



OS IMPACTOS DA ENERGIA SOLAR NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

GIULIA L. JONES, THAIS S. CASTRO, CARLA C. A. LOURES

RESUMO

Energia elétrica confiável e acessível se tornou imprescindível nos quesitos qualidade de vida, bem-estar à população e crescimento econômico para o país. Devido à sua crescente utilização, se tornou necessário o fornecimento contínuo e ininterrupto, implicando o aumento da demanda por fontes de energia limpas e renováveis. Dessa forma, a energia solar fotovoltaica tem se tornado cada vez mais popular como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis, por ser uma fonte amplamente acessível e com uma vasta aplicabilidade. O potencial de geração fotovoltaica é enorme no Brasil devido à alta incidência de radiação solar em seu território. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, mesmo nas áreas menos ensolaradas do Brasil é viável produzir mais eletricidade solar do que nas regiões mais ensolaradas de outros países, como é o caso da Alemanha, além disso, Brasil desempenha um papel significativo na promoção da Agenda 2030. As inovações nas políticas públicas brasileiras são reconhecidas como contribuições para a integração das dimensões econômicas, social e ambiental do desenvolvimento sustentável (Losekann; Hallack, 2018). O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo exploratório de técnicas de aprimoramento do desempenho de sistemas de energia solar fotovoltaica e suas aplicações. O levantamento de dados tais como a o impacto ambiental, impacto social, forma de geração de energia fotovoltaica, o descarte de materiais utilizados nas placas solares, foram obtidos através de um levantamento bibliográfico da literatura em base de dados acadêmicos, livros e normas, visando contribuir para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e economicamente viáveis, capazes de suprir as demandas energéticas em aplicações mecânicas de forma mais eficiente. Ademais, o uso de sistemas de energia solar fotovoltaicas pode trazer benefício econômicos, além de ambientais e sociais.

Palavras-chave: Energia solar; fotovoltaica; Impacto ambiental; Impacto Social; ODS.

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia fotovoltaica é uma tecnologia de energia sustentável e ecologicamente limpa, fundamentada na fonte de energia renovável mais profusa e amplamente acessível em nosso planeta: o Sol. Seu vasto alcance permite diversas aplicações em uma gama diversificada de cenários, como residências, estabelecimentos comerciais, setores industriais, zonas rurais e qualquer lugar onde a incidência de luz solar seja considerável. O Brasil ostenta um imenso potencial de aproveitamento desse recurso (EPE, 2022).

Conforme mencionado no estudo realizado por Tatagiba (2023), o potencial de geração fotovoltaica é enorme no Brasil devido à alta incidência de radiação solar em seu território. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, mesmo nas áreas menos ensolaradas do Brasil é viável produzir mais eletricidade solar do que nas regiões mais ensolaradas de outros países, como é o caso da Alemanha.

O mapa representado na Figura 1 ilustra o rendimento energético anual máximo, expresso em kWh de eletricidade produzida por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada no país. Isso vale tanto para usinas de grande porte centralizadas e situadas em solo,

quanto para sistemas de geração fotovoltaica distribuída incorporados em telhados e coberturas de edifícios. Foi considerada uma taxa média de desempenho anual de 80%, a qual reflete o rendimento esperado de um sistema solar fotovoltaico bem planejado e instalado, utilizando equipamentos de alta qualidade certificados pelo INMETRO. Na Figura 1 a seguir, os círculos azuis distribuídos pelo território brasileiro denotam a distribuição da população (TATAGIBA, 2023).

Figura 1 – Potencial de Geração Solar Fotovoltaica – Rendimento Energético Anual (kWh/kWp.ano)



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017).

Os painéis fotovoltaicos são avaliados em kWp, uma unidade de potência empregada para sua caracterização, representando a potência máxima alcançada por um sistema. Essa medida está intrinsecamente vinculada às condições ambientais, como temperatura e irradiação solar, as quais influenciam diretamente a capacidade de geração de energia do painel fotovoltaico (SOLLED ENERGIA, 2022).

