

# Solar Tracker

## Captação de Energia Solar Eficiente

Alexandre José da Silva Junior

Engenharia Eletrônica - Universidade de Brasília  
Microprocessadores e Microcontroladores  
Gama - DF  
alexandre\_25895@hotmail.com

Itiane Thayná Batista Almeida

Engenharia Eletrônica - Universidade de Brasília  
Microprocessadores e Microcontroladores  
Gama - DF  
itiane.batista@gmail.com

**Resumo**— O presente relatório visa descrever as práticas utilizadas para a construção de um dispositivo mecânico-eletrônico que busca a otimizar a captura da incidência solar feita por painéis fotovoltaicos ao longo das mudanças do ângulo de luz solar no decorrer do ano.

**Palavras-chave**—painéis fotovoltaicos, incidência solar, solar tracker.

### I. INTRODUÇÃO

Graças ao movimento de rotação, a luz solar vai progressivamente iluminando diferentes áreas, do que resulta a sucessão de dias e noites nos diversos pontos da superfície terrestre.

Durante o ano, a iluminação do Sol não é igual em todos os lugares da Terra, pois o eixo imaginário, em torno do qual a Terra faz a sua rotação, tem uma inclinação de  $23^{\circ} 27'$ , em relação ao plano da órbita terrestre, e devido a esta inclinação expõe ao sol vários locais do mundo em momentos diferentes, dando-se assim os dias e as noites.

Um observador em local qualquer verá o sol descrever uma trajetória no céu nascendo ao leste e se pondo a oeste.

O movimento de translação corresponde ao movimento da terra em torno do sol de forma elíptica, e pelo fato de haver uma inclinação da terra em relação ao plano da sua órbita elíptica impõe as estações nos dois hemisférios, Norte e Sul.

A posição angular do sol ao meio dia solar, em relação ao equador é chamada de Declinação Solar ( $\delta$ ).

A declinação varia de acordo com o dia do ano, com valores entre:  $-23^{\circ}27' \leq \delta \leq 23^{\circ}27'$ , sendo positivo ao Norte e negativo ao Sul, com isso temos o que chamamos de Solstícios e Equinócios que modificam a exposição do globo terrestre em relação a radiação vinda do Sol.

Na imagem 01 pode-se identificar melhor fatores que são muito importantes e devem ser considerados no desenvolvimento de qualquer projeto de Energia Solar fotovoltaica, que é a posição do sol de acordo com os fenômenos solstício e equinócio, a análise desses fatores se dá para que se possa avaliar o recurso solar disponível e assim dimensionar o sistema solar fotovoltaico adequado.

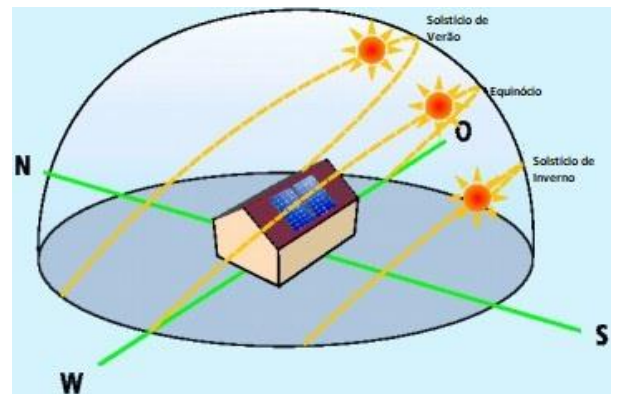


Imagem 01: Posição do sol de acordo com os solstícios e equinócio.

Além dos fatores mencionados acima, para uma melhor performance deve-se levar em consideração, três termos técnicos que definem o posicionamento das placas solares, são eles:

**Ângulo de Incidência:** é formado entre os raios solares e a normal à superfície de captação. Quanto menor for esse ângulo, mais energia será captada.

**Ângulo da Altura Solar:** ângulo entre os raios solares e sua projeção sobre um plano horizontal.

**Ângulo de Inclinação:** ângulo entre o painel solar fotovoltaico e o plano horizontal. [1]

A imagem abaixo apresenta os três ângulos citados de forma que se tenha uma melhor visualização dos mesmos.

