



## SISTEMA PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE PRESSÃO E VAZÃO USANDO O MICROCOMPUTADOR

Recebido para publicação em 20/03/2001

Aprovado para publicação em 13/08/2001

Luis A. A. Vilela<sup>1</sup>, Eliezer S. Gervásio<sup>2</sup>, Olívio J. Soccol<sup>3</sup>,  
Tarlei A. Botrel<sup>4</sup>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta a elaboração de um aplicativo computacional e o desenvolvimento de um periférico para aquisição de dados de pressão e vazão em ensaios hidráulicos. Desenvolveu-se o programa em ambiente Delphi 4.0 e realizou-se a comunicação externa pela porta paralela do microcomputador. O periférico é simples, de baixo custo, podendo ser montado pelo usuário a partir de componentes eletrônicos encontrados no mercado. A pressão foi determinada empregando-se transdutor de silicone e a vazão por meio de medidor eletromagnético. O programa permite configurar o intervalo entre as leituras e os valores médios são apresentados na tela ao final da coleta. Esses dados também são salvos em um arquivo do tipo "txt", o qual pode ser utilizado em outros aplicativos comerciais.

**Palavras-chave:** delphi, conversor A/D, hidráulica, aquisição de dados.

### PRESSURE AND FLOW DATA ACQUISITION SYSTEM USING A PERSONAL COMPUTER

**ABSTRACT:** This paper concerns both, a development of a software and a development of a peripheral for pressure and flow data acquisition in hydraulic research. The program was developed using Delphi language and the external communication was made by the computer's parallel port. A simple and low cost peripheral can be assembled by the user with commercially available electronic components. For testing the equipment, pressure was determined using silicon transducers, and flow by means of an electromagnetic sensor. The program allows the user to choose time interval between reading and display average values on the screen at the end of a reading process. Data are stored in ".txt" format to be accessed by other computer applications.

**Keywords:** delphi, A/D converters, hydraulic, data acquisition.

### 1 INTRODUÇÃO

A rápida evolução da eletrônica, associada à expansão crescente do mercado, tem possibilitado o acesso à tecnologia e ferramentas de ponta que antes eram disponíveis apenas em laboratórios bem equipados e centros de pesquisa. Com o crescimento vertiginoso do uso de microprocessadores, o custo destes reduziu-se consideravelmente, permitindo sua aplicação em equipa-

mentos de leitura e armazenamento de dados.

O registro de dados de forma automática possibilita, entre outras vantagens, a eliminação de erros humanos na leitura dos sensores, erros de digitação, perdas de dados, sincronismo da leitura entre vários instrumentos e frequência de leitura com intervalos precisos. O computador pode ser usado na coleta, armazenamento, processamento e transmissão dos dados. Uma outra vantagem do uso de

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Prof. Dr. DEG/UFLA, [lavilela@ufla.br](mailto:lavilela@ufla.br)

<sup>2</sup> Eng. Agr°, Doutorando em Irrigação e Drenagem ESALQ/USP, [esgervas@carpa.ciagri.usp.br](mailto:esgervas@carpa.ciagri.usp.br)

<sup>3</sup> Eng. Agr°, Prof. MSc., DER/CAV/UDESC, Doutorando em Irrigação e Drenagem ESALQ/USP, [a2ojs@cav.udesc.br](mailto:a2ojs@cav.udesc.br)

<sup>4</sup> Eng. Agrícola, Prof. Dr. DER/ESALQ/USP, [tabotrel@carpa.ciagri.usp.br](mailto:tabotrel@carpa.ciagri.usp.br)

computadores é que os dados obtidos podem ser trabalhados em diversos aplicativos comerciais, tais como planilhas eletrônicas, programas gráficos, estatísticos, editores de texto, dentre outros (Gomide, 1998).

