

IMPORTÂNCIA DA GERAÇÃO DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA NA DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Gabriel Inácio Pereira de Lima¹
Lindolfo Carlos Hortêncio¹
Ênio Tadashi Nose²

Resumo

A crescente demanda energética global tem impulsionado a inserção significativa da geração distribuída (GD) no mercado de energia, especialmente no Brasil. Os crescentes investimentos em fontes de energia renováveis tem contribuído com a queda nos custos destas tecnologias, tornando-as mais acessíveis aos consumidores finais. Neste trabalho, são abordados aspectos sobre a expansão dos sistemas fotovoltaicos de geração de energia e a importância em possuir a GD para diversificar a matriz e suportar a demanda de energia elétrica dos consumidores, caso haja desabastecimento em razão de uma crise.

Palavras-chave: Geração Distribuída. Sistemas Fotovoltaicos. Geração de Energia. Sistema Elétrico Brasileiro.

Abstract. Importance of photovoltaic distributed generation in the diversification of the brazilian energy matrix.

The growing global energy demand has driven the significant insertion of distributed generation (DG) in the energy market, especially in Brazil. Growing investments in renewable energy sources have contributed to the fall in the costs of these technologies, making them more accessible to end consumers. In this work, aspects about the expansion of photovoltaic power generation systems and the importance of having DG are addressed to diversify the matrix and support the demand for electricity from consumers in case there is a shortage due to a crisis.

Keywords: Distributed Generation. Photovoltaic Systems. Power Generation. Brazilian Electrical System.

¹ Egressos do Curso Superior de Tecnologia de Gestão de Energia e Eficiência Energética da FATEC Campinas (*E-mails* gabriel-lima98@hotmail.com e lindolfohortencio@gmail.com, respectivamente).

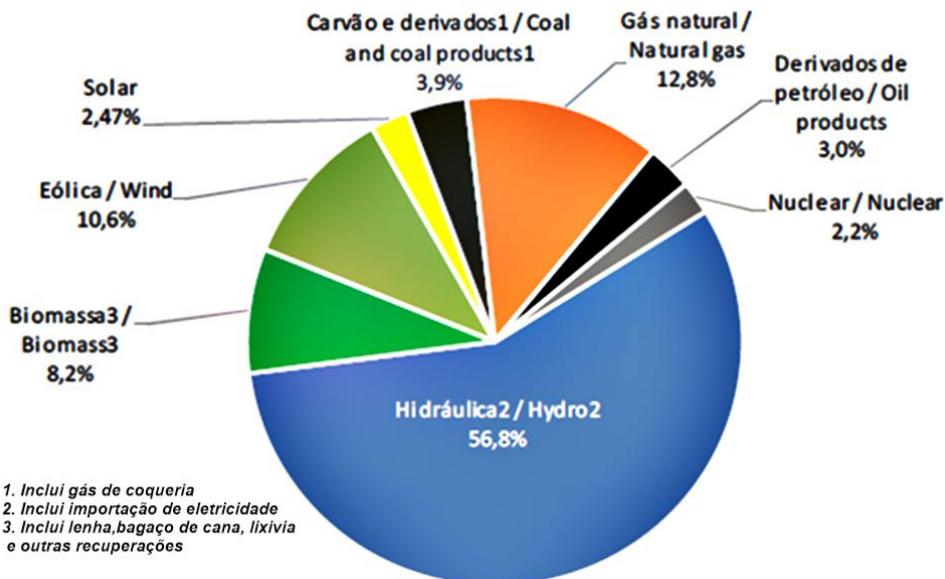
² Professor de Ensino Superior da FATEC Barueri e da FATEC Campinas (*E-mail*: enio.nose@fatec.sp.gov.br).

1 Introdução

O Brasil atravessou a pior crise hídrica dos últimos 91 anos em 2021. A falta de chuvas neste fez com que as usinas hidrelétricas das Regiões Sudeste e Centro-Oeste, responsáveis pela geração de 70% da energia brasileira, operassem com os reservatórios em cerca de 22,5% da capacidade de armazenamento. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) estima que as principais hidrelétricas brasileiras, nesta ocasião, operou com 10% da capacidade.

A Figura abaixo demonstra que o Brasil é praticamente dependente da energia gerada nas usinas hidrelétricas e esta fonte compõe 56,8 % da matriz energética brasileira (EPE, 2021).

Figura 1. Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte.



Fonte: Id., 2021.

A crise hídrica que o país atravessou ensejou algumas discussões a respeito da diversificação da matriz energética brasileira, visto que a dependência dos recursos hídricos é predominante.

A Geração Distribuída (GD), termo dado à energia elétrica gerada no local de consumo ou próximo a ele e válida para diversas fontes de energia renováveis, como a energia solar, eólica e hídrica, surgiu através do Decreto Lei nº 5.163/2004 e foi instituída para que os consumidores, pudessem produzir e consumir sua própria energia. A GD descentraliza a produção, diminui os altos custos de geração e transmissão pela proximidade dos geradores com os consumidores (ALVES, 2019).

Posteriormente várias resoluções normativas passaram a abordar aspectos da geração distribuída até que a REN (Resolução Normativa) nº 482/2012 estabeleceu 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 outras providências.

A crise hídrica de 2021 fez com que o governo precisasse acionar as Usinas Termelétricas para produzir energia por meio da queima de produtos que geram calor, portanto, poluísem mais, além de serem mais caras. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou uma bandeira tarifária chamada Escassez Hídrica que elevou a taxa adicional cobrada pela eletricidade de R\$ 9,49 por 100 kWh para R\$ 14,20 (CNN BRASIL, 2021).

As soluções adotadas, para suprir os baixos níveis dos reservatórios, foram paliativas, utilizando as termelétricas que possuem altos custos de geração, além da compra de energia de países vizinhos.

O Brasil necessita de investimentos em diversificação das fontes de energias renováveis - a energia solar é responsável por 1% da energia gerada no Brasil e a eólica por 8%, além de investimentos em recuperação do sistema das hidrelétricas e de saneamento para evitar desperdícios e, sobretudo, um controle efetivo do desmatamento.

Metodologia

Este trabalho foi realizado com base em material bibliográfico como artigos em *sites*, monografias e dissertações, obtidas por meio da pesquisa de palavras-chaves, como energia solar e políticas públicas, para realizar análise sobre as políticas públicas de incentivo à energia solar fotovoltaica no Brasil, bem como da gestão energética. Além disso, a pesquisa baseou-se em consultas nas Resoluções Normativas (REN) 482/2012 e o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD, ANEEL), bem como dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) sobre a participação da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.

