

# DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA COM SUPERVISÓRIO E BASE DE DADOS

Alisson Casagrande – casagrande1335@hotmail.com

Tiago Cassol Severo – tcsevero@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, UCS CARVI, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias

**Resumo.** Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema automatizado de aquisição de grandezas climáticas com o objetivo de criar uma base de dados que ficará disponível à consulta acadêmica. O trabalho foi desenvolvido a partir da caracterização de seis sensores para captação de dados meteorológicos, desenvolvimento de um ambiente para interface usuário/programa voltado a visualização das grandezas instantaneamente e, ainda, armazenamento dos dados adquiridos para futura disponibilização. Para isso, os sensores selecionados medem grandezas como temperatura, radiação solar horizontal, radiação solar vertical, radiação solar inclinada, pressão atmosférica e velocidade do vento. Foram utilizados três sensores de radiação posicionados em diferentes ângulos, sendo um na horizontal, um na vertical e outro inclinado na latitude de Bento Gonçalves, RS, buscando captar a maior quantidade de informações sobre radiação solar possível. Também, foi utilizado um anemômetro que faz a medição da velocidade do vento, um barômetro para medir a pressão atmosférica e uma termorresistência para medir a temperatura ambiente. Os sensores passaram por ensaios de calibração e circuitos de condicionamento de sinal foram desenvolvidos para, finalmente, poderem ser conectados a uma placa microcontroladora. Esta placa faz a conexão dos sensores ao computador, recebendo as informações, tratando-as e enviando-as ao programa desenvolvido no software ScadaBR. Após instalado, este projeto possibilitará análises mais precisas para futuras instalações de centrais geradoras de energias renováveis na região.

**Palavras-chave:** Estação Meteorológica, Sensores, Aquisição de Dados.

## 1. INTRODUÇÃO

Na era da informação, a disponibilização dos dados meteorológicos permite com que meteorologistas e demais interessados possam utilizá-los em suas aplicações, pouco tempo depois de serem medidos. Estes dados são obtidos através das estações meteorológicas espalhadas por todo o planeta que monitoram as mais diversas variáveis como, pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, direção e velocidade do vento e radiação solar.

No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) administra mais de 400 estações meteorológicas espalhadas por todo o território nacional. Os dados destas estações são enviados a uma central que os disponibiliza para consulta ao mundo todo. Mais especificamente na área das energias renováveis, (Villalva e Gazoli, 2012) afirmam que o conhecimento prévio sobre o comportamento dos parâmetros meteorológicos, como a radiação solar e a velocidade do vento, é fundamental para dimensionar um sistema de energia e obter o resultado de geração esperado.

Sabendo da importância que a análise dos dados meteorológicos representa em diversas áreas, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados meteorológicos automatizado com o objetivo de auxiliar em análises climáticas e também em aplicações em diversos ramos, especialmente nas áreas voltadas a energias renováveis.

## 2. METODOLOGIA

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2017), define-se como estação meteorológica a união de vários instrumentos que adquirem dados meteorológicos em um mesmo local. Elas são instaladas com a finalidade de medir uma variedade de parâmetros meteorológicos, e na maioria das vezes funcionam automaticamente, como é o caso das estações de superfície automáticas que possuem um *data logger* (unidade de memória central), onde em certo intervalo de tempo, são armazenadas as informações medidas e disponibilizadas automaticamente a uma base de dados.

Neste projeto é apresentado o desenvolvimento de uma estação meteorológica que monitora diferentes grandezas físicas como a radiação solar em três posições (horizontal, vertical e latitude de Bento Gonçalves/RS), temperatura, velocidade do vento e pressão atmosférica. Os valores são apresentados em um ambiente de supervisão e armazenados em uma base de dados. O esquema apresentado na Fig. 1 demonstra como funciona o sistema, onde três sensores de radiação, um anemômetro, um barômetro e um PT100 são conectados a um circuito de condicionamento de sinal desenvolvido para adequar os sinais dos sensores aos níveis de leitura de um microcontrolador, neste trabalho o *Arduino*, que por fim são enviados via *Modbus* serial ao supervisório desenvolvido.

