

Received:
March 08, 2022

Accepted:
April 26, 2023

Published:
April 30, 2023

Prototype using arduino platform to analyze solar energy efficiency

Mikhaele Meireles Ribeiro¹ , Kallel Silvano França Santos¹ , Daniel Moraes Santos¹ 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil.

mikhaele.ribeiro@ufvjm.edu.br (Mikhaele M. Ribeiro) – Corresponding author.

kallel.franca@ufvjm.edu.br (Kallel S. F. Santos)

daniel.moraes@ufvjm.edu.br (Daniel M. Santos)

Abstract

Our project consists of making the most of solar energy during the day using photovoltaic panels. A physical system and a logical system integrated with Arduino were developed where, through a sensor (luminosity, solar intensity or heat) it verifies the location of the sun and what is its maximum luminous intensity in the place, from which a solar panel follows the movement of the sun. sun in order to achieve the greatest solar capture. At sunset, the plate will return to its initial position, and on cloudy days when possible light breaks through the clouds through the system, it will be possible to assess the best production direction. Data were collected for 12 hours of variable solar incidence on the prototype and on a panel installed as conventional, that is, fixed, the wind rose was analyzed in view of the structure of the system, a comparison of results and a future projection of expansion of the system were carried out.

Keywords: Solar energy, Arduino, Generation, Management.

1. Introdução

A energia solar fotovoltaica é obtida pela conversão da energia luminosa proveniente do Sol em eletricidade através de uma tecnologia de acordo o efeito fotovoltaico, assim, a NeoSolar que encabeça o ranking das maiores distribuidoras brasileiras de equipamentos para sistemas solares Off Grid, em 2021 diz que o sistema solar fotovoltaico Off Grid por não possuir nenhuma ligação com a rede elétrica convencional é a alternativa mais viável para instalação em locais remotos e de difícil acesso, sendo de uso eficaz para eletrodomésticos, aparelhos e equipamentos que necessitam de grandes quantidades de energia. Em geral, são compostos por baterias que armazenam parte da energia gerada para uso em horários noturnos ou desprovidos de sol. São componentes tradicionais dos sistemas Off Grid os painéis ou placas solares, controlador de carga e inversor solar Off Grid (NeoSolar, 2021). Na Figura (1) temos um exemplo passo a passo de como ocorre o Sistema Off Grid. O sistema da Figura (1) pode ser utilizado na residência e em soluções para melhoria das

condições de vida como no bombeamento de água, implantação de cercas elétricas, postes, entre outros.

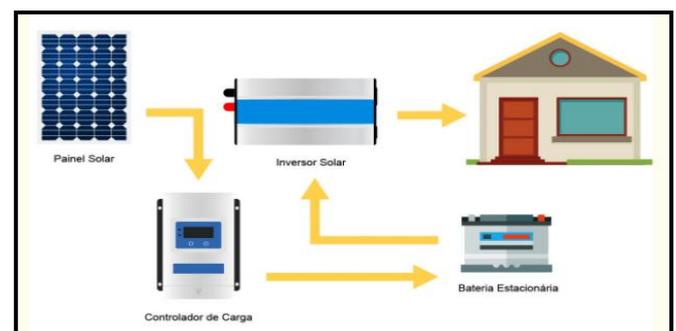


Figura 1 – Sistema Off Grid.

A NeoSolar reforça que a eficiência de um sistema solar fotovoltaico pode variar bastante, dependendo de fatores como a localização do projeto (o que influi na quantidade de radiação solar que receberá), condições climáticas, na qualidade e tempo de uso dos equipamentos instalados para gerar energia (como placas solares, inversores e controladores). Além disso, outros detalhes da instalação impactarão diretamente na capacidade das células fotovoltaicas em produzir energia, como

a inclinação em que os módulos estão dispostos ou casos de sombreamento (dois exemplos de situações que podem reduzir a geração de energia).

Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e o Operador Nacional do Sistema – NOS, desde Setembro de 2020 tem sido registrados recordes históricos de níveis da escassez de recursos hídricos, como a maioria da energia produzida no país é proveniente de hidrelétricas as concessionárias de energia necessitam recorrer a outra forma de captação de energia, que são as termelétricas (geração de energia elétrica a partir da energia liberada por qualquer produto que possa gerar calor, das quais ao modo de produção é mais cara) ocorre também um aumento na conta de luz dos consumidores além da implantação de bandeiras tarifárias. Com a adesão da energia solar, o produtor ainda será capaz de gerar um crédito com uma concessionária de energia caso produza mais que o consumo e introduza a energia não utilizada na rede elétrica.

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR, em 2021, Minas Gerais lidera o ranking de potência instalada de energia solar, com 977,3 MW – ou 17,8% do total brasileiro.

Campos, Sakiyama e Oliveira (2016), desenvolveram um arquivo climático para a cidade de Teófilo Otoni-MG (Test ReferenceYear – TRY) a partir dos dados climáticos das estações automática e convencional, obtidos entre os anos de 2007 a 2014, pertencentes à rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Na Figura (2), temos a Carta Solar referente à região de Teófilo Otoni, elaborada por Campos, Sakiyama e Oliveira (2016), no artigo climático para a cidade de Teófilo Otoni-MG.

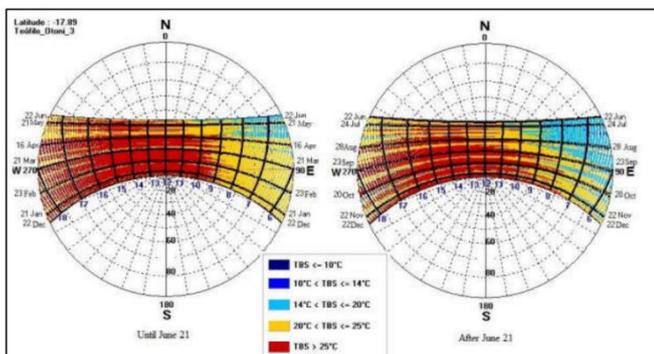


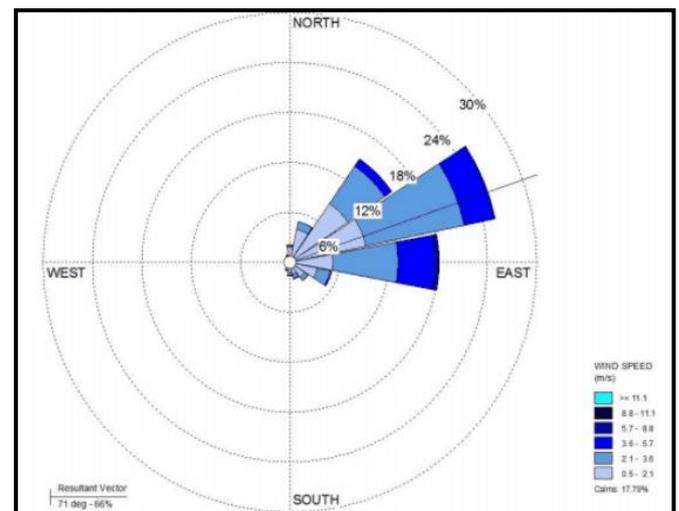
Figura 2 – Carta Solar de Teófilo Otoni – MG.

De acordo considerações de Lamberts, Dutra, Pereira (2014), uma carta solar é uma ferramenta em

que se obtém dados sobre a incidência solar, azimute do sol (ângulo em relação ao norte), a altura solar (ângulo em relação ao solo), e nos permite prever a posição exata do sol em um determinado momento, o que é primordial para estipularmos a infiltração do sol num determinado ponto, ela pode ser entendida como uma projeção da trajetória do sol na abóbada celeste durante todo o ano.

