ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONAL E CAPACIDADE INSTALADA NOS ESTADOS BRASILEIROS

KUMMER, Débora Cristiele
(arqdeborakummer@gmail.com)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

SANTOS, Ísis Portolan dos
(isis.santos@ufsm.br)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Energia Solar Fotovoltaica, Políticas Públicas, Capacidade Instalada, Estados Brasileiros.

RESUMO

A matriz energética brasileira possui características específicas que a difere da maioria dos países e da matriz mundial, pois possui significativa participação de fontes renováveis (83,25%), principalmente, devido a fonte hídrica que corresponde a 62% (SIGA, 2021). Porém, desde a crise no abastecimento energético, entre os anos de 2001/2002, esforços governamentais têm sido realizados aspirando a diversificação das fontes de energia, inicialmente, com a aprovação da Lei Nº 10.438/2002, que instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa).

Com isso, o objetivo deste trabalho é avaliar como as políticas públicas tem influenciado na potência instalada de energia renovável solar fotovoltaica (FV) de geração concentrada e distribuída no Brasil. Para isso, propõem-se uma avaliação das políticas públicas, bem como, a espacialização por meio do mapeamento da distribuição estadual da potência instalada de energia solar FV. Na geração distribuída a uma maior potência instalada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste que ocorreu, principalmente, a partir de sua regulamentação através da Resolução Normativa 482/2012.

Já na forma de geração centralizada, há um predomínio de instalações na região Nordeste e Sudeste, com o maior número de instalações a partir de 2014, com os leilões ofertados pelo governo federal. Sendo assim, considera-se que o poder público possui forte impacto sobre o setor FV nacional, de modo que, sua expansão se deu após a sua regulamentação e a oferta de leilões. Com isso, cabe ao poder público viabilizar o crescimento energético solar fotovoltaico e, consequentemente, a diversificação da matriz energética do país.

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje uma das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano (Pinho; Galdino, 2014). No ano de 2020, o mercado de energia solar fotovoltaica mundial aumentou mais de 22%, propiciando uma adição anual de 139 GW. Isso se deu, em especial, pelo aumento da potência instalada em 2020, se comparado ao ano de 2019, por países como a China (48,2 GW), Estados Unidos (19,2 GW), Vietnã (11,1 GW) Japão (8,2 GW) e Alemanha (4,9 GW) os quais foram responsáveis por quase 66% capacidade total instalada. Além da contribuição de mercados emergentes em todo o mundo, incluindo o Brasil com uma adição de 3,1 GW em sua capacidade solar (REN21, 2021).

Embora a fonte hídrica seja predominante na matriz energética brasileira (62%), outras fontes de energia também ajudam a suprir a demanda do país como as termelétricas (25,45%), eólica (10,60%), fotovoltaica (1,94%) e, ainda a nível de estudo, a energia proveniente das marés com uma potência associada de 50kW (SIGA, 2021). Entretanto, essa dependência energética da fonte hídrica tem sido uma das principais preocupações do setor energético nacional, já que, conforme Konrad et al. (2016) é um sistema vulnerável devido a dependência dos índices pluviométricos, comprometendo a segurança energética e a garantia de oferta de energia para a população.

Essa dependência do sistema foi o que ocasionou, entre junho de 2001 e fevereiro de 2002, conforme ANEEL (2008), a maior crise de abastecimento motivada pelas condições hidrológicas extremamente desfavoráveis no Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Porém, esse cenário está se repetindo novamente, no ano de 2021, com uma das maiores estiagens vivenciadas na região Sul e Sudeste dos últimos 91 anos (Albuquerque, 2021).

O Brasil é privilegiado no que diz respeito a sua extensão e diversidade ambiental e, consequentemente, na possibilidade de explorar diferentes fontes energéticas. Com ênfase na energia solar FV, embora, os índices de irradiação solar não sejam homogêneos em todo o território brasileiro o mesmo ainda assim possui um vasto recurso solar a ser explorado. Em 2002, em sua primeira edição, o Atlas de Energia Elétrica do Brasil apresentou a análise a qual tomou como referência um índice médio global de irradiação solar no Brasil de 1.800 kWh/m^2 ao ano, o consumo total de energia elétrica de 1998 (que foi cerca de 300 TWh) e uma eficiência de conversão dos módulos FV de 12%. Como resultado, seriam necessários 1.400 km^2 de coletores solares (0,016% do território nacional), o que corresponde a somente 5% da área alagada por usinas hidrelétricas no Brasil (ANEEL, 2002).

