

Anemômetro

Os ventos do Jardim

Gabriel Santos Silva Araújo
Universidade de Brasília
Faculdade Gama
Gama, Distrito Federal
gabrielsantos_s96@hotmail.com

Faculdade Gama
Gama, Distrito Federal
andradeyasmine96@gmail.com

Yasmine Silveira Andrade
Universidade de Brasília

Resumo — O presente documento consiste na descrição do processo de confecção de um anemômetro que beneficiará o Jardim Botânico de Brasília informando a velocidade e direção do vento para auxiliar em combates a incêndios.

Keywords—*anemômetro; vento; Jardim Botânico de Brasília; direção; velocidade do vento*

I. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado constitui 23,92% do território brasileiro, sendo o segundo maior bioma nacional com uma área de aproximadamente 2.036.448 Km² [1]. Conhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade, ele possui diversas espécies e é berço de várias nascentes, como dos principais rios das bacias Amazônica, da Prata e do São Francisco.

Na importante tarefa de conhecer e proteger este bioma, o Jardim Botânico de Brasília – JBB, conhecido como “Jardim do Cerrado”, é uma área de proteção ao cerrado vinculada à Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal – SEMA/DF, que possui um grande acervo de espécies e promove pesquisas e educação ambiental nesta área [2]. Porém, um dos grandes problemas enfrentados pelo JBB são as queimadas que ameaçam a fauna e flora ali presente.

As queimadas são comuns no Cerrado devido a abundância de matéria orgânica em seu solo – como folhas secas e restos de vegetação – e a baixa umidade no período de seca, mas com diversas ações do homem, essas queimadas se intensificaram, sendo prejudicial à diversidade deste bioma.

Um dos fatores que influenciam a propagação do fogo é a velocidade e a direção do vento. Para obtenção destes dados são utilizados anemômetros.

Existem diversos tipos de anemômetros, porém, vários deles apresentam limitações que restringem seu uso, dependente das condições climáticas de umidade e temperatura, necessidade de manutenção devido ao

desgaste das partes mecânicas e faixa de velocidade do vento encontrada no local a ser aferido.

Um dos mais utilizados é o anemômetro de pás, constituído por três pás mecânicas que giram com as correntes de vento. A partir da quantidade de giros por tempo e do o perímetro em que as pás se movimentam, é possível aferir a velocidade em que o vento se encontra.

II. OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo, auxiliar o jardim botânico de Brasília em um problema recorrente no cerrado brasileiro: a contenção de incêndios através do uso de informações a respeito do vento, utilizando um anemômetro de baixo custo e eficiência.

III. BENEFÍCIOS E REQUISITOS

O anemômetro foi projetado de modo a atender as necessidades do Jardim Botânico de Brasília, agindo para facilitar o controle de incêndios, pois é de extrema importância o conhecimento da velocidade e direção do vento para que se possa calcular a velocidade de propagação do fogo. Essas informações serão utilizadas para facilitar o trabalho dos bombeiros e ajudar a preservar a fauna e flora do JBB.

Os dispositivos que permitem mensurar esses dados vendidos comercialmente, além de possuir um preço elevado, necessitam de um custo maior com energia e manutenção. Pensando nisso, este projeto conta com sensores e controladores de baixo custo, baixo consumo energético e fácil manutenção.

Dentre os requisitos necessários, o anemômetro projetado deverá medir velocidades entre 5Km/h e 30Km/h, baixo consumo energético e resistente às condições climáticas no local.

IV. CONSTRUÇÃO DO ANEMÔMETRO

Durante a realização do proposto, buscou-se soluções viáveis que resultassem em dados confiáveis de modo a atender os requisitos.

Em resumo, o funcionamento é dado por três pás mecânicas, ligadas a um disco, que giram com a força do vento. O disco contém um ímã que aciona um sensor sempre que passa por ele. Sabendo a circunferência do disco, é possível aferir a velocidade do vento pelo o número de voltas por um determinado tempo. Já a direção do vento é dada por uma chapa presa à ponta de uma haste de modo de, quando o vento bate, gira a chapa, deixando-a na mesma direção e sentido dele, que é detectada por outro sensor.

Para melhor compreensão, a construção do anemômetro foi subdividida em três partes: estrutura mecânica, hardware e software.