À esquerda na Figura (2) temos a representação das temperaturas na Cidade de Teófilo Otoni, entre os dias 21 de dezembro a 21 de junho e à direita teremos a representação destas temperaturas entre os dias 21 de junho a 21 de dezembro. As manchas vermelhas e amarelas simbolizam temperaturas acima de 20°C, nessas áreas temos os melhores índices para captação de intensidade luminosa. Já as manchas azuis denotam temperaturas abaixo de 14°C, nas quais será necessária uma verificação de qual localização há possíveis feixes de luz dentre as nuvens para aproveitamento do projeto até mesmo em dia mais nublados e baixa incidência solar (Campos, Sakiyama e Oliveira, 2016).

A rosa dos ventos é um desenho de representação geográfica do qual podemos conferir a direção dos ventos e sua velocidade na região. No presente artigo a rosa dos ventos é utilizado juntamente com a carta solar da cidade de Teófilo Otoni- MG a fim de encontrar a melhor posição para incidência solar e estabilização de um painel solar. Na Figura (3) temos a rosa dos ventos de Teófilo Otoni obtida pelo software WRPLOT View (Lakes Environmental, 2015), utilizando os dados horários do TRY.



sendo superior a 24% segundo a escala. Visando a maior eficiência na captação de radiação solar, foi desenvolvido um sistema físico e lógico. O sistema lógico foi projetado através de um micro controlador arduino do qual é definido como:

[...] um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele (...) é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. Por exemplo, um uso simples de um Arduino seria para acender uma luz por certo intervalo de tempo, digamos, 30 segundos, depois que um botão fosse pressionado. [...] (Mcroberts, p. 22, 2011).

Em adesão, Thomsen (2014) sulz descreve que o arduino é constituído por maior parte do material em módulos, que são pequenas placas que contém os sensores e outros componentes auxiliares como resistores, capacitores e leds. As principais razões para se utilizar a plataforma Arduino em seus projetos são: baixo custo de prototipagem; softwares de simulação gratuitos disponíveis; fácil de programar; grande número de tutoriais, artigos e projetos prontos na internet; extensa comunidade de desenvolvedores e hobbystas e não requer experiência ou grandes conhecimentos prévios de eletrônica/programação.

Ao adquirir e instalar um sistema fotovoltaico é necessário fazer um grande investimento inicial pelo próprio consumidor, mas a médio ou longo prazo a iniciativa se compensa financeiramente por causa da economia na conta de energia e além de tudo é uma fonte de energia renovável que não causa danos ao meio ambiente. (NeoSolar, 2021).

Segundo Pinheiro et. al. (2018), a produção energética instaurou-se na sociedade como um dos desafios contemporâneos, característico à geração de conflitos que envolvem interesses políticos, sociais, econômicos e ambientais. Atualmente no Brasil, levando em consideração o:

[...] amplo potencial para produção de energia solar tem colocado o recurso solar como estratégico, inclusive aos interesses do mercado, da inovação tecnológica e, também, das possibilidades de participação social na produção de energia para autoconsumo e ou compartilhamento. Inaugura-se, assim, um processo e marco legal para a discussão da minigeração de energia, da geração compartilhada e da geração distribuída e é neste

contexto que a Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social (AEDAS) e o MAB demarcam a importância política da participação popular na produção energética (não somente no consumo, mas, sobretudo na geração e distribuição). (Pinheiro et. al. 2018, p. 03).

A carência do sistema brasileiro torna possível a busca por um modelo de produção de energia com alternativas eficazes e de baixo custo, para a produção desse recurso que atualmente é essencial para uma melhor condição de vida, tem sido criado modelos de gestão e de distribuição de energia as comunidades ligadas a produção de alimentos, especialmente as famílias agrícolas, tanto que:

Em março de 2018 é formalizada a assinatura do Acordo de Cooperação Técnica entre a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e a Associação Estadual de Defesa Ambiental e Social (AEDAS) para execução do projeto “Veredas Sol e Lares - Desenvolvimento econômico e social no semiárido mineiro a partir da mobilização capacitação e participação das populações para o emprego da geração híbrida fotovoltaica distribuída na revitalização de empreendimentos hídricos” aprovado no Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (P&D). Conta com apoio do Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB) e do Observatório dos Vales e do Semiárido Mineiro. (Sulzbacher e Steffens, 2019).