Entretanto, desde então os sistemas de conversão se tornaram mais eficientes, entre 15% à 22%, conforme Pes, Martins e Pereira (2018). Porém, a demanda por energia elétrica também aumentou significativamente sendo que, no ano de 2020, o consumo final foi de 475 TWh (AEEE, 2021). Nesse sentido, quase 20 anos depois, atualizando a primeira análise tendo-se como referência a área do território brasileiro de 8.510.345,538 km^2 (IBGE,2020), considerando um rendimento

dos módulos (18%) e o consumo de 475 TWh, ao final de 2020, seria necessária uma área de 1.477,777 km^2 (0,017% do território nacional), visando um comparativo, destaca-se que o Distrito Federal possui uma dimensão territorial de 5.760,784 km^2 (IBGE, 2020).

Sendo assim, o presente trabalho aspira avaliar as áreas com maior índice de irradiação solar no território brasileiro, bem como, identificar a configuração da distribuição estadual dos sistemas tanto de energia solar FV concentrada quanto distribuída e relacionar as áreas com a maior potência instalada com as áreas de maior irradiação solar. Além disso, identificar como as políticas públicas tem corroborado para o aumento da segurança de suprimento e a diversificação renovável da matriz elétrica brasileira, por meio da utilização da fonte da energia solar FV

2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O território brasileiro recebe bons índices de irradiação solar apesar das suas diferenças climáticas, como pode-se observar na Figura 1. Pereira e Martins (2018), destacam que as regiões Nordeste e Centro-Oeste possuem o maior recebimento de irradiação solar. A região Norte embora esteja próxima da linha de equador tem sua média anual de irradiação solar comparável a região Sul, sendo que no período do verão a região sul apresenta índices maiores, e no período de inverno a região norte recebe maior incidência de irradiação solar global. Isso se deve à climatologia da região amazônica que apresenta nebulosidade e precipitação elevadas no verão, e na região Sul devido às incursões de frentes frias provenientes da região Antártica, no período do inverno.

No entanto, ainda assim essas regiões possuem índices de irradiação solar maiores que outros países como, por exemplo, os europeus que empregam largamente o sistema solar fotovoltaico. Destaca-se que Alemanha é um dos países com a maior potência instalada nível mundial, contudo, seu índice de irradiação solar é 40% menor do que região menos ensolarada do Brasil (Junior; Souza, 2020) com uma média de 2.978 kWh/m^2 dia, diferentemente do Brasil que possui uma média de irradiação solar de 5,276 kWh/m^2 dia (*World Bank Group,* 2020).

