



PROJETO DE GUARDA-SOL COM GERADOR DE ENERGIA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Edson de Almeida Luz Filho, edsonluz94@gmail.com¹
Joice Kelly Novais, joicek.novais@gmail.com¹
André Luis Vinagre Perreira, alvpereira@uesc.br¹

¹Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Jorge Amado, Km 16 - Salobrinho, Ilhéus - BA, 45662-900

Resumo. Este projeto tem como objetivo a elaboração da construção de um protótipo de guarda-sol com captação de energia solar através de placas fotovoltaicas portáteis. A grande motivação para este projeto é a criação de um produto capaz de fornecer uma energia limpa em regiões onde não seria possível, como campos abertos e praias, além da possibilidade do uso deste produto em restaurantes e bares a céu aberto, oferecendo assim maior comodidade aos clientes. Neste trabalho é abordado um estudo de como é dado o funcionamento das placas fotovoltaicas, assim como cálculo de sua captação de energia e sua eficiência energética. Outros fatores, como especificação de materiais e aparelhos eletrônicos também são abordados e estudados, resultando ao fim do projeto a idealização de um guarda-sol com captação solar ideal.

Palavras chave: 1. Energia Solar; 2. Portátil; 3. Energia Limpa

1. INTRODUÇÃO

O petróleo ocupa posição principal no quadro de fonte energéticas, de acordo com a *Internacional Energy Agency* (2016). Segundo Soares, Y (2018) a demanda global de energia deverá crescer mais de 25% até 2040 e exigirá o dobro de investimentos em projetos de extração de petróleo. Porém, sabemos que por este ser um combustível fóssil, possui oferta limitada, além dos seus preços sofrerem muitas oscilações, e acredita-se que esta seja uma das principais causas do aquecimento global. Em consequência disso, busca-se encontrar uma fonte de energia tão eficiente quanto o petróleo para substituí-lo. Observando a localização geográfica do Brasil, este é um país privilegiado quando se diz respeito à incidência dos raios solares. Como boa parte de seu território está localizado entre a linha do equador e o faixa do trópico de capricórnio, sol e calor são elementos abundantes por essa região. Visando aproveitar esses elementos, é preciso desenvolver tecnologias que possam aplicar tais recursos, e a energia solar é uma das tecnologias de energia alternativas, que aos poucos vem sendo introduzidas no país.

Painéis fotovoltaicos já estão sendo integrados nos projetos de algumas casas e edifícios, se interligando à rede elétrica e promovendo uma economia de gastos, como também o aproveitamento da incidência dos raios, e assim promovendo uma geração de energia limpa. Porém, quando comparadas com outras fontes de energia, ainda é pouco utilizada, apenas cerca de 1,2% da matriz energética total brasileira (Fig. 1). Objetivando o aumento do uso dessa fonte de energia, buscou-se outros meios de utilização da energia solar, como no uso de baterias e aparelhos portáteis, e assim idealizando um projeto para unir um guarda-sol logradouro em praias e restaurantes com a tecnologia dos painéis fotovoltaicos, afim de promover a criação de um novo apetrecho portátil capaz de fornecer energia para carregar aparelhos de pequena voltagem em lugares como praias, parques e campos, além da comodidade de recarregar um aparelho eletrônico ao sentar em um bar ou restaurante a céu aberto.

Figura 1- Quadro energético brasileiro, fonte: Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2018, adaptado

Origem	Nº de Usinas	Capacidade Instalada(KW)	Porcentagem (%)
Hídrica	1341	104.472.336	60,72
Fóssil	2441	25.618.887	14,89
Eólica	609	14.935.293	8,68
Biomassa	566	14.786.872	8,59
Solar	2469	2.074.002	1,21
Nuclear	2	1.990.000	1,16
Undi-Elétrica	1	50	0,00
Importação*	-	8.170.000	4,75

* Não entra no quadro de "Capacidade Instalada"