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de otimizar e ampliar a eficiência da captação de intensidade luminosa, por meio do deslocamento da direção da placa fotovoltaica para acompanhar o movimento do Sol. Ao anoitecer a placa retornará a sua posição inicial e recomeçará o processo corretamente no dia seguinte.

2. Metodologia

O trabalho é um protótipo e para sua realização foram utilizados os seguintes:

- Um Arduino Blackboard Uno R3 da Robocore, de 32 KB de memória flash, 22 pinos de entrada/saída, oito entradas analógicas, seis saídas PWM para recolher os dados e programar a direção de deslocamento da placa solar;
- Programa Arduino IDE 2.0 Beta que é uma nova versão moderna e ágil embora seja a

versão beta e esteja passando por atualizações de melhora, um teste do programa juntamente com o arduino foi realizado na Figura (4);



Figura 4 – Programação estruturada e back test com arduino.

- Uma caixa de arames de aço galvanizado provenientes de clips nº8 para dar sustentação e suporte a placa solar;
- Ferro de solda acompanhado de solda estanho para ligar o arame em suas extremidades;
- Sensor fotoelétrico LDR (sensor de luminosidade) demonstrado na Figura (5).



Figura 5 – Sensor LDR.

- Motor de drive de DVD que é capaz de transformar energia elétrica em energia cinética, demonstrado na Figura (6) antes de ser encaixado no sistema.

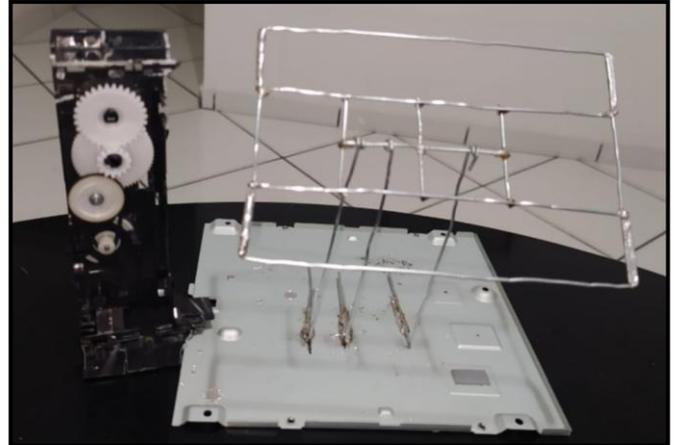


Figura 6 – Suporte em processo de montagem.

- E por último, mas não menos importante, um painel solar, demonstrado na Figura (7) com dimensão 8,5x11,5cm de silício policristalino, tensão nominal de 12V, tensão máxima de 15V e potência de 1,5W ou 1.500 mW;



Figura 7 – Painel Solar.

A montagem se inicia com o sensor LDR que precisa estar ligado a um resistor para evitar que ele queime por picos e flutuação de energia no sistema como mostra a Figura (8). O sensor foi ligado de forma que seu pino positivo fique conectado na porta analógica de 5 volts do arduino e seu pino negativo no GND analógico do arduino e também em uma porta digital do arduino para que essa porta possa fazer a coleta dos dados de intensidade luminosa registrados pelo sensor.

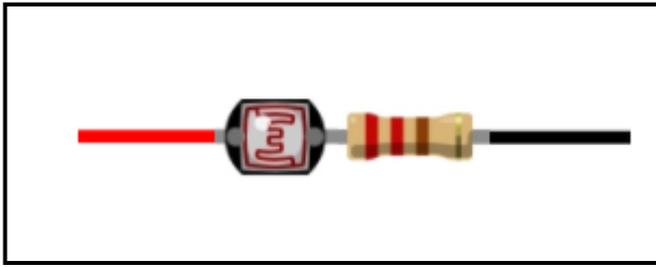


Figura 8 – Sensor LDR com resistência.

