

## SISTEMA AUTOMATIZADO PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA DA CAPTAÇÃO SOLAR DE PLACAS FOTOVOLTAICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**Gabriel Pinheiro Campos** – [gabrieldellpinheiro@gmail.com](mailto:gabrieldellpinheiro@gmail.com)

**Jose Maria Launé Fonseca Junior** – [jose.laune@gmail.com](mailto:jose.laune@gmail.com)

**David Lohan Cardoso** – [david\\_lohan@hotmail.com](mailto:david_lohan@hotmail.com)

**Charles Luiz Silva de Melo** – [charles.melo@yahoo.com.br](mailto:charles.melo@yahoo.com.br)

Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Tecnologia

Av. Darcy Vargas, 1200

69055-035 – Manaus – Amazonas

**Resumo:** *O presente projeto tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema automatizado para o aumento da eficiência da captação solar de placas fotovoltaicas na geração de energia elétrica, construído com a plataforma Arduino, motor DC, sensores fotoelétricos, relés e placas fotovoltaicas. Ela se inicia com uma breve introdução do trabalho a ser construído, seguida das explicações teóricas referentes às tecnologias que serão utilizadas no projeto, dando sequência com a metodologia aplicada, a implementação do projeto e os resultados obtidos. Finaliza com a conclusão, onde se analisa a relevância da construção deste projeto implementado e o que se espera com o desenvolvimento de futuros trabalhos.*

**Palavras-chave:** *Placas Fotovoltaica, Arduino, Motor DC, Sensores Fotoelétricos*

### 1. INTRODUÇÃO

A radiação solar está disponível em quase toda superfície do planeta possuindo uma radiação média de 5.600 W/m<sup>2</sup> somente em Manaus. A energia total incidente sobre a superfície terrestre depende das condições atmosféricas como nebulosidade, umidade relativa do ar etc., da latitude local e, também, da posição no tempo como hora do dia e dia do ano. Obviamente, esse tipo de energia não é constante ao longo do dia.

Segundo Rosembach (2004), o Sol fornece 1,5x10<sup>18</sup> kWh de energia anualmente a Terra em forma de luz e calor, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial no mesmo período.

Uma característica desta fonte renovável é a sua “baixa densidade energética” em comparação aos combustíveis fósseis, oferecendo desafios para sua utilização nos padrões de consumo da sociedade (COMETTA, 1982).

Por apresentar vantagem, como a de trazer o mínimo impacto ambiental em sua utilização, essa energia vem sendo aproveitada de duas maneiras: para finalidades térmicas, através de coletores solares e na geração de energia, por meio de placas fotovoltaicas.

No entanto, no campo da geração de energia elétrica, existem barreiras técnicas a serem enfrentadas em relação à eficiência dessas placas solares. Elas apresentam em torno 8,84% da capacidade de conversão de energia solar em elétrica. Em outras palavras, elas possuem baixo aproveitamento da luz solar incidente para produção de energia elétrica (TESSARO, 2006).

De acordo com Levitan (2012), estudos já foram realizados para melhorar o desempenho dessas placas, chegando a resultados de 24% no aperfeiçoamento desses módulos fotovoltaicos.

Utilizadas em modo convencional, fixadas ao solo, esses módulos fotovoltaicos possuem um baixo aproveitamento da energia solar incidente, o que nada contribui na geração de energia elétrica (PERLOTTI, 2012). Uma das alternativas seria a adoção de um sistema automatizado que as auxiliassem na captura da luz solar incidente.

Essa alternativa é pouco adotada, uma vez que o sistema se torna caro, pois é projetado e construído com materiais de difícil acesso, como o piranômetro e o pireliômetro, encarecendo tanto a sua aquisição como, também, a manutenção do sistema, e impossibilitando a produção nacional.

Desta forma, o problema encontrado seria a ausência de um sistema automatizado, de produção nacional, que auxilie as placas na captação da luz solar incidente, e que utilize componentes de fácil acesso para manutenção.

O presente projeto vem testar a hipótese de que seria possível a construção de um sistema automatizado que auxilie as placas solares na procura do melhor ângulo inclinação para receber a luz solar incidente, utilizando componentes de fácil acesso em sua construção e que contribuam na inserção do mesmo na produção nacional.