Objetivo

O objetivo do presente trabalho é demonstrar como a descentralização na produção de energia elétrica, através da Geração Distribuída fotovoltaica, pode colaborar como solução para eventuais crises energéticas que eventualmente ocorrerão no Brasil. Este conteúdo permitirá entender como a sintonia do parque produtor brasileiro de energia pode colaborar no desenvolvimento sustentável, dando mais confiabilidade ao sistema, levando à menores taxas de emissões de gases do efeito estufa e de redução de custos inerentes ao processo de geração e transmissão de energia.

2 Revisão bibliográfica

A descentralização da oferta de energia ganha cada vez mais espaço nas discussões dos especialistas do setor. A diversificação na geração de energia tem sido uma das principais formas encontradas por estudiosos para mitigar a crise energética vivida pelo Brasil, sendo uma das principais bases para novas projeções para os próximos anos.

Sistema Interligado Nacional (SIN)

Trata-se do sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil composto por usinas hidro-termo-eólicas de grande porte, com predominância de hidrelétricas e com múltiplos proprietários (ONS, 2022). Conjeturado em 1953 como solução para a crise energética no final da década de 1950, em razão de cortes de energia e racionamento e em função da indústria de energia elétrica brasileira ser composta por sistemas isolados, a partir de usinas localizadas próximas às cidades do Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP) (MARQUES, 2006).

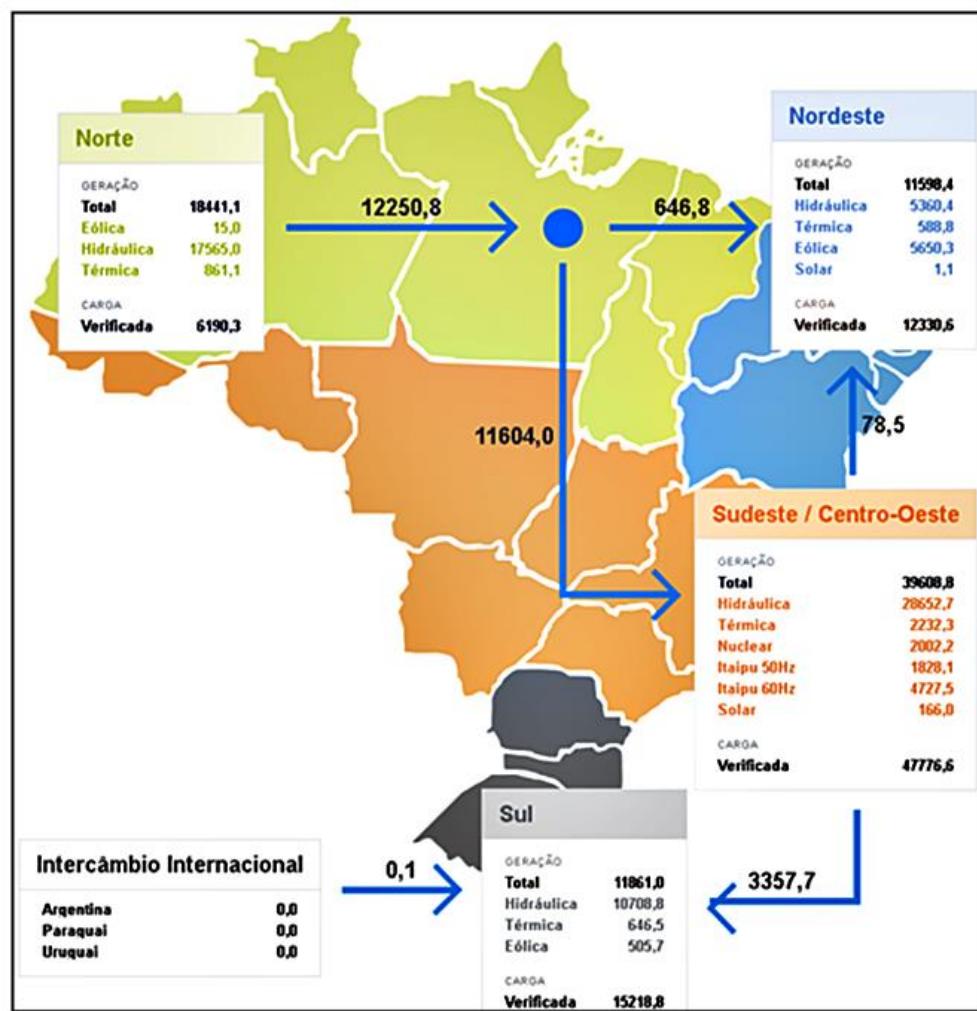
O mundo físico corresponde à energia circulando na rede desde a geração, passando pelas linhas de transmissão, pela rede de distribuição e chegando até o consumidor final. O órgão responsável por operar essas etapas é o Operador Nacional do Sistema (ONS) que dita quais as usinas que vão gerar, define as transferências de energia entre os submercados, acompanha o consumo instantâneo de todo o sistema interligado, entre outras responsabilidades (ABRADEE, 2022).

Somente em 1963, com a inauguração da usina de Furnas (MG) e a interligação dos sistemas elétricos de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG) e Rio de Janeiro (RJ) que surgiu o que viria ser o Sistema Interligado Nacional (SIN) (Id., 2006).

O SIN é o conjunto de equipamentos e instalações conectados eletricamente para possibilitar o suprimento de energia do país. Sua criação é consequência da resolução 351/1998 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e que também autoriza o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a coordenar e controlar a geração e a transmissão desses sistemas interligados.

Constituído por quatro subsistemas (Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte), conforme demonstra a Figura 2, que garantem a interconexão dos sistemas elétricos por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre estes subsistemas, permitindo a obtenção de ganhos sinérgicos e explorando a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento ao mercado com segurança e economicidade (ONS, 2022).

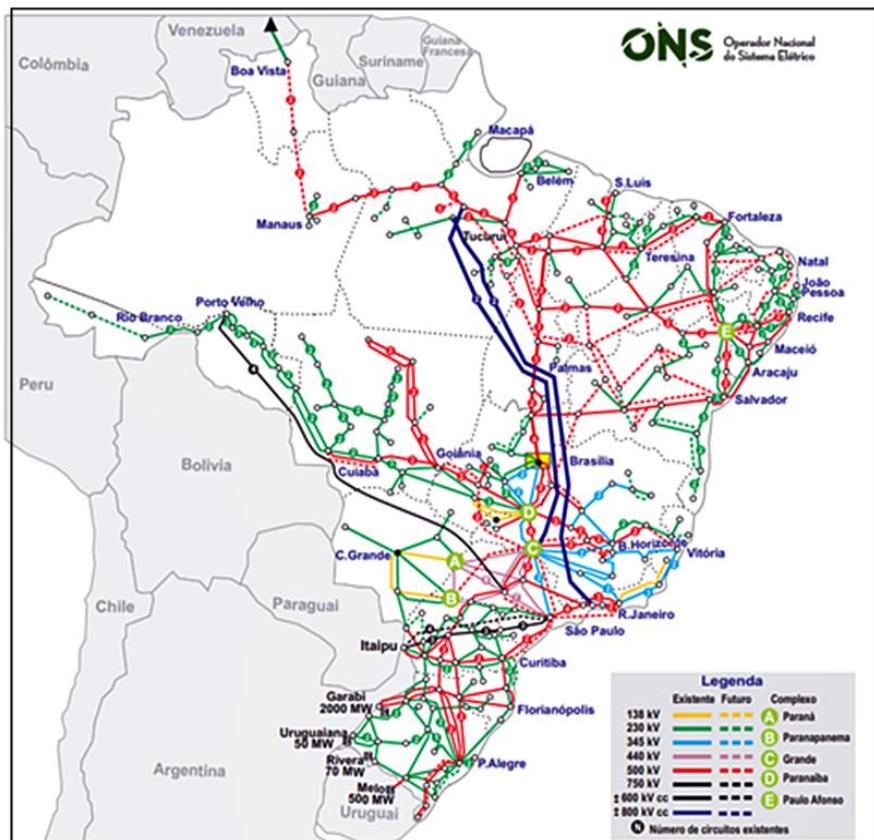
Figura 2. Subgrupos do SIN.



