



Faculdade de Pindamonhangaba



Fellipe Yokio de Moura Takaki

DATA LOGGER - REGISTRADOR DE GRANDEZAS FÍSICAS

Pindamonhangaba – SP

2017



Faculdade de Pindamonhangaba



Fellipe Yokio de Moura Takaki

DATA LOGGER - REGISTRADOR DE GRANDEZAS FÍSICAS

Artigo científico apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Engenharia de Controle e Automação pelo Curso de Engenharia de Controle e Automação da FUNVIC – Fundação Universitária Vida Cristã

Orientadora: Prof. Me. Marcelo Pinheiro Werneck

Pindamonhangaba

2017

Takaki, Fellipe Yokio de Moura

Data Logger - Registrador de Grandezas Físicas / Takaki, Fellipe Yokio de Moura

Pindamonhangaba: FUNVIC Fundação Universitária Vida Cristã, 2017.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Controle e Automação)
FUNVIC – SP

Orientador: Prof. Me Marcelo Pinheiro Werneck

1 Introdução. 2 Materiais e Métodos. 3 Resultados e Conclusões

I Data Logger - Registrador de Grandezas Físicas. II Takaki, Fellipe Yokio de Moura

Fellipe Yokio de Moura Takaki

DATA LOGGER - REGISTRADOR DE GRANDEZAS FÍSICAS

Artigo Científico apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação pelo Curso de Engenharia de Controle e Automação da FUNVIC – Fundação Universitária Vida Cristã.

Data: 07 /12/2017

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof : Me. Marcelo Pinheiro Werneck

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

Prof : Dr. Cláudio Augusto Kelly

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

Prof : Me. Célio Augusto Machado

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

Este trabalho foi escrito na forma de artigo científico a ser submetido à Revista Produção Online, cujas normas estão em anexo. A parte textual corresponderá ao artigo científico escrito conforme a instrução da revista escolhida e disponível na página <https://www.producaoonline.org.br/public/journals/1/modeloDeArtigoProducaoonline.doc>

DATA LOGGER - REGISTRADOR DE GRANDEZAS FÍSICAS

Fellipe Yokio de Moura Takaki
Prof. Me. Marcelo Pinheiro Werneck
FUNVIC – Fundação Universitária Vida Cristã

Resumo

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo para monitorar grandezas físicas ambientais, como temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, altitude, precipitação e radiação. A importância deste projeto é dar suporte a pesquisadores e técnicos para projetar ou propor melhorias em sistemas já existentes. Desta forma o equipamento concebido lê, armazena as informações em um cartão SD juntamente com a data e hora do momento da leitura e pode enviar sinais via rede. Posteriormente com os dados coletados e um computador, podem-se realizar estudos variados. Este equipamento, também conhecido como data logger – Registrador de Grandezas Físicas utiliza um micro controlador e módulos periféricos facilmente encontrados no mercado a preços acessíveis.

Palavras-chave: Data Logger, radiação, leitor de grandezas físicas, data logger de baixo custo.

ABSTRACT:

In this work, a prototype was developed to monitor physical environmental variables such as temperature, atmospheric pressure, relative humidity, altitude, precipitation and radiation. The importance of this project is to support researchers and technicians to design or propose improvements to existing systems. In this way the designed device reads, stores the information on an SD card along with the date and time of the reading and can send signals via the network. Subsequently with the data collected and a computer, various studies can be carried out. This equipment, also known as data logger, uses a microcontroller and peripheral modules easily found in the market at affordable prices.

Keyword: Data Logger, radiation, physical magnitude reader, low-cost data logger.

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento de parâmetros meteorológicos, tais como: pressão atmosférica, umidade relativa do ar, temperatura local, intensidade de chuvas e medidas da dose de radiação ionizante são essenciais para o estudo do meio ambiente com consequência direta na melhoria da qualidade de vida humana. Imagine poder monitorar em tempo real chuvas cada vez mais intensas e de alguma forma prevenir alguns desastres provenientes da mesma. Mas como podemos monitorar esses dados? Será que é possível monitorar de forma contínua (de

minuto a minuto) esses parâmetros em diversos locais de uma região típica do Brasil? Nesse sentido, desenvolvemos um *data logger*, que pode monitorar de forma contínua todos os parâmetros supracitados.

A estrutura desse equipamento está baseada na placa Arduino juntamente com os sensores correspondentes aos parâmetros a serem monitorados. Outra característica importante do *data logger* é que os dados coletados podem ser armazenados num cartão SD ou mesmo enviados em tempo real para um *site* que disponibiliza os gráficos em função do tempo de cada parâmetro a ser observado. Esse monitoramento poderia estar sendo realizado por um órgão ligado a defesa civil, que poderia tomar algum tipo de providência prática antes que alguma catástrofe pudesse acontecer.

Outra aplicação interessante relacionada à possibilidade de ter os dados disponíveis em tempo real na internet é poder realizar um laboratório de Física pela Internet sobre o assunto radiações ionizante para fins didáticos. Esse tipo de aplicação baseada nessa tecnologia é objeto de pesquisa recente e tem o nome de *weblab* ou laboratório de acesso remoto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Arduino é um módulo de prototipagem para desenvolvimento rápido de aplicações nas mais variadas áreas. O Arduino possui diversos modelos, entre os quais o Arduino Mega que é uma placa baseada no micro controlador ATmega1280. Possui 54 entradas/saídas digitais (das quais 14 podem ser usadas como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexão USB, conector de alimentação, conector ICSP (In Circuit Serial Programmer) e um botão de reset. O módulo arduino pode ser complementado por diversos módulos acessórios, com objetivo de expandir suas funcionalidades, entre eles um relógio de tempo real.

