

VARIÁVEIS CLIMÁTICAS QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS.

Francisco Felinto de L. Neto^{1*}, Luzianne Galvão Pimenta², Wilker Fernandes Soares¹, Ianna Mirelly D. da Costa¹, Weverson da Silva Neri¹, Edna Lucia da Rocha Linhares³

1. Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - Campus Caraúbas, Estudante de Engenharia Civil na UFERSA - Campus Caraúbas.
2. Estudante de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela UFERSA - Campus Caraúbas.
3. Prof.^a da UFERSA - Campus Caraúbas, Departamento de Ciência e Tecnologia/Orientadora.

Resumo

O objetivo deste estudo foi identificar as variáveis climáticas que afetam o desempenho das placas fotovoltaicas. Os arranjos foram submetidos a um cronograma de manutenções de limpeza com uma periodicidade que variaram de 30 dias a 60 dias e a testemunha (sem manutenção). A radiação solar e a umidade do ar são o que mais interfere no rendimento das placas solares. A precipitação das chuvas afeta intensamente na geração de energia, pois o tempo fica mais úmido, ocasionando reflexão, difração ou refração dos fótons (partículas de luz solar) que tendem a diminuir a incidência nas placas fotovoltaicas. A temperatura por sua vez afeta negativamente o rendimento das placas, todavia é um mal necessário visto que geralmente maiores temperaturas vêm atrelada a maiores taxas de radiação solar. A velocidade dos ventos ajuda bastante na redução da temperatura das placas solares, todavia é preciso que essa velocidade seja constante, para que as placas tenham melhor rendimento nominal.

Palavras-chave: Energia solar; Fatores Climáticos; Rendimento.

Introdução

De acordo com Santos (2009), a sustentabilidade ambiental é um dos temas mais debatidos na atualidade. Fóruns mundiais discutem frequentemente a utilização dos recursos naturais e sua preservação para gerações futuras. Tais debates enfocam também a preocupação com o modo de produção de energia, que é um elemento significativo de degradação ambiental e, ao mesmo tempo, a base da evolução tecnológica humana.

O vento é uma variável que tem o papel de bastante influencia na redução da temperatura do modulo, e consequentemente, aumenta a eficiência do sistema.

A energia solar mais conhecida é a fotovoltaica que é obtida a partir de painéis solares fotovoltaicos. Segundo Machado e Miranda (2015), esses painéis são componentes essenciais nos sistemas de energia fotovoltaica. Para Teske (2013), os painéis captam luz solar e transformam radiação em energia e podem ser conectados na rede elétrica, transformando energia solar em energia contínua, dispensando o uso de baterias e gerando eletricidade com características usuais do mercado.

Inúmeras pesquisas já foram realizadas em diversos modelos para buscar uma melhor previsão do desempenho do módulo fotovoltaicos sujeito a variações climáticas, mas um fator que é deixado de lado é a interferência dos ventos.

Segundo Araújo (2016), as precipitações pluviométricas ajudam bastante na limpeza das placas e com a continuidade destas, pode chegar a ser desprezível a quantidade de sujeira.

É interessante ressaltar a influência causada pela temperatura, pois o que se imagina é que quanto maior for a temperatura local, maior será os ganhos de energia, todavia essa abordagem não é totalmente valida, pois uma célula fotovoltaica somente consegue aproveitar 15 % da irradiação solar que é convertida em energia elétrica, enquanto o restante é convertido em calor (TEO; LEE; HAWLADER, 2012 apud COMERIO, 2019).

Uma das variáveis mais importantes na geração de energia útil de uma placa solar é a influência da umidade, que segundo Cantor (2017), nada mais é que o número de partículas de água no ar em um determinado ambiente.

Assim, o presente trabalho traz como objetivo identificar e avaliar as influencias das variáveis climáticas no desempenho das placas fotovoltaicas.

Metodologia

Esta pesquisa refere-se a uma avaliação do tipo pesquisa descritiva, pois procura descrever minuciosamente os fatos, categorizando-se como pesquisa de campo e bibliográfica, analisando os fatos na forma real, tendo como base a teoria. Para realização da pesquisa e alcance dos objetivos, a mesma foi dividida em duas etapas: Caracterização do local de estudo e o monitoramento dos dados climáticos e estatísticos no fornecimento de energia elétrica.

