



Etec Paulino Botelho

**Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico
em Eletrotécnica**

Ayrton Cesar Costa
Débora Carolina de Souza Navarro Pereira
Gustavo Henrique Otavian
Vagner dos Santos Oliveira

SMART TRACKER

SMART TRACKER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Paulino Botelho, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em eletrotécnica.

Orientador: Prof. Valter Cesar Govoni.

São Carlos
2023

Dedico este trabalho a todos os mestres
professores, incentivadores.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao Prof. Valter Cesar Govoni meu orientador e amigo de todas as horas, que acompanhou, todo o desenvolvimento, do projeto a ser apresentado.

À todos os professores que nos ajudou nesse período, em especial...

Ao Prof. Antônio Frederico Comin.

Ao Prof. Célio Escobar.

Ao Prof. Maurilio Vilas Boas.

COSTA, Ayrton. PEREIRA, Débora. OTAVIAN, Gustavo. OLIVEIRA, Vagner. **Smart Tracker** rastreador solar. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletrotécnica) – Etec Paulino Botelho, São Carlos, 2023.

RESUMO

Rastreador Solar é um dispositivo desenvolvido com o intuito de proporcionar uma melhor qualidade na captação da energia solar através de um exclusivo sistema de rastreamento via Sensores LDR.

Com a ascensão das energias renováveis e a busca por meios naturais de produção de energia limpa, a captação solar para conversão em eletricidade é um dos métodos que cresce cada vez mais na atualidade.

Palavras-chave: Rastreador. Captação solar. Energia limpa. Fotovoltaico. Energia solar. Aproveitamento energético.

COSTA, Ayrton. PEREIRA, Débora. OTAVIAN, Gustavo. OLIVEIRA, Vagner. **Smart tracker: Sun tracker.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletrotécnica) – Etec Paulino Botelho, São Carlos, 2023.

ABSTRACT

Tracker Solar is a device developed with the aim of providing better quality in capturing solar energy through an exclusive tracking system via LDR Sensors.

With the rise of renewable energies and the search for natural means of producing clean energy, solar capture for conversion into electricity is one of the methods that is growing more and more today.

Key-words: Tracker. Solar capture. Clean energy. Photovoltaic. Solar energy. Energy utilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho ilustrativo da posição solar considerando a melhor face do telhado para instalação de uma placa fotovoltaica.....	13
Figura 2 – Desenho ilustrativo características de uma placa solar e seu funcionamento.....	15
Figura 3 – Imagem de um rastreador solar passivo de 1 eixo.....	17
Figura 4 – Representação de um sistema rastreador ativo baseado em algoritmo, ou malha aberta, com movimento em dois eixos.....	18
Figura 5 – Diagrama, montagem dos motores.....	22
Figura 6 – Diagrama montagem dos sensores LDR.....	23
Figura 7 – Montagem dos sensores no suporte de MDF.....	23
Figura 8 – Montagem dos sensores, resistências e placa ARDUINO.....	24
Figura 9 – Montagem dos sensores, resistores na placa ARDUINO.....	24
Figura 10 – Preparação da placa solar.....	25
Figura 11 – Montagens finais no suporte MDF.....	25
Figura 12 – Primeiro teste dos sensores LDR.....	26
Figura 13 – Primeiro teste dos sensores LDR.....	26
Figura 14 – Montagem da base de alumínio.....	27
Figura 15 – Montagem do projeto na base.....	27
Figura 16 – Preparação para passagem do poste na base.....	28
Figura 17 – Montagem do poste.....	28
Figura 18 – Projeto pronto.....	29
Figura 19 – Último teste.....	29

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico – Comparativo Fixo e seguidor solar	22
---	----

LISTA DE TABELA

Tabela – Cronograma	30
Tabela de Preço	30

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
LDR	Lead Development Representative

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DESENVOLVIMENTO	14
2.1 Movimento Aparente do Sol.....	14
2.2 Conversão de Energia Solar em Elétrica.....	15
2.3 Método de Rastreamento Solar.....	16
2.4 Rastreadores Passivos.....	17
2.5 Rastreadores Ativos.....	18
2.6 Produtos utilizados no projeto.....	19
2.7 Programação no Arduino	19
3 GRÁFICO, FIGURAS E TABELA	22
3.1 GRÁFICO.....	22
3.2 FIGURAS.....	22
3.3 TABELA	30
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A energia solar é uma fonte de energia limpa e renovável, proporcionada em grande quantidade no nosso continente pela sua posição geográfica. O uso da energia fotovoltaica, com origem na luz solar está em crescimento, tendo em vista a economia financeira gerada ao usuário. Toda maneira de se reduzir custos de instalação ou na melhoria do rendimento de sistemas fotovoltaicos é bem-vinda para o usuário final. Neste projeto é prevista uma melhoria no pagamento do sistema de captação fotovoltaica, utilizando um sistema de orientação da placa que capta os raios solares por meio de um rastreador solar. A direção do painel solar tem uma grande importância na captação de energia, de modo que utilizar a direção do painel solar correta pode fazer com que seu projeto de energia solar custe menos recursos e tempo para ser finalizado, além de aumentar a eficiência do painel solar.

O objetivo do presente estudo é o desenvolvimento de uma forma de aumento no rendimento da geração ao articular a placa solar através do sistema SMART TRACKER. A placa solar vai se manter perpendicular aos raios solares que incidem no globo terrestre durante a maior parte do dia, enquanto estiver exposta ao sol, podendo proporcionar o aumento no rendimento.

2. DESENVOLVIMENTO

O sol é uma fonte de energia sustentável, limpa e gratuita, de forma abundante na terra. Mesmo levando-se em conta a variação climática, a energia solar média recebida apenas pelos continentes chega a 23,9 GW. Se tornando a segunda maior fonte de energia do país. Em comparação, uma usina nuclear padrão produz 1 GW. Conforme a dica do site: PORTAL SOLAR, tem a melhor inclinação e posição da placa solar:

“No Brasil, devido a sua posição privilegiada em relação ao Sol, é melhor o sistema fotovoltaico ter um grau de Inclinação menor do que o da Latitude do que maior. Ex: se a sua propriedade se encontra em São Paulo (Latitude aproximada de 23°), a sua casa possui dois telhados com face norte: o Primeiro é bem inclinado, com uma inclinação aproximada de 32°. O segundo Telhado é mais plano, com uma inclinação de aproximadamente 10°. Se você tiver que escolher entre os dois, o com a inclinação menor do que a latitude deve gerar mais energia.”

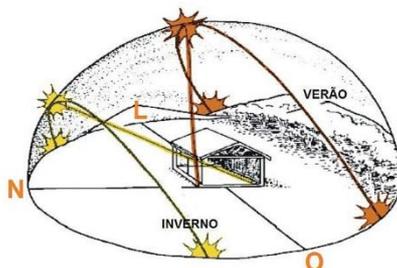


Figura 1 - Desenho ilustrativo da posição solar considerando a melhor face do telhado para instalação de uma placa fotovoltaica. Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>

2.1 Movimento aparente do sol

A incidência solar muda ao longo das horas, dos dias, pois existem movimentos de rotação que a terra faz em seu próprio eixo e movimento de translação que a terra faz ao redor do sol. Estes dois movimentos fazem com que a posição do sol seja única em cada instante do dia com variações de posição ao longo do ano.

É importante definir a posição do sol, sendo indispensável e importante para a conversão de luz solar em energia elétrica. Para qualquer sistema

de rastreamento solar ser capaz de determinar através de sensores a posição precisa do sol. Dependente da época do ano, a partir da posição de um SMART TRACKER, considerando apenas o movimento de rotação da terra, é esperado a máxima incidência solar e, portanto, maior conversão fotoelétrica, quando o sol estiver perpendicularmente sobre a placa, porém durante, amanhecer e entardecer respectivamente a incidência solar sobre a terra é muito inferior.

O movimento de translação por sua vez é responsável por uma maior incidência do sol no verão e conseqüentemente menor incidência solar no inverno, alternadamente em cada um dos hemisférios da terra. Os limites de incidência ortogonal no verão de cada hemisfério determinam linhas imaginárias sobre a terra chamadas de trópico de câncer e trópico de capricórnio.

Esta observação é importante pois a variação da incidência solar não ocorre apenas ao longo do dia durante o nascer e pôr do sol, mas também ao longo do ano com o decorrer das estações e a posição do sol mudando constantemente, incidindo mais ao norte em parte do ano e mais ao sul em outra parte do ano.

Para sistemas de rastreamento solar, é possível estabelecer dois modos de operação: Loop aberto e Loop fechado.

O modo loop aberto utiliza de algoritmos computacionais para determinar a posição do vetor solar e desta forma movimentar o dispositivo de conversão fotoelétrica.

Loop fechado utiliza sensores fotossensíveis para orientar o sistema. Sendo esse utilizado nesse projeto.

