

Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha

Photovoltaic utilization, comparative analysis between Brazil and Germany

Utilización fotovoltaica, análisis comparativo entre Brasil y Alemania

Orlando Moreira Júnior¹

Celso Correia de Souza²

Recebido em 17/11/2017; revisado e aprovado em 23/04/2018; aceito em 14/05/2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v21i2.1760>

Resumo: O potencial energético solar brasileiro apresenta média anual consideravelmente alta em comparação com a Alemanha, que recebe 40% menos radiação do que o lugar menos ensolarado do Brasil e, mesmo assim, encontra-se em estágio avançado tanto de pesquisa quanto de instalações. A cooperação entre Brasil e Alemanha promove resultados importantes para o desenvolvimento da energia solar no país.

Palavras-chave: geração de energia; cooperação Brasil-Alemanha; energia solar.

Abstract: The Brazilian solar energy potential presents an annual average considerably high compared with Germany, which receives 40% less radiation than the least sunny place in Brazil and, even so, is at an advanced stage of research and facilities. The cooperation between Brazil and Germany promotes important results for the development of solar energy in the country.

Keywords: power generation; Brazil-Germany cooperation; solar energy.

Resumen: El potencial energético solar brasileño presenta un promedio anual considerablemente alto en comparación con Alemania, que recibe un 40% menos radiación que el lugar menos soleado de Brasil y, todavía, se encuentra en una etapa avanzada tanto de investigación cuanto de instalaciones. La cooperación entre Brasil y Alemania promueve resultados importantes para el desarrollo de la energía solar en el país.

Palabras clave: generación de energía; cooperación Brasil-Alemanha; energía solar.

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1950, os painéis solares convertiam em média apenas 4,5% da energia solar em energia elétrica, o que correspondia a 13 Wp/m², a um custo de US\$ 1.785/Wp. Hoje em dia, a eficiência média mundial triplicou para 15% (143 Wp/m²), a um custo 1.370 vezes mais barato, de US\$ 1,30/Wp (WOODHOUSE *et al.*, 2019). De acordo com o *Center for Sustainable Systems* (CSS), hoje existem no mercado módulos capazes de apresentar uma eficiência acima de 20%. Segundo o CSS, o silício monocristalino e o policristalino são as tecnologias mais comercializadas no mundo. A Tabela 1 mostra um comparativo entre as várias tecnologias de células fotovoltaicas e suas respectivas eficiências em laboratório e em uso comercial (CSS, 2016).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.



¹ Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

² Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Tabela 1 – Valores de eficiência das diversas tecnologias de células fotovoltaicas

Tecnologia		Eficiência da célula em laboratório	Eficiência dos módulos comerciais
Cristalino	Silício Monocristalino	25,0 %	14- 21%
	Silício Policristalino	21,3%	14- 16,5%
Filmes finos	Silício Amorfo	13,6%	6- 9%
	Silício Micromorfo	12%	7- 9 %
	CIGS	18,8%	8- 14 %
	Telureto de Cádmio	16,4%	9- 12%

Fonte: Adaptado de CSS (2016).

As variadas tecnologias de células disponíveis no mercado têm custos e eficiências diferentes. No mercado brasileiro, estão homologadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) três tipos de tecnologia: silício monocristalino, silício policristalino e filmes finos. Segundo a nota técnica do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, o Brasil tem excelentes reservas de silício e lítio, principais matérias-primas das células fotovoltaicas e de baterias, respectivamente (CGEE, 2009).

A uniformidade do potencial energético solar brasileiro apresenta uma grande vantagem em comparação com países europeus, onde a tecnologia já é bem desenvolvida. Além dessa uniformidade, os menores potenciais apresentados no território nacional se equiparam aos maiores potenciais europeus (SAUAIA, 2016). A irradiação solar captada de forma inclinada em todas as capitais brasileiras apresenta valores que variam entre 4,9 kWh/m²/dia e 6 kWh/m²/dia, o que representa uma alta uniformidade de irradiação solar no território nacional.

Brasil e Alemanha firmaram um acordo sobre cooperação no setor de energia com o foco em energias renováveis e eficiência energética, em maio de 2008, que foi promulgado em 1º março de 2012, pelo Decreto n. 7.685/2012 (BRASIL, 2012). Segundo o Plano de Ação da Parceria Estratégica Brasil-Alemanha, ambos os países concordam que há a necessidade de estímulo ao desenvolvimento sustentável e execução de atividades de programas no âmbito do crescimento limpo, assim como o desenvolvimento deve estar embasado na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2012).