As grandezas físicas monitoradas são: temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e radiação ionizante. Todas são grandezas analógicas.

Temperatura é a grandeza que dispõe de diversas tecnologias de mediação, a mais utilizada é a variação da resistência elétrica de um metal com a variação da temperatura. Tais sensores apresentam boa linearidade de baixo custo.

Umidade é uma grandeza física cuja medida é mais crítica. Existem diversas tecnologias disponíveis, sendo a variação de uma capacitância com a variação da umidade a que apresenta melhor linearidade e repetibilidade, porém, toda medida de umidade é dependente de uma medição precisa da temperatura, pois a umidade é uma grandeza física derivada.

A medida da pressão atmosférica consiste na medida da coluna de ar que atua sobre um determinado ponto em uma superfície, sendo portanto, uma medida de força. Os sensores mais utilizados para medida de pressão são as células de carga; as células de carga consistem

numa fina película coberta por filamentos perpendiculares de um material condutor flexível depositado, a ação da força peso da coluna de ar sobre tal película provoca pequenas deformações, o que altera a resistência elétrica do material, gerando uma variação de resistência proporcional a força peso. Assim como na medida da umidade, a variação da temperatura modifica a resistência da célula de carga, sendo que tal variação deve ser compensada na medida da força peso, o que é realizado pelo uso conjunto de um sensor de temperatura juntamente com a célula de carga. A radiação ionizante consiste na medida da energia gerada por eventos atmosférico de natureza elétrica, no caso desse trabalho, de raios. O contador Geiger (também contador Geiger-Müller ou contador G-M) serve para medir certas radiações ionizantes (partículas alfa, beta ou radiação gama e raios-X, mas não os nêutrons). Este instrumento de medida, cujo princípio foi imaginado por volta de 1913 por Hans Geiger, foi aperfeiçoado por Geiger e Walther Müller em 1928. O contador Geiger (Figura 13) é constituído de um tubo Geiger-Müller e de um sistema de amplificação e de registro do sinal. O tubo Geiger-Müller, uma câmara metálica cilíndrica em cujo eixo é estendido um fino fio metálico, é preenchido por um gás a baixa pressão. Uma tensão elétrica da ordem de 500 a 1000 volts é estabelecida entre o cilindro (que tem papel de cátodo) e o fio (ânodo). Quando uma radiação ionizante penetra no contador, ela ioniza o gás, isto é, faz com que elétrons sejam liberados. Esses elétrons se multiplicam rapidamente por avalanche eletrônica, tornando o gás condutor durante um curto tempo (fenômeno de descarga elétrica). Após amplificação, o sinal elétrico assim produzido é registrado e traduzido para uma indicação visual (agulha, lâmpada) ou sonora. Os contadores G-M não diferenciam os tipos de radiação que neles chegam; somente registram o valor de contagens total, sendo essa sua principal desvantagem. Basicamente esses dispositivos consistem em um cilindro de metal fechado em ambas as extremidades, uma das quais é fechada com uma película fina (geralmente mica), que constitui a janela do detector. No eixo do cilindro é colocado um fio metálico rígido e o interior do tubo é preenchido com uma mistura de um gás inerte a baixa pressão (em geral argônio) e um gás de congelamento, que pode ser vapor de um composto orgânico ou de halogênio, cuja função é inibir a ionização desenfreada do gás. Entre o fio central (ânodo) e o corpo cilíndrico (cátodo) é aplicada uma grande diferença de potencial. Quando uma radiação entra no detector, o gás é ionizado, provocando a formação de íons e elétrons livres. O forte campo elétrico criado entre os eletrodos do tubo acelera os íons positivos em direção ao cátodo e os elétrons em direção ao ânodo. Perto do ânodo, na "região de avalanche", os elétrons ganham energia suficiente para ionizar moléculas adicionais do gás e criar um grande número de avalanches de elétrons que se espalham ao longo do ânodo e de forma eficaz em toda a região da avalanche. Este é o "efeito de multiplicação de gás", que dá ao tubo a sua principal característica de ser capaz de produzir um impulso de saída significativo de um único evento ionizante, gerando assim um pulso elétrico que é registrado no circuito contador. Sabendo-se que a eficiência de um contador está relacionada com a sua capacidade de converter os pulsos recebidos em sinais de medição, é importante avaliar a eficiência do tubo contador GM para que se possam ter medidas confiáveis da radiação a que se está exposto. Essa eficiência depende de uma série de fatores, intrínsecos e extrínsecos ao contador, como o tempo-morto, que é o tempo necessário para que se restabeleça a diferença de potencial do contador e possa haver uma nova

avalanche mensurável, absorções que podem ocorrer antes que a radiação penetre no tubo, a posição relativa fonte-detector e o retro espalhamento de partículas por materiais existentes na proximidade do tubo, entre outras.