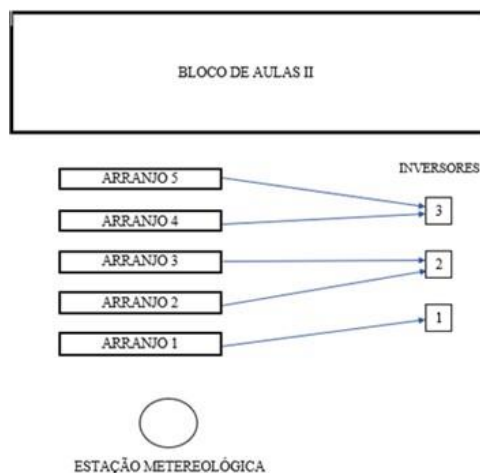
O estudo em questão foi desenvolvido na Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Caraúbas, localizada na Mesorregião do Oeste Potiguar, Avenida Universitária Leto Fernandes, Sítio Esperança II, na cidade de Caraúbas/RN. O município geograficamente, apresenta área de 1.132,86 km², com densidade 18,045 hab./km² e uma população estimada de 20.443 habitantes (IBGE, 2019), tem clima quente e semiárido, com máxima de 32°C, com as coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34', 12" W. No período de agosto de 2019 a janeiro de 2020.

A usina solar fotovoltaica da UFERSA - Campus Caraúbas, é classificada como do tipo microgeradora,

e o início de suas operações se deu em 08 de outubro de 2018. Sua estrutura é composta por 190 painéis fotovoltaicos disposto em 5 fileiras de 38 módulos.

Segundo o site oficial da UFERSA (2018), o registro da energia gerada é fornecido por 3 inversores interligados às placas, que convertem energia de corrente contínua para alternada, nos níveis de tensão e frequência da rede de distribuição da Companhia Energética do Rio Grande do Norte - COSERN, sendo um arranjo para o primeiro inversor, dois arranjos para o segundo inversor e dois arranjos para o terceiro inversor, visto na Figura 1.

Figura 1 – Acomodação dos arranjos dos módulos fotovoltaicos da UFERSA – Campus Caraúbas.



Fonte: Própria do autor, 2019.

Os arranjos foram submetidos a um cronograma de manutenções de limpeza no período de agosto de 2019 a janeiro de 2020. A periodicidade das manutenções de limpeza nos arranjos variaram de 30 dias a 60 dias e a testemunha (sem manutenção), Quadro 1. Todas as limpezas das placas foram feitas manualmente, utilizando apenas rodo, pano, água e mangueira, sem o uso de produtos químicos.

Quadro 1 - Período de dias sem manutenção de limpeza.

INVERSORES	1	2	3
PERIODOS	60 DIAS	30 DIAS	NENHUMA

Fonte: Própria do autor, 2019.

Para realizar o monitoramento e avaliação da geração de energia das placas solares, utilizou-se as informações fornecidas pelo setor de infraestrutura do campus, pelo portal "SunnyPortal" e pelo site oficial da UFERSA, permitindo-se analisar como o clima durante o período de estudo, interferiu na energia originada das placas fotovoltaicas.

Para coleta dos dados climáticos, utilizou-se a estação meteorológica automática do Campus, que começou a funcionar no dia 18 de setembro de 2019. Os dados meteorológicos foram retirados da página da HOBOLink, possibilitando o entendimento sobre os principais fatores climáticos que interferem na geração de energia solar.

Resultados e Discussão

Durante os meses de agosto e setembro de 2019 não foi possível obter dados, devido o não funcionamento da estação automática, com isso as relações entre o rendimento das placas e as variações climáticas, iniciam-se no mês de outubro de 2019, sendo contabilizados dias e meses que apresentaram considerações significativas, no intervalo de tempo estudado.

A partir do mês de outubro, onde obtive os registros de dados da estação meteorológica automática, pode-se observar com integralidade os dados estatísticos das variações climáticas, apresentados na Tabela 1.

A estação engloba a: velocidade dos ventos (m/s), temperatura (°C), radiação solar (w/m²), direção dos ventos (°), densidade relativa (%), as rajadas dos ventos (m/s), ponto de condensação (°C) e chuva (mm) e até mesmo a bateria da estação, esta possuindo sua própria placa solar.