Com o avanço da tecnologia, que se torna cada vez mais viável e acessível, somado ao estabelecimento de linhas de financiamento simplificado e incentivos fiscais direcionados ao setor, a energia solar tem experimentado um crescimento significativo a cada ano, o Brasil já ultrapassou a marca de 14 GW em capacidade instalada de sistemas de geração fotovoltaica, praticamente o dobro do valor registrado no ano de 2020 (ABSOLAR, 2022).

Conforme apontado em pesquisa realizada por Tesima e Yamamoto (2022), a eletricidade gerada por meio de painéis solares fotovoltaicos é reconhecida como uma tecnologia energética com grande potencial. As células solares efetuam uma conversão direta da energia solar – uma das fontes de energia renovável mais abundantes – em eletricidade. Esse processo, realizado por meio de dispositivos semicondutores, é isento de peças móveis, não gera resíduos ou cinzas e, devido à ausência de liberação de calor residual, não afeta o equilíbrio do ecossistema. A ausência de combustão de materiais fósseis elimina completamente a emissão de gases do efeito estufa.

Atualmente, há diversas alternativas para a reutilização da energia, que englobam uma ampla gama de tecnologias destinadas a otimizar o aproveitamento da energia, especialmente as provenientes de fontes renováveis, como solar, eólica e hidrelétrica, e suas variações em geral. Essas tecnologias buscam garantir um reaproveitamento eficiente e eficaz, tornando-as

acessíveis à sociedade (ALVES, 2019).

Na sociedade atual destaca-se a relevância do conceito de energia sustentável, uma vez que as principais fontes globais de energia consistem, predominantemente, em recursos não renováveis, como gás natural, carvão mineral e petróleo. Estes, sendo combustíveis fósseis, apresentam a possibilidade de esgotamento ao longo do tempo. Diante desse cenário, a ênfase na sustentabilidade se tornou tão significativa que a Organização das Nações Unidas (ONU) incorporou, em seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a busca pela garantia de acesso a fontes de energia viáveis, sustentáveis e modernas para todos, conforme divulgado pelas Nações Unidas Brasil (2022).

Historicamente, o conceito de desenvolvimento tem sido vinculado predominantemente ao crescimento econômico, conforme apontado por Bresser Pereira (2014), citado por Palharini (2023). No entanto, no cenário contemporâneo, há um debate em torno da imperativa adoção de um desenvolvimento sustentável, que englobe não apenas a dimensão econômica, mas também considere as esferas social e ambiental. Nesse contexto, a Agenda 2030 emerge como instrumento que consolida novos parâmetros de desenvolvimento para as nações. Em 2015, os Estados-Membros universalmente adotaram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, também conhecidos como Objetivos Mundiais. Esses objetivos representam um apelo global para erradicar a pobreza, proteger o planeta e assegurar que todos possam desfrutar de paz e prosperidade até 2030. Os dezessete ODS são interligados, reconhecendo que intervenções em uma área podem impactar os resultados em outras, destacando a necessidade de um desenvolvimento equilibrado que leve em consideração a sustentabilidade ambiental, econômica e social (IPEA, 2019). O Brasil desempenha um papel significativo na promoção da Agenda 2030. As inovações nas políticas públicas brasileiras são reconhecidas como contribuições para a integração das dimensões econômicas, social e ambiental do desenvolvimento sustentável (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

O sétimo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foi formulado com o propósito de assegurar que todos tenham acesso a serviços de energia confiáveis, sustentáveis e modernos a um custo acessível. Isso envolve a promoção do aumento do uso de energias renováveis, juntamente com esforços de cooperação e desenvolvimento internacional para aprimorar infraestruturas e tecnologias de energia limpa (IPEA, 2019).

Diante destes fatos, este artigo tem como objetivo, visualizar quais os fatores mais atingidos pela geração de energia elétrica utilizando como tecnologia as placas fotovoltaicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia abordada nesse trabalho foi um levantamento bibliográfico de natureza básica e abordagem qualitativa na base de dados Science Direct, Google Acadêmico, Portal Capes, além de livros e normas. Desta forma foi possível realizar uma revisão da literatura em nível exploratório, dos principais desafios e lacunas de conhecimento na área de estudo tais como, técnicas de otimização existentes para maximizar o desempenho, impacto ambiental e impacto social.