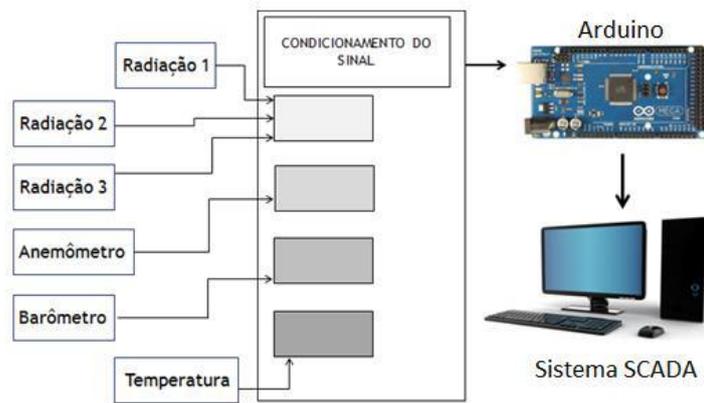


Figura 1- Funcionamento da estação meteorológica.

A seguir são apresentados os sensores usados neste projeto e como os mesmos foram calibrados para fazerem parte do sistema.

### 2.1 Sensor de pressão atmosférica

Para realizar as medidas de pressão atmosférica da estação meteorológica foi utilizado o barômetro BMP180. O BMP180 é um sensor de pressão barométrica digital da Bosch que mede valores na faixa de 300 Pa até 1100 hPa, com resolução de 1 Pa. O sensor foi calibrado com os dados do site do INMET, após coletas em dias diferentes. O sensor apresentou um desvio de inferior a 0,30 % para o uso.

### 2.2 Sensor de radiação solar

Para servir como sensor de radiação solar para a estação meteorológica foram utilizadas três células solares monocristalinas de tamanho 33 mm por 66 mm. Nos ensaios de calibração, baseado em processo descrito em Severo (2005), as células solares foram posicionadas sobre uma plataforma desenvolvida com uma placa plana de acrílico, permitindo que todas as células ficassem na mesma posição. Como referência, as células solares deste projeto foram calibradas a partir de uma célula solar previamente calibrada pelo Núcleo Tecnológico em Energia Solar da PUCRS.

Para o ensaio de calibração foram utilizados quatro multímetros Agilent 34410A juntamente com o software BenchVue. Um multímetro era responsável por medir a corrente da célula padrão calibrada que serviu de referência para o sistema. Os outros três multímetros mediam a tensão após o circuito de condicionamento de sinal de cada uma das células solares. Na medida de tensão o multímetro da Agilent possui a incerteza de 0,0019 % e para medida de corrente 0,056 %. As células solares usadas para este projeto, em comparação com a célula solar calibrada, apresentaram desvios inferiores a 1,50 % em suas medidas.

A Fig. 2 demonstra o ensaio de calibração para as células solares usadas neste trabalho.

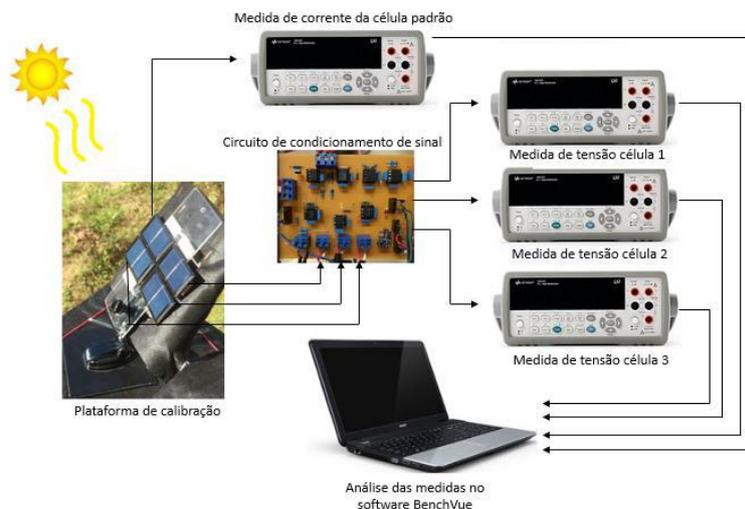


Figura 2 - Ensaio de calibração dos sensores de radiação solar.

### 2.3 Sensor de temperatura

Uma termorresistência PT100 foi o sensor escolhido para realização das medidas de temperatura da estação meteorológica. Para isso, uma ponte de *Wheatstone* foi a configuração utilizada para o condicionamento do sinal proveniente deste sensor, assim descrito por Webster (1999). O sistema de condicionamento de sinal fez com que a temperatura medida de zero a 50 °C, variasse linearmente de zero a 5,0 V. Para evitar qualquer adição indesejada de resistência no sistema, a ligação do PT100 ao circuito foi feita a três fios para compensar a variação da resistência elétrica dos cabos.

