

# **SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS APLICADO A BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO**

## ***SUPERVISION SYSTEM AND DATALOGGER APPLIED A PHOTOVOLTAIC PUMPING***

**(1) SANDRO CÉSAR SILVEIRA JUCÁ**  
**(2) PAULO CESAR MARQUES DE CARVALHO**  
**(3) FÁBIO TIMBÓ BRITO**  
**(4) ANDRÉ TEIXEIRA DE AQUINO**

<sup>(1)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> CEFET-CE – UNED MARACANAÚ - Área da indústria – Maracanaú - CE  
<sup>(2)</sup> UFC - Departamento de Engenharia Elétrica – Fortaleza - CE

### **RESUMO**

O trabalho descreve um sistema de supervisão e aquisição de dados microcontrolado de baixo custo (Simlogger), assim como analisa os resultados obtidos com a implementação de um sistema de bombeamento de água que utiliza a conversão fotovoltaica da energia solar para prognosticar o melhor período do dia para o acionamento das bombas; aumentando, dessa forma, a eficiência da energia convertida. Foram realizadas medições de valores de tensão, durante dois dias, em um motor-bomba acionado por energia solar captada por cinco painéis fotovoltaicos dispostos em paralelo. As leituras foram realizadas em intervalos de 10 minutos, e o resgate dos dados foi feito utilizando-se um software de supervisão que gera os gráficos analógicos dos dados obtidos em um microcomputador do tipo PC. Esse sistema de aquisição possibilita o planejamento do melhor período para conversão da energia solar em energia potencial através do bombeamento da água para reservatórios elevados.

palavras-chave: sistema de supervisão, aquisição dados, microcontrolador, PIC

### **ABSTRACT**

*The work describes a supervision system and a low cost microcontrolled datalogger (Simlogger), as well as analyzing the results with implementation in a pumping water system that uses the photovoltaic conversion of the solar energy to foretell optimum day period for the pumps drive increasing, thus, the converted energy efficiency. Voltage values measurements had been carried through during two days in a solar pump by five photovoltaic panels in parallel. The readings had been carried through in 10 minutes intervals and the data rescue was made using a supervision software that generates the data analogical graphs in a personal computer. This acquisition system makes possible the planning of solar energy optimum period for conversion in potential energy through the water pumping for high reservoirs.*

*Key-words: supervision system, datalogger, microcontroller, PIC*

## INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, de elevado avanço tecnológico, a aquisição de dados dos processos é imprescindível e aplicado em diversas situações como, por exemplo, na comprovação de dados teóricos e na avaliação de potencial de fontes renováveis de energia. (FRANÇA, 1997).

Os equipamentos com essa finalidade ainda são pouco encontrados no mercado brasileiro, além de apresentarem custo relativamente elevado. Diante dessa realidade foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados de baixo custo capaz de atender às aplicações citadas. O resgate dos dados adquiridos com o *Simlogger* pode ser realizado pelo software proposto ou por qualquer software monitor serial em um computador com interface EIA-232. Esse mesmo software pode configurar e gravar as memórias presentes no *Simlogger*, entre elas, a RAM do microcontrolador, a RAM do relógio em tempo real (RTC), a EEPROM interna e a EEPROM externa. Além disso, a memória de programa flash do microcontrolador pode ser gravada de forma simples e direta pela mesma interface serial EIA-232 através de um *Bootloader*. Com isso, as características do sistema podem ser alteradas por meio de modificações no programa do microcontrolador como, por exemplo, alteração na frequência em que os dados são armazenados na memória EEPROM externa ou na configuração das entradas dos conversores analógico-digitais (AD's) e, então, reprogramação da memória flash com facilidade.

O sistema desenvolvido foi aplicado a um sistema de bombeamento que utiliza conversão fotovoltaica da energia solar, para efetuar medições de valores de tensão, em uma bomba hidráulica, em intervalos de tempo pré-determinados. Através dos dados obtidos, poder-se-á realizar um estudo para prognosticar o melhor período do dia para o acionamento das bombas.

As características dos principais componentes utilizados tanto para o desenvolvimento como para a análise do sistema, a descrição do funcionamento e as respectivas funções são apresentadas no decorrer deste artigo.

## MATERIAIS E METODOLOGIA APLICADA

O *Simlogger* é composto basicamente por um microcontrolador, uma memória EEPROM externa, e um relógio em tempo real (RTC), além de possuir interface no padrão EIA-485 para comunicação com redes industriais de controladores lógicos programáveis (CLP's), através do transceptor MAX485, e interface no padrão EIA-232 para comunicação com um computador supervisor, através do transceptor MAX232. Além disso, o sistema possui um display LCD onde pode ser visualizado a data e o horário atual. A Figura 1 apresenta o diagrama simplificado do *Simlogger*.