A justificativa para realização deste projeto é a abordagem dos mais variados temas na área de microcontroladores, eletrônica de potência e eletrônica analógica, além de estudar, ainda que de forma discreta, as fontes alternativas de geração de energia.

Além de trazer benefícios ao sistema de geração de energia elétrica utilizando placas solares, esse sistema fornecerá uma alternativa para a inserção do mesmo no mercado nacional, já que são fabricados internacionalmente, inviabilizando a sua aquisição e dificultando a sua assistência técnica.

Esse projeto tem como objetivo desenvolver um sistema automatizado, utilizando materiais de fácil acesso como microcontrolador, motor, relés e resistores em sua construção, e que tenha a capacidade de auxiliar essas placas fotovoltaicas, buscando melhor o ângulo de inclinação, em relação ao solo, para que recebam essa incidência solar de forma perpendicular, favorecendo em sua capacidade de produção de energia elétrica.

## **2. METODO PROPOSTO**

Serão feitas pesquisas bibliográficas na área de eletrônica de potência, eletrônica analógica, microcontroladores, microprocessadores, além de estudos baseados na geração de energia elétrica provenientes de energias renováveis, principalmente de placas solares.

Os componentes eletrônicos necessários para a implementação do protótipo serão listados levando atenção quanto ao preço, relevância quanto à utilização e número de componentes comprados. Os componentes serão: Sensor fotoelétrico (LDR), motor DC, placas fotovoltaicas, microcontrolador, além de outros materiais para construir o suporte onde ficarão as placas.

Foram realizadas pesquisas com o intuito de se obter o conhecimento sobre tecnologias já existentes e que estão relacionadas ao tema em questão, a fim de que se confirme a hipótese já

apresentada. Desta forma, teremos o valor do sistema já comercializado no mercado, com o que será elaborado e construído.

Antes da implementação do sistema, foi utilizado o recurso da simulação de um software (PROTEUS, ORCAD ou MULTISIM) que forneça ferramentas necessárias para a verificação de possíveis erros que venham a ser cometidos antes da sua construção. Evitando prejuízos na compra de novos materiais.

Após as simulações, implementou-se o protótipo no laboratório da do curso de Engenharia Elétrica da Universidade, montou-se as placas solares utilizando o sistema automatizado, e com o uso de instrumentos de medição, coletar a tensão produzida.

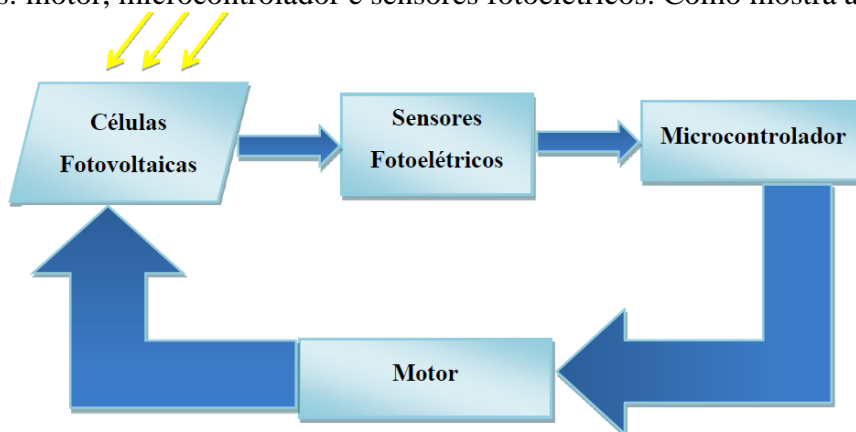
O mesmo foi feito fixando as placas solares ao solo, a fim de que se prove a relevância da utilização deste auxílio na geração de energia elétrica, mostrando também a sua eficiência.

### 3. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Serão descritos os processos de implementação das tecnologias supracitadas no capítulo anterior, para o desenvolvimento do projeto proposto.

#### 3.1. Projeto Proposto

Para o desenvolvimento do sistema automatizado proposto, são necessários os seguintes componentes: motor, microcontrolador e sensores fotoelétricos. Como mostra a figura 1.