2. METODOLOGIA

Para este projeto, foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre o tema energia solar para o desenvolvimento do protótipo, maior entendimento de como se dá o funcionamento de painéis voltaicos e conversão de energia. A base para a construção das células fotovoltaicas é o silício. A célula solar clássica de silício cristalino é composta por duas camadas de silício contaminadas com diferentes impurezas, seja uma delas p e outra n. A camada orientada para o Sol está contaminada negativamente com fósforo (impureza p), e a camada inferior está contaminada positivamente com boro, (impureza n). Na junção das duas camadas, é produzido um campo elétrico, que irá conduzir a separação das cargas (elétrons e lacunas), que são liberadas devido à energia fornecida pela luz solar. Para a geração de eletricidade, são impressos contatos metálicos nas suas partes frontal e posterior (FADIGAS, 2004). Segundo Carneiro, J. (2009), a radiação solar é o que provoca a separação dos elétrons e o surgimento de uma corrente elétrica, caso exista um aparelho de consumo conectado. Durante seu funcionamento, há perdas ocasionadas pela recombinação, pela reflexão, por sombreamento entre os contatos frontais, além de que, uma grande porção da energia emitida pelo sol não são aproveitadas, por ser uma radiação de onda longa e não possuir energia suficiente, ou por ser de onda curta e existir um excedente de energia. Ao fim do processo, calculando as perdas individual de cada processo, podemos ter o seguinte balanço energético de 13% a 18% de eficiência, conforme método de produção e tipo de silício utilizado nas placas.

Para este projeto, foi realizado a construção de um sistema com captação e armazenamento de energia solar. Para a construção desse sistema, foi preciso realizar a escolha de painéis fotovoltaicos, e de sistemas autônomos que são ligados ao painel fotovoltaico, o qual inclui baterias, reguladores de carga e inversores, caso tenha como objetivo a obtenção de uma corrente alternada. O objetivo desse trabalho é conseguir realizar a construção de um guarda-sol, o qual forneça energia capaz de realizar recargas de aparelhos de baixa voltagem, como celulares, utilizando corrente contínua fornecida pelos painéis fotovoltaicos.

Foram utilizadas placas de silício policristalino (Fig 2.), as quais possuem um preço inferior as de silício monocristalino e por consequência, uma eficiência menor, por possuir um processo de fabricação mais simples.

Figura 2 - Placa silício policristalino fonte: Edson Luz, 2019



As propriedades elétricas dessa placa são descritas na tab. (1), conforme dados pelo fornecedor.

Tabela 1- Propriedades elétricas placa silício policristalino fonte:eco-worthy.com, 2019 (adaptada)

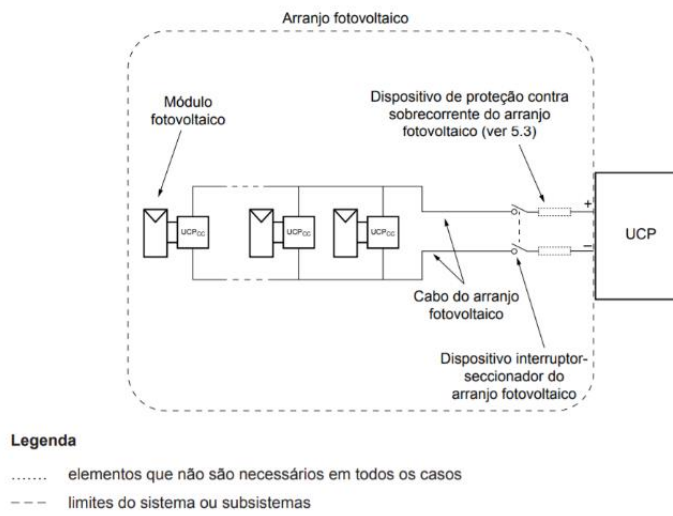
Painel Fotovoltaico- 18 Volts Solar Panel – 2,5 W	
Potencia Máxima (Pmax)	2,5W
Tolerância Potencia	±3%
Voltagem em Pmax (Vmp)	18,2V
Corrente em Pmax (Imp)	0.138A
Voltagem em circuito aberto (Voc)	22.3V
Corrente de curto-circuito (Isc)	0.15A
Coeficiente de temperatura (Pmax)	-0.48 %/°C
Coeficiente de temperatura (Voc)	- (0.38 +/-0.01) %/ °C
Coeficiente de temperatura (Isc)	(010+/- 0.01) %/ °C
Dimensões	194 x 120 x 30 mm
Eficiência	15-17 %
Peso Liquido	70 g

Segundo à norma NBR 16690, não são exigidos dispositivos interruptores-seccionadores nos circuitos entre o módulo fotovoltaico e a com unidades de condicionamento de potência em corrente contínua (UCPcc) desde que a entrada da UCPcc esteja disposta de maneira que:

- a) seja somente um módulo fotovoltaico;
- b) o comprimento do cabo entre o módulo fotovoltaico e a UCPcc não seja maior que 1,5 m;
- c) não sejam utilizados cabos extensores;
- d) a entrada da UCPcc seja limitada em 350 Watts(W) (nas STC – *Standard Test Conditions* – Condições padrões de teste, irradiação igual a 1000W/m^2 , $T=25^\circ\text{C}$) e, a tensão máxima, em EBT (extra baixa tensão – Não sendo superior a 50Volts (V) em corrente alternada e 120V em corrente contínua).
- e) quando mais de uma UCPcc for incorporada em um único invólucro, cada entrada deve ser limitada em 350 Wp (nas STC), a tensão máxima, em EBT.

O modelo de construção desse sistema será um sistema “*off-grid*”, o qual inclui o uso de baterias para armazenamento de carga, e sua montagem será o sistema de placas fotovoltaicas em paralelo, preservando a voltagem entre os terminais e os valores de corrente são somados (Fig. 3).

Figura 3 - Arranjo fotovoltaico em paralelo fonte: NBR 16690, 2019



Nesse projeto, é utilizado um regulador de carga da maraca E-WIRELESS (Fig. 4), adaptado para correntes de até 30Amperes (A). O regular de carga atua como uma medida preventiva, regulando a tensão de saída dos terminais das placas fotovoltaicas, e o enviando para a bateria, evitando sua sobrecarga. Ele também bloqueia a corrente inversa, no caso de os terminais da bateria estiverem maiores do que o da placa, ocorrendo assim sua descarga, previne a ocorrência de descargas profundas, importante para baterias de chumbo-ácido, as quais não podem ser descarregadas por completo e evita perda maiores de energia, perda entre 3% a 5%

Figura 4 - Regulador de carga - E-WIRELESS fonte: Edson Luz, 2019



A bateria utilizada foi uma bateria do tipo chumbo-ácido da Planet Battery (Fig. 5), com os terminais de 12V e capacidade de 5A. Para seu carregamento, é recomendando corrente menor igual a 1,5A e tensão entre 14,4 e 15V a 25°C . Esse tipo de bateria possui uma profundidade de descarga de 60%, que é a porcentagem da capacidade nominal que é usada antes de se proceder ao recarregamento da bateria, o que é uma grande desvantagem em relação a baterias do tipo Niquél-Cádmio ou Lítio, cuja profundidade é de 100%. Além que, baterias do tipo chumbo-ácido são muito mais pesadas do que as de Niquél-Cádmio ou Lítio. Porém, em contrapartida, o preço das baterias de chumbo-ácido é muito inferior, o que justifica o uso nesse projeto.

Figura 5 - Bateria Chum-Ácido - Planet Battery fonte: Edson Luz, 2019



A escolha do guarda-sol foi selecionada de acordo com as propriedades do tecido utilizado, como também de seu valor de mercado. Sabe-se que as placas fotovoltaicas, quando em funcionamento, chegam a atingir temperaturas de até 80°C a depender de suas dimensões e potência. Os tecidos de melhor custo benefício encontrados no mercado foram os de poliamida e poliéster. Comparando os tecidos, a poliamida possui uma grande desvantagem em relação ao poliéster quando exposta a luz solar. Um estudo realizado por Saly N. Thomas e C. Hridayanathan (2006), utilizando a fibra de poliamida, constatou que estas são muito suscetíveis à degradação devido à exposição a luz solar, fazendo com que o material de poliéster fosse o que melhor se adapta à este produto. Além disso, o tecido de poliéster é muito durável, sendo resistente à maioria dos produtos químicos, alongamento e encolhimento, resistente a rugas, mofo e a abrasão. É hidrofóbico por natureza e secagem rápida, além de poder ser usado para isolamento por fabricação de fibras ocas. Uma das características marcantes do poliéster é de manter sua forma e, portanto, é bom para fazer roupas ao ar livre para climas difíceis, além de ser facilmente lavado e seco (SABU & VISASH, 2011). O guarda-sol escolhido, conforme pode ser visto na Fig. 6, é feito de poliéster e aplicado um revestimento inferior de “silver coating”, ou revestimento de prata, para assim ajudar a dissipar o calor e tornar a estadia embaixo do guarda-sol mais agradável.