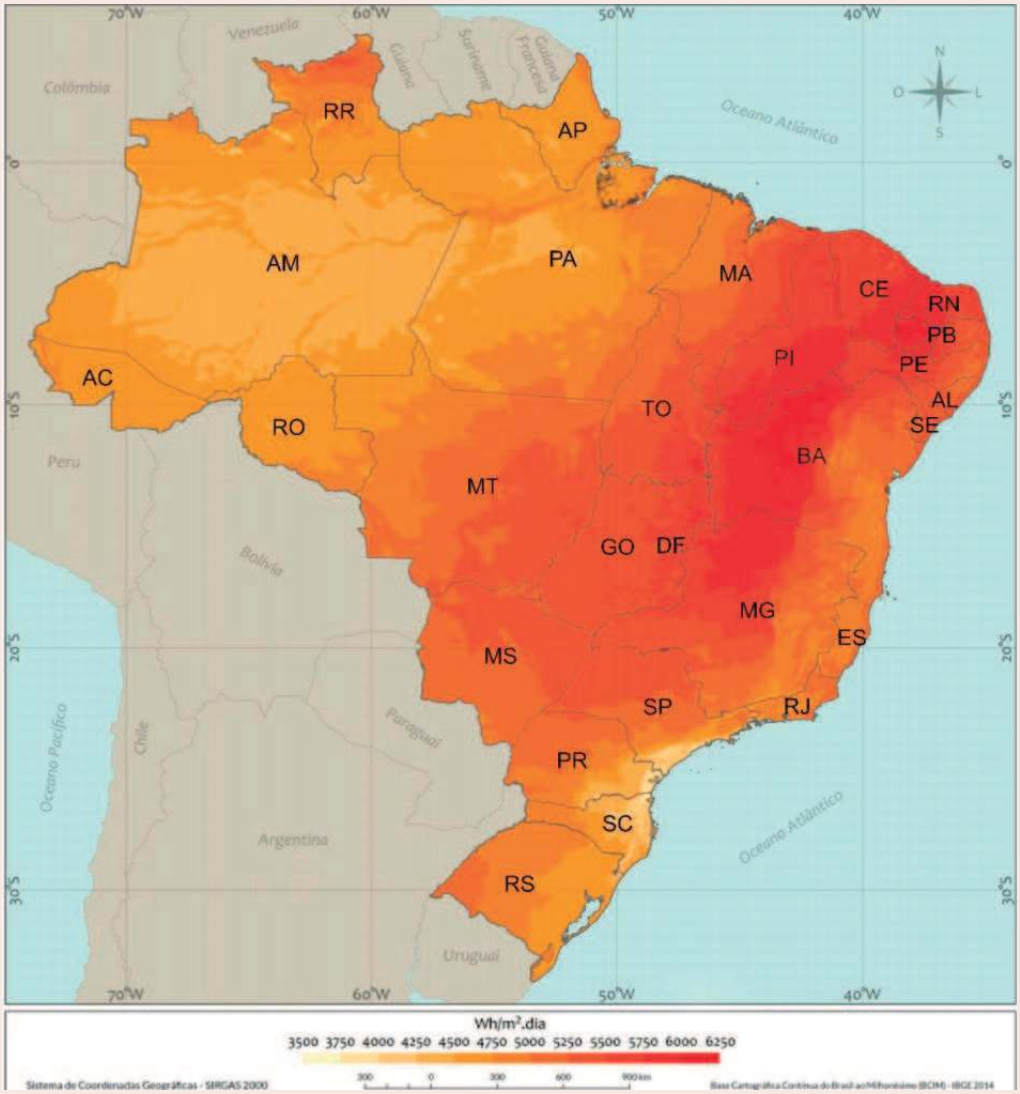

Figura 1. Radiação solar anual no território brasileiro, adaptado de Pereira et al. (2017).

Embora, a produção industrial de módulos FV tenha iniciada no ano de 1956 (Pinho; Galdino, 2014), foi a partir de 2011 que essa tecnologia passou a ser inserida com maior destaque no Brasil. Sendo esse um resultado das discussões geradas pelo Grupo Setorial de Energia Fotovoltaica da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) e pela comissão de estudos CE-03:082.01 do Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações (COBEI), responsável pela elaboração das normas para a conexão de inversores fotovoltaicos à rede elétrica (Villalva, 2015).

A primeira instalação registrada do sistema na forma de geração distribuída (SISGD) foi em 2008, na região Sudeste, mais especificamente em Bocaiúva-MG, para uso comercial do Grupo CEMIG. Entretanto, a regulamentação da geração distribuída ocorreu somente no ano de 2012, quando foi aprovada pela ANEEL a minuta da Resolução Normativa nº 482/2012 a qual foi reeditada, posteriormente, culminando na Resolução Normativa nº 687/2015 que permite a microgeração e a minigeração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e alternativas com sistemas de geração distribuída conectados às redes elétricas de baixa tensão, bem como, o sistema de compensação de energia.

Atualmente, está ocorrendo a revisão da normativa referente a microgeração e a minigeração distribuída, destaca-se que essa revisão já estava prevista desde a publicação da resolução 687/2015, e iniciou em maio de 2018. Porém, as alterações propostas pela ANEEL não tiveram uma boa recepção por parte dos consumidores (pessoas físicas), pequenos/médios empresários e comerciantes representantes de energia solar FV, diante desse embate o tema chegou ao Congresso Nacional, o qual vem se envolvendo na revisão da REN 482/2012 desde o ano de 2019.

Nesse contexto, de autoria do parlamentar Silas Câmera apresentou-se o Projeto de Lei (PL) 5829/2019 (BRASIL, 2019), que em setembro de 2021, foi aprovado pela Câmara dos Deputados e mantém as isenções atuais aos mini e microgeradores de energia até o ano de 2045 (inclusive para quem protocolar o sistema até doze meses após a publicação da lei).Entretanto, as regras mudam para os novos geradores, que terão que seguir as regras de transição para o pagamento total dos encargos de uso da rede, nestes valores estão a infraestrutura, os custos de manutenção, a operação e depreciação dos esquipamentos. Os novos geradores pagarão 15% dos encargos, com incremento de mais 15% a cada ano, até atingir 100% em 2029 (BARBIÉRI, 2021).