**Figura 1** – Esquema em Bloco do Funcionamento do Projeto.

A Figura 1 mostra como será o funcionamento do sistema a ser implementado. Observando que a função do motor será movimentar as células fotovoltaicas. Estas serão acionadas conforme comando dado pelo microcontrolador. E para que se estabeleça uma comunicação entre o microcontrolador e as células fotovoltaicas, serão necessários os sensores fotoelétricos.

#### Células Fotovoltaicas

Com aquisição dos módulos fotovoltaicos, foi possível dar início às atividades para o desenvolvimento do projeto proposto, vide Figura 2.

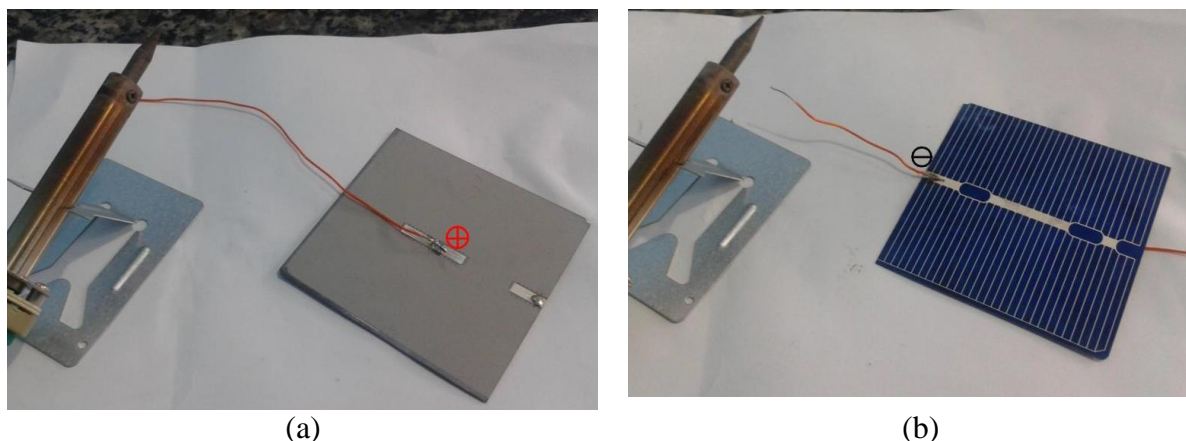


**Figura 2** – Esquema em Bloco do Funcionamento do Projeto.

Cada módulo fotovoltaico possui as seguintes características:

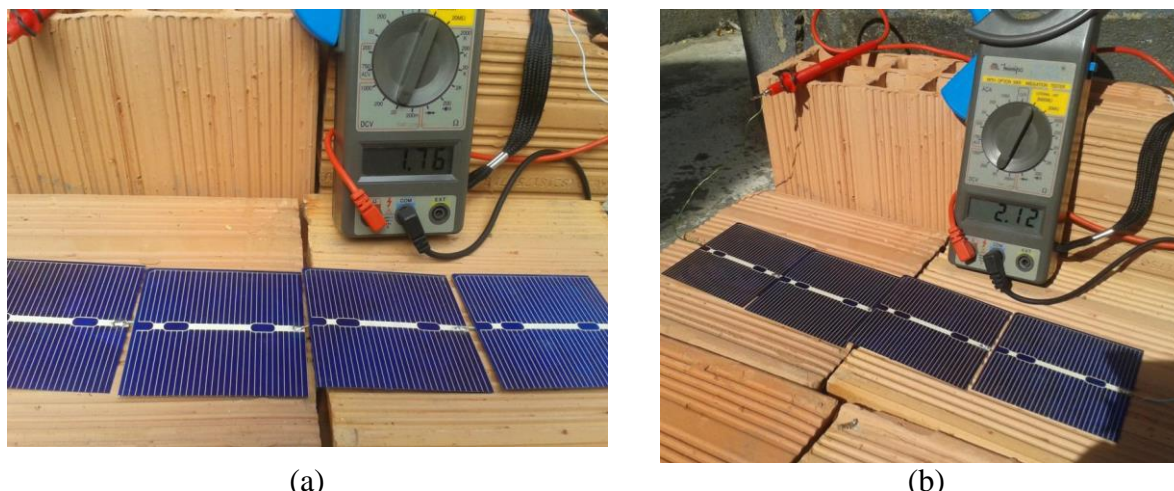
- Potência Média (Watts): 0,75 Wp;
- Corrente Média (Amps): 1,5 Imax;
- Tensão Média (Volts): 0,5 V.

