

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE BAIXA POTÊNCIA PARA ANÁLISE EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: Um estudo de caso

Nathalia Fernandes Viveiros
Graduanda em Automação Industrial pela Fatec Bauru
E-mail: nathalia.viveiros@fatec.sp.gov.br

Orientador: José Rodrigo de Oliveira
Engenheiro eletricista. Mestre em Engenharia Elétrica - Automação
Docente da Fatec Bauru
E-mail: jose.oliveira45@fatec.sp.gov.br

RESUMO:

Nesta presente pesquisa abordará sobre geração de energia por mais que baixo consumo de um painel solar, para que possamos entender princípios de funcionamentos do sistema fotovoltaico, suas aplicações, estrutura, benefícios, quais problemas possam apresentar e formas de soluções, assim permitindo ser um meio de formar um sistema híbrido e eficiente. O tema sobre eficiência energética encontra-se em uma crescente visto a problemas e crises passadas anteriormente, ao conjunto para tentar solucionar ou amenizar estes efeitos, vem somando a buscar por fonte renováveis e limpas de geração de energia, a fim de reduzir o consumo de combustíveis que possam sanar ou faltar por períodos. Por tanto, desenvolve estudos para mensurar seus prós e contras nas aplicações de energia eólica, fotovoltaica, biomassa e alguns outros meios utilizados. A fim de aprimorar este trabalho obterá o desenvolvimento de um sistema eletrônico para que possa coletar dados sobre a célula fotovoltaica utilizada para alimentar a carga no caso dois ventiladores de baixo consumo, além de aplicar um método de implementar a plataforma do Microsoft excel junto aos seus recursos de ferramentas para apresentação das informações. Para isso será colocado em situações com mudanças climáticas ao longo do dia, sujidades como poeira e assim analisar seu desempenho a essas adversidades, pontuar a importância de limpezas periódicas e manutenções, garantindo a qualidade e eficiência do sistema fotovoltaico.

Palavras-chave: Eficiência; Fotovoltaico; Análise; Alternativa; Limpeza.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao posicionamento geográfico do país, o torna favorável à exposição aos índices de radiação, sendo um dos itens para que fique adepto a geração de energia fotovoltaica no Brasil. Assim, segundo ao Absolar (2024), isso permite que o Brasil avance cada vez mais para outras formas de geração de energia renováveis, junto a grupos que empenham o trabalho de aprimoramento de técnicas de instalação com projetos, vendas de materiais, análise de eficiência energética e garantindo qualidade ao apresentado assunto.

Em relação aos números de resultados apresentados pela Absolar (2024), o ano de 2023 houve uma produção de 36GW e a pretensão para 2024 estima-se valor aproximado de 45,5GW, visto que o Brasil conta com 89,9 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica e somente 3,2 milhões beneficiadas pela geração solar distribuída, conforme ANEEL.

Embora encontra-se alguns percalços no caminho, pelos comentários a publicação do Absolar (2024), apontam problemas anteriores como a informalização de empreendedores no início das atividades e a busca por capacitação profissional, visto que há necessidades de serviços a serem prestados como limpeza de painéis solares, manutenções preventiva e corretiva do sistema e mais alguns tópicos a serem apurados.

Com a implantação de sistema de energia renovável em especial a fotovoltaica, sendo o tema abordado no desenvolvimento no presente estudo, há outras plataformas que abordam sobre o mesmo assunto, empregando outras formas de metodologia, como, o nível de potência a ser utilizado, o local e os métodos para análise e obtenção de dados.

Por tanto, este projeto agregado ao uso da plataforma de desenvolvimento Arduino e alguns sensores para a captação de dados, mostrará uma pesquisa sobre eficiência energética em um painel solar de menor potência, sendo para fins didáticos, e apresentando como as variações climáticas e resíduos de sujeiras podem impactar na captação da irradiação solar e consequentemente, influenciando no seu desempenho em converter para energia elétrica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Surgimento do painel fotovoltaico

Conforme informações Cresesb (2006), deu-se início a energia solar no ano de 1839, ao ver o efeito da radiação solar, por um físico francês chamado Alexandre Edmond Becquerel. Passado esse primeiro período da descoberta sobre o como a radiação solar pode impactar onde incide, em 1954 apresentou-se a primeira célula fotovoltaica por Russell Shoemaker Ohl, com auxílio em conjunto de cientistas do laboratório Bell Labs, sendo composta por material de silício e assim patenteando o seu desenvolvimento.