Para que a aquisição de dados via computador possa ser implementada, é necessária a existência de um periférico (hardware) capaz de transmiti-los à unidade central de processamento (CPU). Existem vários tipos de periféricos, desenvolvidos para atender as mais diferentes situações. Entretanto, alguns desses equipamentos são caros e de difícil manutenção. De acordo com Crestana et al. (1998), reparos em equipamentos desse tipo tornam-se, muitas vezes, uma tarefa complicada. Segundo os autores, alguns equipamentos são adquiridos como verdadeiras “caixas pretas”, e sua manutenção, quando possível, é realizada apenas pelo fabricante que, em geral, encontra-se sediado no exterior.

Sob a ótica de desenvolver equipamentos de menor custo, cuja manutenção se torna facilitada em razão de se conhecer totalmente o processo construtivo e os componentes eletrônicos empregados, alguns pesquisadores têm optado por construir seus próprios aparelhos. A possibilidade de integrar linguagens de programação de alto nível a periféricos construídos é, sem dúvida, um fator que tem favorecido o desenvolvimento desses equipamentos.

Gervásio et al. (2001) desenvolveram um programa controlador de irrigação para áreas agrícolas ou paisagísticas, em ambiente Delphi 4.0, que por meio de um periférico relativamente simples, aciona até sete válvulas hidráulicas e uma motobomba. Os autores também informam que o equipamento pode substituir, com vantagens, os modelos comerciais disponíveis.

Soares (2001) apresenta um equipamento semelhante, de baixo custo, associado a um programa em Delphi, empregado no estudo de lâminas diferenciadas de irrigação no interior de estufas.

Souza (2001) desenvolveu um outro dispositivo voltado à experimentação agrícola no qual uma barra irrigadora, acionada por um periférico e controlada também por um programa em Delphi, é transportada sobre a área cultivada.

Todos esses trabalhos apresentam um ponto em comum: os comandos são enviados da CPU para os periféricos pela porta paralela mediante a instalação do componente IOport no Delphi. Este componente, citado por Vilela (1999), permite não apenas que informações sejam transmitidas do computador para o periférico, mas tam-

bém no sentido contrário, ou seja, do periférico para o computador. Isso possibilita a realização de outros tipos de tarefas pelos periféricos, tais como o recebimento de sinais digitais ou sinais analógicos previamente convertidos. A versão executável do programa passa a oferecer todos os requisitos necessários à comunicação pela porta paralela após a instalação do componente IOport.

Braga (1996) explica que os computadores e muitos circuitos que processam dados obtidos de sensores operam exclusivamente com sinais digitais. Assim, se a saída de um sensor apresentar sinais analógicos e precisar transferir este sinal para um circuito digital, como de um computador, será necessário “convertê-lo” por meio de um dispositivo denominado conversor analógico/digital, ou simplesmente conversor A/D.

Zoerb (1991) relata que os transdutores que empregam membrana de silicone têm sido amplamente utilizados para medição de pressão, em virtude do menor custo, elevada precisão e apresentarem compensação de temperatura. Segundo o autor, quando esses modelos são alimentados por uma tensão estabilizada nos pinos de entrada, os de saída emitem sinais analógicos proporcionais à pressão exercida sobre a membrana flexível, os quais podem ser enviados a um conversor A/D e, na seqüência, para o computador.

Existem diversas maneiras para avaliação da vazão transportada no interior de condutos forçados. Norton (1989) reporta sobre a técnica do sensor magnético de fluxo, no qual a massa líquida, ao atravessar um campo magnético, é induzida de uma força eletromotriz proporcional a velocidade de escoamento. O autor também informa que o campo magnético é criado por um eletromagneto e, existem dois eletrodos em contato com o líquido que captam a voltagem induzida neste. Essa voltagem é enviada para um conversor de sinais que os transforma em leituras de vazão. Relata ainda que alguns tipos de inversores possuem saída de sinais analógicos, na forma de tensão ou corrente elétrica, que podem ser digitalizados por conversores A/D e posteriormente enviados ao equipamento que fará a interpretação desses sinais.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa e um periférico para leitura e armazenamento de dados de pressão e vazão provenientes de ensaios de sistemas hidráulicos pressurizados, tais como tubulações, estações de bombeamento, equipamentos de filtragem e injeção de fertilizantes em sistemas de irrigação, ensaios hidráulicos, além de outros.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A aquisição dos dados é feita por intermédio de um circuito eletrônico (hardware), que deve ser conectado à porta paralela do microcomputador, usualmente empregada para instalação da impressora. Este circuito constitui-se basicamente de um conversor AD, de baixo custo, associado a sensores de vazão e pressão.