Pode-se observar na

Tabela 1, que a variável mais relevante para determinação do rendimento de energia é a radiação solar, contudo, todas as variáveis listadas na própria tabela também interferem significativamente na geração final de energia de cada placa. Como visto nos dias 11 e 21, que respectivamente a radiação média de cada uma foi de, 231,667 w/m² e 232,219 w/m², e sua geração total de cada dia foi de 273,799 kwh e 271,726 kwh. Precisamente, avaliando-se apenas a radiação solar era de se esperar que o dia 21 obtivesse o melhor desempenho, todavia não acontece, o dia 11 gerou mais energia, pois sua umidade relativa estava mais baixa a velocidade dos ventos mais elevada em comparação com a do dia 21. Porém é observado que a temperatura no dia 11 está mais elevada, e sabe-se que a temperatura pode ser um agravante na geração de energia, devido ela esquentar as placas, por isso geralmente os módulos funcionam melhor em temperaturas amenas, e as placas são fabricadas

de materiais que não absorvem tanto calor, nota-se que devido a velocidade dos ventos estarem elevados, pode-se presumir que esse fator colaborou para que os módulos fotovoltaicos esfriassem um pouco e assim gerar mais energia se comparado com o dia 21.

Tabela 1 - Dados das variações climáticas para o mês de outubro. Ano 2019.

Dia/mês	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Radiação solar (w/m ²)	Velocidade dos ventos (m/s)	Pluviosidade (mm)	Rendimento (kwh)
26	29,1992	55,0167	238,0833	2,0948	0	276,8040
02	27,9009	57,8809	223,9028	1,7514	0	266,8370
06	29,0437	53,9726	313,9306	1,6757	0	367,2590
11	30,4968	45,1719	231,6667	2,4535	0	273,7990
14	29,5452	56,0983	235,5104	1,9351	0	278,8900
18	28,3456	60,3663	227,0035	1,5073	0,8000	265,6530
21	27,6845	65,1906	232,2188	1,8677	0	271,7260
Outubro	29,1387	53,7113	289,1041	1,8302	0,0258	333,1541

Fonte: Própria do autor, 2019.

Como visto nos dias 11 e 21, que respectivamente a radiação média de cada uma foi de, 231,667 w/m² e 232,219 w/m², e sua geração total de cada dia foi de 273,799 kwh e 271,726 kwh. Precisamente, avaliando-se apenas a radiação solar era de se esperar que o dia 21 obtivesse o melhor desempenho, todavia não acontece, o dia 11 gerou mais energia, pois sua umidade relativa estava mais baixa a velocidade dos ventos mais elevada em comparação com a do dia 21. Porém, é observado que a temperatura no dia 11 está mais elevada, e sabe-se que a temperatura pode ser um agravante na geração de energia, devido ela esquentar as placas, por isso geralmente os módulos funcionam melhor em temperaturas amenas, e as placas são fabricadas de materiais que não absorvem tanto calor, nota-se que devido a velocidade dos ventos estarem elevados, pode-se presumir que esse fator colaborou para que os módulos fotovoltaicos esfriassem um pouco e assim gerar mais energia se comparado com o dia 21.

Além de outubro, outro mês que apresentou resultados significativos foi o mês de dezembro de 2019, com os dados apresentados na Tabela 2.

Na Tabela 2 podemos observar a variação climática de determinados dias, e podendo fazer assim uma análise teórica sobre o rendimento das placas solares para os dias 10, 30 e 31. Levantando algumas

Dia/Mês	Temperatura (C°)	Umidade relativa (%)	Radiação solar (w/m ²)	Velocidade dos ventos (m/s)	Pluviosidade (mm)	Rendimento (kwh)
31	29,1238	64,8052	198,2222	2,0653	0	225,2120
10	28,7824	56,5986	320,3854	1,8285	0	342,2830
30	28,8264	63,0226	172,7361	2,2889	0	196,1050
Dezembro	29,7464	55,7453	277,3945	2,1474	0	297,7355

considerações, já explicadas anteriormente, é nítido que o rendimento geral das placas fotovoltaicas é intrinsecamente dependente da irradiação solar, porém, outros fatores climáticos atingem diretamente no comportamento das placas, como por exemplo, a evidente diferença na umidade relativa entre o dia 10 para os outros, e mesmo com uma menor taxa na velocidade dos ventos o rendimento da usina não deixou de ser efetivo.