A. Construção Mecânica

A estrutura do protótipo foi montada de acordo com a fig.1 presente no final deste tópico. Ela conta com uma parte móvel formada por três pás, em formato de meia esfera, ocas, presas a uma peça circular plástica por raios de bicicleta de aço inox. A peça circular foi encaixada na parte superior de um cano pvc, já na parte inferior, foi colocado um cd, com um ímã em sua extremidade, seguido de um rolamento para que o suporte não impeça o giro da estrutura.

Um tubo de caneta é encaixado no centro do rolamento e fixado à base do anemômetro, deixando assim, a parte móvel livre para girar.

A base é formada por uma caixa retangular com um furo circular no centro, para a passagem de uma haste de metal, e outro retângular à 6 cm do primeiro para passagem do módulo sensor magnético. A haste possui uma pá em forma de disco em sua ponta superior e é presa ao encoder dentro da caixa para que, quando o vento mover a pá para sua direção, o encoder é rotacionado.

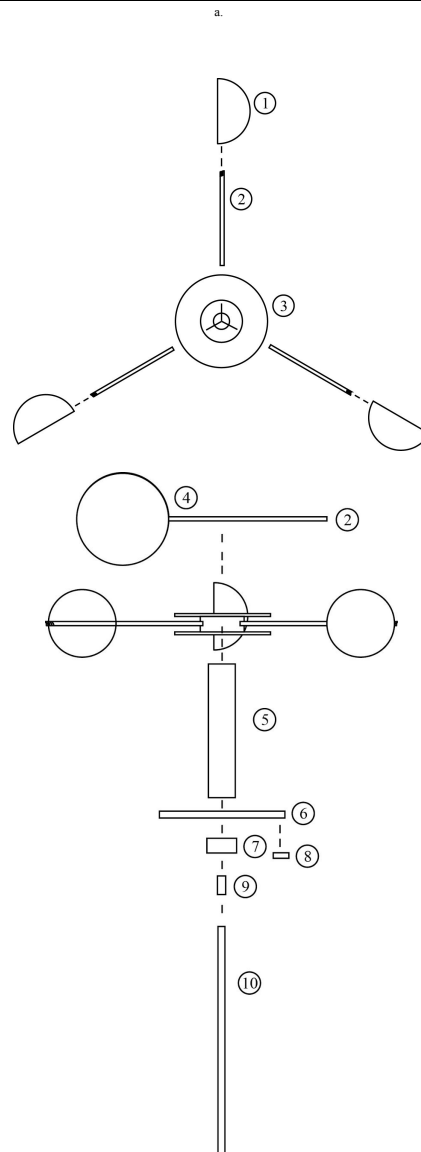
A caixa possui também um furo em sua lateral para a passagem do cabo de alimentação do microcontrolador contido na mesma.

Os materiais utilizados no processo de montagem são descritos na tabela I.

TABLE I. LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS PARA MONTAGEM MECÂNICA

Nº	Bill Of Materials			
	Descrição	Material	Quantidade	Dimensões
1	Pá mecânica	Alumínio	3	Ø45 mm
2	Raio bicicleta	Aço inox	4	180 mm
3	Carretel de fio de nylon	Plástico	1	Ø6 cm

4	CD	Acrílico	1	Ø12 cm
5	Cano PVC	PVC	1	18 x Ø25mm
6	CD	Acrílico	1	Ø8cm
7	Rolamento	Aço	1	Ø23mm
8	Ímã	Neodímio	1	10 x 12mm
9	Tubo de caneta	Acrílico	1	25 x Ø7mm
10	Haste metálica	Aço Inox	1	22 x Ø4mm
11	Caixa	Madeira	1	12 x 22 mm