Quanto ao motor, optamos por alimentá-lo com uma corrente proveniente do próprio arduino para otimizar o projeto. Assim, utilizando uma porta digital do arduino para fazer a alimentação conseguimos deixar essa porta ligada por um período de tempo específico para que o motor dê um certo número de voltas e assim dispense a utilização de uma placa controladora de motores servos. Na prática, o funcionamento do protótipo se dá dessa forma, contudo, sem o código fonte o arduino é só uma ferramenta, então, abaixo podemos ver como se dá a tomada de decisão através dos dados coletados.

```
#include <Servo.h> // Inclui a Biblioteca

Servo Horizontal; // Inicia o Servo da Horizontal
Servo Vertical; // Inicia o Servo da Vertical

int ServoHorizontal = 90; // Estabelece valor fixo à ServoHorizontal
int ServoVertical = 90; // Estabelece valor fixo à ServoVertical

int LimiteServoHorizontalMax = 180; // Estabelece os limites de rotação
int LimiteServoHorizontalMin = 65; // Estabelece os limites de rotação
int LimiteServoVerticalMax = 120; // Estabelece os limites de rotação
int LimiteServoVerticalMin = 15; // Estabelece os limites de rotação

int LDRDC = A0; // Inicia LDRDC no pino A0
int LDRDB = A1; // Inicia LDRDB no pino A1
int LDREC = A2; // Inicia LDREC no pino A2
int LDREB = A3; // Inicia LDREB no pino A3

void setup() {
  Horizontal.attach(3); // Inicia servo Horizontal na porta D3
  Vertical.attach(5); // Inicia servo Vertical na porta D5

  Horizontal.write(180); // Inicia servo Horizontal na posição 180
  Vertical.write(45); // Inicia servo Horizontal na posição 45
  delay(3000); // Aguarda 3 segundos
}

void loop() {
  int LDC = analogRead(LDRDC); // Leitura Analógica do LDR
  Direita Cima
```

```
int LEC = analogRead(LDREC); // Leitura Analógica do LDR
Esquerda Cima
int LDB = analogRead(LDRDB); // Leitura Analógica do LDR
Direita Baixo
int LEB = analogRead(LDREB); // Leitura Analógica do LDR
Esquerda Baixo
int tol = 50;
int ValorSup = (LDC + LEC) / 2; // Média da leitura dos LDR superior
int ValorInf = (LDB + LEB) / 2; // Média da leitura dos LDR inferior
int ValorDir = (LDC + LDB) / 2; // Média da leitura dos LDR da direita
int ValorEsq = (LEC + LEB) / 2; // Média da leitura dos LDR da
esquerda

int DifSupInf = ValorSup - ValorInf; // Diferença entre LED
superior e inferior
int DifDirEsq = ValorDir - ValorEsq; // Diferença entre LED direita
e esquerda

/*-----*/

// Realiza a leitura e executa os movimentos referente ao Servo
Vertical

if (-1 * tol > DifSupInf || DifSupInf > tol) {
  if (ValorSup > ValorInf) {
    ServoVertical = ++ServoVertical;
    if (ServoVertical > LimiteServoVerticalMax) {
      ServoVertical = LimiteServoVerticalMax;
    }
  }
  else if (ValorSup < ValorInf) {
    ServoVertical = --ServoVertical;
    if (ServoVertical < LimiteServoVerticalMin) {
      ServoVertical = LimiteServoVerticalMin;
    }
  }
  Vertical.write(ServoVertical);
}

// Realiza a leitura e executa os movimentos referente ao Servo
Horizontal

if (-1 * tol > DifDirEsq || DifDirEsq > tol) {
  if (ValorDir > ValorEsq) {
    ServoHorizontal = --ServoHorizontal;
    if (ServoHorizontal < LimiteServoHorizontalMin) {
      ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMin;
    }
  }
  else if (ValorDir < ValorEsq) {
    ServoHorizontal = ++ServoHorizontal;
    if (ServoHorizontal > LimiteServoHorizontalMax) {
      ServoHorizontal = LimiteServoHorizontalMax;
    }
  }
  else if (ValorDir = ValorEsq) {
  }
  Horizontal.write(ServoHorizontal);
}
delay(100); // Aguarda 0,1 segundo
}
```

Tabela 1 – Dados do Protótipo.