2.2 Conversão de energia solar em elétrica

Basicamente existem dois tipos, (isolados da rede elétrica e conectados à rede elétrica), conhecidos como off-grid e grid-tie. O principal componente empregado na conversão de energia solar em elétrica é o painel fotoelétrico, porém não é o único. Em um Sistema completo de energia fotoelétrica, ainda é empregado componentes como conversores de tensão CC em CA, transformadores para adequação da voltagem produzida com a demanda dos equipamentos desta rede e por fim, acumuladores, que são baterias, onde a energia

pode ser armazenada para ser usada nos períodos onde a transformação solar/elétrica é insuficiente ou inexistente, à noite por exemplo.

O funcionamento da placa elétrica ocorre quando os fótons contidos na luz solar são direcionados para a célula fotoelétrica. Esta célula é fabricada com materiais semicondutores que quando recebem os fótons, deslocam seus elétrons produzindo eletricidade. O semicondutor mais utilizado é o silício. “Suas propriedades são intermediárias entre as do carbono e o germânio. Na forma cristalina é muito duro e pouco solúvel, apresentando um brilho metálico e uma coloração acinzentado. É um elemento relativamente inerte e resistente à ação da maioria dos ácidos; reage com os halogênios e álcalis. O silício transmite mais de 95% dos comprimentos de onda das radiações infravermelhas.”

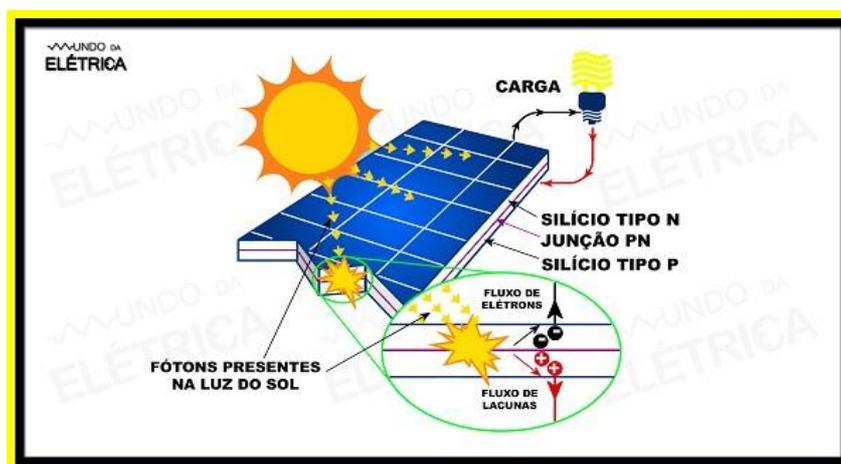


Figura 2 - Desenho ilustrativo características de uma placa solar e seu funcionamento. Disponível em <https://www.mundodaeletrica.com.br/placas-fotovoltaicas-caracteristicas-funcionamento/>

2.3 Métodos de rastreamento solar

Em geral, os painéis fotovoltaicos em ambientes urbanos, são montados de maneira fixa sobre telhados, sem mecanismos de adequação de posição. Uma vez montados, permanecerão em sua posição pelo restante de sua vida útil.

Quando se faz a opção por algum método de movimentação do painel fotovoltaico, geralmente com o emprego de algum tipo de rastreador, em geral é com a intenção de se buscar um melhor rendimento na geração de energia. Componentes eletrônicos utilizados no projeto:

Micro controlador. Micro controladores são dispositivos eletrônicos

que recebem sinais elétricos de entrada, onde processam estes sinais através de um programa interno feito pelo desenvolvedor e retornam um sinal de saída que será usado para atuar em algum outro componente. O processamento do sinal de entrada e o sinal de saída serão resultados do programa inserido no micro controlador por seu programador. Tal programa é único e deve atender ao objetivo inicial estabelecido para aquele micro controlador.

Motor de passo. Motor de passo é um motor elétrico que tem capacidade de converter um sinal de entrada em um deslocamento angular com extrema precisão. Cada atuação produzirá um giro conhecido e múltiplo de 01 passo.

Desta forma, é necessário um circuito de controle para controlar o pulso elétrico que comandam seu funcionamento. Cada pulso recebido por esse circuito de controle produzirá um ângulo de 1,8 graus. Já sua velocidade é determinada pela frequência com que esses pulsos serão fornecidos pelo circuito.

Sua importância será de movimentar a placa solar sobre os suportes articulados, seguindo comandos elétricos que provém do micro controlador. Uma vez que é esperado um deslocamento lento da placa ao longo do dia. O fato de produzir um deslocamento angular constante e controlado será mais relevante que o desenvolvimento de velocidades constantes.

Portanto os rastreadores devem possuir uma ou mais das características abaixo:

- movimentação em uma ou duas direções;
- sensor de intensidade luminosa, ou orientação em relação ao Sol;
- autonomia energética ou fonte auxiliar de abastecimento;
- movimentação conforme a intensidade luminosa ou com passos pré-selecionados;
- rastreamento contínuo ou intermitente;

Os rastreadores se dividem, basicamente, em dois grupos, os passivos e ativos.

2.4 Rastreadores passivos

São dispositivos que conduzem o modulo fotovoltaico como seguidor solar.

Nos seguidores mecânicos, usualmente seu movimento ocorre em função da variação de temperatura em um fluido (em geral um líquido tipo Fréon) que tem seu ganho mecânico obtido em sua expansão/contração transformado em movimento (normalmente é um sistema de movimento em apenas um eixo).

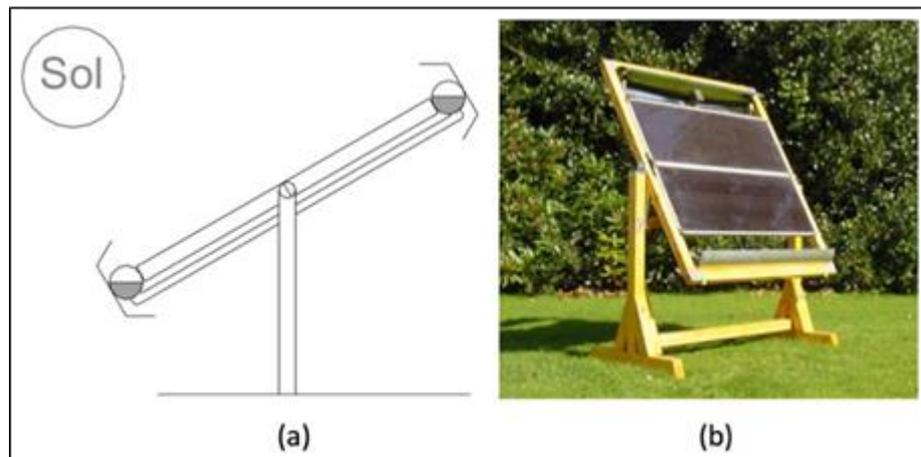


Figura 3 - Imagem de um rastreador solar passivo de 1 eixo

2.5 Rastreadores ativos

Sistemas de rastreamento ativo são normalmente baseados em eletrônica embarcada em virtude de dois princípios fundamentais que regem sua movimentação: rastreamento microprocessado e por sensoriamento eletro-óptico.

Alguns autores também tratam esses princípios como sistemas de malha aberta e sistemas de malha fechada (LEE, 2019; Apud FREITAS, 2018). Freitas (2018) resume o seu estudo da seguinte forma:

(...) O sistema com rastreador mostrou uma produção de energia de 24,52% maior do que o painel fixo no período de maior radiação solar. Observou-se que a produção de energia do painel com sistema de rastreamento é maior durante períodos de ângulo de elevação inferior em relação ao horizonte. (FREITAS, p.8, 2018).

Os sistemas microprocessados baseiam-se em ordens e algoritmos previamente estabelecidos (seja por cálculos matemáticos de estudos astronômicos ou sistemas de orientação geográfica como GPS, acelerômetros, magnetômetros, giroscópios) e não se modificam depois da implementação do algoritmo na unidade controladora (PRINSLOO; DOBSON, 2015). Geralmente esses sistemas utilizam um

passo predeterminado no tempo, ou seja, num intervalo de “x” minutos o sistema se movimenta uma angulação “y” num dado sentido. Estes sistemas baseados em cálculos são considerados sistemas de malha aberta em virtude de seu controle ser matemático sem referências externas monitoradas.

O movimento da placa fotovoltaica não será afetado por fatores externos tais como a nebulosidade. O sistema baseia-se na informação geográfica aliada à data e calcula, utilizando algoritmos de alta complexidade, a posição aparente do Sol para cada dia do ano naquela região. Os detectores estão sempre apontando para o Sol, mesmo que aquele não seja um ponto de iluminação máxima.