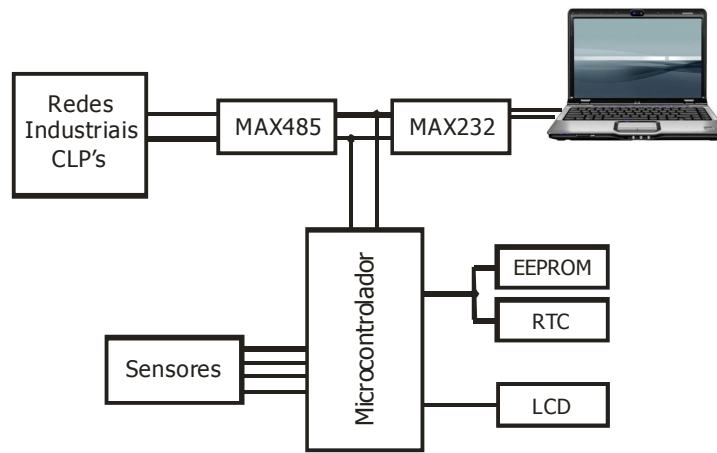


Figura 1- Diagrama simplificado do *Simlogger*

## MICROCONTROLADOR

O modelo escolhido para ser utilizado no sistema de aquisição de dados foi o microcontrolador PIC 16F877A, que possui, entre outras características, oito conversores analógico-digitais de 10 bits, 8 Kbytes de memória de programa flash, 368 bytes de memória RAM interna, 256 bytes de memória EEPROM interna (MICROCHIP, 2003). A escolha desse modelo se deu, principalmente, por apresentar um custo relativamente baixo, além de ser bastante difundido no mercado brasileiro, ou seja, pode ser adquirido com facilidade. Na construção do sistema, foram utilizados quatro canais, ou pinos, referentes aos conversores analógico-digitais, e sete canais de I/O (entrada/saída) para a interface com o display LCD 16x2, além dos pinos para a comunicação no protocolo I<sup>2</sup>C com a memória EEPROM externa e com o relógio RTC.

## BOOTLOADER

Em geral, a transferência de programas para microcontroladores é efetuada por meio de um hardware de gravação específico. Como alternativa a esse método, para as famílias PIC 16F e 18F, entre outras, é possível efetuar a transferência de programas para o microcontrolador diretamente do PC. Na família 16F, isso é possível utilizando o *San Bootloader 1.10* através da interface serial utilizando um conversor TTL/EIA-232 com capacitores. Para a família 18F, diretamente via interface USB, é utilizado a ferramenta *SanUSB*. O bootloader funciona de forma semelhante a um sistema operacional que gerencia a transferência de arquivos binários para a memória de programa do microcontrolador. Após a gravação do bootloader, a transferência de programas pode ser realizada com a utilização de softwares de comunicação específicos. Para obter vários projetos, tutoriais e vídeos com esse sistema de gravação, comunicação e alimentação via USB, basta se cadastrar no grupo de acesso livre <http://br.groups.yahoo.com/group/GrupoSanUSB/> e clicar no item Arquivos (Grupo SanUSB, 2008).

## **MEMÓRIA EEPROM**

A maioria dos modelos da família PIC 16F apresenta memória EEPROM interna, com capacidade de armazenamento de 128 ou 256 bytes. Em algumas aplicações, a EEPROM interna é ideal para guardar parâmetros de inicialização ou reter valores medidos durante uma determinada operação de sensoriamento. Para um sistema de aquisição de dados, é necessária uma EEPROM externa em que a capacidade seja compatível com o número de sensores e com o período de armazenamento dos dados. Neste protótipo, optou-se pelo modelo 24C256, que possui oito pinos e apresenta, entre outras características, 256 Kbits, ou seja, 16 Kbytes de armazenamento e interface de comunicação I<sup>2</sup>C (ST, 2005).

## **RELÓGIO RTC**

O *Real Time Clock* (RTC) DS1307 é um relógio/calendário serial de baixo custo, que possui oito pinos e é controlado por um cristal externo de 32.768 Hz. A comunicação com o DS1307 é, também, realizada por meio da interface serial I<sup>2</sup>C por um pino de clock (SCL) e um pino de dados (SDA). Esse RTC contém uma memória RAM interna onde seis bytes são configurados na forma *Binary Coded Decimal* (BCD) para a função relógio/calendário, ou seja, ele fornece hora, minuto, segundo, dia, mês e ano. Ele, ainda, oferece a possibilidade de retenção dos dados em um eventual falta de energia. Para isso, é necessário conectar uma bateria ao pino 3 (DALLAS, 2006).

## **PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO**

Com o intuito de manipular e verificar o estado dos dispositivos externos e internos ao sistema de aquisição de dados, foi desenvolvido inicialmente um protocolo serial para a comunicação entre o operador do sistema e o microcontrolador, por meio de um software monitor serial, como o *Hyperterminal*. Após o endereço do *Simlogger* (A) e da função desejada, o operador deve inserir os dígitos X (0 a 9) necessários para as funções mostradas na Tabela. 1.

## **INSTALAÇÃO DO SISTEMA**

O sistema de bombeamento foi desenvolvido e montado no Laboratório de Energias Renováveis – LEA, situado no campus da Universidade Federal do Ceará – UFC. Ele é composto por quatro tanques de armazenamento de água, dois motores-bomba controlados por sensores de nível (chave-bóia) e acionados por energia proveniente do sol, captada por cinco módulos fotovoltaicos dispostos em paralelo, como mostra a Figura 2.

Endereço Simlogger	Função	Posição Memória	Valor	Resultados EEPROM externa e RTC
A	4	S(Segundo) M (Minuto) H (Hora) D (Dia) N (Mês) Y (Ano)	XX	Escrita na variável do relógio RTC com o valor XX
A	5	-	-	Leitura das variáveis do relógio RTC
A	6	XX	-	Leitura do Buffer do sensor XX

**Tabela 1. Funções para manutenção e verificação serial nos dispositivos do *Simlogger***



**Figura 2 – Painéis fotovoltaicos**

O sistema de aquisição de dados desenvolvido foi instalado de modo a realizar e armazenar medições de valores de tensão em um dos motores-bomba mostrado da Figura 3.