Fonte: ONS, 2022.

A capacidade instalada de geração do SIN é composta, principalmente, por usinas hidrelétricas distribuídas em dezesseis bacias hidrográficas nas diferentes regiões do país. Nos últimos anos, a instalação de usinas eólicas, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, apresentou um forte crescimento, aumentando a importância dessa geração para o atendimento do mercado. As usinas térmicas, em geral localizadas nas proximidades dos principais centros de carga, desempenham papel estratégico relevante, pois contribuem para a segurança do Sistema Interligado Nacional. Essas usinas são administradas em função das condições hidrológicas vigentes, permitindo a gestão dos estoques de água armazenada nos reservatórios das usinas hidrelétricas para assegurar o atendimento futuro. Os sistemas de transmissão integram as diferentes fontes de produção de energia e possibilitam o suprimento do mercado consumidor (Id., 2022).

Figura 2. Mapa do Sistema de Transmissão.



Fonte: ONS, 2022

No Brasil, os sistemas isolados são preponderantemente abastecidos por centrais geradoras a óleo diesel, em muitos casos localizadas em regiões de difícil acesso nos estados de Rondônia (RO), Acre (AC), Amazonas (AM), Roraima (RR), Amapá (AP), Pará (MA) e Mato Grosso (MT). Segundo o Operador Nacional do Sistema (ONS), esses sistemas abastecem cerca de 1% da população nacional, sendo RR o único estado brasileiro ainda não conectado ao Sistema Interligado Nacional, como demonstra o mapa na Figura 3.

Como forma de subsidiar os custos com combustíveis e assim reduzir a fatura dos consumidores desse sistema, todos os demais consumidores conectados ao SIN pagam por uma despesa denominada Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) – Sistemas Isolados, que em 2018 foi de aproximadamente 5,8 bilhões de reais, custeada através da Conta de Desenvolvimento Energético (ABRADEE, 2022).

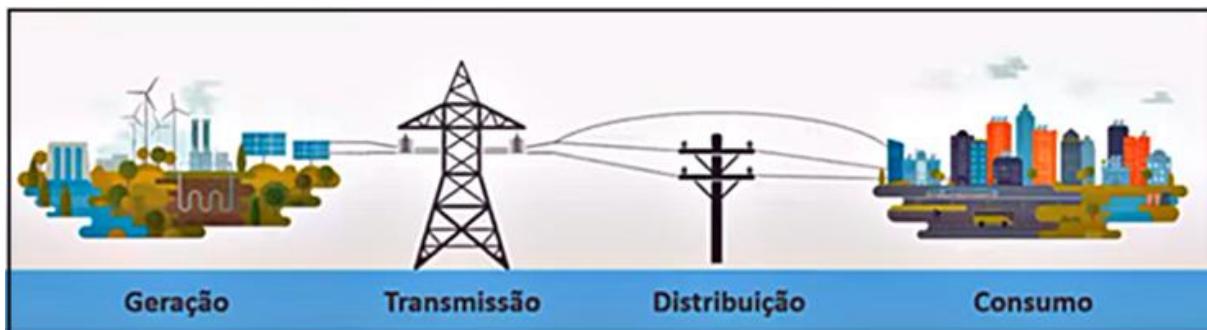
O total de quilômetros de linhas adicionados ao Sistema Interligado Nacional (SIN) em 2021 é maior que a distância entre Rio de Janeiro (RJ) e Portugal. Foram concluídos 7.822 km de linhas de transmissão e 18.064,5 MVA de capacidade de transformação. Estas expansões deixaram o SIN operando, em dezembro de 2021, com um total de 169.914,1 km de linhas de transmissão e 410.881,9 MVA de capacidade de transformação. O valor de linhas de transmissão concluídas foi 19% acima da média (6.566,9 km) dos últimos cinco anos. A previsão para os próximos anos continua sendo de

crescimento com a expectativa de entrada em operação de 8.987 km de linhas de transmissão, valor 15% maior que o ano anterior, e 31.154 MVA de capacidade de transformação, valor 72% maior que o ano anterior.

A cadeia produtiva de energia elétrica

O setor elétrico brasileiro tem por característica uma estrutura verticalizada com a geração, a transmissão e a distribuição ligadas não só de forma física, mas também comercialmente ao seu mercado consumidor, conforme observamos na Figura 4. Esse arranjo permanece para a maior parte dos consumidores, que são atualmente denominados cativos.

Figura 4. O caminho da energia elétrica.



Fonte: CCEE, 2022.

Os setores de transporte da energia – a transmissão e a distribuição – são considerados monopólios naturais, pois sua estrutura física torna economicamente inviável a competição entre dois agentes em uma mesma área de concessão. Na Figura 5 podemos observar que nestes dois segmentos predomina o modelo de Regulação de Preços ou Regulação por Incentivos (RESEB).

