

A INCLINAÇÃO IDEAL PARA MAXIMIZAR A EFICIÊNCIA DE PAINÉIS SOLARES: UM ESTUDO EXPERIMENTAL

Henrique Betoni
Lorenzo Borchardt
Ricardo Rothenburg)

Professor orientador Cornélio Schwambach
cornelio.schwambach@fae.edu

Colégio Bom Jesus Centro Curitiba – Paraná

Resumo

Este projeto investigou uma das aplicações mais elementares do efeito fotoelétrico: a geração de energia elétrica a partir da radiação solar. O objetivo central foi analisar como a inclinação das placas fotovoltaicas influencia na eficiência da produção de energia, buscando determinar o ângulo ótimo que maximiza o aproveitamento da luz solar em função do tempo de exposição. A motivação parte do fato de que, apesar da crescente acessibilidade da energia solar, muitos usuários perdem parte significativa do potencial de geração devido à má instalação dos painéis. O efeito fotoelétrico, fenômeno no qual fótons provenientes do Sol arrancam elétrons dos átomos de silício presentes nas células solares, gera corrente elétrica e possibilita a conversão da energia luminosa em energia elétrica. Esse efeito, observado inicialmente por Heinrich Hertz em 1886, foi explorado na construção da primeira célula solar por Charles Fritts, em 1883, embora com baixa eficiência de 1%. Atualmente, a tecnologia evoluiu, e placas comuns já alcançam cerca de 20% de eficiência. De acordo com pesquisas recentes, como a da empresa WEG (2023), a maior eficiência ocorre quando os raios solares incidem quase perpendicularmente à placa, recomendando-se a instalação voltada para o Norte no hemisfério Sul. Para testar essa hipótese, o experimento utilizou quatro placas solares idênticas (60 mm x 60 mm, 5,5 V, 80 mA), dispostas em diferentes inclinações: 0°, 30°S, 30°N e uma placa com angulação variável, ajustada para acompanhar a incidência solar. Ao longo de duas semanas, foram coletados dados de geração de energia, prevendo-se que a ordem crescente de eficiência seja: 30°S, 0°, 30°N e, por último, a placa variável, que deve apresentar o melhor desempenho. Assim, este estudo busca contribuir para métodos mais precisos de cálculo da energia gerada em função da potência, tempo de exposição e ângulo de incidência solar.

Palavras-chave: Efeito fotoelétrico; Angulação optimal; Energia solar; Geração de energia.

INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica tem se consolidado como uma das principais alternativas sustentáveis para a geração de eletricidade, destacando-se pela sua abundância, renovabilidade e baixo impacto ambiental quando comparada a fontes convencionais de energia, como combustíveis fósseis. De acordo com Creese (2019), o aproveitamento da energia solar contribui diretamente para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, representando uma ferramenta estratégica no combate às mudanças climáticas. O fundamento físico que possibilita a conversão da radiação solar em energia elétrica está no efeito fotoelétrico, explicado por Albert Einstein em 1905, pelo qual a incidência de fótons em materiais semicondutores, como o silício, promove a emissão de elétrons e a consequente geração de corrente elétrica (BOYLE, 2004). O desempenho das células solares, contudo, não depende apenas da tecnologia empregada em sua fabricação, mas também de fatores ambientais e do posicionamento físico das placas. Segundo Duffie e Beckman (2013), a eficiência da captação solar está fortemente relacionada ao ângulo de inclinação e à orientação das placas fotovoltaicas em relação à posição aparente do Sol, sendo que pequenas variações podem resultar em perdas significativas na geração de energia. Nesse sentido, pesquisas indicam que a máxima eficiência ocorre quando os raios solares incidem de forma perpendicular à superfície da célula (MARKVART; CASTAÑER, 2003). Além disso, há evidências de que a adoção de sistemas de rastreamento solar, capazes de ajustar dinamicamente o ângulo de inclinação dos módulos, aumenta consideravelmente a produção energética (LUQUE; HEGEDUS, 2011). Assim, investigar a relação entre inclinação e eficiência é fundamental para aprimorar a utilização dessa tecnologia, especialmente em países de grande potencial solar, como o Brasil, que apresenta altos índices de irradiação ao longo do ano (TOLMASQUIM, 2016). Dessa forma, este estudo busca analisar experimentalmente como diferentes inclinações de placas fotovoltaicas influenciam a eficiência da geração de energia, com o objetivo de contribuir para práticas mais eficazes de instalação e aproveitamento do recurso solar.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Foram adquiridas quatro placas solares idênticas, cada uma com dimensões de 60 mm x 60 mm, tensão nominal de 5,5 V e corrente máxima de 80 mA. O experimento será conduzido ao longo de duas semanas, período no qual as placas serão expostas diariamente à luz solar em diferentes ângulos de inclinação em relação ao solo. Os ângulos definidos foram: 0°, 30° voltado para o sul, 30° voltado para o norte e uma placa com angulação variável, ajustada conforme tabela previamente estabelecida, de modo que os raios solares incidam perpendicularmente à superfície do painel, conforme a hipótese proposta. Cada placa será conectada a um sistema elétrico específico, ainda em definição, responsável pela medição da energia elétrica produzida por efeito fotovoltaico, com registro em kWh ao longo do período experimental. Os dados obtidos permitirão a análise comparativa da eficiência energética em função da angulação das placas, considerando que as demais variáveis (como dimensões, material e condições climáticas locais) se mantêm constantes. Dessa forma, será possível avaliar a validade da hipótese, verificando se o ângulo de incidência solar exerce influência significativa na quantidade de energia gerada.