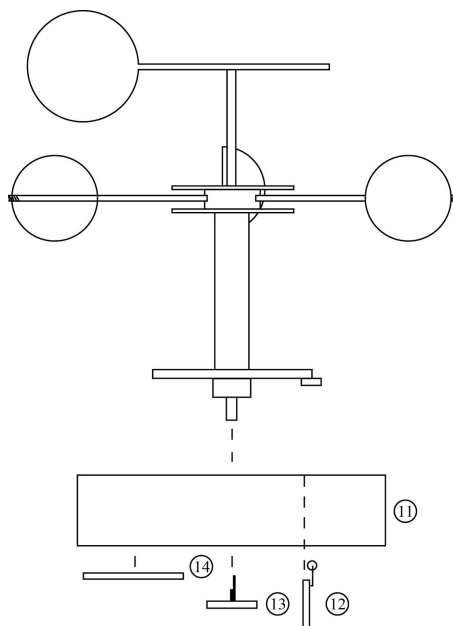


Fig. 1. Diagrama de montagem do anemômetro

B. Descrição de Hardware

Primeiramente escolheu-se o hardware que seria utilizado a fim de sanar as necessidades previamente analisadas.

Para a medição da velocidade do vento foi utilizado um módulo sensor magnético, mostrado na fig. 2, que contém um Reed-Switch, com contato normal aberto, e é acionado sempre que um ímã se aproxima do mesmo.



Fig. 2. Módulo sensor magnético.

Para aferir a direção do vento, foi utilizado um encoder rotativo como pode ser observado na fig. 3. Este sensor gera dois sinais digitais inversos, a fim de identificar qual o sentido de giro a partir desses sinais.



Fig. 3. Módulo encoder 360° P17.

Para fazer a programação e a interação entre os sensores, foi o microcontrolador responsável é o MSP430G2553.

A seguir o diagrama blocos da fig. 4 de demonstra a disposição destes componentes:

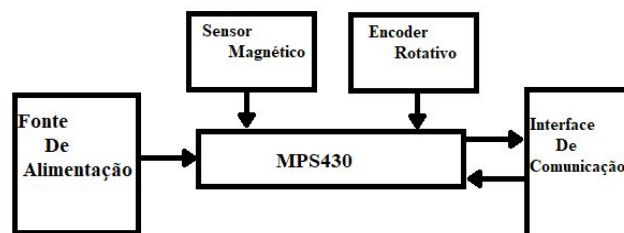


Fig. 4. Diagrama de blocos da disposição do hardware.

TABLE II. LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS

Nº	Bill Of Materials			
	Material	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Fornecedor
13	Módulo Encoder 360° P17	1	25.90	GBK Robotics
12	Módulo Sensor Magnético	1	13.90	H.U infinito
14	MSP430G2553	1	30.00	Texas Instruments
-	Jumpers	6	0.25	Baú da Eletrônica

b.

C. Descrição do software

Para realização do projeto foi necessário utilizar o software Code Composer, que permite a confecção de códigos em linguagem C e ASSEMBLY. Com essa ferramenta em mãos, foi elaborado o código para controlar o sensor magnético e indicar a velocidade em seu terminal.

No início do código para medição da velocidade, as funções Init_P1(), Init_AD() e Init_UART() são chamadas

para declarar as entradas interrupção, realizar as declarações do conversor AD e a fazer as especificações de comunicação serial necessárias para ler os dados do sensor, respectivamente.

Após a chamada das funções de configuração inicial, o temporizador com um clock de 2 Hz entra em loop infinito, como mostrado no fragmento de código 1, sendo utilizado para indicar o tempo em que a contagem de voltas é realizado.

```
cnt = 4;
TA0CTL = TASSEL_2 + ID_3 + MC_1;
TACCR0 = 62500-1; // clock de 2 hz;
while(cnt--)
{
    while((TACTL & TAIFG)==0);
    TACTL &=~TAIFG;
}
```

Fragmento de Código 1.

Para comparação dos dados foi necessário a utilização da conversão AD de modo a possibilitar a análise dos valores recebidos a partir do sensor e observar sua faixa de operação e mostrar no terminal os valores encontrados para regulação do sensor.

O código abaixo mostra o funcionamento da conversão AD, que é chamada a cada ciclo de contagem do timer. Assim a cada contagem uma conversão é feita, então é aguardada até a conversão ficar pronta.

```
while(cnt--)
{
    while((TACTL & TAIFG)==0)
    {
        ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
        while((ADC10CTL0 & ADC10IFG)==0);

        if((new_val < 10) && (ADC10MEM > 350))
        {
            voltas = voltas + 1;
        }
        new_val = ADC10MEM;
    }
    TACTL &=~TAIFG;
    if(cnt==1){
        P1OUT ^=inter;
    }
}
```

Fragmento de Código 2.

