

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE BAIXO CUSTO

Low Cost Automatic Meteorological Station

Angelo Cesar Mendes da Silva¹, Mayara Amanda da Silva¹, João Paulo Lima de Miranda², Marcelo Costa Pinto e Santos³, Silvana Terezinha Faceroli³

Resumo: O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de uma estação meteorológica automática de baixo custo. A central é automática, pois a transferência das informações dos diversos sensores para um banco de dados será feita sem a interferência humana, através de conexão de rede sem fio. O objetivo foi conseguido com a utilização de microprocessador e sensores de baixos custos, distribuídos em larga escala sem, no entanto, comprometer a qualidade das informações colhidas quando comparadas com as disponibilizadas pelas principais estações meteorológicas comerciais disponíveis no mercado. Um protótipo do hardware foi desenvolvido utilizando a plataforma *Arduino*. Foi desenvolvido o software embarcado que lê os dados e transmite a um banco de dados. Uma interface de acesso ao banco de dados foi disponibilizada na WWW, tornando o conjunto completamente funcional.

Palavras-chave: *Arduino*; Meteorologia; Internet das Coisas.

Abstract: *The aim of this work is the development of an inexpensive automatic meteorological station. The equipment is automatic because the transfer of information from various sensors to a database is made without human interference by wireless network connection. The low cost is achieved with the use of a small microprocessor and low cost sensors, distributed on a large scale without, however, compromising the quality of the information collected when compared with those available with the main available commercially weather stations. A hardware prototype was developed using the Arduino platform. The embedded software that*

¹Bolsistas de Iniciação Científica do IF Sudeste MG – *Campus* Juiz de Fora, angelo_cms@yahoo.com.br, mayaramandatr@hotmail.com.

²Professor do Núcleo de Geografia do IF Sudeste MG – *Campus* Juiz de Fora, joapaulo.miranda@ifsudestemg.edu.br.

³ Professores do Núcleo de Informática do IF Sudeste MG – *Campus* Juiz de Fora, marcelocpsantos@gmail.com, silvana.faceroli@ifsudestemg.edu.br.

reads the data and transmits to a database was also developed. A database access interface is available on the WWW, making a fully functional set.

Keywords: *Arduino, Meteorology, Internet of Things.*

INTRODUÇÃO

Uma estação meteorológica de superfície automática é composta por sensores com parâmetros meteorológicos que captam dados do ambiente em que está inserido e os enviam a uma unidade de memória central ("*data logger*"), responsável por armazenar os dados e disponibilizá-los aos usuários.

Existem estações de diferentes categorias, segundo os fins específicos a que se destinam, como estações sinóticas, climatológicas, meteorológicas aeronáuticas (INMET 2015), entre outras. As estações podem ser classificadas como manuais, quando ensaios são realizados por seres humanos, e automáticas, quando todos os dados são gerados por equipamentos que não necessitem da intervenção humana. As estações automáticas podem inclusive transmitir e armazenar os dados automaticamente, agilizando e diminuindo a probabilidade de erros em todo o processo.

Os dados meteorológicos que são coletados por uma estação têm utilidade em diversas áreas, principalmente na previsão do tempo. Essa previsão é de grande importância para atividades como a agricultura e a prevenção de desastres. A qualidade dos dados coletados é diretamente relacionada com a qualidade e o volume de dados meteorológicos disponíveis.

BRAGA (2011) discorre sobre a composição de uma estação meteorológica profissional:

Os equipamentos que compõem as estações meteorológicas podem ser separados em três categorias principais: sensores, registradores e telemetria. Os sensores traduzem eventos físicos em sinais elétricos e eletrônicos e são responsáveis por quantificar diversos parâmetros meteorológicos, sendo os mais comuns nas estações meteorológicas: precipitação, umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade do vento, direção do vento, radiação solar (incidente e refletida) e pressão atmosférica. Estações meteorológicas automáticas (EMA) geralmente operam com apenas um registrador central, denominado *data logger*, que armazena as leituras dos

sensores, podendo também comandar a transmissão telemétrica dos dados registrados (BRAGA 2011).

O volume de dados meteorológicos colhidos no Brasil é muito baixo. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET 2015), existem apenas quatrocentas estações meteorológicas no país, portanto, são de extrema importância a popularização e a automatização dos equipamentos de coleta de dados.