A geração de energia centralizada, por sua vez, a primeira instalação ocorreu no ano de 2011, quando a empresa MPX Energia pertencente ao Grupo EBX, do empresário Eike Batista instalou o primeiro parque fotovoltaico, com uma potência inicial de 1MW, no município de Tauá no estado do Ceará. As instalações na forma de geração centralizada, ganharam impulso a partir de 2014, em virtude, dos leilões ofertados por parte do governo federal motivando, assim, empresas e investidores a ampliarem os empreendimentos nesse setor.

Como resultados das políticas desenvolvidas na última década, em especial, a regulamentação da geração distribuída com a Resolução Normativa nº 482/2012 e os leilões ofertados pelo governo federal para sistemas de geração centralizada o Brasil possuía, em julho de 2021, uma potência instalada de 6.307,10 MW no sistema de geração distribuída e 3.430,26 MW no sistema de geração centralizada (SIGA, 2021) destaca-se que, no ano de 2020, o Brasil adicionou 31 GW, 68,6% acima do que em 2019 (REN21, 2021). Na Tabela 1, pode-se observar o crescente número de sistemas FV no país desde o princípio de suas instalações, e no ano de 2021, até o início do mês de setembro.

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
GD	0,025	0,023	0,04	0,09	0,46	1,47	2,65	9,69	49,55	127,81	400,58	1.533,56	2.658,33	2.245,15
GC	___	___	___	5,16	0,03	4,44	5,57	11,44	32,67	947,7	828,55	651,31	807,15	451,36

Tabela 1. Potência instalada de energia FV distribuída (GD) e centralizada (GC), em MW.

Além disso, cabe destacar a Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica – Pronasolar instituída pelo Projeto de Lei Nº 10.370/2018 que tem como meta a instalação de empreendimentos de geração de energia elétrica solares fotovoltaicos no Brasil, representando uma potência nominal acumulada conectada ao Sistema Interligado Nacional de pelo menos 30.000 MW até o final de 2030, incluídos nes-

ta potência os sistemas de geração distribuída solar fotovoltaica e os sistemas de geração centralizada solar fotovoltaica. Assim, essa política é composta por ações, projetos e programas destinados a pessoas físicas e jurídicas, no setor público e privado, e nos meios urbano e rural. Um dos principais pontos dessa legislação é a disponibilização de linhas de crédito e investimentos tanto para a instalação dos sistemas quanto para pesquisas e desenvolvimento do setor.

3. CAPACIDADE INSTALADA DE ENERGIA SOLAR FV POR ESTADO BRASILEIRO

Para avaliar a potência instalada por estado, inicialmente, realizou-se um levantamento das informações disponibilizadas, em julho de 2021, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA) para geração de energia centralizada, e no Sistema de Registro da Geração Distribuída (SISGD) para a geração de energia distribuída.

Em seguida, com o arquivo em formato *shapefile*[1] do território brasileiro e seus respectivos estados disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) cruzou-se as informações em *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e categorizou-se os estados de acordo com a sua potência instalada, resultando em um mapeamento do território nacional tanto para o sistema de geração centralizada quanto distribuída.

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA CENTRALIZADA

O Brasil contava, até o mês de julho de 2021, com 4.287 parques fotovoltaicos de energia centralizada em operação, totalizando uma potência instalada de 3.430,26 MW. Na Tabela 2 pode-se observar a potência instalada por estado, em ordem decrescente.

PI	BA	MG	SP	CE	PE	PB	RN	SC
1.033,75	782,66	541,94	382,42	219,03	167,66	136,38	123,93	8,19
TO	**RS**	**RJ**	**PA**	**AP**	**MT**	**ES**	**RO**	**MS**
5	4,31	4,28	4,15	4,03	3,97	3,07	2,27	2
AL	**PR**	**MA**	**AM**	**DF**	**AC**	**RR**	**GO**	**SE**
0,44	0,27	0,26	0,17	0	0	0	0	0

Tabela 2. Potência instalada de energia FV centralizada por unidade da federação, em MW.