Figura 6 - Guarda-sol Poliéster com “silver coating” fonte: Edson Luz, 2019



Por fim, é preciso realizar a dimensionamento da secção dos cabos em corrente contínua (DC). Para isto, é preciso saber a queda a respectiva queda de tensão. De acordo com a norma NBR 16690, sob condições de carga máxima, recomenda-se que a queda de tensão verificada não seja superior a 3 % da tensão do arranjo fotovoltaico em seu ponto de máxima potência. Podemos então calcular a secção com uso da Eq. (1), sendo:

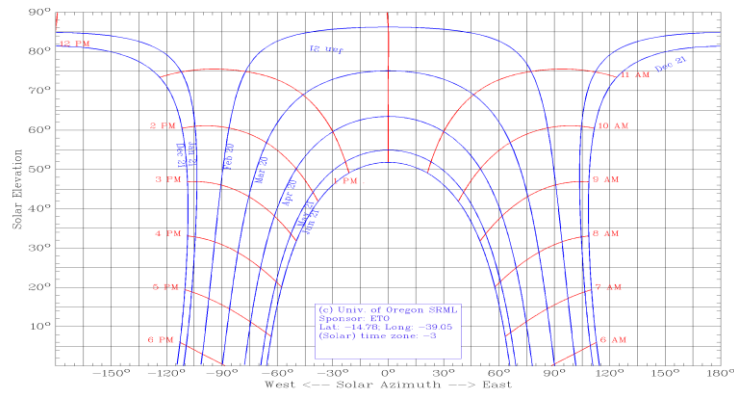
$$S = LP / \sigma.e.U^2 \quad (1)$$

No qual, S representa a secção transversal do cabo em mm², L o comprimento do cabo (positivo e negativo) em m, σ a condutividade eléctrica, em m/Ω·mm², U a tensão de trabalho DC em V, P a potência em W e e a queda de tensão em V.

A energia solar é influenciada diretamente pelo posicionamento das placas fotovoltaicas. Em relação ao posicionamento, deve-se levar em consideração o ângulo azimutal do Sol (α), também chamado azimute solar. É o ângulo entre a projecção dos raios solares no plano horizontal e a direcção Norte-Sul, onde o deslocamento angular é tomado a partir do norte geográfico. Também deve se considerar a inclinação da superfície de captação (β), ângulo entre o plano da superfície em questão e o plano horizontal, que pode variar de 0° a 90°. A relação entre esses dois ângulos se altera

durante todo o ano, a depender da localização geográfica e estação do ano. Através de um programa de monitoramento de radiação solar realizado pela *University of Oregon* (Fig. 7), é possível extrair esses valores, utilizando como referência a localização geográfica do município de Ilhéus-BA, que possui uma latitude igual a $-14,78^\circ$ e longitude de $-39,05^\circ$

Figura 7 - Relação azimute e angulação solar - Solstício de verão, fonte: *Solar radiation Monitoring Laboratory, University of Oregon, 2019*



Para o posicionamento dos painéis fotovoltaicos, a inclinação da superfície ótima, β_{opt} é habitualmente tomada como sendo igual à latitude do lugar, ϕ (CARNEIRO, 2009) e o valor da irradiação recebida nos painéis podem ser calculados através da Eq. (2)

$$I(\beta_{opt}) = I_o / (1 - 4,46 \cdot 10^{-4} \beta_{opt} - 1,19 \cdot 10^{-4} \beta_{opt}^2) \quad (2)$$

No qual, I representa o valor da irradiação. Para uma superfície qualquer, é utilizada a Eq. (3), dada por:

$$I(\beta, \alpha) = I(\beta_{opt}) \times [g_1 (\beta - \beta_{opt})^2 + g_2 (\beta - \beta_{opt}) + g_3] \quad (3)$$

Em que, as variáveis g são referentes a perdas devido a sujidade média na placa. Essas variáveis são calculadas através da Eq. (4).

$$g_i = g_{i1} [a]^2 + g_{i2} [a] + g_{i3} \quad (4)$$

E seus valores podem ser consultados através da tab. (2).