2.2 Efeito fotovoltaico

A forma como um painel solar capta a radiação solar e transforma em energia elétrica, que se pode empregar em diversos segmentos, acontece devido ao material semicondutor, no caso o silício, o mais usual na construção

de painéis solares. Com a sua junção PN (prótons e nêutrons), a maneira como os elétrons transitam, criam o campo elétrico e, quando exposta a fótons de maior energia, cria-se lacunas e ao ser diferente de zero, será acelerada a carga e assim gerando corrente elétrica e consequentemente obtém-se uma DDP (diferença de potencial), sendo o efeito fotovoltaico. Cresesb (2006).

Além do material semicondutor utilizado no painel solar, encontra-se diferentes tipos de construção da célula fotovoltaica. Há também formas de projetar as ligações para funcionamento do sistema, sendo em serie ou paralelo. Então, conforme pesquisa apresenta por Lima; Carvalho (2023), mostra-se modelos de painéis existente no mercado, como Silício monocristalino (m-Si) figura 1 e silício policristalino (p-Si) figura 2. Vale ressaltar que isso impacta na captação e conversão para geração de energia elétrica.

Figura 1- Painel Monocristalino



**Mono-Crystalline
Solar Cell**

Figura 2- Painel policristalino



**Poly-Crystalline
Solar Cell**

Autor: Quora

Embora a célula fotovoltaica possua capacidade em gerar energia elétrica, deve-se ficar atento aos fatores ambientais que possam influenciar no fator de captação da radiação solar e consequentemente reduzindo o ganho do painel como em dias nublados, dias chuvosos, sujeidade de poeira, fuligem e fezes de aves. Segundo dado obtido no site da WEG, pode chegar a uma redução de 25% no desempenho do sistema, fora a danos físicos que possam ocorrer no painel solar. Figura 3, mostrará um painel sujo.

Figura 3 – Representação painel sujo



2.3 Eficiência energética

Buscando na linha do tempo e conforme informado pelo Ministério de Minas e Energia em 1970, o Brasil enfrentou a crise do petróleo e assim criando um alarme para que se encontre formas de conscientizar a população sobre o uso consciente de energia, a modos de solucionar problemas com desperdício.

Caminhando mais um pouco em 1981 o governo lança o Programa Conserve no MME, para melhorar eficiência energética na indústria. Alguns anos depois em 1984 em parceria com Inmetro, aplicou-se o plano de etiquetagem com o intuito de informar o consumidor a eficiência de seu equipamento eletroeletrônico e quanto isso impactará em sua conta de energia ao final do mês.

Com a procura de melhorar o consumo de energia elétrica, ocorrerão investimentos por meios alternativos de geração mais limpa e renovável no Brasil. Por informações adquiridas no site da empresa ABB, o país pretende alcançar até o ano de 2030 o objetivo número 7 da lista da ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável), sendo de produzir energia limpa e acessível a toda sociedade, mostrando aumento de 29,4% para usinas fotovoltaicas.

2.4 Normas técnicas

Tratando de um sistema alternativo para a geração de energia, para que se possa aplicar de forma correta, garantindo o desempenho da placa e atinja o resultado esperado, aplica-se o estudo de normas afim de orientar sobre os procedimentos, cuidados e riscos.

Com a ABNT NBR 16274:2014, aborda sobre o tema de conexão do sistema fotovoltaico à rede de energia aos requisitos mínimos para a documentas, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

Já a NBR 5419-1:2015, explica sobre a proteção contra descarga elétricas, a fim de proteger os sistemas contra raios elétricos, pessoas e elementos contra descarga elétrica.

Segundo o site da WEG, ao citar sobre a norma, mostra-se que caso ocorra de uma placa ser atingida por uma descarga elétrica, seu sistema possa reduzir a sua eficiência.

Para a Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos, aplica-se a NBR 16690, sendo de grande relevância visando a estrutura de montagem do sistema, sobre como será feito o arranjo, a instalação e a acomodação dos condutores assim garantindo a qualidade para que não danifique o sistema.