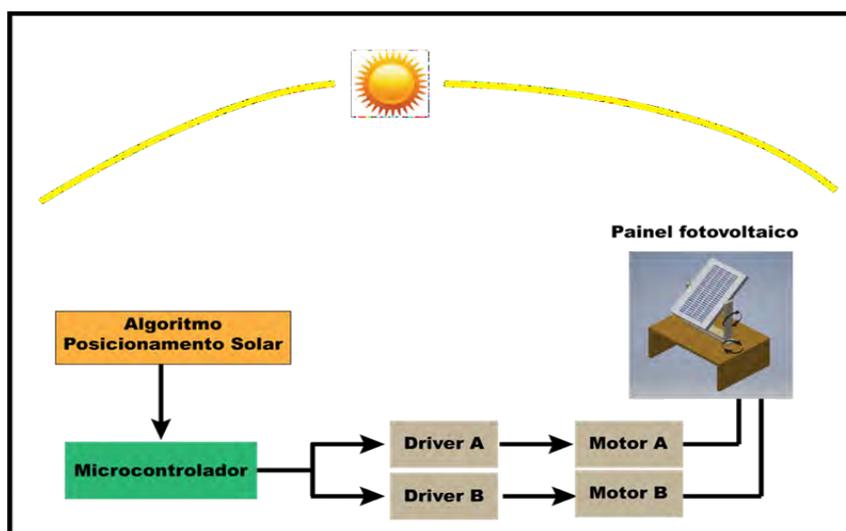


Figura 4 – Representação de um sistema rastreador ativo baseado em algoritmo, ou malha aberta, com movimento em dois eixos.

2.6 Produtos Utilizados no Projeto

- 1 Placa Uno SMD + Cabo USB para Arduino;
- 1 Mini Painel Solar Fotovoltaico 12V 125mA;
- 1 Estrutura em MDF para Rastreador Solar;
- 2 Micro Servo Motor 9g SG90 180°;
- 1 Extensor de Portas com Jack P4;
- 4 LDR Sensor de Luminosidade 5mm;
- 5 Parafuso Philips M3 x 10mm metálico;
- 6 Jumper Premium para Protoboard Macho-Fêmea 20 cm;
- 2 Jumper Premium para Protoboard Macho-Macho 20 cm;
- 4 Jumper Premium para Protoboard Macho-Macho 30 cm;

- 2 Jumper Premium para Protoboard Fêmea-Fêmea 30 cm;
- 1 Fonte de Alimentação Chaveada 5VDC 1A ;
- 1 Poste feito com material de cobre, tubo ¼' ;
- Led para simular lâmpada do poste.

2.7 Programação no Arduino

```

1 #include <Servo.h>      // Inclui a Biblioteca
2
3 Servo Horizontal;      // Inicia o Servo da Horizontal
4 Servo Vertical;       // Inicia o Servo da Vertical
5
6 int ServoHorizontal = 90; // Estabelece valor fixo à ServoHorizontal
7 int ServoVertical = 90;  // Estabelece valor fixo à ServoVertical
8
9 int LimiteServoHorizontalMax = 180; // Estabelece os limites de rotação
10 int LimiteServoHorizontalMin = 65; // Estabelece os limites de rotação
11
12 int LimiteServoVerticalMax = 120; // Estabelece os limites de rotação
13 int LimiteServoVerticalMin = 15;  // Estabelece os limites de rotação
14
15 int LDRDC = A0;        // Inicia LDRDC no pino A0
16 int LDRDB = A1;        // Inicia LDRDB no pino A1
17 int LDREC = A2;        // Inicia LDREC no pino A2
18 int LDREB = A3;        // Inicia LDREB no pino A3
19
20 void setup() {
21   Horizontal.attach(3); // Inicia servo Horizontal na porta D3
22   Vertical.attach(5);  // Inicia servo Vertical na porta D5
23
24   Horizontal.write(180); // Inicia servo Horizontal na posição 180
25   Vertical.write(45);   // Inicia servo Horizontal na posição 45
26   delay(3000);         // Aguarda 3 segundos
27 }

```

```

28
29 void loop() {
30  int LDC = analogRead(LDRDC);    // Leitura Analógica do LDR Direita Cima
31  int LEC = analogRead(LDREC);    // Leitura Analógica do LDR Esquerda Cima
32  int LDB = analogRead(LDRDB);    // Leitura Analógica do LDR Direita Baixo
33  int LEB = analogRead(LDREB);    // Leitura Analógica do LDR Esquerda Baixo
34
35  int tol = 50;
36
37  int ValorSup = (LDC + LEC) / 2;  // Média da leitura dos LDR superior
38  int ValorInf = (LDB + LEB) / 2; // Média da leitura dos LDR inferior
39  int ValorDir = (LDC + LDB) / 2; // Média da leitura dos LDR da direita
40  int ValorEsq = (LEC + LEB) / 2; // Média da leitura dos LDR da esquerda
41
42  int DifSupInf = ValorSup - ValorInf; // Diferença entre LED superior e inferior
43  int DifDirEsq = ValorDir - ValorEsq; // Diferença entre LED direita e esquerda
44
45  /*-----*/
46
47  // Realiza a leitura e executa os movimentos referente ao Servo Vertical
48  if (-1 * tol > DifSupInf || DifSupInf > tol) {
49    if (ValorSup > ValorInf) {
50      ServoVertical = ++ServoVertical;
51      if (ServoVertical > LimiteServoVerticalMax) {
52        ServoVertical = LimiteServoVerticalMax;
53      }
54    }
55    else if (ValorSup < ValorInf) {
56      ServoVertical = --ServoVertical;
57      if (ServoVertical < LimiteServoVerticalMin) {
58        ServoVertical = LimiteServoVerticalMin;
59      }
60    }
61    Vertical.write(ServoVertical);

```

```
62 }
63
64 // Realiza a leitura e executa os movimentos referente ao Servo Horizontal
65 if (-1 * tol > DifDirEsq || DifDirEsq > tol) {
66   if (ValorDir > ValorEsq) {
67     ServoHorizontal = --ServoHorizontal;
68     if (ServoHorizontal < LimiteServoHorizontalMin) {
69       ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMin;
70     }
71   }
72   else if (ValorDir < ValorEsq) {
73     ServoHorizontal = ++ServoHorizontal;
74     if (ServoHorizontal > LimiteServoHorizontalMax) {
75       ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMax;
76     }
77   }
78   else if (ValorDir = ValorEsq) {
79   }
80   Horizontal.write(ServoHorizontal);
81 }
82
83 delay(100); // Aguarda 0,1 segundo
84 }
```

3 GRÁFICOS, IMAGENS E TABELAS

3.1 EXEMPLO DE GRÁFICO

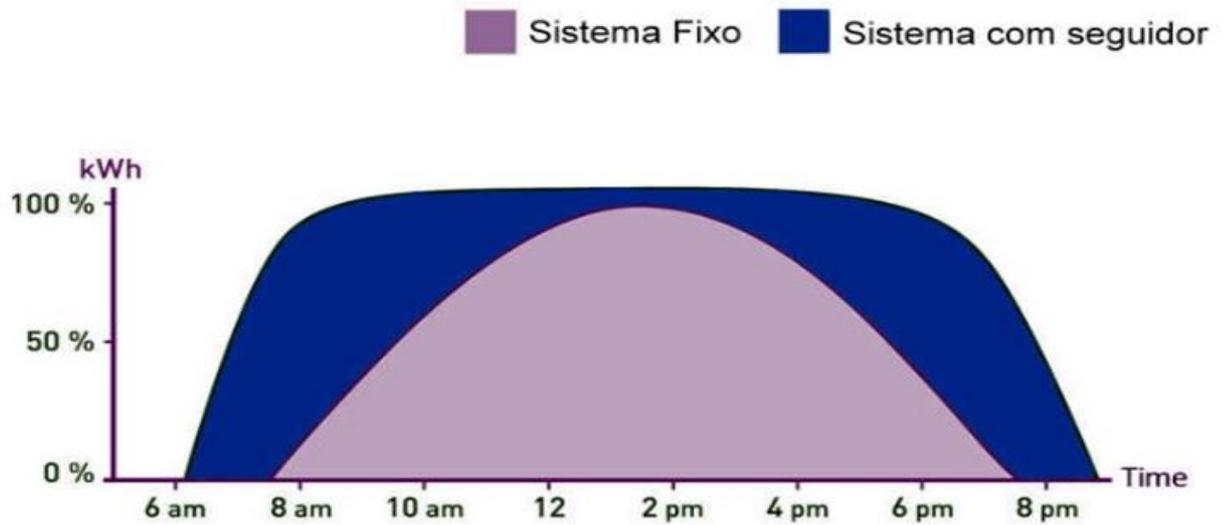


Gráfico 1- comparativo entre sistema solar fixo e com seguidor solar (Fonte: Portal-energia) disponível em <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-do-sistema-seguidor-solar-fotovoltaico/>.