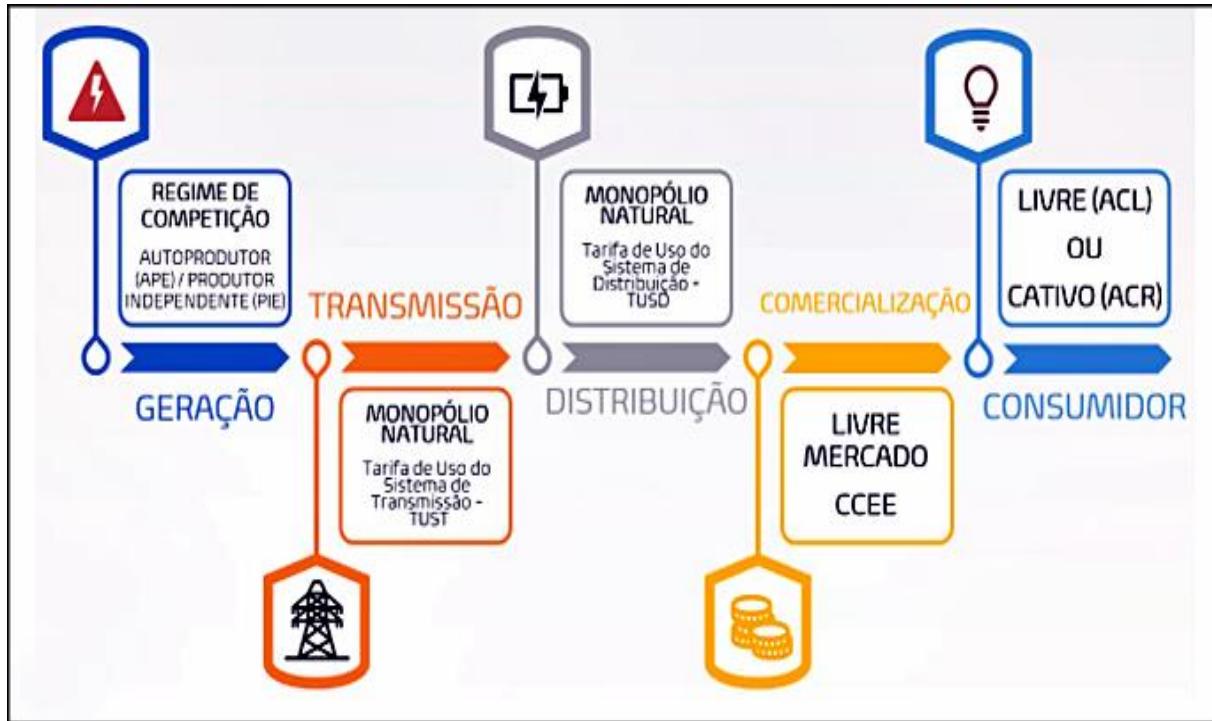
Figura 5. Modelo RESEB.

	Geração	Transmissão	Distribuição	Comercialização
Estrutura	Competitiva	Competição na expansão	Monopólio regional regulado e limites de participação de mercado	Competição no mercado livre
Preços	<ul style="list-style-type: none">• Leilões em Expansão• Contratos bilaterais, preços livres• Mercado spot regulado pelo MAE• Self dealing até 30%	<ul style="list-style-type: none">• Preços regulados pelo Governo através do NOS• Novas linhas: leilões	<ul style="list-style-type: none">• Tarifas reguladas pela ANEEL	<ul style="list-style-type: none">• Mercado cativo: preços regulados• Mercado livre: preços livres

Fonte: XP INVESTIMENTOS, 2022.

Podemos entender melhor através da Figura 6, as Características dos Mercados de Energia, através da desverticalização do setor.

Figura 6. Desverticalização do Setor.



Fonte: NOALE ENERGIA, 2021.

I Geração

A área de geração preocupa-se especificamente com o processo da produção de energia elétrica através de diversas tecnologias e fontes primárias. Apesar de existir uma gama muito grande de opções para geração de eletricidade, cada uma delas com características bem distintas e específicas em termos de dimensionamento apropriado, custos e tecnologias, as fontes renováveis são, em princípio, mais adequadas a um desenvolvimento sustentável. O segmento de geração é bastante pulverizado, atualmente contando, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com 7.250 empreendimentos geradores.

A geração pode ser centralizada – quando a energia é produzida em um local, por usinas de maior porte, e posteriormente transmitida e distribuída para o consumidor por meio das redes de transmissão e de distribuição ou distribuída – quando é produzida no centro de consumo ou próximo dele.

A matriz elétrica brasileira possui hoje 84% de capacidade de geração de energia renovável, enquanto o mundo possui uma média de apenas 27%. A participação da energia solar na matriz elétrica brasileira aumentou de 1,4% em 2019 para 6,9% em 2021 oferecendo a capacidade de geração de cerca de 13 GW, maior do que a da usina de Belo Monte (PA). A energia eólica também registrou crescimento, atingindo 10,9% de participação na matriz elétrica brasileira em dezembro de 2021 (ANEEL, 2021).

O ano de 2021 ficou marcado pelas conquistas e avanços obtidos pelo setor elétrico brasileiro, com ênfase para a geração e a transmissão de energia elétrica. Foi registrado recorde histórico na

expansão de usinas do mercado livre de energia, com mais de 3 GW instalados e 75% das usinas implantadas foram eólicas e fotovoltaicas (ABSOLAR, 2022b).

Somente em janeiro de 2022 a geração de energia elétrica teve um acréscimo de 482 MW, energia suficiente para atender cerca de 1 milhão de habitantes. A expansão da geração de energia elétrica em 2021 foi de 7.562 MW, além de 200 usinas que entraram em operação, acrescentando capacidade de geração de energia que pode atender até 17 milhões de domicílios, sendo o maior acréscimo registrado nos últimos cinco anos em potência instalada e da previsão de entrada de mais de 7.760 MW no sistema elétrico brasileiro (MME, 2022).

II Transmissão

O segmento de transmissão é essencial para a dinâmica equilibrada de operação do sistema elétrico nacional em razão de ser o encarregado de transportar grandes quantidades de energia provenientes das usinas geradoras. A interrupção de uma linha de transmissão pode afetar cidades inteiras ou até mesmo estados. No Brasil, esse segmento conta com 156 concessionárias licitadas, responsáveis pela administração e operação de aproximadamente 145 mil quilômetros de linhas de transmissão espalhadas pelo país, conectando os geradores aos grandes consumidores ou, como é o caso mais comum, às empresas distribuidoras. No Brasil, o segmento de transmissão é aquele que se caracteriza por operar linhas em tensão elétrica superior a 230 mil volts (ABRADEE, 2022).

A transmissão de energia elétrica é composta por uma rede de linhas com tensões elevadas para minimizar as perdas decorrentes do transporte de grandes níveis de energia em longas distâncias (BAGATOLLI, 2012).

Figura 7. Linha de Transmissão de tensões elevadas.



Fonte: ENERGES, 2022.

No Brasil, todos os grandes geradores são conectados aos centros de consumo através de linhas de transmissão que são as responsáveis por transportar diretamente a energia gerada aos grandes consumidores, ou indiretamente aos pequenos consumidores por meio das empresas de distribuição (ABRADEE, 2022).

As linhas de transmissão no Brasil são classificadas de acordo com o nível de tensão de sua operação, mensurado em千伏 (kV). Para cada faixa de tensão, existe um código que representa todo um conjunto de linhas de transmissão de mesma classe.

- A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- A3 – tensão de fornecimento de 69 kV.

Pelo fato da operação do SIN ser centralizada, possibilita um despacho das usinas de geração de forma a garantir que as necessidades nacionais de abastecimento sejam atendidas, minimizando os custos e evitando prejuízos futuros, caso haja falta de energia.