HORÁRIO	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	INCIDÊNCIA (Wh/cm ²)	GERAÇÃO (Wh/cm ²)	GERAÇÃO COM PERDA (Wh/cm ²)
6h - 7h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,03115	3,04451	1,97893
7h - 8h	NUBLADO	0,01198	1,17096	0,76113
8h - 9h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,03115	3,04451	1,97893
9h - 10h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
10h - 11h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
11h - 12h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
12h - 13h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
13h - 14h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
14h - 15h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
15h - 16h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,03115	3,04451	1,97893
16h - 17h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,03115	3,04451	1,97893
17h - 18h	NUBLADO	0,01198	1,17096	0,76113
12 HORAS	TOTAL	0,43604	42,62307	27,70500

Tabela 2 – Dados do método fixo.

HORÁRIOS	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	INCIDÊNCIA (Wh/cm ²)	GERAÇÃO (Wh/cm ²)	GERAÇÃO COM PERDA (Wh/cm ²)
6h - 7h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,00813	0,79422	0,51624
7h - 8h	NUBLADO	0,00313	0,30547	0,19855
8h - 9h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,00813	0,79422	0,51624
9h - 10h	ENSOLARADO	0,01250	1,22188	0,79422
10h - 11h	ENSOLARADO	0,01667	1,62917	1,05896
11h - 12h	ENSOLARADO	0,02500	2,44375	1,58844
12h - 13h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
13h - 14h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
14h - 15h	ENSOLARADO	0,04792	4,68385	3,04451
15h - 16h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,01625	1,58844	1,03248
16h - 17h	PARCIALMENTE NUBLADO	0,01083	1,05896	0,68832
17h - 18h	NUBLADO	0,00313	0,30547	0,19855
12 HORAS	TOTAL	0,24750	24,19313	15,72553

Com isso os testes preliminares foram promissores e na Tabela (1) estão registrados os dados produzidos pelo sistema de um dia de monitoramento divididos por horários (de uma em uma hora, das 06h00 às 18h00 horas), condições climáticas (como estava o céu no dia), incidência solar, geração de energia pela placa e geração de energia final no sistema Off Grid. Esses dados foram coletados tanto para o protótipo quanto para o método fixo dos painéis solares, do qual foi organizado na Tabela (2).

3. Resultados e discussões

Segundo a STC (Standard Test Conditions) nas condições ideais: temperatura de 25°C (devido ao material do painel ser um semicondutor) e irradiação solar padronizada de 1000W/m², um painel solar entrega a partir de 20% da irradiação solar captada. A eficiência de conversão solar em energia elétrica pelo painel está diretamente ligada à sua temperatura visto que pelo material ser um semicondutor temperaturas altas faz com que os íons percam suas cargas e temperaturas baixas dificultam a locomoção dos íons carregados pelo meio. É importante levar em consideração que para um sistema com baterias (Off Grid) aproximadamente 35% da energia produzida é perdida e para um sistema conectado à rede (On Grid) aproximadamente 20% da energia produzida é perdida.