A comunidade científica mundial vem tratando o tema energético cada vez mais preocupada com as incertezas do atendimento de uma demanda crescente de energia em todo o mundo. Em Paris, na 21ª Conferência das Partes (COP21) da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), foi estabelecido um novo acordo, com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças (BRASIL, 2017).

Segundo o MMA (BRASIL, 2017), o acordo firmado na COP21 foi aprovado por 195 países, inclusive o Brasil, e prevê a diminuição da emissão dos gases do efeito estufa, que faz a temperatura média da Terra se elevar. Cada país fica incumbido de elaborar suas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês).

O Brasil concluiu, em 12 de setembro de 2016, o processo de ratificação desse Acordo de Paris, sendo o instrumento entregue às Nações Unidas, e, com isso, as metas brasileiras deixaram de ser pretendidas e tornaram-se compromissos oficiais. Agora, portanto, a sigla perdeu a letra “i” (do inglês, *intended*) e passou a ser chamada apenas de NDC (BRASIL, 2017).

A NDC do Brasil compromete-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se compromete a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030 e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (BRASIL, 2017).

A energia fotovoltaica é uma das alternativas que fazem parte do contexto da diminuição de gases do efeito estufa. Segundo informações do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2019-2029) (BRASIL, 2019), a capacidade instalada de placas solares no Brasil deverá crescer quatro vezes nesse período. Ao final de 2019, o Brasil registrava um total de 4,4 Gigawatts (GW) gerados por placas solares fotovoltaicas, divididos entre Geração Centralizada (GC) e Geração Distribuída (GD). De acordo com o levantamento da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), eram 2,5 GW na categoria centralizada e 1,9 GW na distribuída (ABSOLAR, 2020).

A Alemanha comprometeu-se, em conjunto com os demais líderes do G-7, de livrar seus países dos combustíveis fósseis, a principal fonte de emissão de CO₂, até 2100. Os objetivos fixados são de reduzir as emissões entre 40% e 70% até 2050, com base no total emitido em 2010. O país também apresenta internamente uma série de ações e incentivos às energias renováveis, como a resolução que proíbe a venda de veículos com motor a combustão a partir de 2030, além de ter cerca de 40 Gigawatts de capacidade instalada em energia solar, segundo a agência federal Fraunhofer ISE (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA], 2016).

Os cinco países com maior potência instalada no mundo são: China, Alemanha, Japão, Itália e EUA – correspondendo a 70% do total mundial. Informações da IEA (2016) mostram que a energia solar deverá responder por 11% da oferta mundial de energia elétrica até 2050.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi mostrar que o Brasil, por apresentar uma irradiação média anual que varia entre 1.200 e 2.400 kWh/m²/ano (SOLARGIS, 2020), bem acima da média da Europa, pode tornar-se uma potência no setor fotovoltaico. Para isso, foi realizada uma comparação com a Alemanha, que recebe 40% menos radiação do que o lugar menos ensolarado do Brasil e, mesmo assim, é o país em que a tecnologia fotovoltaica já se encontra em estágio muito avançado tanto de pesquisa quanto de instalações, sejam elas de microgeração e minigeração interligadas à rede, sejam elas de maior potência instalada.

Outra vantagem do Brasil em relação à Alemanha é a uniformidade quase plena de radiação solar incidente no seu território. Para que o Brasil atinja o nível de utilização dessa tecnologia, como a Alemanha atual, são necessários incentivos governamentais como também dar a devida importância à cooperação técnica em energias renováveis entre os dois países, que visa incentivar a produção e o uso de energias renováveis e dar maior eficiência aos processos produtivos, por meio da transferência de tecnologias e intercâmbio científico entre ambas as partes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo está fundamentado em uma pesquisa bibliográfica, elaborada a partir de dados obtidos por meio de livros, periódicos, entre outras fontes, que ratificam a produção do trabalho.

3.1 Legislação e mecanismos de incentivos ao uso da energia solar Brasil-Alemanha

Segundo Souza (2009), na Alemanha, o uso da tecnologia de painéis de energia solar fotovoltaica iniciou-se a partir da crise do petróleo, na década de 1970, que implicou alterações do modelo de desenvolvimento energético daquele país, visando à independência de fontes convencionais de energia. A partir desse período, embora com variações na taxa de crescimento, o setor de energia solar alavancou no país, transformando a Alemanha em uma das referências mundiais nesse setor.