**Figura 3 – Motor-bomba**

## **SOFTWARE**

O software possui uma interface simples e de fácil utilização, para que mesmo usuários pouco experientes não tenham dificuldade em utilizá-lo.

Através dele, é possível coletar os dados gravados na memória do microprocessador e *plotar* os dados já coletados em gráfico ou planilha, além de ajustar o relógio (RTC) e enviar comandos manualmente ao sistema.

Os dados coletados são gravados em um banco de dados para que possam ser impressos futuramente. Por ser livre e de fácil utilização, o MYSQL foi o banco de dados livre escolhido para ser utilizado. Para que o software funcione, é necessário que o banco de dados esteja instalado.

O software é dividido em quatro partes (*Plotar*, *Coletar*, *Ajuste de Relógio* e *Terminal*), como mostra a Figura 4:

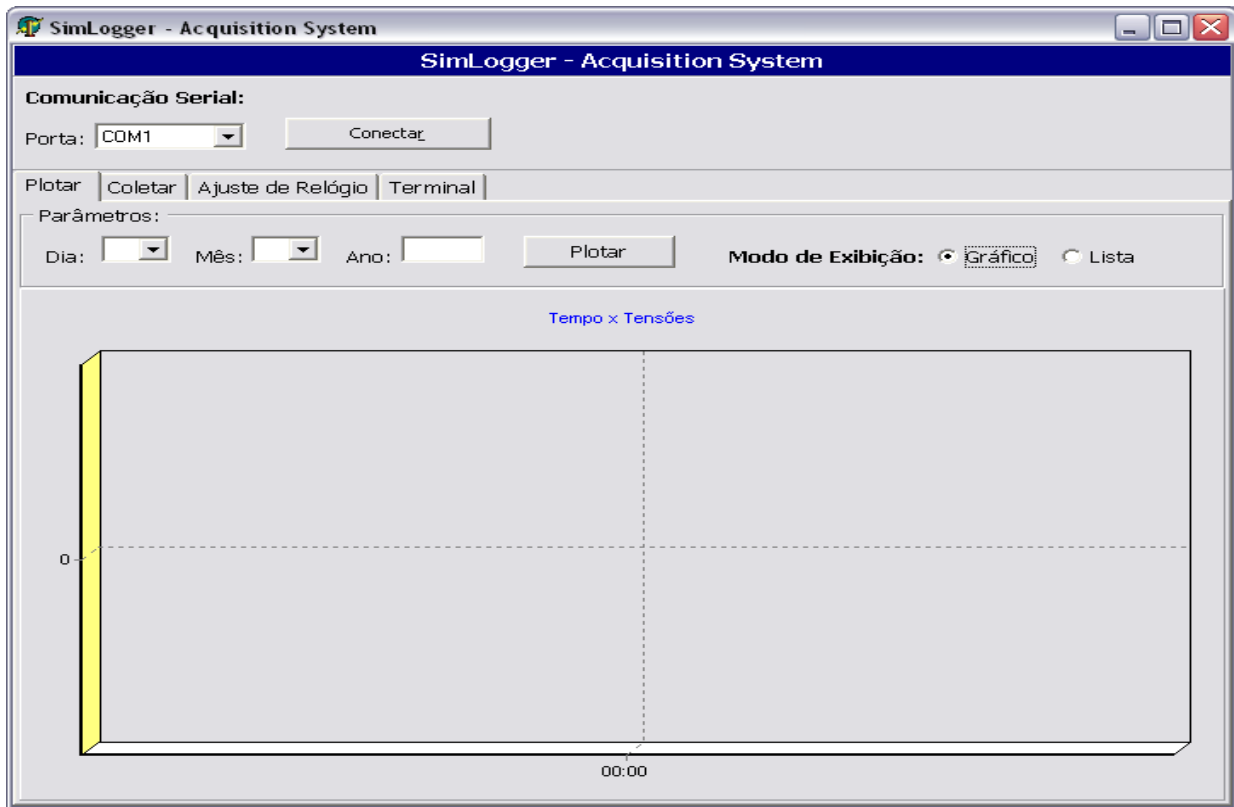


Figura 4 – Aba *Plotar*

## PLOTAGEM

A exibição dos dados já coletados pode ser feita na aba “*Plotar*”. Isso é feito indicando os parâmetros (dia, mês e ano) referentes aos dados que foram adquiridos pelo sistema e clicando em “*Plotar*”, como mostra a Figura 5.



Figura 5 - Parâmetros

Os dados podem ser exibidos na forma de gráfico, como na Figura 4, ou em Lista (planilha), como na Figura 6. Para isso basta escolher o modo de exibição mostrado na figura 6.