Enquanto a contagem é realizada, e após a conversão de dados, é verificado quando há mudança significativa no sinal analógico de entrada proveniente do sensor magnético (fragmento 2). Quando há uma borda de descida, a variável que armazena a quantidade de voltas é incrementada.

Quando a contagem chega ao fim uma interrupção é acionada fazendo então o cálculo da distância percorrida e da velocidade.

A distância percorrida é calculada a partir do número de voltas do disco e do valor de sua circunferência sempre que contagem é reiniciada, ou seja, cnt = 1. Sabendo que o diâmetro do disco, 12cm, sua circunferência é dada por:

$$\begin{aligned} \text{Circunferência} &= 2 \cdot \Pi \cdot 0.06 \\ \text{Circunferência} &= 0.3632743 \end{aligned}$$

A partir desses dados, obtém-se a distância percorrida em 2 segundos, ou seja, a velocidade em m/s. Para observar os dados com mais facilidade, a velocidade foi multiplicada por 3.6 pra transformar de m/s para Km/h.

Com a distância calculada a função printval(); é chamada para mostrar no terminal do code composer os valores de velocidade medidos. Então é zerado o valor da quantidade de voltas e a flag da interrupção é zerada, para retornar o código de onde foi chamada e então recomeçar a contagem.

V. RESULTADOS

Com o fim das três etapas mencionadas (fig. 5 e 6), foi possível realizar testes para constatar a funcionalidade do protótipo construído.



Fig. 5. Vista frontal do anemômetro construído.



Fig. 6. Vista superior do anemômetro construído.

Uma das dificuldades encontradas nessa etapa foi ajustar a temporização do msp430 para contar as voltas e fazer a conversão AD. Isso fez com que o código ficasse com um delay que prejudica a contagem de voltas realizadas pelo sensor, pois quando o sensor era ativado e o código estava realizando a conversão AD a volta não era contabilizada, afetando assim todo o funcionamento do protótipo para o cálculo da velocidade do vento.

Foi possível visualizar esse mal funcionamento a partir da impressão dos dados de velocidade e número de voltas obtidos a partir de testes experimentais com o protótipo criado.

Os resultados deste teste foram observados no terminal da plataforma do Code Composer demonstrados nas tabela III.

TABLE III. RESULTADO DAS MEDIÇÕES.

Medição	Velocidade aprox. 10 Km/h	Velocidade aprox. 13.4 Km/h
1	4	5
2	4	4
3	3	4
4	5	5
5	4	5

c.

VI. CONCLUSÃO

Assim, a partir dos testes realizados, é possível observar que o cálculo da velocidade está comprometido devido ao refinamento de forma errada do código em linguagem C. De modo que para uma melhor apresentação de dados,

será necessário refazer o fragmento 2 do código. Uma das opções é calcular quanto tempo cada volta demora para ser realizada e a partir desse tempo e da distância conhecidas calcular a velocidade e depois realizar a conversão AD, eliminando assim o delay existente no código atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IBGE. Mapa de Biomas e de Vegetação. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004bioma.shtml>. Acesso em: 26 de março de 2018.
- [2] JBB. Quem Somos. Disponível em: <http://www.jardimbotanico.df.gov.br/institucional/quem-somos/>. Acessado em: 26 de março de 2018.
- [3] A.S.Dionisio, "ANEMOMETRO UTRASSÔNICO BASEADO EM SENSOR DE DISTÂNCIA". UFRN, Setembro 2014.
- [4] M. R. S. Ribeiro¹, R. Bergamasco¹, M. G. Ribeiro¹, S. V. Aredes², L. F. W. Barbosa³, "DESENVOLVIMENTO DE UM ANEMÔMETRO DIGITAL ULTRA-SÔNICO". UNIVAP/FEAU.