A base da estação desenvolvida neste projeto é o *Arduino* (2015), uma plataforma de prototipagem de hardware livre desenvolvida em Ivrea (Itália), que está revolucionando o mundo dos eletrônicos devido a sua facilidade de construir projetos interativos. O projeto detém todos os sensores necessários para monitorar os parâmetros básicos e imprescindíveis a uma estação conforme determina o INMET (2011).

O projeto proposto está inserido no conceito de Internet das coisas (*IoT*), segundo DINIZ (2006) e visa facilitar o acesso aos dados climatológicos coletados por uma estação meteorológica automática de baixo custo. O objetivo é fornecer dados em tempo real em um site de livre acesso com um dispositivo de baixo custo e acessível a todos que o desejam adquirir. O usuário poderá obter informações de um microclima por qualquer dispositivo com acesso a internet com enorme precisão sem necessidade de estar perto da estação para coletar os dados lidos por ela. Com isso existe mais um equipamento seguindo os conceitos de internet das coisas fornecendo dados em tempo real que permite a tomada de decisões em diversas áreas como agricultura, prevenções de desastres climatológicos, e outras situações.

MATERIAL E MÉTODOS

A plataforma utilizada na construção do protótipo foi o *Arduino DUE*, baseada em um processador ARM de 32 bits, com o microcontrolador Atmel SAM3X8E ARM Cortex-R3 e com memória de 512 KB (ARDUINO 2015). A plataforma apresenta os seguintes módulos:

- RTC (*Real Time Clock* – Relógio de Tempo Real).
- Comunicação WiFi – Módulo ESP8266 (Sparkfun). Módulo micro processado que se comunica com o microcontrolador principal de forma serial.

- Velocidade do Vento (Anemômetro - *Anemometer Wind Speed*) – A velocidade é medida em m/s.
- Pressão Atmosférica (Barômetro – BMP085 da Sparkfun) – A pressão atmosférica é medida em hPa.
- Umidade do Ar (Higrômetro – DHT11 da AOSONG) – O higrômetro é o instrumento capaz de medir a umidade e umidade relativa existente nos gases, especificamente na atmosfera. Umidade relativa é a relação entre a quantidade de vapor d’água contida no ar e a quantidade máxima que o ar pode conter sob as mesmas condições de temperatura e pressão. É expressa em porcentagem (%) (INPE 2010).
- Intensidade da luz solar (Piranômetro – TEMT6000 da Sparkfun) – Informa a intensidade da luz solar por unidade de área (Watt/m²);
- Precipitação Atmosférica (Pluviógrafo – *RainGauge -WS-1050* da AmbientWeather) – Registra a altura da coluna de água (em mm) de chuva acumulada em um recipiente com 1 m² de área exposta à chuva. Esse sensor emite “pulsos” em sua conexão com o processador toda vez que a sua superfície de coleta recebe 0,27 mm de chuva, portanto, como o microprocessador central pode estar ocupado com outro sensor no momento em que o pulso é gerado, o tratamento dos pulsos foi associado a uma interrupção do processador que, como o próprio nome sugere, interrompe o fluxo normal do software em execução toda vez que o pulso é gerado, não perdendo dessa forma nenhum pulso gerado pelo sensor;
- Temperatura (Termômetro - MLX90614 – *Melexis*) – Efetua medições entre -40° C e 65,5° C.

Todos os sensores tiveram sua calibração conferida e ajustada no software embarcado desenvolvido. Para analisar a precisão os dados coletados foram utilizados o site do INMET (<http://www.inmet.gov.br>) e do CPTEC (<http://www.cptec.inpe.br>).

a. MONTAGEM DA ESTAÇÃO

Para instalação de todos os sensores foram utilizadas quatro portas analógicas, uma digital e as portas SDA e SCL, como mostra a Figura 1.