Observando as características acima que cada módulo possui, foi necessária a junção dos mesmos em série e paralelo a fim de que se realize teste do sistema, conforme embasamento teórico realizado no capítulo sobre arranjo de células fotovoltaicas. Foi feito então a soldagem das placas, como mostram as figuras 3a e 3b.



**Figura 3** – Processo de Soldagem: (a) lado positivo; (b) lado negativo.

Conforme estudo bibliográfico realizado a respeito de arranjo de células, ou módulos fotovoltaicos, necessitou dispô-las em arranjo misto. Esses módulos fotovoltaicos dispostos em série apresentaram as seguintes características quando expostos ao sol: em tempo fechado 1.76 V e com tempo ensolarado 2.12 V, conforme apresentado nas Figuras 4a e 4b.



(a) (b)  
**Figura 4** – Comportamento Exposto a Radiação Solar: (a) tempo fechado; (b) tempo ensolarado.

Depois de o arranjo em série apresentar essas características, o mesmo foi feito com o arranjo em paralelo para se obter a corrente desejada

O ensaio com 3 módulos em paralelo apresentou uma corrente de no máximo 1,5 A.

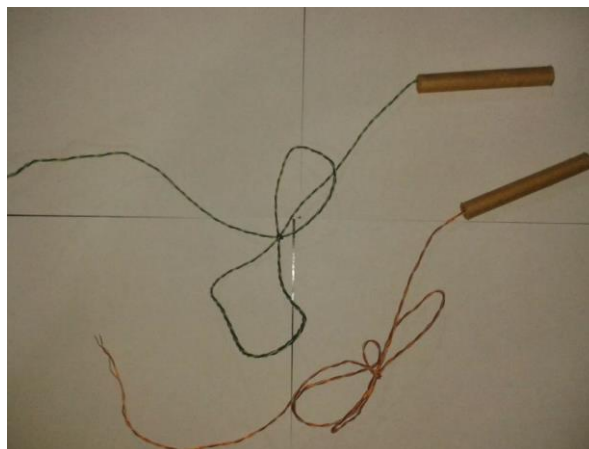
### Sensor Fotoelétrico

Para interpretação da intensidade dos raios solares pelo sistema, foram utilizados os sensores fotoelétricos. O sensor escolhido foi o LDR (Resistor dependente de Luz), por apresentar características favoráveis que atendem às necessidades do projeto e também pelo preço (Figura5). De acordo com Thomazini (2005), o sensor é o significado correto para definir dispositivos sensíveis a alguma forma de energia ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição e lumens.



**Figura 5** – Sensores Fotoelétricos – LDR.

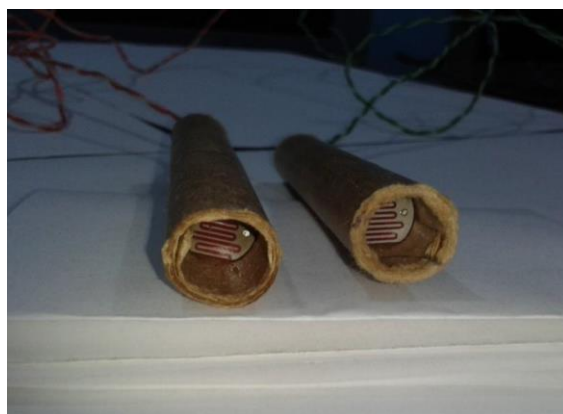
A Figura 6 demonstra como os sensores foram utilizados. Os dois LDRs tiveram que ser colocados dentro de um objeto que os envolvessem para que os mesmos não sofram nenhum tipo de interferência da luz solar indireta durante a leitura. Pois, lembrando, esses sensores fotoelétricos terão o papel de “ler”, somente, a luz direta dos raios solares.