3. METODOLOGIA

O protótipo construído foi um conjunto compacto – *data logger* – utilizando Arduino que pode monitorar a radiação no decorrer do tempo e em qualquer local. Ele permite ao usuário ver em tempo real as medidas que estão sendo feitas através de um *display LCD*. Essas medidas também são gravadas num cartão SD e podem ser consultadas posteriormente. O Arduino é uma plataforma de *hardware open-source* baseada num micro controlador AVR de 8 bits da Atmel e possui seu próprio ambiente de desenvolvimento, utilizando uma linguagem de programação muito semelhante ao C. Tal plataforma possui diversas portas digitais e entradas analógicas e permite encaixar *shields*, que são módulos extensivos, ou seja, módulo de display LCD, de joystick, etc. Ela tem sido utilizada por diversas pessoas de diferentes áreas e níveis de conhecimento, o que faz com que a comunidade Arduino continue crescendo significativamente. Além das características descritas, a plataforma possui um preço muito acessível, o que faz com que inúmeros projetos, antes impraticáveis, tornem-se uma realidade, como é o caso deste *data logger*. Nele, foram utilizados diversos sensores, sendo um de pressão atmosférica da EMC (BMP085) que permite também fazer leituras de temperatura e altitude, um de umidade relativa do ar da Honeywell (HIH-4030), além de um contador Geiger-Muller da Aware Electronics (RM-60) que utiliza um tubo da LND (LND-712). O *data logger* pode ser alimentado tanto com uma bateria 9 V como através da porta USB de um *notebook*, o que o torna um aparelho portátil. A imagem 1 demonstra o data logger montado em seu case.

FIGURA 1 –O Data Logger



O projeto foi feito em partes modulares para facilitar o intercâmbio de peças e possíveis alterações que viessem a ocorrer por incompatibilidade, dificuldades de aquisição ou de adequação dos projetos.

Para o processamento de dados utilizamos o Arduino Mega (Figura 2) que é uma placa baseada no micro controlador ATmega1280. Possui 54 entradas/saídas digitais (das quais 14 podem ser usadas como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexão USB, conector de alimentação, conector ICSP (In Circuit Serial Programmer) e um botão de reset.

O Arduino Mega pode ser alimentado via USB ou fonte de alimentação externa. A alimentação é selecionada automaticamente. A alimentação externa (não USB) pode vir de uma fonte AC/DC ou bateria. O adaptador pode ser conectado por um plugue de 2.1mm com o centro positivo no conector de alimentação (power jack) da placa. Caso use bateria, os pólos da bateria podem ser ligados nos pinos GND e VIN do conector POWER. A placa pode operar com uma alimentação externa de 6 a 20 volts. Se alimentada com menos de 7V, o pino de 5V pode ter uma tensão menor e o funcionamento pode ficar instável. Se for usado mais de 12V, o regulador de tensão pode aquecer e queimar o circuito. A tensão recomendada é de 7 a 12 Volts.

FIGURA 2: Arduino ATmega 1280



O módulo relógio DS1307 RTC foi montado como sugerido no datasheet do fabricante e o cristal utilizado foi de 32768 Hz. Na figura 3 encontra-se o módulo de relógio/calendário já montado com bateria CR2032 e cristal oscilador.

FIGURA 3: Módulo RTC (Real Time Clock)



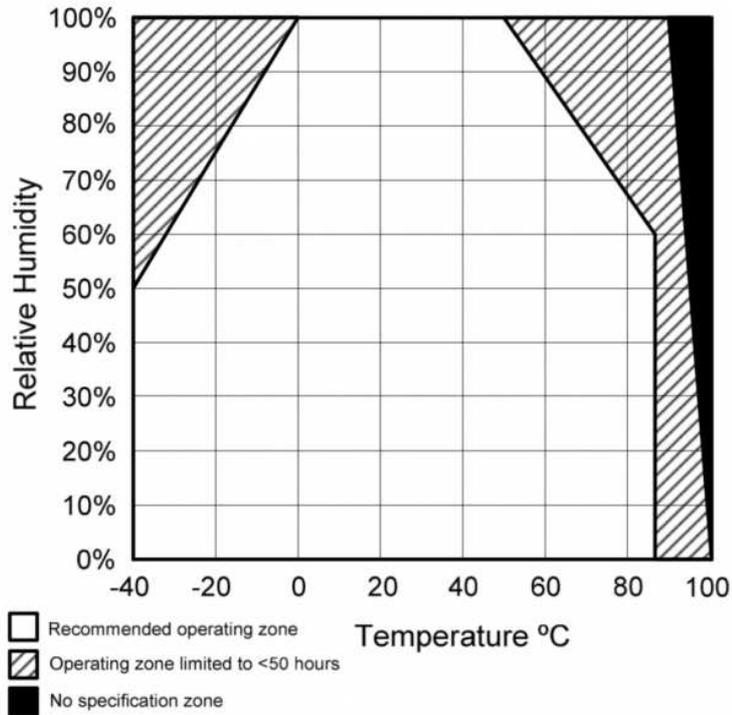
O módulo da umidade relativa do ar (%RH) foi utilizado o HIH-4030 da Honeywell, este sensor utiliza uma tensão de 4 a 5.8 volts e tem um consumo de aproximadamente 200 μ A. O sensor em questão (Figura 4) utiliza um elemento sensível capacitivo, para sua leitura utilizaremos uma entrada analógica. Para que este sensor funcione corretamente, precisamos fazer a leitura da temperatura ($^{\circ}$ C) para isso utilizaremos o sensor da Bosch BMP085, no qual também nos informará a pressão atmosférica (mBar).

FIGURA 4: Sensor Umidade Relativa (HIH-4030)



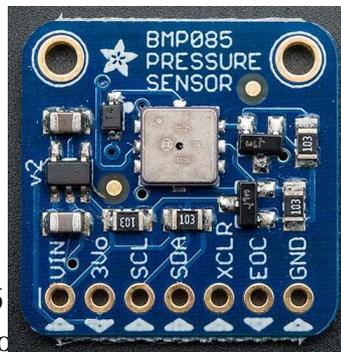
No gráfico (Figura 5 de operação, o fabricante recomenda utilizar entre -40° C e 85° C (ou -40° F e 185° F). Caso a zona de operação estiver fora da temperatura recomendada ou umidade extrema, o sensor especificado perde sua precisão ou se danifica em menos de 50 horas de uso.