### 2.1 Sensores de pressão

Utilizou-se como elemento sensor de pressão um transdutor diferencial modelo MPX5700DP<sup>1</sup>, fabricado pela empresa Motorola, Inc.. De acordo com o fabricante (National Semiconductor Co, 2001), esse equipamento apresenta compensação interna de temperatura e pode ser utilizado tanto para medição de pressão em um determinado ponto, bastando para isto deixar uma de suas entradas exposta à pressão atmosférica, como o diferencial de pressão entre dois pontos distintos. Também informam que o referido modelo é produzido para atender a uma faixa de pressão que varia de 0 a 700kPa, apresentando erro máximo de 2,5% para temperaturas entre 273,3 e 358,3K. O fabricante disponibiliza outros modelos, com as mesmas características, que podem ser utilizados para atender outras faixas de pressão. Quando alimentados por uma tensão estabilizada de 5Vcc (volt em corrente contínua), emitem sinais analógicos que variam de 0,2 a 4,7Vcc, os quais podem ser transformados em leituras de pressão pela seguinte expressão:

$$P = 0,1555 \cdot V_{sp} - 31,109 \quad (1)$$

em que  $P$  é a diferença de pressão (kPa) observada nas entradas do transdutor, e  $V_{sp}$  a diferença de potencial elétrico (mv) entre os pinos de saída e o referencial terra.

As saídas do transdutor de pressão foram ligadas ao canal 0 do conversor AD e ao referencial terra do periférico.

### 2.2 Sensor de vazão

Estabeleceram-se as vazões por meio de um medidor eletromagnético, modelo KC1000, associado a um conversor de sinais IFC010, fabricados pela empresa Conaut Controles Automáticos Ltda (Krohne). De acordo com as informações do fabricante, esse aparelho apresenta

capacidade de leitura de 1 l h<sup>-1</sup> ( $\pm 0,14\%$ ) para vazões compreendidas entre 200 e 2.000 l h<sup>-1</sup>.

O conversor de sinais possui uma saída digital que varia de 4 a 20mA, proporcionalmente à constante de calibração empregada no aparelho e a vazão que passa pela sua câmara interna. Essa saída foi conectada, por intermédio de cabo blindado, à entrada específica para este sensor existente no periférico, na qual existe um resistor de precisão (100 $\Omega$ ) para transformar os sinais de corrente em voltagem. Estabeleceu-se previamente uma correlação entre a vazão e o sinal enviado pelo conversor de sinais para o conversor AD, expressa da seguinte maneira:

$$Q = 1,113 \cdot 10^{-7} \cdot V_{sq} \quad (2)$$

em que  $Q$  é a vazão (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>), e  $V_{sq}$  é a diferença de potencial elétrico (mv) entre a saída do conversor de sinais e o referencial terra.

### 2.3 Periférico

O periférico foi produzido a partir de componentes e circuitos integrados facilmente encontrados no mercado. Constitui-se basicamente de uma placa para confecção de circuito (fenolite) sobre a qual encontram-se instalados um soquete para circuitos integrados de oito pinos, um conversor AD, um cabo de comunicação (6 x 1,5mm) e um conector DB25M com proteção plástica (Figura 1). O custo de todos os componentes é de aproximadamente R\$10,00 (cerca de U\$4,00).