Tabela 2 - Coeficientes para cálculo de irradiação solar, fonte: CARNEIRO (2009)

COEFICIENTE	I=1	I=2	I=3
g_{1i}	$8 \cdot 10^{-9}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$	$-1,218 \cdot 10^{-4}$
g_{2i}	$-4,7 \cdot 10^{-7}$	$8,2 \cdot 10^{-6}$	$2,892 \cdot 10^{-4}$
g_{3i}	$-2,5 \cdot 10^{-5}$	$-1,034 \cdot 10^{-4}$	$0,9314$

Então, para estima-se o valor da energia produzida por um painel fotovoltaico, é preciso fazer primeiro qual a energia idealmente produzida por um dia, através da Eq. (5):

$$E_{ideal} = \Delta t \cdot P_{max}(G, T) \rightarrow dia \quad (5)$$

No qual Δt é o tempo de funcionamento das placas fotovoltaicas, e $P_{max}(G, T)$ é a potência máxima do módulo em função da radiação solar incidente e da temperatura do módulo, em condições normais de temperatura e pressão (CTNP).

A temperatura influencia no rendimento do painel fotovoltaico. N é o valor do rendimento de acordo com a temperatura. Essas condições são dadas pelo fabricante, normalmente, a perda é dada por $\frac{\partial \eta}{\partial T} \approx -0.5\%/^\circ C$. Sendo assim, podemos calcular a eficiência real a partir da equação (6):

$$\eta(T) = \eta^* [1 - 0,005 (T - 25^\circ C)] \quad (6)$$

No qual, η^r representa o valor do rendimento em (CTNP). Designando então $K_T=[1-0,005(T-25^\circ\text{C})]$, podemos reescrever a nossa Eq. (5) da seguinte maneira, Eq. (7).

$$E_{ideal}=K_T \cdot (\Delta t \cdot G/G^r) \cdot P_{max}^r \rightarrow dia \quad (7)$$

Sendo que $\Delta t \cdot G$ representa a energia da radiação global incidente E (Wh/m^2 /dia) e G^r radiação solar incidente nas condições de referência, $G^r = 1000 \text{ W/m}^2$. P_{max}^r é a potência máxima do painel fotovoltaico nas condições de referência. Estes dados são dados pelo fabricante.

Uma forma mais eficiente de realizar estes cálculos, é definindo o conceito de número de horas de sol equivalente, H_s (8). Este conceito nos dá o número de horas equivalentes o qual a placa geraria energia sobre condições de referência em determinada região, com base nos valores da radiação solar incidente presente.

$$H_s=E(\text{Wh/m}^2)/G^r(\text{W/m}^2) \quad (8)$$

Utilizando por exemplo uma região em que a radiação solar incidente por m^2 (E) seja igual a 4000 Wh/m^2 /dia, teremos um número de horas equivalentes igual a 4.

Aplicando a Eq. (8) em Eq. (7), temos que a Eq. (9):

$$E_{ideal}=K_T \cdot H_s \cdot P_{max}^r \rightarrow dia \quad (9)$$

Ao considerar um sistema real, é preciso adicionar a equação (9) as perdas devido a componentes elétricos, como equipamentos de regulação e cabos, responsáveis por maior parte da perda de energia que será entregue a bateria. Caso o sistema possua um inversor, essa perda é algo aproximado de 10%, sendo assim a $\eta_{inv} = 90\%$. O processo de cabeamento (F_c) tem perda de aproximadamente 3%. Sendo assim, é incluído a Eq. (7) o valor total de perdas, demonstrada na Eq. (10).

$$E_{real}=PR \cdot K_T \cdot H_s \cdot P_{max}^r \rightarrow dia \quad (10)$$

Em que PR (11) vem da língua inglesa (“*Performance Ratio*”), representando o índice de desempenho do sistema. É calculado com a multiplicação de todas as perdas no sistema.

$$PR=\eta_{inv} \cdot F_c \quad (11)$$

Pode-se então estimar qual será a energia anual produzida por um painel fotovoltaico através da Eq. (12).

$$E_{real}=PR \cdot \left[\sum_{i=1}^{12} K_{T,i} \cdot n_i \cdot H_{s,i} \right] \cdot P_{max}^r \rightarrow ano \quad (12)$$

Em que i representa o mês do ano, e n o número de dias. Para os cálculos de K_T é utilizado o valor médio de temperatura do respectivo mês.

Para a elaboração desse projeto foram utilizadas duas placas solares de 18V, conforme foi descrito na tabela (1). Inicialmente, é feito a soldagem dos polos negativos e positivos nas placas fotovoltaicas. Essas placas são ligadas em paralelo por emenda de derivação e conectadas a um controlador de carga. Junto ao controlador de carga, temos também a bateria, com diferencial de diferencial de 12V, a qual será recarregada pelas placas fotovoltaicas. Esses apetrechos são acoplados a um guarda-sol, conforme já foi visto na (Fig. 6), com o auxílio de fitas adesivas e fita “*Velcro*” para sustentação. Devido a rigidez das placas, esse protótipo precisa ser montado e desmontado cada vez que for utilizado. O protótipo teste pode ser visto na (Fig. 8).