FIGURA 5: Gráfico Temperatura X Umidade Relativa



O módulo de pressão atmosférica e temperatura é da Bosch o BMP085 (Figura 6), este sensor de precisão é a melhor solução de detecção de baixo custo para medir a pressão e a temperatura barométricas. Como a pressão muda com a altitude, você também pode usá-lo como um altímetro. O sensor é soldado em uma PCB com um regulador de 3.3V, um deslocador de nível I2C e resistores pull-up nos pinos I2C.

FIGURA 6: Sensor Pressão Atmosférica e Temperatura (BMP085)



O Display LCD 16x2 (16 caracteres por linha) é uma pequena tela com fundo azul empregada no desenvolvimento de sistemas de automação residencial, é compatível com um grande número de sistemas micro controladores, entre eles, Arduino, PIC, Atmel, etc. Entre as principais características da Tela de Display LCD 16x2 destaca-se seu design moderno e compacto com 4 furos de fixação, com grande utilidade para a apresentação e visualização de informações junto aos projetos. O Display LCD 16x2 (Figura 7) conta com luz de LED azul, o que facilita a visualização de dados, contribuindo para o

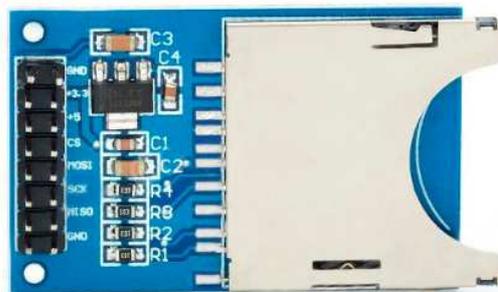
aperfeiçoamento do projeto. Indicado para diferentes funcionalidades, o Display LCD 16x2 é capaz de aumentar a interação do projeto com os espectadores, trazendo também informações úteis ao operador do sistema. Destacando-se ainda pela excelente relação custo x benefício, apresentando-se como um dos displays com o mais baixo custo, se comparado a sua capacidade.

FIGURA 7: Display LCD



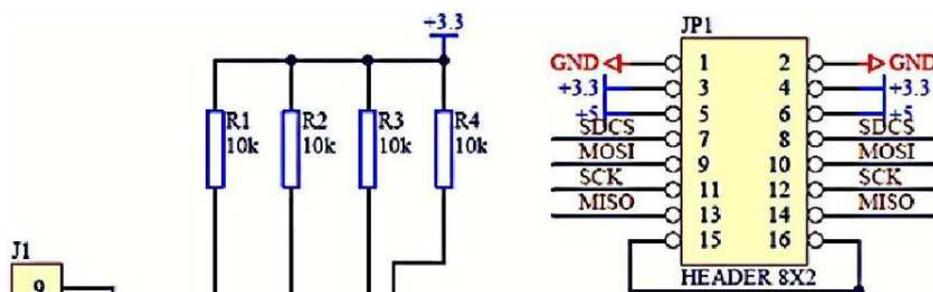
Os módulos de cartões SD (Figura 8) são os responsáveis por armazenar os dados capturados, são componentes que operam em 3.3V. A maioria dos Arduinos, fornecem sinais em 5V que podem danificar o cartão.

FIGURA 8: Módulo Cartão SD



Para resolver esta incompatibilidade poderíamos usar conversores de nível lógico ou circuitos integrados, exemplo o 74HC4050. Este módulo leitor de cartão SD funciona com níveis de 3.3V, porém já tem boa parte do circuito necessário para fazer a conversão internamente, na figura 9 temos o diagrama para a sua ligação.

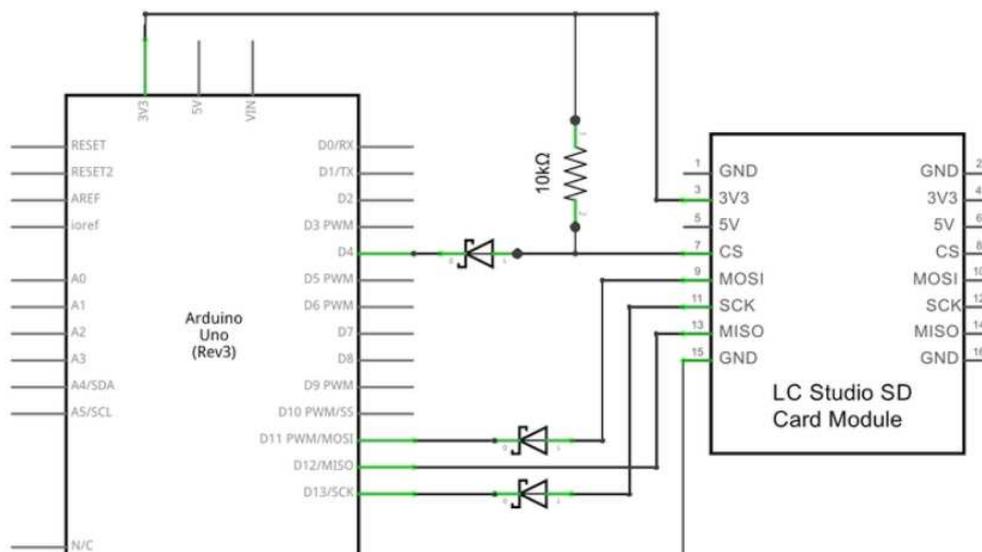
FIGURA 9: Diagrama de Ligação SD Card



O regulador de tensão de 3.3V, chamado LM1117-3.3, que é capaz de fornecer até 800mA, sendo mais que suficiente para o cartão SD, pode ser usado até para alimentar outros módulos; mais importante ainda, existem alguns resistores de 10K ohms ligando os sinais MISO, SCK e MOSI aos 3.3V. Este tipo de ligação é chamada *pull-up*, ou seja “puxa para cima”. Estes resistores garantem que exista uma tensão no conector mesmo que o cartão não esteja conectado e servem assim como uma proteção para as portas do Arduino. Acrescentando um diodo às entradas do cartão – SCK, MOSI e (SD)CS – podemos garantir que quando o Arduino mandar 5V (HIGH) as entradas serão protegidas. E quando ele mandar 0V (LOW) o diodo começa a conduzir e faz o sinal ir para nível baixo.