Fora estas normas utilizadas ao sistema fotovoltaico, implementa-se normas gerais como, NR-10 sobre segurança das instalações e dos serviços com eletricidade, NR-35 antecipação de riscos e de trabalhos em altura.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Desenvolveu-se um circuito eletrônico para que possa realizar análise de eficiência energética diretamente do painel solar para carga a ser alimentada com corrente contínua, sem a conversão para alternada.

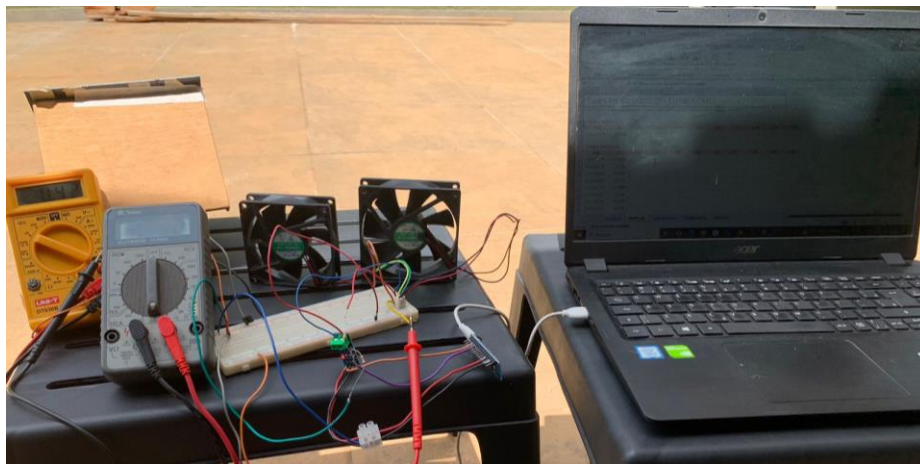
Utilizado o Arduino para que seja possível emular na própria planilha de dados do Microsoft Excel e assim apurar valores sobre estado de sua eficiência energética.

3.1 Lista de materiais

- 1 – Arduino Nano;
- 1 – Sensor ACS 712 para corrente elétrica até 5A;
- 1 – Divisor de tensão com resistores de 27K Ohm e 8,2K Ohm;
- 1 – Paine Solar 12v/250mA DC;
- 1 – Cooler 12Vdc/0,16Adc;
- 1 – Cooler 12Vdc/0,08Adc;
- 1 – Multímetro Minipa modelo ET-2030A.

Conforme descrito na lista de materiais, abaixo obtemos a figura 4 demonstrando a forma de execução para estudo.

Figura 4 – Montagem do sistema



Autor: Arquivo pessoal

3.2 Desenvolvimento do firmware

Linguagem de programação utilizada para esse estudo foi C++, alinhado a interface do Arduino IDE. Esse firmware fará a função de captar dados, através dos sensores, a tensão e corrente contínua (DC) gerada pelo painel solar que alimentará o circuito com 2 ventiladores DC (cooler), para assim simular a eficiência energética de quando ocorre alterações climáticas que incide sobre o sistema fotovoltaico.