1 *Shapefile* - arquivo que pode descrever espacialmente qualidades vetoriais como pontos, linhas e polígonos georreferenciados em sistema SIG (*ESRI*, 1998).

Com base na Tabela 2 é possível perceber que os estados do Piauí e da Bahia concentram mais de 53% da produção energética com 1.033,75 MW e 782,66 MW, respectivamente. Os estados de Minas Gerais, São Paulo e Ceará também possuem uma potência representativa com um somatório de 1.143,39 MW.

Com uma capacidade entre 200 MW e 100 MW tem-se os estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Já com uma potência reduzida há o estado de Santa Catarina que possui 8,19 MW, seguido dos estados Tocantins, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Pará, Amapá, Mato Grosso, Espirito Santo, Rondônia e Mato Grosso do Sul que possuem uma capacidade entre 2 MW e 5 MW.

E com menos de 1 MW de potência instalada há os estados de Alagoas, Paraná, Maranhão e Amazônia. Além disso, salienta-se que o Distrito Federal e os estados do Acre, Roraima, Goiás e Sergipe não apresentam nenhum registro de instalação na forma de geração centralizada. Essa distribuição no território pode ser melhor analisada na Figura 2

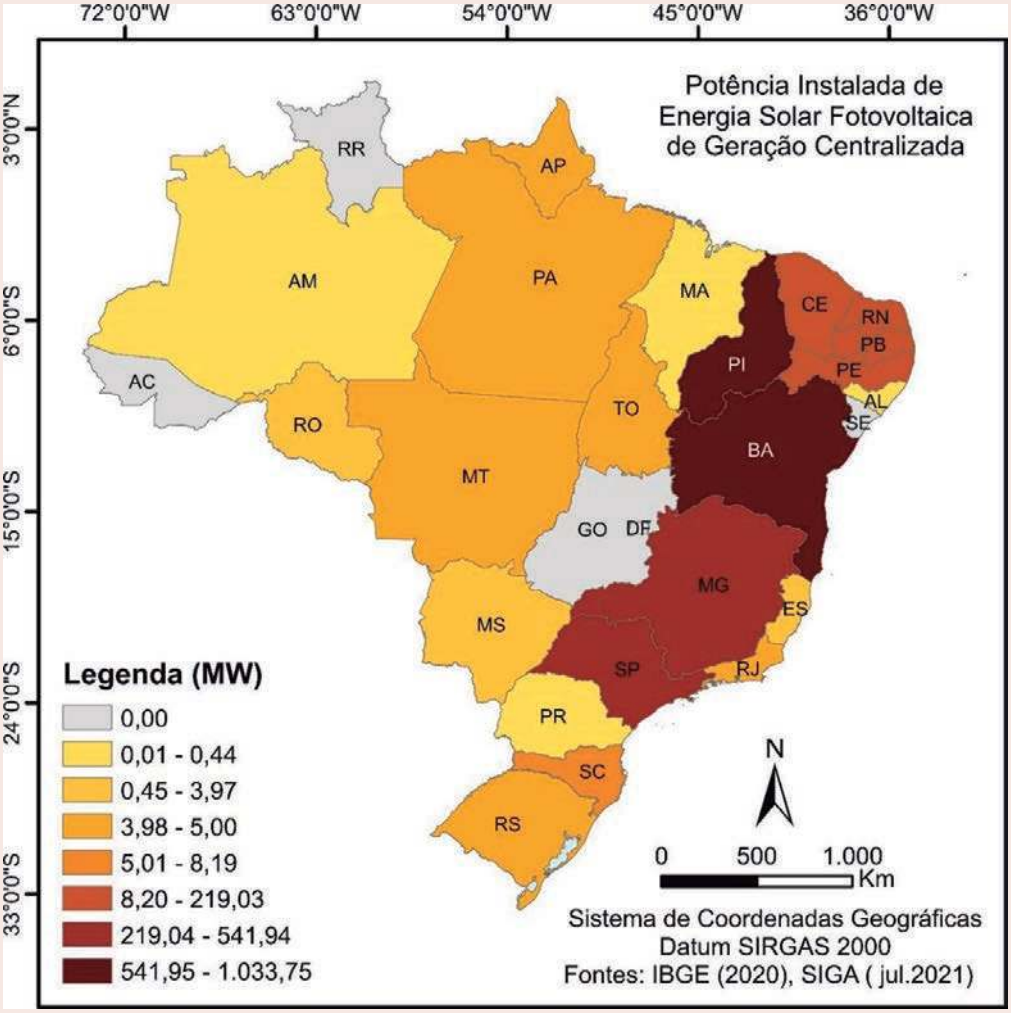

Figura 2. Potência Instalada Estadual de Energia Solar FV de Geração Centralizada.