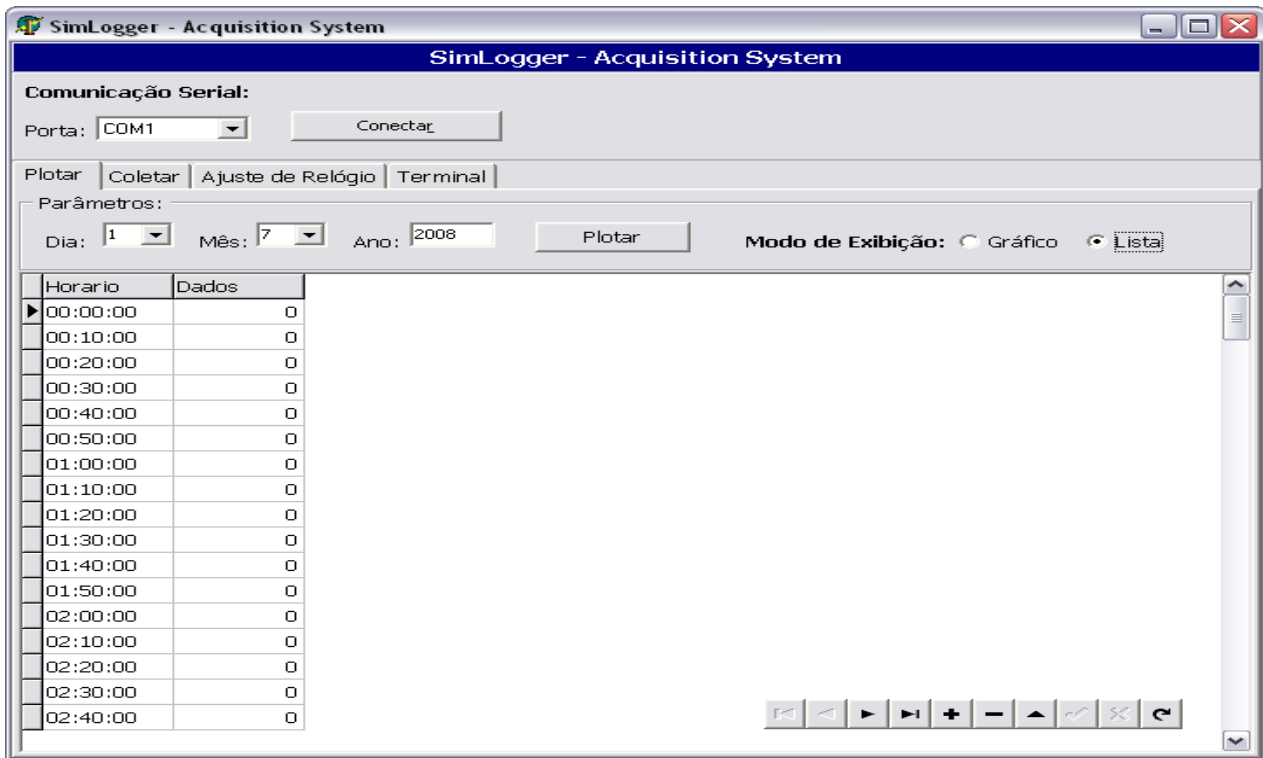


Figura 6 – Modo de exibição *Lista*

## COLETA

Na aba “Coletar” mostrada na Figura 7, é feita a coleta dos dados armazenados no Simlogger. Isso é feito de forma simples, basta escolher o sensor, clicar em “Coletar”, e todos os dados, no período de um mês, serão coletados.

