

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ANA CAROLINA LIMA

**ANÁLISE DO IMPACTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO
DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA BRASILEIRO**

VIÇOSA
2022

ANA CAROLINA LIMA

**ANÁLISE DO IMPACTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO
DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA BRASILEIRO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II – e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Rodolpho Vilela Alves Neves
Co-orientador: MSc. Heitor Sampaio Guimarães

VIÇOSA
2022

ANA CAROLINA LIMA

**ANÁLISE DO IMPACTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO
DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA BRASILEIRO**

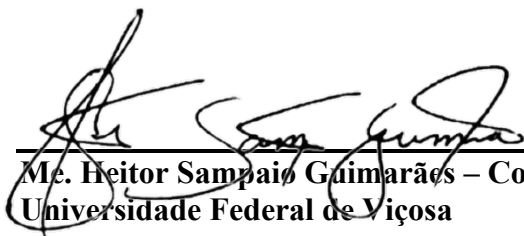
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 19 de dezembro de 2022.

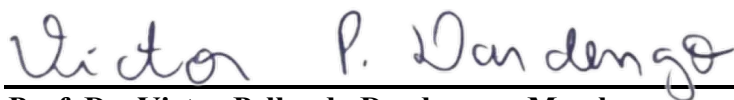
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Rodolpho Vilela Alves Neves – Orientador
Universidade Federal de Viçosa



Me. Heitor Sampaio Guimarães – Coorientador
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Victor Pellanda Dardengo – Membro
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Rodrigo Cássio de Barros – Membro
Universidade Federal de Viçosa

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

(Albert Einstein)

À minha família, amigos e mentores, com muita gratidão.

Agradecimentos

Em março de 2016, entrando na UFV, nunca poderia imaginar todas as bençãos que Deus concederia em minha vida. Agradeço a Ele por estar presente em todos os momentos, me fazendo ser perseverante, forte e confiante. Agradeço por ter clareza para dizer que Ele faz tudo acontecer em seu determinado momento.

Agradeço a pessoa mais importante da minha vida, minha mãe, Kátia. Sem ela eu não seria o que sou. Ela é meu maior exemplo de força, coragem e determinação. Sem o apoio, incentivo e a confiança que ela sempre depositou em mim, seria muito mais complicado.

Agradeço a minha avó, Carolina, minha segunda mãe, responsável pela minha criação, é o amor mais doce que tenho em minha vida. Meus tios Léo e Marcelo, meus pais do coração, sempre assumiram a responsabilidade, me amam, se preocupam e me defendem. Ao meu avô, João, minhas tias, minhas madrinhas, meus tios Heraldo e Keia, meus primos, Marcelo e Ângela, e todos que me incentivaram nessa caminhada. Não posso deixar de citar meu amigo, companheiro e amor, Henrique, que sempre esteve presente apoiando meu sonho e me dando forças.

Aos meus amigos, amigos da vida toda, amigos que viraram para a vida toda, amigos de sonhos, objetivos, de desespero. Amigos de Descoberto, de Viçosa, de Jaraguá do Sul, sem eles seria impossível caminhar. Em cada uma dessas cidades tenho uma família do coração, que me deu colo, abrigo, amparo e força, muita força. Sou muito agraciada e tenho muita sorte de ter tantas pessoas especiais em minha vida.

Também agradeço ao mestre Heitor Guimarães e ao meu professor orientador Rodolpho, pela paciência, valiosas contribuições dadas durante o processo e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Assim como comecei, eu termino dizendo que Deus é o escritor de toda minha história e o que eu posso fazer para retribuir é agradecer todos os dias. Agradecer por todo percurso que já trilhei, por todas as conquistas, por todos os amigos, por todas as pessoas que passaram na minha vida e deixaram marcas. Agradecer ao Departamento de Engenharia Elétrica e a todos os mestres por todo conhecimento compartilhado, as oportunidades que abracei, as escolhas que fiz e principalmente a Universidade Federal de Viçosa por ter sido a sede da realização de um sonho. Sei que isso é apenas o início. Obrigada!

Resumo

Tanto a matriz energética, quanto a elétrica mundial vêm sofrendo gradativas alterações em suas fontes de energia ao longo do tempo. Entretanto, a utilização de combustíveis fósseis continua sendo a maior fonte de energia, despertando a preocupação com o futuro global, principalmente com o aumento da temperatura do planeta. Dessa forma, a intervenção do governo, através da implementação de políticas públicas, visando estimular a diversificação e adoção de fontes de energia renováveis, se torna imprescindível. Uma das estratégias aplicadas é o desenvolvimento da geração de energia elétrica solar fotovoltaica, que é uma energia proveniente do sol com geração limpa, renovável, sustentável e de fonte inesgotável. Pode ser classificada em Geração Distribuída, que são sistemas solares de pequeno e médio porte, com capacidade instalada de até 5MW e Geração Centralizada, que são projetos acima de 5MW. Desse modo, o estudo visa demonstrar, por meio de uma pesquisa bibliográfica, um panorama sintetizado do mercado de energia solar fotovoltaica, tendo como base de análise quatro países: China, Estados Unidos, Alemanha e Brasil. Para isso, foram analisados dados gerais dos governos retirados de estudos e rankings do setor produzidos nos últimos anos, avaliando as nações individualmente. Além disso, foi abordado, de maneira aprofundada, a situação atual da geração distribuída no Brasil e em especial a revisão da Resolução Normativa (REN) 482/2012 feita pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que culminou na Lei 14.300/2022. A partir da REN 482/12 foram instituídas regras para possibilitar a geração distribuída de energia solar e, a criação de um Marco Legal para GD no Brasil, por meio da Lei 14.300/2022, estabelece uma posição mais estratégica na política nacional, avançando fundamentalmente para o desenvolvimento da transição energética, além de trazer segurança jurídica, estabilidade e previsibilidade para o mercado. Contudo, mesmo a lei apresentando avanços para a GD brasileira, ela demonstra impactos positivos e negativos, dependendo do modelo de negócio, concessionária e porte do sistema, interferindo diretamente no setor.

Palavras-chave: fontes renováveis; energia solar; sistema fotovoltaico; geração distribuída; políticas públicas.

Abstract

Both the energy matrix and the world's electricity matrix have been undergoing gradual changes over time. However, the use of fossil fuels continues to be the largest source of energy, raising concern about the global future, especially with the increase in temperature of the planet. Thus, government intervention, through the implementation of public policies, aimed at stimulating the adoption of renewable energy sources, becomes essential. One of the strategies applied is the development of photovoltaic solar electricity generation, which is an energy that comes from the sun with clean, renewable, sustainable, and inexhaustible source generation. It is divided into Distributed Generation (DG), which are small and medium sized solar systems, with installed capacity up to 5MW, and Centralized Generation (CG), which are projects above 5MW. Thus, the study aims to demonstrate, through a literature search, a synthesized panorama of the photovoltaic solar energy market, having as base of analysis four countries: China, the United States, Germany and Brazil. For this, general government data taken from studies and rankings of the sector produced in recent years were analyzed, evaluating the nations individually. In addition, the current situation of distributed generation (DG) in Brazil and in particular the revision of the Normative Resolution (REN) 482/2012 made by the National Agency of Electric Energy (ANEEL), which culminated in Law 14,300/2022, was addressed in depth. From REN 482/12 rules were instituted to enable distributed solar power generation, however, the creation of a Legal Framework for DG in Brazil, through Law 14,300/2022, establishes a more strategic position in national policy, fundamentally advancing the development of energy transition, in addition to bringing legal certainty, stability and predictability to the market. However, even though the law presents advances for Brazilian DG, it demonstrates positive and negative impacts, depending on the business model, concessionaire, and system size, interfering directly in the sector.

Keywords: renewable sources; solar energy; photovoltaic system; distributed Generation; public policies.

Sumário

1	Introdução do Trabalho	14
1.1	Objetivos.....	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivo Específico	18
2.	Revisão Bibliográfica.....	19
2.1	Efeito Fotovoltaico e Conversão da Energia Solar Fotovoltaica.....	19
2.2	Arranjo de Sistemas Fotovoltaicos	20
2.3	Transição Energética	22
2.4	Políticas Públicas.....	24
2.4.1	Cenário Internacional	26
	China.....	26
	Estados Unidos	29
	Alemanha.....	31
2.4.2	Cenário Brasileiro.....	34
	Setor Energético Brasileiro.....	34
	Regulação Econômica Brasileira: Tarifa.....	34
	Regulamentações: REN 482/2012 e Lei 14.300/2022	36
2.5	Considerações e Perspectivas Futuras	46
3	Conclusão	50
	Referências Bibliográficas	52

Lista de Figuras

Figura 1- Oferta de Energia em 2020	14
Figura 2- Oferta Interna de Energia em 2021	15
Figura 3- Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte em 2020	16
Figura 4- Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte em 2021	16
Figura 5 - Evolução Geração Solar Fotovoltaica.....	17
Figura 6- Sistema <i>off-grid</i>	20
Figura 7- Sistema <i>on-grid</i>	21
Figura 8- Sistema híbrido	21
Figura 9- Mudança climática resulta em alteração na magnitude e probabilidade de ocorrência de eventos extremos	23
Figura 10 - Representação esquemática da relação entre cenários de emissões, níveis de aquecimento global (GWLs), respostas climáticas regionais e impactos	23
Figura 11 - Classificação dos países de acordo com a geração de energia solar FV.....	26
Figura 12- Capacidade instalada da Energia Solar Fotovoltaica na China até 2021	28
Figura 13- Geração de Energia Solar Fotovoltaica na China até 2020	28
Figura 14- Capacidade instalada da Energia Solar Fotovoltaica nos EUA até 2021	30
Figura 15 - Geração de Energia Solar Fotovoltaica nos EUA até 2020	31
Figura 16- Capacidade instalada da Energia Solar Fotovoltaica na Alemanha até 2021	33
Figura 17- Geração de Energia Solar Fotovoltaica na Alemanha até 2020.....	33
Figura 18- Linha do tempo Resoluções Normativas GDFV	39
Figura 19 - Evolução potência instalada em GDFV no Brasil	41
Figura 20- Linha do tempo Marco Legal MMGD.....	46
Figura 21 - Projeção da MMGD em 2050.....	48

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tarifas de energia que incidem sobre a comercialização de energia no Brasil.....	35
Tabela 2- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através da potência instalada.	42
Tabela 3 - Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através do valor de compensação.....	42
Tabela 4- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através do custo de disponibilidade.....	43
Tabela 5 - Exemplo custo de disponibilidade com direito adquirido.....	43
Tabela 6- Exemplo custo de disponibilidade para regra de transição.....	44
Tabela 7- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através da demanda contratada.....	44
Tabela 8- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012.....	45
Tabela 9- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012.....	45

Lista de Abreviações

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN - Balanço Energético Nacional

BIPV - *Building Integrated PhotoVoltaics*

CA - Corrente alternada

CC- Corrente contínua

CIP - Contribuição para Iluminação Pública

CDE - Conta de Desenvolvimento Energético

CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

EEG - *Erneuerbare-Energien-Gesetz*

EMUCs –Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

FIP - *Feed-in Tariff Premium*

FIT- *Feed-in Tariff*

GC - Geração Centralizada

GD - Geração Distribuída

GDFV – Geração distribuída fotovoltaica

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IEA - Agência Internacional de Energia

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IRENA - Agência Internacional de Energia Renovável

ITC - *Investment Tax Credit*

LER - Lei de Energias Renováveis

MME - Ministério de Minas e Energia

MMGD - Micro e Minigeração Distribuída

Mtep - Megatoneladas Equivalentes de Petróleo

NDRC - Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma

PASEP - Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PIS - Programa de Integração Social

PL - Projeto de Lei

PNE - Plano Nacional de Energia

PRODEEM - Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios

ProGD - Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica

PROINFA - Programa de Incentivos às Fontes alternativas de Energia

PURPA - *Public Utilities Regulatory Policy Act*

RECs - *Renewable Energy Credits*

REN - Resolução Normativa

RGR - Reserva Global de Reversão

RPS - *Renewable Portfolio Standard*

SIN - Sistema Interligado Nacional

SNI - Sistema Nacional de Inovação

TE - Tarifa de Energia

TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TUSDd – TUSDdemanda

TUST - Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão

1 Introdução do Trabalho

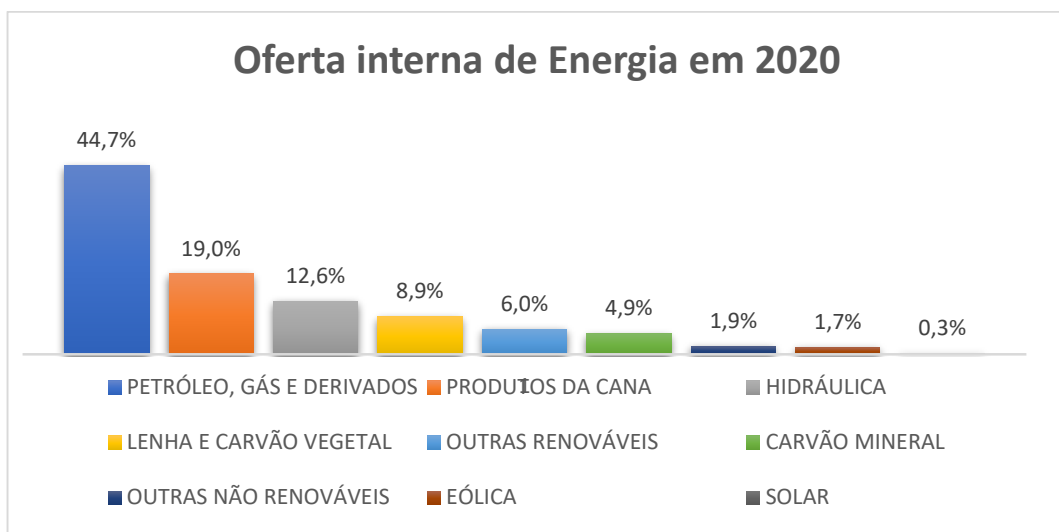
Define-se “energia” como a capacidade que um corpo, uma substância ou um sistema físico, possui de realizar trabalho (ENERGIA, 2022). Assim, fontes de energia ou fontes energéticas, são quaisquer recursos que podem gerar energia como: petróleo, carvão, força das águas e dos ventos e a luz solar (PORTAL SOLAR, 2022).

As fontes de energia são classificadas como renováveis e não renováveis, ou seja, podem ser extraídas de fontes naturais capazes de se regenerar e desenvolver, como as energias obtidas através dos produtos da cana de açúcar, hidráulica, lenha, carvão vegetal, eólica e solar, ou extraídas de reservas naturais limitadas, que possuem processo de formação muito lentos, como Petróleo, Gás e derivados e carvão mineral (EPE, 2021).

Sendo assim, o conjunto de fontes de energia disponíveis em um país, estado, ou no mundo, que suprem as demandas necessárias é definido como matriz energética. Já, o conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica é determinado como matriz elétrica. Logo, conclui-se que a matriz elétrica faz parte da matriz energética (EPE, 2022).