3.2 FIGURAS

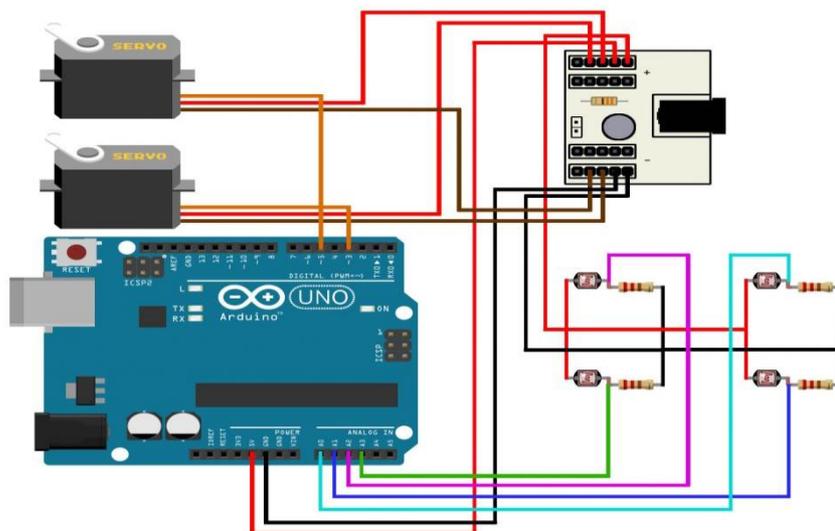


Figura 5 – Diagrama, montagem dos motores

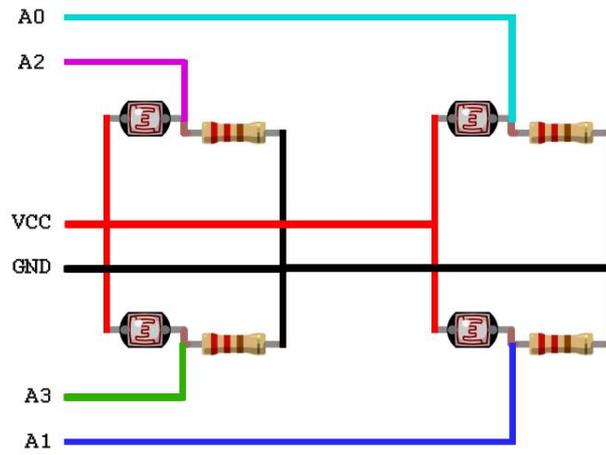


Figura 6 – Diagrama montagem dos sensores LDR

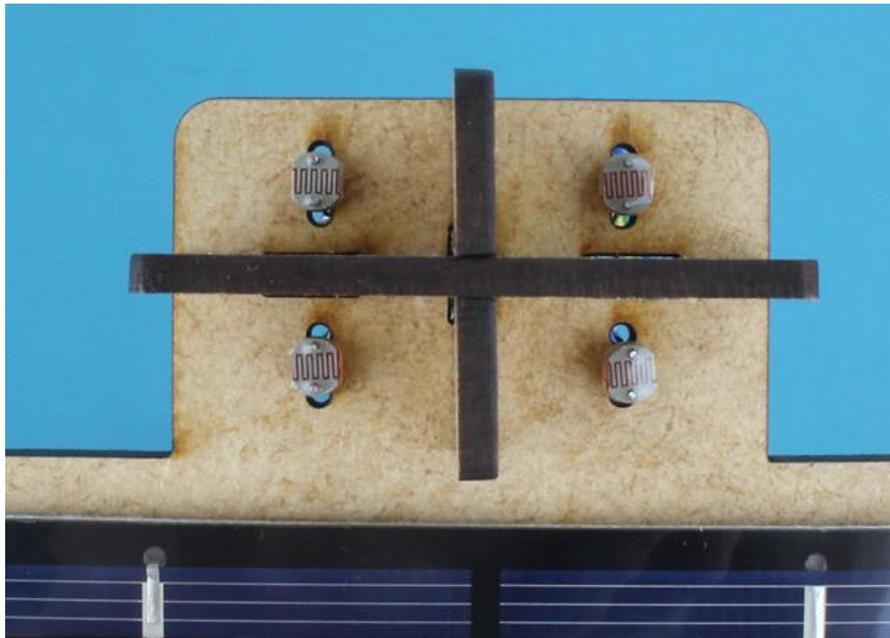


Figura 7 –Montagem dos sensores no suporte de MDF

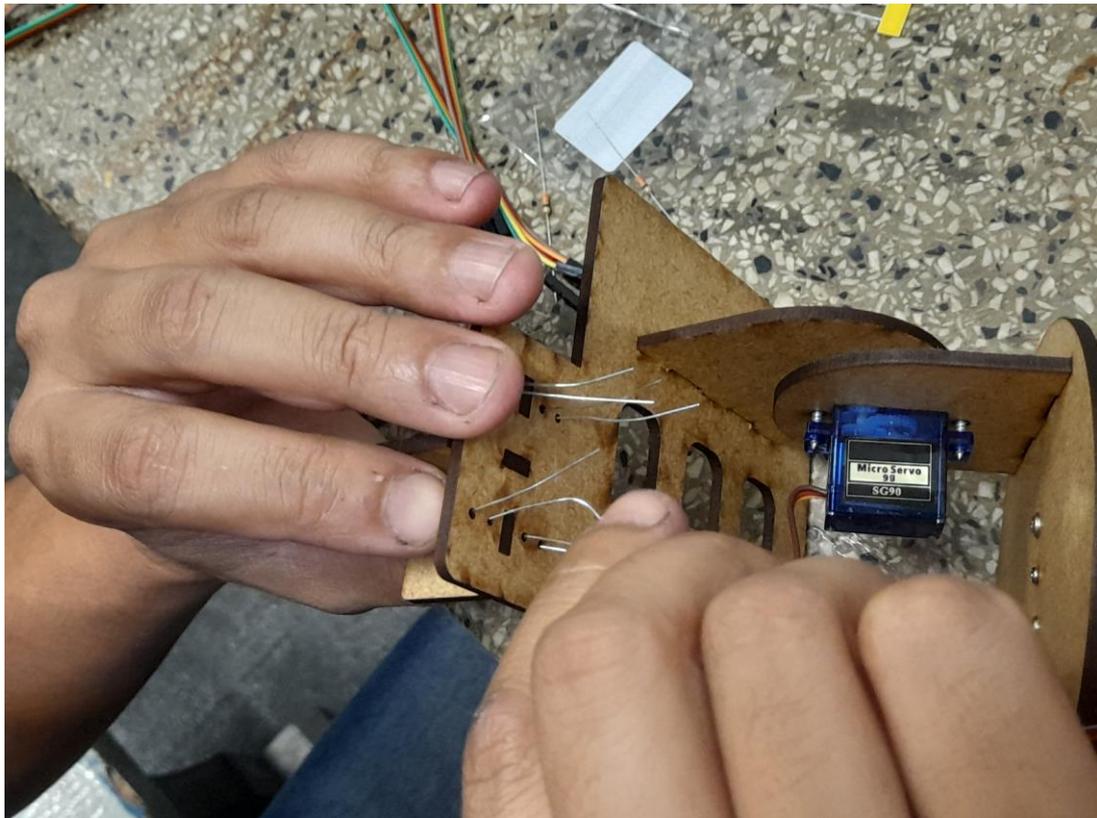


Figura 8 –Montagem dos sensores, resistências e placa ARDUINO

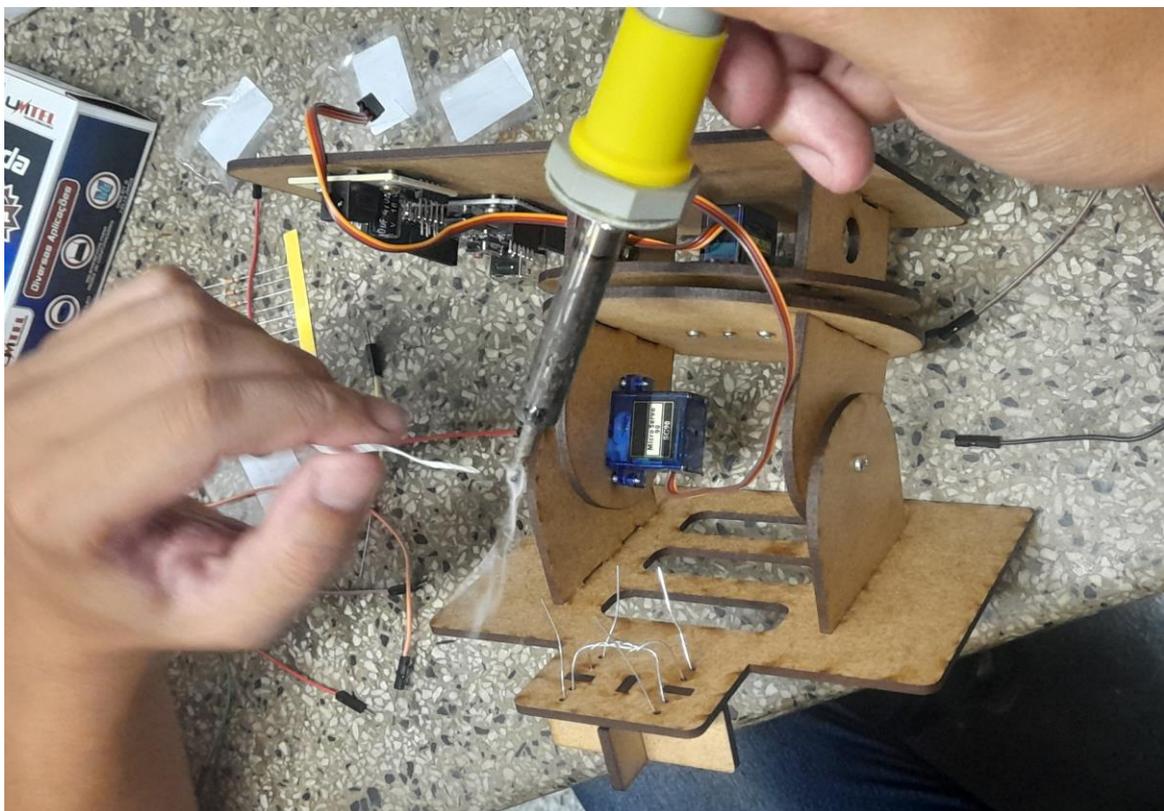


Figura 9 –Montagem dos sensores, resistores na placa ARDUINO

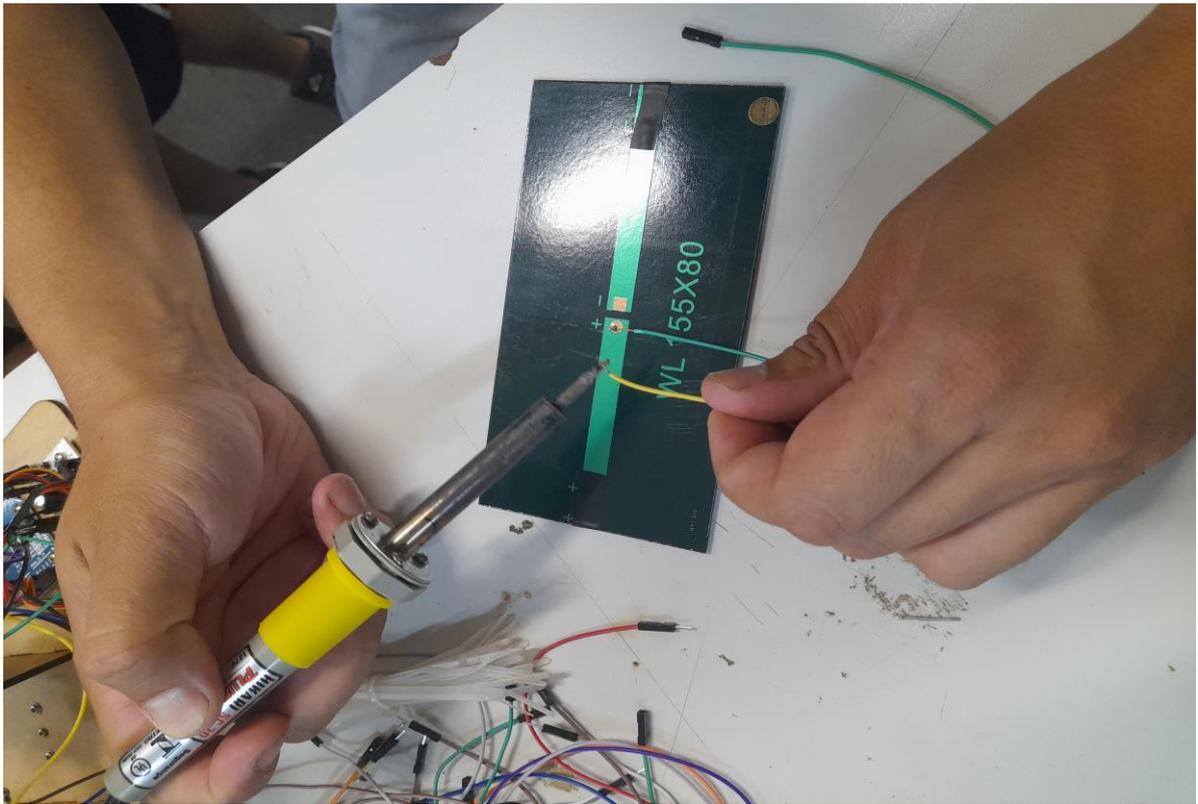


Figura 10 – Preparação da placa solar

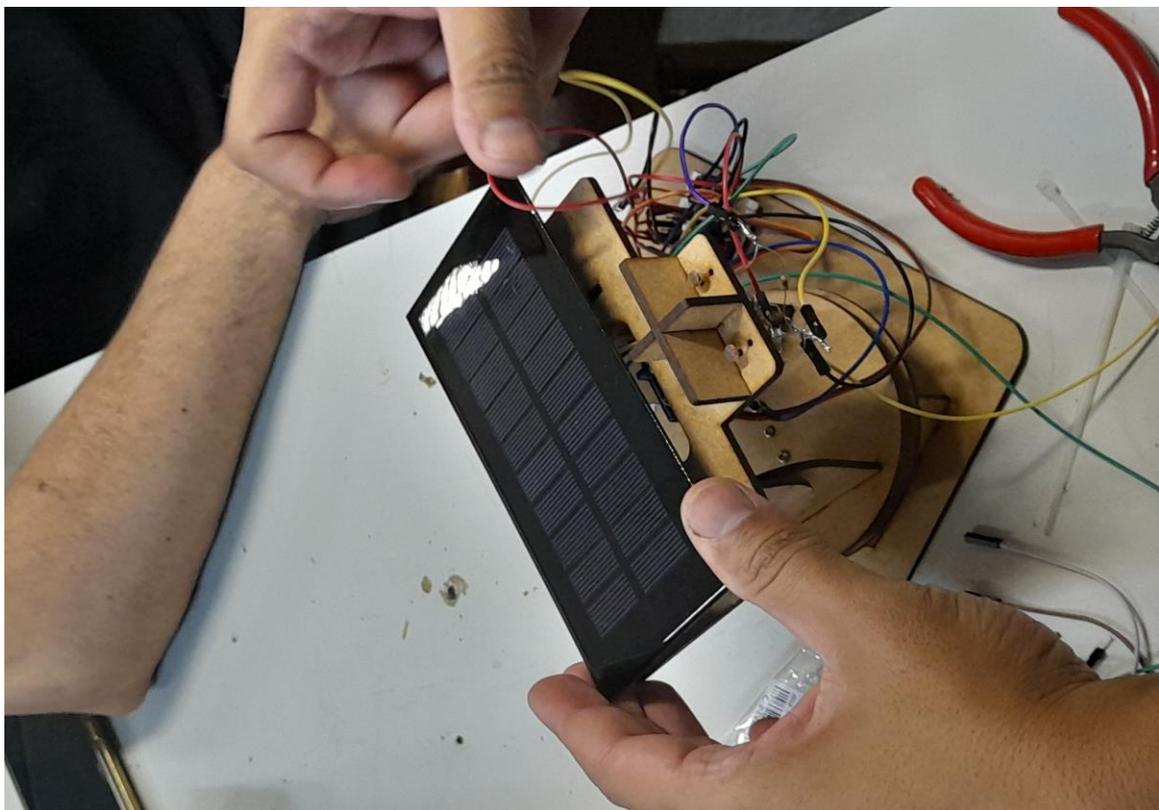


Figura 11 – Montagens finais no suporte MDF

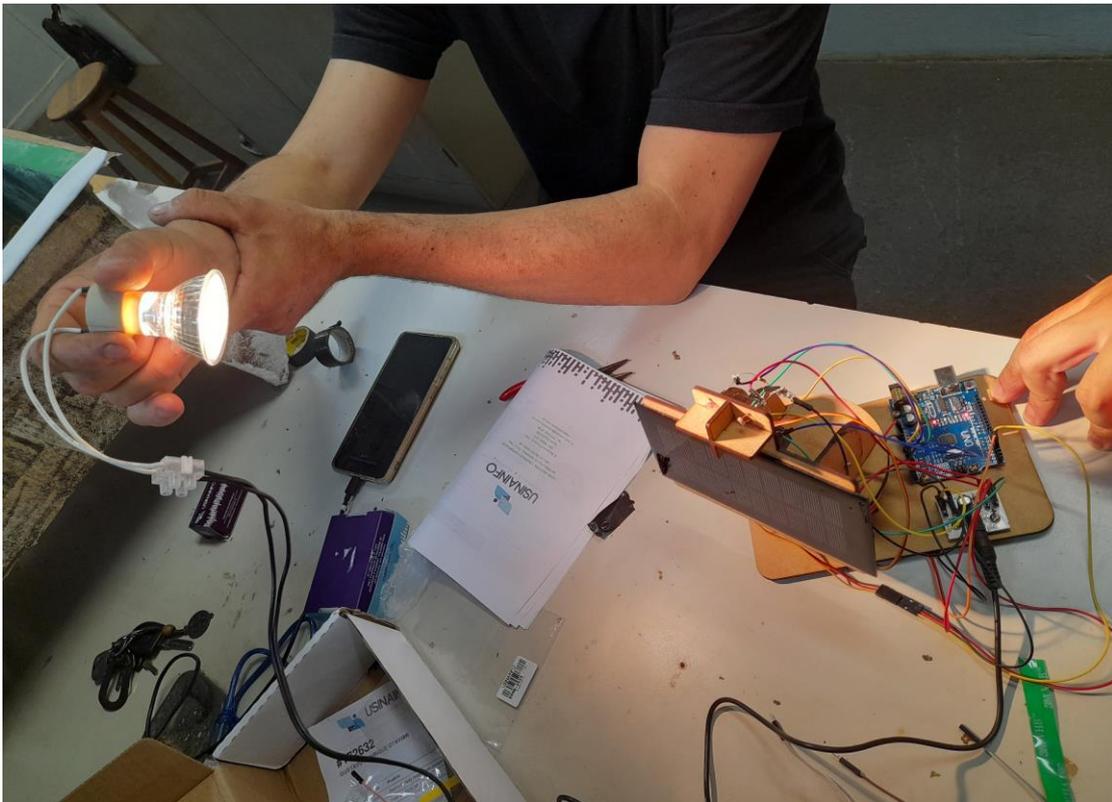


Figura 12 – Primeiro teste dos sensores LDR

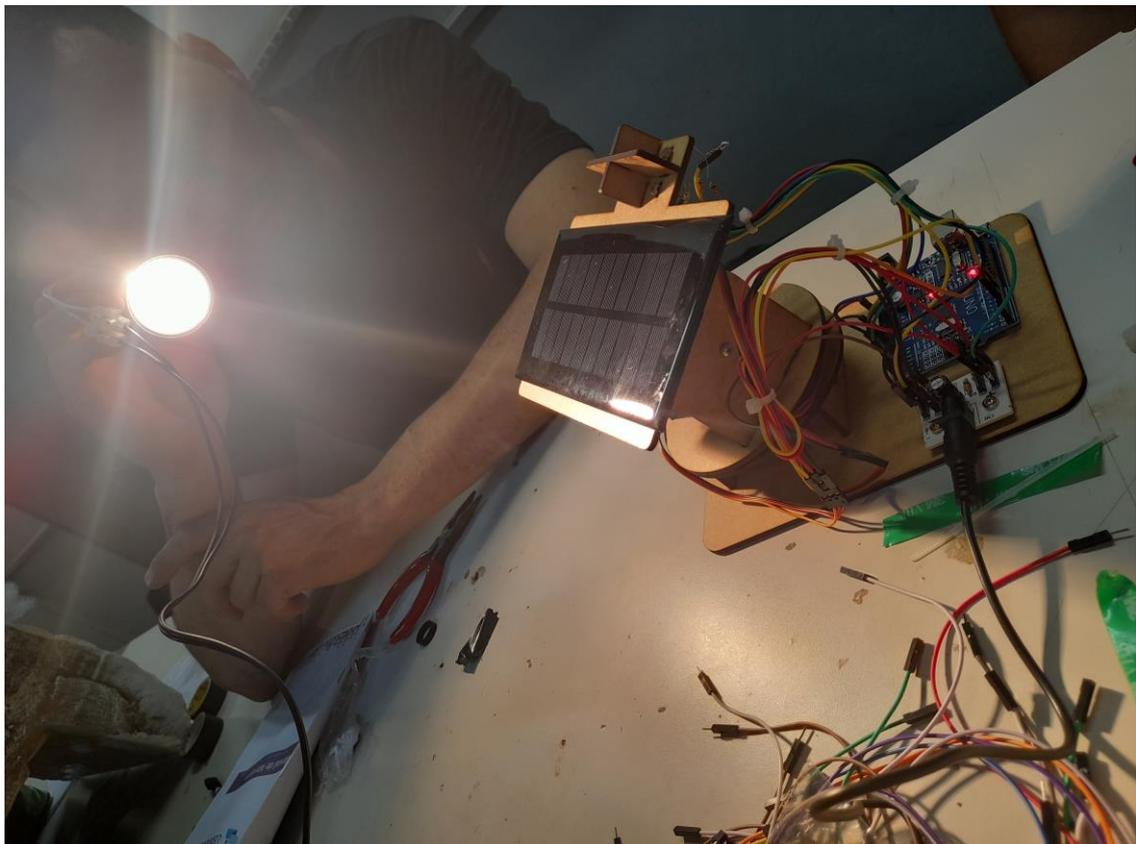


Figura 13 – Primeiro teste dos sensores LDR

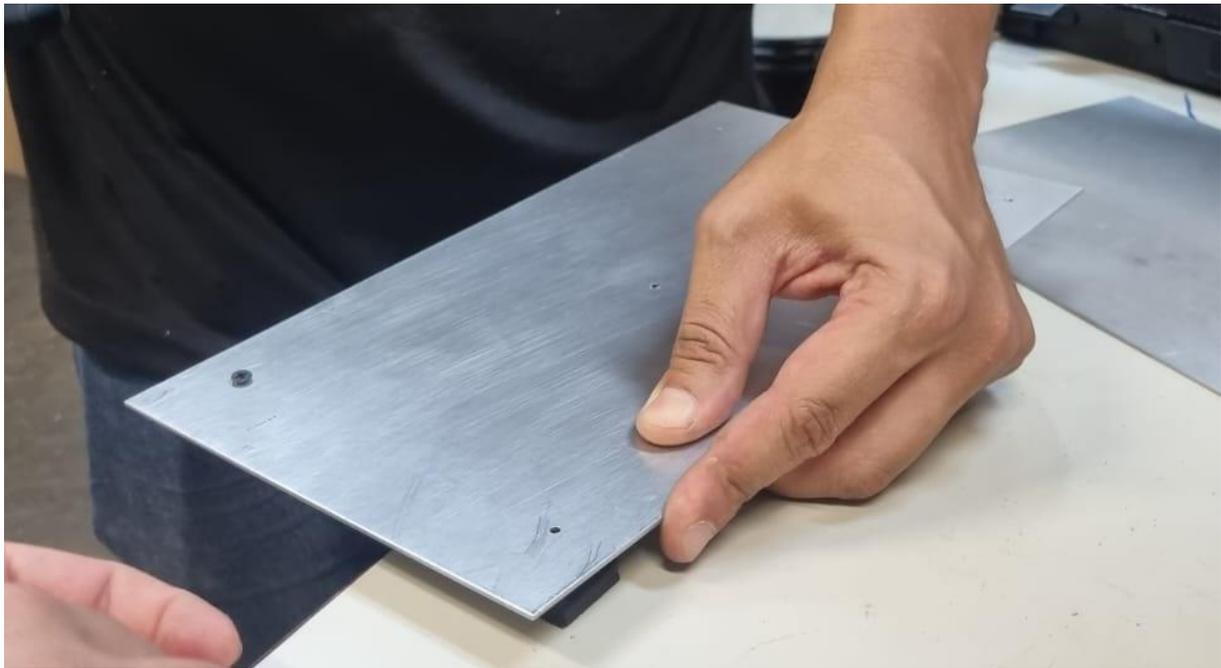


Figura 14 –Montagem da base de alumínio

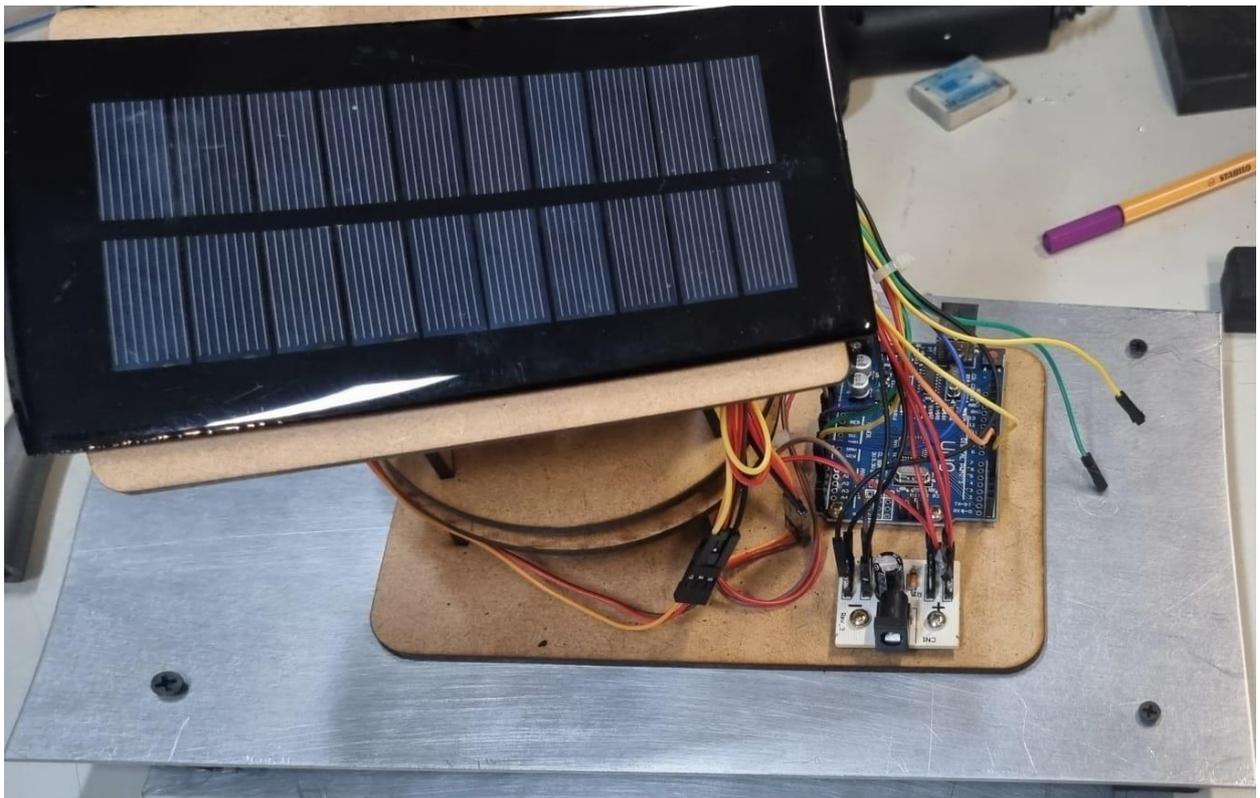


Figura 15 –Montagem do projeto na base

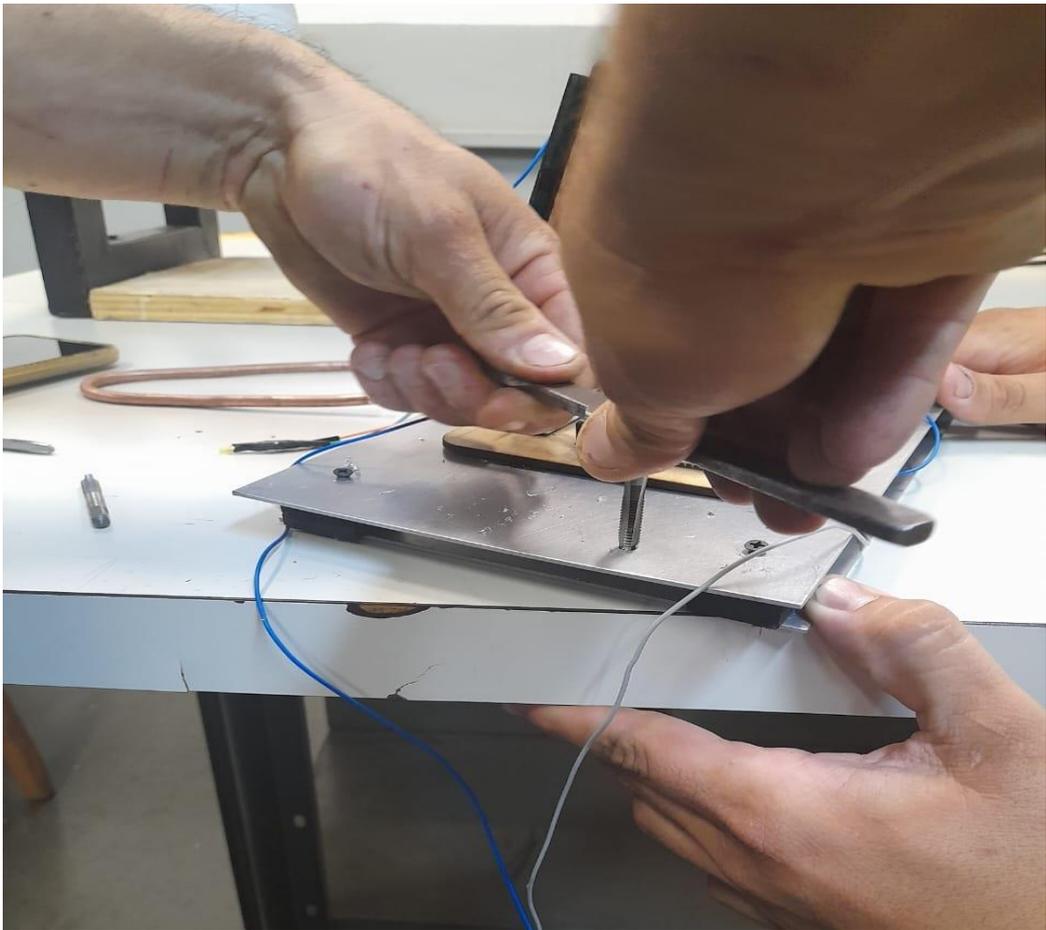


Figura 16 – Preparação para passagem do poste na base

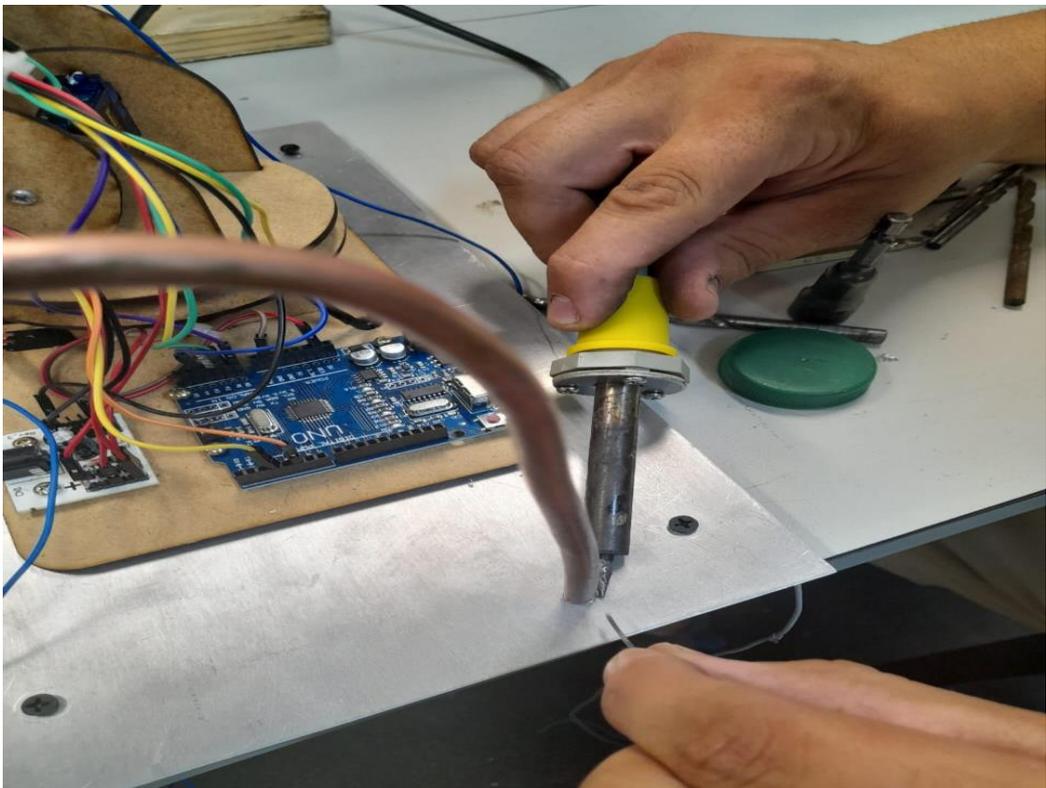


Figura 17 –Montagem do poste

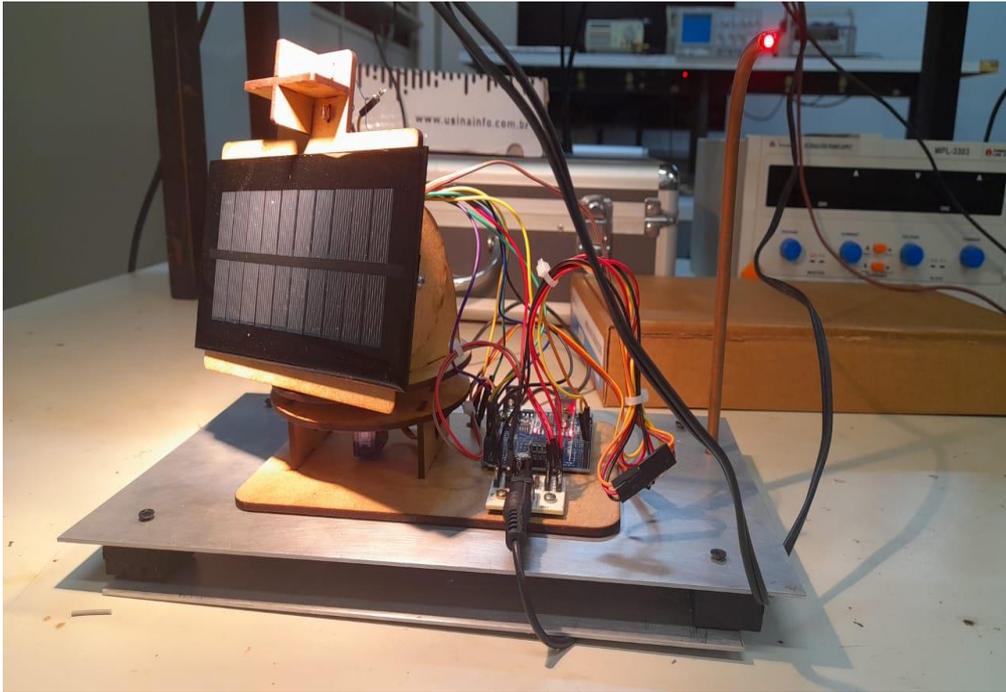


Figura.18 Projeto pronto

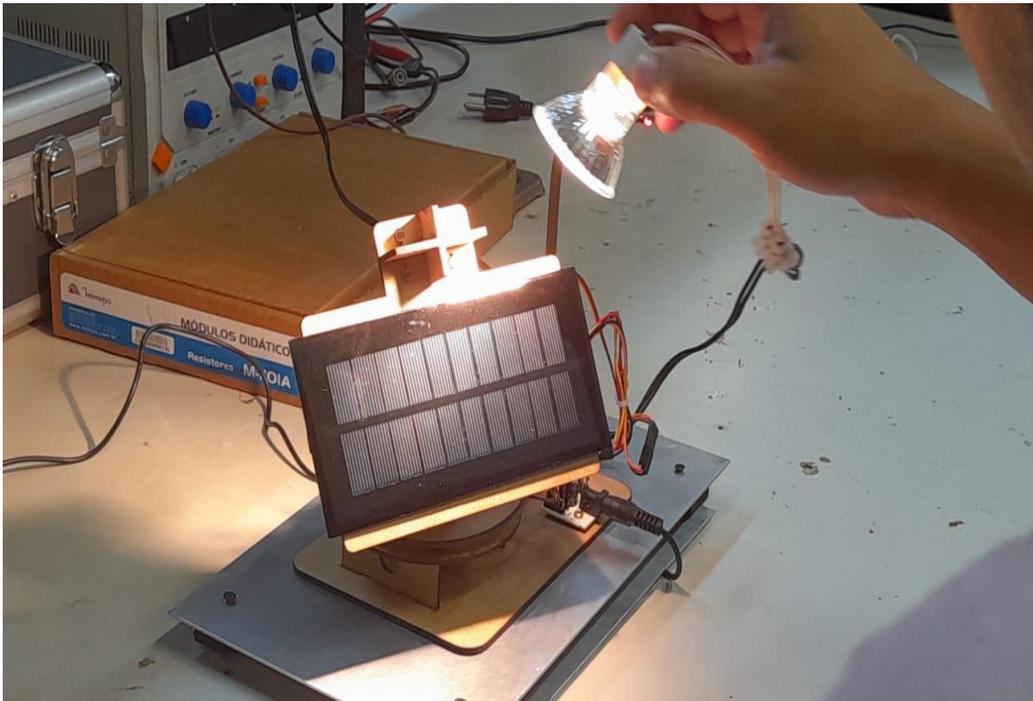


Figura.19 Último teste

3.3 TABELA

CRONOGRAMA DO PROJETO

Datas	Programação
Março	Definição dos participantes
Abril	Explosão de ideias e opiniões