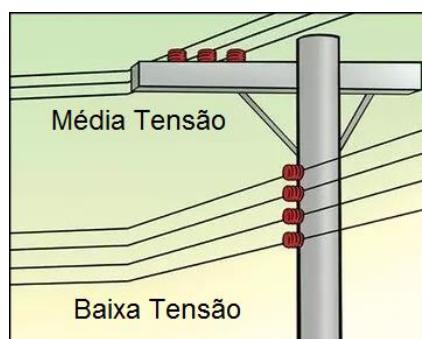
III Distribuição

Os sistemas de distribuição estão associados ao transporte da energia no varejo, ou seja, do ponto de chegada da transmissão até cada consumidor individualizado, seja ele residencial, industrial ou comercial, urbano ou rural (DOS REIS, 2011).

O sistema de distribuição de energia elétrica tem como meta atender a demanda dos consumidores finais, após receber o grande despacho de energia provenientes dos sistemas de transmissão e subtransmissão (CHAN, 2016).

Existem também unidades geradoras de menor porte, normalmente menores do que 30 MW, que injetam sua produção nas redes do sistema de distribuição. No Brasil, este segmento é composto por 53 concessionárias responsáveis pela administração e operação de linhas de transmissão de menor tensão (abaixo de 230 mil volts), mas principalmente das redes de média (MT) e baixa tensão (BT), como aquelas instaladas nas ruas e avenidas das grandes cidades. É a empresa distribuidora quem faz com que a energia elétrica chegue às residências e pequenos comércios e indústrias (BABAA, ARMSTRONG & PICKERT, 2014).

Figura 8. Linha de Distribuição MT e BT.



Fonte: ENERGES, 2022.

3 Geração Distribuída (GD)

Geração Distribuída (GD) pode ser entendida como o tipo de geração de energia elétrica que se diferencia da realizada pela Geração Centralizada (GC), ocorrendo em locais em que não seria instalada uma usina geradora convencional e que contribui para aumentar a distribuição geográfica da geração de energia elétrica em determinada região (SHAYANI, 2018). Segundo aspectos mais técnicos, a GD pode ser caracterizada, também, por estar conectada diretamente à rede de distribuição ou próxima a um consumidor conectado em qualquer ponto do sistema elétrico, ou ainda, suprindo cargas de uma instalação eletricamente isolada (SEVERINO, 2008).

Por se apresentar como artifício central para aplicação de geração de energia limpa e sustentável, a GD mostra-se cada vez mais influente no mercado de energia, principalmente em países desenvolvidos. Tal fato é observado sobretudo em função do surgimento de muitas empresas no segmento de energias renováveis que dispendem investimentos para atuar na área e por impulsionar a queda de custos, tornando o cenário cada vez mais acessível.

Um dos principais enfoques da GD é a possibilidade de uma maior diversificação da tecnologia empregada, o que leva à um uso mais racional das fontes de produção de energia elétrica. Ela também promove um melhor aproveitamento da sazonalidade à qual alguns tipos de geração estão submetidos, conferindo uma melhor complementação à geração de energia elétrica de base.

A GD também é vantajosa frente à GC, no que diz respeito à economia em investimentos na transmissão e distribuição de energia e à redução das perdas elétricas nesses sistemas, melhorando o serviço de energia elétrica (CHOWDHURY, 2009). Outros fatores que fazem da GD uma alternativa atraente à expansão do parque gerador do país são:

- Proximidade da carga, com significativa redução de perdas, custos de transmissão e/ou distribuição;
- Baixo custo de investimento para construção de unidades de geração;
- Curto espaço de tempo para instalação e facilidade de alocação;
- Atendimento mais rápido ao crescimento da demanda ou à demanda reprimida;
- Baixo custo de operação e manutenção das unidades de geração;
- Redução dos grandes impactos ambientais causados pelas linhas de transmissão e áreas de reservatórios da geração centralizada.

Até 2012 no Brasil a geração distribuída de energia elétrica era utilizada apenas para produção de energia em locais isolados em que as linhas de distribuição advindas das grandes centrais produtoras de energia não abasteciam. Esse cenário começou a mudar a partir de 2012, quando a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou a Resolução Normativa 482 que regularizou a conexão à rede principal dos chamados micro e minigeradores de energia individual.

A geração distribuída nacional está dividida entre as classes de consumo residencial (46,1%), comercial (31,4%), rural (13,9%) e industrial (7,4%).

Marco Legal da Geração Distribuída (GD)

Em 05 de janeiro de 2022 foi sancionado o Projeto de Lei nº 5.829/2019 que instituiu o Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMMD) por meio da Lei 14.300/2022, tornando-se lei em 06 de janeiro de 2022 e publicada no Diário Oficial em 07 de janeiro de 2022 (BRASIL, 2022).

De acordo com a Lei 14.300/2022, os conceitos de micro e minigeração distribuída ficaram definidos como:

- Microgeração Distribuída - menor ou igual a 75 Kw;
- Minigeração Distribuída - maior que 75 kW e menor ou igual a 5MW para as fontes despacháveis³ e menor ou igual a 3MW para as fontes não despacháveis⁴.

O Marco Legal da GD coloca o Brasil um passo à frente no seu processo de transição energética. Ele representa um avanço fundamental para o desenvolvimento das bases que vão permitir que o Brasil se insira em um novo patamar de sustentabilidade, competitividade e inovação.

Principais vantagens da descentralização da oferta de energia na matriz energética

A jornada que a eletricidade percorre desde sua geração, passando pela transmissão e chegada à porta da sua residência é longa e com uma série de percalços pelo caminho.

A oferta descentralizada de energia pode trazer vários benefícios à sociedade e todas as camadas envolvidas se bem implementada e otimizada. Os benefícios vão desde a qualidade da energia entregue até o atendimento ao consumidor final. O sistema pode beneficiar não só os consumidores, mas também a concessionária e, principalmente, o sistema interligado que carece de fontes alternativas.

³ Fontes despacháveis: hidrelétricas (incluindo aquelas à fio d'água que possuam viabilidade de controle variável de sua geração de energia); cogeração qualificada, biomassa, biogás e fontes de geração fotovoltaica com baterias cujos montantes de energia despachada aos consumidores finais apresentam capacidade de modulação de geração através do armazenamento de energia em baterias em quantidade de, pelo menos, 20% da capacidade de geração mensal da central geradora que podem ser despachados através de um controlador local ou remoto (Id., 2022).

⁴ Fontes não despacháveis: solar fotovoltaica sem armazenamento e demais fontes na referência anterior. Para essas fontes, a Lei 14.300/2022 propõe uma diminuição do limite de potência instalada para minigeração para 3 MW. Por esse motivo, pode provocar uma redução do mercado potencial e escalabilidade da Mini GD para estas fontes (Id., 2022).