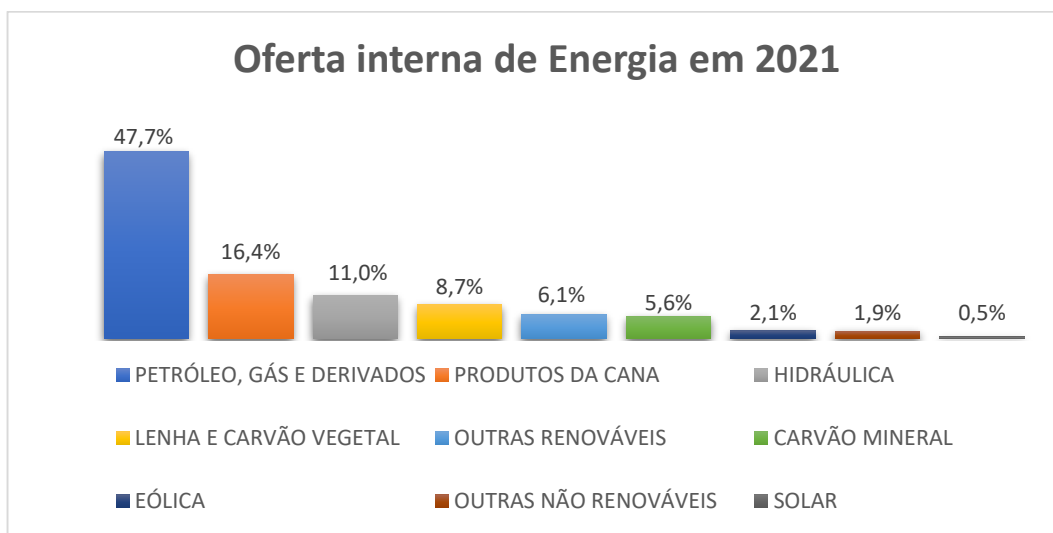
Por meio das Figuras 1 e 2, é possível observar a matriz energética brasileira, que foi elaborada de acordo com os Balanços Energéticos Nacionais de 2021 e 2022. Nelas são apresentadas as ofertas internas de energia no Brasil nos anos de 2020 e 2021, sendo a ordenada a origem da energia e a abscissa a quantidade energética consumida, em porcentagem (%).

Figura 1- Oferta de Energia em 2020



Fonte: EPE, 2020.

Figura 2- Oferta Interna de Energia em 2021



Fonte: EPE, 2021.

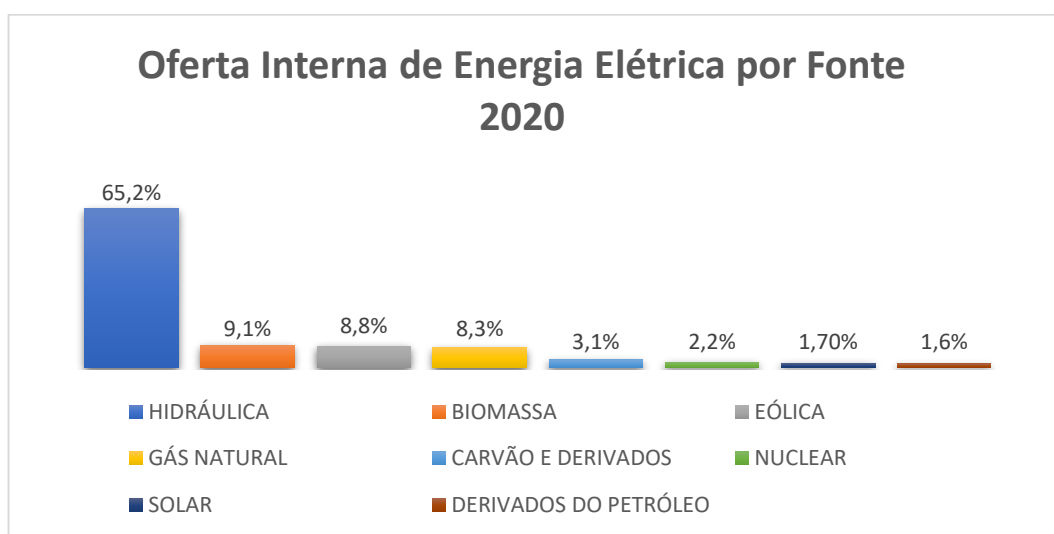
Conforme dados apresentados nas figuras, é possível observar que em 2020 o consumo de energias provenientes de fontes não renováveis foi de 51,5% e em 2021 55,3%, isto significa um aumento de 3,8%. Já para energias provenientes de fontes renováveis houve um decréscimo de 3,8%, sendo que em 2020 eram consumidos 48,5% e em 2021 foram 44,7%.

Os dados apresentados podem ser explicados, principalmente, devido a recuperação de recuos ocorridos em 2020 com à pandemia do COVID 19, como nos meios de transporte e nas indústrias. Além disso, a seca que se agravou em 2021, contribuiu para a redução nos reservatórios das hidrelétricas, acarretando na utilização das termelétricas para a geração de energia.

Nesse cenário, segundo o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2022 (BEN), com informações consolidadas do setor energético no Brasil no ano de 2021, lançado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), houve uma alta na oferta interna de energia total no ano de 2021, cerca de 4,8% a mais que no ano de 2020. Em 2021, o total de energia disponibilizada pelo país foi de 301,5 *Mtep* (megatoneladas equivalentes de petróleo), já em 2020 foi de 287,6 *Mtep*. Sendo que, os maiores responsáveis pelo consumo, representando 32,5% e 32,3% respectivamente, foram os setores de transporte e industrial.

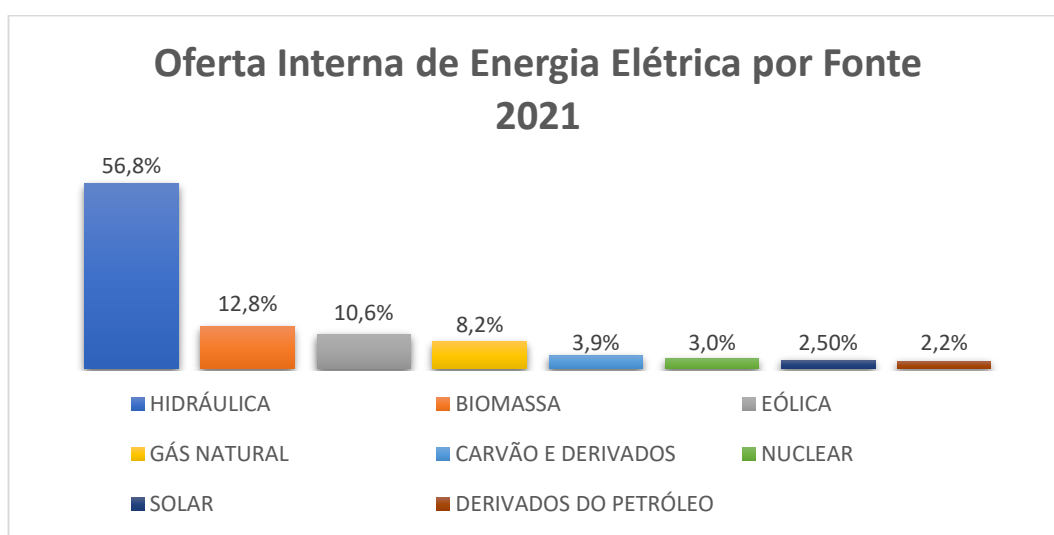
A matriz elétrica nacional, diferentemente da energética, é predominantemente renovável. De acordo com o BEN 2021 e BEN 2022, foi possível desenvolver as Figuras 3 e 4, que apresentam as ofertas internas de energia elétrica por fonte nos anos de 2020 e 2021, respectivamente. É necessário destacar que os gráficos apresentados a seguir incluem a importação de eletricidade, que possuem quase sua totalidade oriundas da usina de Itaipu.

Figura 3- Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte em 2020



Fonte: EPE, 2020.

Figura 4- Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte em 2021



Fonte: EPE, 2021.

Pela análise das figuras 3 e 4, é identificado, em 2021, a redução de 8,4% da geração hídrica, principal fonte de produção de energia elétrica no Brasil. Sendo assim, a geração elétrica a partir de fontes não renováveis representou 17,3% do total nacional, contra 15,2% em 2020.

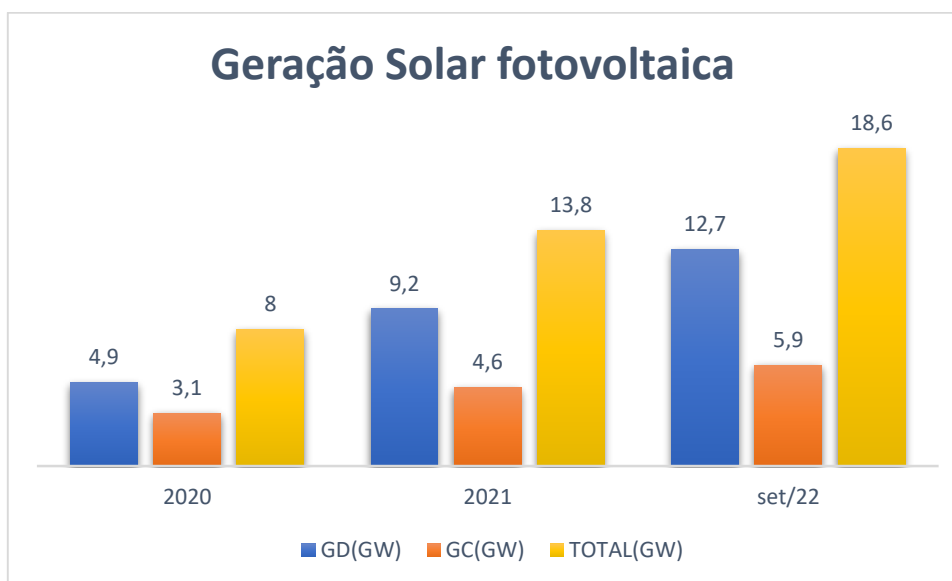
No entanto, mesmo que a geração de energia por meio de fontes hídricas continue sendo a mais utilizada no país, sua implementação vem se tornando cada vez mais limitada devido às crescentes restrições ambientais e ao alto investimento financeiro inicial. Além disso, como já destacado, a escassez hídrica e consequentemente a redução de geração elétrica por essa fonte, faz com que as usinas termoeletricas compensem esse “déficit” na oferta. Entretanto,

dependendo do recurso energético, a utilização da termoelétricas em larga escala pode elevar os custos da energia, além de gerar impactos nocivos ao meio ambiente.

Em números reais, a geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 656,1 TWh em 2021, resultado 5,6% acima de 2020, que foi responsável por cerca de 621 TWh. Contudo, as importações líquidas foram de 23,1 TWh, assegurando uma oferta interna de energia de 679,2 TWh, 0,3% superior ao ano anterior. Em consumos finais, classifica-se um total de 570,8 TWh, sendo uma expansão de 5,7% em comparação com 2020, com destaques para o setor industrial e residencial, que contribuíram com 37% e 26% respectivamente (EPE, 2022).

Em 2021, assim como em 2020, o maior destaque em termos de crescimento ficou com as plantas de geração fotovoltaicas (FV), que, por sua vez são classificadas em duas categorias: Geração Distribuída (GD), sistemas solares de pequeno e médio porte, com capacidade instalada de até 5MW e Geração Centralizada (GC), que são projetos acima de 5 MW (ANEEL, 2015). Assim, de acordo com o último infográfico da ABSOLAR, em setembro de 2022, o ano de 2020 foi responsável pela geração de 8 GW de potência, sendo 4,9 GW em GD; em 2021, 13,8 GW, sendo 9,2 GW em GD e até a presente data, a geração foi de 18,6 GW, sendo 12,7 GW em GD. O aumento percentual da geração distribuída entre os anos é cerca de 88% entre 2020 e 2021, 38% entre 2021 e 2022 (EPE, 2021). A Figura 5 ilustra os dados descritos anteriormente.

Figura 5 - Evolução Geração de Energia Solar Fotovoltaica.



Fonte: Própria autoria

A micro e minigeração distribuída (MMGD) de energia elétrica tem seu aumento incentivado por ações regulatórias e vem assumindo patamares de grande importância para

geração elétrica nacional. Desse modo, é imprescindível o desenvolvimento de trabalhos com a finalidade de analisar os possíveis cenários, as perspectivas de crescimento e os subsídios gerados pelas políticas públicas aplicadas nesse mercado, de forma a equilibrar a relação entre os agentes desse setor: concessionárias de energia elétrica, governo e consumidores.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar o impacto das políticas públicas no desenvolvimento do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil.

1.1.2 Objetivo Específico

Para tal, dado o objetivo geral, têm-se como objetivos específicos:

- Apresentar o processo tecnológico para a obtenção da energia solar fotovoltaica;
- Identificar os motivos para o crescimento da utilização de energia proveniente de fontes renováveis;
- Analisar as políticas públicas aplicadas em países de referência na geração de energia solar fotovoltaica;
- Analisar as políticas públicas aplicadas no desenvolvimento da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil;
- Discutir de forma ampla as possibilidades do mercado brasileiro, mediante comparação com países como a China, Estados Unidos e Alemanha, para diversificar a matriz energética nacional, investindo em fontes de energia renováveis.

2. Revisão Bibliográfica

Para o avanço do conteúdo foram utilizadas informações das principais bases de artigos científicos nacionais e internacionais como Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério de Minas e Energia (MME), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), além da base de dados estatísticos da Agência Internacional de Energia (IEA). A pesquisa foi direcionada para o estudo do efeito fotovoltaico e sua conversão em energia solar fotovoltaica, para as políticas públicas adotadas nos países com maiores destaques no setor de energia solar fotovoltaica que são: China, Estados Unidos e Alemanha e, principalmente, para as políticas públicas adotadas no Brasil que visam o progresso da geração distribuída de energia solar fotovoltaica. Além disso, as palavras chaves utilizadas foram: fontes renováveis, energia solar, sistema fotovoltaico, geração distribuída e políticas públicas.

2.1 Efeito Fotovoltaico e Conversão da Energia Solar Fotovoltaica

O efeito fotovoltaico descoberto por Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, demonstrou a viabilidade de conversão da irradiação luminosa em energia elétrica utilizando duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido, quando expostas à luz solar. Em 1883, Charles Fritts desenvolve a primeira célula solar produzida por selênio revestido de ouro, possibilitando a geração de uma corrente contínua e constante para a conversão elétrica, de aproximadamente 1% de eficiência (ALVES, 2019).

Apesar da grande conquista em 1883, segundo Matos (2006), somente em 1905, através da descoberta do efeito fotoelétrico pelo físico Albert Einstein, foi possível impulsionar os estudos sobre a geração fotovoltaica. Em 1954, cientistas do laboratório Bell Labs desenvolveram a primeira célula solar preparada a base de silício, que possuía eficiência de 6% (atualmente a eficiência é de aproximadamente 25%). No ano de 1959, um novo método de crescimento de cristais de silício foi desenvolvido, através de experimentos com células solares feitas de silício policristalino, que culminaria em menores custos relacionados à produção de células solares (ALVES, 2019).

A corrida espacial entre os EUA (Estados Unidos da América) e a URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas) impulsionou a primeira utilização de módulos solares na

década de 60, quando 1 W foi anexado ao satélite Vanguard I, que foi enviado ao espaço, para alimentar seu rádio na viagem. A partir disso, os primeiros geradores solares foram implementados para residências, indústrias e meios de transportes. Assim, em 1999 a capacidade fotovoltaica total instalada no mundo atinge os 1.000 MW (ALVES, 2019).

Desde então as pesquisas foram se desenvolvendo cada vez mais rápido, com a finalidade de garantirem maiores eficiências, sem agredirem o meio ambiente. Através dessa nova tecnologia, foi possível compreender a magnitude solar como fonte de calor, luz, vida e eletricidade.