Maio	Definição do tema proposto
Junho	Pesquisas e estudos sobre o projeto
Julho	Levantamento de material a ser utilizado
Agosto	Separação das subpartes do projeto
Setembro	Compra do material a ser utilizado
Outubro	Montagem do projeto
Novembro	Finalização
Dezembro	Apresentação

TABELA DE CUSTOS

PRODUTO	VALOR
Placa Uno SMD + Cabo USB para Arduino	R\$ 56,91
Mini Painel Solar Fotovoltaico 12V 125mA	R\$ 35,91
Estrutura em MDF para Rastreador Solar	R\$ 25,84
Micro Servo Motor 9g SG90 180°	R\$ 22,06
Extensor de Portas com Jack P4	R\$ 2,00
LDR Sensor de Luminosidade 5mm	R\$ 2,40
Parafuso Philips M3 x 10mm metálico	R\$ 9,45
Jumper Premium para Protoboard Macho-Fêmea 20 cm	R\$ 50,76
Jumper Premium para Protoboard Macho-Macho 20 cm	R\$ 16,92
Jumper Premium para Protoboard Macho-Macho 30 cm	R\$ 60,44
Jumper Premium para Protoboard Fêmea-Fêmea 30 cm	R\$ 25,98
Fonte de Alimentação Chaveada 5VDC 1A	R\$ 48,61
TOTAL	R\$ 357,28

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado em todos os estudos consultados (teses, sites, citações) percebe-se que há possibilidade de melhorar o rendimento de uma placa fotovoltaica, realizando a sua orientação em relação à posição de incidência solar. O diferencial deste projeto será a utilização de uma lógica de controle a partir do programa inserido no micro controlador que considera dados de entrada como latitude, dia e hora para movimentar a placa a partir de equações matemáticas