Para a calibração do sensor de temperatura foram utilizados dois multímetros da Agilent 34410A, um para servir como medidor do termômetro de referência e o outro para realização das medidas de tensão do circuito condicionador de sinal proposto. Também foram utilizados uma plataforma de aquecimento, além de um copo de Becker, como mostra a Fig. 3. O multímetro da Agilent possui incerteza de 0,006 °C na medida temperatura. Todos os ensaios deste sensor também utilizaram o software BenchVue para análise e arquivamento dos valores medidos e as análises apresentaram desvios inferiores a 0,7 %.

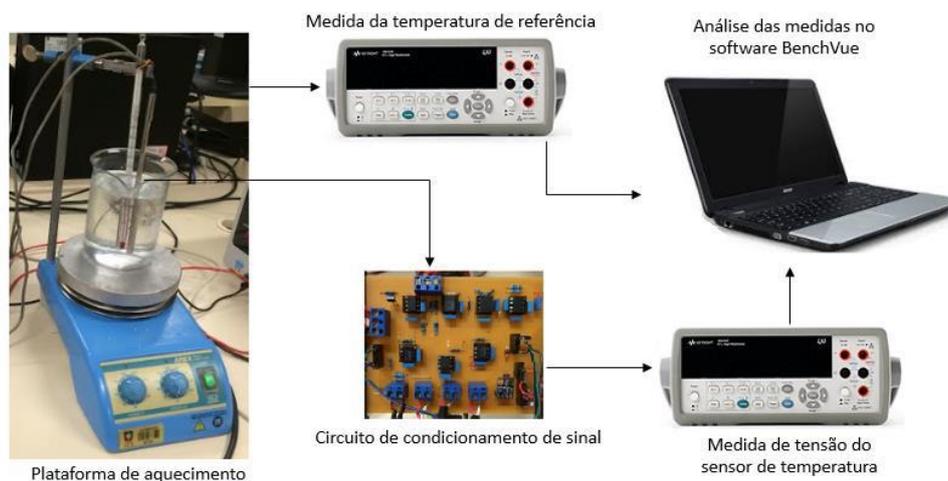


Figura 3 - Ensaio de calibração do sensor de temperatura.

### 2.4 Anemômetro

O anemômetro escolhido para ser instalado na estação meteorológica foi um anemômetro de copos. O mesmo possui três copos igualmente espaçados sobre um eixo girante e um sistema de conversor de tensão, sendo que de acordo com Pinto (2014), um dos sensores mais utilizados para medições da velocidade do vento.

Para calibração do sensor de velocidade do vento foi utilizado o túnel de vento presente no Laboratório de Energias Renováveis da UCS-CARVI. No total, 25 medidas foram realizadas no anemômetro de copos aumentando a velocidade no túnel de vento em 0,5 m/s a cada tomada de medida, iniciando em 2 m/s até 14 m/s. Para a calibração, foi utilizado o medidor padrão Termo Anemômetro Digital MDA-11 da Minipa, que possui resolução de 0,01 m/s e uma precisão de  $\pm 3$  % do fundo de escala.

O procedimento de calibração foi repetido cinco vezes sobre as mesmas condições de tomada de medição. O desvio percentual para estes ensaios foi de 2,42 % em comparação com o padrão. A Fig. 4 apresenta uma imagem do ensaio de calibração usando o túnel de vento.



Figura 4 - Ensaio de calibração no túnel de vento.

## 2.5 Sistema supervisório

Para o sistema de supervisão e armazenamento dos dados da estação meteorológica foi desenvolvido um sistema SCADA no software ScadaBR (2014). O sistema gerenciador de banco de dados foi definido como sendo *Derby* (padrão) para a estação meteorológica, com isso, os dados dos sensores são armazenados no diretório do ScadaBR e posteriormente podem ser acessados direto pelo programa em qualquer local com acesso.

A comunicação *Modbus Serial*, tanto no ScadaBR quanto no Arduino, é configurada com os valores de *Baud Rate* (9600), controle de fluxo de entrada, controle de fluxo de saída *Data bits* (8), *Stop bits* (1), e *Parity* (Nenhuma). Após configurado os parâmetros de comunicação, o ScadaBR (*master*) faz uma busca para encontrar o escravo, que para o projeto da estação é a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino Uno.