3 DISCUSSÃO

3.1 Produção de placas solares

A fabricação das placas solares corresponde a aproximadamente 85% do consumo energético durante a produção da tecnologia fotovoltaica. Consequentemente, as placas fotovoltaicas desempenham um papel predominante no uso de energia durante o processo de fabricação, considerando a complexidade que envolve a obtenção de recursos, etapas e componentes químicos necessários para sua criação. Quanto à sua vida útil, essa depende do local de instalação e país de fabricação. Estima-se, porém, que em um período de

aproximadamente 1,5 a 2,5 anos, a placa solar já tenha gerado a quantidade esperada de energia equivalente à sua produção (BRITO et al., 2022).

Segundo Tatagiba (2023), as melhorias na indústria voltadas para a produção de painéis solares têm como foco a minimização das perdas de material durante o processo de corte de wafers para a criação das células solares. Essa otimização não apenas oferece vantagens econômicas, mas também resulta na diminuição das emissões de poluentes decorrentes da geração de energia utilizada no fabrico dos wafers. Da mesma maneira, à medida que a fabricação de painéis solares ocorre em volumes crescentes, há uma correspondente redução no investimento energético necessário.

Uma abordagem inovadora para a eficiência energética e o uso de materiais na produção de painéis solares surge com a chegada dos painéis sem a necessidade de estruturas de alumínio. Isso está impulsionando novas ideias para a fixação dos painéis em suportes, incluindo a técnica de colagem. A busca pela otimização dessas estruturas de suporte visa diretamente a diminuição do consumo energético e de materiais no processo de fabricação de sistemas fotovoltaicos (PEREIRA, 2019).

3.2 Impactos ambientais

Como mencionado por Tatagiba (2023), na produção de painéis solares fotovoltaicos emprega-se o silício, um elemento extraído da areia e abundantemente disponível na natureza. Além da sua abundância, requer quantidades relativamente pequenas, o que implica que não são exigidas modificações substanciais geológicas, topográficas ou estruturais do terreno durante o processo de fabricação dos painéis solares fotovoltaicos.

3.2 Descarte de placas solares

Conforme apontado por Tolmasquim (2016), como não há um histórico prévio de desativação de usinas fotovoltaicas, a avaliação dos seus possíveis impactos socioambientais nessa fase é fundamentada no entendimento dos materiais utilizados e seus potenciais consequências para o ecossistema. As tecnologias destinadas a reutilizar as células de silício resultantes de perdas durante a produção ou após o término da vida útil dos módulos ainda não foram amplamente implementadas. Em alguns países estão sendo exploradas estratégias de reutilização de componentes dos módulos, como a recuperação de silício, vidro, material encapsulante e alumínio.

Na fabricação dos painéis solares fotovoltaicos, são utilizados metais pesados que possuem uma capacidade intrínseca de resistência à degradação biológica. Dentro dos componentes eletrônicos dos sistemas de geração, é possível encontrar materiais que contenham elementos bromados, chumbo e cromo hexavalente, os quais podem acarretar sérios danos tanto aos ecossistemas quanto à saúde humana. Portanto, a disposição final deve ser cuidadosamente planejada para lidar com a presença dessas substâncias (TOLMASQUIM, 2016).

Tolmasquim (2016) menciona em seu estudo que o descarte inadequado das baterias de chumbo-ácido empregadas em sistemas fotovoltaicos isolados pode gerar consequências socioambientais significativas, acarretando riscos à saúde humana e ao ecossistema. Esse risco é particularmente relevante devido à possibilidade de contaminação do solo e das águas subterrâneas. Para mitigação desses problemas, estratégias como a responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida do produto e a implementação de logística reversa ganham destaque. Esses princípios e ferramentas estão incorporados na Política Nacional de Resíduos Sólidos e enfatizam a importância da reutilização e reciclagem. Vale ressaltar que usinas fotovoltaicas centralizadas geralmente não utilizam baterias, já que estão conectadas à rede elétrica nacional. Além disso, a consolidação do sistema de compensação de energia no país está incentivando a conexão com a rede elétrica na geração distribuída de energia

fotovoltaica, reduzindo a dependência de baterias para armazenamento (TOLMASQUIM, 2016).