I Benefícios do sistema

A descentralização da oferta de energia ganha cada vez mais força entre os especialistas da área, pois traz uma solução ambientalmente aceita e tecnicamente viável para o sistema energético brasileiro que carece hoje de novas alternativas na geração de energia. Com a Resolução 482 da ANEEL prevê-se que a microgeração seja baseada em recursos renováveis, contribuindo imensamente para a redução das emissões de poluentes e, consequentemente, o efeito estufa e colaborando para as políticas internacionais de redução de poluentes (ANEEL, 2012). Além disso, a adoção da GD diminui significativamente a necessidade de grandes projetos, como as usinas hidrelétricas, que tem afetado os grupos minoritários, como comunidades indígenas. Com a geração de energia mais próxima aos centros consumidores diminui-se também a necessidade de linhas de transmissão que muitas vezes encontram barreiras em sua construção como áreas de preservação ambiental. Por último, a adoção desse sistema, tornará mais eficiente o sistema energético já que reduzirá os gastos com furtos de energia.

II Benefícios socioeconômicos

Além dos benefícios ambientais, o sistema trará alguns benefícios socioeconômicos para o Brasil, pois o novo modelo poderá suprir áreas remotas com fornecimento insuficiente de energia elétrica, reduzindo assim a atual exclusão energética. Além disso, a adoção deste criará empregos e atenderá pontos críticos como hospitais com mais eficiência. Além desses benefícios, a descentralização do fornecimento de energia tornará a matriz energética brasileira mais eficiente, melhorando a qualidade de energia e a confiança do sistema, pois se reduzirá a dependência de linhas de transmissão e das distribuidoras. A diminuição da conta de energia para o consumidor final é outro importante ponto que o sistema proporcionará já que o consumidor não terá gastos adicionais, dependendo apenas de recursos renováveis.

III Benefícios do Sistema Interligado Nacional

Somados aos benefícios sociais e ambientais mencionados, um dos principais benefícios da descentralização da oferta de energia será a enorme contribuição ao Sistema Interligado Nacional (SIN) que terá várias fontes geradoras de energia interligadas, aumentando a sua confiabilidade e facilitando o planejamento energético, tornando-o mais dinâmico e confiável já que dependerá menos das condições hídricas das bacias.

A energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é obtida através do efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica por meio de células fotovoltaicas, sendo considerada uma alternativa promissora para expansão da oferta de energia elétrica com baixo impacto ambiental. Além disso, essa fonte de energia permite instalações em pequena escala e em áreas remotas, não necessitando de investimento em linhas de transmissão, além de também poder ser conectada com a rede.

Além desses benefícios existem outros: a redução dos gastos com energia elétrica, geração de empregos locais de qualidade, geração de energia limpa, renovável e sustentável, a contribuição para

atingir as metas de redução de emissão de CO₂, a diversificação da matriz elétrica, a ampliação do uso de energias renováveis no país e a redução de perdas por transmissão e distribuição de energia elétrica.

Uma das vantagens da energia solar fotovoltaica está diretamente relacionada ao fato de que essa energia pode ser enquadrada tanto como Geração Centralizada (GC) quanto como Geração Distribuída (GD). Nesse sentido, a GC é considerada a mais tradicional, baseando-se no emprego de grandes fontes geradoras para produzir energia elétrica, chegando ao consumidor por meio de linhas de transmissão e distribuição. Já a GD é baseada em uma fonte de geração de energia elétrica junto ou próximo ao próprio consumidor, onde o excedente é encaminhado à rede de transmissão.

O potencial e o crescimento da energia solar do Brasil

O Brasil apresenta índices de irradiação que variam entre 1.500 e 2.500 kWh/m²/ano e uma área de 8,5 milhões de km². Se algo em torno de 0,04% dessa área fosse coberta com painéis solares, o país geraria em torno de 500 TWh/ano, o que seria suficiente para suprir a demanda atual de eletricidade (RÜTHER & ZILLES, 2011).

De modo geral, o Brasil apresenta condições diferenciadas para a implantação da fonte solar fotovoltaica. Especialmente, as regiões Nordeste, norte de Minas Gerais (MG), de São Paulo (SP) e Centro-Oeste tornam os índices de irradiação solar e produtividades anuais das usinas solares excepcionais, quando comparados aos valores de países desenvolvidos como Alemanha, Reino Unido ou Japão (ABSOLAR, 2022a).

Em 2010, os custos dos módulos fotovoltaicos eram 90% superiores comparados à 2018, enquanto a capacidade mundial de geração fotovoltaica cresceu de 40 GW em 2010 para 505 GW em 2018 (Id., 2022b).

O Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2013, mostrava que o Brasil possuía apenas 1,1 % de participação das fontes de Geração Distribuída (GD) através da energia eólica, enquanto a fonte hídrica dominava com 70,6 % a distribuição de energia elétrica (EPE, 2021).

A partir de 2015, a GD fotovoltaica, teve um avanço significativo em relação à capacidade instalada, com 11,7 MW no ano. Em 2016, energia fotovoltaica teve uma participação de 0,001% no BEN e evoluiu ao longo dos anos, principalmente motivado pela grande popularidade dos painéis fotovoltaicos, que despertaram interesse dos consumidores pela grande economia na fatura de energia, além de possuírem um prazo de retorno de investimento relativamente curto - em torno de 18 meses.

Entre as fontes dos sistemas de mini e microgeração de eletricidade, a energia solar é a mais presente no país, representando 98,1% do total, seguidas por termoelétricas (1,1%), Centrais Geradoras Hidroelétrica (CGH) (0,58%) e eólica (0,14%) (ABGD, 2022).

O crescimento da contribuição da energia solar para a matriz elétrica tem aumentado muito. A oferta interna de energia solar passou de 1,15% em 2013 para 6,8% em 2017, ou seja, de 6.578 GWh para 42.373 GWh, respectivamente.

O país está próximo de alcançar um importante marco: 1,5 milhão de consumidores (UCs) que investiram recursos próprios em equipamentos de geração de energia conectados à rede de distribuição.