Destaca-se que os estados de Goiás e Sergipe estão em uma área privilegiada do território quanto aos níveis de irradiação solar, entretanto, não possuem registro de nenhuma instalação de geração centraliza. Além disso, o território dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins e Maranhão que possuem altos índices de irradiação também podem vir a ser melhor explorados.

3.2 SISTEMAS DE ENERGIA FV DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD)

Até julho de 2021, o Brasil contava com uma potência instalada de energia FV de 6.446,06 MW na forma de geração distribuída (SISGD, 2021). Na Tabela 3 é possível analisar a potência instalada em cada unidade da federação em ordem decrescente.

MG	SP	RS	MT	PR	GO	RJ	SC	CE
1.193,41	798,39	778,7	491,78	351,33	343,97	288,82	249,95	231,72
BA	MS	PE	PA	PI	MA	RN	ES	PB
212,53	180,39	178,22	150,09	133,96	129,55	126,15	116,96	112,89
TO	DF	RO	AL	SE	AM	AC	AP	RR
77,94	74,25	70,87	52,02	38,56	32,64	13,04	9,56	8,2

Tabela 3. Potência instalada de energia FV distribuída por unidade da federação, em MW.

Observa-se que os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso concentravam mais de 50% da produção de energia FV distribuída no país, totalizando 3.262,28 MW. Com uma potência entre 200 e 400 MW tem-se os estados do Paraná, Goiás, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Ceará e Bahia que representa 26% da produção total.

Já os estados do Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Pará, Piauí, Maranhão, Rio Grande do Norte, Espírito Santo e Paraíba possuem uma capacidade instalada entre 100 e 200 MW, o que corresponde a 17% do total. Por fim, com menos de 100 MW instalados tem-se o Distrito Federal e os estados de Tocantins, Rondônia, Alagoas, Sergipe, Amazonas e Acre que contribuem com 6% para a produção de energia FV de geração distribuída no país. E com menos de 10 MW de potência instalada há os estados do Amapá e Roraima.

Destaca-se que do total de 548.025 instalações FV existentes no país, a maior parte se deu nos anos de 2019 (122.562 instalações), 2020 (208.153 instalações) e 2021, até então com 159.181 instalações. Além disso, com base na regulamentação REN 482/2012 que possibilitou o consumo energético em mais de uma unidade consumidora há 548.025 instalações FV de geração distribuída, contudo, são 684.020 unidades que recebem os créditos produzidos por esses sistemas. A classe de consumo e sua respectiva potência instalada podem ser analisadas na Tabela 4.

Classe	QTD GD	Uc rec créditos	Pot. Instalada (MW)
Comercial	81.517	119.566	2.290,56
Iluminação Pública	33	40	1,02
Industrial	11.638	15.230	515,02
Poder Público	1.911	3.043	77,79
Residêncial	413.256	489.897	2.600,69
Rural	39.539	56.006	839,46
Serviço Público	131	238	7
Total	548.025	684.020	6.331,57

Tabela 4. Distribuição da potência instalada em GD por classe de consumo

Nota-se um predomínio significativo de instalações FV em imóveis residências, correspondendo por 76% do total instalado, com uma potência de 2.600,69 MW. Entretanto, embora com um número de instalações bem reduzido quando comparado ao residencial, observa-se que a potência instalada na classe comercial equiparasse ao total da classe residencial. Em contraponto, as classes públicas (Poder Público, Serviço Público e Iluminação Pública) representam o menor número de potência e instalações de sistemas FV de geração distribuída, representando menos de 1% do total instalado.