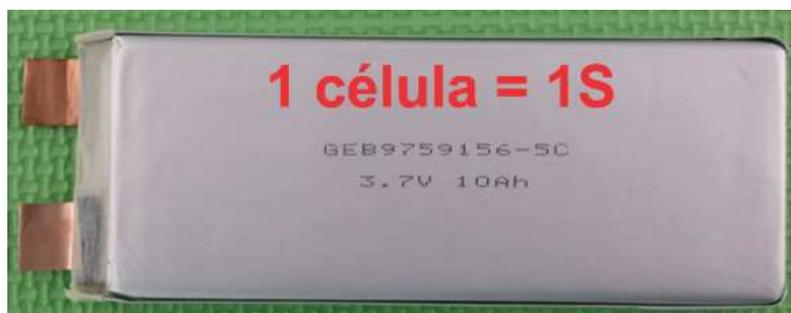
Uma bateria tem a capacidade de converter energia química em energia elétrica, e quando carregada converte energia elétrica em energia química. Basicamente faz-se esses processos sempre que a bateria é utilizada – Carrega e Descarrega. O propósito de uma bateria é armazenar energia e liberá-la em um tempo apropriado de maneira controlada, cada bateria tem características que diferem umas das outras, existem baterias menores e leves, e também maiores e mais pesadas, mas não são somente peso e tamanho que determinam as diferenças, existem alguns detalhes que devem ser observados com atenção antes da compra de sua bateria LiPo.

FIGURA 10: Diagrama de ligação Entre Arduino e Módulo SD Card



As baterias de LiPo (Lithium Polymer Battery – Bateria de Polímeros de Lítio), tem uma característica diferenciada em relação as demais, que é a capacidade de descarregar altas energias sem sofrer danos a estrutura, mas assim como todas as outras esta também possui limitações físicas, e é possível mensurar esta capacidade levando-se em considerações alguns números.

FIGURA 11: Célula de LiPo



A bateria LiPo é composta por células (Figura 11), e ligadas em série para se obter uma certa voltagem de interesse. Cada célula é capaz de armazenar 3,7 V nominal, portanto uma bateria 1S tem 3,7V, uma bateria 2S tem $2 \times 3,7V = 7,4V$, e assim por diante (3S= 11,1V | 4S = 14,8 | 5S = 18,5 | 6S = 22,2V), mas quando uma bateria é carregada ela é capaz de armazenar até 4,2 V por célula, ou seja, uma bateria 1S armazena até 4,2V, uma 2S até 8,4V, e assim por diante (3S= 12,6V | 4S = 16,8V | 5S = 21V | 6S = 25,2V), existem também outras classificações de voltagens que podem ser observadas na tabela abaixo.

Tabela 1 – Tabela Classificação Bateria LiPo

Células	1S	2S	3S	4S	5S	6S	8S	10S	12S
Mínimo	3	6	9	12	15	18	24	30	36
Descarregada	3,4	6,8	10,2	13,6	17	20,4	27,2	34	40,8
Nominal	3,7	7,4	11,1	14,8	18,5	22,2	29,6	37	44,4
Armazenada	3,8	7,6	11,4	15,2	19	22,8	30,4	38	45,6
Carregada	4,2	8,4	12,6	16,8	21	25,2	33,6	42	50,4

As Taxas-C são dadas para saber a capacidade de carga e descarga de cada bateria, normalmente a capacidade de carga das baterias é de 1C, mas em alguns casos pode ser maior, esta informação é obtida na parte de trás das baterias. A capacidade de Descarga pode variar de acordo com cada fabricante e especificações do produto, podendo ser, por exemplo 1C, 20C, 30C, 40C, 100C, 120C, etc. Estas informações aparecem na parte da frente da bateria, caso não tenha é necessário entrar em contato com o fabricante para obter estas informações, mas geralmente se estas informações não são fáceis de encontrar significa que o produto é de baixa qualidade, e conseqüentemente não confiáveis. Em alguns casos mais específicos pode ocorrer da bateria ter sido modificada, de forma a melhorar a estrutura, reforçando-a ou então trocando a fiação por uma melhor.

A intensidade de corrente significa quantos Ampères aquela bateria pode fornecer sem danificar sua estrutura, por exemplo uma bateria de 2200 mAh, que significa 2200 mili Ampères por hora = 2,2 Ampères por hora = 2,2 A/h, esta bateria pode fornecer até 2,2 A/h multiplicado pela Taxa-C de descarga, ou seja se essa bateria tem 20C, então o pico de corrente elétrica fornecida é de $2,2 \text{ A/h} * 20 = 44 \text{ Ampères por hora}$. Para carregar as baterias LiPo, utilizamos um módulo de carregamento via USB, (Figura 12) junto com ele foi utilizado também um módulo regulador de saída para que não haja nenhuma variação de tensão na entrada do Arduino e para que os módulos de sensores funcionem sem nenhuma oscilação de tensão, conferindo assim uma melhor precisão nas medições.