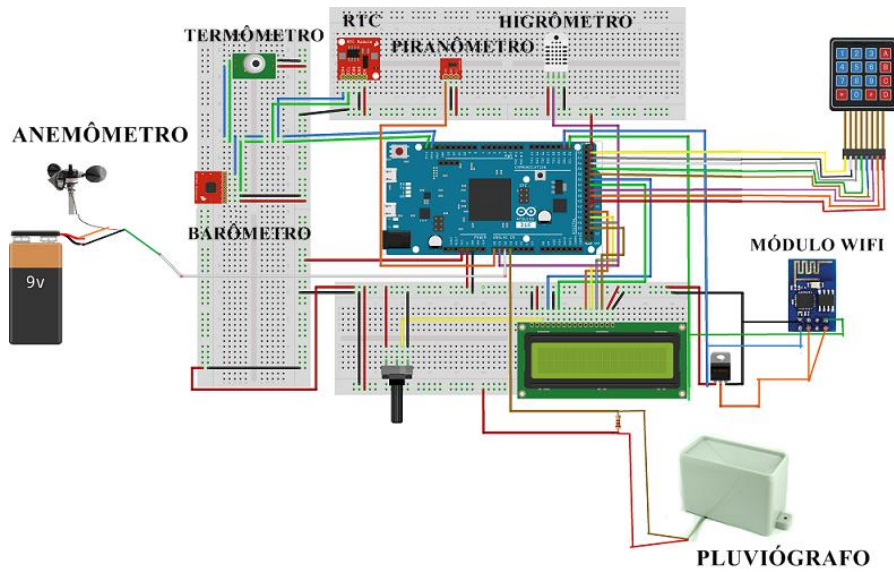


Figura 1 – Esquema de ligação dos sensores da estação.

b. SOFTWARE EMBARCADO

O software principal que controla todo o sistema foi desenvolvido utilizando a Plataforma padrão do *Arduino*, que compila fontes escritas em uma linguagem muito semelhante ao ANSI C.

Foi criada uma estrutura de dados como uma lista circular que armazena na memória interna e transmite via WiFi as seguintes informações: Identificador da estação (para que o sistema que recebe os dados possa gerenciar diversas estações), identificador do sensor, data e hora da leitura e valor lido.

A seguir é possível observar um algoritmo em alto nível que descreve o funcionamento do software embarcado.

```

Ajuda RTC;
Configura e inicializa conexão WiFi;
Configura e inicializa portas de comunicação com sensores;
Associa porta do Pluviômetro à função RegistraPrecipitação
Repita Sempre // loop perpétuo
    se decorridos 10s desde última leituras
        para cada sensor

```

se leitura - ultimo valor armazenado > limite
 adiciona registro na memória local
 se decorridos mais que 5m desde a última transmissão OU
 existem menos que 6 posições já transmitidas na lista circular
 formatar os dados da lista com XML
 enviar XML ao servidor
 marcar toda a lista como transmitida

Função RegistraPrecipitação

Se já decorrido mais que uma hora do último registro
 adiciona registro para o pluviômetro com valor 0,27
 se não
 acrescenta 0,27 ao último registro do pluviômetro

c. SISTEMA WEB

O sistema web foi desenvolvido em PHP, CSS3 e HTML5, com o objetivo de facilitar a consulta e coleta dos dados medidos pelos sensores. O sistema recebe os dados formatados em XML, decodifica-os e armazena em um banco de dados MySQL. O sistema permite a geração de um arquivo XML possibilitando o tratamento dos dados exibidos na tela com outros programas que leem esse formato como, por exemplo, o Excel. Esses dados ficam salvos no banco de dados e serão disponibilizados para consulta, basta apenas selecionar a data e hora da consulta, como mostra a Figura 2.

Além da versão do software com integração com a WEB, está disponível no repositório compartilhado de código fonte, *GitHub* (<https://github.com/Estacao/estacaoLocalLCD>), uma versão que foi desenvolvida com a finalidade de auxiliar casos em que não exista conexão com a internet no local de instalação da estação. Esta versão é interativa e necessita de um monitor LCD e um teclado numérico, este necessário para escolha do sensor a ser demonstrado e aquele para exibição do sensor escolhido. Ela também permite que os dados sejam coletados por um computador com o auxílio de um software capaz de ler dados de saída pela porta serial. Neste projeto é utilizado a aplicação *open source*, *CoolTerm* (2014), um terminal de fácil uso para comunicações com hardware conectado em portas seriais.

A Figura 3 ilustra a tela de retorno após a escolha da data, mostrando o código do sensor, o valor lido por este sensor, a data e hora. Os sensores são lidos como códigos, sendo eles de 1 a 6, onde o 1 representa o anemômetro, 2 o barômetro, 3 o higrômetro, 4 o piranômetro, 5 o pluviômetro e 6 o termômetro. O sistema tem disponível a função exportar, que exporta os dados para um arquivo com extensão *.txt*, têm a opção de exportar para um arquivo com extensão *.xlsx*, que é o formato lido pelo Excel.