Já a potência, foi um incremento ao programa para realizar o cálculo de consumo do aparelho. Abaixo teremos a descrição do firmware.

```
int ACS712 = A0;//Porta de leitura ACS712
int tensaoDC = A1;//Porta de leitura tensão DC

float Amps = 0;//Variavel que armazena a leitura da corrente
float valorCorrente = 0;//Variavel que fara a leitura da corrente
```

```

float sensibilidade = 0.185;//Valor de sensibilidade do ACS712 5A. A cada 1A varia
0.185mV/A
float voltsporUnidade = 0.004887586;//Constante do ADC 5/1023=0.004887586
float desvioACS712 = 0.045;
float valortensaoDC;//Variavel leitura da porta A1
float mediaTotalTensaoDC = 0;//Media da amostragem da tensão
float volts;//Valor após conversão da média
float Potencia = 0;//Variavel para o calculo da potência

float R1 = 27000.0;//Divisor de tensão para leitura do sinal
float R2 = 8200.0;//Divisor de tensão para leitura do sinal

int sensorValue_aux=0;//Variavel auxiliar para o calculo de corrente
int amostragem = 1000;//Declara a media para amostragem

void setup(){
  Serial.begin(9600);//Inicializa a comunicação serial
  pinMode(ACS712, INPUT);//Leitura ACS712
  pinMode(tensaoDC, INPUT);//Leitura Tensão
  delay(10);
}

void loop(){
  //Calculo da potência
  Potencia = 0;
  Potencia = volts * valorCorrente;
  //delay(1);

  //Calculo da tensão
  volts = 0;
  mediaTotalTensaoDC = 0;

  //Calculo da corrente
  Amps = 0;
  for(int i=0; i<amostragem; i++){
    //Faz leitura do sensor porta A0 e ajusta o valor. 1023/2=511,5 ~512. para corrente=0A
    sensorValue_aux = (analogRead(ACS712)-514);
    Amps += sensorValue_aux;
    //delay(1);

    valortensaoDC = analogRead(tensaoDC);//Leitura do valor na porta A1. Variação de 0 a
    1023.
    valortensaoDC = (valortensaoDC*voltsporUnidade);//Calculo com a resolução de ADC.
    mediaTotalTensaoDC = mediaTotalTensaoDC + (valortensaoDC / (R2/(R1+R2)));//Calculo
    divisor de tensão
    //delay(1);
  }
  delay(5000);
  //Calculo da corrente media
  Amps = (Amps/amostragem)*voltsporUnidade;//Para medir a corrente DC
  valorCorrente = (Amps/sensibilidade);//Calcula a corrente conforme a sensibilidade
  declarada do sensor = 0.185mV/A

  if (valorCorrente <= desvioACS712){
    valorCorrente = 0;
  }
}

```

```

volts = mediaTotalTensaoDC / amostragem;

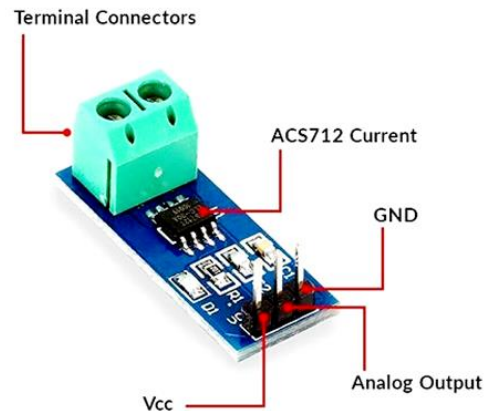
//Leitura de corrente no Monitor Serial
Serial.print(valorCorrente);
Serial.println("A");
Serial.print(",");
//Leitura de tensão no Monitor Serial
Serial.print(volts);
Serial.println("V");
Serial.print(",");
//Leitura de potência no Monitor Serial
Serial.print(Potencia);
Serial.println("W");
Serial.print(",");
}

```

3.3 Componentes eletrônicos utilizados

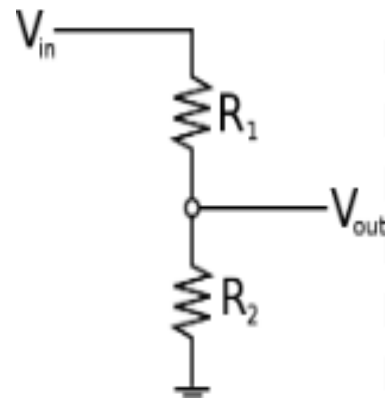
Para a captação da corrente elétrica, associa-se em série o sensor de corrente ACS712 no circuito eletrônico. Já o divisor de tensão utiliza-se para medir a tensão consumida pelo painel solar. Ambos utilizam um multímetro de forma independente conectada ao circuito para aferição dos dados obtidos e realizar a comparação ao firmware desenvolvido na plataforma Arduino IDE. Nas figuras 5 e 6 demonstra a forma de conexão dos sensores.