FIGURA 12: Carregador de Bateria LiPo + Módulo Regulador de Tensão



O contador Geiger que utilizado é da Aware Electronics (RM-60) que utiliza um tubo da LND (LND-712) (Figura 13).

FIGURA 13: Contador Geiger RM 60



O sensor para medição da precipitação que utilizaremos em nosso projeto é dotado de uma parte mecânica e outra elétrica, a chuva irá cair dentro de uma espécie de funil que irá conduzir a água para um dispositivo basculante, a cada um milímetro corresponde a um litro de água distribuído em um metro quadrado. (Figura 14).

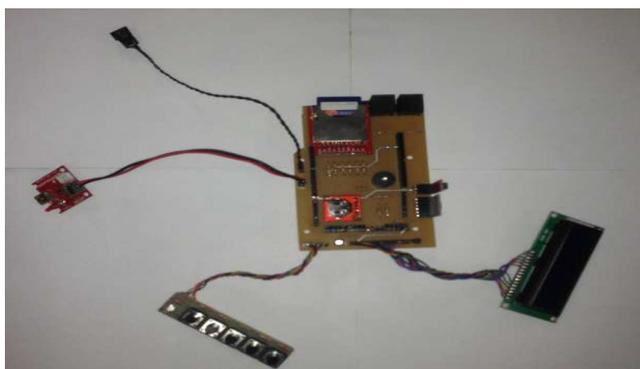
FIGURA 14: Pluviômetro, medidor de umidade



4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema remoto para aquisição de dados meteorológicos capaz de capturar dados dos sensores e armazenar em um cartão de memória removível. O acesso aos sensores é feito através de código disponível no micro controlador do Arduino, sendo as leituras realizadas a cada intervalo de um minuto. Na Figura 15 é possível ter uma visão geral do sistema que foi desenvolvido.

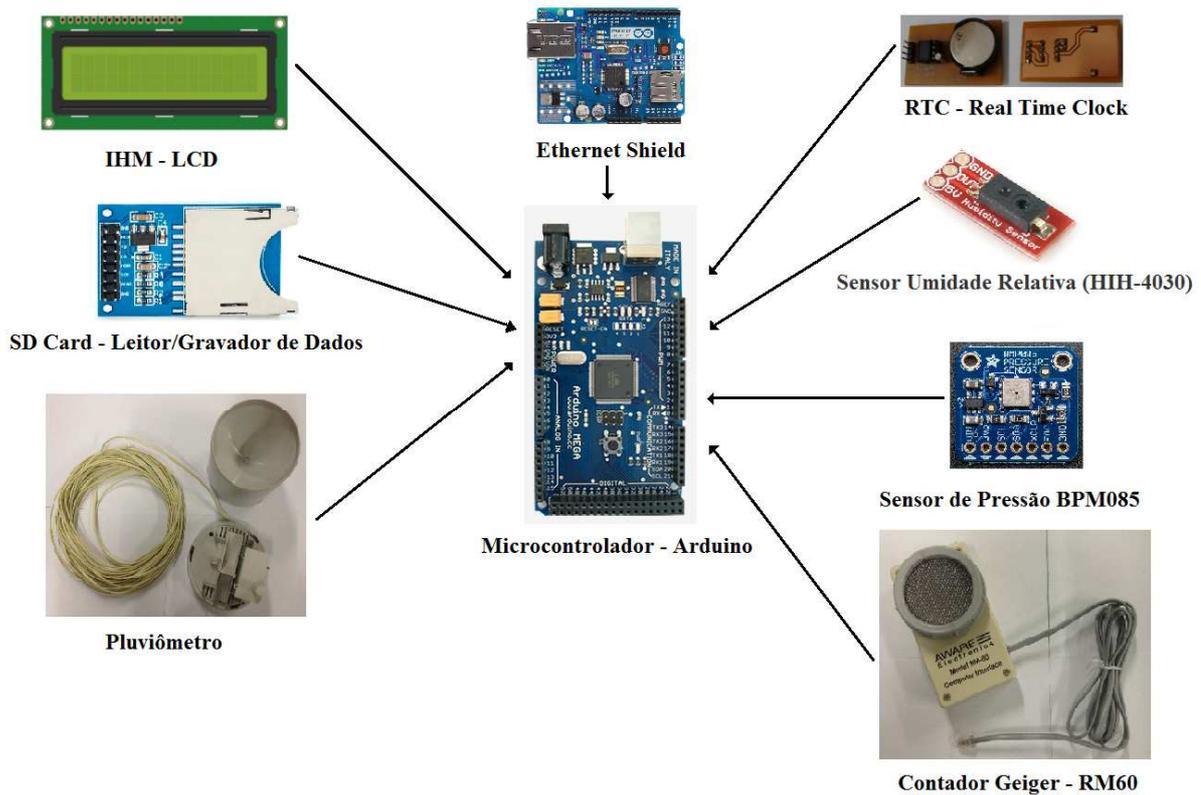
FIGURA 15: Módulos do Data Logger



No sistema exemplificado (Figura 16), os sensores estão conectados ao micro controlador do Arduino. A escolha pela arquitetura Arduino se deu por motivos de simplicidade, aplicabilidade e por suprir os requisitos necessários para este trabalho.

Durante o desenvolvimento foram utilizadas as bibliotecas de desenvolvimento fornecidas pelo Arduino para o desenvolvimento de aplicações utilizando os sensores BMP085 e HIH-4030 fornecido pela ADAFRUIT e SPARKFUN. Como editor de código fonte, utilizou-se o ambiente da plataforma Arduino para o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 16: Visão Geral do Sistema Desenvolvido



O cálculo da quantidade pluviométrica tem-se a variável chuva, esta contém o resultado a partir da quantidade de interrupções multiplicado por 0,2794 mm que é a quantidade de chuva que passa pelo pluviômetro a cada interrupção segundo informações do fabricante.