Assim os dados apresentados a seguir foram desenvolvidos tendo como base os pré-requisitos citados anteriormente. De acordo o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais produzido pela CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais S.A.) e a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) disponibilizado em 2016 a incidência solar média na região sudeste, em Minas Gerais no Vale do Mucuri é de 5 a 6,5 kWh/m² por dia, fazendo uma conversão básica de kWh/m² para Wh/cm² temos 0,5 Wh/cm² e 0,65 Wh/cm² respectivamente, se o painel solar possui dimensões de 11,5x8,5cm nos dando uma área total de 97,75cm², trabalhando com uma média de 0,575 Wh/cm² por dia encontramos o valor de 56,20Wh/cm² por dia ou 7,02Wh/cm² considerando uma geração de 8 horas por dia. A produção final de energia fornecida pela placa em um dia de geração será o valor total produzido nas 8 horas menos 35% desse valor por ser um sistema Off Grid totalizando 36,53Wh/cm² por dia em um

sistema ideal. O protótipo foi instalado seguindo a orientação do sol juntamente com a orientação dos ventos, pois sabe-se que o sol nasce no leste e se põe no oeste e segundo a rosa dos ventos a cidade de Teófilo Otoni - MG possui rajadas de vento predominantes leste-nordeste assim a eficiência do sistema é mantida pois esses ventos auxiliam na regulação de temperatura do painel mantendo-o mais próximo a sua condição ideal de trabalho de 25°C.

Contudo, para que o painel suporte as rajadas de vento que podem chegar a 3,6 m/s (Campos, Sakiyama e Oliveira, 2016), a base que se encontra direcionada ao sul e o suporte onde o painel é preso diretamente foram reforçados para suportar a força gerada pelo conjunto (vento e resistência do ar gerada pelo painel).

Com a análise das Tabelas (1) e (2) foi elaborado o Figura (9) para que a captação de energia do protótipo fosse comparada com a captação de energia de um sistema fixo, comprovando assim sua eficiência, onde há uma maior captação.

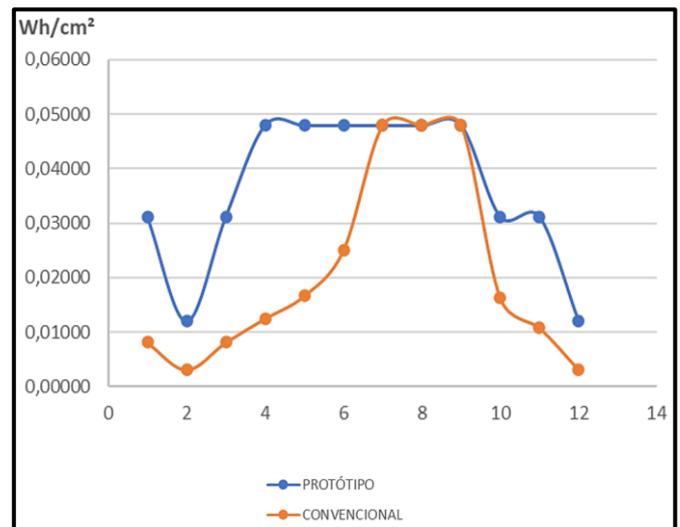


Figura 9 – Comparação de curvas: Captação do Protótipo x Captação Convencional.

A planilha orçamentária a seguir foi desenvolvida a partir das pesquisas de preços para compra dos materiais utilizados, no comércio local e em sites de compras, buscando sempre os menores valores para que o projeto final tenha um bom custo-benefício.

4. Considerações Finais

O protótipo acompanha o sol captando uma maior intensidade luminosa do que os sistemas fotovoltaicos fixos. Pela comparação das curvas no

gráfico pode-se comprovar a eficiência do sistema desenvolvido, com isso a eficiência na geração de energia solar aumentou cerca de 50% chegando a exatos 56,77%. Portanto, foi otimizada e ampliada a captação de irradiação solar aumentando a produção.

Segundo dados da Tabela (3) o protótipo teve um custo médio com todos os itens encontrados no comércio local de R\$260,05. Porém o impacto do valor não é tão alto pois alguns deles são de uso permanente (por exemplo o ferro de solda), ou seja, a longo prazo geram um retorno favorável. No mercado existem sensores de luminosidade com um valor aproximado de R\$600,00, o que tornaria a criação de um protótipo como esse de alto custo logo o presente artigo traz uma solução alternativa e fácil de menor custo.