Visto que a incidência solar varia de acordo com o ano e claro, ao longo do dia, para que haja um melhor aproveitamento da luz solar ao longo do dia e do ano, faz-se necessário um sistema que acompanhe tais mudanças em tempo real, buscando sempre a maior taxa de incidência de luz disponível no momento.

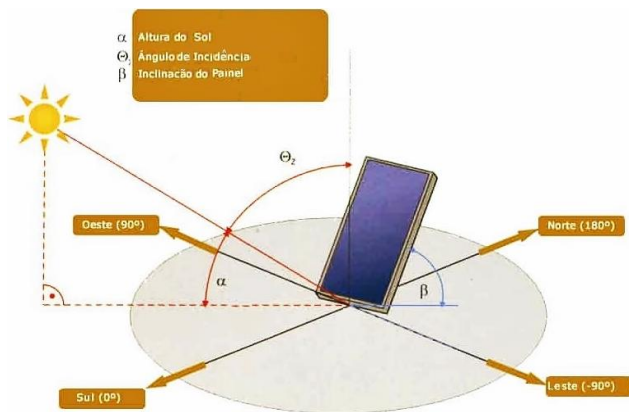


Imagem 02: Ângulos que definem a posição da placa

## II. OBJETIVO

O objetivo do projeto é otimizar a captura de luz solar pelas placas fotovoltaicas, utilizando sensores e motores, como seguidores de luz solar, fazendo com que a placa solar tenha a maior incidência solar possível, fazendo com que não seja perdido intensidade solar ao longo do dia e do ano.

## III. DESENVOLVIMENTO

De forma a abranger todos os pontos importantes do projeto desenvolvido, os mesmos foram separados em tópicos para que se fizessem mais claros possíveis.

### A. Justificativa

O Brasil, por ser um país localizado na sua maior parte na região inter-tropical, possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo ano, principalmente da região nordeste, onde estão os melhores índices com valores de até 2.190kWh/m<sup>2</sup> por ano de radiação incidente. [2]

Dessa forma acredita-se que se pode obter um melhor aproveitamento de toda a radiação solar ao usar um sistema não estático, ou seja, um sistema que permita movimentação visando estabelecer um melhor ângulo de incidência entre o painel fotovoltaico e os raios solares para que se obtenha uma maior eficiência na geração de energia.

### B. Requisitos

Para que o sistema tenha eficiência no auxílio da geração de energia, o mesmo apresenta alguns requisitos:

- Possibilitar movimentos ao painel fotovoltaico de no mínimo 20° e no máximo 160° no eixo x.
- Possibilitar movimentos ao painel fotovoltaico de no mínimo 20° e máximo 160° no eixo y.
- Possuir sensores de incidência de luz e motores, para que o sistema se oriente de forma a obter a maior intensidade de luz solar disponível.

## C. Hardware

O projeto de hardware apresenta em sua composição alguns componentes, como:

- Mini Painel Fotovoltaico, 5W.
- 4 LDR's
- 2 Servomotor Mini
- Microcontrolador MSP430
- Display
- 4 Resistores de 10k $\Omega$
- Estrutura de Suporte

**Mini Painel Fotovoltaico:** São dispositivos utilizados para converter a energia da luz do Sol em energia elétrica. Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por células solares que captam, em geral, a luz do Sol. Aqui, iremos utilizar um mini painel fotovoltaico, com potência de 5W, Tensão de potência máxima (Vpm) de 5V e Corrente de Potência Máxima (Ipm) de 1000mA.

**LDR (Light Dependent Resistor):** Um resistor dependente de luz nada mais é que um resistor variável, cuja variação depende de da intensidade de luz que incide sobre ele. Neste projeto serão utilizados 4 LDR's de forma que cada um fique em uma extremidade do Painel fotovoltaico e forma a perceber qual área está recebendo maior quantidade de luz.