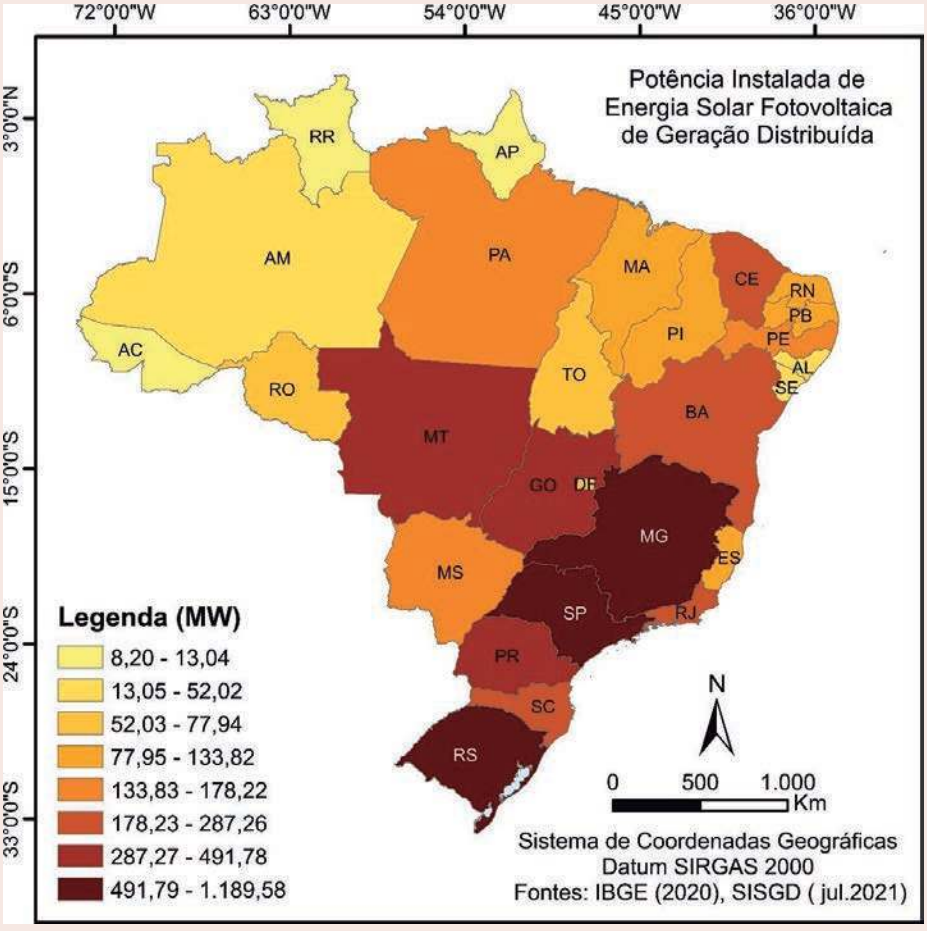

Figura 3. Potência Instalada Estadual de Energia Solar FV de Geração Distribuída.

Com base na análise da Figura 3 é possível notar que dos cinco estados com maior potência instalada na forma de geração distribuída apenas Minas Gerais e Goiás se encontram nas regiões que recebem os maiores índices de irradiação solar. Dessa forma, principalmente, os estados do Ceará, Piauí, Paraíba e Bahia tem potencial ainda inexplorado para a ampliação da potência instalada na geração distribuída no país.

4. CONCLUSÕES

Sendo assim, observou-se que embora todo o território nacional tenha potencial para fazer uso de sistemas solares fotovoltaicos, os estados do Ceará, Piauí, Paraíba, parte da Bahia e parte de Minas Gerais são as regiões que possuem o maior índice de irradiação solar, seguido por Pernambuco, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Maranhão.

Além disso, os estados que possuem maior potência instalada na geração centralizada não apresentam o mesmo desempenho na geração distribuída, visto que, na forma de geração centraliza há um predomínio de instalações na região Nordeste e Sudeste e na forma de geração distribuída um predomínio nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Esse descompasso pode ser observado, principalmente, nos estados do Piauí, Bahia, Rio Grande do Norte e Paraíba.

Quanto às classes de consumo na forma de geração FV distribuída a residencial é detentora da maior parte das instalações, além disso, chama a atenção o número reduzido de sistemas instalados nas classes públicas (Poder Público, Serviço Público e Iluminação Pública). Se configurando, assim, em um setor que deve haver maiores análises e, consequentemente, investimentos para ampliar sua potência instalada.