Figura4-Sensor de corrente ACS712



Autor: Usinainfo

Figura 5- Divisor para leitura de tensão

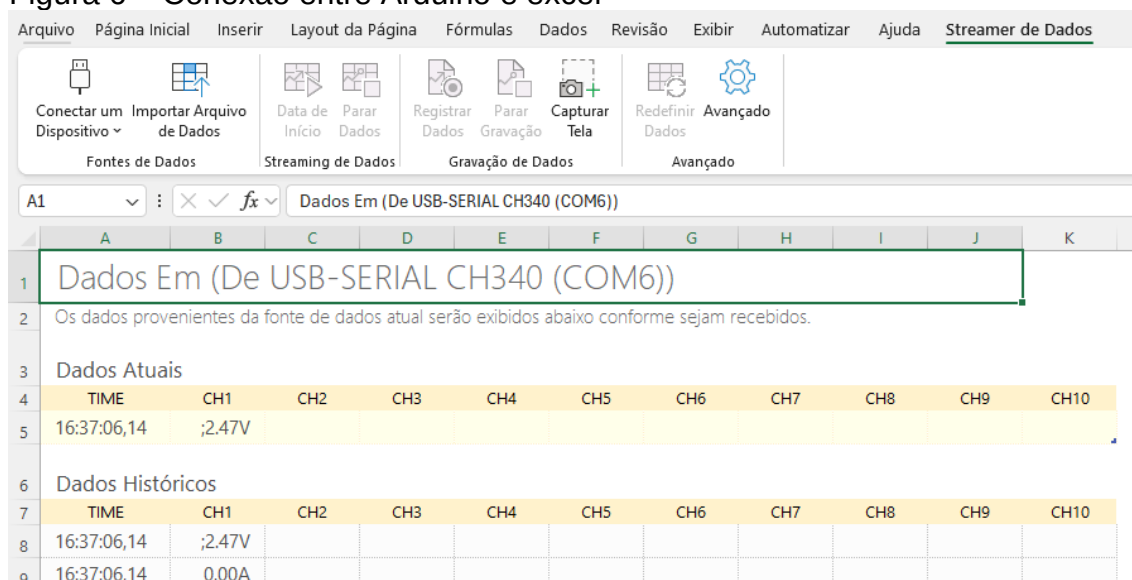


Autor: BR-Arduino.org

3.4. Conectando Arduino no Excel

Nesta pesquisa aliamos o Excel para obtenção de dados em tempo real, como serial monitor, tendo em vantagem o uso das demais ferramentas presentes ao emular o programa desenvolvido no Arduino. Na figura 6, mostrará como fica ao acessar o streamer de dados do Microsoft Excel.

Figura 6 – Conexão entre Arduino e excel



Fonte: Arquivo pessoal

Para utilizar a função de streamer de dados, devemos habilitá-la dentro do menu de suplementos do software Microsoft Excel, e a explicação deste passo a passo encontra-se disponível no site oficial da Microsoft, incluindo dicas de como desenvolver o firmware e algumas tabulações de uso.

Após configuração da página, devemos conectar o Arduino ao computador com um cabo USB, e na aba de dados, clicar em conectar um dispositivo. Após selecionar a porta COM em que o Arduino se comunicou, devemos selecionar a data de início, e assim, inicia-se o processo de coleta de dados em tempo real, podendo até mesmo incluir ferramentas de gráficos do Excel.

3.5. Fórmula de cálculos utilizados

Para cada obtenção de dados no firmware, utiliza-se alguns métodos para cada variável presente no estudo.

- Cálculo de corrente: O sensor de corrente ACS712, também conhecido como sensor de efeito hall ou campo magnético, utiliza-se deste princípio para captação do sinal. Sendo assim, realiza a leitura com a variável Amps, e em seguida aplica-se o cálculo de corrente média, obtido através de uma faixa de amostragem e apurando a precisão do resultado. O valor obtido devemos dividir pelo valor da sensibilidade, preestabelecido pelo fabricante do sensor, sendo em milivolts (mV).

- Cálculo de tensão: No circuito eletrônico, foi construído um divisor de tensão para obter o valor nesta unidade de medida. Visto que o microcontrolador Arduino possui determinado limite de 5VDC de tensão aplicada em sua porta de leitura, sendo que o painel solar utilizado pode chegar até 12VDC.
- Cálculo da potência: aplicando os princípios básicos da elétrica/eletrônica, cujo encontramos em livros didáticos como Eletrônica de Potência escrito pelo professor Ivo Barbi, a fórmula da unidade de medida potência se dá por: $P = V * I$. Onde, multiplicamos os sinais obtidos de tensão (V) pela corrente (I).
- Eficiência energética: Ao calcular o consumo de um equipamento utilizamos a fórmula $P * T = Wh/dia$. Ou seja, quando multiplicamos a potência pelo tempo de uso do equipamento no dia, obtemos o resultado de watts-hora por dia.

