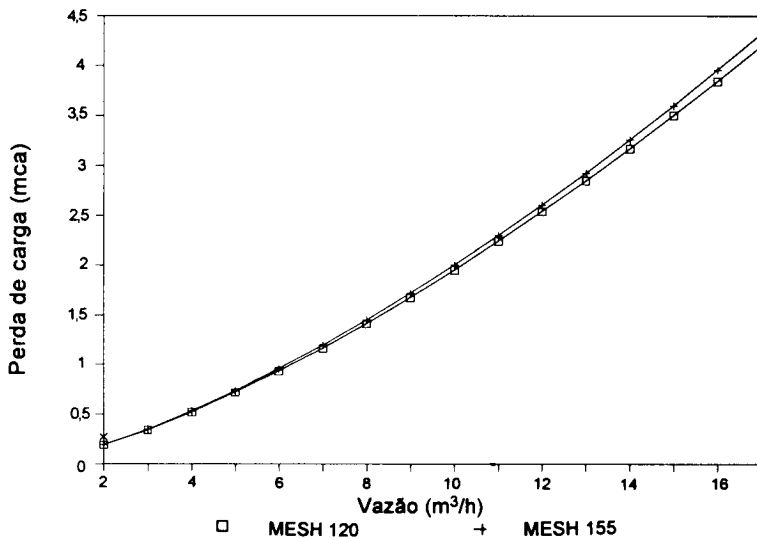


FIG. 7. Curvas características de perda de carga em filtros de tela (*mesh* 120 e 155).

Durante ensaios preliminares, observou-se que os filtros de tela devem ser limpos imediatamente após o uso, pois impurezas agregam-se fortemente à malha do elemento filtrante, tornando difícil o processo de sua remoção após uso contínuo. Esse procedimento não é necessário com os filtros de disco.

O valor de perda de carga superior nos filtros de disco em relação ao de filtros de tela deve-se ao fato de a largura efetiva do elemento filtrante nos filtros

de disco ser maior do que a dos filtros de tela, isto é, a espessura da parede do elemento filtrante de disco ser maior que a do elemento filtrante de tela. Os orifícios dos discos podem ser comparados a tubos capilares de diâmetro igual ao diâmetro do *mesh*, e, no caso do elemento filtrante de tela, a vazão passa através do orifício do *mesh*.

Pela analogia anterior, pode-se explicar a diferença dos valores de perda de carga existentes entre



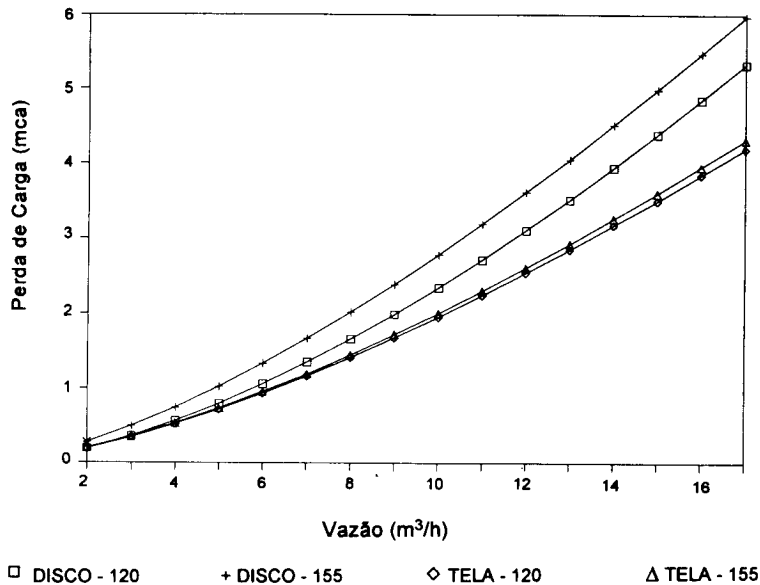


FIG. 8. Curvas características de perda de carga em filtros de tela e disco (*mesh* 120 e 155).

os dois *meshes*, visto que, em filtros de disco, o diâmetro do tubo capilar com *mesh* 155 é inferior ao com *mesh* 120, provocando maior turbulência no escoamento e, conseqüentemente, maior valor de perda de carga em filtro de *mesh* 155. No caso do filtro de tela, a influência do diâmetro do orifício não é significativa, ocasionando pequena diferença entre os dois valores de *mesh*.