O protótipo seria uma alternativa viável para o Governo Federal, pois ele tem o objetivo de economizar entre 10% e 20% de energia elétrica em prédios públicos para ajudar a enfrentar a crise hídrica. Se fossem instalados painéis solares fotovoltaicos, a longo prazo, o retorno seria eficiente. Como exemplo, a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri já iniciou a instalação de painéis fotovoltaicos em seus campus visto que as contas de energia contêm um valor exorbitante. A região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri é rica em intensidade luminosa sendo muito lucrativa para a implantação de energia solar.

Tabela 3 – Planilha orçamentária baseada no comércio local.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Arduino Blackboard Uno R3 da Robocore	01 un	R\$89,00	R\$89,00
Clips nº8	01 cx	R\$2,75	R\$2,75
Ferro de solda	01 un	R\$49,90	R\$49,90
Solda estanho	4 m	R\$1,50	R\$6,00
Motor de drive de DVD	01 un	R\$60,00	R\$60,00
Sensor fotoelétrico LDR	01 un	R\$6,50	R\$6,50
Painel solar 8,5x11,5	01 un	R\$49,90	R\$49,90
TOTAL			R\$260,05

Referências

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022. *Atualização dos valores das bandeiras tarifárias entra em consulta pública*. [online] Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/atualizacao-dos-valores-das-bandeiras-tarifarias-entra-em-consulta-publica>> [Acessado 04 abril 2023].

Campos, R.B., Sakiyama, N.R.M. e Oliveira, C.C., 2016. *Análise de Dados Climáticos das Estações Convencional e Automática em Teófilo Otoni – MG – Estratégias Bioclimáticas para a Construção Civil*. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 9, pp. 914-937. 1 ed. Ano 1.

Lakes Environmental, 2015. *Programa WRPLOT View*. [online] Disponível em: <<http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>> [Acessado 30 agosto 2021].

Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F.O.R., 2014. *Eficiência energética na arquitetura*. Eletrobras / Procel. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ, p. 366.

Maker Hero, 2014. *O que é Arduino*. [online] Disponível em: <<https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-arduino/>> [Acessado 22 julho 2021].

Microberts, M., 2011. *Arduino básico*. Tradução Rafael Zanolli. Novatec Editora. [e-book] Disponível em: <<https://encr.pw/RgWx6>> [Acessado 10 junho 2022].

NeoSolar, 2014. *Diferença entre Watt, Watt-pico e Watt-hora*. [online] Disponível em: <encurtador.com.br/eijvZ> [Acessado 20 agosto 2021].

NeoSolar, 2021. *Energia solar fotovoltaica: tudo sobre*. [online] Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica>> [Acessado 20 julho 2021].

Pinheiro, F.D., Sulzbacher, A.W., Ramos, D.A. e Lovo, I.C.A., 2018. *A participação social na geração e gestão de energia solar fotovoltaica: reflexões para uma agenda política*. In: Congresso Alasru, 10, Montevideu. p. 1-17.

Portal Solar, 2021. *Como funciona o painel solar fotovoltaico*. [online] Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>> [Acessado 20 julho 2021].

Silva, I.R. e Ribeiro, M.M., 2020. *Proposta paisagística de um espaço de convivência e lazer no pátio do prédio do ICET da UFVJM – Campus do Mucuri*. Graduação. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Sulzbacher, A.W. e Steffens, G., 2019. *Veredas Sol e Lares nos Vales do Jequitinhonha (MG): direitos humanos e políticas públicas para quem?*. Caderno de Geografia, 29(2), pp.212-225. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n2p212-225>

Thomsen, A., 2014. *O que é Arduino, para que serve e primeiros passos*. Maker Hero. [online] Disponível em: < <https://www.makerhero.com/blog/o-que-e-arduino/>> [Acessado 30 julho 2021].