Figura 8 - Montagem protótipo, fonte: Edson Luz, 2019



A partir desse protótipo teste, é aferido qual a temperatura na base inferior das placas, em intervalos diferentes, com o auxílio de um termômetro Instrutherm TE-400. Um outro ponto analisado é o posicionamento das placas, já que estes interferem diretamente no rendimento. Foram selecionados dois posicionamentos, um ideal, com angulação de aproximadamente 14,5° e outro não ideal, com aproximadamente 33,5° que podem ser vistos na (Fig. 8), sendo a posição ideal a qual as placas estão localizadas na figura.

A partir disto, foi aferido quais os valores da tensão, e corrente das placas em diferentes intervalos de tempo ao longo do dia, como também sua temperatura de funcionamento. Para o cálculo dos valores de energia gerado, foram utilizados os dados de irradiação solar INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, que realiza a coletada de dados diária em diversas localidades do país, sendo Ilhéus uma delas. Com esses dados, foi possível fazer o cálculo e uma comparação com o valor teórico e real da energia total gerada.

Tabela 3 - Ângulos azimutal e elevação solar fonte: Edson Luz, 2019

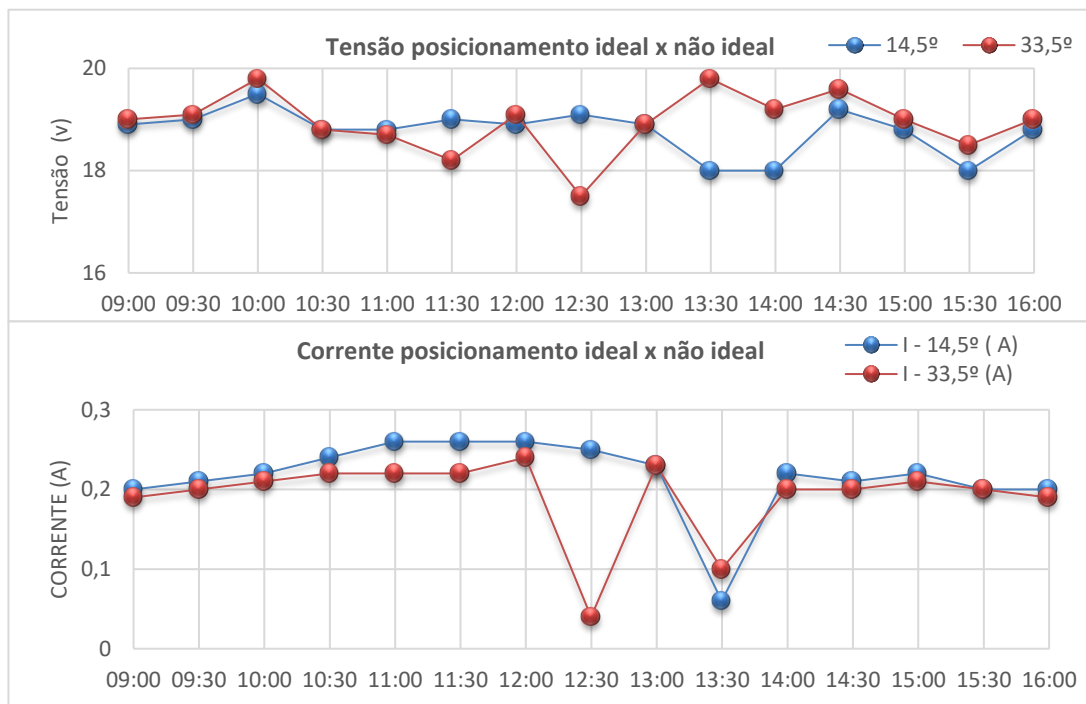
Horário	Azimute solar (rad)	Elevação Solar (rad)
09:00	1,073	0,688
09:30	0,969	0,812
10:00	0,873	0,935
10:30	0,698	1,059
11:00	0,506	1,183
11:30	0,247	1,307
12:00	0,000	1,571
12:30	-0,247	-1,307
13:00	-0,506	-1,183
13:30	-0,698	-1,059
14:00	-0,873	-0,935
14:30	-0,969	-0,812
15:00	-1,073	-0,688
15:30	-1,148	-0,564
16:00	-1,222	-0,524