Todos os dias, iniciando às 00h01min e terminando às 23h59min tempo local, o sistema grava um arquivo txt no cartão SD, contendo dados de medidas de radiação (Geiger RM-60 e RM-80), pressão atmosférica e umidade relativa do local escolhido, como mostra a Tabela 2. Logo, em qualquer período desejado, esse cartão pode ser transferido para um PC que fará as leituras dos arquivos. Utilizando-se do Microsoft Excel e do Origin 8.5, as medidas da pressão, da umidade relativa, da dose de radiação (microSievert/hora) e a mesma base de tempo com intervalo de um minuto, pode ser observada, em gráfico, do dia inteiro monitorado no local. Neste trabalho analisamos os dados obtidos entre 04 de janeiro e 31 de março de 2012, medidas estas efetuadas no campus do Departamento de Física do ITA, em São José dos Campos, SP, conforme mostra a Figura 20. A variação da radiação ionizante total local foi então determinada com esse conjunto compacto, simples e portátil nesse período de monitoramento. A dose de radiação média foi de 0.20 $\mu\text{S/h}$ para a região com variações para chuvas intensas e relâmpagos chegando até 0,8 $\mu\text{S/h}$ no dia 27 de março de 2012, onde houve vários danos ocasionados por chuvas, ventos e relâmpagos em São José dos Campos, SP.

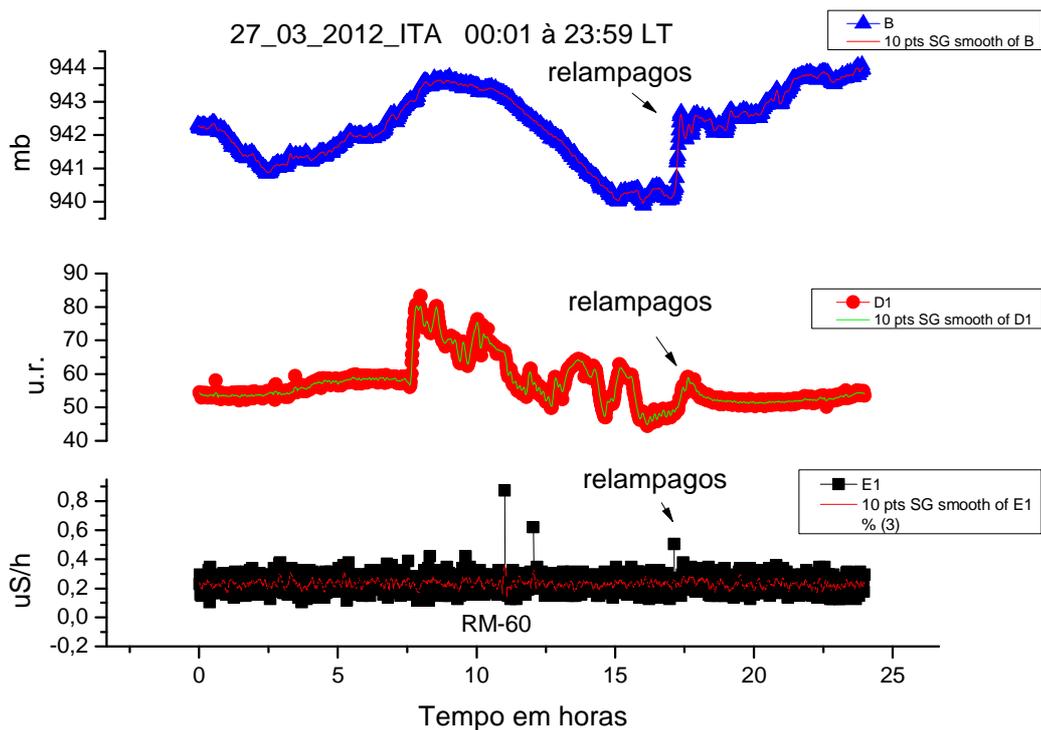
TABELA 2 – Dados Obtidos do Data Logger

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	01/02/2012	00:01:06	17.8	942.66	604.31	57.14	15	0.1575	15.75	4.41
2	01/02/2012	00:02:06	17.8	942.65	605.55	57.14	27	0.2835	28.35	4.41
3	01/02/2012	00:03:06	17.8	942.67	604.84	56.98	19	0.1995	19.95	4.41
4	01/02/2012	00:04:06	17.8	942.72	605.28	58.21	33	0.3465	34.65	4.41

Observação: Dados em planilha do Microsoft Excel com dia, mês e ano na coluna A, pressão atmosférica na coluna D, umidade relativa na coluna F e dose de radiação coluna H.

A Figura 17 apresenta gráficos das medidas de radiação ionizante gerados pela incidência de descargas atmosféricas - raios - medidas do dia 27 março 2012 em São José dos Campos, SP, com pressão em milibares (mb), umidade relativa (u.r.) e dose de radiação mostrando 3 relâmpagos.

FIGURA 17: Medidas Obtidas Referentes a Radiação Ionizante



O sistema *data logger* com plataforma Arduino associado a sensores como pressão atmosférica, umidade relativa do ar e contador Geiger para medir a radiação total ambiental de um local constitui um conjunto compacto e portátil de fácil manuseio para monitoramento desses parâmetros numa determinada região.

As principais contribuições deste trabalho foram:

1. Demonstrar a viabilidade de soluções de Automação de Sistemas de baixo custo;
2. Despertar o interesse acadêmico, para esta área de conhecimento que possui um conjunto bastante amplo de aplicações;
3. Desmistificar a complexidade da concepção do hardware de controle; e
4. Demonstrar a utilização de diversos tipos de tecnologias para o uso em Automação de Sistemas.