O crescimento do uso da energia solar na Alemanha contou com programas de subsídios concedidos pelo governo, leis de energia, mecanismos regulatórios e o aumento dos preços de energia no mercado. Entre os mecanismos de incentivos existentes na Alemanha, um dos principais é o Programa de Incentivos de Mercado (MAP, "Marktanreizprogramm"), que faz parte da estratégia política do governo alemão para expansão da participação de energia renovável na matriz energética do país (AL-INVEST, 2011).

A Alemanha, até 2014, era o país líder mundial de capacidade de geração fotovoltaica instalada, sendo ultrapassada em 2015 pela China. O expressivo desenvolvimento do aproveitamento da fonte solar na Alemanha foi resultado de decisão estratégica de inserir a energia renovável em sua matriz energética, reduzindo a participação da energia nuclear – isso ocorreu principalmente após a década de 1990 (NASCIMENTO, 2017).

A partir da década de 1990, a Alemanha lançou uma série de leis de incentivo ao uso de fontes alternativas de energia, o que impulsionou a indústria de fabricação de painéis fotovoltaicos, diminuindo os custos de implantação desses sistemas (NASCIMENTO, 2017). Após o acidente nuclear de Fukushima, em 2011, o governo alemão declarou a *Energiewende* (transição energética), uma política oficial por meio da Lei de Energias Renováveis (*Erneuerbare-Energien-Gesetz* [EEG]) (ANTAL *et al.*, 2017).

A EEG tem o objetivo de desenvolver fontes de energias sustentáveis, proteger o meio ambiente com diminuição das alterações climáticas e desenvolver tecnologias para gerar eletricidade a partir de fontes renováveis de energia (EEG, 2014).

Com esses incentivos, surgem vantagens para quem produzir energia fotovoltaica na Alemanha, como acesso à rede garantido, prioridade na transmissão e distribuição, tarifas específicas para cada tecnologia, monitoramento e avaliação regular, pesquisa de acompanhamento e esquemas de retorno financeiro para produtores, que são as tarifas *feed-in* (FIT). Elas garantem um pagamento para o produtor de eletricidade por quilowatt-hora (kWh) produzido, por um período mínimo de vinte anos (EEG, 2014).

Souza (2009) aponta que o Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF) é uma importante lei ao incentivo da energia fotovoltaica na Alemanha, a *Electricity Feed-in Law*, adotada em 1990. Esse marco regulatório trata da introdução da energia produzida por Fontes Renováveis de Energia (FRE) na rede elétrica convencional. Essa lei baseia-se na compra obrigatória, pelas concessionárias, da energia gerada por esses sistemas

fotovoltaicos, por meio do mecanismo de tarifa-prêmio. A Feed-in Law foi atualizada em 1999, dando origem ao Código das Fontes Renováveis de Energia (EEG).

De forma a permitir o contínuo avanço da energia solar no país, foi promovida, em 2004, nova alteração na legislação, limitando os valores pagos pelas grandes indústrias destinados a cobrir a geração de energia de fontes renováveis. Com isso, preservou-se a competitividade da indústria alemã, além de impedir que grandes consumidores se posicionassem contra a expansão da geração por fontes renováveis (SOUZA, 2009).

De acordo com a British Petroleum (2018), a energia fotovoltaica teve um crescimento de 33,2% em 2016, sendo a Europa responsável por cerca de um terço desta produção (105,4 GW), com destaque para a Alemanha (41,3 GW).

3.2 Brasil

No Brasil, a resolução normativa que regula a micro e a minigeração de energia é a REN 482/2012, junto da sua atualização, REN 687/2015, de 24 de novembro de 2015, em vigor desde 1º de março de 2016. A REN 482/2012 estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída nos sistemas de distribuição de energia elétrica e no sistema de compensação de energia elétrica. Esta resolução criou um mecanismo de compensação de energia elétrica para os consumidores que produzem sua própria energia elétrica por meio de uma central geradora, tendo como fonte a energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada (ANEEL, 2012, 2015).

No Brasil, o sistema de comercialização da energia elétrica gerada por painéis fotovoltaicos utiliza o sistema *net metering*, em que a energia gerada é injetada na rede, em vez de ser remunerada pelas concessionárias, e usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade produtora. Diante desse sistema de comercialização, o retorno dos investimentos na implantação de um sistema fotovoltaico está oscilando entre seis e sete anos, mas existem casos em que esse tempo é menor devido à participação de programas governamentais ou participação das concessionárias de energia, como é o caso da distribuidora de Santa Catarina (CELESC), que, com recursos do Programa de Eficiência Energética (PEE), reduziu o retorno dos investimentos realizados pelos consumidores para três ou quatro anos (NASCIMENTO, 2017).