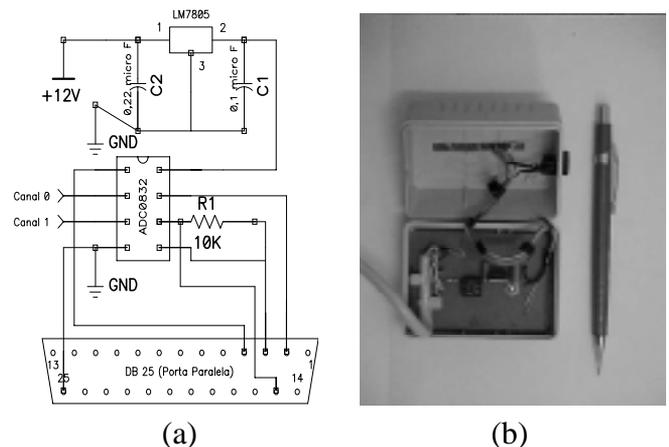


Figura 1 – Diagrama do circuito eletrônico (a) e aspecto final do periférico (b)

<sup>1</sup> O uso de produtos ou marcas registradas tem a finalidade exclusiva de facilitar a compreensão do leitor, não constituindo endosso por parte dos autores e Instituições ou críticas a produtos similares não citados.

### 2.3.1 Conversor analógico digital

Utilizou-se o conversor analógico digital ADC 0832, de 8 bits, fabricado pela National Semiconductors Co.. Esse dispositivo possui dois canais de entrada ( $CH_0$  e  $CH_1$ ) e interface serial para sinais de controle de envio de dados. De acordo com as informações do fabricante (National Semiconductor Co., 2002), os sinais de controle são formados por uma entrada de “clock” para sincronismo (CLK), uma entrada “chip select” (CS) para habilitação do conversor e, uma entrada de dados DI (dados input) que possibilita a programação do canal a ser lido e se essa leitura é referenciada ao terra ou diferencial entre os canais. O resultado da conversão é externado pela saída DO (dados output) do conversor.

Em virtude da resolução do conversor ser de apenas 8 bits, a resolução dos sensores de pressão e vazão passou a ser de 3,04kPa e  $7,81 \text{ l h}^{-1}$ , respectivamente.

### 2.4 Programa computacional

O programa computacional, cuja versão executável encontra-se disponível no endereço eletrônico do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (<http://www.deg.ufla.br>), foi desenvolvido em linguagem de programação Borland Delphi, versão 4.0., e controla a operação do conversor analógico digital por intermédio de sinais enviados pela porta paralela do computador. Além desta função, o programa gerencia a transmissão dos dados digitais, transformados pelo conversor AD, para a CPU do computador. Essas informações são processadas e apresentadas na tela principal do programa em tempo real. Clicando-se sobre o botão “Leitura” (Figura 2), o programa passa a calcular os valores médios de vazão e pressão, de acordo com o intervalo e o número de leituras preestabelecidas, os quais são apresentados, após o término dos cálculos, na caixa “Coleta de Dados”. Simultaneamente é gravado um arquivo, denominado “AquiDados.txt”, contendo esses mesmos resultados, além da data e horário das leituras. Esse arquivo é atualizado a cada leitura e fica armazenado no diretório onde se encontra a versão executável do aplicativo.

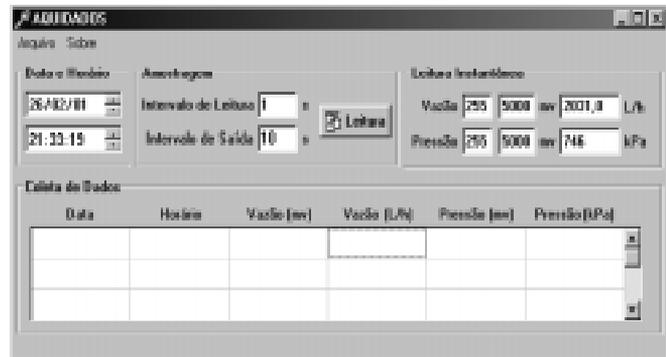


Figura 2 – Tela principal do programa AQUIDADOS.

Para o desenvolvimento do programa foi necessária a instalação do componente IOport apresentado por Vilela (1999), elaborado especialmente para permitir o controle da porta paralela em ambiente Delphi.

O endereço para comunicação com a porta serial é o 378h, o qual é utilizado como padrão na maioria dos computadores e no programa. Entretanto, alguns computadores podem estar configurados para utilizar o endereço 278h que, neste caso, deverá ser informado na paleta “Configuração” do menu “Arquivo” do programa (Figura 3).