**Servomotor:** Uma máquina, eletromecânica, que apresenta movimento proporcional a um comando, ou seja: recebem um sinal de controle que verifica a posição atual para controlar o seu movimento indo para a posição desejada com velocidade monitorada externamente sob feedback de um dispositivo. Neste caso usaremos 2 servomotores para controlar a movimentação da plana no eixo das ordenadas e no eixo das abscissas.

**Microcontrolador MSP430:** é um pequeno computador (SoC) em um único circuito integrado o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. O MSP430 será responsável por coletar informações, como os dados provenientes do LDR e executar comandos, como acionar os servomotores.

**Resistores:** componentes que têm por finalidade oferecer uma oposição à passagem de corrente elétrica, através de seu material. Aqui serão usados um resistor para cada LDR, como uma forma de proteção à corrente.

**Estrutura de suporte:** Estrutura feita para a sustentação da célula de carga, como também para alocação dos servos motores utilizados. Os motores utilizados mudarão a estrutura de posição visando proporcionar uma maior incidência de luz à placa solar. Utilizou-se como matéria prima do protótipo papelão, por apresentar estrutura leve e de fácil manipulação.

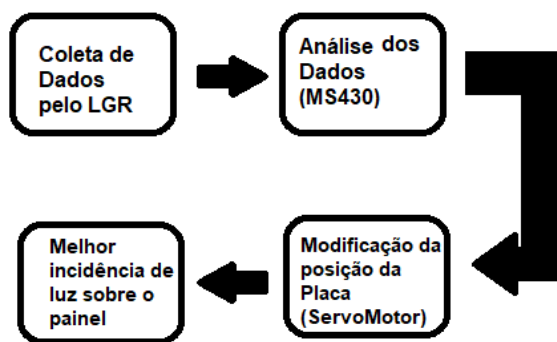


Imagem 03: Diagrama de Blocos do Solar Tracker.

#### D. Software

Inicialmente o código foi desenvolvido no software energia, usando uma IDE que mais se aproxima do microcontrolador Arduino, por apresentar um desenvolvimento mais fácil visto que tal IDE apresenta bibliotecas prontas deixando mais ágil o andamento do código.

Ao final o software utilizado é o Code Composer, o código foi desenvolvido em linguagem C voltada para o microcontrolador MSP430. O mesmo se encontra no anexo 1 desde relatório.

#### E. Benefícios

Com o melhor posicionamento do painel fotovoltaico, proporcionado pelo sistema proposto, tal painel será exposto a uma maior intensidade de luz solar, que será processada e transformada em energia elétrica.

Como a energia solar é uma fonte limpa e renovável de energia, ao otimizar captação estaremos elevando o nível de produção da mesma e com isso, deixando de utilizar fontes não renováveis de energia, gerando benefícios ecológicos e naturais além de uma economia financeira.

#### F. Desafios

Existiram alguns desafios no projeto proposto que foram superados ao longo do desenvolvimento do projeto.

Inicialmente parte dos LDR's utilizados não estão respondendo corretamente aos estímulos de luminosidade aplicados. Naquele momento não se conseguiu identificar se o problema era físico ou computacional.

Outro fato que aconteceu foi que os motores não conseguiam girar adequadamente a estrutura quando solicitado, parte de estrutura se encontrava muito pesada e

sobrecarregava os servos. Ao final, parte desses desafios foram superados.

## IV. RESULTADOS

O projeto realizado utiliza 4 LDR's alocados um em cada aresta da placa solar, de forma que se consiga identificar onde há a maior incidência de luz solar, uma vez que o LDR identifica, o MSP430 recebe essa informação e aciona os motores de passo para que se mova a placa solar em direção ao LDR que obteve maior incidência de luz.

Ao relembrar os problemas encontrados no ponto de controle 4, que eram: O problema de comunicação com os LDR's e o microprocessador e a estrutura que estava pesada, de forma que os motores não conseguiram mover a mesma com facilidade. Devido ao pouco tempo para a finalização do projeto optou-se por não modificar a estrutura e sim trabalhar melhor o código para que não houvesse erros na comunicação LDR-Microprocessador-Motor. O erro de comunicação foi sanado, os LDR's indicam onde há a maior incidência e os motores movem a placa solar para o local informado. Não houve troca de estrutura nem de motor na versão final do projeto.