Tabela 2 - Médias das variações climáticas para o mês de dezembro. Ano 2019.

Fonte: Própria do autor, 2019.

O mês de Janeiro de 2020 foi o último mês analisado, e seus dados estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que o dia com maior fornecimento de energia elétrica é o dia 14, visto que possui atribuições climáticas favoráveis para a produção de energia útil, como maior taxa de radiação solar e menor umidade relativa. O que mais chamou a atenção foi o fato do dia 17 possuir um rendimento acima do esperado, pois foi o dia que mais choveu durante todos os dias estudados, possuindo mais inclusive que o dia 8, que houve uma menor incidência de chuva durante o dia, o que leva a uma explicação simples, a chuva no dia 8 foi em horários de picos da radiação solar.

Tabela 3 - Médias das variações climáticas para o mês de janeiro. Ano 2020.

Dia/mês	Temperatura (c°)	Umidade relativa (%)	Radiação solar (w/m ²)	Velocidade dos ventos (m/s)	Pluviosidade (mm)	Rendimento (kwh)
01	26,4857	81,6789	161,7153	1,4149	14,4000	200,1600
08	26,0478	84,0392	126,6910	1,3118	24,4000	155,6300
14	29,4783	66,1139	323,0174	1,1962	0	344,5350
17	27,9538	70,6736	270,7326	1,3691	58,8000	289,6040
Janeiro	28,4490	70,2729	256,2490	1,4420	5,0421	284,7567

Fonte: Própria do autor, 2019.

Conclusões

Durante esses 5 meses de estudo foi possível concluir que as variáveis climáticas interferem no desempenho das placas fotovoltaicas de modo que podem aumentar ou diminuir seu rendimento. O fator que tem maior interferência no rendimento das placas é a radiação solar, entretanto é de grande importância os outros fatores pois como foi visto eles podem ser determinantes no rendimento da geração de energia. A influência que a velocidade dos ventos tem sobre as placas é enorme, podem fazer com que dias com temperaturas mais elevadas gerem a mesma ou até mesmo mais energia, que dias com temperaturas menos elevadas. A chuva ajuda na questão de limpeza das placas, geralmente em dias chuvosos o rendimento não é o esperado, porém, dependendo do horário da chuva não ocorre uma influência significativa. Portanto, é de extrema importância levar em consideração as variáveis climáticas, pois elas podem interferir diretamente no rendimento das placas fotovoltaicas.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, Ana Júlia Nunes de; RANK, Narah luata; BUENO, Talita Bezerra de Araujo. **Análise dos fatores de perdas nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em Curitiba**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CANTOR, Guillermo Andrés Rodríguez. **INFLUÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS NO DESEMPENHO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EM REGIÕES DE CLIMA TROPICAL**. 2017. 177 f. 2017. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Pós-graduação em Energias Renováveis, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

COMERIO, A. **Avaliação do Impacto de Sujidade de Módulos Fotovoltaicos na Geração de Energia Elétrica**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>>. Acesso em: 28 de julho de 2019.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista virtual de química**, v. 7, n.1, p. 126-143, 2015.

SANTOS, Ísis Portolan dos. **INTEGRAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E SUA CONTRIBUIÇÃO EM UM ALIMENTADOR DE ENERGIA DE ZONA URBANA MISTA**. 2009. 126 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – Ufsc, Florianópolis, 2009.

SUNNYPORTAL. Disponível em: . Acesso em: 25 de setembro de 2019.

TESKE, Sven. **[R] evolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo**. São Paulo, Greenpeace, 2013.

UFERSA, USINA SOLAR CARAÚBAS. Disponível em: < <https://caraubas.ufersa.edu.br/usina-solar/> >. Acesso em: 24 de setembro de 2019.

UFERSA, USINA SOLAR CARAÚBAS. Disponível em: < <https://caraubas.ufersa.edu.br/usina-solar/> >. Acesso em: 24 de setembro de 2019.