

## CONSTRUÇÃO E CALIBRAGEM DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE LEITURA ANALÓGICA UTILIZADO EM IRRIGAÇÃO<sup>1</sup>

SUELDO DE SOUSA ALMEIDA<sup>2</sup>; VLADIMIR BATISTA FIGUEIRÊDO<sup>3</sup>; JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS<sup>4</sup>; JESSYKA CUNHA DA COSTA<sup>5</sup> E EMANOELA MAGNA DA CUNHA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado em Irrigação e Drenagem do primeiro autor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Mestre, Empresa Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRÁS, Mossoró-RN, sueldoufersa@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, vladimir@ufersa.edu.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, jfmedeir@ufersa.edu.br

<sup>5</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caixa Postal 137, CEP: 59.625-900, Mossoró, RN. Fone: (84) 3317-8322. e-mail: jessykacunha@hotmail.com

<sup>6</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, emanoelacunha@hotmail.com

### 1 RESUMO

Os Sistemas de Aquisição de Dados (SAD) estão presentes em muitos estudos e colaboram na coleta, armazenamento e análise de dados usados em irrigação. Porém são caros e de difícil manutenção, o que faz com que a busca por equipamentos de menor custo seja contínua. Objetivou-se neste trabalho avaliar um SAD, construído e calibrado no laboratório de Irrigação e Salinidade da UFERSA, Mossoró-RN. O SAD usa como componente central um microcontrolador da família PIC, componentes discretos utilizados em eletrônica, um computador para armazenamento de dados e um programa computacional de fácil manuseio para coleta e armazenamento dos dados. Os resultados demonstraram que o uso do SAD construído é funcional na aquisição de dados obtidos de sensores analógicos de temperatura do ar utilizando sensores analógicos usados em irrigação. Por esses resultados considera-se justificável o uso do periférico simples, de baixo custo, podendo ser montado pelo usuário a partir de componentes eletrônicos encontrados facilmente no mercado.

**Palavras-chave:** Registradores de dados, manejo da irrigação, microcontrolador.

### 2 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica tem possibilitado uma maior facilidade para obtenção de equipamentos eletrônicos, isso ocorreu devido à crescente busca por esses equipamentos que antes eram de difícil acesso pelo seu valor significativo no mercado. A ascensão do uso de microprocessadores foi fundamental para redução dos custos de forma significativa, pois o seu baixo custo fez com que os processos, antes controlados por componentes analógicos, passassem a ser controlados por sistemas digitais programáveis, possibilitando a utilização em equipamentos de armazenamento e leitura de dados.

De acordo com Gomide (1998), são várias as vantagens dos sistemas digitais. O computador, por exemplo, tem diversas funcionalidades, entre elas a coleta, armazenamento,

processamento e transmissão de dados, sendo esses dados transformados em gráficos, planilhas, arquivos de texto e dados estatísticos. Com o armazenamento de dados automático se extinguem os erros digitais, perdas de dados, erros humanos na leitura dos sensores e simultaneidade na leitura entre vários instrumentos. O sistema de aquisição de dados é um aparelho utilizado em diversas áreas da agropecuária. A aquisição de dados, através do recurso de computadores, é o processo pelo qual um acontecimento físico real é transformado num sinal elétrico e convertido num formato digital para posterior visualização, armazenamento, processamento e análise. Gomide (1998) também diz que a evolução da pesquisa dando origem ao registro de dados de forma automática possibilita algumas 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 que dificultaria a exatidão dos dados caso não existisse. Para que a aquisição de dados via computador possa ser conseguida, é necessária a existência de um periférico (hardware) capaz de transmiti-los à unidade central de processamento (CPU), constituindo o sistema de aquisição de dados (SAD). Existem vários tipos de periféricos, desenvolvidos para atender as mais diferentes situações, entretanto, alguns desses equipamentos são caros e de difícil manutenção.

Segundo Coelho Filho et al. (2004), para obter menores custos seria mais plausível os pesquisadores construírem seus próprios aparelhos, daí saberiam passo a passo de sua montagem e eles próprios podiam fazer a manutenção caso precisasse. 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. De acordo com Coelho Filho et al. (2004), 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. De acordo com Crestana et al. (1998), reparos em equipamentos comerciais para aquisição de dados tornam-se, muitas vezes, uma tarefa complicada. Segundo esses 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.

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi construir e testar um sistema de aquisição de dados (SAD) usando um microcontrolador da família “PIC”, equipamentos discretos utilizados em eletrônica e um computador para armazenamento dos dados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A construção e calibração do sistema de aquisição de dados (SAD) foram realizadas no laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN (5° 11' S, 37° 20' W e 18 m de altitude).

O SAD proposto foi desenvolvido a partir de duas concepções construtivas: uma de software e outra de hardware. No que se refere ao desenvolvimento de software, este foi destinado a rodar em plataforma Microsoft Windows, também conhecido como Aplicação Desktop. O desenvolvimento do software foi realizado em parceria de um laboratório particular da empresa EGM, localizado em Mossoró - RN. A concepção de hardware baseia-se em vários dispositivos eletrônicos, como microcontroladores, oscilador e max232, cada qual com sua funcionalidade e características eletroeletrônicas. Para a construção do

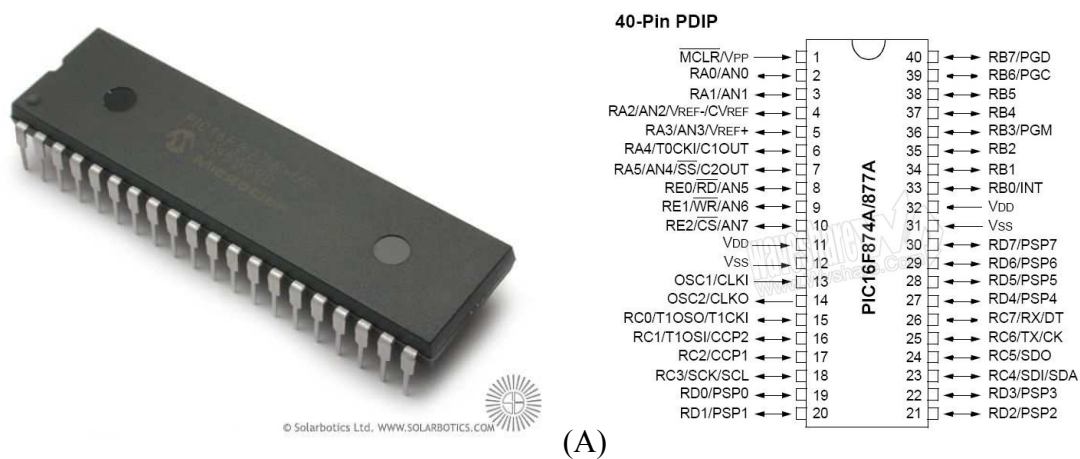
equipamento, o SAD foi desenvolvido contendo um microcontrolador e uma saída de comunicação serial padrão RS-232, tendo a sua forma de composição representada pelo diagrama da Figura 1.



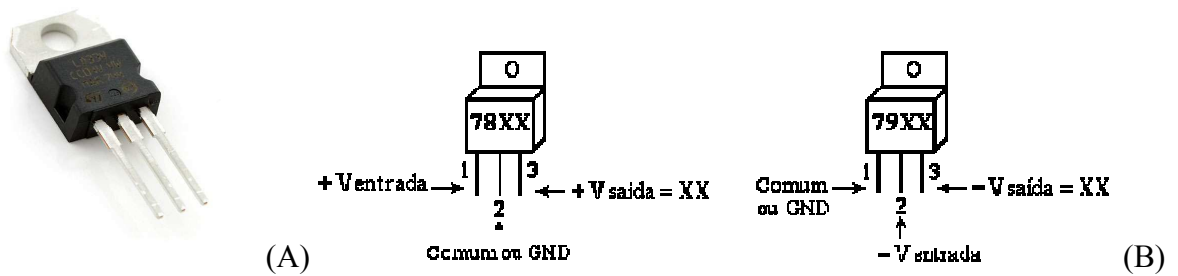
**Figura 1.** Diagrama esquemático dos principais elementos do SAD.