4. RESULTADOS

Com o decorrer do dia, coletou-se dados da produção de energia pelo painel solar em determinados horários e situações que o tempo proporcionou para análise. Foram feitas aferições em horários com maiores incidências de raios solares, são eles: sol parcial da manhã (10h), sol após 12h e sol após 16h.

Também foi possível obter resultados com a variação do sol, sendo nuvens sobre o painel com tempo nublado e uma simulação de condição do painel com sujeita (terra).

Teremos a apresentação desses dados em forma de tabelas, sendo informações como: horário, tensão sobre o painel solar, corrente elétrica e potência para o instante aferido.

- Caso 1- Sol parcial da manhã, onde possui menor incidência dos raios solares, mesmo com painel sem sombra.

SOL PARCIAL DA MANHÃ			
HORA	TENSÃO (V)	CORRENTE(A)	POTÊNCIA(W)
10:04:52	0	0	0
10:04:58	2.40	0.15	0.36
10:05:03	9.25	0.16	1.48
10:05:08	10.89	0.14	1.52
10:05:13	10.84	0.15	1.63
10:05:19	10.37	0.15	1.56
10:05:24	10.60	0.15	1.59
10:05:29	10.90	0.15	1.64

Figura 7- Sol parcial da manhã



Fonte: Arquivo pessoal

- Caso 2 – Nesse momento, o painel foi colocado sobre a sombra no mesmo momento em que obtenha o sol parcial da manhã, nota-se ainda mais a redução dos raios solares diretamente ao painel, consequentemente há menor produção de energia no momento.

SOL E SOMBRA			
HORA	TENSÃO (V)	CORRENTE(A)	POTÊNCIA(W)
10:09:01	0	0	0
10:09:06	4.33	0.06	0.26
10:09:11	4.03	0.06	0.24
10:09:16	4.29	0.06	0.26
10:09:22	3.54	0.05	0.18
10:09:27	4.74	0.07	0.33
10:09:32	3.52	0.05	0.18
10:09:38	3.41	0.06	0.20

Figura 8- Sol e sombra



Fonte: Arquivo pessoal

- Caso 3 – Nota-se que o painel estando exposto ao sol, passa-se nuvens sobre ele, gerando a sombra. Há redução na produção de energia, porém menor que o painel totalmente sobre a sombra, como relatado no caso 2.

SOL E NUBLADO			
HORA	TENSÃO (V)	CORRENTE(A)	POTÊNCIA(W)
10:13:11	0	0	0
10:13:16	10.07	0.11	1.12
10:13:21	10.01	0.10	1.00
10:13:26	10.05	0.11	1.10
10:13:32	10.05	0.11	1.10
10:13:37	10.04	0.11	1.10
10:13:42	10.05	0.11	1.10
10:13:48	10.05	0.11	1.10

Figura 9-Sol e nublado



Fonte: Arquivo pessoal

- Caso 4 – Logo após o meio-dia, com nova coleta, percebe-se aumento na sua eficiência, visto que momento de maior incidência de raios solares, fazendo com que o painel produza mais energia e obtendo melhor desempenho em relação aos demais horários.

SOL APÓS 12H			
HORA	TENSÃO (V)	CORRENTE(A)	POTÊNCIA(W)
13:33:34	0	0	0
13:33:39	8.21	0.13	1.07
13:33:44	11.35	0.17	1.93

13:33:49	12.56	0.17	2.14
13:33:55	12.97	0.17	2.20
13:34:00	12.65	0.17	2.15
13:34:05	12.10	0.16	1.94
13:34:11	11.28	0.16	1.80

Figura 10- Sol após 12h



Fonte: Arquivo pessoa

- Caso 5 – Análise com o sol após as 16h, quando ocorre a queda da incidência dos raios solares, em relação ao horário do dia. Nota-se a redução na geração de energia pelo painel solar.