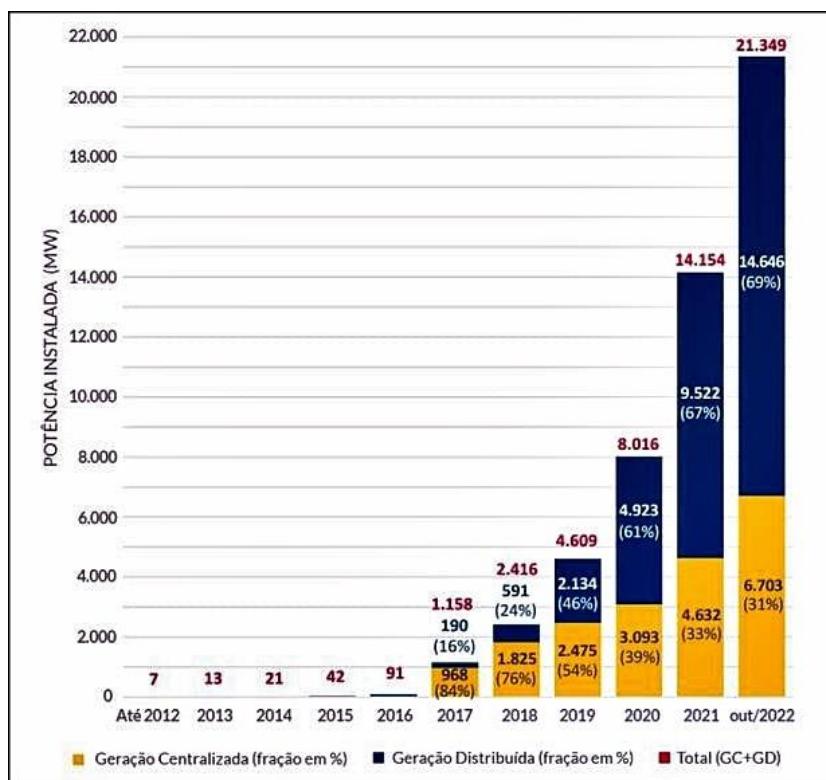
A crise hídrica no Brasil também teve como fonte de solução a grande participação de fontes de energia despacháveis. Principalmente de Geração Distribuída (GD) que contribuiu para manter o fornecimento de energia em todo o território nacional, apesar do elevado custo de operação.

A diversificação da matriz, foi necessária, principalmente para não manter as fontes de energia dependentes das hidrelétricas, que tiveram os reservatórios em baixa no ano de 2021, e necessitaram do despacho de outras fontes de energia.

Nesse contexto, o crescimento acentuado da capacidade instalada da geração solar fotovoltaica tem promovido uma maior diversificação da matriz elétrica brasileira, garantindo maior segurança, qualidade e confiança no sistema elétrico nacional, além de representar um ponto estratégico para o desenvolvimento econômico do país.

A matriz solar já é a terceira fonte de energia em potência instalada no país (ABSOLAR, 2022), na Figura 9, podemos observar a evolução nos últimos anos no Brasil.

Figura 9. Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.



Fonte: ABSOLAR, 2022a.

Pela primeira vez, a potência operacional da fonte solar no Brasil superou a da hidrelétrica de Itaipu (PR), ultrapassando a marca de 14 Gigawatts (GW) de acordo com o mapeamento da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2022a).

Políticas públicas no Brasil

As políticas públicas de incentivo à utilização de fontes de energia renovável e de eficiência energética são fatores chave para viabilizar o desenvolvimento sustentável. De forma geral, as políticas públicas demonstram quais as prioridades do governo para que o setor energético se desenvolva. Em relação às políticas públicas que incluem a energia solar fotovoltaica tem-se o primeiro marco em 2012 com a implementação das Resoluções Normativas (REN) nº 482 que criaram as premissas para a GD e os mecanismos de compensação de energia. Já em janeiro de 2022 com a sanção da Lei 14.300 teve como objetivo consolidar em Lei a possibilidade do consumidor de gerar e reduzir seus custos com energia elétrica, sobrepondo a REN 482 e influenciando diretamente o mercado de GD.

O Brasil pode assumir papel protagonista e de liderança global na jornada pelo aumento do uso de fontes limpas, renováveis e competitivas, parte fundamental da solução deste que é considerado por especialistas um dos maiores desafios do século. Segundo relatórios da International Renewable Energy Agency (IRENA) e da International Energy Agency (IEA), o país se destacou por entrar na lista dos dez maiores mercados de energia solar no ano de 2022, atingindo recentemente a marca histórica de 17 GW de capacidade instalada em operação, somando as grandes usinas e sistemas de geração própria de energia. Isso posiciona a fonte solar como a terceira maior da matriz elétrica brasileira e com espaço para crescer nos próximos anos, caso as condições adequadas estiverem postas (Id., 2022b).

As energias renováveis são uma ferramenta estratégica à disposição de governos e da sociedade para enfrentar flutuações de preços de combustíveis no mercado mundial e doméstico, além de serem capazes de atrair significativo montante de novos investimentos privados. Pela importância do setor para um mundo mais sustentável, sugere-se aos governos, em suas várias esferas, a inclusão em seus planos de governo de políticas públicas que contemplam medidas de desenvolvimento, apoio e incentivo às fontes renováveis, em especial à energia solar, dada a abundância do recurso solar no Brasil somada à sua grande versatilidade, agilidade de implantação e crescente competitividade no cenário nacional e global.

O crescimento das energias renováveis poderá reduzir os custos e preços aos consumidores finais da energia elétrica, aliviando o orçamento da população, aumentando a competitividade dos pequenos negócios da economia nacional e diminuindo as emissões de gases estufa e poluentes atmosféricos nocivos à saúde e ao meio ambiente.

Para atingir estes objetivos, é necessário que os governos definam políticas públicas, programas e incentivos que estimulem o desenvolvimento da cadeia de valor de geração de energia renovável, com linhas de crédito competitivas e desonerações (fiscais e financeiras), aliados ao apoio a novos negócios emergentes e incentivos à pesquisa, desenvolvimento e inovação. São ações fundamentais para atrair novos investimentos, com menos burocracia e mais agilidade no atendimento às demandas da sociedade brasileira. Tais medidas também contribuirão para a geração de mais empregos e renda, novas oportunidades de negócios e a ampliação ao acesso à energia elétrica por

consumidores menos favorecidos e em situação de vulnerabilidade socioeconômica (ABSOLAR, 2022b).

Se houver compromisso adequado dos governantes com estas ações e iniciativas de apoio à energia solar, será possível atrair novos investimentos na ordem de R\$ 124 bilhões, promovendo 750 mil novos empregos qualificados e uma arrecadação de impostos acima de R\$ 37 bilhões. Reduzir a burocracia, racionalizar procedimentos de conexão à rede e atender o setor com legislação e regulamentação adequadas são os desafios para a adoção mais rápida das energias renováveis no país (Id., 2022b).

8 Considerações finais

Devido ao grande potencial de irradiação solar em todo território nacional, muito acima da média dos países europeus, a energia solar fotovoltaica apresenta capacidade para ser uma forte aliada na diversificação da matriz elétrica brasileira.

Em 2022 a Geração Distribuída (GD) no Brasil, teve um grande avanço, pois foi sancionado o marco legal da microgeração e minigeração distribuída. A nova Lei traz claramente mais segurança jurídica para o setor, que antes era regulamentado por uma resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), instituída em 2012 (ANEEL, 2012).