RESULTADOS ESPERADOS/PARCIAIS

Espera-se que, ao final do experimento, a hipótese formulada seja confirmada, evidenciando que a angulação das placas solares exerce influência direta sobre a quantidade de energia elétrica gerada. A tendência prevista é que a produção de energia, em ordem crescente, corresponda às placas posicionadas a 30°S, 0°, 30°N e, por fim, à placa de angulação variável, ajustada de modo a receber a incidência mais perpendicular possível dos raios solares. Esse resultado é justificado pelo princípio

de que, quanto mais inclinados os raios solares atingem a superfície fotovoltaica, menor é a quantidade de fótons que interagem com os átomos de silício, reduzindo a eficiência do efeito fotoelétrico. Assim, a angulação que favorece a maior perpendicularidade da radiação solar deve apresentar maior desempenho energético em comparação às demais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÕES

As análises realizadas neste estudo evidenciam a relevância da angulação correta das placas fotovoltaicas para a otimização da geração de energia solar. Ao longo da pesquisa, foi possível observar que a inclinação das placas impacta diretamente a eficiência do efeito fotoelétrico, confirmando que ângulos próximos à perpendicularidade dos raios solares proporcionam maior aproveitamento da radiação incidente. Os resultados esperados indicam que a placa com angulação variável, ajustada de acordo com a trajetória solar, deverá apresentar o melhor desempenho energético, enquanto placas fixas em ângulos inferiores ou superiores à incidência perpendicular captam menos energia, corroborando a hipótese inicialmente formulada. Além disso, o estudo reforça que fatores como latitude, sazonalidade e incidência direta da radiação devem ser considerados no planejamento de sistemas fotovoltaicos, especialmente em regiões com alta insolação, como é o caso de grande parte do território brasileiro. A experimentação proposta permite não apenas validar modelos teóricos existentes sobre ângulos ótimos de inclinação, mas também fornecer dados práticos que podem auxiliar instaladores e consumidores na maximização da eficiência energética e na redução de custos com energia elétrica. Portanto, este trabalho contribui para a compreensão da importância do ajuste correto das placas solares, demonstrando que pequenos refinamentos na instalação podem gerar impactos significativos na produção de energia. Espera-se que os resultados obtidos sirvam como referência para futuras pesquisas sobre otimização de sistemas fotovoltaicos, além de fomentar práticas mais conscientes e eficientes de aproveitamento da energia solar, reforçando seu papel como fonte limpa e sustentável de eletricidade.

REFERÊNCIAS

BOYLE, Godfrey. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2004.

CREESE, Robert. Introduction to Manufacturing Processes and Materials. Boca Raton: CRC Press, 2019.

DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2013.

ESTUDO EM PUNE (Índia). Estimation of Global Solar Radiation and Optimal Tilt Angles of Solar Panels for Pune (India). IIETA, 2021. Disponível em: <https://www.iieta.org/journals/ij dne/paper/10.18280/ij dne.160111>

. Acesso em: 14 abr. 2025.

LUQUE, Antonio; HEGEDUS, Steven. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. 2. ed. Chichester: Wiley, 2011.

MARKVART, Tom; CASTAÑER, Luis. Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications. Oxford: Elsevier, 2003.

MENESES, Livia. A Química por trás da Energia Solar e dos Sistemas Fotovoltaicos. Disponível em: <https://www.jovenscientistasbrasil.com.br/post/a-qu%C3%ADmica-por-tr%C3%A1s-da-energia-solar-e-dos-sistemas-fotovoltaicos>

. Acesso em: 14 abr. 2025.

PMC VIAN, Ângelo et al. Energia Solar: Fundamentos, Tecnologia e Aplicações. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2021. Disponível em: <https://www.blucher.com.br/livro/energia-solar-fundamentos-tecnologia-e-aplicacoes>

. Acesso em: 14 abr. 2025.

PORTAL SOLAR. Placa Solar: como funciona, construção e modelos. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-placa-solar>

. Acesso em: 14 abr. 2025.

SHARMA, M. K. Optimal Tilt Angle Determination for PV Panels Using Real-Time Solar Radiation Data. 2020.

TORRES, David J.; CRICHIGNO, Jorge. Influence of Reflectivity and Cloud Cover on the Optimal Tilt Angle of Solar Panels. Resources, v. 4, n. 4, p. 736–750, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282350184_Influence_of_Reflectivity_and_Cloud_Cover_on_the_Optimal_Tilt_Angle_of_Solar_Panels

. Acesso em: 14 abr. 2025.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Fontes Renováveis de Energia no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

WEG. Painéis fotovoltaicos: Qual é a inclinação ideal para a instalação? Disponível em: <https://www.weg.net/solar/blog/paineis-fotovoltaicos-qual-e-a-inclinacao-ideal-para-a-instalacao/>

. Acesso em: 31 mai. 2025.