Na referida paleta, existe a opção de substituir os coeficientes das equações que correlacionam pressão e vazão em função das diferenças de potenciais elétricos nas saídas dos sensores. Também podem ser alteradas as unidades dos parâmetros amostrados pelo programa.

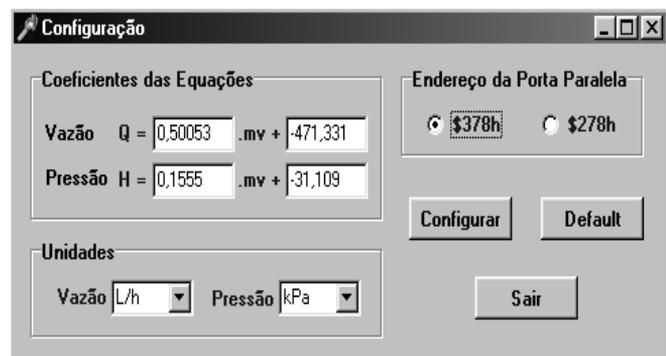


Figura 3 – Paleta “Configuração” do programa AQUIDADOS.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de demonstrar o uso do software e do periférico desenvolvidos neste trabalho, instalou-se um filtro do tipo hidrociclone em um circuito hidráulico fechado, objetivando avaliar a perda de carga (diferença de energia hidráulica total) para diferentes vazões que passam em seu interior.

As tomadas de pressão foram instaladas imediatamente antes e depois do hidrociclone, e conectadas ao sensor de pressão por meio de mangueiras com 4mm de diâmetro; posicionou-se o medidor de vazão após o registro de gaveta utilizado para o controle da vazão no interior da tubulação.

Na tela principal do programa estabeleceu-se que deveriam ser tomadas médias de sessenta leituras, em intervalos de um segundo.

Os resultados do ensaio, da maneira em que são armazenados no arquivo (formato "txt"), podem ser observados na Figura 4. Os títulos das colunas na primeira linha não aparecem na saída dos dados, mas podem ser introduzidos por meio de um editor de texto para facilitar a interpretação dos resultados

Data	Horário	Q(mu)	Q(L/h)	P(mu)	P(kPa)
26/02/02	17:41:28	1824	439,4	235	6
26/02/02	17:42:09	1941	520,9	275	12
26/02/02	17:42:45	2137	605,3	275	18
26/02/02	17:43:17	2333	706,4	373	23
26/02/02	17:44:07	2647	850,7	451	35
26/02/02	17:44:53	2784	923,3	471	42
26/02/02	17:45:28	2961	1014,0	490	52
26/02/02	17:45:58	3176	1115,0	569	65
26/02/02	17:46:27	3333	1203,0	667	73
26/02/02	17:47:02	3549	1306,0	804	87
26/02/02	17:47:38	3843	1454,0	843	109
26/02/02	17:48:05	4000	1542,0	980	119
26/02/02	17:48:30	4216	1627,0	1000	135
26/02/02	17:48:56	4373	1717,0	1157	147
26/02/02	17:49:24	4588	1828,0	1275	168
26/02/02	17:49:52	4784	1922,0	1373	183
26/02/02	17:50:20	4843	1960,0	1431	190
26/02/02	17:51:04	4941	1998,0	1392	195

Figura 4 – Resultados do ensaio do hidrociclone armazenados no arquivo "AquiDados.txt" gerado automaticamente pelo programa.

Os arquivos com extensão "txt" podem ser trabalhados em diversos tipos de programas, como por exemplo editores de texto, programas gráficos e planilhas eletrônicas. Isso constitui uma grande vantagem, tanto no sentido de economia de tempo como de eximir possíveis erros de digitação dos dados coletados.

Como exemplo da possibilidade de utilização do arquivo de dados em outros programas, na Figura 5 é apresentada, de forma gráfica e algébrica, a relação entre as variáveis vazão e perda de carga, obtida a partir da manipulação do arquivo "AquiDados.txt" na planilha eletrônica "Excel".

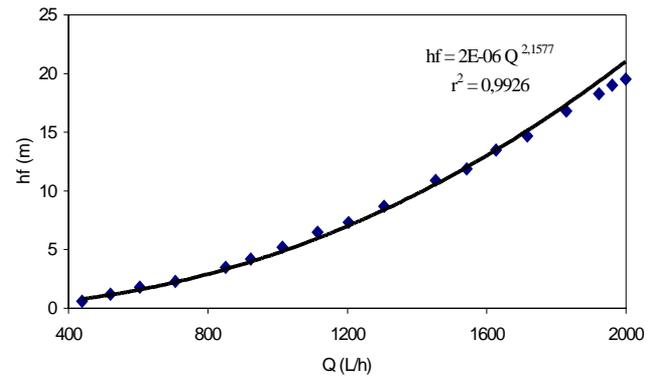


Figura 5 – Gráfico obtido por meio de planilha eletrônica, usando dados adquiridos pelo programa AQUIDADOS, relacionando a perda de carga (hf) em função da vazão (Q) observada no interior do hidrociclone.

### 4 CONCLUSÕES

As conclusões gerais sobre este trabalho são:

- o programa AQUIDADOS é relativamente simples, mas eficiente para obtenção de dados a partir de sinais analógicos ou digitais provenientes de sensores de pressão e vazão;
- pode-se montar periféricos para obtenção de sinais analógicos, simples e de baixo custo, a partir de componentes eletrônicos facilmente encontrados no mercado;
- a operação de conversores analógicos digitais pode ser feita por meio da porta paralela de microcomputadores, usualmente empregada para conexão da impressora, dispensando a necessidade de instalação de qualquer outro tipo de placa ou dispositivo nos computadores;
- é possível armazenar os dados provenientes dos ensaios em um arquivo, que pode ser trabalhado em outros aplicativos comerciais.

### 5 REFERÊNCIAS

BRAGA, N.C. Como funcionam os conversores A/D. Saber eletrônico, n.282, p.68-75, 1996.

- CRESTANA, S.; TORRE NETO, A.; INAMASU, R.Y.; MARTIN NETO, L.; VAZ, C.M.P.; CRUNIVEL, P.E. Automação e instrumentação na agropecuária. In: SILVA, F.M.; SILVA, M.S.; JÚNIOR, R.B. **Energia, automação e instrumentação**. Poços de Caldas: SBEA/UFLA/DEG, 1998. p.185-246.
- GERVÁSIO, E.S.; VILELA, L.A.A.; BOTREL, T.A.; FRIZZONE, J.A.; AMARAL, J.R. Controlador de irrigação via PC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA/UNIOESTE, 2001. CD-ROM
- GOMIDE, R. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: FARIA, M.A., SILVA, E.L., VILELA, L.A.A., PEREIRA, G.M.. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: SBEA/UFLA/DEG, 1998. p.133-238.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR CO. Integrated silicon pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated. Disponível em: <http://www.national.com/pressuresensors>. Em 10/07/2001.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR CO. ADC0831/ADC0832/ADC0834/ADC0838 8-bit serial I/O A/D converters with multiplexer options. Disponível em: <http://www.national.com/pressuresensors>. Em 22/01/2002.
- NORTON, H.N. **Handbook of transducers**. New Jersey: Prentice-Hall, 1989. 554p.
- SOARES, A.J. **Efeitos de três lâminas de irrigação e de quatro doses de potássio via fertirrigação no meloeiro em ambiente protegido**. 2001. 67f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOUZA, R.O.M. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação automatizado para áreas experimentais**. 2001. 70f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- VILELA, E.D.D. Programação delphi para eletrônica. **Saber eletrônico**, n.320, p.4-11, 1999.
- ZOERB, G.C. Pressure and vacuum. In: HENRY, Z.A.; ZOERB, G.C.; BIRTH, G.S. **Instrumentation and measurement for environmental sciences**. St. Joseph: ASAE, 1991. cap.4, p.1-18.