e princípios astronômicos. A grande maioria dos sistemas utiliza sensores do tipo LDR para determinar a direção do sol e orientar as placas e alguns outros utilizam GPS para tal, porém, tudo isso significa mais itens eletrônicos incorporados na solução, o que significa maior custo. Não será considerado no projeto a viabilidade financeira do Sistema, pois demandaria uma análise de características construtivas, que variam conforme modelo de placa fotovoltaica (medidas, pesos, características técnicas). O parâmetro para definir a viabilidade será o percentual de rendimento obtido em um Sistema orientado quando comparado a um Sistema fixo, similar aos Sistemas que são implementados hoje.

Em suma, são esperados dois resultados deste experimento: O primeiro é materialização de um SMART TRACKER que utiliza dados de entrada simples e que após o micro controlador podem movimentar uma placa fotovoltaica com satisfação e, o segundo, como a coleta de dados reais a partir da placa guiada e da fixa, para fortalecer com os demais trabalhos científicos que expõem o ganho de eficiência de um sistema fotoelétrico orientado ao sol.

REFERÊNCIAS

<https://deixearcrescer.org.br/em-numeros/>

http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/evolucao_capacidade_instalada.aspx

FREITAS, Gilberto de Andrade. **Eficiência energética de um painel fotovoltaico com rastreador solar baseado em sensores LDR comparado a um painel em ângulo fixo**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. 2018. Disponível em <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74134/tde-11042018-102842/pt-br.php>

<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-motor-de-passo-funcionamento-aplicacoes/>

<http://www.energybras.com.br>

PEREZ, R. Energia abundante <https://sciam.com.br/energia-abundante/>

<https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>

<https://www.ecycle.com.br/kit-energia-solar/>

NASCIMENTO, Lucas Rafael do; **A avaliação de longo prazo de um sistema fotovoltaico integrado à edificação urbana e conectado à rede elétrica pública**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/130919/327988.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .

ALMEIDA, Thales Hieron Soares de; **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico *grid-tie* e *off-grid* para alimentação de energia elétrica do laboratório hidráulico do CCTA/UFCG**. Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/4375/3/THALES%20HIERON%20SOARES%20DE%20ALMEIDA%20%e2%80%93%20ARTIGO%20PPGSA%20PROFISSIONAL%202018.pdf> .

BARBOSA, Jones Cleiton Martins; **Sistema automático de posicionamento de painel solar**. Centro Universitário de Goiás Uni-ANHANGUERA. Goiânia, 2019. Disponível em: <http://repositorio.anhanguera.edu.br:8080/bitstream/123456789/296/1/TCC%20-%20JONES%20CLEITON%20MARTINS%20BARBOSA.pdf> .

