

Algoritmo baseado em Astronomia e Matemática para buscadores solares

Alexandre Martins Tucunduva Filho

Prof. Me. Renata Ueno Sales

Prof. Dr. Edio Roberto Manfio

alexandre.tucfilho@gmail.com

renatauenosales@gmail.com

prof.ediorobertomanfio@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Garça – ADS
Faculdade de Tecnologia de Garça – GE/ADS/MI
Faculdade de Tecnologia de Garça – GE/ADS/MI

RESUMO: *Uma das maneiras mais ecológicas de se obter energia é através de painéis fotovoltaicos, pois se trata de uma energia limpa e sustentável. O objetivo deste estudo é aproveitar o máximo possível dessa energia desenvolvendo um algoritmo para um protótipo de buscador solar - solar tracker – pertencente ao Projeto S.O.L.A.R. ¹ Para tanto serão realizadas pesquisas bibliográficas nas áreas envolvidas como Computação, TI, Astronomia, Física e Matemática. Quando o painel fica diretamente voltado à direção dos raios solares, ocorre um grande aproveitamento de energia, aquela a qual não seria aproveitada. Espera-se que ocorra um maior aproveitamento da energia recebida do sol diariamente, e dados precisos sobre as demais informações que possam ser obtidas. O protótipo já se encontra em funcionamento e em progresso constante.*

Palavras-chave: *Automação em painel fotovoltaico, buscador solar, cálculos astronômicos, Matemática, eficiência em energia solar.*

ABSTRACT: *One of the most environmentally friendly ways to get energy is through photovoltaic panels, because it is a clean and sustainable. The purpose of this study is to optimize the gain of this energy by developing an algorithm to solar tracker, belonging to the S.O.L.A.R. Project. To do that, research will be carried out in the areas involved, such as IoT, Astronomy, Physics and Mathematics, as well as bibliographical research. When the panel is directly directed towards the solar rays, a great use of energy takes place, one that would not be used. We expect more use of the energy received from the sun every day, and accurate data on other information that may have. The prototype is already in functionality and in constant progress.*

Keywords: *solar panel automation, solar tracker, astronomical calculation, Mathematics, solar energy efficiency.*

¹ S.O.L.A.R. é acrônimo da expressão Sistema de Orientação Latitude Longitudinal Automático Regenerativo e trata-se de um projeto interdisciplinar voltado à Energias Renováveis e Processamento de Linguagem Natural desenvolvido por docentes e discentes da Fatec Garça e Univem (Marília).

1 INTRODUÇÃO

Painéis solares estão sendo muito usados ultimamente, pois diferente de outras energias como o carvão, a queima de petróleo e até mesmo as hidrelétricas produzem energia limpa que se consegue através do sol, ajudando assim a minimizar problemas futuros no planeta (ENERGY FUTURE COALITION, 2017). A produção e comercialização dos painéis fotovoltaicos estão crescendo exponencialmente conforme o tempo passa e isso os torna cada vez mais baratos e eficientes. Segundo a ANELL (2008), em 2030 a energia solar irá gerar cerca de R\$ 100 Bilhões no Brasil.

Entretanto, os painéis fotovoltaicos, usados atualmente, contam com um aproveitamento de apenas 8,84% (GNOATTO, 2003) e esse aproveitamento é muito inferior comparado com os painéis móveis que aproveitam 20,74% a mais (TESSARO, 2005). O objetivo deste estudo é aproveitar o máximo possível dessa energia por meio do desenvolvimento um algoritmo para um protótipo de buscador solar - *solar tracker* – junto a sistemas de monitoramento para se ter uma base do aproveitamento da energia.

Para tanto serão realizadas pesquisas bibliográficas nas áreas envolvidas como Computação, TI, Astronomia, Física e Matemática. Quando o painel fica diretamente voltado à direção dos raios solares, ocorre um grande aproveitamento de energia, aquela a qual não seria aproveitada, além de que, com uma medição precisa junto ao software, facilitará o controle desses dados. Espera-se que ocorra um maior aproveitamento da energia recebida do sol diariamente, e dados precisos sobre as demais informações que possam ser obtidas. O protótipo já se encontra em funcionamento e em progresso constante.