Por fim, mesmo que de caráter inicial, o Brasil tem desenvolvido políticas públicas visando o incentivo e a disseminação da energia solar FV. Entretanto, ressalta-se que ainda há desafios a serem enfrentados para que a mesma amplie sua participação na matriz energética nacional, em especial, a necessidade de uma política regulatória mais estável e confiável, bem como, o reconhecimento do território visando identificar onde é necessário priorizar os investimentos do setor energético.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEEE (2021). Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energiaeletrica.

Albuquerque, B. (2021). Pronunciamento Nacional do Ministro de Minas e Energia. Ministério de Minas e Energia. Brasília, DF. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_z_JxKMk33Q.

ANEEL (2002). Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Brasília, DF. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf.

ANEEL (2008). Relatório ANEEL 10 anos. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Brasília, DF. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876457/2008_Relatorio10Anos/3e6e6e85-c2d9-98a3-d5fb--7646289abdf0.

ANEEL (2019). Micro e Minigeração Distribuída: Proposta em Audiência Pública. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Brasília, DF. Disponível em:https://www.youtube.com/watch?v=BuMRgS0B
mp8&t=201s.

BARBIÉRI, L. F. (2021). Câmara aprova projeto que cria marco legal para geração própria de energia. Brasília, DF. Disponível em: https://g1.globo.com/politica/noticia/2021/08/18/camara-aprova-projeto-que-institui-marco-legal-para-geracao-propria-de-energia.ghtml.

Brasil (2002). Lei Nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica [...]. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF.

Brasil (2018). Projeto de Lei Nº 10.370, de 6 de junho de 2018. Institui a Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica-PRONASOLAR e dá outras providências. Câmara dos Deputados, Poder Executivo, Brasília, DF.

Brasil (2019). Projeto de Lei Nº 5829, de 5 de novembro de 2019. Institui a Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica-PRONASOLAR e dá outras providências. Câmara dos Deputados, Poder Executivo, Brasília, DF.

IBGE (2019). Bases Cartográficas Contínuas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas.html.

IBGE (2020). Áreas Territoriais. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=o-que-e.

Junior, M. O.; Souza. C. C. (2020). Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. Interações, Campo Grande, MS, v. 21, n. 2, p. 379-387. Disponível em: https://www.interacoes
.ucdb.br/interacoes/article/view/1760.

Konrad, O. et al. (2016). Atlas das biomassas do Rio Grande do Sul para produção de biogás e biometano. Lajeado: Ed. da Univates. Disponível em: https://www.sema.rs.gov.br/atlas-das-energias-renovaveis-rs.

ONS (2021). Nota Técnica com Avaliações das Condições de Atendimento Eletroenergético do SIN. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: http://www.ons.org.br/Paginas/

Noticias/20210604-ons-elabora-nota-tecnica-com-avaliacao-das-condicoes-de-atendimentoeletroenergetico-do-sin.aspx.

Pereira e Martins (2018). Energia Solar: O potencial brasileiro. In: O Setor Elétrico. 145. ed. Atitude Editorial. Disponível em: http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Renovaveis-ed145-Capitulo-I-Energia-Solar.pdf.

Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Gonçalves, A. R.; Costa, R. S.; Lima, F. L.; Rüther, R.; Abreu, S. L.; Tiepolo, G. M.; Pereira, S. V.; Souza, J. G. Atlas brasileiro de energia solar. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017.
80p. Disponível em: http://doi.org/10.34024/978851700089.

Pes, M. P.; Martins, F. R.; Pereira, S. V. (2018). Energia solar: fundamentos para otimização da geração fotovoltaica. São Paulo, SP. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/producao.html.

Pinho, J. T.; Galdino, M. A. (2014). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2 ed. rev. ed. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, p. 530.

REN21 (2021). Renewables 2021: Global Status Report. França, FR. Disponível em: https://www.ren21 .net/wpcontent/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf

REN 482 (2012). Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. ANEEL, Brasília, DF. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf.

REN 687 (2015). Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. ANEEL, Brasília, DF. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf.

SIGA (2021). Sistema de Informação de Geração da ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Brasília, DF. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/siga.

SISGD (2021). Sistema de Registro de Geração Distribuída (SISGD). Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Brasília, DF. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida.

Villalva, M. G. (2015). Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e aplicações. 2. ed. rev atual. São Paulo: Érica.

World Bank Group (2019). Map and data downloads. Global Solar Atlas. Disponível em: https://globalsolar
atlas.info/download.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado.