

Realidade e perspectivas da energia solar fotovoltaica em residências: revisão de literatura

Juliana Freire Veloso
Mestrado em engenharia Elétrica
Universidade de Santa Maria
Santa Maria/RS - Brasil
juliana.f.veloso@gmail.com

Resumo — O estudo teve como objetivo descrever as características atuais e o potencial de uso da energia solar fotovoltaica nas residências brasileiras. A alta disponibilidade de irradiação solar no país favorece a geração de energia elétrica de forma limpa e sustentável por meio do efeito fotovoltaico. Realizou-se uma pesquisa do tipo Revisão de Literatura, considerando prioritariamente produções da biblioteca virtual SCIELO. A energia solar fotovoltaica ainda é insignificante na matriz energética brasileira, entretanto, as projeções apontam o país como destaque entre os maiores produtores de energia solar.

Palavras-chave— energia, solar, fotovoltaica, residência

I. INTRODUÇÃO

O adensamento populacional ocasiona significativos acréscimos nos consumos de bens e serviços. O aumento na quantidade de pessoas e equipamentos estabelecidos no mesmo território energético tem gerado uma demanda crescente pelo consumo de energia elétrica em todos os setores. Nas edificações residenciais, esta demanda tem causado um impacto significativo na matriz energética das cidades e no custo final ao consumidor.

Por outro lado, o Brasil, em praticamente todo o seu território, conta com alta disponibilidade de irradiação solar, que garante grande potencial para a geração de energia elétrica por meio do efeito Fotovoltaico (FV) [1]. A radiação solar é uma fonte renovável, praticamente inesgotável, silenciosa e não poluente, com potencial para competir em produtividade e lucratividade.

Em 2012 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) normatizou o uso da energia solar FV como uma importante opção para a produção de energia elétrica de forma limpa e sustentável [2] [3]. Tornou viável o uso da energia solar FV para pequenos e médios consumidores em grande escala, permitindo que de pequenos consumidores residenciais a grandes consumidores industriais instalassem sem burocratização, sistemas FVs conectados à rede em suas próprias unidades consumidoras [4].

O presente estudo descreve as características atuais e o potencial de uso da energia solar FV nas residências brasileiras. Definiram-se os seguintes objetivos específicos: levantar as principais abordagens exploradas nos estudos sobre esta temática; analisar os aspectos relativos a delimitação espacial das produções científicas; descrever alguns aspectos técnico-operacionais para conversão da luz solar em eletricidade; e analisar os principais argumentos para descrever as vantagens e dificuldades para substituição da matriz energética nas residências para a Energia Solar FV no Brasil. Discutir esta temática é relevante tendo em vista a necessidade de se sistematizar informações confiáveis sobre a microgeração de energia a fim de subsidiar banco de dados

com registros que contribuam para políticas urbanas eficientes, planejamento energético e programas de incentivo à instalação de sistemas FVs.

II. METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa do tipo revisão de literatura. A busca sistematizada foi obtida prioritariamente na biblioteca virtual SCIELO (Scientific Electronic Library Online). Utilizaram-se os seguintes descritores: fotovoltaica, energia solar e residência na língua portuguesa; e *photovoltaic*, *energy*, *solar energy* e *residence* na língua inglesa. Foram revisados 22 materiais científicos, independentes de data de publicação; e destes, 10 se adequaram aos objetivos da pesquisa. As publicações analisadas foram as seguintes:

- 1 Garcia, G; Nogueira, E.F.; Betini, R.C. (2018) Solar Energy for Residential Use and Its Contribution to the Energy Matrix of the State of Paraná
- 2 Dantas; Pompermayer (2018) Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico
- 3 Scolari; Tonolo; Yan Pan; Urbanetz Júnior (2018) Mapping and Characterization of the Grid-connected Photovoltaic Systems in the City of Curitiba: Preliminary Results
- 4 Carvalho; Abreu; Correa Neto (2017) Financial alternatives to enable distributed microgeneration projects with photovoltaic solar power
- 5 Urbanetz, I.V.; Moura Netto, A.; Scolari, B.; Leite, V; Urbanetz Júnior (2019) Current Panorama and 2025 Scenario of Photovoltaic Solar Energy in Brazil
- 6 Lira; Melo; Rodrigues; Souza (2019) Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO₂ no Estado do Ceará
- 7 Silva e Araújo (2022) Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica
- 8 Bursztyn, 2020 Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas.
- 9 Girotti; Lara (2019) Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho, em São Paulo.
- 10 Moreira Júnior; Souza; Nepomuceno; Antunes (2019) Sustentabilidade em edifício residencial no município de Dourados, MS. Atuais.

III. RESULTADOS

Dentre os materiais selecionados, o mais antigo teve sua publicação em 2010; e o mais recente foi publicado em 2022. A maioria dos achados foi editada nos últimos cinco anos (9 publicações), justamente quando se observa um aumento do uso desta tecnologia no país.

As abordagens desenvolvidas nos estudos sobre o uso da energia FV com abrangência nas residências brasileiras são variadas. Predominaram os estudos voltados a viabilidade da aplicação da energia solar para geração de energia elétrica via uso de sistemas FV. A viabilidade foi abordada nos âmbitos econômico/financeiro [2] [5] [6]; e relativo a eficiência do sistema integrado a outras tecnologias [7].

Estudos sobre a viabilidade são importantes como uma etapa que antecede o processo de tomada de decisão em algum tipo de investimento. Nestes estudos são analisados todos os aspectos essenciais para a compreensão do projeto e dos seus impactos. Para avaliar a viabilidade da adoção do sistema FV por consumidores residenciais, devem-se levar em consideração dois aspectos principais: o custo da energia produzida por esse sistema e o custo da energia fornecida pela concessionária no local em questão. Para esse cálculo, levam-se em conta os custos dos equipamentos, da instalação e a incidência solar da localidade [5].

Além das publicações sobre viabilidade, destacaram-se aquelas com ênfase nas contribuições e importância do uso da energia solar FV no Brasil [1] [7]. Estes constructos exploraram prioritariamente a utilização do sistema FV como estratégia alternativa, renovável e sustentável que contribui para a qualidade ambiental. Os benefícios desta fonte de geração de energia podem ser organizados em três macrocategorias: benefícios ambientais e de saúde pública, benefícios de segurança energética e desenvolvimento e benefícios econômicos [8].

Relativo a viabilidade econômica da implantação de um sistema FV, constatou-se que os custos unitários médios variam em cada estado brasileiro sendo os menores valores nas regiões Norte e Nordeste, exatamente nas localidades onde a radiação solar é maior. A viabilidade do uso da energia FV tem como principal referência os custos pagos pelo consumidor quando comparados com a energia elétrica convencional [5].

Os investimentos ocorrem em dois momentos distintos: no ano inicial ($i=0$) no qual são comprados todos os equipamentos necessários e ao final do 15º ano, quando o inversor e o *stringbox* são substituídos. O preço final aproximado é de R\$ 11.548,00 (6 placas); R\$ 16.967,00 (10 placas); e R\$ 27.458,00 (18 placas). Os avanços tecnológicos recentes na área de semicondutores e o aumento da produção de células solares ajudaram a diminuir o preço de sistemas FVs [5].

O mapeamento foi outra categoria utilizada na abordagem dos autores consultados. Foram mapeados os sistemas FVs conectados à rede [9]; e estruturados os arranjos morfológicos urbanos condicionantes da geração de energia FV [4][3].

Com relação a delimitação espacial das produções científicas, dos estudos observados, quatro foram de abrangência geral, discutindo a situação do país como um todo

no que se refere ao sistema FV nas residências. Os demais materiais apresentam a temática estudada em contexto real e específico, aprofundando o conhecimento sobre estas variáveis. Por estas particularidades, é possível afirmar que exibem características de “estudo de caso”.

Quando analisados por regiões, constatam-se que predominaram os estudos nas regiões Sul e Sudeste, realizados em Cascavel e Curitiba, ambos no Paraná; e no bairro Belenzinho no município de São Paulo; outra em Viçosa-MG. Dois estudos tiveram abrangência na região Nordeste, ambos no Ceará; uma pesquisa foi realizada no Centro Oeste brasileiro, especificamente em Dourados em MG.

Para descrever os aspectos técnicos-operacionais para conversão da luz solar em eletricidade serão abordados a origem deste sistema de energia e os componentes básicos para seu funcionamento.

A conversão direta da energia solar em elétrica é realizada por módulos fotovoltaicos [5]. Esses sistemas, funcionam quando as partículas de luz solar (fótons) colidem com os átomos de silício presentes no módulo solar.

Esta colisão gera um deslocamento dos elétrons, que cria uma corrente elétrica, chamada de energia solar fotovoltaica. A luz solar é convertida diretamente em eletricidade com módulos que consistem em muitas células solares fotovoltaicas [5].

O funcionamento de uma célula solar baseia-se no efeito fotovoltaico que ocorre em materiais semicondutores. Um semicondutor caracteriza-se pela presença de elétrons com energias distintas na banda de valência (BV) e na banda de condução (BC), entre essas duas bandas existe uma banda proibida de energia ou *bandgap* (BG) [10].

Quando um elétron passa de uma banda para outra, deixa em seu lugar um buraco que pode ser considerado uma carga positiva. Quando a tensão é aplicada através do semicondutor, os elétrons e suas lacunas contribuem para a corrente elétrica, pois a presença desse campo elétrico faz com que essas partículas se movam em direções opostas uma em relação à outra. Portanto, um potencial eletrostático dentro do material é criado para separar as cargas positivas das negativas. Se um fio externo conectar as duas áreas, haverá circulação de corrente elétrica [10].

Uma das formas de realizar esta conversão é através de uma célula que usa nanopartículas em sua fabricação, conhecida na literatura como célula de Grätzel, célula solar fotoquímica, ou ainda célula solar nanocristalina sensibilizada por corante (CSNS) [11]. Esse último dispositivo de conversão de energia, utiliza em sua fabricação o dióxido de titânio (TiO_2), de baixo custo em comparação com o silício que é usado em células solares convencionais [5].

Um sistema fotovoltaico, é formado basicamente por placa solar, controlador de carga, baterias e inversor. As placas ou painéis solares, permitem que a luz do sol incida sob as células fotovoltaicas, fazendo com que os elétrons se movimentem e produzam a corrente elétrica [5].

O controlador de carga faz a conexão entre o módulo fotovoltaico e a bateria de forma correta, além de evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho [10].

A função principal da bateria é armazenar eletricidade suficiente para momentos quando não há geração de energia, por exemplo na inexistência de luz solar [12].

Um dos principais componentes de um sistema FV é o inversor de frequência. Sua função é transformar a corrente contínua que é gerada pelas placas solares em corrente alternada, além de garantir ainda a segurança e o fluxo regular de eletricidade. No caso de sistemas conectados à rede, este equipamento também é responsável pela sincronia com a rede da concessionária [13].

São utilizados inversores de tensão chaveados para o condicionamento e sincronismo da saída do arranjo fotovoltaico com a rede de energia elétrica. O controle exerce duas funções principais, rastrear o ponto de operação de máxima potência (MPPT) do arranjo fotovoltaico e injetar uma corrente senoidal na rede, com fator de potência próximo ao unitário [12].

O último equipamento necessário para o sistema FV é o quadro de proteção de corrente contínua, conhecido como *stringbox*. Esse dispositivo serve para protegê-lo de eventuais distúrbios elétricos que podem afetar as placas e o inversor [10].

Os principais argumentos que os autores utilizaram para descrever as vantagens e as dificuldades ou entraves para substituição da matriz energética nas residências para a Energia Solar FV foram os seguintes:

A. Vantagens dos sistemas fotovoltaicos

Baixo impacto ambiental.

A energia solar FV apresenta baixo impacto ambiental, pelo fato de não consumir combustível, não poluir ou contaminar o meio ambiente e não gerar ruído [1]). É vista como uma das soluções para a geração de energia elétrica sustentável, através de uma fonte inesgotável e a carbono neutro (não poluente na geração). Proporciona, além de benefícios ambientais, eficiência energética na matriz de energia brasileira pela diversificação, redução das cargas na rede e diminuição de perdas. Não emite gases de efeito estufa, no processo de geração, contribuindo para redução das emissões de CO₂ [1].

Viabilidade econômica.

Autores afirmam que é viável o uso do sistema solar FV para pequenos consumidores do Brasil [4]. Em alguns casos, o custo de geração FV é menor que o da energia fornecida pelas distribuidoras na tarifa residencial com tributos. O Pará é o estado em que se apresenta mais economicamente viável, o que se deve ao valor da tarifa da distribuidora, a quarta mais cara do país de acordo com dados da ANEEL, e ao fato da incidência solar ser razoavelmente alta. Já Roraima, apesar de apresentar bons índices de radiação, não possui uma relação tão vantajosa, visto que a tarifa e o ICMS incidente estão entre os menores do país [5].

Outros autores indicam que fontes renováveis de energia como a eólica e solar tem um alto custo [13]. Existem aqueles que consideram o custo do investimento inicial, da geração FV uma fonte de energia cara para a população em geral [6]. Entretanto, quando analisado a médio e longo prazo, o investimento apresenta retorno satisfatório. Por outro lado, na maior parte do país, o custo da energia FV é menor do que o

valor cobrado pelas distribuidoras, resultando em um investimento economicamente rentável. Observa-se redução do preço dos módulos e painéis solares [2] [8]. É possível escolher entre equipamentos mais sofisticados de alto valor no mercado e aqueles mais baratos. Os custos de manutenção são baixos, sendo a única recomendação a retirada de poeira das placas periodicamente [10]. E ao final do 15º ano, deve ser realizada a substituição do inversor e do *stringbox* [5]. Ademais, existe a possibilidade de clientes residenciais “venderem” o excedente de energia no mercado de contratação regulada. Esta medida implica não utilizar a metodologia de compensação energética [2].

Crescimento do mercado Fotovoltaico.

A diminuição dos preços tem sido um dos fatores decisivos que impulsionam o crescimento do mercado FV. Em 2015, a produção mundial chegou à marca de 230 GW, mais de quarenta vezes a produção de 2006 [5]. Em 2019 chegou a 602,6 GW de capacidade instalada [14].

A oferta de equipamentos e serviços de instalação se ampliam e são cada vez mais rápidos o atendimento ao cliente. A energia solar FV é uma das alternativas consideradas mais promissoras para a geração de energia no país, observando-se um crescimento notável nos últimos 5 anos. Em 2020 a geração distribuída pela fonte solar fotovoltaica atingiu 9.019 GWh e 8.771 MW de geração e potência instalada respectivamente [14]. Incentivos governamentais podem otimizar a expansão do uso destes sistemas em uma velocidade maior. Para que essa expansão ocorra de forma ordenada e seja aprimorada em seus aspectos técnicos, urbanos e sociais, é preciso compreendê-la do ponto de vista espacial, determinando como ocorre a distribuição urbana dos sistemas FV em uma determinada cidade, avaliada em suas diferentes peculiaridades [4].

Boa incidência e irradiação solar.

O Brasil apresenta atributos muito favoráveis para a utilização de sistemas FVs devido às suas características de incidência e irradiação solar e pela sua alta produção de silício, material utilizado na fabricação das placas solares [8]. O índice de radiação solar varia de 1.500 a 2.200 kWh/m² [2]. A média de incidência solar diária nos municípios do Brasil é de 5,26 kWh/m² [5]. Apesar dos diferentes tipos de clima existentes no país, a irradiação solar apresenta boa uniformidade. O valor máximo de irradiação global – 6,5 kWh/m² – é identificado no norte do estado da Bahia, na fronteira com o Piauí. Além disso, essa região apresenta uma baixa média anual de cobertura de nuvens. Já a menor irradiação é encontrada no litoral de Santa Catarina [5]. Apesar desta vantagem, o número de projetos destinados ao uso de energia solar no Brasil, para a geração de energia FV, é inexpressivo quando comparado com os existentes em alguns países europeus, como Alemanha, Espanha e França [2].

Compartilhamento da energia excedente produzida/geração de renda.

A energia excedente gerada pode ser repartida entre várias residências de acordo com os interesses do usuário, desde que elas façam parte da mesma área de concessão. Além disso, a validade dos créditos de energia passou de 36 para 60 meses, a potência máxima de geração por unidade aumentou de 1 MW para 5 MW, e o processo de adesão para conectar a geração distribuída à rede de distribuição foi simplificado.

Outra possibilidade legal de aproveitamento da energia excedente é o sistema de compensação, conhecido internacionalmente como *net metering*. Trata-se de um arranjo no qual a energia ativa injetada na rede por uma unidade distribuidora é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia [5].

B. Dificuldades e entraves dos sistemas fotovoltaicos

Dentre as dificuldades do uso do sistema FV no Brasil, está a escassez na divulgação sobre os benefícios e viabilidade deste sistema nas residências.

A geração FV ainda é pouco difundida entre a população. Na maioria dos casos, os consumidores encaram o conceito de microgeração como uma utopia ou um investimento que somente pessoas de grande poder aquisitivo poderiam pagar. No entanto, estudos indicam que a energia solar pode fazer parte da matriz energética do Brasil [6].

Falta de incentivos governamentais.

O alto custo de instalação e a falta de incentivos governamentais acabam restringindo o acesso a tecnologia de geração de energia através do sistema FV, às classes mais pobres e mais vulneráveis.

Possíveis impactos negativos na atual estrutura tarifária.

O impacto tarifário é um dos principais itens que podem impulsionar ou desacelerar os avanços no uso da tecnologia solar FV nas residências brasileiras. A diferença de preços entre a energia FV produzida e a consumida originária da concessionária, pode acarretar em um desequilíbrio tarifário. Recomenda-se que a tributação seja aplicada apenas na diferença, se positiva, entre os valores de consumo final e o excedente de energia injetada (geração). Para os casos em que essa diferença seja inferior ao consumo mínimo, a base de cálculo do imposto deve ser o valor do custo de disponibilidade do sistema da distribuidora conforme determinação da ANEEL [2] [11].

Sazonalidade da produção da energia fotovoltaica.

De modo geral, a menor incidência solar ocorre durante os meses do inverno, e a maior, no verão. Nesse sentido, a energia FV apresenta os custos unitários mais baixos, tornando o sistema possivelmente mais atrativo. O surgimento das bandeiras tarifárias poderia valorizar ainda mais a opção de instalar um sistema FV, visto que elas indicam se a conta de energia sofrerá algum acréscimo em função das condições de geração de eletricidade. Em teoria, a geração de eletricidade seria pior no período seco do ano [5].

Possível regressividade na tarifa de energia.

Os consumidores que podem instalar sistemas FVs são, em grande parte, integrantes das classes sociais mais altas. Desse modo, a compensação realizada por meio do *net metering* iria diminuir a quantidade de impostos pagos por esse tipo de consumidor, e o reajuste da tarifa, então, iria incidir principalmente sobre a fração dos consumidores que não possuem sistemas FVs [5].

Possibilidades de obstáculos à implementação da energia solar fotovoltaica *on-grid* (SFCR).

É necessário desenvolver um padrão de conexão à rede de distribuição; reduzir a dificuldade em medir a energia gerada; e uma melhor gestão dos sistemas que operam em paralelo

com a rede. O repasse de custos para a tarifa, limitado a um valor de referência, e a implementação de mecanismos de incentivo não estão claramente definidos [2].

Mercado sujeito a variáveis de difícil controle.

Entre as variáveis de difícil controle estão as seguintes: o custo do dólar, que influencia a aquisição de equipamentos importados; o preço da fonte solar ofertada em leilão; e o modelo regulatório instável do setor energético, que dificulta uma maior aderência tecnológica [2].

Variabilidade do fornecimento de energia pelo sistema FV.

A produção de energia solar começa com o nascer do sol, por volta das 6h/7h, atinge seu máximo às 12h/13h e cessa quando o sol se põe. Se houver um grande número de sistemas FVs instalados na rede, essa variação pode gerar instabilidade nesta, tanto no período de produção crescente quanto no decrescente. É necessário preparar o sistema elétrico para intermitência dos sistemas de geração distribuída. A demanda por energia aumenta no final da tarde, quando a produção dos sistemas FVs é bastante reduzida. Esse aumento de demanda e diminuição de oferta simultâneos podem causar certa instabilidade na rede [5].

Ausência de um planejamento nacional que assegure a compatibilidade entre ações.

A falta de efetividade de políticas públicas que garantam um devido entrosamento entre as iniciativas dos diferentes setores produtores de energia elétrica no país pode levar a resultados “contra produtivos” e a “deseconomias” [7]. Tais ações implicam em rever a tributação atual sobre os valores de consumo final e o excedente de energia injetada (geração); permitir que os clientes residenciais “vendam” o excedente de energia no mercado de contratação regulado ou livre; elaborar regulamentações básicas importantes do setor energético brasileiro, como maior flexibilidade no Decreto n. 5.163/2004. E são orientadas pelas seguintes estratégias: adoção de tarifas *premium* para alimentar a rede com fontes de energia renováveis; adoção de sistemas de *net metering* para garantir a redução do risco (tarifa distribuída na rede), como forma de incentivar as distribuidoras a participar desse processo e não causar perdas no atendimento ao mercado regulado; e permissão para que os consumidores recebam tarifas reduzidas, que por sua vez são utilizadas para reembolsar o investimento realizado [2].

Necessidade de ampliação do desenvolvimento tecnológico qualificado.

Apesar do esforço dos pesquisadores brasileiros, é necessário o país superar o seu nível tecnológico para realização de pesquisas a respeito do desenvolvimento da energia solar FV. O país ainda se encontra muito atrás com relação à tecnologia dos países desenvolvidos [8].

IV. DISCUSSÃO

Chama a atenção que a maioria das publicações localizadas sobre o uso de energia FV em residências tenham sido editadas nos últimos cinco anos. Este dado é compreensível, considerando que até o ano de 2017 a contribuição de produção de energia primária solar no Brasil era de aproximadamente 0%. Entretanto, observa-se que até

2021 alcançou-se 0,4%, que equivale a $1.441 \cdot 10^3$ tep (tonelada equivalente de petróleo). Esse montante representa um total de 16.752 GWh [14].

Dos resultados apresentados, chamam a atenção àqueles decorrentes de estudo de caso. Este tipo de abordagem oferece a possibilidade de aprofundamento do fenômeno estudado em sua integridade e em seu contexto atribuindo relevância a este tipo de organização espacial da publicação. A estratégia permite a análise da dinâmica dos processos em sua complexidade, o que constitui sua condição específica de contribuição à construção do conhecimento científico voltado ao uso de sistema FV com vista a tomada de decisões para o setor. A realização de estudos de caso voltados a viabilidade técnica e econômica nas diferentes localidades brasileiras podem subsidiar a tomada de decisão sobre este empreendimento, com informações essenciais tais como: os custos, potencial de retorno financeiro, informações legais, entre outros. Com estes dados é possível ampliar o número de projetos destinados ao uso de energia solar no Brasil, tanto para aproveitamento térmico quanto para a geração de energia FV.

Com relação a delimitação espacial das produções científicas, dos estudos observados, predominaram aqueles materiais que apresentam a temática estudada em um contexto real e específico, aprofundando o conhecimento sobre estas variáveis. Identificar a espacialidade ou delimitação dos estudos ajuda a compreender como estão distribuídas as publicações relativas aos sistemas FVs no país, nas diferentes regiões e nos estados [4].

Até 2015, os dados relativos aos sistemas solar FV na região Norte e Nordeste do Brasil eram inexpressivos quando comparados com aqueles do Sul e Sudeste do país; com destaque negativo para a região Norte [5]. Esta situação mudou parcialmente em 2021, quando observou-se um incremento nos dados da região Nordeste inclusive superando os números de alguns estados das regiões Sul e Sudeste [14]. Esse avanço é coerente pois o Nordeste do Brasil, conta com altos índices de radiação solar [5]. Quando comparado por regiões, o Norte do país permanece com baixo número de conexões à rede elétrica.

É compreensível a presença de estudos com abrangência no estado do Ceará, que além de estar geograficamente localizado numa região privilegiada (Nordeste), também conta com incentivos do governo do Estado para renovação de sua matriz energética. Em 2015 este estado apresentava o maior número de conexões à rede elétrica do país [1], tendo a Bahia assumido este posto em 2021. É igualmente compreensível os dois estudos realizados no Paraná, localidade que alcança a primeira colocação na região Sul em número de conexões à rede elétrica. Os estados brasileiros que apresentam o maior número de conexões à rede elétrica são Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Piauí [14].

V. CONCLUSÃO

A adesão em massa à geração de energia solar FV no Brasil através da inserção dessa tecnologia na matriz energética, mudaria o cenário energético, econômico e ambiental do país. Este sistema é uma alternativa para a descentralização da geração de energia, colaborando para a diversificação da matriz energética.

Mas para tanto, faz-se necessário a criação de programas governamentais que por um lado facilitem o financiamento do uso deste sistema para as populações de classe média a baixa; adotem políticas de incentivo de um ambiente político e regulatório estável e com regras coerentes que fomentem o investimento por parte dos consumidores residenciais. Ao mesmo, faz necessário a criação de políticas que fomentem o domínio tecnológico, importante em toda a cadeia produtiva. Estudos de viabilidade indicam que os ganhos são positivos numa relação custo-benefício do uso do sistema solar FV.

Esta tecnologia resulta em energia sustentável, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental e a alta produção de silício utilizado na fabricação das placas solares são os principais argumentos para esta afirmação. Por outro lado, faz-se necessário o incentivo de pesquisas qualificadas, sejam de caráter técnico/operacional; sejam numa vertente teórica.

Apesar de suas inúmeras vantagens, a geração de energia FV também impacta o meio ambiente e na rede de distribuição atual no Brasil.

Considera-se que a principal limitação deste estudo seja a restrição metodológica de realizar busca sistematizada prioritariamente em uma biblioteca virtual. Para o seu desdobramento, sugere-se ampliação de busca a outras bibliotecas, elevando o número de trabalhos científicos consultados sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- [1] M.A.T. Lira, M.L.S. Melo, L.M. Rodrigues, T.R.M. Souza. "Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO₂ no Estado do Ceará". In: Revista Brasileira de Meteorologia, v. 34, n. 3, 389-397, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/69q66CQbN37FRchhFy7V7vR/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 08 Ago. 2022.
- [2] F.I.A. Carvalho, M.C.S. Abreu, J.F. Correa Neto. "Financial alternatives to enable distributed microgeneration projects with photovoltaic solar power". In: RAM, Rev. Adm. Mackenzie (Mackenzie Management Review), 18(1), 120-147. São Paulo, SP. Jan./Fev. 2017. Disponível em: <https://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712017000100120>. Acesso em: 08 Ago. 2022.
- [3] I.V. Urbanetz, A. Moura Netto, B. Scolari, V. Leite, J. Urbanetz Júnior. "Current Panorama and 2025 Scenario of Photovoltaic Solar Energy in Brazil". In: Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol.62 no.spe: e19190011, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/babt/a/TktQJKJH5gXyKMs6xHkWFd/>>. Acesso em: 05 Ago. 2022.
- [4] B.S. Scolari, E.A. Tonolo, R.C. Yan Pan, J. Urbanetz Júnior. "Mapping and Characterization of the Grid-connected Photovoltaic Systems in the City of Curitiba": Preliminary Results Braz. Arco. Biol. Technol. v.61, no.spe: e18000340 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/babt/a/GMdY6Wk8qm6jBpM6Rk5P5bL/>>. Acesso em: 05 Ago. 2022.
- [5] S.G. Dantas, F.M. Pompermayer. "Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico". IPEA. Rio de Janeiro, mai 2018. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf>. Acesso em: 04 Ago. 2022.
- [6] G. Garcia, E.F. Nogueira, R.C. Betini. "Solar Energy for Residential": Use and Its Contribution to the Energy Matrix of the State of Paraná. In: Braz. Arch. Biol. Technol. v.61, no.spe: e18000510. 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/babt/a/GzQpLT9FXyjnPXM4h684rqd/>>. Acesso em: 06 Ago. 2022.
- [7] M. Bursztyn. "Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas". In: Estudos Avançados 34 (98), 2020. Disponível em: <

<https://www.scielo.br/j/ea/a/HRtVCv9DddGGWWD3ZGmHvfK/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 05 Ago. 2022.

- [8] H.M.F. Silva, F.J.C. Araújo. “Energia solar fotovoltaica no Brasil”: uma revisão bibliográfica. In: Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação-REASE. São Paulo, v.8.n.03.mar. 2022. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654/1751>>. Acesso em: 08 Ago. 2022.
- [9] C. Girotti, K.R. Marins, A.H. Lara. “Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho, em São Paulo”. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 7-22, out./dez. 2019. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-8621201900040034>. Acesso em: 05 Ago. 2022.
- [10] F.A. Farret, M.G. Simões. “Integration of alternative sources of energy. Renewable Sources of Energy”, segunda edição, John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, EUA, 648 pp., ISBN 9781119137375, 2018.
- [11] Agência Nacional de Energia Elétrica (2015). Nota Técnica n. 017/2015-SRD. Agência Nacional de Energia Elétrica (2012). “Resolução Normativa” n. 482/2012, de 17 de abril de 2012. Recuperado em 13 de junho de 2013, de <http://www.aneel.gov.br>. Proposta de abertura de público para o recebimento de Resolução de contribuições para aprimorar a Normativa. 482/2012 e seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.
- [12] M.M. Casaro, D.C. Martins. “Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica”. In: Eletrônica de Potência. Sba Controle & Automação 21 (2). Abr 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-17592010000200005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ca/a/LzxvkKP5YDqBzxtWx9js75q/>. Acesso em: 10 Ago.2022.
- [13] A.T. Dale et al. “Modeling future life-cycle greenhouse gas emissions and environmental impacts of electricity supplies in Brazil”. In: Energies, v. 6, n. 7, p. 3182-3208, 2013. Acesso em: 07 Ago. 2022.
- [14] BEN. Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética – EPE.. Relatório Final. 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>>. Acesso em 15 Out 2022.