O marco regulatório no Brasil vem permitindo um aumento exponencial da micro e minigeração de energia. Segundo dados da Nota Técnica 56/2017 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em maio de 2017, já eram registradas mais de 10.000 conexões de geração distribuída, totalizando uma potência instalada de 114,7 MW (ANEEL, 2017).

A maioria das conexões de geração distribuída permanece nas residências. Segundo a Aneel, 79,5% das conexões de geração distribuída atendem essa classe de consumo. Já o comércio é responsável por 15% das adesões.

Em dezembro de 2015, foi lançado o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD). O programa prevê investimentos de R\$ 100 bilhões até 2030, 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão ter energia gerada por elas mesmas, entre residência, comércios, indústrias e no setor agrícola, o que pode resultar em 23.500 MW de energia limpa e renovável, o equivalente à metade da geração da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Com isso, o Brasil pode evitar que sejam emitidos 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera (BRASIL, 2017).

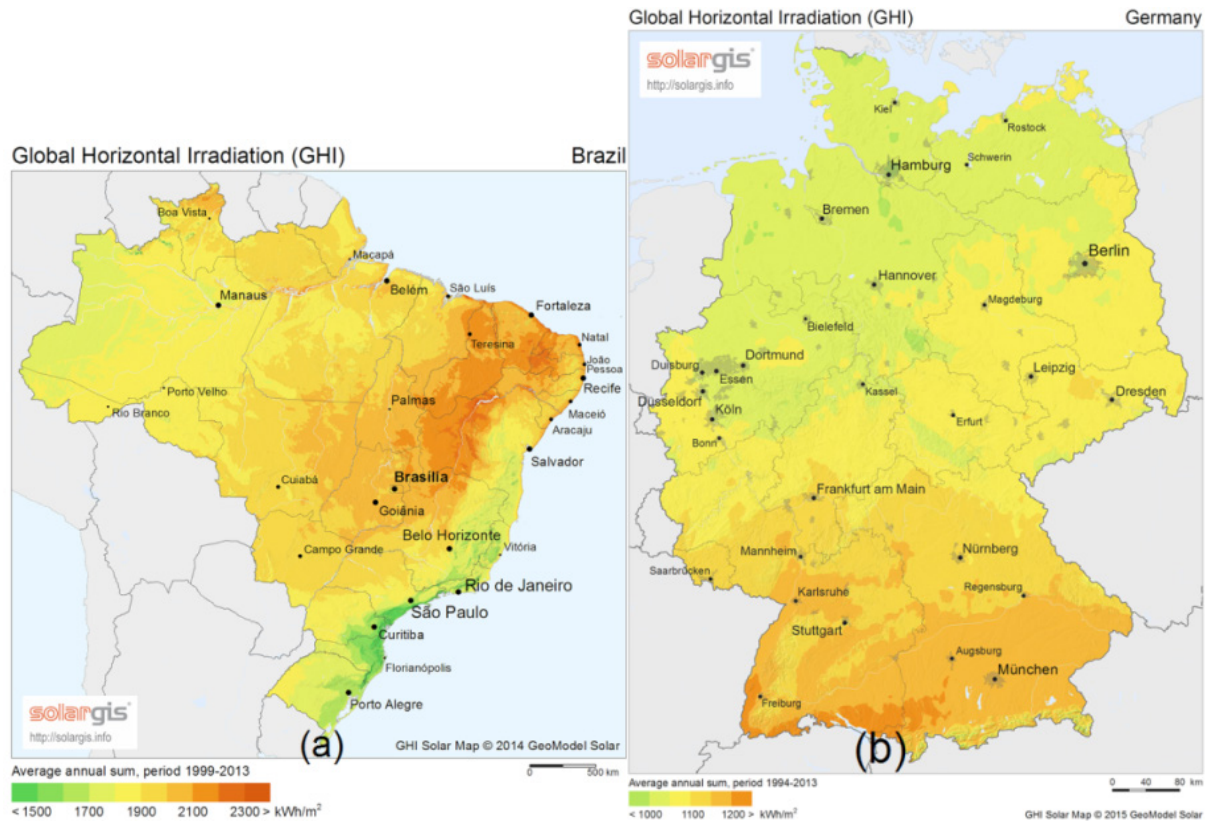
Outro incentivo promovido pelo governo brasileiro foi a Chamada Pública (CP) ANEEL entre os anos de 2014 e 2016, em que entraram em operação as plantas fotovoltaicas (FV) da CP n. 013/2011 – Projetos Estratégicos: “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira” (24,6 MW contratados, ao custo de R\$ 396 milhões). Nesse mesmo período, houve a isenção de IPI promovida pelo Decreto n. 7.212, de 15/06/2010. Segundo o decreto, são imunes à incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados: energia elétrica, derivados de petróleo, combustíveis e minerais. Nos estados, houve a isenção de ICMS graças ao Convênio ICMS 101/97, celebrado entre as Secretarias de Fazenda de todos os estados brasileiros – nesse caso, há isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) para as operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica, válido até 31/12/2021 (BRASIL, 2017).