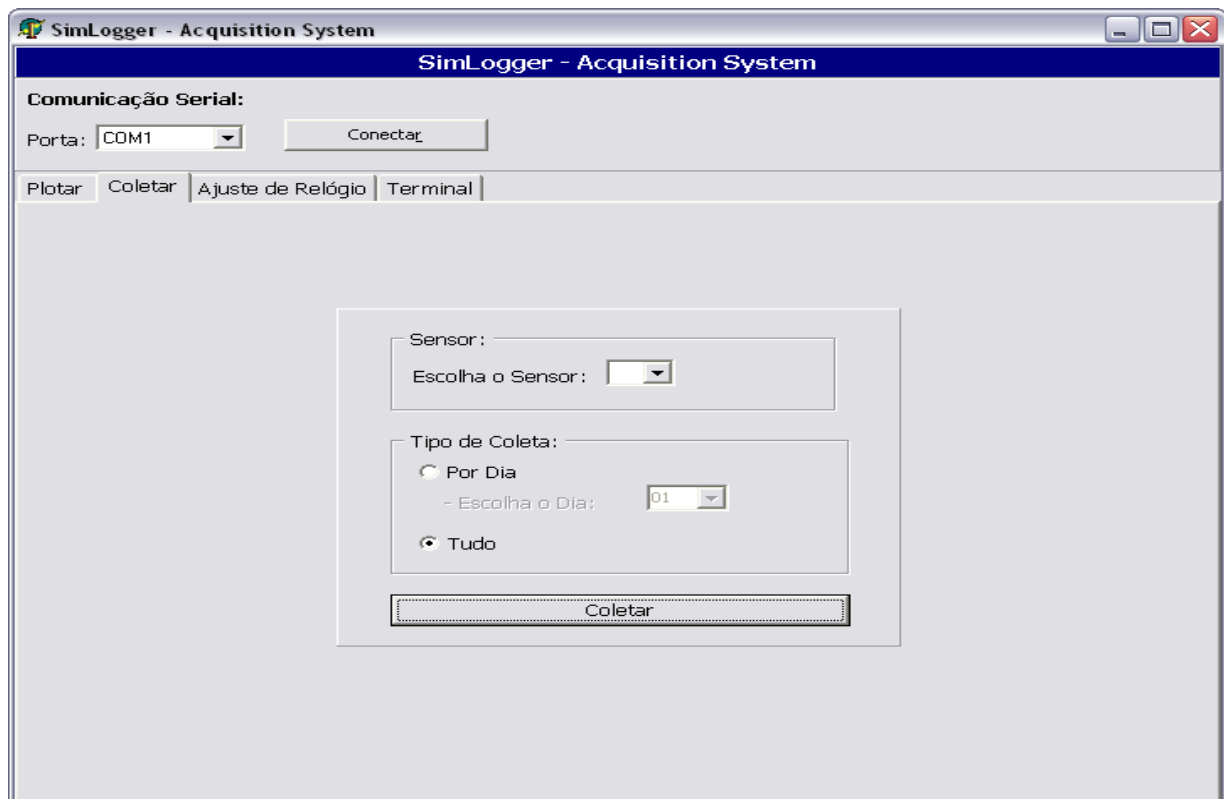


Figura 7 – Aba *Coletar*



A coleta também pode ser feita por dia específico, selecionando a opção "Por Dia". Escolhe-se o sensor, o dia e clica-se em "Plotar". Dessa forma, os dados armazenados naquele dia serão coletados. Os dados coletados são armazenados no banco de dados (MySQL), em tabelas divididas por dia, ou seja, há uma tabela para cada dia coletado.

## AJUSTE DE RELÓGIO

Como foi mencionado anteriormente, é possível fazer o ajuste do relógio (RTC) através do software. Isso é feito por meio da aba "Ajuste de Relógio" (figura 8) de forma rápida. Para ajustar conforme o relógio do computador, basta manter a opção "[Ajuste automático]" selecionada e clicar em "Ajustar".

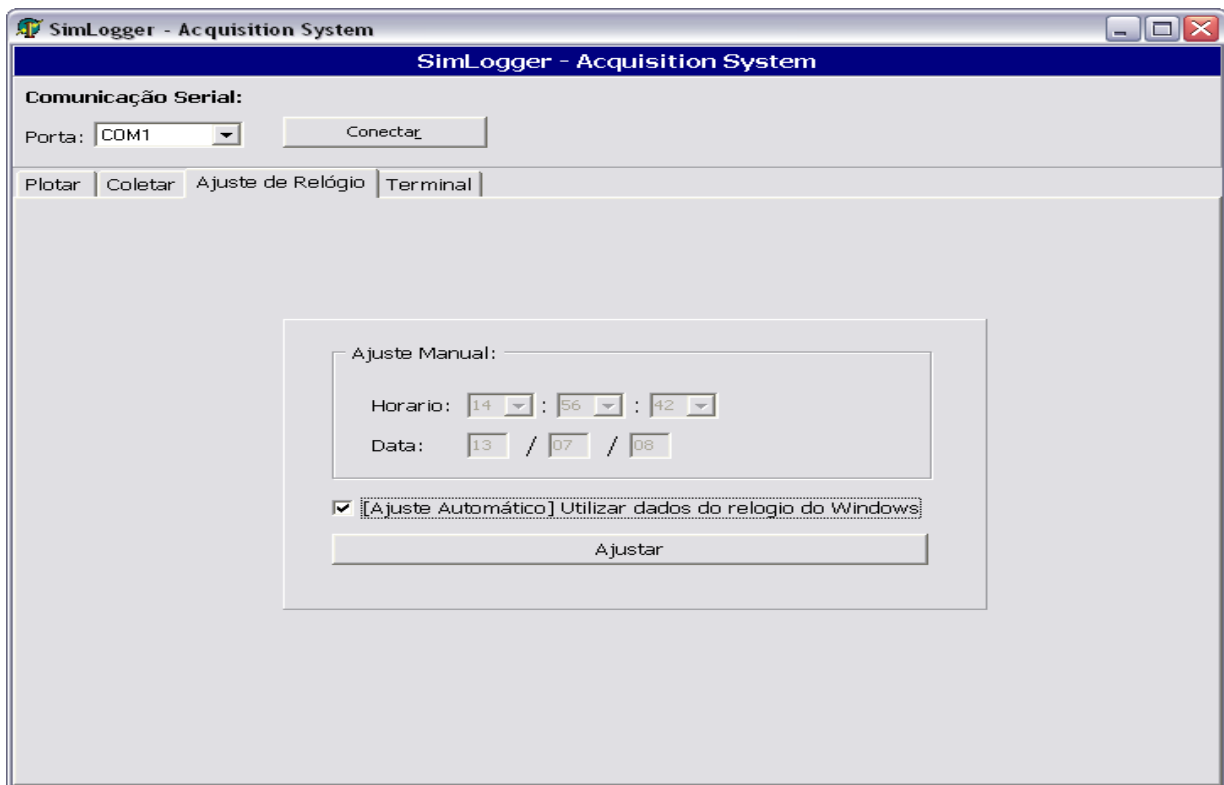


Figura 8 – Aba *Ajuste de Relógio*

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CONSTRUÇÃO E TESTES PRELIMINARES

O *Simlogger* foi idealizado com o intuito de desenvolver um sistema de aquisição de dados de baixo custo com redundância contra falhas e interface de comunicação com computadores e CLP's. A placa de circuito impresso (PCB) com as dimensões 13 x 9 cm para teste do primeiro protótipo foi construída através de pesquisa de componentes de baixo custo e disponíveis no mercado brasileiro. O sistema verifica o sinal proveniente de um sensor. Caso ele seja digital, os eventos são registrados, quando o pino conectado ao sensor é aterrado, e incrementados na memória RAM. Em tempos pré-determinados pelo programador, o microcontrolador armazena a leitura do sensor na memória EEPROM

interna (para dados horários) e externa pelo barramento I<sup>2</sup>C (para dados diários). A cada segundo, o processador realiza uma leitura do relógio RTC pelo barramento I<sup>2</sup>C, por interrupção do timer 1, verificando a data (dia, mês e ano) e o horário (segundo, minuto e hora), que são mostrados em um display LCD. Caso o tempo lido seja igual ao configurado pelo programador para armazenamento de dados, o microcontrolador grava o valor indicado pelos sensores na EEPROM externa, a qual é dividida, nesse caso, em 4 *buffer's* de 64 posições reservadas para o armazenamento das variáveis de cada sensor.