Pode-se observar o resultado do projeto final desenvolvido abaixo, ou pelo link: [https://youtu.be/4MQT1yu\\_qXA](https://youtu.be/4MQT1yu_qXA)



Imagem 04: Vista Frontal do Solar Tracker

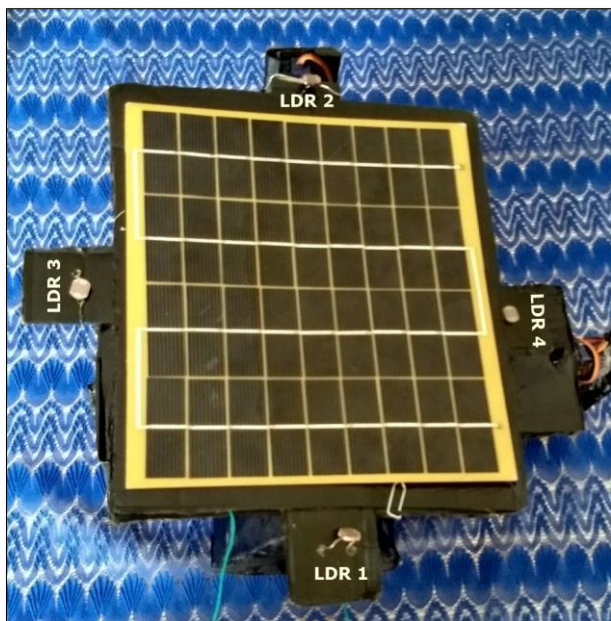


Imagem 05: Vista Superior

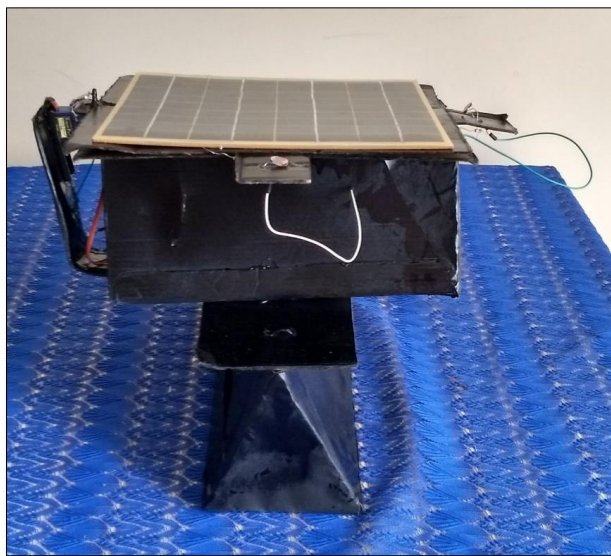


Imagem 06: Vista Lateral

## V. CONCLUSÃO

O projeto apresentava alguns erros de comunicação, todavia os mesmos foram sanados.

Utilizando 4 LDR's, servo motor e o microprocessador MSP430, desenvolveu-se o projeto que cumpre o objetivo de posicionar a placa solar de forma que a mesma receba a maior incidência de luz para assim, se obter uma maior eficiência energética.

## REFERÊNCIAS

- [1] SOLAR BRASIL. Site. CONCEITOS DE ENERGIA SOLAR – GEOMETRIA SOLAR – MOVIMENTOS DE ROTAÇÃO, TRANSLAÇÃO (SOLSTÍCIO E EQUINÓCIO). Disponível em: <<http://www.solarbrasil.com.br/blog-da-energia-solar/130-conceitos-de-energia-solar-geometria-solar-movimentos-de-rotacao-translacao-solsticio-e-equinocio>>. Acesso em: 03 set. 2017
- [2] Atlas Solarimétrico do Brasil – banco de dados terrestres. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.