JURINIC, Francesco. **Estudo para melhoria na performance e eficiência de placas fotovoltaicas: através de um sistema combinado de inclinação e resfriamento**. Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, 2020. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/3612/1/JURINIC.pdf>

FROSI, Fabiano; CHESINI, Douglas; GABE, Ivan J. **Análise Comparativa da Produção de Energia de Um Seguidor Solar de Dois Eixos para a Região de Farroupilha – RS.** Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul –Campus Farroupilha, Grupo de Pesquisa Aplicada em Energias Renováveis, 2018. Disponível em <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/161/161>

PRINSLOO, G; DOBSON, R. **Solar Tracking – sun position, sun tracking, sun following**, Stellenbosch, África do sul: Solarbooks, 2015a.

JUNIOR, C, E, T, D.; FILLOY, E. H. & LIMA, M. S. **Suntracker.**

BEDAQUE, P.; BRETONES, P. S. **Variação da posição de nascimento do sol em função da latitude.**

TOGINHO, D. G. – **Protótipo móvel para otimização da captação da energia solar em painéis fotovoltaicos.** Tese de doutorado. Universidade estadual de Londrina – PR. Departamento de engenharia elétrica. 2019.

Dr. DOUGLAS W. J. Autor do site:

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00907a.pdf> usado de referência para o projeto - Motor de Passo

<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/aula3-motor-de-passo-2013-1-13-03-2013-final.pdf> PAG 22