Conforme Nascimento (2017), pode-se destacar ainda o desconto na tarifa de uso do sistema de transmissão/distribuição (TUST/TUSD); os leilões de energia com produto específico para a fonte solar; a isenção de ICMS, PIS e Cofins na Geração Distribuída – neste caso, o tributo se aplica apenas sobre o excedente consumido da rede; redução do imposto de importação; inclusão no programa Mais Alimentos, que possibilita financiamentos a juros mais baixos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para os projetos de geração distribuída em hospitais e escolas públicas. Também se destaca o Plano Inova Energia, que é um fundo de R\$ 3 bilhões, criado em 2013, pelo BNDES, juntamente da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e da ANEEL, para apoiar projetos de geração de energia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas gerados pelo *software* Solargis (s.d.) reforçam a informação de que os índices solares anuais da radiação global no plano horizontal da região menos ensolarada do Brasil, que possui estimativas de 1.500 kWh/m², estão acima dos valores encontrados na área de maior incidência solar da Alemanha, que recebe 1.200 kWh/m², como pode ser visualizado na Figura 1 (SOLARGIS, 2020).

Figura 1 – Média anual da radiação global incidente no plano horizontal – Brasil (a), Alemanha (b)



Fonte: Adaptado de SOLARGIS (s.d.).

A região nordeste apresenta os maiores valores de irradiação solar global, com a maior média e a menor variabilidade anual entre todas as regiões geográficas. Os valores máximos de irradiação solar no país são observados na região central da Bahia (6,5 kWh/m²/dia), incluindo, parcialmente, o noroeste de Minas Gerais. Há, durante todo o ano, condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar para essa região semiárida.

Embora tenha condições climáticas menos favoráveis que a região brasileira, a Alemanha, por meio de tecnologias e mecanismos eficientes para incentivo à expansão da energia solar, tem apresentado uma capacidade de aproveitamento superior à do Brasil e é, atualmente, um país bem-sucedido no desenvolvimento desta fonte de energia.

Segundo a ABSOLAR (2020), o Brasil vem aumentando de forma significativa, nos últimos anos, o número de sistemas fotovoltaicos em funcionamento e, conseqüentemente, a potência instalada. Em 2012, ano que entrou em vigor a Resolução 482 da ANEEL, havia apenas 7 MW de potência instalada no Brasil; em maio de 2020, esse número superou 5.500 MW.

O aumento no número de sistemas de microgeração só foi possível devido aos incentivos governamentais (redução ou isenção de impostos e linhas de financiamento) e ao alto valor da tarifa de energia elétrica cobrado pelas concessionárias, que proporcionou que o país atingisse o grau de “grid parity” (paridade de rede); desta forma, é possível afirmar que, em alguns casos, a instalação de módulos solares em substituição à compra de eletricidade da rede já é um investimento com bom retorno financeiro. Apesar da expansão nos últimos anos, o Brasil ainda está muito aquém do seu potencial de geração. Dados da ANEEL projetam que, em 2024,

o número de sistemas conectados à rede pode chegar 1,2 milhão. Assim, a expectativa é de que a expansão siga exponencialmente nos próximos anos (ANEEL, 2017).