#### Avaliação Global do Sistema de Aquisição de Dados

O SAAD se mostrou bastante versátil, possibilitando a sua aplicação em ensaios de outros equipamentos hidráulicos de irrigação. A facilidade de operação e programação do sistema possibilita o acompanhamento mais eficiente dos ensaios, permitindo sua reprodução e a variação dos componentes acoplados ao SAAD, pois a aquisição de dados é automatizada e a temporização é ajustada por *software*.

Durante a realização dos ensaios preliminares de perda de carga em relação a tempo, detectou-se uma falha significativa na rotina de armazenamento de dados. Como o microcomputador permaneceu funcionando ininterruptamente, por 24 horas, ao lhe ser solicitado o armazenamento em disquetes, ele não

só apresentou falha de dimensionamento da matriz de dados, como também não detectou a saturação de espaço para armazenamento do disco. Em virtude desse problema, a rotina de armazenamento foi modificada, de forma que os dados fossem armazenados em disquetes magnéticos a cada final de leitura de dados, corrigindo o erro. O uso do SAAD em ensaios de séries temporais obriga o usuário ao preparo de rotinas específicas de armazenamento de dados de cada série imediatamente após cada leitura, prevenindo, dessa forma, a perda de dados causada por qualquer fator que interrompa o funcionamento do sistema, como superaquecimento ou falta de alimentação.

Durante a realização dos ensaios, observou-se que a primeira repetição dos ensaios apresentou valores diferentes daqueles das demais repetições, indicando um erro sistemático. Esse comportamento ocorre pela necessidade de um tempo inicial de acomodação do sistema às condições de ensaio, sendo necessário o descarte da primeira repetição de cada tratamento.

A operação com *software* não-compilado, isto é, o uso de programas editáveis, permite que o usuário mude dinamicamente *in loco* a condição de ensaio assim como sua temporização, pela al-

teração e inclusão de novas instruções ao programa original.

### CONCLUSÕES

1. A perda de carga em decorrência da vazão nos filtros de tela e de disco pode ser descrita pelo modelo alométrico linear do tipo  $H_f = a \cdot Q^b$ .

2. Os filtros de disco são mais sensíveis do que os filtros de tela, no que se refere à perda de carga resultante da variação de vazão.

3. Os filtros de disco possuem valor de perda de carga superior aos filtros de tela, para ambos os *meshes*.

4. Em filtros de disco, o elemento filtrante com *mesh* 155 apresenta perda de carga superior ao de *mesh* 120, ao passo que, em filtros de tela, não há diferença significativa entre os valores de perda de carga para os dois *meshes* analisados.

5. O SAAD apresentou bom funcionamento durante os ensaios, não apresentando defeitos que comprometessem a operação de aquisição e análise de dados.

6. Os transdutores de pressão construídos apresentaram curvas de calibração idênticas e demonstraram um funcionamento confiável, com alta correlação entre a variação do sinal físico de pressão e a variável de resposta elétrica, com velocidade de resposta rápida, registrando dinamicamente as variações da pressão na linha.

### REFERÊNCIAS

- AMIAD. Filtration Systems. **Manual of filters for localized irrigation**. Israel, 1991. 18 p.
- CONAUT. Controles Automáticos. **Catálogo da linha de medidores indutivos**. São Paulo, 1991. 12 p.
- CHANG, C.S. Construção de um transdutor tipo diafragma para medidas de pressão hidráulica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1992.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, Phoenix, v.2, p.149-162, 1979.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. **Transactions of the ASAE**, v.24, n.1, p.77-80, 1981.
- RAMOS, J.P.S. **Análise de perda de carga em filtros de tela e disco de sistemas de irrigação localizada utilizando sistema de aquisição de dados**. Campinas: UNICAMP. Faculdade de Engenharia Agrícola, 1992. Dissertação de Mestrado.
- ZEIER, K.; HILLS, J.D. Trickle irrigation screen filter performance as affected by sand size and concentration. **Transactions of the ASAE**, v.3, n.30, p.735-739, 1987.
- ZUZARTE, G. Aferição e calibração de instrumentos de pressão. **Instrumentação e Controle de Processos**, São Paulo, n.48, p.54-62, 1991.