2. ALGORITMO BASEADO EM ASTRONOMIA E FÍSICA

Sistemas automáticos para busca solar atualmente são pouco precisos ao diferenciar entre dias nublados e o crepúsculo. Quando operam em dias parcialmente nublados, perdem eficiência por não posicionarem adequadamente em função da dispersão da luz solar. O Projeto S.O.L.A.R. (doravante Solar) conta com um algoritmo que prediz quando está dia ou noite a partir de dados preestabelecidos como latitude, longitude e horário do lugar onde ele está posicionado. Com bases em cálculos astronômicos (CABRAL, 2017; RAUSCHENBACH, 2017), o sistema busca o sol de forma mais eficiente e sem pausas durante o dia, fazendo com que ele continue funcionando mesmo com tempo nublado. As linhas de comando em C (IDE Arduino) responsáveis por essa ação estão representadas na Figura 1.

```

t=relog.getTime();
int hora = (int)t.hour;
int minuto = (int)t.min;
int mes = t.mon;
int dia = t.date;
int temptotal =hora*60+minuto;
int di = dia+{(mes-1)*30.5};

float d =23.45 * (sin(radians(0.98630137*(284+di))));
float t = {-tan(radians(latitude))}*{tan(radians(d))};
t = degrees(acos(t))*0.13333333;
float l = {-{longitude-fuso}*60/15};

if(({temptotal}>=(({12-{t/2})*60}-1)&&temptotal<=(({12+{t/2})*60}+1)&&ra)) {
    // Esta de dia
}

```

Figura 1 – Linhas de código baseadas em Astronomia.
Fonte: os autores

Note-se que através do cálculo gerado, a função ‘if’ (Figura 01) verifica se o tempo atual (em minutos) está exatamente entre os resultados medidos, responsáveis por caracterizar o período do dia. Por exemplo, se o cálculo gerado prevê que o dia começará às 7:30 e terminará às 19:30, e o tempo atual em minutos estiver entre esses valores - como 12:30 - o algoritmo entende que está no período com sol. Entretanto, se considerarmos que o tempo atual em minutos não estiver entre esses valores - como 21:30 - o algoritmo entende que está no período sem sol, ou seja noturno. Caso o relógio de referência (RTC) apresente alguma falha, ele perderá precisão e terá de contar apenas com o sensor de luz convencional utilizado na busca.

Scheinerman (2006) ensina que a grande maioria dos teoremas pode ser expressa na forma: “Se A, então B”. Assim, toda a ação acima citada se refere a cálculos matemáticos baseados na teoria da Lógica Formal Matemática, em que os algoritmos utilizam expressões lógicas como a função ‘if’, cujo resultado obtido é determinado pelo valor lógico de cada proposição.

Dessa forma, quando chega o horário noturno, momento em que de fato não há sol, o protótipo posicionará o painel a leste e ficará em modo espera, voltando a funcionar novamente no próximo dia apenas quando houver radiação solar significativa. Um exemplo visual dos períodos diário e noturno no globo terrestre pode ser visto na Figura 2.



Figura 2 – Períodos noturno e diurno no globo
Fonte: <<http://radio.iasdmoema.org.br/pordosol.html>>

Como exemplo, podemos ter como referência o trajeto de 180 graus que o painel fará ao longo do dia. Sabemos que para isso o motor dá cerca de 1900 passos (1856), o que resulta em cerca de 10 passos para cada grau deslocado. Algumas linhas de código relativas a esse processo estão na Figura 03. O ajuste de latitude, embora pouco expressivo, também pode ser calculado dessa forma.

```
if (-1*Sensibilidade > DVert || DVert > Sensibilidade){  
    if (MCima > MBaixo&&digitalRead(oeste)==1) {  
        digitalWrite(dirPin1,HIGH);  
        delay (500);  
        digitalWrite(pausePin1,HIGH);  
        Serial.println ("Oeste");  
        Serial.println ("m1");  
        atl++;  
        do{  
            digitalWrite(stepPin1,HIGH);  
            delayMicroseconds(DelayM);  
            digitalWrite(stepPin1,LOW);  
            Sensor();  
            atl++;  
        }while(DVert+(Sensibilidade/1.5) >Sensibilidade&&digitalRead(oeste)==1);  
    }  
}  
  
Serial.print("Passos motor 1 > ");  
Serial.println(atl/2);  
Serial.print("graus motor 1 > ");  
Serial.println(atl/20.4);
```

Figura 3 – linha de código para motor longitudinal (leste/oeste)

Fonte: os autores

Essa movimentação longitudinal de 180 graus, especificamente, gera a linha azul representada no gráfico no sistema (Figura 4), o que indica uma progressão relativamente regular e crescente e, a esse respeito, de acordo com Silva (2008), existe uma relação entre variáveis, no caso, uma variável dependente e uma variável independente. A progressão latitudinal - linha vermelha - também é registrada neste gráfico por método similar, ou seja, embora a movimentação latitudinal diária em graus seja muito menor que a longitudinal, é regida pelos mesmos critérios gerais previstos nas linhas de código do algoritmo.