VII. ANEXO

```
#include <msp430g2553.h>
#include <legacymsp430.h>
```

```
#define inter BIT4
#define AD_IN BIT0
#define AD_INCH INCH_0
#define RX BIT1
#define TX BIT2
#define LED BIT6
```

```
int new_val;
int dist;
int voltas;
int cnt;
```

```
void printval();
void Send_Data(volatile unsigned char c);
void Send_Int(int n);
void Send_String(char str[]);
void Init_P1(void);
void Init_AD(void);
void Init_UART();
```

```
void main(void)
{
    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;
    BCSCTL1 = CALBC1_1MHZ;
    DCOCTL = CALDCO_1MHZ;
    /*TA1CCR0 = 1450 -1;
    TA1CCR1 = 725;
    TA1CCTL1 = OUTMOD_7;
    TA1CTL = TASSEL_2 + ID_3 + MC_1;*/
```

```
Init_P1();
Init_AD();
Init_UART();
```

```
_enable_interrupts();
```

```
while(1)
{
    cnt = 4;
    TA0CTL = TASSEL_2 + ID_3 + MC_1;
    TACCR0 = 62500-1; // clock de 2 hz;
```

```
// Manda começar uma conversao
ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
// Espera a conversao ficar pronta
while((ADC10CTL0 & ADC10IFG)==0);
while(cnt--)
{
    while((TACTL & TAIFG)==0)
    {
        // Manda começar uma conversao
        ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;
        // Espera a conversao ficar pronta
        while((ADC10CTL0 & ADC10IFG)==0);
```

```
        if((new_val < 10) && (ADC10MEM > 350))
        {
            voltas = voltas + 1;
        }
        new_val = ADC10MEM;
    }
    TACTL &=~TAIFG;
    if(cnt==1){
        P1OUT ^=inter;
    }
}
}}
```

```
#pragma vector = PORT1_VECTOR
__interrupt void port_1(void){
    dist = (voltas * 0.36758*3.6)/2; // distancia percorrida
    em 1 segundo(velocidade em metro por
    segundo);Colocar em assembly ess parte
    P1OUT ^=LED;
    printval(dist);
    voltas = 0;
    P1IFG = 0x00;
}
```

```
void printval()
{
    Send_String("Leitura A/D = ");
    Send_Int(ADC10MEM);
    Send_String("\r\n");
    Send_String("Velocidade = ");
    Send_Int(dist);
    Send_String("\r\n");
    Send_String("NOVOVALOR = ");
    Send_Int(new_val);
```

```

    Send_String("\r\n");
    Send_String("VOLTAS = ");
    Send_Int(voltas);
    Send_String("\r\n");
}

```

```

void Send_Data(volatile unsigned char c)
{
    while((IFG2&UCA0TXIFG)==0);
    UCA0TXBUF = c;
}

```

```

void Send_Int(int n)
{
    int casa, dig;
    if(n==0)
    {
        Send_Data('0');
        return;
    }
    if(n<0)
    {
        Send_Data('-');
        n = -n;
    }
    for(casa = 1; casa<=n; casa *= 10);
    casa /= 10;
    while(casa>0)
    {
        dig = (n/casa);
        Send_Data(dig+'0');
        n -= dig*casa;
        casa /= 10;
    }
}

```

```

void Send_String(char str[])
{
    int i;
    for(i=0; str[i]!='\0'; i++)
        Send_Data(str[i]);
}

```

```

void Init_UART()
{

```

```

    // Habilita os pinos para transmissao serial UART
    P1SEL2 = P1SEL = RX+TX;
    // Configura a transmissao serial UART com 8 bits de
    dados,
        // sem paridade, começando pelo bit menos
    significativo,
    // e com um bit de STOP
    UCA0CTL0 = 0;
    // Escolhe o SMCLK como clock para a UART
    UCA0CTL1 = UCSSEL_2;
    // Define a baud rate
    UCA0BR0 = 104;
    UCA0BR1 = 0;
    UCA0MCTL = UCBRF_0+UCBRS_1;
}

```

```

void Init_P1(void)
{
    P1DIR &= ~inter;
    P1REN |= inter;
    P1IE = inter;
    P1IES = inter;
    P1IFG = 0x00;
    P1OUT &= ~LED;
    P1DIR |= LED;
}

```

```

void Init_AD(void)
{
    ADC10AE0 = AD_IN;
    ADC10CTL0 = SREF_0 + ADC10SHT_0 +
    ADC10ON;
    ADC10CTL1 = AD_INCH + SHS_0 + ADC10DIV_0 +
    ADC10SSEL_3 + CONSEQ_0;
}

```