**Figura 6** – Sensores Fotoelétricos Acoplados.

O material que envolve os sensores tem, cada um, 9,5cm de comprimento. Esse tamanho foi definido depois de vários experimentos (empirismo), para que se entrasse um tamanho ideal para os sensores.

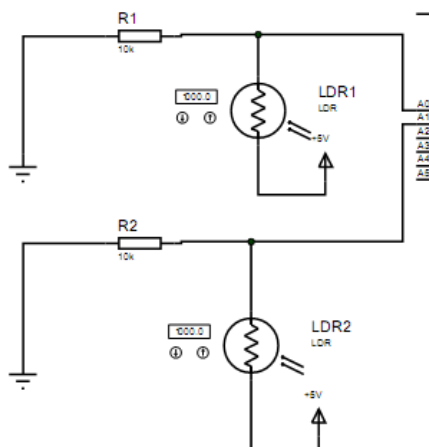
A figura 7, mostra como se encontram os sensores por dentro do material. Nota-se que o LDR tem certa distância da borda (exatamente 1,5cm), com o mesmo motivo explicado no parágrafo anterior.



**Figura 7** – Sensores Fotoelétricos no material– LDR.

Esses sensores serão fixados de tal forma que permaneça 4 cm do material acima do suporte que sustentará as placas.

O circuito equivalente que utiliza este dispositivo é apresentado na Figura 8. Basicamente é constituído de um resistor de 10k $\Omega$  e do próprio sensor LDR. Nota-se que neste circuito, um dos terminais do LDR está em comum com o resistor de 10k $\Omega$  e com a porta/entrada analógica da plataforma Arduino, a fim de que se obtenha a leitura do sensor fotoelétrico. O outro terminal do sensor é conectado a porta de 5V do Arduino, já o resistor de 10k, serve para proteção do circuito.



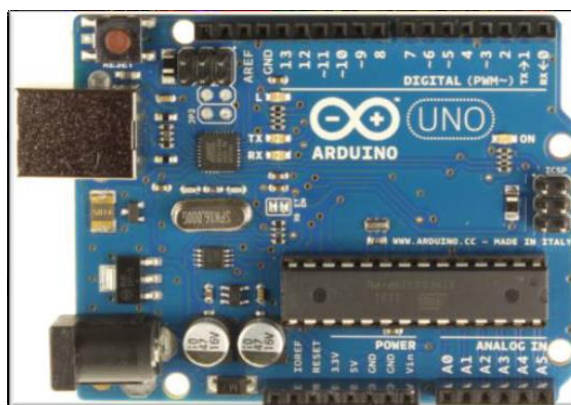
**Figura 8** – Circuito dos Sensores Fotoelétricos – LDR.

O Arduino interpreta a leitura da iluminação realizada pelo sensor fotoelétrico numa escala de 0 a 1023 lumens, e com uma programação estabelecida, poderá acionar o motor para irar o suporte até a posição correta de maior incidência solar.

### Microcontrolador

Ainda seguindo o fluxograma, apresentado na Figura 1, nos deparamos com o microcontrolador. Segundo Fonseca (2010), o Arduino é uma plataforma de composição física, formada por uma simples placa de Entrada/Saída microcontrolada e desenvolvida através de uma biblioteca que facilita a escrita da programação em C/C++.

O Arduino (Figura 9) possui o microcontrolador (Atmega328), e este é logicamente programável, utilizando uma linguagem própria baseada em C/C++, fazendo com que o Arduino interprete e execute determinadas funções, por etapas, conforme desejo do programador. Este ATmega328, segundo o fabricante, possui 32 KB de memória flash (onde é armazenado o software), além de 2 KB de SRAM (onde ficam as variáveis) e 1 KB de EEPROM (esta última pode ser lida e escrita a través da biblioteca EEPROM e guarda os dados permanentemente, mesmo que desliguemos a placa).



**Figura 9** – Circuito dos Sensores Fotoelétricos – LDR.

Este tem papel fundamental no sistema, pois estará encarregado de “traduzir” a informação recebida do LDR para então decidir o melhor momento ou estado em que se deve movimentar o suporte, através do motor.