3.2 Geração de energia

De acordo com Brito et al. (2022), o impacto ambiental decorrente da geração de energia solar é praticamente insignificante. O processo empregado para produzir energia solar se destaca como o mais durável quando comparado a outras formas de geração de energia sustentável.

3.2 Construção de usinas

Como apontado por Brito et al. (2022), a instalação de uma usina gera efeitos que afetam diretamente os ecossistemas locais. Os principais prejuízos se concentram nas vegetações, que sofrem interferências devido às atividades de nivelamento do terreno e à projeção de sombra provocada pelos painéis solares.

Um dos principais pontos levantados em oposição à energia solar fotovoltaica diz respeito à extensão territorial necessária para suas instalações. No entanto, esse argumento não se traduz como uma verdadeira desvantagem para a adoção dessa forma de energia. A análise de todos os elementos envolvidos na ocupação do solo (mineração, construção, entre outros) coloca a energia solar fotovoltaica em uma posição comparável às usinas termelétricas e, em alguns casos, até mesmo em uma posição mais favorável do que algumas das tecnologias atuais de geração de energia (TATAGIBA, 2023).

Para exemplificar, Tatagiba (2023) diz que essa crítica surge de análises com interesses específicos, que omitem diversos elementos relacionados à ocupação e degradação do solo decorrentes dos métodos convencionais de produção de energia. A título de ilustração acerca da proporção das áreas ocupadas pela energia solar fotovoltaica, é válido ressaltar que uma usina desse tipo ocupa um espaço semelhante por kWh gerado em comparação ao reservatório do Iguaçu (mesmo sendo um dos reservatórios mais compactos do mundo).

3.2 Impactos sociais

Assim como no âmbito ambiental, a geração de energia solar fotovoltaica também impacta socialmente no cotidiano. Exemplos desses impactos sociais são geração de empregos e acesso à energia.

Conforme estudo realizado pela ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, se o atual modelo regulatório retratado da Resolução Normativa – RN nº 482/2012 permanecer inalterado, é estimado que entre 2019 e 2035, a indústria de energia solar possa ser responsável pela criação de uma quantidade excedente a 672 mil oportunidades de trabalho no Brasil, abrangendo os setores de mini e microgeração distribuídas (BRITO et al, 2022).

Como observado por Brito et al (2022), graças às significativas perspectivas de emprego, a indústria tem consistentemente se destacado como um dos principais geradores globais de ocupações no cenário das energias renováveis nos últimos anos. Conforme reportado pela Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), dos 11 milhões de postos de trabalho criados pelo setor de energias renováveis em 2018 a nível mundial, cerca de 3,6 milhões foram diretamente vinculados à tecnologia solar fotovoltaica.

Brito et al (2022) ainda diz que, de acordo com estatísticas internacionais do campo, aproximadamente 30 oportunidades de trabalho surgem por megawatt instalado. Para contextualizar, somente em 2019, o Brasil testemunhou um acréscimo de mais de 7 mil megawatts em instalações. As vagas de emprego nesse setor englobam atividades como fabricação, instalação e manutenção.

Empresas tanto do setor público quanto privado reconheceram a implementação de

sistemas de energia solar fotovoltaica como um método altamente eficaz para apoiar as comunidades com limitado ou nenhum acesso à eletricidade. Como resultado, investimentos estão sendo direcionados para o setor elétrico renovável, em especial, a energia solar fotovoltaica. A execução de projetos em áreas remotas permite, por exemplo, a facilitação do acesso a informações e comunicação, que anteriormente eram inviáveis devido à falta de meios eletrônicos (BRITO et al, 2022).

Ademais, Brito et al (2022) reforça que essa abordagem proporciona vantagens substanciais para a melhoria de fontes de renda local, como no caso do comércio de peixes, onde a capacidade de refrigerar alimentos se torna um fator significativo, visto que muitas comunidades ribeirinhas dependem da pesca como sustento.

A implantação de infraestruturas de energia solar nesses contextos tem o potencial de suprir as necessidades básicas da comunidade, incluindo o fornecimento de água limpa. Isso se torna possível com a instalação de sistemas de bombeamento hidráulico que eliminam a necessidade de recorrer frequentemente aos rios para obter água, reduzindo assim os riscos de doenças recorrentes desse processo (BRITO et al, 2022).