## Anexo 01 - Código Solar Tracker

```
#include "msp430.h"
#define ADC_CH 4
unsigned int samples[ADC_CH];

#define SENS_LEFT BIT0
#define SENS_RIGHT BIT1
#define SENS_UP BIT2
#define SENS_DOWN BIT3

#define MCU_CLOCK          1000000
#define PWM_FREQUENCY      46          //Ideal 50Hz, mas nao o real.
#define SERVO_STEPS  30          // maximo de passos

unsigned int PWM_Period  = (MCU_CLOCK / PWM_FREQUENCY);    // PWM periodo
unsigned int PWM_Duty    = 0;                               // %
int i ;
int count ;          // Config do motor 1
int count2 ;         // Config do motor 2

void ConfigureAdc(void) {          //Conversor analógico digital

ADC10CTL1 = INCH_3 | ADC10DIV_0 | CONSEQ_3 | SHS_0; //adc no canal 3, repete a sequência do canal, sample/hold
ADC10CTL0 = SREF_0 | ADC10SHT_2 | MSC | ADC10ON | ADC10IE; //bit 0 como referência, multiplica a conversão ad
ADC10AE0 = SENS_LEFT + SENS_RIGHT + SENS_UP + SENS_DOWN ;    //conversão sensores LDR's
ADC10DTC1 = ADC_CH;
}

void main(void) {

WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD;

    TA1CCTL1  = OUTMOD_7 ;          //Timer captura/comparacao 1, modo de saida PWM reset/set
    TA0CCTL1  = OUTMOD_7 ;
    TA1CTL = TASSEL_2 + MC_1 ;      //modo de temporizador A, SMCLK
    TA0CTL = TASSEL_2 + MC_1 ;

    TA1CCR0 = PWM_Period-1;        // PWM Período
    TA0CCR0 = PWM_Period-1 ;

    TA1CCR1 = 0 ;                  // TACCR1 PWM Duty Cycle
    TA0CCR1 = 0 ;

    P1DIR = 0; /* set as inputs */
    P1SEL = 0; /* set as digital I/Os */
    P1OUT = 0; /* set resistors as pull-downs */
}
```

```

P1REN |= (SENS_LEFT|SENS_RIGHT|SENS_DOWN|SENS_UP); /* enable pull-up on SENSOR */

P1DIR  |= BIT6 ;          // P1.2 = output
P2DIR  |= BIT2 ;

P1SEL  |= BIT6 ;          // P1.2 = TA1 output
P2SEL  |= BIT2 ;

ConfigureAdc();           //Configuracao do conversor analogico digital
__enable_interrupt();      //Inicia a interrupcao
while (1) {

    __delay_cycles(1000);   //1000*1/MCU_CLOCK
    ADC10CTL0 &= ~ENC;      //Registrador de controle, inicia conversao
    while (ADC10CTL1 & BUSY); // Registrador ocupado
    ADC10SA = (unsigned int)samples //Valores convertidos dos LDR's
    ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC;

    __bis_SR_register(CPUOFF + GIE); // Inicia outra interrupcao low power mode

    for (i = 0; i < SERVO_STEPS; i++) { //Laco para configurar passos do motor
        TA1CCR1 = count2 ;              //Timer para captura/comparacao de valor
        TA0CCR1 = count ;
        __delay_cycles(20000);
        TA1CCR1 = count2 ;
        TA0CCR1 = count ;
        __delay_cycles(20000);
    }
}

#pragma vector = ADC10_VECTOR //Assume que a interrupcao seguinte seja tratada como um vetor de interrupcao
__interrupt void ADC10_ISR (void){ //Interrupcao

// Samples e o vetor que da os valores dos Sensores LDR's

if (samples[0] < samples[1]){
    if(samples[1]> 550){
        count = 850;
    }else {
        count = 1350;
    } else if ((samples[0] + samples[1])/2 < 500) {
        count = 1350;
    } else {
        if(samples[0]>550){
            count = 1850;

```

```

        }else {
            count = 1350;
        }
    if (samples[2] < samples[3]) {
        if(samples[3]> 550){
            count2 =850;
        }else {
            count2 = 1150;
        }
        } else if ((samples[2] + samples[3])/2 < 500) {
            count2 = 1150;
        } else {
            if(samples[2]>550){
                count2 = 1850;
            }else {
                count2 = 1150;
            }
        }
    }

__bic_SR_register_on_exit(CPUOFF);          //sair do low power mode
}

```