As características desta plataforma Arduino UNO R3 utilizada são: microcontrolador: ATmega328, tensão de operação: 5V, tensão de entrada: 7-12V, pinos de entrada/saída (I/O) digitais: 14 (6 podem ser saídas PWM), pinos de entrada analógicas: 6 e velocidade de *clock*: 16 MHz.

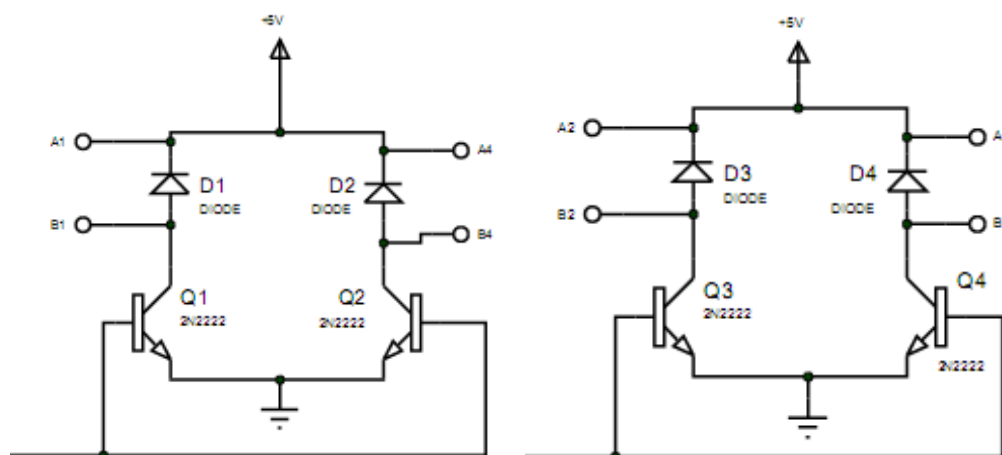
### Motor CC

E por último, o motor CC tem a finalidade de realizar o movimento do suporte onde ficarão as placas solares. Ele tem como características: tensão 12 V e corrente de, no mínimo, 10 A, vide Figura 10. Mas para este projeto, o motor deve ser acionado com uma corrente menor que a sugerida, para que o suporte não se movimente de forma brusca ultrapassando o ponto ideal de incidência.



**Figura 10** – Motor CC utilizado.

Para o acionamento do motor, foi construída e utilizada a ponte H com relé (Figura 11). Para a construção do circuito, utilizou-se 4 relés de 5 V, 4 transistores BC 548, e 4 diodos 1N4148. Alcançando desta forma o esperado.



**Figura 11** – Esquema Elétrico da Ponte H.



Pela robustez do motor e por ele ser de corrente contínua, o mesmo poderia ser utilizado para movimentar placas maiores e que sustentassem todo o sistema independente de fonte externa. Bastava estas placas serem capazes de alimentar tanto o sistema geral como, também, o motor de 12 V.

Antes da implementação do sistema, foi utilizado o recurso de simulação PROTEUS, pois, este, dentre tantos, atendia as necessidades do projeto.

Essa intensidade pode variar à medida que se muda a luminosidade dos sensores LDR1 e LDR2 do circuito, até que a diferença entre os dois seja maior que 4 e movimente o motor com a ajuda da ponte H com relé de 5V.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da implementação do projeto proposto, foram realizadas simulações com o software PROTEUS. Essas simulações foram importantes, pois dessa forma foi possível verificar o funcionamento do projeto e o comportamento da plataforma Arduino, com o andamento da execução da lógica de programação construída.

A programação foi realizada, compilada e gravada na plataforma com o software ARDUINO.

Nesta simulação foi adicionado o componente terminal virtual que tem a mesma função da comunicação serial que se estabelece entre o Arduino e o computador, quando rodamos o software de compilação.

Após rodar o circuito cria-se uma janela (*interface* gráfica), como a Figura 12, onde se fornece a intensidade solar dos sensores Leste e Oeste.