O módulo do SAD responsável por converter os sinais analógicos provenientes dos sensores é o Módulo Analógico. O Módulo Analógico possui quatro canais analógicos de leitura, cada um deles endereçado a um sensor e ao sinal de saída do circuito divisor de tensão presente no Módulo de Alimentação. Tratando de um microcontrolador, que contém componentes externo a ele, é importante para seu funcionamento, dispor de um programa em sua memória interna para ajustar e configurar seus dispositivos de forma a tratar os sinais de entrada e saída de maneira automática, podendo ser interrompido por comandos gerados pelo operador. Estes conjuntos de informações definem como irão funcionar suas portas de entradas e saídas (I/O), o seu tempo de resposta aos comandos e a forma de tratamentos desses sinais. Para tanto, com auxílio de um compilador da linguagem C e de bibliotecas do microprocessador, foram compilados os comandos e instruções, gerando como resultado, um arquivo do tipo hexadecimal, denominado *firmware*.

Os principais componentes do SAD construído foram: PIC 16F877A (Figura 2), o regulador de tensão LM 7805 (Figura 3), o CI de comunicação MAX 232 e portas de comunicação (Figura 4), os demais são componentes discretos como resistores, capacitores, leds, diodos e outros. Têm-se vários tipos de reguladores de tensão, dentre os quais podemos citar os CIs da série 78XX para tensão positiva e os da série 79XX para tensão negativa. As funções dos pinos 1 e 2 da série 79XX são trocadas em relação à série 78XX. Nos reguladores 78XX, o pino 1 é a entrada e o pino 2 é o comum (ligado ao terra). Nos reguladores 79XX, o pino 2 é a entrada e o pino 1 é o comum (ligado ao terra). O pino 3 é a saída tanto para o 78XX quanto para o 79XX. O MAX 232 (Figura 4) é um circuito integrado conversor de nível, que converte sinais TTL em RS232 e vice-versa. Ele fornece uma ótima rejeição de ruído e é mais robusto à descargas e curtos. Se o seu projeto for mais avançado, você deve utilizar um CI especializado para esta tarefa. No entanto, soluções especializadas são mais caras que as outras.

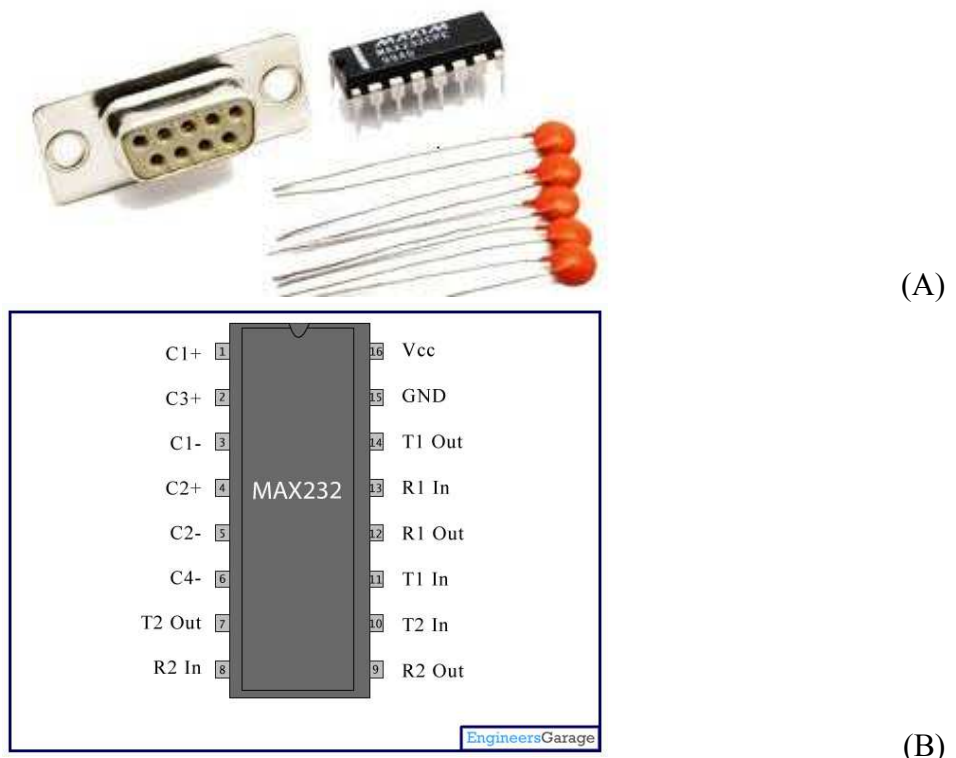


**Figura 2.** Microcontrolador PIC 16F877A (A) e sua configuração (B).



**Figura 3.** Regulador de tensão usado (A) e configurações de regulares (B).

Através de um gravador compatível com o chip PIC 16F877A foi possível enviar e armazenar um programa, este devendo estar em linguagem de máquina (ARQUIVO HEX) na memória flash interna do microprocessador, em endereço predefinido pelo fabricante. Para verificar a obtenção dos dados do SAD construído, fez-se o registro dos dados de tensão de um termopar (junção de dois fios de materiais diferentes utilizados para obtenção da temperatura por efeito termoelétrico) do tipo T (cobre-constantan) ligado as entradas analógicas do SAD e comparou-se com as leituras obtidas do mesmo termopar ligados a um Datalogger “CR10X” da Campbell Scientific, Inc. Os dados de tensão do termopar obtidos pelo SAD construído foram transformados para temperatura, utilizando os coeficientes de aproximação da Tabela 1 e a equação polinomial de ordem 7 para o termopar tipo T.



**Figura 4.** Alguns componentes discretos (A) utilizados no SAD construído (capacitores, RS 232 e Max 232) e configuração do componente Max 232 (B).

**Tabela 1.** Informações e coeficientes de aproximação da equação\* polinomial do termopar tipo T.

<b>Faixa de temperatura:</b>	-160 a 400 °C
<b>Faixa de voltagem:</b>	-5,284 a 20,805 mV
<b>Coeficientes</b>	
<b>a0</b>	0,100860910
<b>a1</b>	25727,94369
<b>a2</b>	-767345,8295
<b>a3</b>	78025595,81
<b>a4</b>	-9247486589
<b>a5</b>	$6,97688 \cdot 10^{11}$
<b>a6</b>	$-2,66192 \cdot 10^{13}$
<b>a7</b>	$3,94078 \cdot 10^{14}$

**Nota:** \*Equação:  $T = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2 + \dots + a_7 \cdot V^7$ , em que T = Temperatura em °C e V = tensão em volts.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

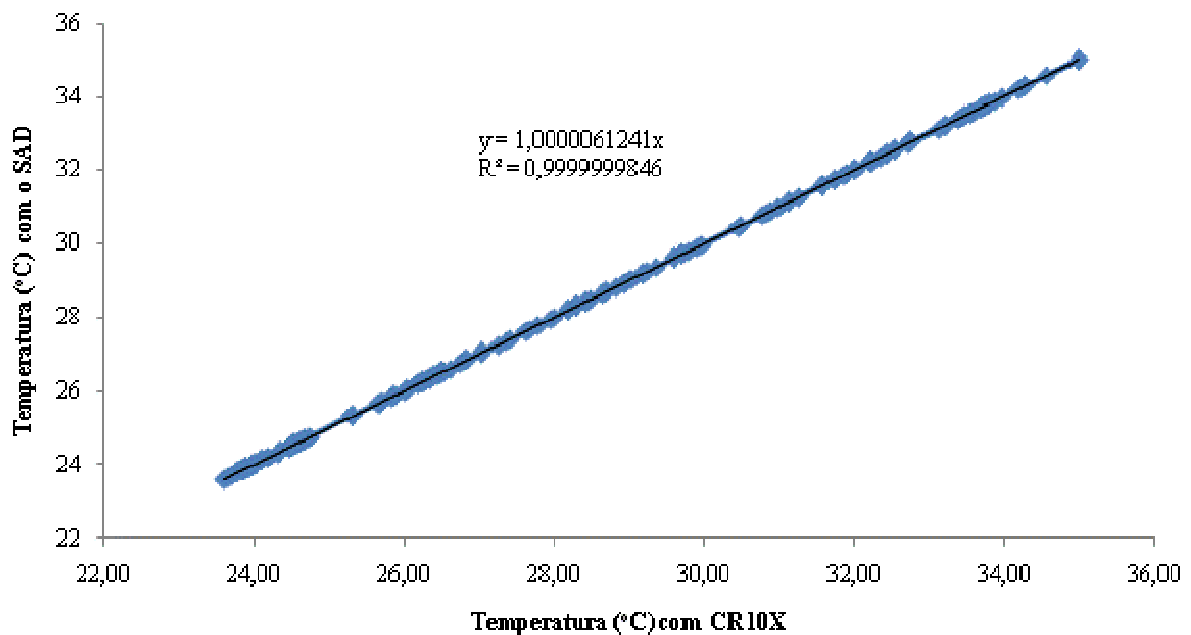
O PIC 16F877A, é um circuito integrado produzido pela Microchip Technology Inc.. Este microcontrolador foi escolhido para a construção do SAD porque possui portas analógicas para ler os dados do sensor, além de possuir a comunicação serial USART, para se comunicar com o supervisor, e possui saídas PWM, que são saídas que possuem uma resolução de 10 bits para conversão em valores analógicos de tensão que variam de 0 a 5 Volts (V). O regulador de tensão foi usado para manter a tensão de saída constante (estabilizada) mesmo havendo variações na tensão de entrada ou na corrente de saída. Os reguladores de tensão podem ser implementados como componentes discretos ou podem ser obtidos na forma de circuito integrado (CI). Como o MAX 232 é um circuito integrado conversor de nível, este foi utilizado para converter sinais TTL em RS232 e vice-versa, necessários para obtenção dos dados pelo computador. Este conversor de nível fornece uma ótima rejeição de ruído e é mais robusto à descargas e curtos.

Todos esses componentes foram colocados em placa impressa de fenolite, fazendo a conexão entre os mesmos de forma tal que houvesse a segurança dos dados obtidos e retirados dos problemas de ruídos que poderiam acontecer na transmissão dos dados (Figura 5). Nesse caso, a placa de circuito impresso foi feita usando o software Mosfet<sup>®</sup> na empresa EGM tecnologia, contendo as seguintes características: Tensão de alimentação - 12 a 18 V; 4 entradas analógicas de 4 a 20 mA; 4 entradas analógicas de 0 a 5 V; 3 entradas isoladas digitais; 2 entradas digitais nativas de PIC; 1 Relógio interno; Suporte a LCD display; Suporte de gravador de cartão SD; Saída IC; 2 saídas PWN; 4 entrada de botões, prontas; 2 saídas analógicas extras; 1 saída auxiliar a transistor.



**Figura 5.** SAD construído mostrando a Placa PCI e componentes eletrônicos.

Observou-se que o SAD construído ficou bastante robusto, com custo médio de 450,0 R\$ (excetuando a aquisição de um computador de mesa de porte médio). Observou-se que as leituras realizadas a partir do SAD de sensor de leituras de tensão (Termopar) foram altamente confiáveis (Figura 6), verificando uma correlação de 99,99998% entre os dados obtidos pelo SAD construído e o Datalogger “CR10X” da Campbell Scientific, Inc, usados nas mesmas condições. A relação entre o valor de temperatura obtido com o SAD construído e o datalogger CR10X foi descrita pela equação  $y = 1,0000061241x$ , onde o “y” corresponde a leitura obtida pelo SAD e o “x” a leitura obtida pelo CR10X.



**Figura 6.** Relação entre a temperatura obtida pelo SAD construído e a obtida pelo datalogger CR10X da Campbell Scientific, Inc.

## 5 CONCLUSÕES

O SAD construído ficou bastante robusto e apresentou elevada eficiência e precisão na obtenção dos dados de temperatura de um sensor termopar. O baixo custo do SAD construído em comparação a SAD's comerciais pode contribuir para o aumento da obtenção de dados de sensores com leituras analógicas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO FILHO, M. A.; VELLAME, L. M.; COELHO, E. F. SOUZA, C. F. **Instalação e operação de sistemas de aquisição e armazenamento de dados para o monitoramento do sistema solo-água-plantas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 136p.(Documentos n. 143)

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.

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.