Funcionando a comunicação foram criados *data points* da estação que são uma coleção de valores históricos associados. Neste projeto para cada sensor foi criado um *data point* específico, que receberá os valores lidos na estação. A Fig. 5 apresenta os *data points* específicos da estação meteorológica projetada.

Nome	Tipo de dado	Status	Escravo	Faixa	Offset (baseado em 0)
PRESSÃO ATMOSFÉRICA	Numérico		1	Registrador holding 0	0
RADIAÇÃO 30°	Numérico		1	Registrador holding 2	2
RADIAÇÃO HORIZONTAL	Numérico		1	Registrador holding 3	3
RADIAÇÃO VERTICAL	Numérico		1	Registrador holding 4	4
TEMPERATURA	Numérico		1	Registrador holding 1	1
VELOCIDADE DO VENTO	Numérico		1	Registrador holding 5	5

Figura 5 - Data points da estação meteorológica.

O monitoramento dos sensores da estação dentro do sistema pode ser feito através de uma *watch list* que cria listas dinâmicas de pontos com seus valores, últimos tempos de atualização, e gráficos de informações históricas. Os valores e gráficos são atualizados automaticamente sem a necessidade de atualização da janela do navegador. A *watch list* da estação é apresentada pela Fig. 6.

Nome	Valor	Tempo	Ícone
Estação Meteorológica - RADIAÇÃO 30°	540 W/m <sup>2</sup>	20:46:25	
Estação Meteorológica - RADIAÇÃO HORIZONTAL	540 W/m <sup>2</sup>	20:46:25	
Estação Meteorológica - RADIAÇÃO VERTICAL	540 W/m <sup>2</sup>	20:46:25	
Estação Meteorológica - TEMPERATURA	25,6 °C	20:46:25	
Estação Meteorológica - VELOCIDADE DO VENTO	0 m/s	20:46:25	
Estação Meteorológica - PRESSÃO ATMOSFÉRICA	94380 Pa	20:46:25	

Figura 6 - Watch list com os sensores meteorológicos.

Na watch list os dados de cada sensor obtidos na estação podem ser acessados através do ícone “detalhes do *data point*”, circulado na Fig. 6.

## 2.6 Protocolo Modbus

Para tornar possível a comunicação do supervisório desenvolvido no ScadaBR com a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, foi necessária a utilização de um protocolo de comunicação. Para isso, foi utilizado o protocolo *Modbus* que é um protocolo de comunicação amplamente utilizado na indústria.

O Arduino, utilizado neste trabalho, possui uma biblioteca pronta de comunicação *Modbus*, a *SimpleModbusSlave.h*. Esta biblioteca configura os parâmetros de comunicação, atualiza os valores dos registradores e checka se nenhum erro aconteceu. Mais especificamente esta biblioteca executa as funções 3 e 16 do protocolo, que é a leitura de bloco de registradores do tipo *holding* e a escrita em bloco de registradores do mesmo tipo.

## 2.7 Circuito da estação meteorológica

Após definido os circuitos de condicionamento para todos os sensores e realizados ensaios em uma placa padrão para verificar a sua funcionalidade, foi elaborada uma PCB (*Printed Circuit Board*) com os circuitos, utilizando para seu desenvolvimento o ARES.

O esquema completo contendo todos os circuitos e sensores utilizados na estação meteorológica é apresentado na Fig. 7.