O sistema apresenta várias funções que podem ser executadas através de comunicação serial. Os dados do relógio RTC podem ser modificados e visualizados a qualquer momento. Pode-se também ser visualizado um *buffer* referente a determinado sensor com os dados adquiridos durante determinado dia.

Para segurança contra a perda de referência e de dados digitais armazenados na RAM devido, por exemplo, a uma eventual queda/falta de tensão no circuito, o programa do *Simlogger* dispõe de uma estratégia que resgata o valor armazenado na última posição da memória EEPROM interna, e armazena-o na variável do sensor na RAM. Isto é feito gravando, em outra posição da EEPROM interna, o valor de um ponteiro que aponta para o último valor armazenado do sensor na EEPROM interna, a qual funciona como um *buffer* de segurança que guarda os últimos quatro valores de cada sensor em um período estipulado pelo programador. Assim, caso ocorra algum problema no processamento, o microcontrolador, após o *reset*, verifica o valor da posição guardada no ponteiro, resgata o último valor armazenado na EEPROM interna e grava na RAM, evitando a perda completa dos dados analógicos acumulados (JUCÁ *et al.*, 2008). A aplicação desse sistema de aquisição de dados é genérica, ou seja, as entradas podem ser configuradas facilmente como digitais ou analógicas e serem reprogramadas na memória de programa através da interface serial, pelo *bootloader*. A Figura 9 apresenta uma foto ilustrativa do sistema de aquisição de dados *Simlogger* desenvolvido. Após a conclusão da confecção e montagem, o protótipo passou por uma fase de testes em que apresentou o resultado esperado no projeto. Para a realização dos testes, foi utilizado um microcomputador PC para a comunicação através da porta serial. A partir do teclado, é possível executar todas as funções anteriormente citadas e visualizar as respostas do sistema. A reprogramação do microcontrolador, através do *Colt Bootloader*, foi testada e apresentou perfeito funcionamento.

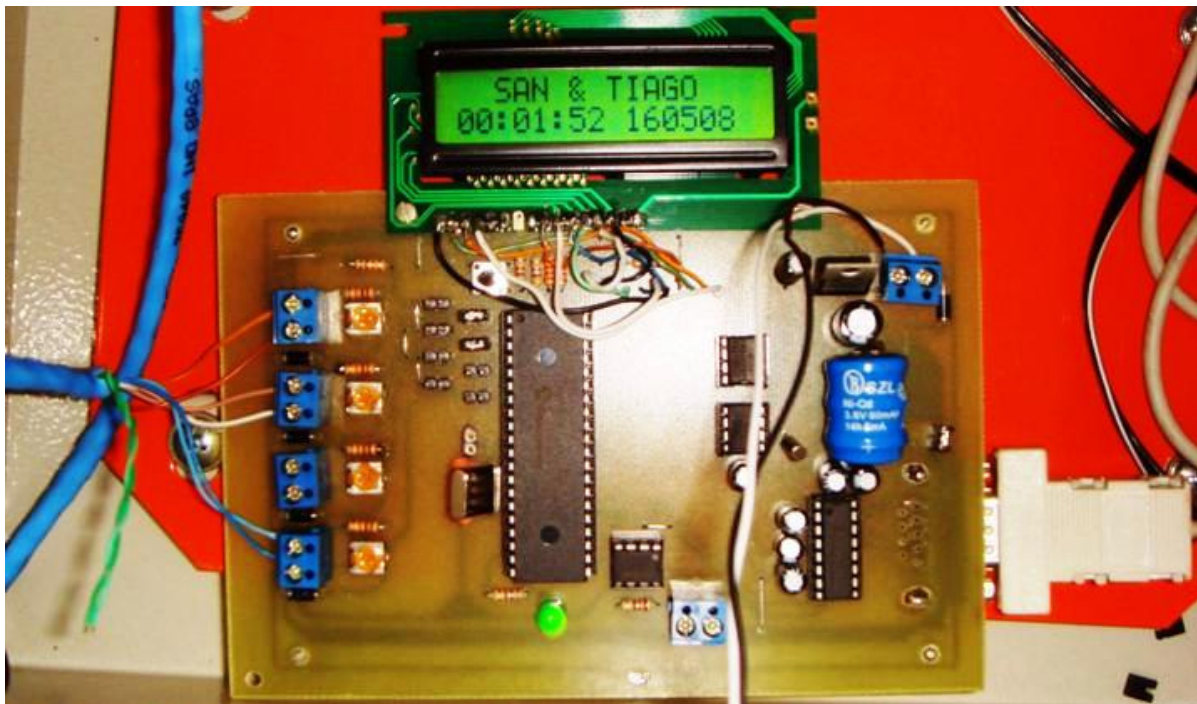


Figura 9 – Sistema de aquisição de dados *Simlogger*

## OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS GRÁFICOS

O Sistema de aquisição de dados foi configurado para realizar uma leitura de tensão no motor-bomba, em intervalos de 10 em 10 minutos, e armazenar esses dados na memória externa. Os dados foram coletados entre as 6:50h da manhã e 14:30h da tarde dos dias 24 e 25 de maio de 2008.