ESTAÇÃO METEO
Sistema de Análise de Dados

Início Sobre Monitoramento Contato

Início / Monitoramento

Monitoramento

Selecione a data e a hora dos dados desejados:

Data:

Hora:

Figura 2 – Tela de monitoramento

ESTAÇÃO METEO
Sistema de Análise de Dados

Início Sobre **Monitoramento** Contato

Início / Monitoramento

Monitoramento

Codigo	Sensor	ValorLido	Data	Hora
1	1	2015-06-16	19:45:00	20.97
3	5	2015-06-16	19:45:00	20.97

Figura 3 – Tela de exibição dos dados

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados representados na Figura 4 mostram que os custos relativos de cada instrumento medidor profissional são bem elevados quando comparado aos os custos relativos aos sensores para *Arduino*. Este fato pode ser justificado pelo valor de custo de um equipamento profissional. Atualmente o valor desse equipamento profissional varia de 3 a 6 mil reais, o que acaba sendo um empecilho para pequenos empresários adquirirem um produto que muitas vezes seria útil para ele. Foi então desenvolvida uma estação com precisão igual e em alguns instrumentos superior, com a mesma eficiência por apenas 6% do valor, não levando em conta manutenção, treinamento, *data logger* e outros equipamentos que são inclusos em uma estação profissional.

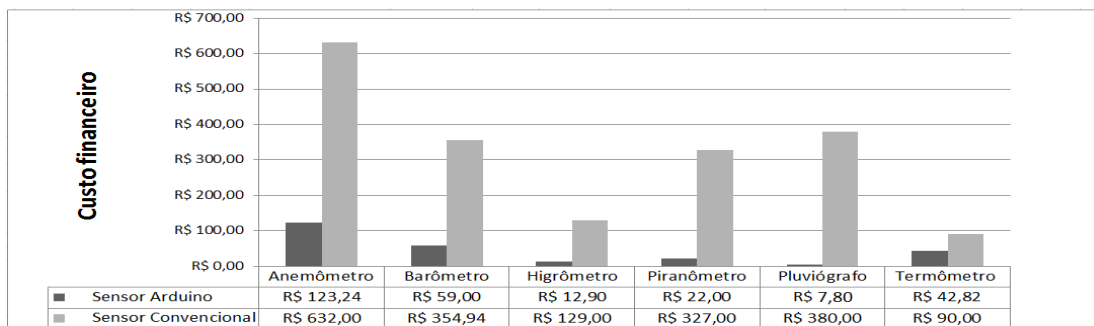


Figura 4 – Gráfico com o custo relativo a cada sensor (valores em dezembro de 2014).

A precisão do protótipo construído pode ser considerada equivalente ou superior a versões comerciais. Pode-se observar pela Figura 5 que, por exemplo, o anemômetro utilizado no projeto apresenta uma diferença significativa na taxa de erro (cerca de 3,57 vezes mais preciso). O sistema mostrou-se preciso na prática quando as informações por ele coletadas foram comparadas com as disponibilizadas pelo INMET e CPTEC em Juiz de Fora – MG e Recife – PE.

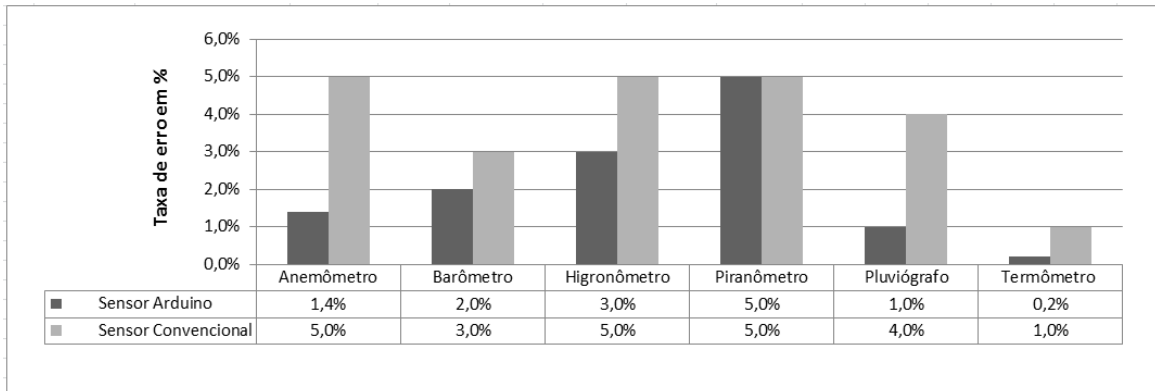


Figura 5 – Gráfico com a precisão dos instrumentos.