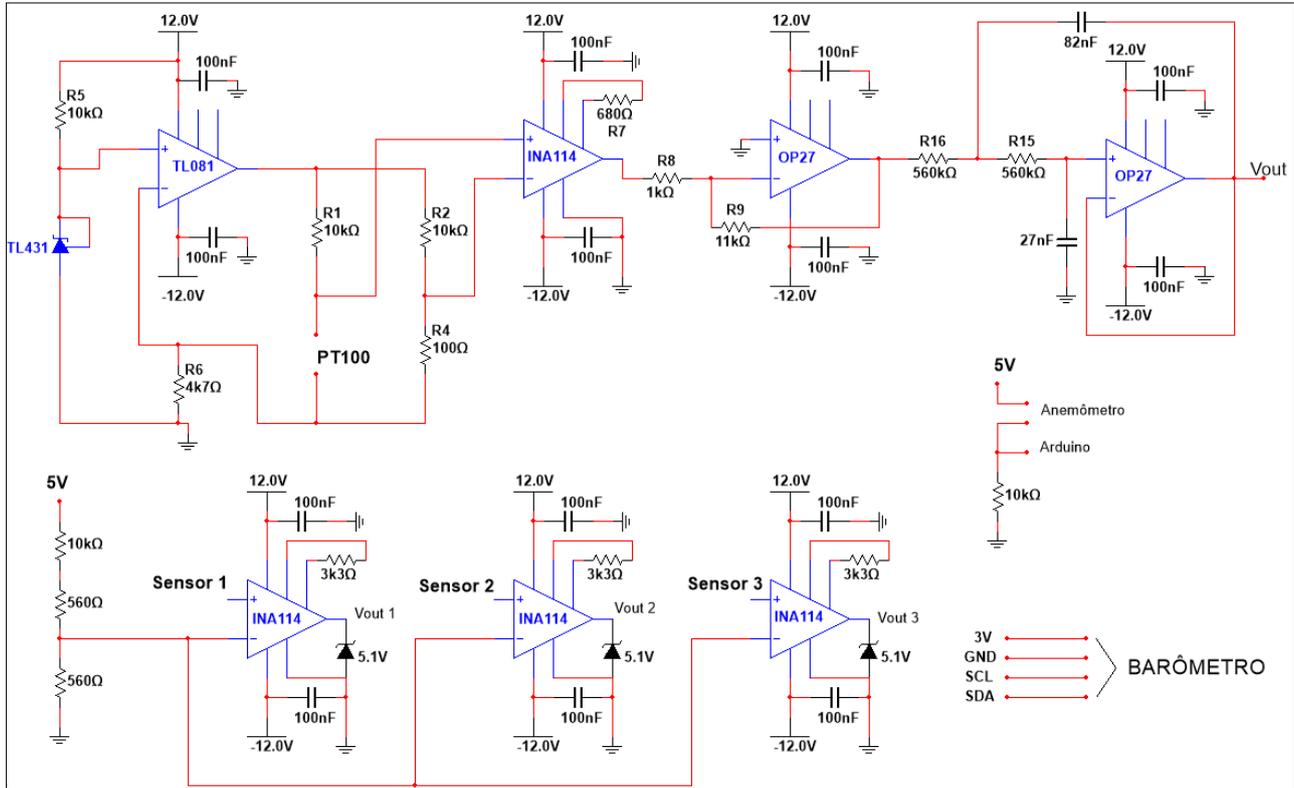


Figura 7 - Circuito elétrico e sensores usados para o desenvolvimento do projeto.

Para o desenvolvimento da estrutura, onde ficam posicionados os sensores da estação, foi utilizado o software *SolidWorks* para o desenho do projeto. A partir de uma análise prévia, os sensores de radiação foram dispostos na estrutura em três locais espaçados entre si na diagonal, de modo que um sensor não interfira nos demais. As estruturas de suporte dos sensores de radiação que ficam inclinados e o da vertical foram direcionados para o norte. Para o lado sul da plataforma, indicados pelas letras a) e b) na Fig. 8, ficaram os sensores de temperatura e velocidade do vento respectivamente. Os mesmos estão presos nas bases através de abraçadeiras, o que permite ajustá-los de modo que não interfiram nas medidas de radiação.

A estrutura projetada foi confeccionada toda em aço inox para que com o tempo não venha a sofrer nenhum dano. Após, foi feito um jateamento de areia para diminuir a influência do reflexo do inox nas medidas de radiação. A Fig. 8 apresenta o projeto e a estrutura pronta com seus sensores.