5 CONCLUSÃO

Por meio da análise das informações reunidas, foi possível confirmar que a energia fotovoltaica é uma fonte promissora e o Brasil, com grandes reservas de silício e abundante incidência do sol, pode tornar-se uma potência nesse segmento. Mesmo com o mercado ainda em evolução, o país já tem uma potência instalada de 5.500 MW, mas carece de indústrias nacionais para fabricação de painéis fotovoltaicos. Um passo importante foi dado a partir de 2012, com a edição da Resolução 482 da ANEEL e sua atualização em 2015, com a Resolução 687 regulamentando o setor. É necessário que se aumentem os incentivos à popularização da energia fotovoltaica no Brasil e que se diminua o alto custo tecnológico que torna essa fonte menos competitiva. Já a Alemanha é vista como um exemplo de políticas de incentivos eficientes. Dessa forma, a cooperação entre Brasil e Alemanha promove resultados importantes para o desenvolvimento da energia solar no país.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR – *Infográfico ABSOLAR* – Maio, 2020. Disponível em <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>. Acesso em: 26 maio 2020.

AL-INVEST. *Análise do Setor de Energias Renováveis na Alemanha*. Outubro, 2011. Disponível em: http://www.al-invest4.eu/minisite/renovables_port/alemania /alemania5.1.html. Acesso em: 25 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Nota Técnica n. 0056/2017-SRD/ANEEL*. 2017. Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024. 26p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução Normativa n. 687*, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução Normativa n. 482*, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

ANTAL, M.; CHERP, A.; JEWELL, J.; SUZUKI, M.; VINICHENKO, V. Comparing electricity transitions: A historical analysis of nuclear, wind and solar power in Germany and Japan. *Energy Policy*, v. 101, p. 612-28, fev. 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *PDE 2029*. Assessoria de Comunicação Social, Ministério de Minas e Energia, 2019. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9IcdBICN /content/pde-2029-investimentos-em-infraestrutura-energetica-devem-alcancar-r-2-3-trilhoes/pop_up?_101_INSTANCE_pdAS9IcdBICN_viewMode=print&_101_INSTANCE_pdAS9IcdBICN_languagelD=pt_BR. Acesso em: 25 maio 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 25 maio 2020.

BRASIL. Casa Civil. *Acordo Brasil-Alemanha de Cooperação no Setor de Energia com Foco em Energias Renováveis e Eficiência Energética*. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7685.htm. Acesso em: 25 maio 2020.

BRITISH PETROLEUM (BP). *Statistical Review of World Energy*. June 2018. Disponível em: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy.html#solar-energy>. Acesso em: 25 maio 2020.

CENTER FOR SUSTAINABLE SYSTEMS (CSS). *Photovoltaic energy factsheet*. University of Michigan, ago. 2016. Disponível em: http://css.umich.edu/sites/default/files/Photovoltaic%20Energy_CSS07-08_e2019.pdf. Acesso em: 25 maio 2020.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). *Estudo Prospectivo em Energia Fotovoltaica*. Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília, 2009. (Nota Técnica), 48p.

ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ (EEG). *A Lei de Fontes Renováveis de Energia de 2014*. 2014. Disponível em: <https://www.noerr.com/en/newsroom/News/the-amended-renewable-energy-sources-act-2014-ee-2014.aspx>. Acesso em: 25 maio 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Next-generation wind and solar power*. 2016. 43 p. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/next-generation-wind-and-solar-power>. Acesso em: 25 maio 2020.

NASCIMENTO, R. L. *Energia solar no Brasil: situação e perspectivas*. Brasília: Câmara dos Deputados do Brasil, 2017. (Estudo técnico). Disponível em: <http://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/32259>. Acesso em: 25 maio 2020.

SAUAIA, R. L. *PV in Brazil: market status, opportunities and challenges*. São Paulo: InterSolar South America, 2016.

SOLARGIS. *Maps of Global Horizontal Irradiation (GHI)*. [s.d.]. Disponível em: <http://solargis.info/doc/free-solar-radiation-maps-GHI>. Acesso em: 25 maio 2020.

SOUZA, H. M. (Coord.). *Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos – GT-GDSF*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009.

WOODHOUSE, MICHAEL A.; SMITH, BRITTANY; RAMDAS, ASHWIN; MARGOLIS, ROBERT M. *Crystalline Silicon Photovoltaic Module Manufacturing Costs and Sustainable Pricing: 1H 2018 Benchmark and Cost Reduction Road Map*. United States: n. p., 2019. Web. DOI: 10.2172/1495719.

Sobre os autores:

Orlando Moreira Júnior: Professor da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) – Faculdade de Engenharia (FAEN). **E-mail:** orlandojunior@ufgd.edu.br, **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-6232-7100>

Celso Correia de Souza: Professor titular do Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera-Uniderp. **E-mail:** celso939@gmail.com, **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-2689-8264>