Figura 4 – Gráfico gerado pelo progresso diário do painel
Fonte: os autores

O algoritmo também fará cálculos de corrente, tensão e potência elétricas para informar o sistema de monitoramento. Isso será feito por meio de cálculos matemáticos em que serão levadas em conta as seguintes grandezas: tensão, potência e corrente elétricas e radiação solar, envolvidas no processo. Uma referência que serve de ponto de partida para o cálculo é a especificação do painel da Yingli Solar indicada na Tabela 01.

Tabela 01 – Especificações técnicas do painel

Condições padrões de Teste (STC*)	
Máxima Potência	20 Watts
Tolerância	±5%
Voltagem de Máxima Potência	16.6Volts
Corrente de Máxima Potência	1.20 Amps
Voltagem de Circuito Aberto	21.4 Volts
Corrente de Curto-Circuito	1.31 Amps
Voltagem Máxima do Sistema	50 Volts
Eficiência do Painel	15%
Coefficiente de Temperatura da Potência	-0,45%/°C
Coefficiente de Temperatura da Corrente	0,06 A/°C
Coefficiente da Temperatura da Voltagem	-0,37 V/°C
Temperatura Nominal de Operações de Célula	46±2°C

Fonte: <<https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-yingli-yl020p-17b-20wp.html>>

Portanto, o cálculo para tensão elétrica, por exemplo, é baseado na aritmética básica, ou seja, o valor referência extraído do circuito (R1 e R2) é convertido em um número binário (10 bytes - 1024) e o resultado é dado em tempo real. O fragmento do algoritmo responsável por isso está na Figura 05.

```
value = analogRead(tensaopainel);  
vout = (value * 5.0) / 1024.0;  
vin = vout / (R2/(R1+R2));  
Serial.print("Tensao do painel= ");  
Serial.println(vin);  
//Serial.print(" volts");
```

Figura 5 – cálculo de tensão.
Fonte: Os autores.

A radiação solar será medida a partir de quatro LDRs de 10 mm. Cada LDR é constituído de um semicondutor de alta resistência, que ao receber uma grande quantidade de fótons providos da luz, absorve elétrons que melhoram sua condutibilidade, reduzindo sua resistência, ou seja, quanto maior a luz incidente neste componente, menor será sua resistência (WENDLING, 2010).

3. RESULTADOS

Entende-se por algoritmos como a sequência de passos, logicamente definidos, que visam a solução e/ou execução de uma determinada tarefa e, pode-se dizer que estruturas de dados são formas para armazenar dados na memória (UENO et al., 2014). Do ponto de vista da Matemática, não é diferentes, pois é sempre necessário seguir uma ordem nos procedimentos para se obter o resultado de modo preciso. O algoritmo baseado em Astronomia e Matemática para buscador solar, aqui apresentado, possui estas características e gerou resultados significativamente positivos até o presente momento quanto à execução de tarefa predeterminada.

O recurso modo espera ou ‘dormir’, essencial para economia e eficiência de todo o sistema mostrou-se muito eficiente. O processador opera comparando disponibilidade de radiação solar e horário (*real time clock*) com base nas linhas de comando específicas apresentadas na Figura 01. Ao anoitecer, o sistema mecatrônico comandado pelo algoritmo, volta o painel novamente para posição leste e desativa o sistema. No dia seguinte, se a radiação solar for suficientemente adequada para operação do sistema, então compara novamente horário com disponibilidade de luz solar, ‘acorda’ e reinicia o processo diário.

Há também à disposição do usuário/administrador a ação dos motores 1 e 2 durante o processo de busca (Figura 01). Esses dados estão diretamente relacionados às linhas de comando citadas há pouco, pois dizem respeito aos trajetos longitudinal e latitudinal do painel, que podem ser consultados em números ou por meio de um gráfico que indica a progressão de ambos e permite visualização geral dos movimentos do protótipo durante todo o dia (Figura 4).