3. RESULTADOS

Inicialmente, é calculado qual a seção transversal do fio a ser utilizado para o projeto. Com o auxílio da equação (1) e utilizando valores da condutividade elétrica cobre igual a $61,7 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$, tensão de trabalho (DC) igual a 18,2V, corrente de trabalho (DC) igual a 0,276A, potência igual a 5W, queda de tensão igual a 0,546V, comprimento do cabo estimado igual a 10 m, Seria preciso um fio com uma seção transversal de 0,3 mm². Para este projeto, são utilizados cabos de cobre de 1,5mm². Foi realizada a ligação em paralelo, então verificada qual a tensão de circuito aberto (Voc) do arranjo, obtendo o valor de 22,3 V, conforme esperado e de acordo com a tabela (1). O posicionamento inicial das placas é um fator decisivo na geração de energia, pois este determina qual a quantidade de irradiação será recebida pela placa durante seu funcionamento. As placas foram posicionadas de acordo com o norte geográfico terrestre e a partir dele, com auxílio da figura 7 foram extraídos os valores do ângulo azimutal solar e elevação solar. Para simplificação de contas, foi considerado o posicionamento médio entre as placas, de forma que as placas fossem equidistantes a esta posição inicial. É possível observar que as no horário de 12:00 h, o ângulo azimutal é igual a 0 e a elevação solar igual a 90° ou 1,571 radianos. Resultados são vistos na tab. (3).

Foram considerados dois tipos de provisionamentos, um ideal, cujo valor é de 14,5°, se aproximando a latitude do município de Ilhéus-Ba o que teoricamente garantirá um maior valor para os valores de irradiação recebidos para a placa, e outro de 33,5°, sendo esse não ideal. Como base nisto, foram realizadas medições dos valores de tensão e corrente em intervalos de tempo iguais a 30 minutos no dia 26 de abril de 2019, apresentados na Fig. (9) consideração essas duas posições.

Figura 9 - Resultados testes práticos fonte: Edson Luz, 2019



Com os dados experimentais obtidos, é possível calcular qual será a energia gerada por esse sistema e assim compará-la com o valor teórico, ressaltando que picos repentinos ocorreram devido a presença de nuvens durante a medição, o que reduz drasticamente o potencial energético das placas fotovoltaicas devido ao sombreamento. O valor de irradiação local foi obtido pelo INMET. Com o auxílio da Eq. (3) e os valores da tabela (3) foi possível calcular quanto de irradiação estava sendo recebida por cada painel fotovoltaico, que obtivemos como resultados o esperado que as placas quando posicionadas no posicionamento ideal obtiveram maiores valores de irradiação quando comparadas com as placas que ficaram em posições não ideais. Os resultados para os valores de irradiação obtidos estão descritos na tab. (4).

Tabela 4 - Índices de irradiação solar fonte: Edson Luz, 2019

Horário	Irradiação Instantânea (W/m ²)	Irradiação (14,5°) (W/m ²)	Irradiação (33,5°) (W/m ²)
09:00	1,74	1,62	1,51
09:30	53,48	49,81	46,40
10:00	105,22	98,00	91,28
10:30	188,40	175,47	163,43
11:00	271,58	252,93	235,56
11:30	346,35	322,55	300,38
12:00	421,11	392,13	365,15
12:30	472,08	439,64	409,43
13:00	523,06	487,13	453,68
13:30	570,56	531,39	494,91
14:00	618,06	575,65	536,15
14:30	571,81	532,59	496,06
15:00	525,56	489,53	455,96
15:30	537,36	500,53	466,22
16:00	549,17	511,53	476,47

A partir dos valores de irradiação e calculando qual o fator de perda devido a temperatura ambiente, através da equação (6) e então aplicado na equação (10), e aplicando as perdas de 3% devido ao cabeamento e 3% devido ao controlador de carga. Esses resultados podem ser vistos na tab. (5).