Com a Lei do Marco da GD, começou a intensificação da corrida para diversificar a matriz energética do país, dominada pelas usinas hidrelétricas. A Lei 14.300/22 estabelece uma etapa de transição de sete a nove anos para a cobrança de tarifas de uso dos sistemas de distribuição por parte de micro e minigeradores e a regra valerá para quem aderir à GD em 2022 por meio do sistema de compensação de energia elétrica.

O momento passou a ser mais que oportuno, visto que a crise hídrica do Brasil em 2021 entrou para a história como a pior em 91 anos. Mesmo com as recentes melhorias do nível dos reservatórios de água, o custo da conta de luz deve seguir elevado. A ANEEL estima que o aumento será, em média, de 21,04%.

No entanto, apesar do crescimento de implementação de sistemas fotovoltaicos após o Marco Legal da GD, ainda existem problemas passíveis de melhorias. As políticas públicas brasileiras não são suficientes para o fomento dessa fonte de energia, tendo em vista o alto custo de investimento. A análise de políticas públicas internacionais serve como uma forma de aprendizado para a implementação de políticas públicas nacionais eficazes. Tais políticas demonstram um forte apoio à pesquisa e desenvolvimento desse setor, bem como incentivos com subsídios e tarifas atrativas. Essas ações tornam o setor de energia fotovoltaica atrativo para investidores, garantindo a eles retorno financeiro vantajoso frente a outras possibilidades de investimento. Sendo assim, é papel do governo intervir com ações efetivas a fim de tornar a energia solar fotovoltaica mais acessível para que ocorra uma maior diversificação da matriz elétrica nacional e, consequentemente, um maior desenvolvimento econômico para o país.

Além de aliviar o bolso do consumidor, a GD é urgente no quesito ambiental. Segundo o estudo da International Renewable Energy Agency (IRENA) publicado em janeiro de 2022, para limitar o aumento da temperatura do planeta em 1,5°C — tendo em vista que a temperatura média do

planeta já subiu 1,1° C desde a segunda metade do século 19 — é esperado que as energias renováveis alcancem uma participação de 90% na matriz energética mundial até 2050 (IRENA, 2022).

É um setor que traz imensos benefícios econômicos, sociais, ambientais, energéticos e estratégicos, conta com amplo apoio da população e atrai empreendedores e investimentos de forma espalhada e distribuída em todas as regiões do Brasil. Com um plano consistente dedicado ao setor, o país e o planeta têm muito a ganhar com o avanço da energia solar fotovoltaica.

Referências

- ABRADEE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA). **Redes de Energia Elétrica.** Disponível em:<<https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>> Acessado em: 22 set. 2022.
- ABSOLAR (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA). **Infográfico ABSOLAR.** Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/artigos/as-tarifas-de-transmissao-e-o-desenvolvimento-da-fonte-solar>>. Acesso em: 12 set. 2022a.
-
- ABSOLAR, Políticas públicas para o desenvolvimento da energia solar no Brasil. 2022.** Disponível em:<<https://www.absolar.org.br/artigos/politicas-publicas-para-catalisar-o-desenvolvimento-da-energia-solar-no-brasil>>. Acesso em 21 nov. 2022b.
- ALVES, M. O. L. **Energia Solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso, 76 p.. Engenharia Elétrica, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade de Ouro Preto (MG).
- ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução Normativa nº 482.** Agência Nacional de Energia. [S.I.], p. 13. 2012.
-
- Pesquisa referente a microgeração distribuída a partir da Resolução Normativa 482. 2021.** Brasília, 2021.
- ABGD (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA). **ABGD 2022.** Disponível em: <<https://www.abgd.com.br/portal/geracao-propria-de-energia-eletrica-alcanca-14-gw-de-capacidade-e-iguala-usina-de-itaipu/>>. Acesso em 13 out. 2022.
- BABAA, S. E., ARMSTRONG, M., PICKERT, V. Overview of Maximum Power Point Tracking Control Methods for PV Systems. **Journal of Power and Energy Engineering**, v. 02, n. 04, p. 59–72, 2014.
- BAGATTOLI, S. G. **Gestão Estratégica de Energia Elétrica.** Blumenau: FURB, 2012.
- BRASIL. **Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/lei/l14300.htm>. Acesso em: 13 out. 2022.
- CCEE (CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA). **Portal de Aprendizado. 2022.** Disponível em: <https://capacita.ccee.org.br/auth/signin/portal_aprendizado>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- CHAN, F. C. **Electric Power Distribution Systems.** 3^a. Ed. [S.I.]: [s.n.], 2016.
- CHOWDHURY, S. P. Microgrids and Active Distribution Networks, **IET Renewable Energy series 6**, 2009.

CNN BRASIL. ANEEL cria nova bandeira tarifária, e taxa extra da conta de luz é de R\$ 14,20. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/aneel-faz-novo-reajuste-em-taxa-extra-da-conta-de-luz-em-meio-a-crise-hídrica/>>. Acesso em: 09 set. 2022.

DOS REIS L. B. Geração de Energia Elétrica. Barueri: Manole, 2011.

ENERGES. O que você precisa saber sobre transmissão de tensões elevadas. 2022. Disponível em: <<https://energes.com.br/o-que-voce-precisa-saber-sobre-subestacoes-em-media-tensao/>>. Acesso em: 09 set. 2022.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). Balanço Energético Nacional 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>> Acessado em: 28 set. 2022.

IRENA (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY). Renewable Capacity Statistics 2022. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-Capacity-Statistics-2022>>. Acesso em 20 abr. 2022.

MARQUES, T. C. Uma Política Operativa a Usinas Individualizadas para o Planejamento da Operação Energética do Sistema Interligado Nacional. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, p. 196. 2006.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA). Nota Técnica 19/14 - Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br>>. Acesso em: 10 set. 2022.

NOALE ENERGIA. Desverticalização do Setor. Regulatórios. 2021. Disponível em: <<https://www.noalenergia.com/empresa>>. Acesso em 09 set. 2022.

ONS (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA). Sistema Interligado Nacional (SIN). Operador Nacional do Sistema (ONS), 2022. Disponível em: <<https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>. Acesso em: 06 set. 2022.

RÜTHER, R., ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. Energy Policy 39, 1027-1030, 2011.

SEVERINO, M. M. Avaliação Técnico-Econômica de um Sistema Híbrido de Geração Distribuída para atendimento a comunidades isoladas da Amazônia. Universidade de Brasília. Brasília, p. 358. 2008.

SHAYANI, R. Método Para Determinação do Limite de Penetração da Geração Distribuída Fotovoltaica em Redes Radiais de Distribuição. 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7117/1/2010_RafaelAmaralShayani.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2022.

XP INVESTIMENTOS. Setor Elétrico: como funciona e qual seus segmentos. 2022. Disponível em: <<https://conteudos.xpi.com.br/fundos-imobiliarios/relatorios/setor-eletrico-no-brasil/>>. Acesso em: 07 ago. 2022.