Além disso, como dito anteriormente, várias grandezas físicas mensuradas pelos sensores presentes no protótipo mecatrônico Solar podem ser consultadas pelo usuário/administrador e isso pode ser feito usando apenas os recursos visuais da IHC ou com o auxílio do robô de conversação Solar também disponível (MANFIO; GUERRA, 2016), baseado em outro robô denominado Tical (MAFIO; MORENO, 2016). Grandezas físicas como velocidade e direção do vento, temperatura, umidade do ar e condições do aerogerador, cujos sensores e dispositivos ainda não estão instalados, estão previstas na interface.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo, como dito na introdução, é aproveitar o máximo possível de energia solar desenvolvendo um algoritmo para um protótipo de buscador solar - *solar tracker* – pertencente ao Projeto S.O.L.A.R. Pode-se verificar que os resultados são perfeitamente mensuráveis e passíveis de serem comparados àqueles fornecidos por sistemas fotovoltaicos fixos. Isso permite aprimorar o sistema e permite verificar viabilidade econômica do protótipo. Os cálculos em breve poderão ser bem mais precisos uma vez que o sistema de monitoramento para o Projeto Solar está em desenvolvimento e aprimoramento constantes, tanto nos quesitos de computação elementar como programação em C e C#, quanto aos quesitos voltados à Astronomia e Matemática básicos.

REFERÊNCIAS

ANELL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 03 mai.2017.

ARDUINO. IDE Versão 1.6.2. Disponíveis em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 1 set. 2016.

CABRAL, Roberto. **Cálculo do nascer e por do sol**. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/~cabral/Nascer_Por_Sol.html>. Acesso em: 28. mar.2017.

CARDONA, M. S.; LOPEZ, M. L. **Performance Analysis of a grid-connected photovoltaic system**. Energy, New York, v. 24, p. 93-102, mai.1999.

ENERGY FUTURE COALITION. **Challenge and Opportunity: Charting a New Energy Future**. Disponível em: <www.energyfuturecoalition.org>. Acesso em: 28 mar. 2017.

GNOATTO, E. **Desempenho de painel fotovoltaico para geração de energia elétrica na região de Cascavel**. Cascavel, 2003. 58 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agroindustriais), Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel - PR.

MANFIO, Edio Roberto; GUERRA, Marcos Paulo Guimarães. **Estudo de viabilidade econômica de dados obtidos com protótipo de captação de energia solar de baixo**

custo. 6º Congresso de Pesquisa Científica: inovação, sustentabilidade, ética e cidadania. Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM, Faculdade João Paulo II - FAJOPA, Faculdade de Tecnologia de Garça - Fatec e a Faculdade de Medicina de Marília - FAMEMA. Out. 2016.

MANFIO, Edio Roberto; MORENO, Fabio Carlos. **TIC sobre Geolinguística: um robô acionado por texto e voz.** In XI SEMINÁRIO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS HUMANAS – SEPECH. Universidade Estadual de Londrina. 2016.

RAUSCHENBACH, H. S. **Solar cell array design handbook:** The principles and technology of photovoltaic energy conversion. Springer, 1980 Disponível em <goo.gl/UbIJ1t>. Acesso em: 28 mar. 2017.

SILVA, Fernando Cesar Marra e; ABRÃO, Mariângela. **Matemática básica para decisões administrativas.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SCHEINERMAN, E.R. **Matemática Discreta: uma introdução.** São Paulo: Thonson Learning Edições, 2006.

TESSARO, Alcione Rodrigo. **Desempenho de um painel fotovoltaico acoplado a um rastreador solar.** Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/046.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

TUCUNDUVA FILHO, Alexandre Martins. **Algoritmo para mensurar radiação solar com método auxiliar vinculado a horário padrão e localização GPS.** 6º Congresso de Pesquisa Científica: inovação, sustentabilidade, ética e cidadania. Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM, Faculdade João Paulo II - FAJOPA, Faculdade de Tecnologia de Garça - Fatec e a Faculdade de Medicina de Marília - FAMEMA. Out. 2016.

UENO, R.; SILVA, D. D.; DUARTE, M.; et al.
Sistema Computacional para Medidas de Posição - FATEST. Revista e-f@tec. , v.4, p.1 - , 2014.

WENDLING, Marcelo. **Sensores.** Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2017.