SOL APÓS AS 16H			
HORA	TENSÃO (V)	CORRENTE(A)	POTÊNCIA(W)
16:36:28	0	0	0
16:36:34	2.50	0.00	0
16:36:39	2.47	0.00	0
16:36:44	2.47	0.00	0
16:36:50	2.46	0.00	0
16:36:55	2.46	0.00	0
16:37:00	2.46	0.00	0
16:37:06	2.47	0.00	0

Por tanto, além dos dados obtidos com a coleta ao decorrer da pesquisa, houve o desenvolvimento de um circuito eletrônico para a realização das aferições. O emprego do ACS712 tem suas particularidades visto seu nível de sensibilidade impactando na leitura da corrente. Caso o sensor obtivesse um nível abaixo de 50mA, não se torna possível a leitura do sistema, como mostrado no horário após as 16h ou com sujidade sobre o painel.

Houve bastante períodos chuvosos durante a pesquisa, por tanto, o painel não havia a capacidade para geração de energia e assim, mostrando um ponto crítico ao adotar deste sistema como geração de energia principal, caso não associado a outro meio como híbrido.

Pensando no caso deste estudo com painel de baixa potência, com cálculo aplicado ao consumo da carga, sendo os ventiladores, encontramos valor de 2,88W, e por tanto, colocando em sistema a fim de suprir esta demanda a sua eficiência energética deverá ser superior a 2,88Wh/dia e assim ter rendimento da energia solar e tornando-a suficiente, caso contrário poderá ter prejuízos visto o investimento necessário para seu bom emprego, apondo a sistemas maiores e dependentes da concessionária de energia elétrica.

6. CONCLUSÃO

Através deste estudo pode-se entender sobre princípios de funcionamento de painel fotovoltaico, até mesmo coletar dados para demonstração de valores na pesquisa, sendo de menores proporções se comparado a grandes sistemas fotovoltaicos instalado a fim de obter forma alternativa e limpa para geração de energia elétrica.

Com esta breve análise em sistema de baixa potência, encontra-se diferentes resultados devido as variações na taxa de incidência solar sobre o painel solar ao decorrer do dia, sendo algo comum pelo recurso de geração empregado o fator do clima.

Por mais que possa ser empregado o uso de painel solar para montar sistema de geração de energia renovável, o aconselhável seria o estudo geral sobre o local, clima, material a ser utilizado, cálculos de consumo, infraestrutura necessária e o investimento de capital em relação ao retorno que obterá com o tempo, além de manter manutenções periódicas de limpeza e caso algo danifique.

7. REFERÊNCIAS

ABB, Eficiência energética residencial: saiba o que é e como calcular. Disponível: <<https://loja.br.abb.com/blog/post/eficiencia-energetica-residencial-como-calcular#:~:text=Para%20calcular%20o%20consumo%20de,o%20valor%20entrado%20por%201.000.>>

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. 2024: Crescimento do setor solar e desafios da profissionalização. Disponível: <<https://www.absolar.org.br/artigos/crescimento-do-setor-solar-e-desafios-da-profissionalizacao/>>

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. 2024: O ano da energia solar no Brasil. Disponível: <<https://www.absolar.org.br/noticia/https-www-modaisemfoco-com-br-noticias-2024-o-ano-da-energia-solar-no-brasil/#:~:text=Para%202024%20o%20segmento%20solar,pautados%20no%20crescimento%20do%20setor.>>

Carvalho, A. et al. Estudo de energia utilizando células fotovoltaicas. Disponível: <https://wcti.fb.utfpr.edu.br/anais/individuais/2023/3_25_anais.pdf>

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Energia Solar – Princípios e Aplicações. Disponível: <https://cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>

Microsoft. Connecting Serial devices. Disponível: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/education/data-streamer/connecting-serial-devices>>

MME, Plataforma quem é quem da eficiência energética no Brasil. Disponível: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/quem-e-quem>>

WEG, Entenda como funciona a manutenção do sistema de energia solar. Disponível: <<https://www.weg.net/solar/blog/entenda-como-funciona-a-manutencao-do-sistema-de-energia-solar/#:~:text=Caso%20n%C3%A3o%20esteja%20limpo%2C%20o,at%C3%A9%20mesmo%20fuligem%20nesses%20pain%C3%A9is.>>

WEG, Normas técnicas para a instalação de painéis fotovoltaicos. Disponível: <<https://www.weg.net/solar/blog/normas-tecnicas-para-instalacao-de-paineis-fotovoltaicos/>>