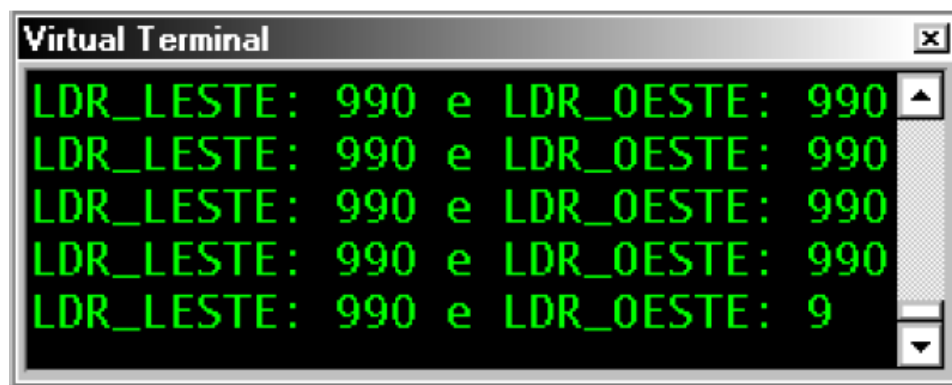


Figura 12 – Janela do Terminal Virtual.

#### 5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, o intuito da construção do presente projeto foi atingido, comprovando a hipótese no início citada. A utilização de um sistema automatizado com o propósito de melhorar a eficiência dos módulos fotovoltaicos, no que diz respeito à captação dos raios solares, tornou-se bastante útil, pois auxilia consumidores que usufruem desses módulos solares para geração de energia, uma vez que já não precisam recorrer a tabela de consulta de coordenadas solares.



Mesmo que o sistema tenha sido construído com apenas um eixo (Leste-Oeste), o mesmo não apresentou ineficiência na realização das medições, seguindo os critérios adotados em sua elaboração.

O principal diferencial encontrado após a elaboração deste sistema foi quanto a utilização de componentes de fácil acesso em sua construção, favorecendo o usuário na manutenção do sistema.

As paradas do sistema não provocam perdas significativas na irradiação coletada pelos sensores fotovoltaicos, para então serem passados ao microcontrolador.

Os ganhos na irradiação diária variaram de acordo com os valores de irradiância registrados. Em dias muito nublados, o ganho em energia do rastreador torna-se baixo, e em dias com céu limpo, o ganho torna-se máximo.

Espera-se que este trabalho sirva de base para a realização de projetos futuros e que estes busquem utilizar outros tipos de tecnologia que substituam, principalmente, o sensor fotoelétrico LDR, para que se aumente a precisão no rastreamento dos raios solares.

## 6. REFERENCIAS

- COMETTA, E. Energia Solar: utilização e emprego pratico. São Paulo: Hemus, 1982
- FONSECA, E. G. P.; BEPPU, M. M. Apostila Arduino. Niterói: UFF, 2010
- LEVITAN, D. The solar efficiency gap. IEEE Spectrum. Disponível em: <<http://spectrum.ieee.org/green-tech/solar/the-solar-efficiency-gap>>. Acesso em: 11 set. 2013.
- PERLOTTI, Edgar. et al. Proposta para inserção da Energia Solar fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. São Paulo: ABINEE, 2012. Relatório
- ROSEMBACK, R. H. Conversor CC-CC Bidirecional Buck-Boost Atuando como Controlador de Carga de Baterias em um Sistema Fotovoltaico. 2004. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2004.
- TESSARO, A. R.. Desempenho de um painel fotovoltaico acoplado a um rastreador solar. 2006. Dissertação (Mestrado de Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.
- THOMAZINI, D. Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicação. São Paulo: Érica. 2005

## TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF IRON WELDING USING MICROCONTROLLER PIC16F877A

**Abstract:** *This project has as objective to implement the of an automated system to increase capture efficiency solar photovoltaic panels to generate electricity, built with the Arduino platform, dc motor, photoelectric sensors, relays and photovoltaic panels. It begins with a brief introduction of the work to be constructed, then the theoretical explanations regarding the technologies that will be used in the project, continuing with the methodology, project*



*implementation and results. It ends with the conclusion, where we analyze the relevance of this construction project implemented and what is expected with the development of future work.*

***Key-words:*** *photovoltaic panels. Arduino. DC motor. photoelectric sensors*