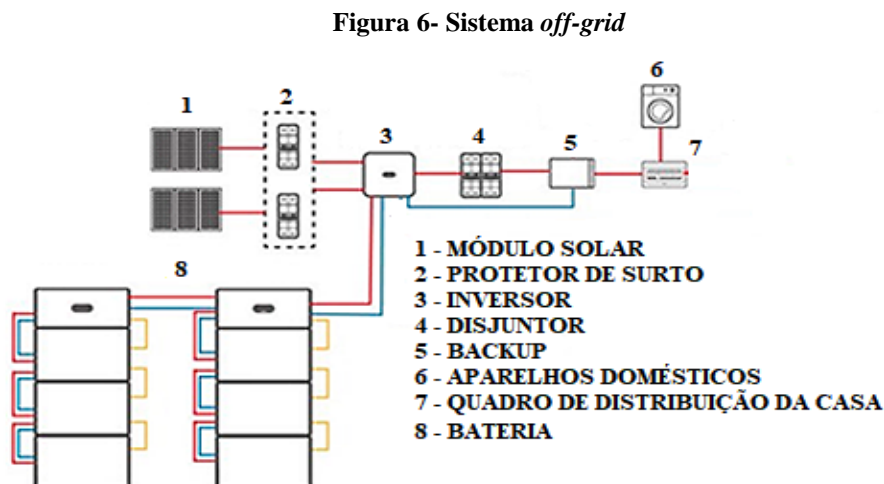
A energia proveniente da luz solar é uma energia de fonte alternativa, renovável, limpa e sustentável que é convertida em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Esse efeito ocorre quando partículas de luz solar colidem com os átomos presentes no módulo solar, feito de silício mono ou policristalino, gerando movimento dos elétrons e criando uma corrente elétrica contínua (CC) (ALVES, 2019).

Para que a energia elétrica produzida possa ser utilizada nas residências e indústrias, a corrente contínua necessita ser transformada em corrente alternada (CA) com o auxílio de um inversor, também conhecido como conversor CC-CA.

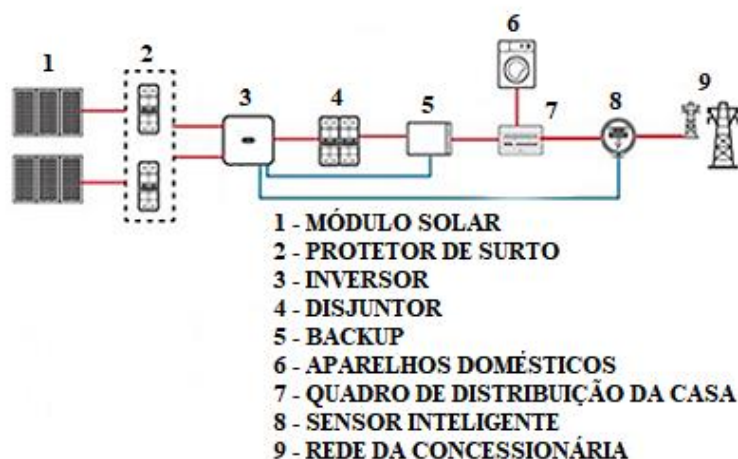
2.2 Arranjo de Sistemas Fotovoltaicos

As aplicações do sistema fotovoltaico podem ser divididas em sistemas isolados, sistemas conectados à rede elétrica e sistema híbridos:

- Sistemas isolados (*off-grid*): sistemas não conectados à rede de distribuição de energia elétrica, são sistemas puramente fotovoltaicos e geralmente necessitam do suporte de baterias ou outros sistemas de armazenamento.



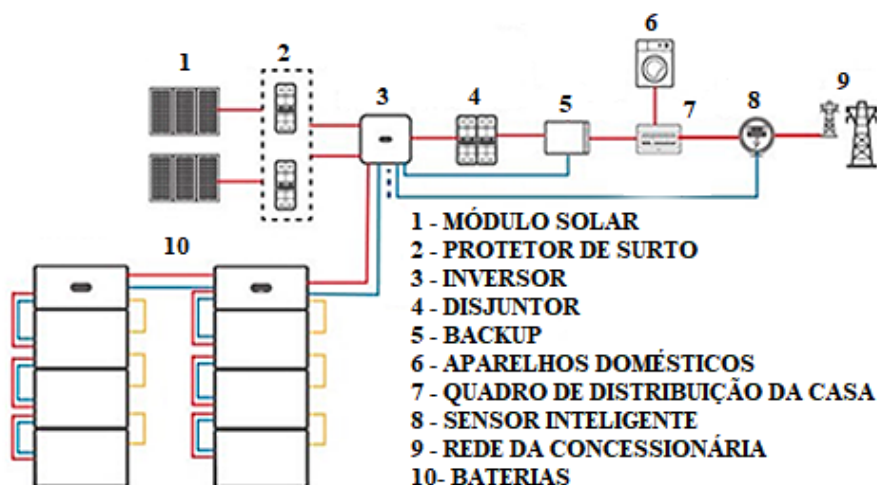
- Sistemas conectados à rede elétrica (*on-grid*): São sistemas conectados à rede de distribuição de energia elétrica, logo, não utilizam armazenamento de energia, pois toda a potência gerada é entregue à rede instantaneamente.

Figura 7- Sistema *on-grid*

Fonte: Adaptação WEG Solar, 2022

- Sistema híbridos: Permite a geração de energia através de sistemas conectados a uma fonte de energia e ao mesmo tempo está integrado por um sistema de armazenamento de energia.

Figura 8- Sistema híbrido



Fonte: Adaptação WEG Solar, 2022

Referindo-se a geração de energia distribuída é possível analisar alguns aspectos relacionados a sistemas *on-grid*, *off-grid* e híbrido. Os sistemas conectados à rede, além de

proporcionarem uma grande economia na conta de energia, por possuírem a energia produzida juntamente a carga, geram menores perdas pela transmissão e distribuição. Já os sistemas isolados, por não estarem conectados à rede e terem autonomia às interrupções de fornecimento de energia elétrica, apresentam o propósito de atender áreas remotas que não possuem, ou tem dificuldade, ao acesso à rede elétrica. O sistema híbrido oferece a segurança do sistema solar *off-grid* e a economia do sistema *on-grid*, entretanto, devido ao alto custo e vida útil menor (comparado aos módulos fotovoltaicos) das baterias, os sistemas *on-grid* ainda são economicamente mais viáveis que os sistemas *off-grid* (WEG Solar, 2022).

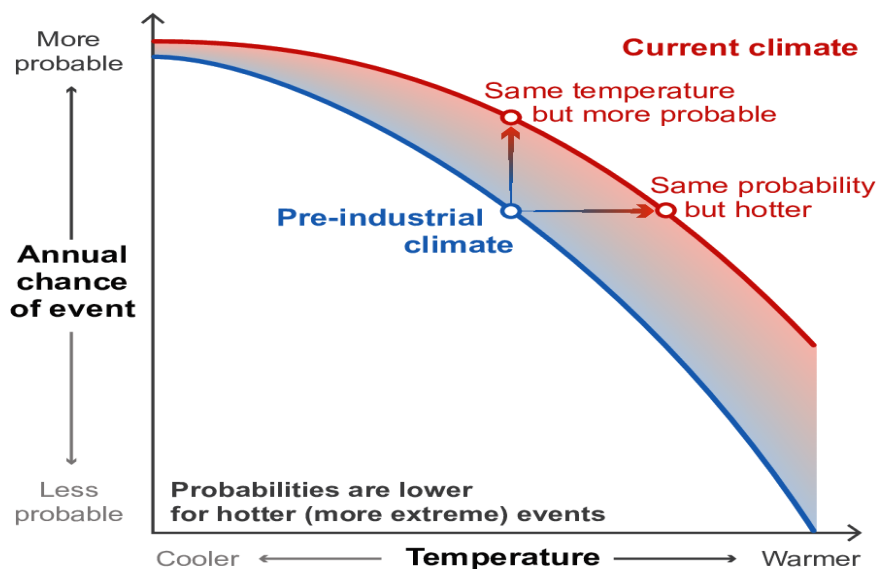
2.3 Transição Energética

O consumo de energia elétrica mundial, segundo o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2022a), aumentou efetivamente no ano de 2021, cerca de 1200 TWh a mais que o ano de 2020, representando um acréscimo de 5%. Entretanto, a amplificação da consumação de energia elétrica resultou em uma maior utilização de fontes não renováveis de energia e, conseqüentemente, aumento nas emissões de dióxido de carbono (CO₂).

Logo, a crescente necessidade energética mundial, somada com os impactos ambientais causados por essa demanda, fez com que países assumissem o compromisso de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, por meio do acordo *Net Zero Carbon Emissions*. O prazo estipulado para a maioria dos participantes é até 2050 e, para que isso ocorra, é necessário ampliar em 25% a utilização das fontes de energia renováveis, no período de 2022 a 2030 (IEA, 2022c).

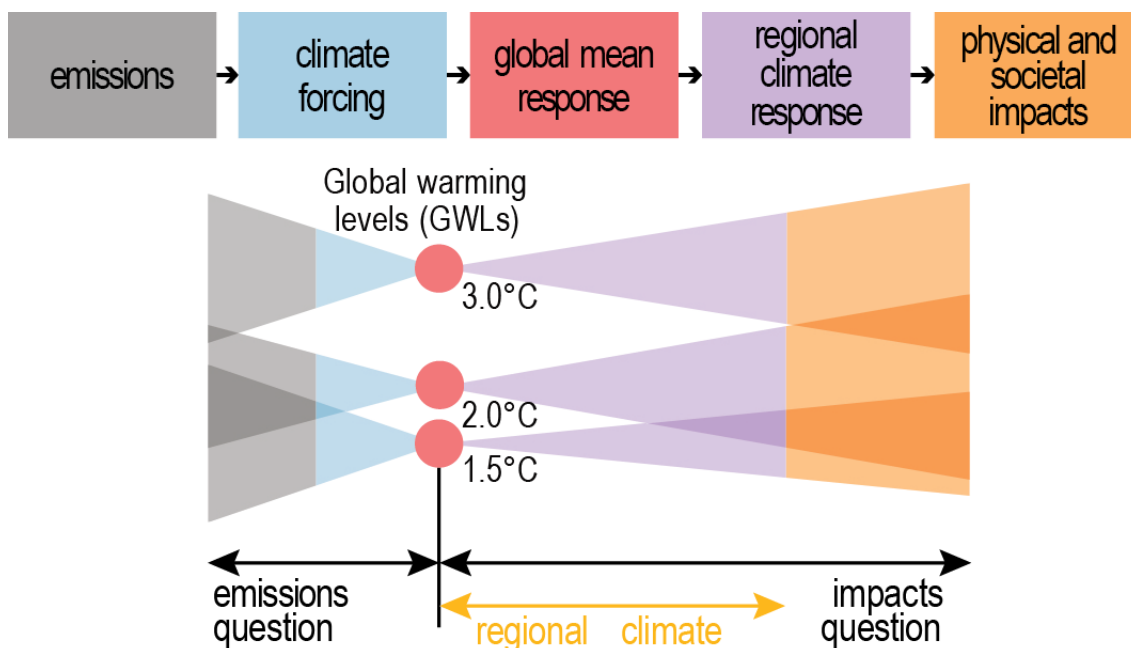
O *Net Zero* foi determinado em 2015 no Acordo de Paris e surgiu a partir da preocupação social com o processo acelerado de aquecimento global iniciado na industrialização (NETZERO, 2021). O Painel Intergovernamental sobre mudanças Climáticas (IPCC) divulgou em agosto de 2021, a expectativa de que a temperatura global até 2030 suba em média 0,4°C, ou seja, 1,5°C a mais em comparação com o período pré-industrial. É um aumento aparentemente sutil, mas que indica a possibilidade de recorrência em eventos climáticos extremos. A ligação entre a probabilidade de ocorrência de eventos climáticos extremos e a mudança do clima é apresentado na Figura 9, além disso, ela exemplifica a diferença entre clima no período pré-industrial (linha azul) e o atual (linha vermelha). Já a Figura 10, apresenta as incertezas associadas entre o crescimento da temperatura climática, até os impactos gerados por esse aumento.

Figura 9- Mudança climática resulta em alteração na magnitude e probabilidade de ocorrência de eventos extremos



Fonte: IPCC, 2021.

Figura 10 - Representação esquemática da relação entre cenários de emissões, níveis de aquecimento global (GWLs), respostas climáticas regionais e impactos



Fonte: IPCC, 2021.

Nesse cenário de instabilidade climática, a *Net Zero* é a principal estratégia para auxiliar na redução da temperatura global. Para isso, diminuir drasticamente ou eliminar as atividades que produzam gases de efeito estufa é fundamental. Entretanto, não sendo possível eliminar, é indicado usar tecnologias de emissão negativa como forma de compensação. Essas tecnologias se dão através de plantio de florestas, promovendo a captura de um volume significativo de CO₂, ou retirando/impedindo a emissão gases mantendo-os em câmaras fechadas, geralmente

subterrâneas. Assim, empresas podem investir em plantações de árvores ou em câmaras para compensar a emissão de poluentes (NETZERO, 2021).

Desse modo, os países e blocos comerciais que são grandes emissores de gases se comprometeram com as metas do IPCC e a serem *Net Zero* até 2050, como no caso dos Estados Unidos e União Europeia e, até 2060 como a China. Para isso, estão utilizando, principalmente, estratégias de substituição das fontes de energia não renováveis por fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica.

2.4 Políticas Públicas

O principal impulsionador para o fomento da energia solar fotovoltaica é a política pública. O Estado, além de sinalizar à sociedade as suas prioridades e diretrizes para desenvolvimento do setor, também é responsável pela popularização, manutenção dos empreendimentos e aquecimento da economia. As diretrizes estatais podem ser aplicadas de maneira compulsória formuladas na forma de leis, decretos, portarias ou resoluções de órgãos governamentais, ou então, através de incentivos financeiros, fiscais, tarifários ou creditícios (PEREIRA, 2019).

Sendo assim, estratégias desenvolvimentistas eficientes dependem diretamente da permanência do governo, que também necessita do apoio e cooperação da sociedade para equilibrar a burocracia e as relações públicas. Para uma eficiente ação do Estado, é primordial o acesso à informação, que possibilita entender as necessidades da população e do mercado, e analisar a melhor forma de aplicar os recursos (RIBEIRO, 2018).

Atualmente, os incentivos a utilização de fontes de energia renováveis que se destacam são sistemas de leilões, *feed-in tariff* (FIT), *net-metering* e sistemas de cotas.

Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), os sistemas de leilões são processos licitatórios que visam captar energia elétrica em um futuro pré-determinado, ou seja, são reservas de mercado definidas por um órgão regulador, cuja função é organizar um processo de disputa pelos direitos de fornecimento da quantia estabelecida. Normalmente, a maior parte da energia contratada nesses recursos vai para as distribuidoras de energia, desse modo, além de definirem a participação das fontes de energia utilizadas na geração, impactando na qualidade da matriz elétrica do país, os leilões interferem diretamente no equilíbrio da oferta e consumo da energia elétrica.