Com a utilização do software monitor serial, foi realizada a leitura dos *buffer's* referentes aos dois dias nos quais os dados foram coletados. Com os valores adquiridos, os gráficos foram gerados e estão apresentados nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

Analisando os gráficos, pode-se observar que ocorre uma maior variação no dia 24, provavelmente devido à maior ocorrência de nuvens nesse dia. Percebe-se, também, o aumento da tensão no motor-bomba, no início da manhã, em ambos os gráficos.

Os gráficos também podem ser utilizados para fazer estudos sobre os horários em que a geração de energia é maior; sendo, assim, possível obter um maior aproveitamento da energia gerada. E é por ser preciso e de baixo custo que o *Simlogger* mostrou ser uma ferramenta adequada para realizar estudos como esse.

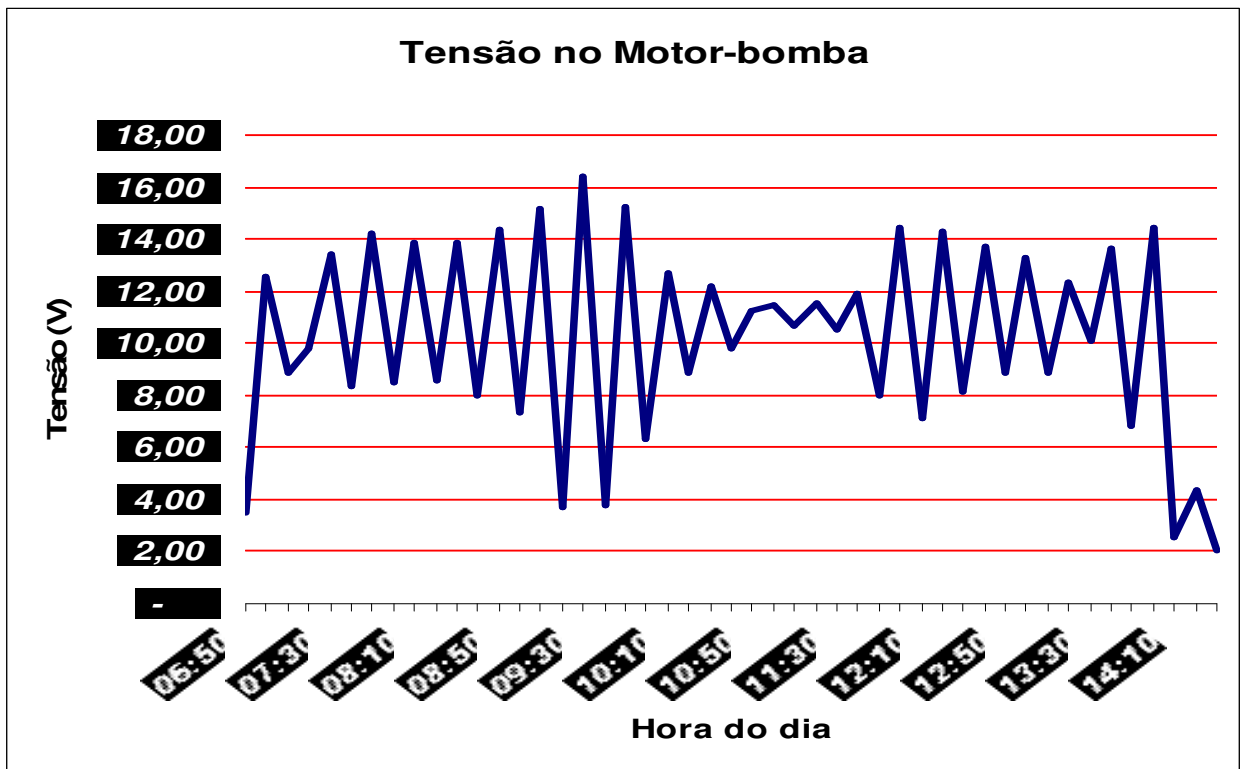


Figura 10 – Gráfico de Tensão no motor-bomba referente ao dia 24/05/2008

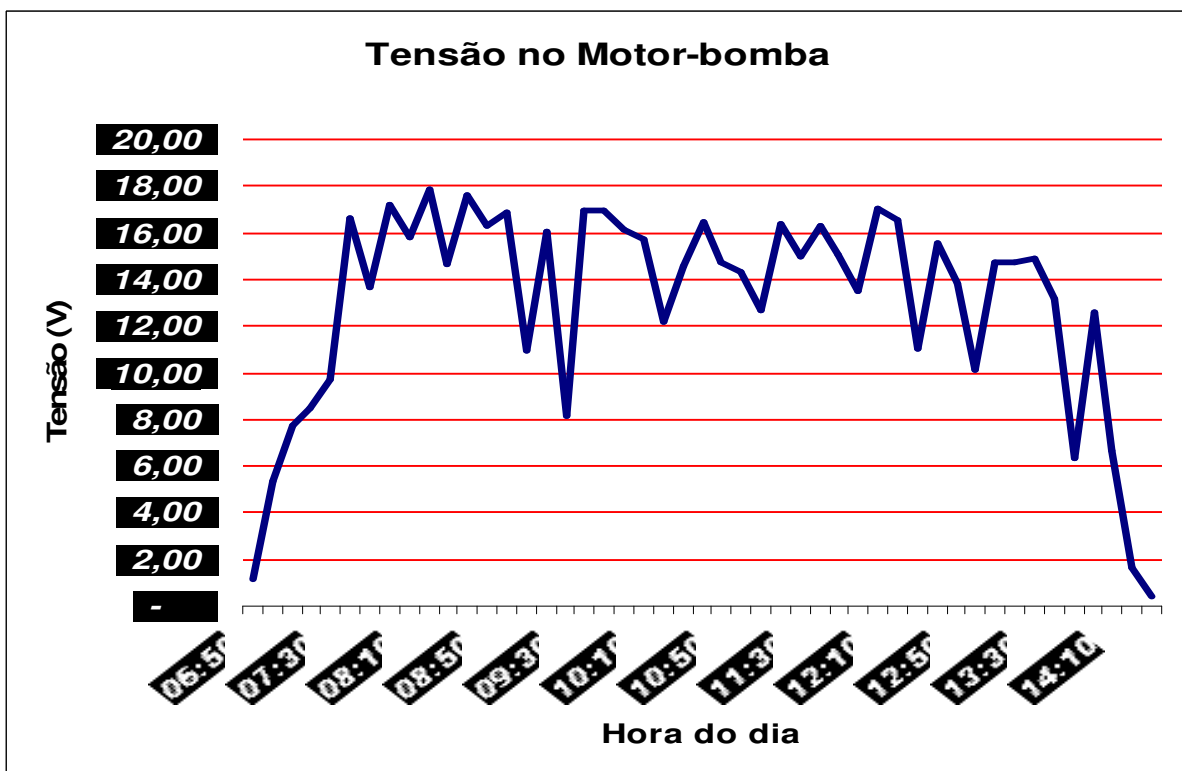


Figura 11 – Gráfico de Tensão no motor-bomba referente ao dia 25/05/2008

## **CONCLUSÃO**

O sistema de aquisição de dados desenvolvido neste trabalho mostrou-se eficaz devido aos resultados obtidos na realização dos testes de seu funcionamento, apresentando um comportamento de acordo com o projeto, ratificando a confiabilidade. Entre as principais características, é possível citar o armazenamento de dados relacionados com a data e o horário em uma memória não volátil, a comunicação no padrão EIA-232 utilizada para análise de dados em sistema supervisorio em um PC, além da possibilidade da utilização da comunicação via serial no padrão EIA-485 para aplicações em redes industriais e com dispositivos CLPs. Outra característica de fundamental importância está na redundância contra perda de referência por queda de tensão no sistema. Isto se dá pelo fato de ter uma bateria disposta em paralelo com a alimentação do circuito e pelo artifício desenvolvido no firmware do microcontrolador, o qual resgata a posição do último endereço escrito da EEPROM e salva na RAM após uma reinicialização do circuito. A configuração e gravação das memórias do Simlogger, entre elas, a RAM do microcontrolador, a RAM do relógio em tempo real (RTC), a EEPROM interna e a EEPROM externa, foram testadas através de comandos simples pela interface serial, com velocidade de transmissão de 9600bps, e não apresentaram erros. Além disso, a memória de programa flash do microcontrolador apresentou a possibilidade de ser gravada de forma simples e direta pela mesma