Os objetivos foram alcançados. Porém, é importante ressaltar que por se tratar de um projeto de um sistema ainda existem melhorias que devem ser feitas para que se tenha uma solução completa e passível de utilização em um sistema real.

Este projeto se torna uma alternativa viável economicamente para regiões que necessitam de uma estação meteorológica para o monitoramento devido ao seu baixo custo.

REFERÊNCIAS

Aware Electronics – Contador Geiger. Disponível em:

<http://www.aw-el.com/> acessado em 18 de agosto de 2017

Sensor de Pressão Atmosférica BMP085 Bosch Disponível em:

<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP085-DS000-06.pdf> acessado em 15 de setembro de 2017

Sensor de umidade relativa do ar da Honeywell HIH-4030 Disponível em:

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Weather/SEN-09569-HIH-4030-datasheet.pdf>

Bateria LiPo Disponível em:

<http://blog.droneng.com.br/baterias-lipo/> acessado em 30 de outubro de 2017

Pluviômetro Bascula TFA Disponível em:

www.incoterm.com.br/download_anexo/-weatherhub-pluviometro.pdf acessado em 18 de setembro de 2017

INMET Instituto Nacional de Meteorologia Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br> acessado em 1 de dezembro de 2017

CPTEC Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

<http://www.cptec.inpe.br> acessado em 1 de dezembro de 2017

DAEE Departamento de Águas e Energia Elétrica

<http://www.daee.sp.gov.br/> acessado em 20 de novembro de 2017

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor. Autorizo também a divulgação do arquivo no formato PDF no banco de monografias da Biblioteca institucional.
Fellipe Yokio de Moura Takaki
Pindamonhangaba, dezembro 2017.

DIRETRIZES PARA AUTORES

Foco da Revista: A Produção Online publica artigos em língua portuguesa, espanhola ou inglesa relacionados ao campo da Engenharia de Produção e áreas correlatas. É editada sob a responsabilidade da Associação Brasileira de Engenharia de Produção e Universidade Federal de Santa Catarina.

Normas Para a Apresentação de Trabalhos

Para submeter o artigo à publicação na revista Produção On-line, deve-se encaminhar uma cópia completa, a qual deverá ser original ou divulgada previamente de forma restrita, para ser avaliada pelos membros do Conselho Editorial.

Os autores que desejarem publicar seu trabalho na Revista Produção On-line devem encaminhá-lo através do preenchimento do formulário eletrônico disponível no site em: [Submissão de Trabalhos -> Submeter Artigos](#)

Os artigos publicados na Revista Produção On-line poderão ser reproduzidos total ou parcialmente, desde que citada a fonte.

A revista Produção Online não cobra taxas de processamento dos artigos.

Quanto aos procedimentos adotados para a aprovação dos artigos pelo Comitê de Ética, ressalta-se que o Núcleo Editorial ABEPRO (NEA) determina como diretriz que os autores indiquem no artigo, em nota de rodapé, se o texto é inédito, se foi financiado, se é resultado de dissertação de mestrado ou tese de doutorado, se há conflitos de interesse e, em caso de pesquisa com seres humanos, se foi aprovada por Comitê de Ética da área, indicando o número do processo.

Formato

Os artigos deverão ser encaminhados para a Redação com as seguintes características:

- o Entre 6.000 e 8.000 palavras
- o Editor de texto: Word for Windows 6.0 ou posterior (para facilitar a compatibilidade utilize, por favor, a extensão .doc)
- o Margens: esquerda e superior 3 cm; direita e inferior 2 cm
- o Fonte: Arial, tamanho 12
- o Parágrafo: 1,27 cm
- o Espaçamento entre linhas: 1,5 cm
- o Alinhamento justificado

Texto - a primeira página do artigo deve conter:

- o Título centralizado, em maiúsculas e negrito, tamanho 12, acompanhado de sua tradução em inglês.

Credenciais dos Autores:

Logo após o título em inglês e português devem vir as credenciais de todos os autores do artigo incluindo: endereço de e-mail e instituição.

- **Resumo em português**, com cerca de 200 palavras, espaçamento simples, alinhamento justificado, contendo campo de estudo, objetivo, método, resultados e conclusões,
- Cinco palavras-chave, em português,

- **Resumo em inglês**, com cerca de 150 palavras, espaçamento simples, alinhamento justificado, contendo campo de estudo, objetivo, método, resultado e conclusões,
- Cinco palavras-chave, em inglês,

Materiais gráficos:

Devem ser utilizadas gráficos com qualidade apropriada, inseridos diretamente no texto, devidamente identificados

pelo seu número de ordem. Se as ilustrações enviadas já tiverem sido publicadas, mencionar a fonte e a permissão para reprodução.

Quadros:

Deverão ser acompanhados de cabeçalho que permita compreender o significado dos dados reunidos, sem necessidade de referência ao texto. Devem ser inseridos diretamente no texto, devidamente identificados pelo seu número de ordem.

Referências:

As referências devem ser redigidas segundo a norma ABNT (NBR-6023). Essas normas podem ser encontradas no seguinte site: <http://www.bu.ufsc.br/framerefer.html>. Neste local são demonstrados os mais variados exemplos de referência, em conformidade com a ABNT.

Anexos:

Podem ser empregados no caso de listagens extensivas, estatísticas e outros elementos de suporte.

Abaixo, um modelo de artigo

<http://www.producaoonline.org.br/public/journals/1/modeloDeArtigoProducaoonline.doc>