Outro aspecto relevante apontado por Brito et al (2022) é o fato de a energia solar fotovoltaica conferir autonomia a essas comunidades, diminuindo a dependência do óleo diesel, utilizado em lamparinas. Essa independência é de grande importância, uma vez que a exposição contínua a esse combustível pode acarretar graves problemas de saúde pulmonar e ocular. Consequentemente, a energia solar fotovoltaica não apenas impacta positivamente no acesso à energia, mas também desencadeia, indiretamente, melhorias significativas na saúde dessas populações.

4 CONCLUSÃO

Através de análises realizadas no decorrer desse estudo, foi possível observar que o setor energético tem valorizado bastante a energia solar nos últimos anos, é válido destacar que o Brasil, alcançou um alto nível de sustentabilidade em sua matriz energética em comparação com a matriz energética mundial, em especial a energia solar fotovoltaica, justificado pelo fato de possuir um elevado grau de confiabilidade e alta flexibilidade, que deriva a capacidade de chegar a localidades remotas às quais a rede convencional não teria acesso. Dessa forma, é possível garantir o atendimento energético das gerações atuais sem prejudicar as gerações futuras, visto que esse tipo de geração de energia atua como um vetor de preservação do equilíbrio ambiental, além de benefícios econômicos e sociais. A utilização da energia solar através de placas fotovoltaicas é uma excelente forma de gerar energia elétrica limpa.

REFERÊNCIAS

- BRAYNER, A. R. A.; MEDEIROS, C. B. Incorporação do tempo em SGBD orientado a objetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 9., 1994, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 1994. p. 16-29
- DOREA, R. D.; COSTA, J. N.; BATITA, J. M.; FERREIRA, M. M.; MENEZES, R. V.; SOUZA, T. S. Reticuloperitonite traumática associada à esplenite e hepatite em bovino: relato de caso. **Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 199-202, 2011. Supl. 3.
- ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Sistemas híbridos solar-diesel**. 2021.
- ALVES, MARLIANA DE OLIVEIRA LAGES. **Energia Solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. 2019. 76 f. Tese

(Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL. 2002.

BRITO, ANDREZZA CAROLINE; OLIVEIRA, DENIS EDUARDO; RIBEIRO, FERNANDA GOMES; AZEVEDO, GUSTAVO REIS; SEDA, PABLO CUNHA. **Estudo sobre as fontes renováveis mais viáveis para produção de energia no Brasil**. Artigo científico. 2022.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. 2022. IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. O que mostra o retrato do Brasil? **Cadernos ODS**, 2019.

LOSEKANN, LUCIANO; HALLACK, MICHELLE CARVALHO METANIAS. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. **Desafios da Nação: artigos de apoio**, 2018.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 16 nov. 2022.

PALHARINI, CRISTIANO FERNANDO GOI; ALLEBRANDT, SÉRGIO LUÍS. A Proposta de Política Nacional para Cidades Inteligentes e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Salão do Conhecimento**, v. 9, n. 9, 2023.

PEREIRA, HELISA MOREIRA PEIXOTO; MENDES, LUIZ FERNANDO ROSA. Análise de rendimento do sistema de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica para irrigação de um viveiro de mudas. 2019. **Revista Vértices**, v. 21, n. 3, p. 463-494, 2019.

SOLLED ENERGIA. Energia Solar. **O que significa kWp, kWh e W?**. Disponível em: <https://www.solledenergia.com.br/o-que-significa-kwp-kwh-e-w/>. Acesso em 06 dez. 2023.

TATAGIBA, LUCAS MAGALHÃES. **Energia fotovoltaica e o desafio de redução de impactos ambientais para o desenvolvimento sustentável**. 2023. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

TESIMA, LARISSA CAMPOS; YAMAMOTO, PEDRO PAULO YASUO CAETANO. **O impacto de novas tecnologias e matérias-primas no desenvolvimento e difusão da energia solar no Brasil**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2022.

TOLMASQUIM, MAURÍCIO TIOMNO. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE – Empresa de Pesquisa Energética: Rio de Janeiro, 452p. 2016.