Outro ponto a ser apresentado é que em uma estação meteorológica profissional, os dados ficam armazenados no *data logger*, e de tempos em tempos esses dados precisam ser descarregados no computador, para então serem estudados, analisados e serem disponibilizados para exibição. O diferencial do produto desenvolvido é justamente a ausência dessa necessidade de descarregamento dos resultados coletado, uma vez que os dados são enviados via *wireless* e armazenados no banco de dados, em tempo real. Sendo assim, o produto se torna um projeto prático, sem a necessidade de um treinamento para operar o equipamento, bastando instalar e ter acesso aos dados em um sistema web.

O baixo custo do projeto apresentado é importante, pois viabiliza a aquisição por pequenos agricultores ou municípios de baixa arrecadação, que passam a contar com os dados colhidos em suas microrregiões sem os quais ficariam obrigados a utilizar informações de cidades maiores da vizinhança, sofrendo com as imprecisões decorrentes à distância.

BRAGA (2011), define a importância das estações automáticas:

Dados meteorológicos são fundamentais em hidrologia, em especial quando se precisa estabelecer os coeficientes de evapotranspiração a serem aplicados em modelos hidrológicos. Para suprir a demanda por dados nos locais de estudo, pesquisadores costumam instalar e operar estações meteorológicas automáticas, as quais oferecem certa praticidade, pois possibilitam altas taxas de amostragens e pouca manutenção.

Como dito na seção de resultados, a estação meteorológica desenvolvida possui vantagens na aquisição e armazenamento de dados climatológicos, pois, para um usuário leigo, o fato de não haver a necessidade de descarregar os dados manualmente se torna um

grande diferencial, pois tal usuário poderia ter acesso às medições de forma simples e objetiva, para assim fazer as análises desejadas.

CONCLUSÃO

O baixo custo do equipamento proposto torna viável sua instalação em pequenas cidades ou até mesmo em pequenas propriedades rurais, contribuindo, portanto, para a melhoria da qualidade das previsões do tempo regional e nacional, que é de suma importância para as atividades já comentadas.

Tal redução de custos não compromete a qualidade dos dados coletados, na realidade, o equipamento é em média 1,82 vezes mais preciso. Os resultados práticos obtidos em Juiz de Fora – MG e Recife – PE foram muito satisfatórios e justificaram o investimento no projeto. Não foram detectadas diferenças relevantes nos dados registrados pela estação desenvolvida quando comparados aos disponibilizados pelo INMET e CPTEC.

O equipamento desenvolvido ainda está em fase de finalização de acabamento, portanto, ainda não está disponível para mostra ou exibição. O site não está no ar, mas o repositório do GitHub está disponível (<https://github.com/Estacao>), como já mencionado anteriormente. Todo o projeto é *open source* e o código das versões com LCD e sem encontra-se disponíveis para acesso. A ideia do *open source* é que os membros da comunidade possam contribuir com o desenvolvimento do projeto.

BIBLIOGRAFIA

ANEMOMETER WIND SPEED. Disponível em: <https://www.adafruit.com/products/1733>. Acessado em 10 de julho de 2015.

ARDUINO. Disponível em: <https://www.arduino.cc>. Acessado em 13 de julho de 2015.

BMP085. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/BST-BMP085-DS000-05.pdf>. Acessado em 10 de julho de 2015.

BRAGA, A. S. ; Braga, S.M. ; Fernandes, C.V.S. . Estações meteorológicas automáticas: relato de uma experiência com sensores independentes em bacia experimental. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2011, Maceió. ANAIS do **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2011. v. 1. p. 1-16.

COOLTERM. Disponível em: <http://freeware.the-meiers.org>. Acessado em 16 de julho de 2015.

DHT11. Disponível em: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>. Acessado em 10 de julho de 2015.

DINIZ, E.H. **Internet das coisas**. São Paulo. 2006. Disponível em: <http://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/4213.pdf>. Acessado em 06 de agosto de 2015.

ESP8266. Disponível em: <http://www.espruino.com/ESP8266>. Acessado em 10 de julho de 2015.

INMET. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf. Acessado em 13 de julho de 2015.

INMET. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sm_previsao_tempo. Acessado em 10 de julho de 2015.

INPE. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/~rwww1/pdf/faq.pdf>. Acessado em 14 de julho de 2015.

MLX90614. Disponível em: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614_rev001.pdf. Acessado em 14 de julho de 2015.

TEMT6000. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Imaging/TEMT6000.pdf>. Acessado em 10 de julho de 2015.

WIKIPEDIA. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>. Acessado em 15 de julho de 2015.