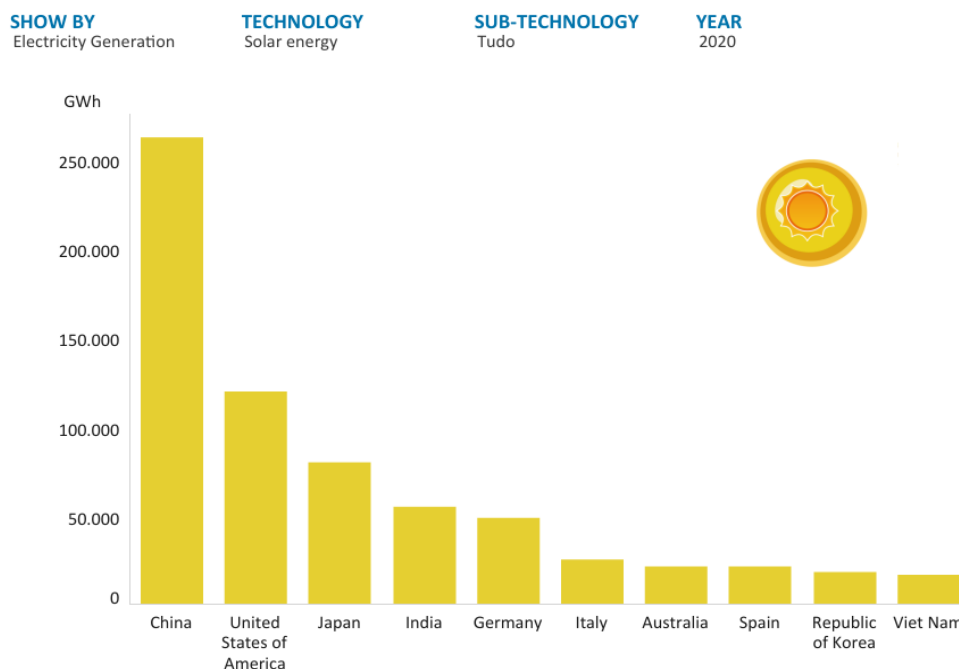
O FIT é o incentivo de maior sucesso no desenvolvimento de energias renováveis. Ele consiste no pagamento de tarifas pré-estabelecidas pela injeção de energia elétrica na rede de

distribuição, garantindo que o investidor receba suporte financeiro à longo prazo, reduzindo, assim, os riscos do investimento. Esse modelo possui uma variação nomeada por tarifa *feed-in premium* (FIP), que são tarifas um pouco mais elevadas que as provenientes de fontes tradicionais em cada país, resultantes dos riscos das intercorrências do mercado. Parte desses riscos é repassada aos consumidores de GD (PEREIRA, 2018).

Outra política, que atualmente é utilizada no Brasil, é o sistema de compensação ou *net-metering*. Ele regulariza a compensação parcial ou total do consumo através da energia elétrica ativa gerada por fontes renováveis. É possível controlar essa utilização através de um medidor bidirecional que apresenta a diferença entre a energia elétrica gerada e consumida. Nesses sistemas, a rede elétrica é utilizada como uma bateria, onde o excedente é injetado e o consumidor é compensado com créditos de energia (PEREIRA, 2018).

Os sistemas de cotas também são importantes incentivadores na aplicação de energia renovável. Eles estabelecem que, obrigatoriamente, uma porcentagem de toda a energia elétrica comercializada pelas concessionárias de energia, em um determinado período, seja oriunda de fontes alternativas de energia renovável. Para viabilizar esses sistemas e garantir o cumprimento das metas estabelecidas foi criado o certificado de energia renovável, ou, certificado verde. Os geradores recebem esse certificado a cada MWh excedente produzido, assim, as distribuidoras de energia podem comprá-los e apresentá-los, realizando o acordo pré-estabelecido (PEREIRA, 2018; VARGAS, 2020).

Impulsionada pelas ações das políticas públicas estatais, principalmente pela FIT, a China se tornou o maior país em relação a geração de energia fotovoltaica, sendo acompanhada pelos Estados Unidos e Japão, respectivamente. A Figura 11 apresenta a comparação da geração de energia solar fotovoltaica entre os maiores produtores no ano 2020.

Figura 11 - Classificação dos países de acordo com a geração de energia solar FV.

Fonte: IRENA, 2022.

2.4.1 Cenário Internacional

Serão apresentados os principais países na adoção de políticas públicas eficientes para o fomento de energia solar fotovoltaica, dentre eles a Alemanha, que foi a pioneira na utilização desse impulsor.

China

Nos últimos 20 anos a China se destacou no cenário global com desenvolvimentos inovadores em energia. Isso se deve, principalmente, as políticas de inovação tecnológicas apoiadas pelo Estado. Como destacado anteriormente, o objetivo de ser *Net Zero* até 2060, estimula a implantação de um desenvolvimento de energia limpa, impulsionando assim, o crescente progresso da geração de energia fotovoltaica no país.

O início das ações de políticas públicas na China foi em 2005, com a Lei de Energias Renováveis (LER), que unificou e regulamentou o desenvolvimento da energia eólica e solar utilizando o sistema FIT além de criar o Fundo Especial de Desenvolvimento de Energia Renovável, responsável por subsidiar projetos (GASPARIN; LIMA; MICHELETTI; BURIN, 2021). Em 2007 foi estabelecido o Plano de Desenvolvimento de Médio e Longo Prazo para

energia renovável e em 2008 o 11º Plano Quinquenal de energia renovável, definindo um crescimento de 10% e 15%, na oferta primária de energia, como metas a serem cumpridas entre 2010 e 2020, além de investimentos públicos e medidas fiscais para acelerar a capacidade de geração (ZOTIN,2019).

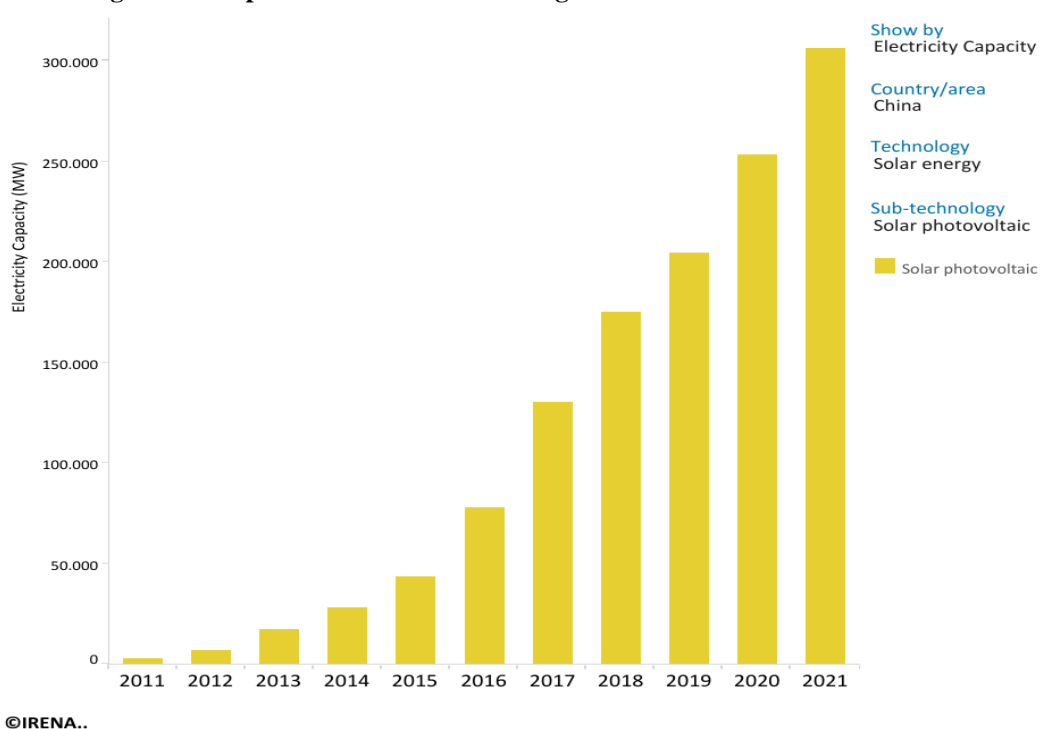
A LER e as leis entorno dela aceleraram a capacidade industrial e de instalação de novas fontes renováveis. Entretanto, esse aumento não foi correspondido pela capacidade de geração, resultando em altas taxas de *curtailment*. Tais taxas foram, principalmente, acarretadas pela falta de coordenação na expansão planejada da capacidade instalada e pela falta de incentivos para as empresas de distribuição de energia elétrica. Logo, em 2009, a LER foi revisada, a fim de reorganizar e garantir subsídios para as concessionárias de energia, pelo Fundo de Energia Renovável, para cobrir os custos adicionais de energia elétrica renovável (GASPARIN; LIMA; MICHELETTI; BURIN, 2021).

Após crise financeira mundial em 2008, com o mercado estrangeiro retraído, o Estado chinês, em 2009, estimulou a expansão solar fotovoltaica doméstica, visando reduzir os estoques das indústrias de fabricação de módulos. Sendo assim, além de estimular grandes projetos com a FIT o governo criou os programas Golden Sun e *Building Integrated PhotoVoltaics* (BIPV). Eles foram responsáveis por subsídios fiscais, como 50% em projetos *on grid* e de até 70% em projetos *off grid*, apoio científico e tecnológico, reduzindo assim, a dependência dos mercados estrangeiros (IEA, 2022a).

Entre 2010 e 2015, a China tornou-se a maior investidora em energia renovável do mundo, possuindo mais de 40% da capacidade global instalada. Um dos incentivos para esse acontecimento foi a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC) dobrar o preço da energia solar em relação às usinas de carvão em 2013, medida financiada através do Fundo de Energia Renovável, buscando elevar os lucros dos produtores (IEA, 2022a).

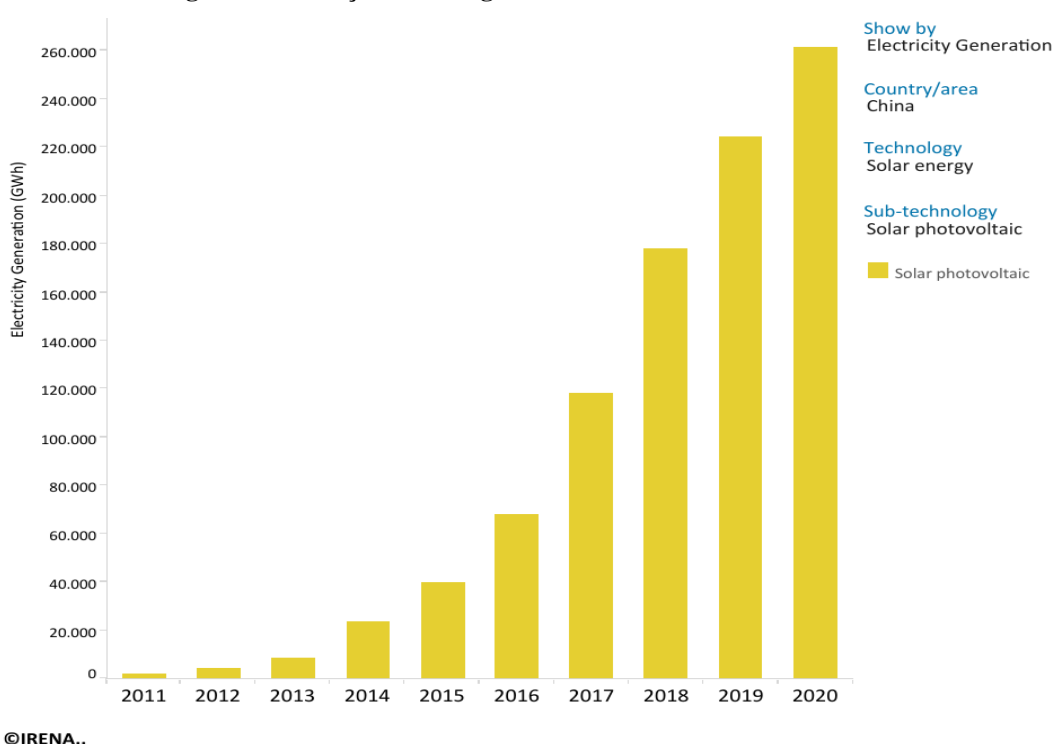
De acordo com a IEA, a China ultrapassou, em 2016, as metas de geração fotovoltaica definidas para 2020. Em 2017, foi instalado cerca de 54MW de usinas, acarretando num total de 130,80 MW instalados. Em 2018, obteve o total de 175MW; em 2019, 204,57 MW; em 2020, 253,4MW e em 2021 306,4MW. A Figura 12 a seguir representa o avanço dessa capacidade instalada até 2021 e a Figura 13 a evolução da geração de energia solar fotovoltaica até o ano de 2020.

Figura 12- Capacidade instalada da Energia Solar Fotovoltaica na China até 2021



Fonte: IRENA, 2022.

Figura 13- Geração de Energia Solar Fotovoltaica na China até 2020



Fonte: IRENA, 2022.

Os incentivos às fontes de energia renovável na China continuam sendo aplicados. Em junho de 2022 foi publicado o 14º Plano Quinquenal que estabelece a meta de 33% de geração

de eletricidade proveniente de fontes renováveis até 2025, dessa porcentagem, 18% será oriunda de tecnologia eólica e solar (IEA, 2022c).

Estados Unidos

Os Estados Unidos apresentam uma extensa gama de incentivos políticos, financeiros e regulatórios para produção de energias renováveis. Além disso, apresentam algumas exigências para construções verdes, normas de conexão à rede e certificação de equipamentos, que indiretamente incentivam o desenvolvimento desse setor no país.

Em 1978 foi desenvolvido o programa *Solar Photovoltaic Energy Research, Development and Demonstration* (Lei de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração de Energia Solar Fotovoltaica), que reestabelecia e financiava programas de desenvolvimento para sistemas de energia solar fotovoltaica. Nesse mesmo ano foram lançados a *Act Energy Tax Act* (Lei do Imposto de Energia), que constituía um programa de créditos fiscais para famílias e empresas que aderissem à geradores de energia renováveis; e o *Public Utilities Regulatory Policy Act* (PURPA), que trouxe a primeira forma de FIT estabelecida no mundo (IEA, 2022a).

Em 1999 foi desenvolvido a *Energy for the New Millennium: National Photovoltaics Program Plan* (Energia para o novo milênio: Plano de programa nacional de energia fotovoltaica), um projeto de lei que financiava a pesquisa e desenvolvimento de filmes finos, materiais de silício e outros conceitos inovadores (IEA, 2022a).

Em 2006 algumas mudanças nas políticas de incentivo foram estabelecidas, quando o presidente Bush, criou mecanismos como Crédito imobiliário e energético de até 30%, válido por 2 anos, para tecnologias de energia solar (IEA, 2022a).

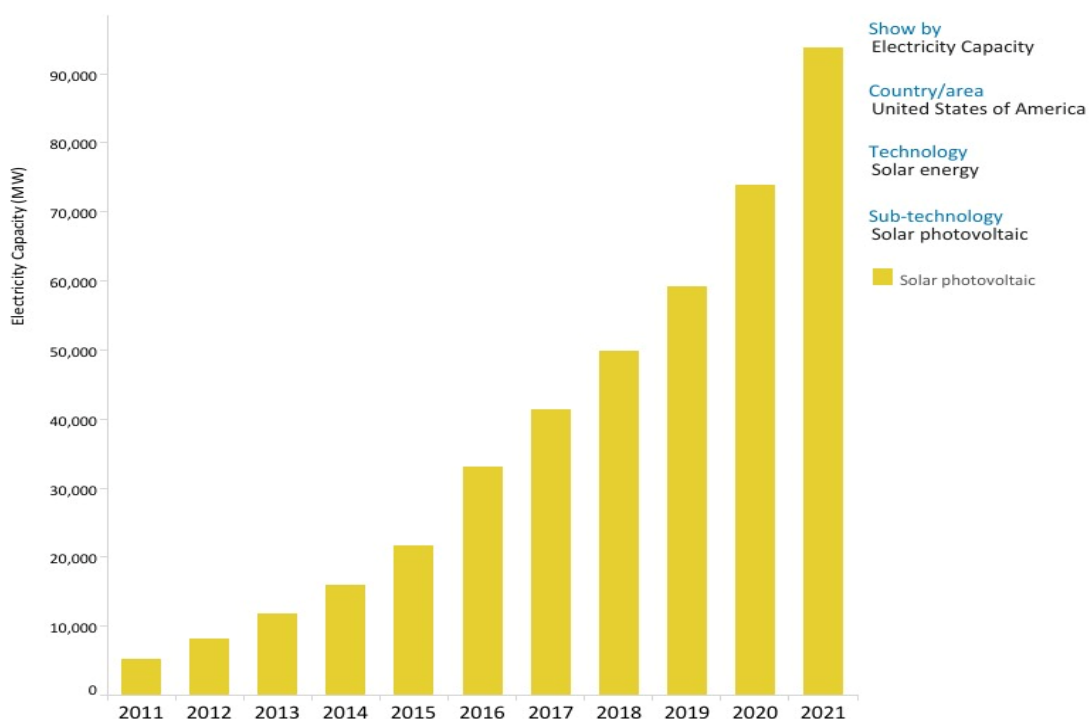
Já em 2015 o programa federal Renew300, alterou a meta da capacidade de energia renovável instalada, em moradias subsidiadas pelo governo, de 100MW para 300MW até 2020. Ela visava instalar energia solar fotovoltaica em milhões de telhados em casas de baixa e média renda.

Além das políticas citadas, é válido destacar a *Renewable Portfolio Standard* (RPS) e o *Business Energy Investment Tax Credit* (ITC). O RPS autoriza os estados a estipularem que uma porcentagem de energia ofertada pelas distribuidoras seja, obrigatoriamente, proveniente de fontes renováveis. Essa determinação pode ser cumprida através do *Renewable Energy Credits* (RECs), créditos de mercados, ou através da compra de produtores independentes. Em 2015, foi estabelecido que as concessionárias obtenham ao menos 50% de sua energia através de fontes renováveis. Já o ITC é o crédito fiscal, destinado para fomento e desenvolvimento desse setor. (GASPARIN; LIMA; MICHELETTI; BURIN, 2021).

As medidas de incentivo continuam sendo aplicadas, em agosto de 2022 o governo federal introduziu a Lei de Redução da Inflação para energias renováveis, cujo objetivo é expandir esse mercado através de créditos fiscais pelos próximos 10 anos (IEA, 2022b).

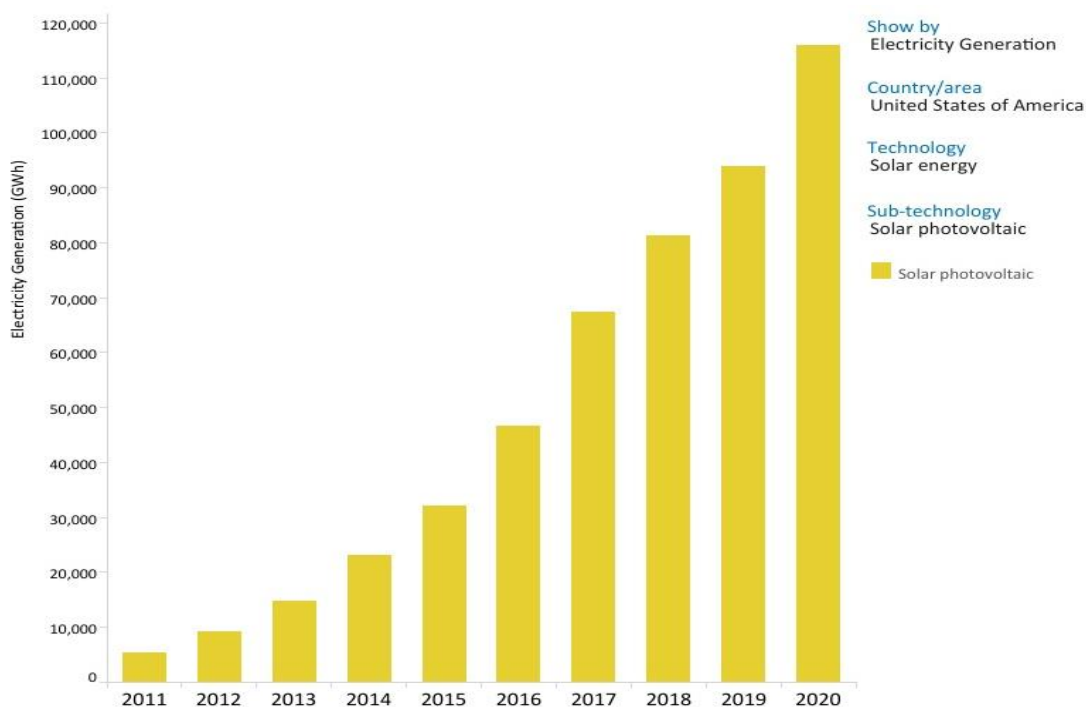
A seguir, é possível observar nas Figuras 14 e 15, o avanço da capacidade de energia solar fotovoltaica instalada até 2021 e a evolução da geração de energia solar fotovoltaica até o ano de 2020, respectivamente. 2021 contou com aproximadamente 93,7MW de capacidade instalada, um aumento de 27% em comparação ao ano anterior. Já em 2020, último dado disponível referente a geração foi de 115,9 GW, um aumento de 23% em relação ao ano anterior.

Figura 14- Capacidade instalada da Energia Solar Fotovoltaica nos EUA até 2021



Fonte: IRENA, 2022.

Figura 15 - Geração de Energia Solar Fotovoltaica nos EUA até 2020



Fonte: IRENA, 2022.

Alemanha

A Alemanha é considerada a pioneira na adoção de políticas públicas eficientes para a utilização de energias renováveis. Com isso, o país se tornou referência para esse segmento, sendo líder mundial em produção de energia solar fotovoltaica até 2015, quando foi ultrapassada pela China (IRENA, 2022).

A primeira medida efetiva foi a Lei de Alimentação de Energia (*Stromeinspeisungsgesetz*), instaurada em 1991, que garantia acesso à rede para a energia elétrica produzida a partir de fontes alternativas, além de estabelecer a compensação de energia renovável pelo mecanismo FIT. A princípio, devido a menores custos, a energia eólica se destacou, entretanto, no mesmo ano, foi lançado o Programa 1.000 Telhados, que garantia de 60 a 79% do financiamento de instalações de sistemas fotovoltaicos. Em 1999 o Programa 100.000 Telhados expandiu o programa anterior, incentivando a instalação ou ampliação de sistemas fotovoltaicos maiores que 1kW, com taxas de juro 4,5% abaixo das condições de mercado e com financiamentos de até 100% (IEA, 2022a).

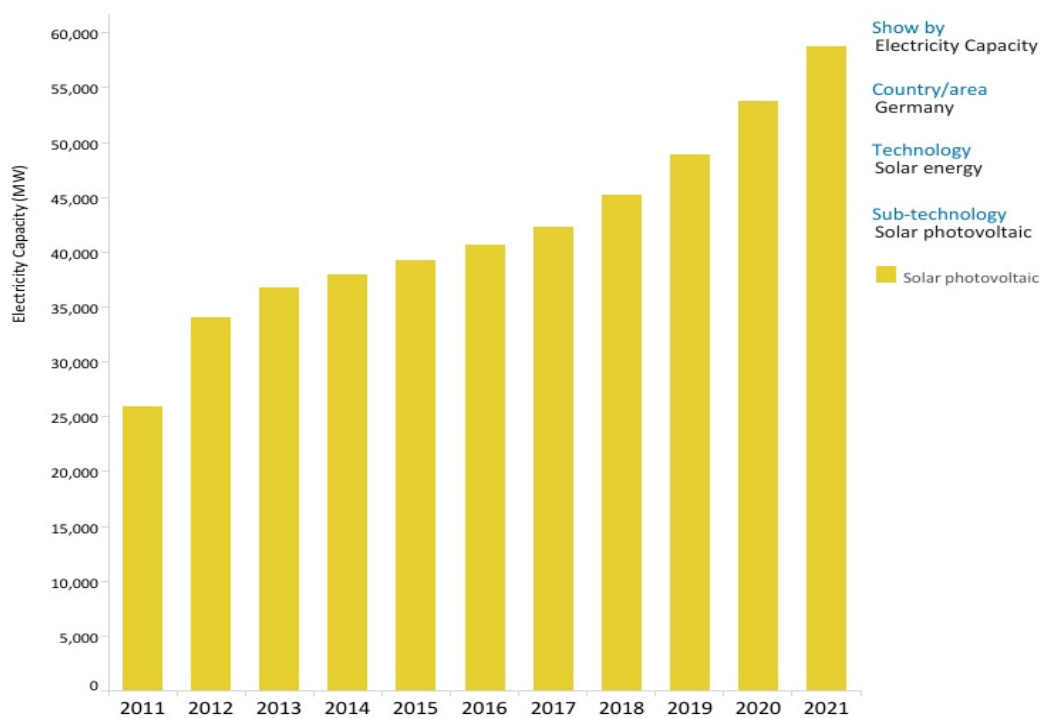
Em 2000 ocorreu a implantação da Lei de Fontes de Energia Renováveis (*Erneuerbare-Energien-Gesetz* (EEG)), que substituiu a Lei de Alimentação de Energia. Ela visava dobrar a parcela de eletricidade produzida a partir de energia renovável até 2010, através de uma revisão da FIT. Além disso, estabeleceu que o valor do kWh seria específico para diferentes fontes e

determinou que a compra de energia renovável fosse distribuída pelas concessionárias, a fim de evitar sobrecargas (IEA, 2022a; RIBEIRO, 2018).

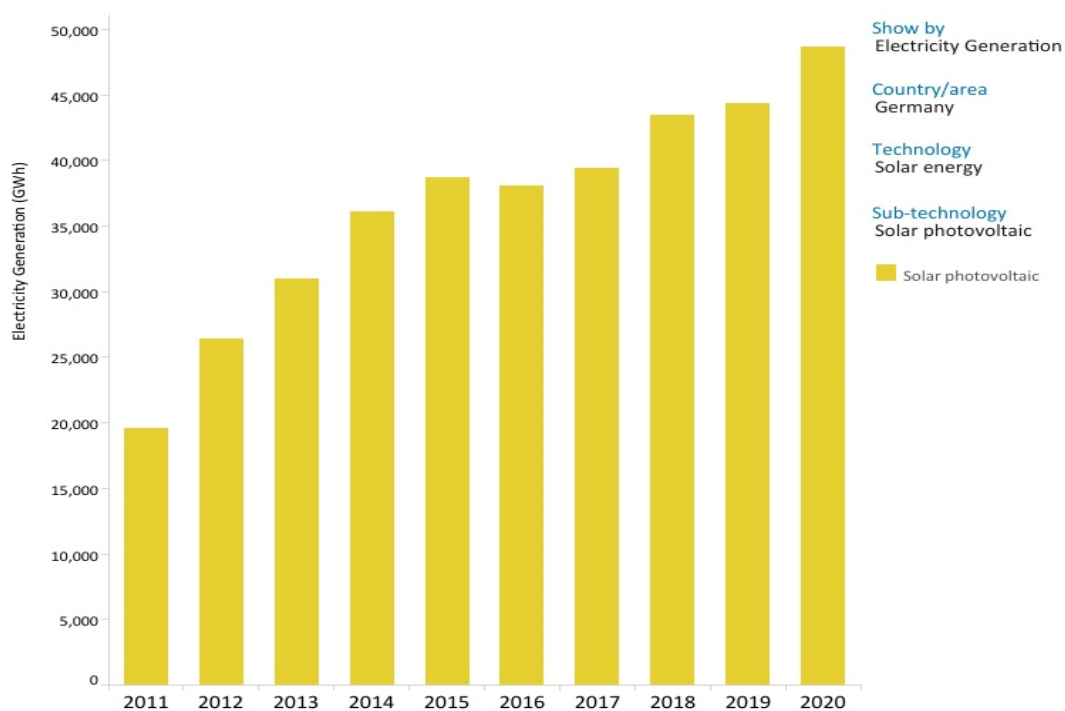
A EEG sofreu algumas alterações em 2009 e 2012, estabelecendo quotas mínimas de energia renovável no fornecimento de eletricidade sendo 35% até 2020, 50% até 2030, 65% até 2040 e 80% até 2050. Obrigações das concessionárias e ajustes no modelo de FIT para torná-lo mais eficiente também foram determinadas. Em 2017 o país aderiu ao sistema de leilões de energia, abrindo novas oportunidades no mercado de energia (IEA, 2022a).

Entretanto, mesmo após uma década de reformulação, a EEG continua sendo a principal característica do cenário político energético alemão (IEA, 2022a). Nos últimos 40 anos, o fornecimento de energia do país foi drasticamente alterado, saindo do domínio do carvão e petróleo para um sistema mais diversificado, com foco nas energias renováveis. O carvão, a fonte mais utilizada, está com programação para ser totalmente eliminado até 2038 (IEA, 2022c).

A seguir, é possível observar nas Figuras 16 e 17, o avanço da capacidade de energia solar fotovoltaica instalada até 2021 e a evolução da geração de energia solar fotovoltaica até o ano de 2020, respectivamente. É notória a busca alemã pelo desenvolvimento das fontes de energia renovável, principalmente a solar, mas, os dados estatístico obtidos pela IRENA, apresentam um progresso lento, tanto na instalação, quanto na geração, que não é suficiente para cumprir as metas estabelecidas. Logo, apesar da grande expansão inicial, a Alemanha ainda precisa instaurar novas medidas para fomentar essa economia.

Figura 16- Capacidade instalada da Energia Solar Fotovoltaica na Alemanha até 2021

Fonte: IRENA, 2022.

Figura 17- Geração de Energia Solar Fotovoltaica na Alemanha até 2020

Fonte: IRENA, 2022.

2.4.2 Cenário Brasileiro

Setor Energético Brasileiro

O setor energético brasileiro desempenha papel fundamental no crescimento econômico do país, caracterizado pela presença direta do Estado, desempenhando um forte papel de regulador. Apesar da participação de empresas privadas como a Empresa de Pesquisa Energética, o planejamento e as operações do setor são centrados nas instituições governamentais como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Eletrobras, que estimulam e influenciam o crescimento da geração distribuída fotovoltaica. A ANEEL é o principal órgão regulamentador do setor elétrico nacional e, se destaca pela implementação de políticas, na fiscalização e regulação da geração, transmissão e distribuição e comercialização da energia elétrica. (ANEEL, 2022)

Regulação Econômica Brasileira: Tarifa

Com os avanços das políticas públicas no Brasil, torna-se primordial entender a composição tarifária de energia elétrica brasileira. Conhecendo essa composição, será possível analisar melhor as propostas da REN 481/2012 e 482/2012 e seus impactos na viabilidade econômica de um sistema solar. Tal viabilidade econômica é classificada como o *payback* solar, que corresponde ao período necessário para que o investimento feito com a instalação mais os equipamentos se pague, e passem a partir de então, a gerar lucro.

Para compreender a regulação econômica brasileira, é necessário saber que o setor elétrico brasileiro é composto por três categorias: Geração, Transmissão e Distribuição. Os geradores produzem a energia, as transmissoras transportam a energia do ponto de geração aos centros consumidores e as distribuidoras levam a energia até as residências e estabelecimentos comerciais. Através da extensa rede de transmissão brasileira, Sistema Interligado Nacional (SIN), contendo mais de 100 mil km, o intercâmbio de energia se torna possível em todas as regiões do território (RIBEIRO, 2018).

Desse modo, a tarifa é calculada considerando três custos distintos referentes a energia gerada (Tarifa de Energia (TE)), transporte de energia até as unidades consumidoras (transmissão + distribuição) (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)) e os encargos setoriais. Os encargos setoriais, assim como os tributos (PIS/COFINS, ICMS e Contribuição para Iluminação Pública (CIP)), são instituídos por leis, sendo que alguns incidem somente sobre o custo da distribuição, enquanto outros estão embutidos nos custos de geração e de transmissão (ANEEL, 2022a).

Segundo a ANEEL (2022a), a TE, parcela de energia gerada, é o custo da energia vendida pelos agentes geradores para as distribuidoras. Essa venda é realizada através de leilões públicos, contratos bilaterais ou contratos de compra de energia em ambiente, que aumentam a competitividade, melhorando os preços. A TUSD, parcela referente ao transporte de energia, é classificada como custo do “fio”, que é subdividido em Fio A e Fio B. O Fio A, por sua vez, corresponde aos custos vinculados à manutenção e operação das linhas de transmissão (o (Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão - TUST), ou seja, TUST rede básica, TUST fronteira, conexão às instalações da rede básica, uso da rede de distribuição de outras concessionárias e perdas elétricas na rede básica. Já o Fio B está relacionado a todos os custos da utilização da infraestrutura da rede de distribuição da concessionária local até as unidades consumidoras. A Tabela 1, a seguir, expõe os conceitos anteriormente apresentados.

Tabela 1 - Tarifas de energia que incidem sobre a comercialização de energia no Brasil.

TARIFAS DE ENERGIA					
TE			TUSD		
ENERGIA	ENCARGOS	FIO A	FIO B	ENCARGOS	PERDAS

Fonte: Autoria própria.

Além dessas tarifas, há os custos das distribuidoras de energia, conforme ANEEL, são classificados em Parcela A, Parcela B e tributos. A parcela A é referente aos custos não gerenciáveis pela concessionária representados pela Compra de Energia, Custos de Transmissão (transporte de energia) e os Encargos e tributos setoriais. Já a Parcela B é composta por custos gerenciáveis pela distribuidora, referentes a remuneração, depreciação dos ativos, aos custos de operação e manutenção do sistema de distribuição. Nos tributos são considerados o tributo nacional PIS/COFINS, o tributo estadual ICMS e o tributo municipal, que é a CIP.

Em 2015, a ANEEL, através do Despacho Nº 1.365, definiu no Brasil o sistema de bandeiras tarifárias a fim de alertar os consumidores para os custos atuais da geração de energia elétrica, através da TE. Como a geração de energia brasileira ainda é predominantemente através de hidrelétrica, o custo da bandeira tarifária está relacionado aos níveis de reservatórios das usinas e a necessidade de utilização de termoeletricas. Logo, as bandeiras são classificadas como:

- Bandeira verde: condições favoráveis para geração de energia, logo, a tarifa não sofre nenhum acréscimo;

- Bandeira amarela: condições menos favoráveis para geração de energia, logo, a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01874 para cada kWh consumidos;
- Bandeira vermelha – Patamar 1: condições desfavoráveis para a geração de energia, logo, a tarifa possui o acréscimo de R\$ 0,03971 para cada kWh consumidos; e
- Bandeira vermelha – Patamar 2: piores condições para geração de energia, logo, a tarifa possui o acréscimo de R\$ 0,09492 para cada kWh consumidos.

Tais tarifas são aplicadas a todos os consumidores, com exceção das localizações que possuem sistemas isolados, como Roraima (ANEEL, 2022a).

Existem também as modalidades tarifárias que são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência ativa, e são definidas de acordo com o grupo tarifário:

- Grupo A – são unidades consumidoras da Alta Tensão (Subgrupos A1, A2 e A3), Média Tensão (Subgrupos A3a e A4), e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS).
- Grupo B – são unidades consumidoras da Baixa Tensão, das Classes Residencial (Subgrupo B1), Rural (B2), Demais Classes (B3) e Iluminação Pública (B4).

Para aplicar as modalidades tarifárias horárias, é necessário a definição de posto tarifário. Os postos tarifários são adotados para consumidores, tanto do grupo A quanto do grupo B e são necessários para permitir uma contratação e faturamento diferenciados ao longo do dia. Para o grupo A, aplicam-se os horários de ponta e fora ponta e para o grupo B, aplicam-se os três postos tarifários: ponta, intermediário e fora ponta. Além disso, deve-se considerar que os postos tarifários são aplicados aos dias úteis. Já nos finais de semana e feriados nacionais, todas as horas são consideradas como fora de ponta (ANEEL,2022b):

- Horário de ponta: período diário de 3h consecutivas;
- Horário intermediário: período de horas conjugadas ao horário de ponta, aplicado exclusivamente às unidades consumidoras que optem pela Tarifa Branca. Pode variar de 1h a 1h30 antes e depois do horário de ponta; e
- Horário fora de ponta: período diário composto pelas horas consecutivas e complementares ao horário de ponta e intermediário.

Regulamentações: REN 482/2012 e Lei 14.300/2022

O início do fomento para adoção de energias renováveis, principalmente com utilização de sistemas fotovoltaicos, no Brasil, foi no final de 1994 com o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM), instituído pelo Governo Federal. O

objetivo era viabilizar e atender várias comunidades isoladas, sem acesso a eletricidade, visando o bombeamento, aquecimento de água, iluminação pública e sistemas energéticos coletivos (IEA, 2022a).

Três anos após o PRODEEM, em 1997, foi desenvolvido o Convênio ICMS 101/1997, a primeira proposta do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), que é responsável pela isenção de ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) de equipamentos e componentes, além da energia elétrica. Tal convênio concedeu a isenção de ICMS nas operações com equipamentos e componentes relacionados a energia eólica e solar (CONFAZ, 1997).

Contudo, um dos primeiros incentivos à geração distribuída no Brasil foi o PROINFA (Programa de Incentivos às Fontes alternativas de Energia), criado pela Lei nº 10.438/2002. Por meio de subsídios, o PROINFA incentivava uma maior participação de fontes renováveis no sistema interligado (SIN). Além disso, o montante de energia a ser contratado é estabelecido anualmente e a Eletrobrás é responsável pela seleção das empresas que farão a compra e a venda de energia (BRASIL, 2022).

Em 2003 o Programa Luz para Todos foi instaurado, buscou-se através dele, melhorar a eletrificação rural por meio da expansão da rede e dos sistemas de geração distribuída, que eram implantados por redes isoladas ou usinas individuais. 28% do financiamento do programa foi dividido igualmente entre os estados, municípios federais e as empresas de fornecimento de energia, os outros 72% através Reserva Global de Reversão (RGR) e a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). O RGR é um fundo que concede empréstimos, obtidos pelas multas pagas pelas concessionárias de energia; já o CDE é um fundo de subvenção, arrecadado da tarifa paga pelos consumidores de energia (RIBEIRO, 2018; IEA, 2022a).

Em 2005, foi instaurada a Resolução Normativa (REN) 167, que estabelecia as condições e regras para compra e venda de energia produzida pela geração distribuída. O montante contratado pela concessionária se limitava a 10% da sua demanda de energia, sendo que o preço da energia adquirida poderia ser repassado aos consumidores, desde que não ultrapassasse os limites definidos pela ANEEL. A contratação era através de processo de chamada pública ou por compra da energia produzida pela empresa geradora. Cinco anos depois, em 2010, foi determinada a REN 414/2012, que tinha o objetivo de indicar as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, atualizando definições, direitos e deveres dos consumidores e distribuidores, contratos, modalidades tarifárias e sazonalidades, modalidades de atendimentos, entre outros (ANEEL, 2005, 2010).

Somente em 2012 que foram definidos novos incentivos à energia renovável, através das Resoluções 481/482 da ANEEL. A 481 estipulava que usinas de 30 a 300MW que utilizavam fontes renováveis, tivessem o direito de desconto de 80% da TUST e na TUSD para os primeiros 10 anos. Para ter direito ao benefício, elas deveriam ser instaladas até dezembro de 2017, após esse período e data estipulada, o desconto seria reduzido para 50% (ANEEL, 2012a).

O principal objetivo da REN 482 foi formatar regras mais claras que facilitassem o acesso à geração distribuída no país. Com ela, foram adotadas as definições para a microgeração e minigeração de energia, além de estabelecer o sistema de compensação de energia elétrica, ou *net metering*, no qual a energia ativa injetada na rede é cedida à distribuidora e, posteriormente, o consumo de energia elétrica da unidade consumidora é compensado no todo ou em parte (ANEEL, 2012b).

Até 2015, antes da REN 687, a microgeração distribuída era classificada como a central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW, que utilizasse fonte de energia renováveis e que estivesse conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Já a minigeração distribuída tinha as mesmas características, alterando somente a potência instalada, que deveria ser superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW. Entretanto, a nova resolução modificou a potência instalada necessária para a classificação das usinas, sendo a microgeração distribuída menor ou igual a 75 kW e a minigeração distribuída superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW. A validade dos créditos provenientes da energia extra injetada na rede, também foi modificada, passando de 36 para 60 meses (ANEEL, 2015).

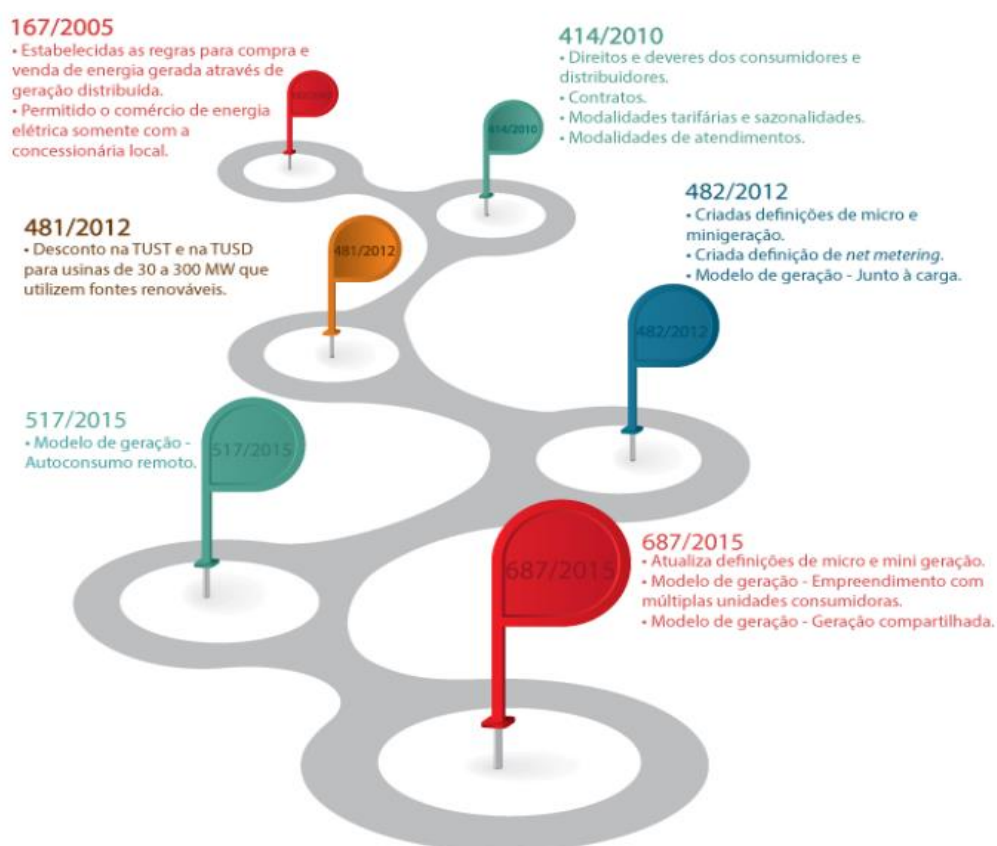
Além disso, a REN 687, também incluiu na REN 482 definições para os possíveis modelos de geração fotovoltaica: empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada, autoconsumo remoto e a geração junto a carga (ANEEL, 2015):

- Geração junto a carga: são injetados um gerador e um relógio bidirecional que mede o fluxo de energia nos dois sentidos, diretamente na unidade consumidora;
- Autoconsumo remoto: mesmo sendo publicado na REN 517/2012, somente na REN 687 que seu conceito foi definido precisamente. Unidades consumidoras que possuem um sistema com microgeração ou minigeração, podem compensar a energia gerada excedente em outros locais, desde que pertençam à mesma Pessoa Física ou Jurídica e a mesma concessionária de energia;

- Geração compartilhada: um grupo de consumidores pode gerar energia elétrica ativa, por meio da microgeração ou minigeração distribuída, para ser compensada em um local diferente, através de consórcios ou cooperativas, desde que pertençam a mesma área de concessão ou permissão; e
- Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: um sistema com microgeração ou minigeração pertencente a vários usuários e é instalado em uma área como condomínios. Exclusivamente nesse modelo, toda a energia gerada é convertida em crédito e pode ser utilizada ou dividindo e abatendo os créditos das faturas de todos os condôminos participantes, ou, usar o crédito para abater o consumo de uso geral do condomínio.

Através da Figura 18, retirada do *e-book* sobre Legislação e Modelos de GDFV da Grenner, é possível observar a linha do tempo com os episódios mais relevantes da evolução das resoluções normativas voltadas para geração distribuída fotovoltaica.

Figura 18- Linha do tempo Resoluções Normativas GDFV



Fonte: GRENNER, 2022.

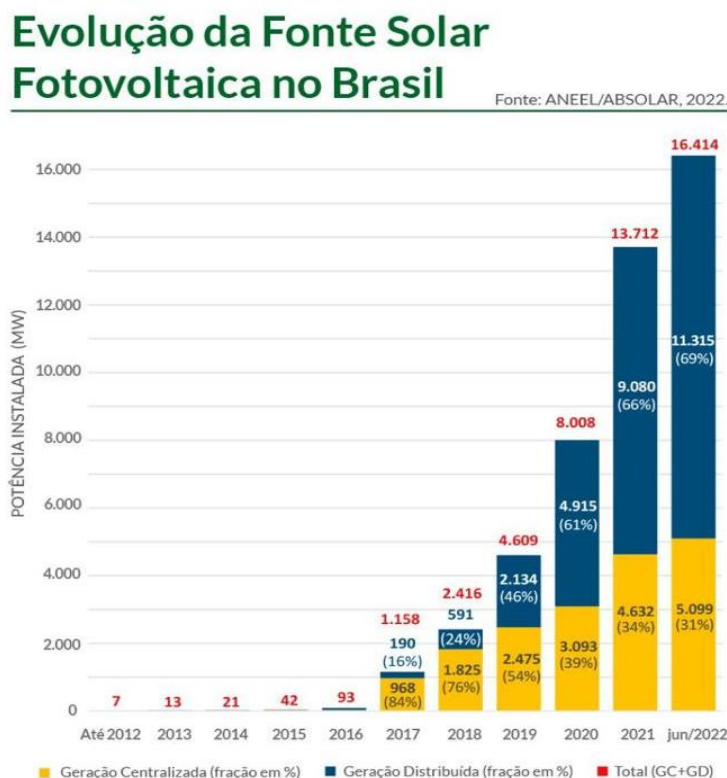
Além da REN 687/2015, foi criado em 2015 o Convênio ICMS 16/2015, que concedia a alguns estados o direito de aplicar o ICMS sobre o balanço de energia elétrica excedente produzida (CONFAZ, 2015). Mas, foi com o Convênio ICMS 42/2018 que a isenção dos impostos sobre a energia produzida a partir de fontes renováveis em todos os estados brasileiros, incluindo o Distrito Federal, foi aplicada (CONFAZ, 2018).

Também em 2015, através da Lei nº 13.169/2015, o Governo Federal atribuiu a isenção de tributos como PIS (Programa de Integração Social), PASEP (Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) sobre a energia elétrica (BRASIL, 2015a). Pela Lei nº 13.203/2015, foi formalizado o apoio financeiro do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), com taxas diferenciadas para instalação de sistemas de geração distribuída (BRASIL, 2015b).

Um dos principais incentivos a geração distribuída ocorreu no mesmo ano de 2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD). O ProGD visava estimular a geração solar distribuída brasileira por meio de ações amplamente ativas como: prolongamento dos prazos para utilização dos créditos de energia; isenção de ICMS, PIS/PASEP e COFINS; redução dos impostos de importação de equipamentos; taxas diferenciadas de financiamento para escolas e hospitais públicos por meio do BNDES; capacitação e formação de profissionais para atuar no setor; possibilidade de venda da energia no mercado livre (MME, 2015).

Com todas as mudanças na regulamentação, é notória evolução da potência instalada em Geração Distribuída Fotovoltaica (GDFV). Esse crescimento significativo é destacado pela Figura 19 (ABSOLAR,2022).

Figura 19 - Evolução potência instalada em GDFV no Brasil



Fonte: ABSOLAR, 2022.

Entre 2018 e 2019, a ANEEL, realizou um estudo, através de consultas públicas, para proposição de alternativas para a regulação da mini e microgeração. A proposta apresentada reavaliava o sistema de compensação, tanto para geração local, quanto remota, visando adequar a tarifação sobre a energia injetada na rede. O argumento utilizado para tal era reduzir o impacto financeiro para as distribuidoras de energia ocasionado pela energia injetada na rede, visto que, as novas modalidades de geração demandavam investimentos em infraestrutura no setor (VARGAS, 2020).

Entretanto, as alterações propostas resultaram em diversas discussões, principalmente, perante a necessidade de alterar a forma de compensar a energia elétrica excedida da geração. Assim, movimentos contrários a revisão da REN 482/2012 foram surgindo, dentre eles, segundo VARGAS (2020), é possível destacar o Movimento Solar Livre (MSL), também chamado de “Capacetes Amarelos”.

Com o resultado do processo de debate, viu-se a necessidade do estabelecimento de uma lei federal, ou seja, a necessidade da criação de um Marco Legal para MMGD no Brasil. Tal marco legal foi constatado através do Projeto de Lei (PL) 5.829/2019 (BRASIL, 2019). O PL foi aprovado no congresso e no senado em dezembro de 2021, em janeiro de 2022, foi

sancionado pelo presidente da república, que instituiu, oficialmente, o Marco Legal da MMDG por meio da Lei 14.300/2022 (BRASIL, 2022).

A criação de um marco legal consolida em lei a possibilidade de o consumidor compensar a energia elétrica por meio de sistemas de MMDG. Com isso, o país estabelece uma posição mais estratégica na política nacional, avançando fundamentalmente para o desenvolvimento da transição energética. Além de trazer segurança jurídica, estabilidade e previsibilidade para o mercado.

A seguir é apresentado a comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012, de acordo com as informações da Análise do Marco Legal da geração distribuída desenvolvida pela Grenner em 2022 e com a ANEEL.

Tabela 2- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através da potência instalada.

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Potência Instalada	Microgeração Distribuída: menor ou igual a 75Kw	Microgeração Distribuída: menor ou igual a 75Kw
	Minigeração Distribuída: maior que 75kW e menor ou igual a 5MW	Minigeração Distribuída: maior que 75kW e menor ou igual a 5MW para fontes despacháveis e menor ou igual a 3kW para fontes não despacháveis.

- Fontes despacháveis são hidrelétricas, cogeração qualificada, biomassa, biogás e fontes de geração fotovoltaica com baterias que possuem capacidade armazenamento de energia de pelo menos 20% da capacidade de geração mensal da unidade consumidora.
- Fontes não despacháveis são sistemas fotovoltaicos sem armazenamento e demais fontes não listadas anteriormente.

Tabela 3 - Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através do valor de compensação

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Valor da Compensação	Compensação com todas as componentes da tarifa de eletricidade.	Compensação não considera a TUSD Fio B
		Na modalidade de geração compartilhada (cujo um único titular possua mais de 25% da cota) ou autoconsumo remoto com potência maior que 500kW, a compensação não considera a TUSD Fio B, 40% da TUSD Fio A, TFSEE e P&D.

De maneira simplificada, através do valor da compensação é possível notar que a Lei 14.300/2022 reduz o valor da energia elétrica compensada. Em média, considerando as tarifas do Grupo B, a compensação reduz cerca de 31%, representando a TUSD Fio B, ou 36%, para geração compartilhada e autoconsumo remoto com potência maior que 500kW, representando

TUSD Fio B, 40% da TUSD Fio A, TFSEE e P&D. Logo, essa redução, dependendo do modelo de instalação, pode acarretar um aumento do *payback*, ou seja, o investimento não deixará de ser vantajoso, mas se pagará em mais tempo.

Tabela 4- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através do custo de disponibilidade

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Custo de Disponibilidade	Ligação Monofásica: 30kWh	Continua com os valores mínimos estabelecidos: 30,50,100 kWh, com a regra de aplicação descrita a seguir.
	Ligação Bifásica: 50kWh	
	Ligação Trifásica: 100kWh	

O custo de disponibilidade, para o grupo B, representa o valor mínimo pago que o consumidor precisará repassar para a concessionária. Sendo assim, algumas regras foram aplicadas na Lei 14.300/2022, elas são:

- Para projetos com direito adquirido:
 - A compensação ocorre até o valor de referência, se o consumo medido for maior que o valor de referência.
 - O consumidor paga o custo de disponibilidade, se o consumo medido for menor que o valor de referência.

A REN 482/282 estabelecia a cobrança do custo de disponibilidade em duplicidade, sendo assim, o consumidor atualmente paga o valor em reais e em energia. Já com a Lei 14.300, será pago apenas quando o consumo da rede em kWh (antes da compensação) for menor do que tal valor. Através da Tabela 5 é possível exemplificar como era o custo de disponibilidade na REN 482/2012, como ficarão os projetos com direito adquirido na Lei 14.300/2022 e seu impacto positivo.

Tabela 5 - Exemplo do custo de disponibilidade com direito adquirido

REN 482/2012	Lei 14.300/2022
UC Trifásica (100 kWh)	UC Trifásica (100 kWh)
Consumiu: 950 kWh	Consumiu: 950 kWh
Injetou: 1000 kWh	Injetou: 1000 kWh
Compensa: 950 kWh	Compensa: 850 kWh
Crédito: 50 kWh	Crédito: 150 kWh
Paga: 100 KWh de disponibilidade	Paga: 100 KWh de disponibilidade

- Para projetos na regra de transição:
 - Toda a compensação do consumo sem a cobrança do custo de disponibilidade ocorre, se o consumo medido for maior que o valor de referência.
 - O consumidor paga o custo de disponibilidade, se o consumo medido for menor que o valor de referência.

A Tabela 6 exemplifica como ficará o custo de disponibilidade para projetos na regra de transição.

Tabela 6- Exemplo custo de disponibilidade para regra de transição

Lei 14.300/2022
UC Trifásica (100 kWh)
Consumiu: 950 kWh
Injetou: 1000 kWh
Compensa: 950 kWh
Crédito: 50 kWh
Paga: Fio B sobre 950 e nada mais de disponibilidade

Os benefícios atrelados a alteração das regras do custo de disponibilidade dependendo do modelo de negócio, porte do sistema, perfil de consumo e área de concessão, pode neutralizar o efeito negativo do pagamento da parcela Fio B na compensação, principalmente para sistemas de menores potências do Grupo B.

Tabela 7- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012 através da demanda contratada.

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Demanda contratada	Grupo A com Mini GD, a tarifa de referência para faturamento da demanda contratada é a TUSDdemanda	Grupo A para Mini GD com usinas remotas, a tarifa de referência para faturamento da demanda contratada é a TUSDinjeção
	Demanda contratada (kW) x TUSDd (R\$/kW)	Demanda contratada (kW) x TUSDinjeção (R\$/kW)

A TUSDdemanda (TUSDd) é a tarifa de uso do sistema de distribuição aplicada à demanda contratada. Já a TUSDinjeção visa reduzir os custos da demanda contratada, podendo ter uma importante contribuição na implantação dos projetos. Entretanto, o valor da TUSDinjeção aplicável à mini geração distribuída é definida pela ANEEL, logo, se ela for definida com o mesmo valor da TUSDg, a redução do seu R\$/kW, dependendo da concessionária, pode chegar a 80% se comparado com a TUSDd.

Tabela 8- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Garantia de Fiel Cumprimento	N/A	Garantia de Fiel Cumprimento na emissão do parecer de acesso seguindo: - 2,5% do investimento para usinas com potência instalada superior a 500kW e inferior a 1.000kW; e, - 5% do investimento para usinas com potência instalada maior ou igual a 1.000kW
Permissionárias	N/A	A energia elétrica excedente gerada pelas unidades consumidoras atendidas por permissionárias pode ser destinada para as concessionárias.

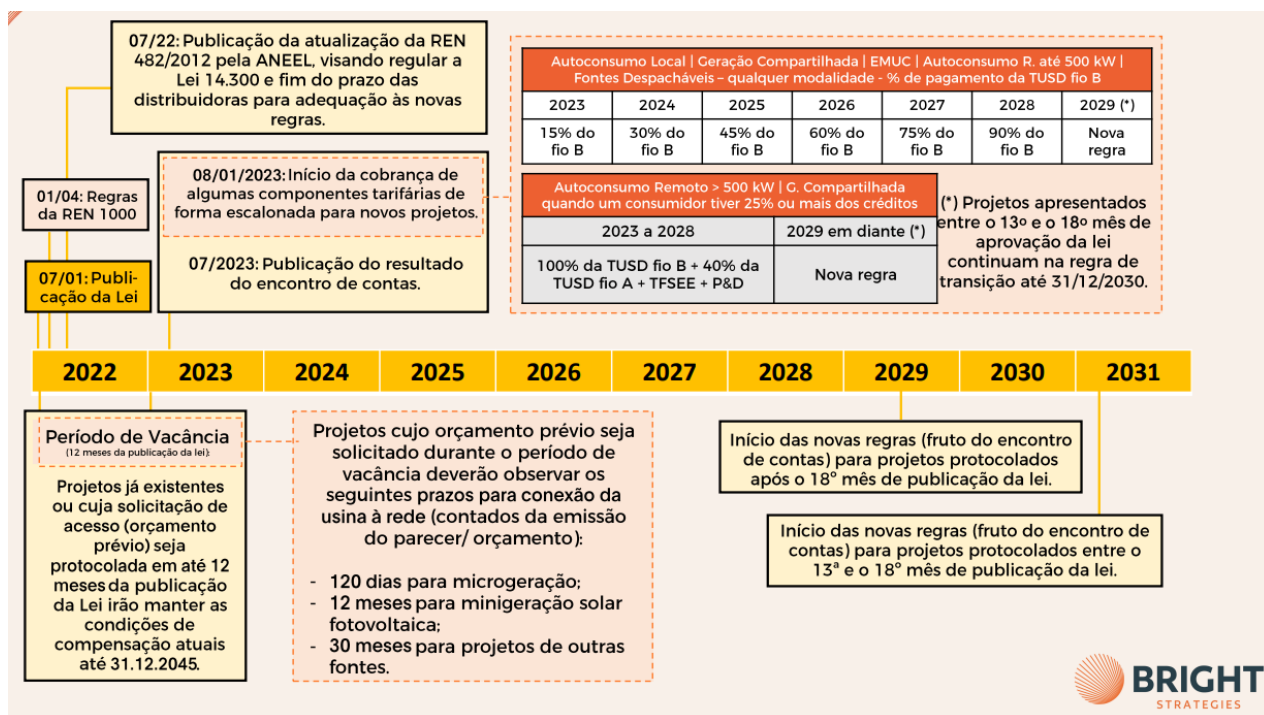
Para a garantia de fiel cumprimento, os projetos com potência instalada maiores que 500kW e que tiverem o parecer de acesso válido na data da publicação da Lei devem regularizar o processo em até 90 dias ou então desistir do parecer de acesso. Além disso, projetos de micro e minigeração compartilhada em cooperativas e consórcios ou enquadrados na modalidade de múltiplas unidades consumidoras são isentos dessa obrigação.

Tabela 9- Comparação da Lei 14.300/2022 com a REN 482/2012

Item	REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Parecer de acesso e transferência de titularidade	Transferência de titularidade do parecer de acesso é permitida	Transferência de titularidade do parecer de acesso é permitida após a solicitação de vistoria.
Faturamento com B Optante	N/A	Unidades consumidoras com geração local de até 112,5kVA possuem a opção de faturamento idêntico às unidades do Grupo B.
Permanência na regra atual	N/A	Sistemas de Micro e Minigeração que protocolarem o parecer de acesso antes do início da regra, estão na REN 482/2012 até 31/Dez/2045
Início da regra de transição	N/A	Após 12 meses da publicação da Lei. (08/01/2023)
Regra de transição	N/A	Micro GD, Mini GD, Geração compartilhada, EMUC e autoconsumo remoto até 500kW de potência, pagarão a TUSD Fio B de forma gradual por 6 anos, até chegar os 100%

Um resumo simplificado da evolução do Marco Legal da MMDG, retirado da Barbara Rubim, 2022, é apresentado na Figura 20. Com ela é possível acompanhar a linha do tempo, anteriormente, apresentada.

Figura 20- Linha do tempo Marco Legal MMDG



Fonte: BARBARA RUBIM, 2022.

2.5 Considerações e Perspectivas Futuras

Ao apresentar as principais políticas públicas globais, foi possível observar a diferença de engajamento entre os países citados e o Brasil, no que se refere a transição energética mundial. Dentre as várias razões para tal diferença, destaca-se a própria composição das matrizes energéticas da China, Estados Unidos e Alemanha, que majoritariamente eram compostas por fontes de energia não renováveis, enquanto a matriz do Brasil, possui capacidade de geração hidráulica que, apesar da dependência de aspectos climáticos, é considerada limpa e renovável.

Além da distinção entre as matrizes energéticas, outro fato merece destaque quanto ao grande impacto na implementação da transição energética. FERRAÇO (2016) aponta que os obstáculos dentro das instituições brasileiras envolvidas com o setor energético, para a realização de reformas dentro da área, refletem uma dependência de trajetória, ou seja, o mecanismo institucional ainda é atrelado a decisões adotadas no passado e que, por uma questão de rigidez estrutural, não está propenso a mudanças. Entretanto, o fato de o país já reconhecer

a situação em que se apresenta, já demonstra que avanços podem ser obtidos no contexto da transição energética.

Em contrapartida, os outros países comentados, mediante a decisão de minimizar, ou mesmo eliminar, o impacto negativo das suas fontes, investiram em pesquisa, formação acadêmica e profissional e em desenvolvimento tecnológico, elaborando assim, a base para que a matriz energética pudesse ser transformada, e, somada com a preocupação ambiental, tornaram a implantação gradual de fontes alternativas de energia efetiva.

O Brasil apresenta uma grande viabilidade na ampliação de GDFV, principalmente devido à alta incidência solar, que de acordo com o atlas solarimétrico do Brasil (TIBA, 2000), durante o ano todo a variação da irradiação solar se encontra entre 12-22 MJ/m².dia, sendo no período seco, de 12-18 MJ/m².dia, e no período úmido a maior parte dos meses com variação de 16-22 MJ/m².dia. Isso significa que, a região menos ensolarada no Brasil apresenta índices solares acima dos valores apresentados na área de maior incidência solar na Alemanha, por exemplo (SALAMONI E RÜTHER, 2007).

Entretanto, mesmo com sua localização privilegiada, o Brasil ainda não conseguiu impulsionar de forma significativa a adoção de energia solar fotovoltaica. De maneira diferente dos países apresentados, o Brasil ainda possui um custo elevado da tecnologia fotovoltaica e apresenta uma imaturidade e pouca eficiência no Sistema Nacional de Inovação (SNI), que é um grupo articulado de instituições dos setores público e privado (agências de fomento e financiamento, instituições financeiras, empresas públicas e privadas, instituições de ensino e pesquisa, etc.) com o intuito é gerar, adotar, importar, modificar e difundir novas tecnologias, sendo a inovação e o aprendizado seus aspectos cruciais (IBMEC, 2016).

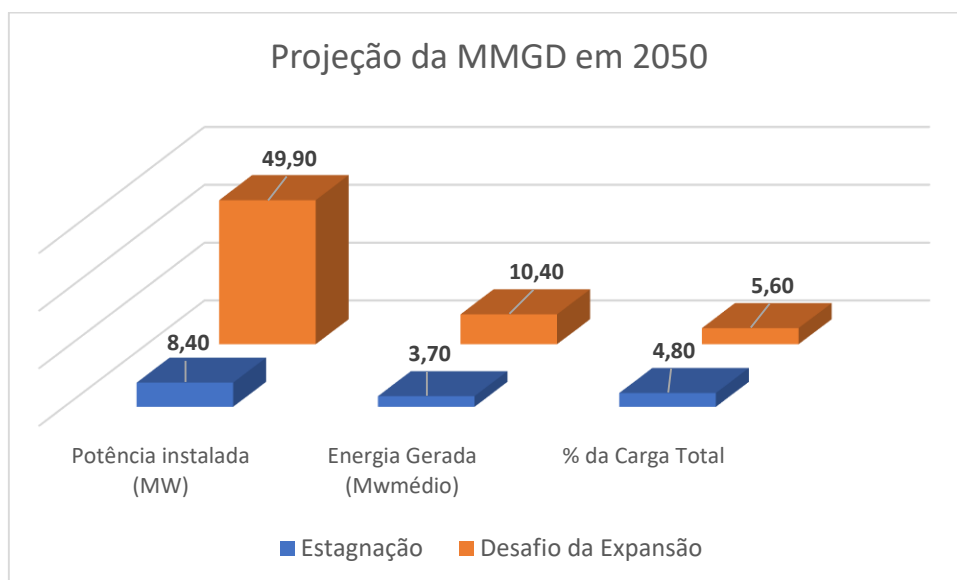
Portanto, as políticas públicas adotadas na China, nos Estados Unidos e na Alemanha, diferentemente do Brasil, demonstram efetividade e um forte apoio a pesquisa e desenvolvimento, incentivo a industrialização local, subsídios, benefícios fiscais, eficientes mecanismos regulatórios, tarifas atrativas aos diversos setores e a utilização da FIT. Além disso, esses países tiveram seus incentivos iniciados, por meio das políticas públicas para a expansão das fontes renováveis, com expressiva antecedência em relação ao Brasil, estabelecendo, atualmente, a consolidação de geração distribuída e, servindo assim, como exemplos e referências.

O marco que viabilizou a conexão de pequenos e médios geradores ao sistema de distribuição e iniciou a consolidação de geração distribuída no Brasil foi a REN 482/2012. Ela trouxe um modelo de compensação de crédito muito favorável que juntamente com as altas tarifas de eletricidade, tornaram o investimento em geração própria atrativo e rentável. O

mercado de MGD se desenvolveu e em junho de 2019, a marca de 1GW de energia gerada foi atingida, superando as expectativas do setor. (EPE, 2021)

Assim, o MME, a fim de apresentar as perspectivas futuras do setor de energia elétrica brasileira, publicou o relatório final do Plano Nacional de Energia 2050 – PNE 2050. Ele destaca a possibilidade de um expressivo avanço em geração distribuída até o ano de 2050, expondo a marca histórica de, aproximadamente, 50GW de energia elétrica gerada por meio da energia solar fotovoltaica. A Figura 21 apresenta dois cenários possíveis, o ótimo (Desafios da Expansão) e o pouco otimista (Estagnação), além de representar a porcentagem da geração de cada cenário em relação a matriz energética nacional.

Figura 21 - Projeção da MGD em 2050



Fonte: PNE 2050, 2020

Entretanto, com a alteração da regulamentação por meio da Lei 14.300/2022 que entrará em vigor em janeiro de 2023, as perspectivas desenvolvidas pelo PNE 2050 precisarão ser revisadas, visto que o mercado de energia solar fotovoltaica, que se apresenta em constante evolução, se manifestou de forma insegura e apreensiva, significando uma possível retração no setor a partir do início da transição. A principal desconfiança relacionada a nova lei é o custo de disponibilidade, que provoca um aumento no *payback*, atrasando um pouco mais o tempo de retorno do investimento, sendo assim,

Primeiramente, devido às incertezas do mercado, a publicação da lei 14.300 fomentou a instalação de novas usinas, resultando em um aquecimento do setor até dezembro de 2022. Entretanto, aparentemente, a partir de 07 de janeiro, o cenário se inverterá, promovendo uma redução na inserção de novos projetos. Entretanto, claramente como em outros momentos de

transição, espera-se que com o passar do tempo, o mercado voltará ao seu patamar ideal e o setor continuará seu crescimento esperado.

3 Conclusão

O Brasil possui, atualmente, uma matriz energética nacional considerada limpa, decorrente das várias hidrelétricas implantadas em seu território. Entretanto, os impactos indiretos ao meio ambiente, resultantes dos alagamentos de grandes extensões de áreas, extinção de biomas e biodiversidade do local, além da sazonalidade das chuvas que altera a condição para a produção de energia, dificultam o planejamento energético, causando instabilidade na economia.

Desse modo, é indiscutível que a energia é o fator primordial a toda atividade econômica social de um país, sendo assim, um setor energético seguro e confiável é necessário para o desenvolvimento nacional. E, para isso, fontes energéticas mais seguras e com menor variabilidade precisa ser utilizadas para garantirem a estabilidade ao sistema.

Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica, mesmo sendo uma fonte energética dependente do clima, no Brasil, apresenta características que geram segurança ao sistema energético, consequência da alta média de irradiação solar no país. Logo, a melhor alternativa para a transição energética está vinculada a mini e microgeração distribuída a partir do uso de sistemas solares fotovoltaicos.

O Brasil apresentou seu primeiro impulso para adoção desse sistema através da REN 482/2012, porém como a normativa não previu garantias suficientes a ponto de acelerar o setor de forma significativa, foi necessário estabelecer o marco legal para geração distribuída no Brasil, por meio da Lei 14.300/2022. Apesar das incertezas envolvendo a implementação da lei, ela certamente é o maior avanço para o desenvolvimento da transição energética brasileira, além de trazer segurança jurídica, estabilidade e previsibilidade para o mercado.

A principal insegurança relacionada ao marco legal está voltada para o custo de disponibilidade e, analisando os aspectos apresentados ao longo do estudo, é possível inferir que para o grupo tarifário B, com sistemas de pequeno porte, o efeito da alteração torna-se positivo, visto que o custo de disponibilidade é capaz de neutralizar o valor pago pela parcela da TUSD Fio B. Entretanto, de maneira geral, quanto maior a potência do sistema, menos é o efeito positivo do custo de disponibilidade e maior o efeito negativo da parcela da TUSD Fio B na compensação.

Assim, outra condição analisada é que em áreas de concessão que possuem a TUSD Fio B com um peso menor na tarifa de eletricidade, com condições tributárias favoráveis (como a isenção do ICMS) e uma redução entre a TUSDc e TUSDg, tendem a apresentar melhores condições de competitividade e atratividade com as alterações da Lei 14.300/2022, em relações a outras regiões.

Dessa maneira, mesmo o cenário sendo benéfico, porém podendo ser menos vantajoso, socialmente, a lei ainda se apresenta de maneira incerta e, outros fatores precisam ser adotados, principalmente através das políticas públicas, para estimular de maneira contundente a GDFV. Assim como os países apresentados: China, Estados Unidos e Alemanha, o Brasil precisa desenvolver um sistema nacional de inovação focado na pesquisa, ciência e tecnologia, para que as políticas públicas possam ser norteadas e se tornem coerentes com a realidade e demanda nacional.

Além disso, para estimular o crescimento desse mercado dinâmico, seria importante que o Brasil utilizasse a experiências internacionais como estratégias para desenvolver nacionalmente políticas públicas mais potentes voltadas para as pesquisas e subsídios. Outra estratégia viável seria um estudo para a aplicação eficaz da FIT, assim como os países apresentados adotaram, além de, oferecer melhores condições de financiamento e um maior controle da qualidade da energia injetada na rede da concessionária.

A geração distribuída ainda possuiu uma extensa gama de oportunidades e desafios, logo, analisar as consequências da Lei nº 14.300/2022, investir em estudos que possibilitem a inserção do FIT no Brasil e progredir na infraestrutura de ciência e tecnologia, são fatores imprescindíveis para possibilitar a evolução de novos parâmetros e entendimentos da expansão dessa tecnologia no país.

Referências Bibliográficas

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Panorama do solar fotovoltaico no Brasil e no mundo, nº 45**. 2022. Disponível em: https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2022/09/2022.07.20-ABSOLAR_Infographic.pdf . Acesso em: 25 nov. 2022

ABINEE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. São Paulo, 06/2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.

ABRADEE. Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Leilões de Energia**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/leiloes-de-energia/#:~:text=O%20Leil%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica,de%20transmiss%C3%A3o%20at%C3%A9%20os%20centros>. Acesso em: 10 out. 2022.

ALVES, M. O. L. **Energia Solar: Estudo da Geração de Energia Elétrica através dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid***. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Ouro Preto - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas - Departamento de Engenharia Elétrica. João Monlevade – MG, 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolar_Estudo.pdf. Acesso em: 20 set. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **A ANEEL**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/a-aneel>. Acesso em: 05 dez. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Bandeiras Tarifárias**. Brasília, 24 de abril, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Postos Tarifários**. Brasília, 24 de fevereiro, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/postos-tarifarios>. Acesso em: 12 nov. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 167** de 10 de outubro de 2005. Estabelece as condições para a comercialização de energia proveniente de Geração Distribuída. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2005167.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 414** de 9 de setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 481** de 17 de abril de 2012. Altera a Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012481.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482** de 17 de abril de 2012a. 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. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 517** de 11 de dezembro de 2012b. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **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. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

BARBARA RUBIM. **Marco Legal da Geração Própria: Como fica o setor de 2023 em diante?** Bright Strategies. WEG Partners. Jaraguá do Sul, 06 de outubro, 2022. Acesso em 25/11/2022.

BRASIL. **Lei nº 14.300**, de 06 de janeiro, 2022. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 06 de janeiro, 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm. Acesso em: 20 nov. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 5829**, de 5 de novembro de 2019. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 nov. 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/PL58292019>. Acesso em: 20 nov. 2022.

ENERGIA. *In*: PRIBERAM, Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. Lisboa: Priberam, 2022. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/energia>. Acessado em: 10/09/2022

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional (BEN), Relatório Síntese / Ano Base 2020**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 12 set. 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional (BEN), Relatório Síntese / Ano Base 2021**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em: 15 set. 2022.

GASPARIN, F.B. LIMA, V.O.D. MICHELETTI, D.H. BURIN, E.L.K. **A Influência de Políticas Públicas para o Progresso da Geração Solar Fotovoltaica e Diversificação da Matriz Energética Brasileira**. Revista Virtual de Química - Universidade Federal do Paraná - Departamento de Engenharias e Exatas - Setor Palotina. Palotina – PR, 02 de abril, 2021. Disponível em: <https://rvq-sub.sbg.org.br/index.php/rvq/article/view/4250/918>. Acesso em: 18 out. 2022.

GREENER TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS. **Legislação e Modelos De Geração Fotovoltaica**. E-Book #004. Novembro, 2016. Disponível em: <https://www.greener.com.br/wp-content/uploads/2020/11/e-book-04-modelos-de-geracao-fotovoltaica-versao-final.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

IEA. International Energy Agency. **Policies and Measures Database**. Paris, 2022a. Disponível em: <https://www.iea.org/policies>. Acesso em: 01 nov. 2022.

IEA. International Energy Agency. **Renewable Electricity**. Paris, 2022b. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewable-electricity>. Acesso em: 02 nov. 2022

IEA. International Energy Agency. **World Energy Outlook 2022**, Licença: CC BY 4.0 (relatório); CC BY NC SA 4.0 (Anexo A). Paris, 2022c. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> . Acesso em: 28 set. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Capítulo 11. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2021. doi: 10.1017/9781009157896.013. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter11.pdf. Acesso em: 15 out. 2022.

IRENA. International Renewable Energy Agency .**Country Rankings**. Abu Dhabi, 2022a. Disponível em: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>. Acesso em: 25 out. 2022.

IRENA. International Renewable Energy Agency. **Solar Energy**. Abu Dhabi, 2022b. Disponível em: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy>. Acesso em: 25 out. 2022.

MATOS, F. B. **Modelamento computacional do comportamento de células fotovoltaicas baseado nas propriedades físicas dos materiais**. Dissertação (Mestrado em Ciências) — Universidade Federal de Uberlândia-Faculdade em Engenharia Elétrica-Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Uberlândia-MG, 2006. Acesso em: 20 set. 2022.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia – PNE 2050**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-nacional-de-energia/plano-nacional-de-energia-2050> . Acesso em 05 dez. 2022.

NETZERO. **O que é net zero?** Nov. de 2021. Disponível em: <https://netzero.projtodraft.com/glossario-o-que-e-net-zero-compromisso-zerar-emissoes/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

PEREIRA, R.C. **Políticas Públicas para Expansão da Energia Solar Fotovoltaica: um estudo dos principais programas de incentivo da tecnologia no Brasil**. Instituto Federal De Educação - Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Itumbiara - Bacharelado Em Engenharia Elétrica, Itumbiara, 2019. Disponível em: https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/268/4/tcc_reuler%20pereira.pdf. Acesso em: 03 out. 2022.

PORTAL SOLAR. **Fontes de energia – Conheça os tipos de fontes energéticas.** 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia-conheca-origem-da-energia>. Acesso em: 10 set. 2022.

RIBEIRO, N.S.B. **Energia solar fotovoltaica: Organização atual do mercado mundial.** Universidade de Brasília - Instituto de Relações Internacionais - Curso de Especialização em Relações Internacionais, Brasília, 2018. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24343/1/2018_NiveaDosSantosBezerraRibeiro_tcc.pdf. Acesso em: 02 out. 2022.

SALAMONI, I.; RÜTHER, R. **Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica: Análise de Paridade de Rede. IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído.** Ouro Preto, 2007. Acesso em: 20 nov. 2022.

TIBA, Chigeru. 2000. “**Atlas Solarimétrico Do Brasil: Banco de Dados Terrestres.**” UFPE. Vol. 1. Recife - PE. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes> . Acesso em: 20 nov. 2022.

VARGAS, J. M. P. **Análise da Regulação da Geração Distribuída no Brasil para o Setor de Energia Elétrica.** Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Gestão de Energia - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul - Campus Litoral Norte - Departamento Interdisciplinar Engenharia De Gestão De Energia. Tramandaí, 30 de nov. de 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/222497/001122774.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 out. 2022.

WEG SOLAR. **Sistema Fotovoltaico on-grid e off-grid: saiba as diferenças e as vantagens de cada tipo.** 2022. Disponível em: [Sistema Fotovoltaico on-grid e off-grid: saiba as diferenças e as vantagens de cada tipo \(weg.net\)](#). Acesso em: 05 out. 2022

ZOTIN, M. Z. (2021). **A liderança chinesa na transição energética global.** Ensaio Energético, 11 de março, 2021. Disponível em: <https://ensaioenergetico.com.br/a-lideranca-chinesa-na-transicao-energetica-global/>. Acesso em: 20 out. 2022.