Tabela 5 - Produção total de energia fonte: Edson Luz. 2019

Hora	T. Amb.(°C)	Fator perda	E. Produzida Teórica (W)	E. Produzida Real 14,55°(W)	E. Produzida Real 33,55° (W)
09:00	22,8	0,48	0,0042	0,0028	0,0028
09:30	22,8	0,48	0,1284	0,0964	0,0923
10:00	22,9	0,48	0,2525	0,2039	0,1976
10:30	23,2	0,48	0,4522	0,3839	0,3519
11:00	25	0,48	0,6518	0,5995	0,5046
11:30	26,1	0,47736	0,8267	0,7685	0,6229
12:00	28	0,47280	0,9955	0,9206	0,8587
12:30	29	0,47040	1,1103	0,9977	0,1463
13:00	29,7	0,46872	1,2258	1,0028	1,0028
13:30	29,8	0,46848	1,3365	0,2716	0,4980
14:00	30	0,46800	1,4463	1,0777	1,0451
14:30	29,5	0,46920	1,3415	1,0178	0,9895
15:00	29,1	0,47016	1,2355	0,9616	0,9276
15:30	28,4	0,47184	1,2677	0,8588	0,8827
16:00	27,5	0,47400	1,3015	0,9209	0,8842
Energia total produzida em W			13,582	10,0844	9,0069

Utilizando esse sistema com apenas duas placas e considerando que um celular Moto G4, que possui bateria com potencial igual a 3,8V a capacidade de 2685mA, o consumo total de energia seria igual a aproximadamente 10W, capacidade igual a gerada pelo sistema teste em 1 dia. E para a recarga da bateria que possui como diferença nos terminais um potencial de 12V e capacidade de 5A, o que totaliza um total de 60W, seria necessários 6 dias para recarga completa.

4. CONCLUSÕES

Este projeto teve como base o estudo e compreensão de como se dá o funcionamento de placas fotovoltaicas, propondo o uso de duas placas fotovoltaicas de baixa potência para a criação de protótipo capaz de realizar a recarga de um celular. Os resultados desse projeto mostraram que com apenas duas placas é possível fazer a recarga de um celular, embora esse sistema não seja o ideal por não possuir grande eficiência. O posicionamento é muito importante para definir qual a quantidade de energia a ser gerada pelas placas. A diferença ao utilizar as placas em relação ao posicionamento 1, de 14,5° e ao posicionamento 2, de 33,5° chega a causar uma diferença de 11% no valor total de energia produzido. Caso o guarda-sol portasse de mais placas, sendo uma placa por cada aba do guarda-sol, totalizando um total de seis placas, esse valor subiria para aproximadamente 33%. O mercado de energia solar é um mercado promissor e vem ganhando mercado, sendo cada vez mais utilizado em residências e algumas outras aplicações como uma fonte de energia elétrica. O protótipo ainda pode sofrer inúmeras melhorias, as quais aumentariam a sua eficiência, como a utilização de placas solares maiores, flexíveis e de maior potência, como também um guarda-sol maior com maior área de superfície e uma bateria de maior amperagem feita de lítio, possuindo um menor peso, modificações as quais podem ser implementadas futuramente. Entretanto, o projeto demonstra-se promissor, sendo uma alternativa para seu uso em campos abertos, clubes, restaurantes que possuam uma área ao ar livre, parques, oferecendo assim a possibilidade de recarga de aparelhos portáteis, além de também um conforto com a proteção contra o sol oferecia pelo guarda-sol.

5. REFERÊNCIAS

- ANEEL, 2018. Matriz de energia elétrica. 18 Dez 2018 <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>.
- BRASIL, 2018. NBR 16690. Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto. ABNT.
- CARNEIRO, J., 2009. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Universidade do Minho. Guimarães, Portugal.
- FADIGAS, E., 2004. Energia solar fotovoltaica: fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica. GEPEA-USP, São Paulo.
- KEY WORDS ENERGY STATIC., 2016. Consumo total de energia mundial (adaptado). International Energy Agency.
- SABU, T.; VISASH P.M., 2011. Handbook of Engineering and Specialty Thermoplastics, Volume 3: Polyethers and Polyesters. Scrivener.
- SOARES, Y., 2018. Consumo global de energia deverá crescer mais de 25% até 2040. 10 Dez 2018 <https://www.aecweb.com.br/cont/n/consumo-global-de-energia-devera-crescer-mais-de-25-ate-2040_18170>
- SOLAR RADIATION MONITORING LABORATORY. 26 Dez 2018 <<http://solardat.uoregon.edu/>>. University of Oregon, Eugene.
- THOMAS S.; HRIDAYANATHAN C., 2006. The effect of natural sunlight on the strength of polyamide 6 multifilament and monofilament fishing net materials. Science Direct, Vol 81, p 326-330, junho,

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.