interface serial EIA-232 através do *San Bootloader*. Com os resultados obtidos a partir de uma aplicação real, como no sistema de bombeamento fotovoltaico mencionado neste trabalho, é possível realizar uma análise precisa e detalhada sobre as várias características envolvidas nos processos de determinada aplicação e utilizar essa análise para determinar as diretrizes para a otimização dos processos, assim como definir os preceitos para o melhor aproveitamento possível da energia associada à aplicação. Uma das grandes vantagens desse sistema, além da eficácia e confiabilidade, está no fator econômico, pois utiliza componentes de custo relativamente baixo e de fácil disponibilidade no mercado brasileiro. Esse sistema de aquisição mostrou também que é possível o planejamento do melhor período para conversão da energia solar em energia potencial, através do bombeamento da água para reservatórios elevados.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores deste trabalho agradecem ao BNB (Banco do Nordeste do Brasil) pelo financiamento, ao LABOMICRO (Laboratório de Microcontroladores) e ao NAI (Núcleo de Pesquisa em Inovação da Automação Industrial) do CEFET-CE pela disponibilidade dos equipamentos.

## REFERÊNCIAS

DALLAS SEMICONDUCTOR. DS1307 Data Sheet. Disponível em: <http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf>. Acesso em 15 jan 2008.

[2]FRANÇA, J. A.; **Sistemas de Aquisição de Dados Baseados em Microcontrolador**; 110f; Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Paraíba; Campina Grande-PB; 1997.

GRUPO SANUSB. Arquivos do Grupo SanUSB. Disponível em: <http://br.groups.yahoo.com/group/GrupoSanUSB>. Acesso em: 15 de out. 2008.

JUCÁ, S. C. S., et al. **Simlogger: sistema de aquisição de dados microcontrolado de baixo custo**. In: XVII Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2008). Ref. 40837. Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora, 2008.

MAXIM DS1307. Data sheet; Disponível em: [http://www.maximic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/2688](http://www.maximic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/2688). Acesso em 8 jan 2008.

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC186F877A Data Sheet; Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>. Acesso em 10 jan 2008.

ST(2005) MICROELETRONICS. 24C256 Data Sheet; Disponível em: [http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/228/160402\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/228/160402_DS.pdf). Acesso em 15 jan 2008.