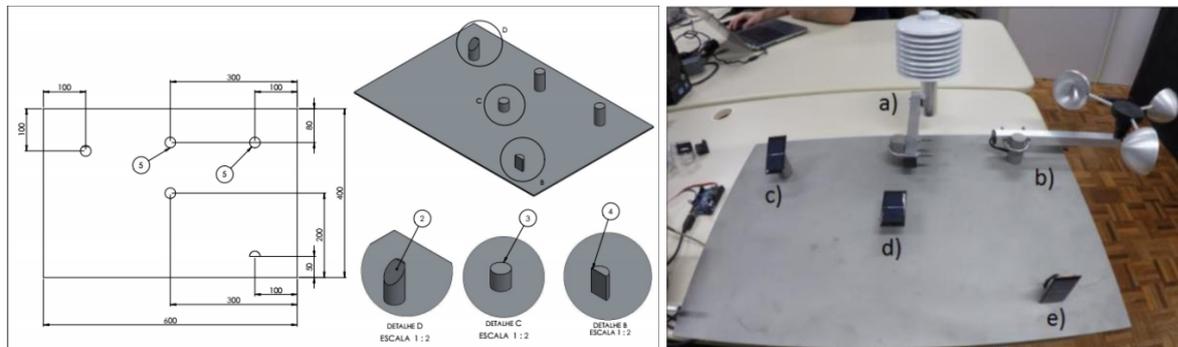


Figura 8 - Projeto da base da estação meteorológica em *SolidWorks* e a base com seus sensores instalados: (a) sensor de temperatura, (b) anemômetro, (c) radiação 30°, (d) radiação horizontal e (e) radiação vertical.

### 3 RESULTADOS

A Fig. 9 apresenta o projeto da estação meteorológica por completo, com o sistema supervisório desenvolvido no ScadaBR realizando as leituras dos sensores, a PCB com os circuitos de condicionamento de sinal conectados ao Arduino e a base estação com os sensores posicionados em seus devidos lugares.

Os dados obtidos são apresentados e armazenados no sistema SCADA desenvolvido no software ScadaBR. O usuário pode observar através da *watch list* o valor que está sendo medido. Também pode monitorar em tempo real a evolução das medidas apenas passando o cursor do mouse sobre o ícone existente do lado esquerdo dos *data points*, e caso necessário, através dos detalhes de cada data point acessar os dados armazenados dos sensores.



Figura 9 - Sistema completo da estação meteorológica.

Como continuidade do projeto, na estação meteorológica poderão ser instalados mais sensores, como um pluviômetro para indicar a quantidade de água da chuva, além de um sensor de umidade, deixando a estação com ainda mais informações meteorológicas. Também pode ser implementado o acesso remoto dos dados para que possam ser acessados de outros lugares através da internet, aplicação disponível no ScadaBR.

A estação meteorológica desenvolvida poderá servir como apoio em diversas atividades na área de meteorologia e energias renováveis.

#### *Agradecimentos*

Os autores do trabalho agradecem a infraestrutura cedida pela Universidade de Caxias do Sul e a medição da célula padrão pelo Núcleo Tecnológico de Energia Solar da PUCRS.

#### REFERÊNCIAS

- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estação meteorológica. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 10 outubro 2017.
- Pinto, M. Fundamentos da Energia Eólica. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- ScadaBR - Sistema Open-Source para Supervisão e Controle. Manual do Software. 2010.
- Severo, T. C. Desenvolvimento do Módulo Fotovoltaico Concentrador Estático HELIUS para Sistemas Autônomos. Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia dos Materiais). PGETEMA, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Villalva, M. G.; Gazoli, J. R. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012.
- Webster, J. G. The Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook. 1999.

## **DEVELOPMENT OF METEOROLOGICAL STATION WITH COMPUTER SUPERVISION AND DATA BASE**

**Abstract.** *This work consists in the development of an automatic system for climatic variables acquisition in order to create a database that will be available for consultation by the academic community. This work is divided in three parts. The first is to characterize six sensors to collect meteorological data. The second part is to develop an environment for user interface. It allows the user to visualize what is being measured. The third part is to save the data for future availability. For this, six sensors measure quantities such as temperature, horizontal solar radiation, vertical solar radiation, inclined solar radiation, atmospheric pressure and wind speed. It is used three radiation sensors positioned at different angles, being the first sensor in parallel to the ground, the second sensor in vertical position and the third sensor will be inclined in the latitude of Bento Gonçalves/RS. The third sensor is responsible to measure the largest possible amount of radiation. In addition, an anemometer is used to measure the wind speed, a barometer to measure atmospheric pressure and a thermoresistance to measure the ambient temperature. Both sensors were tested, then the signal conditioning circuits were developed and finally the sensors could be connected to an Arduino Uno electronic prototyping board. The board connect the sensors to the computer, receiving the information, processing and sending them to the program developed in ScadaBR software. After installed, this project will enable UCS to have a database of the city of Bento Gonçalves that can be used in the analysis of future installations of renewable energy generating plants in the region.*

**Key Words:** *Meteorological Station, Sensors, Data Acquisition.*